Jahrbuch

der

Preußischen Geologischen Landesanstalt

zu

Berlin

für das Jahr

1919

POLITECHNIKA GDAŃSKA
Z ZASOBÓW BIBLIOTEKI GŁÓWNEJ
III 15008

Band XL, Teil I.

Wpisano do inwentarza
ZAKŁADU GEOLOGJI
Dział B Nr. 76.
Dnia 18. X. 1946.

Berlin

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N. 4, Invalidenstraße 44

1921.

7

Die Phosphorite des Lias von Deutsch-Lothringen.

Von Herrn **F. Bernauer** in Berlin.

Hierzu Tafel 3 und 5 Textfiguren.

Vorbemerkung.

Die Veranlassung zu der vorliegenden Arbeit waren Untersuchungen, die ich im Jahre 1917 über die Verbreitung und technische Verwendbarkeit der Phosphoritvorkommen im südlichen Lothringen auszuführen hatte. Die zahlreichen durch den Krieg geschaffenen neuen Aufschlüsse erlaubten manche neuen Beobachtungen, so daß ich mich zu einer Bearbeitung der stratigraphischen und genetischen Verhältnisse dieser Bildungen entschloß und im April 1918 damit beginnen konnte.

Die Literatur über Phosphorite erwies sich bald als so umfangreich, daß ein Durcharbeiten aller mir bekannt gewordenen Arbeiten auf diesem Gebiet sich als unmöglich herausstellte, namentlich da unter den Kriegsverhältnissen und außerhalb einer Universitätsstadt ihre Beschaffung häufig nicht möglich war. So mußte manche Arbeit unberücksichtigt bleiben. Aus demselben Grunde unterblieb auch vorläufig die paläontologische Beschreibung des reichlich gesammelten Materials.

Daß die Arbeit überhaupt zustande kam, verdanke ich dem Entgegenkommen meiner Heidelberger Lehrer. Herr Geheimrat Prof. Dr. Salomon gestattete mir die Benutzung nicht nur der dortigen Institutsbibliothek, sondern auch seiner eigenen nach auswärts. Außerdem besprachen wir den Plan und die Ausführung

der Arbeit während meiner Urlaubsbesuche im Heidelberger geologischen Institut und korrespondierten oft über die Einzelheiten. Da ein petrographisches Mikroskop nicht zu beschaffen war, stellte mir Hr. Geheimrat Prof. Dr. V. Goldschmidt ein solches in entgegenkommendster Weise zur Verfügung. Hr. Geheimrat van Werveke in Straßburg gestattete mir die Benutzung der Sammlung und der Bücherei der dortigen Geologischen Landesanstalt. Hr. Prof. Dr. Freiherr Stromer von Reichenbach überließ mir ein umfangreiches Literaturverzeichnis über französischen Jura und Kreide. — In Metz unterstützte mich Hr. Dr. Klüpfel vielfach durch Überlassung von Literatur und Mitteilung seiner eigenen Beobachtungen, Hr. cand. geol. Gisser überließ mir zahlreiche Fundstücke aus der Delmer Gegend. Ihnen allen danke ich auch an dieser Stelle herzlich.

Eine wichtige Ergänzung dieser Arbeit lieferten 2 Vollanalysen und mehrere Phosphorsäurebestimmungen, welche im März d. Js. im chemischen Laboratorium der Preußischen Geologischen Landesanstalt ausgeführt wurden. Der Direktion der Anstalt spreche ich für dieses Entgegenkommen meinen aufrichtigen und geziemenden Dank aus.

Die Originale befinden sich im Museum der Preußischen Geologischen Landesanstalt.

Literatur wurde nur soweit zitiert, als sie wirklich benutzt werden konnte. Die in Klammern eingeschlossenen, fetten Zahlen des Textes beziehen sich auf die laufenden Nummern des am Schlusse angefügten Literaturverzeichnisses.

Einleitung.

Die wirtschaftliche Bedeutung des als Mineral vorkommenden phosphorsauren Kalkes ist in den letzten Jahren in dauerndem Wachsen begriffen. Seit J. v. Liebig seine künstliche Aufschließung in die Wege leitete, ist er als wertvoller Pflanzennährstoff von solcher Bedeutung geworden, daß das Fehlen der Zufuhr aus Algier und der Südsee während des Krieges unsere Landwirtschaft schwer geschädigt hat. Die Weltvorräte dieses Minerals

sind verhältnismäßig gering, der Bedarf noch im Steigen. Auch die Menge der Minette, die in Form von Thomasmehl den zweiten Hauptteil unseres Phosphorsäurebedarfs liefert, ist nicht unbegrenzt, bisher rechnete man mit ihrer Erschöpfung in 50 Jahren. So werden in Zukunft auch unbedeutendere Phosphatlager an Bedeutung gewinnen, solange es nicht gelingt, Phosphorsäure aus weniger reichen Rohmaterialien (etwa gewissen Massengesteinen) zu gewinnen. Daher hat die Frage nach der Beschaffenheit und Ausdehnung selbst kleinerer Lagerstätten, auch abgesehen von den durch den Krieg geschaffenen Verhältnissen, ihre Bedeutung. In der folgenden Arbeit ist beabsichtigt, die Phosphoritvorkommen im Lothringer Lias in bezug auf Mächtigkeit, Ausbildung und Verbreitung zu untersuchen, sowie namentlich ihrer Bildungsweise nachzuforschen. Die Angabe von Einzelheiten über Menge und Abbaumöglichkeiten des Phosphorits mußten aus begreiflichen Gründen unterbleiben.

Das bearbeitete Gebiet reicht im Norden bis zur Bahnlinie Metz-Bensdorf, im Westen liegen nur wenige Punkte links der Mosel, im Süden bildet die Linie vom Priesterwalde zur Selle (Seille), dann diese selbst bis südlich Château-Salins (die ehemalige Front) die Grenze. Im Osten wurde die Bahnlinie Bensdorf-Château-Salins nur gelegentlich überschritten. Den zahlreichen Aufschlüssen an der Kampffront entsprechend liegen die meisten Beobachtungspunkte am Südrande des Gebiets.

A. Vorkommen des Phosphorits.

Phosphorsaurer Kalk, von kohlensaurem Kalk, Ton und Eisenverbindungen verunreinigt, kommt im Lothringer Jura in vielen Horizonten vor. Die betreffenden Stücke sind namentlich an der kreidigen Verwitterungsfarbe unschwer zur erkennen, wurden aber oft mit unreinem gewöhnlichem Kalk verwechselt; und dies dürfte der Grund sein, weshalb aus den angrenzenden Juragebieten nur selten Phosphorit erwähnt wird. Er wurde eben nicht als solcher erkannt.

In dem untersuchten Gebiet tritt er bereits im Lias α, dem

»Gryphitenkalk« oder »Diesdorfer Kalk« auf. Dieser ist in der Metzer Gegend als eine wechselnde Schichtfolge von dezimeterstarken Kalkbänken mit etwas stärkeren Mergelzwischenlagen entwickelt. Schon in seinen tiefsten Schichten (Psilonoten- und Angulatenkalk) sind zähe, grauweiße, walzenförmige phosphoritische Knollen nachzuweisen, welche senkrecht in den Kalkbänken stecken und wohl den später zu besprechenden Schwämmen angehören (z. B. Bahneinschnitt nördlich von Wulberg (Vulmont)). *Psiloceras Johnstoni* wird häufig als kalkigphosphoritischer Steinkern gefunden. Im oberen Teil des Gryphitenkalks (Zone des *Belemnites acutus* und des *Pentacrinus tuberculatus*) treten die erwähnten Knollen wiederum auf und leiten zu dem Phosphorithorizont an der Grenze des Lias α und β über, der später eingehender beschrieben werden soll. Im β-Ton findet sich mit Ausnahme der Untergrenze kein Phosphorit. Der Untere Lias schließt mit den eisenoolithischen Bänken des »Ockerkalks« ab. Diese führen bei Buchingen (Buchy) nuß- bis faustgroße Phosphoritknollen[1]). Lias γ ist gering entwickelt (Numismalismergel und Davoeikalkbank). Dicht darüber finden sich bei Luppingen (Luppy) und am Schönwegerhof (Haute-Bevoye) phosphoritische Mergel[2]) mit angebohrten Phosphoritknöllchen und Phosphoritsteinkernen von *Lytoceras fimbriatum* Sow. und *Amaltheus margaritatus* Monf. Nun folgen die mächtigen Tonmergel des Lias δ, Blättermergel, Fimbriatenschichten und Ovoidenmergel. An der Grenze der beiden erstgenannten ziehen sich Schnüre kleiner, weißlicher, mergelig-phosphoritischer Knöllchen entlang von ähnlicher Beschaffenheit, wie wir sie im unteren Teile der »Crassusschicht« kennen lernen werden (St. Julien nördl. Metz). Die obersten Lagen der Fimbriatenschichten lassen beim Johanneshof, südwestlich von Lixingen (Lucy), eine Emersionsfläche erkennen, welcher gerollte und angebohrte, nußgroße Phosphoritknöllchen auflagern. In den über diesen Mergeln ansteigenden sandig-tonigen Costatenschichten (Zone des *Amaltheus costatus* Rein.) fanden sich bei Gaudach

[1]) Mündl. Angabe von Dr. Klüpfel.
[2]) Desgl.

(Jouy-aux-arches), Lorringen (Lorry) und andern Orten eigroße, gerundete phosphoritische Knollen von sandigem, schwarzbraunem Innern und weißlicher Rinde. Es sind dieselben, die auch vom Moussonberg bei Pont-à-Mousson beschrieben wurden. Sie enthalten Krebsreste. — Der Posidonienschiefer enthält keinen Phosphorit; doch liegt dicht darüber der reiche Horizont der »Crassusschichten«. Vereinzelt reichen phosphoritische Ammonitenwohnkammern noch in den Astarteton.

Im Dogger finden wir Phosphoritknollen in der Erzformation, vielleicht im Zusammenhang mit dem Phosphorsäuregehalt der Minette. Eine geschiebeführende Bank mit *Sonninia Sowerbyi* Mill. enthält ähnliche Knollen, wie sie Gaub (53) aus Schwaben beschrieben und analysiert hat. Endlich stecken in der »Dachbank« der Gravelotteschichten kleine Phosphoritknöllchen, darüber liegt phosphoritischer Mergel (Klüpfel, 81). —

Von allen diesen Vorkommen haben nur die beiden über dem Gryphitenkalk und über dem Posidonienschiefer eine, wenn auch geringe, praktische Bedeutung. Die andern mögen zwar als Quelle der Phosphorsäure im Ackerboden eine Rolle spielen, — Lothringen hat vorzügliche Liasweizenböden, und gerade Getreide braucht viel Phosphorsäure — aber eine technische Gewinnung ist ausgeschlossen. Daher sollen nur die genannten beiden Lager näher beschrieben werden.

B. Die beiden Haupt-Phosphorithorizonte.

I. Die Phosphoritknollen an der Grenze von Lias α und β.

Die Phosphoritknollen über dem Gryphitenkalk des südlichen Deutsch-Lothringens werden in der geologischen Literatur zum erstenmal i. J. 1887, und zwar aus der Gegend von Delm (Delme), 30 km südöstlich von Metz, erwähnt (46). Sie wurden damals bei Püschingen (Puzieux) unweit Delm in offenen flachen Gruben abgebaut, doch war der Abraum zu groß, als daß die Gewinnung lohnend geworden wäre, und die Arbeiten wurden wieder eingestellt. Stuber beschreibt (119) dieselben Knollen 7 Jahre später von Morsweiler (Morville) nördlich Delm und von

Pelter (Peltre) bei Metz und erwähnt ähnliche Funde von Landorf und Enschweiler unweit Mörchingen. Benecke und van Werveke fanden sie später auch beim Bau der Bahnstrecke Château-Salins-Delm (126). Durch die zahlreichen militärischen Erdarbeiten der letzten Jahre wurden viele neue Aufschlüsse geschaffen, und die Verbreitung der Phosphoritknollen konnte genauer festgestellt werden.

Das Lothringer Liasgebiet gehört zur Umrahmung des Pariser Beckens, die Schichten haben daher im großen und ganzen ein schwach west-südwestliches Einfallen. Von Osten kommend, betritt man von jeder Schicht zunächst nur unzusammenhängende Fetzen, die sich weiterhin zusammenschließen und nach Westen zu endlich, von der nächst höheren Schicht überdeckt, im Untergrunde verschwinden.

Fundorte.

Schon das am weitesten nach Osten vorgeschobene Liasgebiet zwischen Conthil und Kerprich bei Duß (Dieuze) enthält Spuren der Phosphoritknollen. Südlich von Château-Salins sind dieselben auf dem die Grenze tragenden Höhenrücken erschlossen. Auffallenderweise fehlt hier stellenweise den unterlagernden Gryphitenkalkschichten der bezeichnende *Belemnites acutus* wie auch *Pentacrinus tuberculatus*, sonst die Leitformen des oberen α. Von hier an lassen sich die Knollen der Selle entlang in breitem, nach Norden bis zur Bahnlinie Metz-Bensdorf reichendem Streifen verfolgen. Bei Phlin verschwindet der Horizont infolge von Verwerfungen unter höheren Liasschichten. Bezeichnend ist für das bisher genannte Gebiet, daß der Gryphitenkalk, der in der Nachbarschaft der Selle eine große, flach zu diesem Flüßchen hin einfallende Tafel bildet, in großer Ausdehnung von diluvialem Lehm überlagert wird. Die Gewässer, welche diesen »Blättelerzlehm«[1])

[1]) So genannt nach dem meist reichlichen Vorkommen von kleinen Brauneisenscherben, die z. T. wohl von den Eisenovoiden des Mittleren Lias stammen, z. T. aber nur die an Eisen angereicherten Rückstände von verschwemmtem Kalkmaterial darstellen, wie u. a. das Vorkommen vererzter *Pentacrinus tuberculatus*-Glieder (Wulberg) beweist. Die damit zusammen vorkommenden vereinzelten Sandsteinbröckchen (Rätsandstein) sind ebenfalls stark eisenschüssig, Quarzitgerölle oft von einer schwarzen Rinde umgeben.

herbeischwemmten, haben den β-Ton meist entfernt oder wenigstens aufgearbeitet, über der harten obersten Gryphitenkalkbank aber Halt gemacht. Die Phosphoritlage ist stellenweise noch ungestört erhalten, meist aber bereits umgelagert. Fast immer sind die Knollen schon etwas angewittert, was sich durch gelbbraune und weißliche Farben kundgibt. Nur an wenigen Stelllen, so bei Thézey und südlich von Château-Salins, wurden sie noch mit einer Überdeckung von unverwittertem β-Ton angetroffen.

Bei Eply treten die Phosphorite wieder zutage. Da ihnen von hier an der β-Ton öfters noch in bedeutender Mächtigkeit auflagert, sind sie nun häufiger noch unverwittert erhalten. Ihr Vorkommen reicht über Mailly, St. Jürgen (St. Jure), Loveningen (Louvigny), Kemnat (Cheminot), Sillningen (Sillegny) bis zu der Linie Kemnater Mühle-Pommeringen (Pommerieux), wo sie unter höheren Schichten endgültig untertauchen. Weiter nördlich waren sie bei Werningen (Verny), Göhn (Goin), Schersingen (Chérisey), Großprunach (Pournoy-la-grasse), Lieheim (Liéhon), Pontingen (Pontoy), Wingert (Vigny), Luppingen (Luppy), in geringem Maße noch bei Wallern (Vallières) nördlich von Metz, beim Bahnhof Pelter, nördlich von Morsweiler (Morville) und bei Landorf-Enschweiler festzustellen. Ein Versuch, sie noch moselabwärts westlich Sierck nachzuweisen, war erfolglos, z. T. wohl wegen des Mangels an Aufschlüssen.

Von diesen Vorkommen sind die unbedeutendsten die im Südosten des Gebiets bei Château-Salins gelegenen; nach Nordwesten wächst die Menge der Knollen rasch an, um auf der Strecke Delm-Wulberg ihren Höhepunkt zu erreichen. Weiter östlich findet eine geringe Abnahme statt, doch ist ein Auskeilen der Schicht nirgends beobachtet. Im einzelnen kommen mancherlei örtliche Abweichungen vor, Abnahme und Wiederanschwellen auf kurze Strecken. Eigentümlich ist es, daß westlich von Delm die geringste vorkommende Mächtigkeit des Lias α mit der Hauptanhäufung der Knollen zusammenfällt. Im Süden unseres Gebiets wird der Horizont von Bleicher (14) aus der Umgebung von Nancy erwähnt, bei Sandocourt (Vogesendepartement) wird das

Vorkommen nach Braconnier (16, S. 53) abbauwürdig. Vom Departement Haute-Saône wird über dem Gryphitenkalk im Ton liegend eine 5—20 cm mächtige Phosphoritschicht mit *Spirifer Walcotti* und *Zeilleria numismalis* genannt. Nördlich vom Zentralplateau kommen Phosphorite in Taschen und Klüften des Gryphitenkalks vor. Im Norden ist die Grenze der beobachteten Vorkommen durch die Orte Enschweiler und Wallern[1]) gegeben, doch werden sich Spuren wohl noch weiter nördlich nachweisen lassen. Eine scharfe Umgrenzung kann vorläufig nicht gegeben werden.

Nach einer mündlichen Mitteilung von Schiradin finden sich auch im südlichen Elsaß die Phosphorite, während bei Zabern nur verkieste Ammoniten in diesem Horizont auftreten.

Einige Profile mögen das Auftreten der Phosphoritknollen im Schichtverbande zeigen.

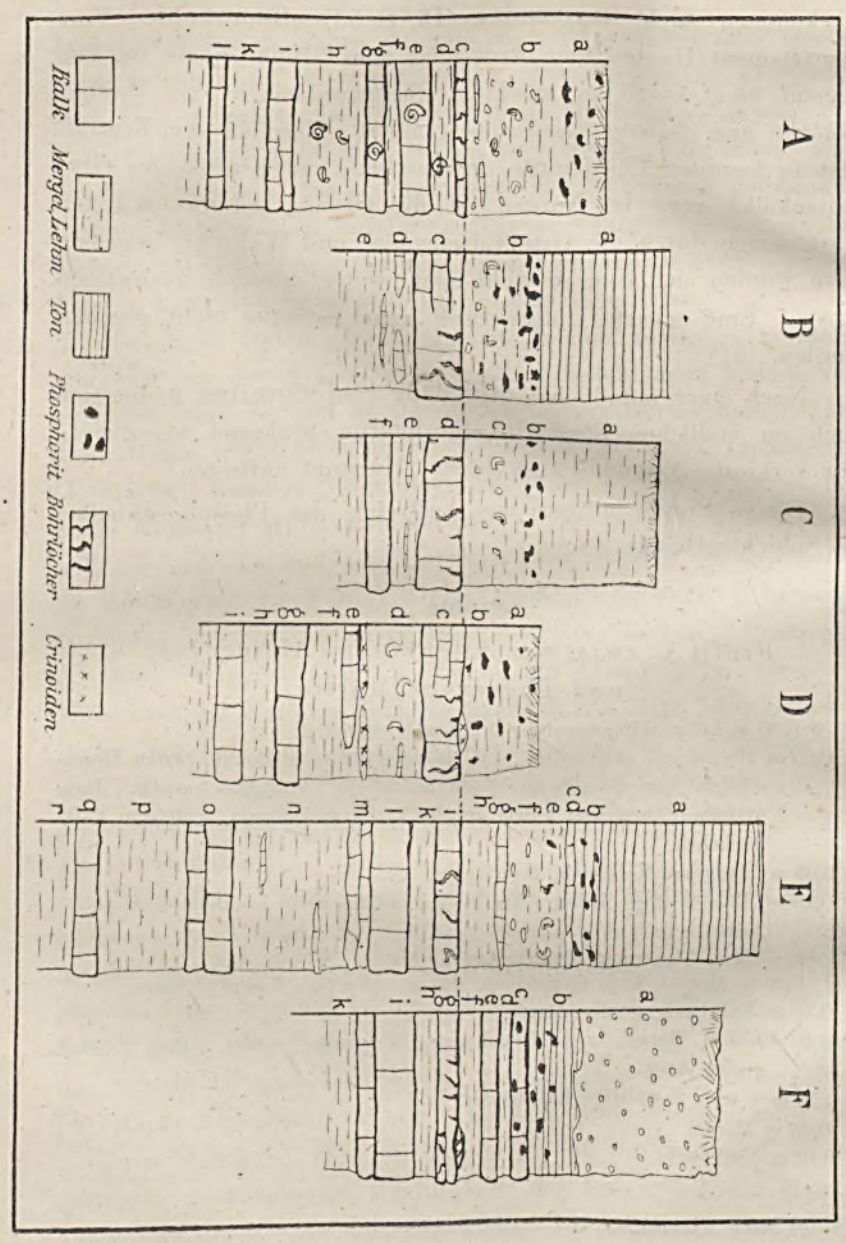
Profile.

Profil A, zwischen Allenhofen (Alaincourt) und Thézey-St. Martin.

a) $\geqq$ 0,20 m Lehm mit angewitterten Phosphoritknollen.
b) 0,60 m Mergel mit abgerollten, von Bohrschwämmen durchlöcherten Bruchstücken von Gryphaeen (sehr reichlich), *Belemnites acutus*, Terebrateln. 20 cm von unten einzelne rasch auskeilende, schiefrige Kalkbänkchen.
c) 0,05 m blaugraue Kalkbank, Bohrlöcher.
d) 0,15—0,18 m rostiger Lehm. Kleine (sekundäre) weiße Kalkknöllchen, großer Ariet.
e) 0,16—0,22 m blaugraue, ebenflächige Kalkbank. Großer Ariet.
f) 0—0,20 m Mergel, viele Gryphaeen, dünne, scherbige Kalkplättchen.
g) 0,10 m Kalkbank, großer Ariet.
h) 0,40—0,50 m Mergel, viele Gryphaeen. *Belemnites acutus*, *Lima gigantea*, großer Ariet.
i) 0,18 m 1 oder 2 wulstige Kalkbänke.
k) 0,28 m Mergel.
l) 0,10 m Kalkbank.

---

[1]) Nach Klüpfel.


A
B
C
D
E
F
Kalk
Mergel, Lehm
Ton
Phosphorit
Bohrlöcher
Crinoiden

Figur 1.

Profil B nordöstlich von Thézey.

a) . . . Schwarzblauer, grünlichgrau angewitterter β-Ton, weiße Ausblühungen.
b) 0,50 m lehmiger Mergel, gelbgrau, sandig anzufühlen. Oberste 10 cm reich an frischen, schwarzen Phosphoritknollen mit bituminösem Geruch. Tiefer viele Fossilbruchstücke, u. a. *Gryphaea obliqua* Goldf., Arietenbruchstück, *Pentacrinus tuberculatus*. Zerstreute Phosphoritknollen reichen noch bis 20 cm über der Untergrenze der Schicht b herunter.
c) 0,30 m Kalkbank, z. T. in 3 zerspaltend mit Mergellagen dazwischen.
d) 0,20 Mergel mit vielen dünnen, auskeilenden Kalkbänkchen.
e) 0,30 m frische blaugraue Mergel. *Belemnites acutus* Mill.

Profil C zwischen A und B.

a) 0,70 m gelbbrauner, krümeliger Lehm.
b) 0,10—0,15 m desgl. mit vielen Brauneisenscherben (»Blättelerz«) und weißlichen Phosphoritknollen.
c) 0,40 m graugrünliche Mergel mit Kalksteinbröckchen und vielen zerfressenen Gryphaeen (*Gr. arcuata*, seltener *obliqua*).
d) 0,15—0,30 m zähe Kalkbank, bräunlich zersetzt. Bohrlöcher.
e) 0,20 m gelbbrauner Lehm, dünne Kalklagen.
f) 0,15 m Kalkbank mit großen Arieten.

Profil D, nahe der »Deutschen Eiche« bei Wulberg.

a) 0,50 m brauner Lehm mit löcherigen weißen Phosphoritknollen bis zu 5 cm Durchmesser. Stellenweise Blättelerz, u. a. mit verrosteten *Pentacrinus*-Gliedern (*P. tuberculatus*).
b) 0—0,03 m Linsen voller Crinoidenglieder (*P. tuberculatus*), aufsitzend auf
c) 0,24 m dichtem, blaugrauem Kalk mit graugelb zersetzten, unregelmäßig gestalteten Nestern und mit Bohrlöchern voll gleicher Substanz. Zum Teil zerspaltet die Bank in drei, die durch dünne Mergellagen getrennt sind.
d) 0,30—0,50 m gelblicher, lehmiger Mergel mit Lagen von schiefrigem oder knolligem Kalk und vielen zerbrochenen Fossilien, besonders Gryphaeen. In dem Knollenkalk Rhynchonellen, Spuren von Phosphorit. Unten dünnes Crinoidenbänkchen.
e) 0—0,10 m Kalkbank.
f) 0,25—0,30 m typischer grauer Gryphitenkalkmergel.
g) 0,13—0,22 m Kalkbank.
h) 0,22 m Mergel.
i) 0,15 m Kalkbank.

Lose fanden sich große Arieten (1/2 m Durchmesser).

Profil E, dicht nördlich vom Bahnhof Werningen (Verny).

a) 1,70 m dunkler β-Ton voller Gipsnadeln, einzelne größere Krystalle. Im oberen Teil bis nußgroße, weißgraue, septarienartig zersprungene Kalkknöllchen (sekundär).

b) 0,13 m wie a, aber voll schwarzer Phosphoritknollen von meist zackiger, schlackenartiger Form mit vielen Fossilien, wie Schwämme, Schnecken (Steinkerne) u. a. Daneben auch Einzelfossilien, besonders *Pleuromya liasina* Schübl. (in verschiedenen Stellungen; nuß- bis faustgroße Exemplare, manchmal mit unförmigen Phosphorithöckern auf der Oberfläche), *Gryphaea arcuata* Lam. (manche Stücke »auf dem Kopfe stehend«, sonst alle möglichen Lagen) *Belemnites acutus* Mill. Nester von feinen losen Gipsnadeln.

c) 0,00—0,07 m grauer Ton mit zinnober- bis orangefarbenen Ockerknöllchen von wenigen mm Durchmesser und mit nußgroßen Putzen von rostigem, gipserfülltem Lehm. Verkohlte Pflanzenreste. Phosphoritknollen, vielfach mit eisenschüssiger Kruste (offenbar hat Zersetzung von Pyrit stattgefunden). Steinkerne von *Pleuromya liasina* Schübl. mit aufgewachsenen Austern und *Plicatula. Gryphaea obliqua* Goldf. (unabgerollt).

d) 0,00—0,04 m schiefriger, mergeliger Kalk. *Spiriferina Walcotti* Sow; *Gryphaea arcuata* Lam. (eigentümlich rötlichblau gefärbt), *Belemnites acutus* Mill.

e) 0,19 m schiefrige Mergel, oben grauviolett, mit nußgroßen, rundlichen Rostputzen, z. T. auch mit festeren Brauneisenknollen. Enthält Phosphorit- und phosphoritische Kalkknollen, erstere besonders oben, letztere im unteren Teil der Schicht, doch ohne scharfe Grenze. Die Knollen liegen meistens flach, enthalten *Pecten*, *Rhynchonella plicatissima* Qu., *Gryphaea arcuata* Lam. und *Gr. obliqua* Goldf., *Pleuromya liasina* Schübl. Lose liegen im Ton Gryphaeen (beide Arten) in verschiedener Lage, dann besonders Steinkerne von *Pleuromya liasina* und *Unicardium cardioides* Phill. vereinzelt *Bel. acutus.*

f) 0,19 m gelbbraune, schiefrige Mergel, oben einzelne weiche, weißgraue, flachellipsoidische, ? phosphoritische Knollen; verdrückte rostige Rhynchonellen.

g) 0,04—0,07 m etwas knollige Kalkbank, meist zu einer gelblichen, weichen sandigen Masse zersetzt.

h) 0,21—0,23 » schiefrige Mergel, unten rostig. *Bel. acutus.*

i) 0,14—0,17 » Kalkbank, außen rostig, innen blaugrau mit gelbgrauen Flecken und rostmulmerfüllten Bohrlöchern. Vereinzelt rostig gefleckte Phosphoritknollen. Dicht auf der Bank aufsitzend stellenweise handgroße 4 cm dicke Crinoidenbreccienlinsen.

k) 0,16—0,18 » Mergel.

l) 0,23—0,28 » Kalkbank, blau, randlich rostig verwittert, im Innern schwarze »Algen«, einzelner Schwamm, flache graue Linsen von tonigem Kalk.

m) 0,12 m — 2 knollige Kalkbänke ± Mergelzwischenlage.
n) 0,80 » — blaugrauer, toniger Mergel, oberste 10 und unterste 40 cm gelbgrau verfärbt und besonders reich an Gryphaeen, auch kleine Kalkknollen und -bänkchen sind eingestreut.
o) 0,17 m, 0,13 » — 2 Kalkbänke.
p) 0,57 » — Mergel.
q) 0,15 » — Kalkbank.
r) . . . . — Mergel.

An losen Kalkblöcken, die nach ihren Bohrlöchern zu schließen, sicher der Bank i zugehören, waren Wellenfurchen und Fließrinnen, sowie reichlich verzweigte »Algen« zu beobachten.

Eine der obersten Kalkbänke (? m) ist an benachbarten Punkten ganz erfüllt von *Rhynchonella*.

Profil F südlich von Sillningen.

a) 0,80—0,90 m verlehmter Kalkkies mit Fossilien des Mittleren Lias (*Waldheimia numismalis* Lam., *Deroceras Davoei* Sow., kleine in Brauneisen umgewandelte Amaltheen). — Selleterrasse.

b) 0,30 m grauer Ton mit faustgroßen schwarzbraunen Phosphoritknollen von meist unregelmäßig schlackiger Form, einzelne nur nußgroß und gerundet. Im Ton zahlreiche kleine weiße Schalentrümmer, *Gryphaea obliqua* Goldf., kleine schlanke *Pleuromya*-Steinkerne.

c) 0,10 » mehrere, jeweils etwa 3 cm starke Bänkchen von zersetztem Mergelkalk. Auf den Klüften rostige oder schwarzblaue Überzüge, im Innern einzelne rundliche schwarze Phosphoritknollen und phosphoritische *Pleuromya*-Steinkerne. Stellenweise wird der obere Teil dieser Bänkchen vertreten durch eine Lage von meist gerundeten, seltener auf der Oberseite zackigen, manchmal ockerüberzogenen schwarzen Phosphoritknollen. Die unteren Bänke dagegen gehen in eine Lage grauweißer, weicher, flach ellipsoidischer, kalkig-phosphoritischer Knollen über mit 2—3 cm Durchmesser und mit einer Menge verzweigter, weißlicher »Algen« im Innern.

d) 0,06 m bläuliche bezw. rostig gelbe Mergel mit Ockerputzen, z. T. mit Knollen verbacken. Geht über in

e) 0,10 » gelblichen, ockerigen, plattig zerspaltenden Kalk, mit rotblauen Kluftüberzügen und Kalkspat auf den Schichtfugen. *Bel. acutus.*

f) 0,17 » Mergel mit vielen dünnen, rasch auskeilenden Kalkbänkchen. *Bel. acutus.* 10 cm von unten eine Lage hellgrauer,

kalkig-phosphoritischer, weicher, eigroßer Knollen, ähnlich wie im unteren Teil von e).

g) 0,12—0,13 m Kalkbank, knollig zerklüftet, z. T. in 2 Bänke zerspalten. Die obere enthält in oder auf ihrer Oberfläche handgroße dünne Linsen von Crionidenbreccie (ähnlich bei Wulberg, Werningen, Göhn, Kemnat) und einzelne Bohrlöcher, die untere hat viele gekrümmte, bleistiftstarke Bohrgänge[1]) und verzeinzelte Trochiten, daneben weißliche wolkige phosphoritische Partieen.

h) 0,12—0,15 » Mergel, oben mit unregelmäßig zackigen harten Kalkknollen, unten mit schiefrigen, zentimeterstarken Kalkplättchen.

i) 0,28 m, 0,10 » } 2 harte, hellgraue Kalkbänke.

k) . . . . Mergel.

Einige nördlich von Château-Salins sowie bei Kambrich (Chambrey) aufgenommenen Profile schließen sich in ihrer Ausbildung völlig an diejenigen von Allenhofen-Thézey an.

Aus diesen Profilen ergibt sich folgendes Gesamtbild:

Zuunterst liegen Gryphitenkalkbänke im Wechsel mit Mergellagen, beide erfüllt mit Massen von *Gryphaea arcuata*, mit *Pentacrinus tuberculatus* und *Bel. acutus*. (Nur örtlich scheinen letztere beiden Versteinerungen ganz im Osten, wie erwähnt, zu fehlen.) In der Delmer Gegend enthalten die obersten 1—2 Bänke häufig riesige Arieten, bei Werningen liegen sie tiefer. Rhynchonellen (*Rh. plicatissima* Qu.) werden bei Werningen, Wingert und Kemnat in einer der obersten Bänke örtlich gesteinsbildend. Schwämme sind nicht selten. Crinoidenreste sind, linsenförmig angehäuft, an die oberste feste Kalkbank gebunden. Höher hinauf liegen nur noch dünne, auskeilende Kalkschichten.

Die genannte feste Bank ist, soweit sie daraufhin untersucht wurde, von gekrümmten Bohrlöchern durchzogen. Einzelne Phosphoritknollen und *Pleuromya*-Steinkerne sind bereits darin eingeschlossen, wie ersteres schon von van Werveke 1903 beschrieben wurde (126). Bei Werningen wurden Wellenfurchen mit etwa 12 cm Abstand der einzelnen Kämme, sowie Fließ-

[1]) u. a. ist ein handgroßer Ariet durchbohrt.

rinnen auf ihrer Oberfläche beobachtet. Die darin steckenden Schwämme[1]) ragen teils über die Oberfläche der Bank hinaus, teils schneiden sie mit derselben glatt ab. Nun folgt eine Mergellage von wechselnder Mächtigkeit, mehr oder minder erfüllt von einem groben Haufwerk von zerfressenen, angebohrten Gryphaeenbruchstücken und sonstigem Schalen- und Kalkgrus. Öfters, besonders im Westen des Gebiets, scheiden sich noch dünne, schiefrige Kalkbänke aus. Phosphoritknollen liegen zerstreut in dem Mergel, häufen sich aber nach oben hin an, mit Schwefelkies bezw. Ocker gemischt. Zugleich werden sie nach oben reicher an Phosphorsäure, ärmer an Carbonat (Profil F). In raschem Übergang folgt nun der dunkle β-Ton, dessen unterste 10—20 cm noch reichlich Phosphoritknollen enthalten, dessen höhere Schichten aber frei davon sind (Profil E, F). Dem Ton ist ein geringer Sandgehalt eigen; häufig finden sich kleine Schwefelkiesknollen. In den untersten Schichten, soweit die Phosphorite reichen, enthält der Ton reichlich die gleichen winzigen weißen Schalentrümmer wie die Knollen selbst. Als einziger Fossilfund in dem eigentlichen β-Ton, über der Phosphoritlage, ist ein kleiner verkiester *Aegoceras capricornu* Schl. zu erwähnen, der Vertreter des schwäbischen, von Stuber (119) auch bei Pelter nachgewiesenen Capricornier-Lagers.

Beziehungen zwischen Gryphitenkalk und Phosphoritzone.

Zu der Gesamtheit des Lias α sei noch Folgendes bemerkt:

Auf der Linie Delm—Metz ist seine Mächtigkeit bei Delm am geringsten (12 m), sie steigt bei Werningen auf 25, bei Metz auf 40 m und erreicht nördlich davon bis zu 50 m. Gerade umgekehrt verhält sich die Menge der Phosphoritknollen. Noch andere bemerkenswerte Unterschiede zeigt folgende Zusammenstellung:

---

[1]) Werningen, Kemnat (Cheminot), Anzen (Ancy),

	Metz	Werningen	Delm
Mächtigkeit des Gryphitenkalks . . .	40 m	25 m	12 m
Menge der Phosphorite	gering	ziemlich viel	viel
Mächtigkeit der Schalentrümmerschicht (Prof. A, b, B, b, C, c, D, d)	gering	mächtig	mächtig
Lage der Riesenarieten	?	nicht in den obersten Bänken	in den obersten Bänken
Zone der verkiesten Ammoniten (Semicostatenkalk) unter den Acutusschichten	vorhanden	vorhanden	fehlt

Es scheint sich hieraus zu ergeben, daß die geringe Mächtigkeit des Lias α in den südöstlichen Punkten veranlaßt ist durch erfolgte Aufarbeitung bereits abgelagerter Schichten noch während der α-Zeit; daher also die hohe Lage der Riesenarieten, das Fehlen der verkiesten Arieten und die starke Ausbildung der Schalentrümmerschicht. Zum Teil werden allerdings die Schichten von vornherein im Südosten weniger mächtig abgelagert worden sein. Es wäre dies ein Auskeilen nach dem Lothringer Hauptsattel hin, der am Delmer Rücken auch andere Schichten einschrumpfen läßt, z. B. die Schichtfolge von Ocker- bis Davoeikalk von 8 m nördlich von Metz auf 1,3 m zwischen Delm und Dinkrich (Tincry).

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß bei Maien (Mey) nordöstlich von Metz die Acutusschichten sehr viel tonreicher entwickelt sind als bei Delm. Die Gesamtmächtigkeit des Mergels beträgt das dreifache von der des Kalkes. Weiter südlich, bei Werningen, ist das Verhältnis Kalk: Mergel = 5 : 9 und dürfte bei Delm einen ähnlichen Wert besitzen.

Beschreibung der Phosphoritknollen.

Die äußere Form ist bei einem Teil der Stücke durch Organismen gegeben (z. B. Muscheln und Schwämme), ein anderer Teil erweist sich als unabhängig von den organischen Einschlüssen und stellt sich dar in Form unregelmäßiger, rundlicher, warziger

Knollen oder flacher, handgroßer, wunderlich ausgezackter Fladen. In beiden Fällen finden sich sehr häufig unregelmäßig deformierte gewundene Bohrgänge und rundliche Bohrlöcher. Bei randlich gelegenen Bohrlöchern fehlt oftmals der äußere Teil der Wandung, und es bleiben so nur noch Rinnen übrig, die vielleicht noch an einer Stelle von einer schmalen Spange überwölbt werden. Überhaupt ist das Äußere der Knollen rauh und zerfurcht, manchmal erinnert die längliche, gedrehte Form und die schlackenartige, zerspratzende Oberfläche an eine Lavabombe.

Weniger häufig fanden sich auch Stücke von flach diskusartiger Form, ebenfalls voller Bohrlöcher und kleiner Warzen und Höcker.

Sehr plump sind die Knollen aus etwas tieferer Lage (Profil F, e) geformt, sie sind oft faustgroß und ziemlich kalkreich.

Die Größe der Stücke schwankt im allgemeinen zwischen Nuß- und Faustgröße, kleiner sind sie nur dann, wenn es sich um Verwitterungsrückstände größerer Knollen handelt. Besonders große Stücke erreichen bei 6 cm Durchmesser eine Länge von 10 cm.

Die Oberfläche der Knollen ist selten eben, sondern meist rauh, zackig zerhackt oder warzig, manchmal auch lederartig genarbt, ähnlich den Phosphoriten von Ely bei Cambridge (zitiert bei Stutzer). Häufig sind auch Andeutungen blättriger Struktur, wie dies auch sonst bei Phosphorit zu beobachten ist (Kreidephosphate von Novion-Porcien bei Rethel und von Delloye bei Leuwarde, südlich von Douai[1]) und wohl von Anätzung (Auflösung von Schwerspat?) herrührt. Viele Knollen sind in frischem Zustande mit einem schwarzen, pechartigen Lack überzogen — ebenfalls eine häufig auch von andern Fundpunkten gemeldete Erscheinung. Bei den Phosphaten vom Gouvernement Kursk und Gouvernement Pensa soll dies von einer randlichen Anreicherung an Phosphaten herrühren (vergl. N. J. 1912, II, 335).

[1]) Letztere wurden mir von Dr. W. Klüpfel in Metz zur Verfügung gestellt, erstere von stud. geol. Rüger in Heidelberg.

Die Farbe wechselt von tiefschwarz (seltener aschgrau) in frischem Zustande über dunkelbraune und gelbbraune Töne bis zu einem kreidigen Weiß, Gelblich- oder Rötlichweiß der verwitterten Knollen. Einige sehr frische Stücke von Langendorf (Longeville) haben einen bläulichen Schimmer und werden beim Verwittern hell kobaltblau (Beimengung von Vivianit?). Die Bruchflächen sind dicht, matt schimmernd oder glanzlos und weiß punktiert von kleinen Schalentrümmern. Sehr vereinzelt wurde eine Andeutung oolithischer Struktur beobachtet.

Das spezifische Gewicht beträgt bei frischen Proben von Werningen 2,6—2,8, bei verwitterten nur noch 2,3. Der Unterschied rührt von der Auslaugung der Schalentrümmer her, wodurch eine poröse Struktur und ein Kleben an der Zunge hervorgerufen wird. Auch die Härte sinkt von 5 auf $2^1/_2$, doch bleibt eine ziemliche Zähigkeit bestehen. Frische Stücke sind ganz auffallend zäh und schwer zu zerschlagen. Dabei entwickelt sich ein bituminöser Geruch.

Die Knollen umschließen zahlreiche Muscheln, Schnecken, Ammoniten usw. Hier sei nur erwähnt, daß dieselben nicht selten mit der Knollenoberfläche abschneiden, also an den ursprünglich herausragenden Enden abgerieben sind. Auf den Knollen sitzen, die Rauhigkeiten überkleidend, aber manchmal selbst noch von Phosphorit randlich überwuchert, sehr häufig kleine Austern, *Plicatula*, Serpeln, auch *Balanus*-ähnliche Formen, die alle eine gewisse Festigkeit der Unterlage voraussetzen. — Auf den lose im Ton liegenden Muschelsteinkernen zeigen sich öfters Eindrücke, die den Anschein erwecken, als ob die Phosphoritmasse in noch weichem Zustande deformiert worden wäre. Manche der Eindrücke sind klein und gerundet und mögen vielleicht nur die Abdrücke von Rauhigkeiten auf der Innenseite der Schale darstellen, die etwa durch Umhüllen von Sand und dergleichen Fremdkörpern mit Schalensubstanz nach Art der Perlen erzeugt wurden. (An Unionen aus dem Neckar und Rhein habe ich ähnliches oft beobachtet.) An einem Stück ist die ursprünglich an Stelle der Vertiefung befindliche Masse

nach der Seite gequetscht und dort zu einem kleinen Wulst angehäuft. Eine Erklärung der Erscheinung durch örtliche Auflösung kommt schon aus dem Grunde nicht in Frage, weil bisweilen noch Spuren der Schalenskulptur auf dem Grunde der Vertiefungen sichtbar sind. Man muß also eine Entstehung der Eindrücke in der Zeit annehmen, als die Füllmasse der Schalen noch unverfestigt, die Schale selbst aber bereits aufgelöst oder wenigstens erweicht war. Etwas Ähnliches sind vielleicht die phosphorsäurehaltigen »Geschiebe« oder »Geoden«, welche Gaub (53) aus der schwäbischen Sowerbyi-Bank als mit Eindrücken bedeckt schildert. Er sieht in ihnen »Schlammzusammenballungen«, die in noch plastischem Zustande durch Strömungen verschwemmt wurden und dabei die Eindrücke erhielten. In den Geschieben war zu dieser Zeit bereits Phosphorsäure enthalten, später hat sie sich noch mehr konzentriert und bei der Verwitterung bis zu $8^1/_2$ % angereichert. Daß solche »Schlammzusammenballungen« recht lange ihre Form behalten können, beweisen gewisse auf solche Weise gebildete »Konglomerate« im Wellenkalk (Schaumkalk der Heidelberger Gegend). Auch ein rezentes Beispiel möchte ich noch erwähnen: Im Frühjahr 1917 fand ich nach längerem heftigen Regen am Delmer Rücken bei Juweiler einen steilen Feldweg ganz bedeckt mit bis faustgroßen »Geröllen« aus weichem, manchmal fast »schwabbeligem« Astarteton, die der Regen heruntergespült hatte. — Bei dem Phosphorit kommt noch hinzu, daß der phosphorsaure Kalk bei seiner Entstehung wahrscheinlich gelartig war und so als Bindemittel die schlammigen Bestandteile zusammenhielt. Die narbige Oberfläche mancher Stücke, die auf ein späteres Einschrumpfen der ursprünglich umfangreicheren Masse hindeutet, wurde bereits erwähnt. Für die Phosphorite von Ely, die dieselbe Erscheinung zeigen, kommt Mantell[1]) zu dem Schluß, daß auf ihrer Oberfläche ein dunkles Phosphat abgesetzt wurde, das früher wohl plastisch war, der sogenannte »Molluskit«. Auch die Phosphoritknollen aus dem

[1]) Vergl. **102**, S. (562).

Tertiär von Malta sind »eigentümlich gerunzelt.« Im Hilseisenstein von Dörnten wie im Emschersandstein von Schlewecke zeigen sich Schrumpfungsrisse an solchen Knollen (72, S. 325 und 329).

Eine andere Möglichkeit zeigt eine Beobachtung von Kölbel (Walther, Lithogenesis, S. 767). Er dredgte im Altausseer See aus 30 m Tiefe Schneckenschalen, die »teigartig« erweicht waren, aber an der Luft wieder erhärteten. Letzterer Umstand ist jedenfalls durch die Ausscheidung von einfach kohlensaurem Kalk zu erklären, der vorher als Bicarbonat gelöst in den Poren der Schalen vorhanden war, ähnlich wie manche Tuffe oder Kalksteine in bergfeuchtem Zustande weicher sind und an der Luft härter werden. Eine ähnliche Erweichung von Schalen dürfte auch im Meerwasser, namentlich wo durch Verwesungsvorgänge viel Kohlensäure gebildet wird, möglich sein. Auch wenn die Schale schon ganz gelöst ist, bleiben noch zähe Häute übrig, die die Form der Schale behalten, wie ein Versuch zeigte (Auflösung rezenter Schalen von *Mytilus edulis*, *Pecten varius* und *Unio tumidus* in verdünnter Salzsäure), aber doch die Entstehung von Eindrücken erlauben. Sudry hat Ähnliches durch Einwirkung von schwefeleisenreichem Schlamm auf Muschelschalen erreicht. (Vergl. 5, 1. Fortsetzung, S. 154).

Eine Untersuchung der Struktur der Knollen ergibt eine dunkle, dichte Grundmasse, in welcher reichlich kleine weiße Schalentrümmer von kaum Stecknadelkopfgröße liegen, vereinzelt auch etwas größere, längliche Splitter, so daß die Bruchfläche der Knollen weiß punktiert erscheint. Auch vereinzelte Quarzkörner und körniger Schwefelkies lassen sich mit bloßem Auge erkennen.

Unter dem Mikroskop ist die Grundmasse trüb gelbgrün, olivgrün oder graugrün durchscheinend. Bei stärkerer Vergrößerung sieht man eine feine fasrig-körnige, verschwommene Struktur; doch kommen auch klare Partieen vor. Die Lichtbrechung liegt zwischen 1,544 (ω Quarz) und 1,654 (ω Kalkspat) und wurde im Dünnschliff nach der Becke'schen Methode untersucht. Eine

genauere Bestimmung war wegen des Fehlens geeigneter Vergleichsmineralien und wegen zu starker Undurchsichtigkeit des Phosphorits nicht möglich. Tschirwinsky teilt (**122**, S. 51) die russischen Phosphorite nach ihrem mikroskopischen Bilde in 2 Gruppen: 1. krystalline Phosphorite, $\gamma - \alpha = 0{,}008$, worunter besonders sandige Knollen mit wenig (13—15 %) P_2O_5. Sie enthalten meist Schwammnadeln, Glaukonit, Eisenoxyd, organische Stoffe, selten Foraminiferen, von klastischen Bestandteilen Feldspäte, Zirkon, Muskowit, Calcit, selten Turmalin und Eisenspat. 2. ebenfalls krystalline Phosphorite, aber $\gamma - \alpha$ nur 0,004 oder infolge zu feinen Korns überhaupt keine erkennbare Doppelbrechung. Hierzu gehören einzelne sandige Phosphorite, ferner kalkige Phosphorite ohne klastische Gemengteile. Gehalt an P_2O_5 20—28 %. Häufig finden sich Radiolarien und Foraminiferen, ferner stark zersetzter Glaukonit, Pyrit und viel Calcit. — Die erste Gruppe dürfte wohl auf eine Bildung innerhalb eines Sediments hinweisen, das hauptsächlich aus mechanisch aufgearbeiteten Massengesteinen gebildet wurde, und dessen Bestandteile von dem Phosphorit umhüllt wurden. Letztere Art entstand inmitten eines feinschlammigen Niederschlages, der von stark zersetztem (d. h. wohl nicht in der Nähe anstehendem) Massengesteinsmaterial oder von Schichtgesteinen abstammt. Damit stimmt zusammen, daß erstere in der transgressionsreichen Kreide, letztere im Jura besonders häufig sind. Unsere Stücke stimmen mit der zweiten Gruppe ziemlich überein. Das Fehlen von Glaukonit, der sonst so häufig mit Phosphorit zusammentritt, würde sich in unserem Falle durch das Zurücktreten verwitternder Massengesteine in dem flachen Landgebiete des Jura erklären. Kalireiche Massengesteine sind bekanntlich nach Murray u. a. die Vorbedingung zur Glaukonitbildung.

Sehr reichlich sind in die Grundmasse kleine Schalentrümmer eingestreut. Sie messen meist $^1/_2$—$^1/_3$ mm; selten sind sie im selben Schliff sehr verschieden groß, als ob eine gewisse Ausschlämmung der Splitter und Sortierung nach der Größe stattgefunden hätte. Sie besitzen noch eine wohlerhaltene Struktur.

Entweder sind langgestreckte parallele Lagen von Kalkspat zu erkennen, oder dieser ist in Zickzackstreifen angeordnet, wie wir dies von der Prismenschicht der Muscheln kennen. Andere Bruchstücke zeigen zellige Struktur und stammen von Echinodermen. Sie bestehen ebenfalls aus Kalkspat und sind von schwarzen staubförmigen Erzkörnchen durchsetzt, besonders am Rande. Daneben enthalten sie oft noch kleine angewitterte Pyritkörner. In mehreren Fällen sind die Schnitte von einem zusammenhängenden vollständigen Netzwerk von schwarzem Erz durchzogen, das bisweilen an die scharfwinkeligen Leisten von Titaneisen erinnert. Es gibt sich als sekundär zu erkennen, indem es den Spaltrissen des Kalkspats der Muschelschalen folgt.

Schnitte durch Brachiopodenschalen zeigen die feinen senkrecht durch die Schalen setzenden Öffnungen der perforierten Formen.

Recht häufig finden sich Foraminiferen, u. a. *Nodosaria*. Sie sind z. T. schon mit bloßem Auge als weiße Pünktchen erkennbar. Die Schalensubstanz ist wiederum Kalkspat, oft in Fasern senkrecht zur Schalenoberfläche angeordnet und dann im polarisierten Licht bei ringförmigen Schnitten kreuzförmig auslöschend. Die Füllung des Innenhohlraums besteht aus derselben Substanz wie die umgebende Grundmasse, nur ist sie etwas heller gefärbt. — Vereinzelt scheinen auch Radiolarien (Nasselarien) vorzukommen.

Von anorganischen klastischen Gemengteilen finden sich Quarz und Feldspäte, u. a. Mikroklin. Sie können durch Auflösen des Gesteins in Salzsäure isoliert werden. Namentlich Quarzkörnchen sind in dem Rückstand reichlich. Durch die eingeschlossenen Bläschen geben sie sich als von Massengesteinen abstammend zu erkennen.

Als neugebildet sind zu betrachten Schwefelkies (wenigstens zum Teil), Kalkspat und Schwerspat.

Der Schwefelkies ist schon mit bloßem Auge erkennbar. Er ist an der Außenseite der Knollen in nierigen, oberflächlich verrosteten Krusten häufig; besonders reichlich aber findet er

sich in dem Innenhohlraum mancher Schwämme, ist jedoch hier meist zu ockerigen Massen voller Gipsnadeln zersetzt. Manchmal bildet er linsenförmige Zusammenballungen im Innern der Knollen. Im β-Ton kommen auch fingerlange isolierte Schwefelkiesknollen vor.

Im Schliff zeigt sich der Pyrit sehr verbreitet in Form zerstreuter, stellenweise angehäufter Körnchen. Sie sind meist eckig, bisweilen deutlich würfelförmig, oft auch gerundet, teils staubförmig fein, teils bis zu $^1/_2$ mm groß. Gewöhnlich sind sie von einer innen rötlichen, weiter außen gelblich werdenden Zone umgeben, innerhalb derer die Zersetzungsprodukte des Schwefelkieses sich verbreitet haben. Bisweilen finden sich winkelige, $^1/_5$ mm lange Leisten, die an Titaneisen erinnern. Häufig tritt der Schwefelkies in Verbindung mit organischen Resten. Er füllt die Poren von Crinoidengliedern, durchsetzt in Form knotiger Schnüre die Risse in Molluskenschalentrümmern und krystallisiert bisweilen in scharfer Oktaederform im Innern von Foraminiferen. Der auffallend orangerote Ocker in Schicht c des Profils E ist zweifellos aus Zersetzung von Schwefelkies entstanden.

Schwerspat krystallisiert in weißen, $^1/_2$ cm breiten, dünnen Tafeln in Hohlräumen der Knollen, besonders im Innern der Schwämme und in Bohrlöchern.

Neugebildeter Kalkspat erfüllt hie und da Risse und Sprünge in den Knollen.

Chemische Verhältnisse.

Der Phosphorsäuregehalt der Knollen schwankt beträchtlich. Aus unserem Gebiet liegen folgende Bestimmungen vor:

Nr.	Fundort	Aussehen	$Ca_3P_2O_8$	Analytiker
1.	Gegend von Delm	—	16,52 %	(zitiert 126)
2.	Zwischen Allenhofen und Thézey	Bräunlich angewittert, z. T. weißliche Oberfläche . . .	26,16 %	Behaghel 1916
3.	Wulberg, nahe der »deutschen Eiche«	Stark angewittert, z. T. weißlich	54,59 %	Abteilung »Phosphatgewinnung« der Militärbergverwaltung in Mons, 1918
4.	Höhe 324 östlich von Werningen	Nußgroße, poröse, weiß verwitterte Knollen. In den Poren etwas Lehm	52,22 %	
5.	Bahnhof Werningen	Frische, meist flache Konkretionen aus dem obersten α-Mergel u. untersten β-Ton. Innen grau oder bräunlich .	50,54 %	
6.	» »	Steinkerne von *Pleuromya* aus derselben Schicht. Einzelne bereits etwas angewittert. .	51,24 %	
7.	» »	Kalkig-phosphoritische Spongien aus dem tieferen Teil der Phosphoritschichten (Profil E, Schicht e, untere Hälfte)	43,42 %	
8.	» »	Frische, mittelgroße Phosphoritknolle		Laboratorium der Preußischen Geologischen Landesanstalt 1919
		a) Rand	56,1 %	
		b) Mitte	46,5 %	
9.	» »	Weißliche Putzen in der obersten Kalkbank des Profils E	17,7 %	

Eine Vollanalyse einer frischen, harten Phosphoritknolle mit ziemlich viel Schalendetritus, ausgeführt im Laboratorium der Preußischen Geologischen Landesanstalt ergab:

10.	P_2O_5	21,63 %
	CaO	44,1 »
	MgO	0,95 »
	K_2O, Na_2O	1,4 »
	Fe_2O_3	3,08 »
	Al_2O_3	1,1 »
	F	2,90 »
	Cl	Spur

CO_2	10,35 %
SO_3	0,3 »
H_2O (105°)	0,7 »
Unlösl.	8,42 »
	94,93 %

Der Rest ist neben dem reichlich vorhandenen Bitumen Glühverlust.

Braconnier gibt (**16**, S. 55) von dem außerhalb unseres Gebietes gelegenen, aber dem gleichen Horizont angehörigen Phosphorit von Sandaucourt (Département des Vosges) folgende Analysen:

	Glühverlust	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Mn_2O_3	CaO	P_2O_5	Zus.
f	2,1 %	7,6	4,7	5,8	2,1	43,3	36,3	101,9
i	2,4 »	9,0	6,3	6,1	0,5	43,7	32,5	100,5
e	18,0 »	8,7	5,7	5,1	0,5	37,0	24,9	99,9
n	11,8 »	6,8	4,7	5,0	0,5	44,3	26,5	99,6

f = weißliche, sehr leichte, poröse Knolle aus umgeschwemmtem Lehm;

i = Knollen aus einem rötlichen Ton mit Bruchstücken von Knollen und Bruchstücken von Belemniten; dicht darunter findet sich eine Lage toniger Kalkknollen.

e = Knollen aus rötlichgelbem Ton unter der genannten Knollenlage stammend.

n = graue Knollen aus der Kalkbank mit *Arietites* (*Coroniceras*) *bisulcatus* Brng. und *Pentacrinus »basaltiformis«* (wohl *tuberculatus*! d. V.) f) und i) sind wohl umgeschwemmt, e) und n) aber anstehender Lias *α*.

Sucht man CaO gegen P_2O_5 als $Ca_3P_2O_8$ zu verrechnen, so ergibt sich ein Überschuß von CaO, und zwar beträgt er bei f) = 0,4%, bei i) = 4,9%, bei l) = 7,5%, bei n) sogar 13%. Also je tiefer die Knollen liegen, d. h. je weniger sie verwittert sind, desto mehr CaO enthalten sie, das nicht als dreibasisches Phosphat gebunden ist, sondern vermutlich als $CaCO_3$. Der Glüh-

verlust wächst nämlich im gleichen Sinne, ferner brausen frische Phosphoritknollen aus unserem Gebiet mit Säure stark auf, verwitterte z. T. weniger. Durch Verwitterung wird also Carbonat ausgelaugt. Dies ist auch ersichtlich aus der Entstehung von Poren und Hohlräumen an Stelle von Schalentrümmern. Die Phosphorsäure reichert sich dadurch in den verwitterten Stücken an (vergl. n und f). In geringerem Grade zeigt sich dasselbe an den Analysen aus unserem Gebiet (vergl. 3 u. 4 mit den folgenden).

Wir haben es also mit Knollen zu tun, welche neben phosphorsaurem Kalk wesentlich aus kohlensaurem Kalk, Ton und Eisenerzen bestehen. — Beim Auflösen mancher Proben in Salzsäure entwickelte sich neben Kohlensäure auch Schwefelwasserstoff. Es hinterblieb ein olivgrüner oder schockoladebrauner Rückstand, aus dem sich Quarzkörner, Pyrit und Brauneisen ausschlämmen ließen.

Bemerkenswert ist, daß auch die oberen Bänke des Gryphitenkalks oft hellgraue, phosphoritische Putzen enthalten (Analyse 9). Braconnier erhielt aus einer derartigen Probe aus der Gegend von St. Nicolas bei Nancy 3% $P_2 O_5$.

Die Verwitterung des Phosphorits wird durch die Zersetzung des ihn begleitenden Schwefelkieses eingeleitet. Es entstehen Eisenhydroxyde; die freiwerdende Schwefelsäure greift einen Teil des kohlensauren Kalks an und bildet Gipskrystalle, die meist in einer ockerigen Masse, dem Rückstand des Pyrits, stecken. Auch der phosphorsaure Kalk wird angegriffen. Darauf deuten wenigstens stark zerfressene Stellen auf der Oberfläche von Phosphoritknollen in der Nachbarschaft neu gebildeter Ockerüberzüge. Im Innern der Knollen entstehen zahlreiche rostbraune Punkte, sowie kleine Poren. Die Farbe schlägt in grau und braun, zuletzt in weiß um, denn die organischen Stoffe werden oxydiert. Besonders wo Pflanzenwurzeln vorbeiziehen, entsteht ein verzweigtes Netz schneeweißer Linien, die etwas vertieft verlaufen und von den Säuren der Wurzeln herrühren. (Ein Tropfen Salzsäure, der längere Zeit auf frisches Phosphat einwirkt, läßt ebenfalls einen hellen Fleck entstehen.) Nicht damit zu verwechseln

sind weißliche Verzweigungen im Innern der Knollen, die später besprochen werden sollten. Die Humussäuren haben demnach die Fähigkeit den phosphorsauren Kalk aufzulösen, wenn auch sehr langsam. — Die Nassauer Phosphate wurden einst gemahlen und ohne weitere Aufschließung auf saure Wiesen gestreut, wo das Pulver auf natürlichem Wege zersetzt wurde. (33, S. 108.)

Tier- und Pflanzenreste.

Die Fauna der Phosphorite ist recht reichhaltig. Sie kann hier nur soweit behandelt werden, als dies für die Klärung der Bildungsweise der Knollen notwendig ist. Eine eingehende paläontologische Bearbeitung des gesammelten Materials war unter den gegebenen Umständen nicht möglich.

Von den Fossilien der »Schichten mit *Belemnites acutus* und *Pentacrinus tuberculatus*« gibt Stuber (119) eine umfassende Liste. Sie ist jedoch, wie sich später herausgestellt hat, insofern unrichtig, als er mehrere Horizonte durcheinander wirft, insbesondere einen unter den Acutusschichten liegenden Horizont mit verkiesten Ammoniten (Semicostatenkalk) zur α/β-Grenze hinaufzieht. In der Sammlung der Geologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen liegen aus den Phosphoritknollen der Delmer Gegend folgende Versteinerungen, die ich nach dem Wortlaut der vorgefundenen Etiketten anführe:

Arnioceras sp.
Agassiceras sp.
Asteroceras sp.
Pecten textorius.
» cf. *subulatus* Mst.
Lima.
Cardinia.
Protocardia.
Isocardia bombax Qu.
Macrodon pullus Terqu. sp.
» *Buckmanni* Richards sp.
Cucullaea Münsteri Ziet.

Leda galathea d'Orb.
Pleuromya liasina Schübl. sp.
Unicardium cardioides Phill. sp.
Pinna.
Myoncha.
Gryphaea (auffallend kurze Form),
Spiriferina Walcotti Sow. sp.
Rhynchonella plicatissima Qu.

Stuber (119, S. 32—33) gibt außerdem an:

Arietites (*Agassiceras*) *Scipionianus* d'Orb. sp. (Jugendform).
» (*Arnioceras*) *Hartmanni* Opp. sp.
» (*Arnioceras*) *semicostatus* Y. a. B. sp.
» (*Coroniceras*) sp. (Gruppe des *Ar. bisulcatus* Brug.)
Turbo cf. *Chapuisi* Terqu. et Piette.
Protocardia cf. *oxynoti* Qu. sp.
Serpula sp.

Von eigenen Funden seien als wichtig für die Beurteilung der Faciesverhältnisse genannt:

Radiolarien.
Foraminiferen (u. a. Nodosarien).
Spongien.
Holothurien (radförmige Skelettkörperchen, vergl. die Abbildungen bei Gaub (53).
Pentacrinus tuberculatus Mill.
Seeigelstacheln.
Lingula sp.
Terebratula sp.
Gryphaea arcuata Lam.
» *obliqua* Goldf.
Astarte sp.
Modiola sp.
Mytilus sp.
Mehrere Arten von Gastropoden.
Belemnites acutus Mill.
? Krebsscheere.

Von Pflanzenresten fanden sich neben Algen häufig Gagatstücke.

Die genannten Formen finden sich teils im Innern der Knollen, teils lose im Mergel oder Ton; in beiden Fällen sind meist Spuren von Abrollung erkennbar, bei den von Knollen umschlossenen Stücken wenigstens an den Stellen, wo sie hätten herausschauen müssen. Eine zweite Tiergeneration, aus Serpeln, Plicateln, Ostreen, Bryozoen und Balanen bestehend, besiedelt die äußere Oberfläche der Knollen und gewisser Fossilien. Außerdem sind Spuren von Bohrmuscheln und Bohrschwämmen sehr zahlreich.

Im folgenden seien zunächst die Vertreter der einzelnen Tierklassen der ersten Generation nach ihrer Bedeutung für die Beurteilung der Fazies besprochen.

Die Protozoen sind durch Foraminiferen ziemlich reichlich vertreten. Ihr Vorkommen besagt über die Meeresverhältnisse wenig, denn die Schälchen können nach dem Tode ihrer Bewohner durch die Verwesungsgase einen Auftrieb erleiden und weiterhin verschleppt werden. Nach Walther ist ein Reichtum an planktonischen Foraminiferen »nicht so sehr ein Beweis dafür, daß die betreffende Ablagerung in großen Tiefen gebildet wurde, als vielmehr dafür, daß klastische Sedimente an jener Stelle nicht aufbereitet wurden« (124, II. T.). Die benthonischen Formen bewohnen »hauptsächlich die pflanzenreiche Flachwasserzone«.

Ebensowenig besagt das vereinzelte Vorkommen von Radiolarien (Nasselarien).

Die Coelenteraten sind reichlich durch Gebilde vertreten, die ich als Schwämme betrachte. Es sind plumpe zylindrische, an einem Ende abgerundete, am andern meist mit einem tief eingesenkten Zentralhohlraum versehene Knollen. Die Höhe der Zylinder beträgt meist etwa 6, selten bis zu 10 cm, der Durchmesser 4—7 cm. Die Dicke der Wandung schwankt von 1—2 cm[1]). — Sie kommen bereits in den obersten Kalkbänken der Acutusschichten vor, in welchen sie senkrecht stecken und zum Teil

[1]) Ganz vereinzelt fand sich ein kleiner kelchförmiger Schwamm von nur 3 mm Durchmesser und 5 mm Höhe.

über die Oberfläche hinausragen. Die Schwämme in diesen Kalken sind etwas kleiner, 2—5 cm hoch, 3—4 cm dick. Sie erscheinen kürzer, gedrungener, manchmal fast zu einer Halbkugel verkürzt, unten zuweilen nach den Seiten ausgebaucht. Die höher, im Ton und Mergel steckenden Gebilde dieser Art sind viel mannigfaltiger gestaltet. Die Grundform ist auch hier der unten abgerundete Zylinder. Der untere Teil ist manchmal kugelig aufgebläht, so daß er fast den doppelten Durchmesser erreicht wie der daran anschließende Zylinder. Zuweilen ist der Boden solcher Hohlkugeln abgeplattet. In einem Ansnahmefall (Erlen [Aulnois] bei Delm) besaß der Zylinder bei 5 cm Durchmesser nur $1^1/_2$ cm Höhe und flach gewölbten Boden. (Diese Form erinnert lebhaft an gewisse ringförmige rätselhafte Gebilde im Mittleren und Oberen Dogger der Moselgegend, namentlich im Fentscher Mergel und im Jaumont-Oolith). Einige Stücke zeigen am oberen Rande lappige Verbreiterung, andere sind in der Mitte eingeschnürt, oben trichterförmig erweitert, wieder andere fast kugelig. Kurz die Formen sind sehr mannigfaltig.

Vereinzelt sind 2 solche Zylinder in der Längsrichtung verwachsen, in einem andern Falle sproßte ein kleiner Körper dieser Art aus einem größeren seitlich heraus.

Am Boden vieler, auch der meisten aus dem Kalk stammenden Formen zeigt sich in der Mitte eine kleine, narbenartige Vertiefung unbekannter Entstehung[1]). Nur in einem Fall ergab sich beim Zerschlagen als Fortsetzung dieser Narbe eine mergelerfüllte, gewundene Röhre nach Art einer Bohrwurmröhre. Von der genannten Vertiefung oder auch erst vom unteren Rande des eigentlichen Zylinders an laufen sehr häufig flache, gerundete, 4—10 mm breite Furchen auf der Außenseite empor. Die aus dem Kalk stammenden Stücke zeigen nie mehr als eine, oft überhaupt keine derartige Rinne, die andern bis zu 5, die sich regelmäßig auf den Umfang verteilen und zwischen sich breite Rippen stehen

[1]) Lebende Tiefseekieselschwämme zeigen zwar an der Stelle, wo sie auf dem Stiel aufsitzen, eine ähnliche Narbe; aber ein Vergleich scheint doch zu gewagt.

lassen. Es entstehen so Querschnitte von der nebenstehenden Form.

Figur 2.

Etwas damit Vergleichbares sind vielleicht die Rippen, die die Außenseite eines Exemplars von *Poterion Neptuni* aus dem Indischen Ozean im Straßburger zoologischen Museum zeigt.

Der zentrale Hohlraum zeigt sich als solcher nur bei stark ausgewitterten Stücken, sonst steckt ein Kern darin, der oft krystallinisch aussieht (besonders bei den Formen aus dem Gryphitenkalk) und dann aus lauter durch Kalkspat verkitteten Schalentrümmern besteht. In diesem Falle widersteht oftmals der Kern der Verwitterung, während der umhüllende eigentliche Schwammkörper schon zerfallen ist. Es bleibt dann ein seltsamer, daumendicker, walzenförmiger Körper übrig, bei dessen Anblick man an Koprolithen denken könnte. Sonst ist der Hohlraum erfüllt von weißlichem Mergel oder grauem weichem Kalk mit reichlichem Pyrit, so daß beim Verwittern Ockermassen mit Gips entstehen. Häufig enthält er auch Drusen von tafeligem Schwerspat mit Ton in den Zwischenräumen. Die Wand der Höhlung ist oft glatt, manchmal wie poliert, doch kann sie auch fest mit der Füllmasse verwachsen, so daß die Grenze nur durch Farbwechsel bezeichnet wird. Bemerkenswert sind noch bei einem Kern senkrechte, tiefe Rinnen, als ob von der Wandung aus Scheidewände in den Hohlraum hineingeragt hätten.

Die Mineralmasse, woraus diese Körper bestehen, ist dieselbe wie bei den gewöhnlichen Phosphoritknollen. Die Oberfläche ist oft genau so warzig, auch die Schalentrümmer im Innern fehlen nicht. Ein Stück zeigt letztere in gekrümmten Strähnen angeordnet, es erinnert an Fließstruktur. Nur selten finden sich Stellen, wo sie fehlen.

Meist stecken in der Wandung, seltener im Kern, Fossilien.

Es sind Schnecken, kleine Muscheln, Brachiopoden, Belemniten und Ammoniten. Sie sind da, wo sie über die äußere Wand hinaus ragen müßten, öfters abgeschliffen.

Schwer zu erklären sind wurzelartig verzweigte, millimeterdicke, mergelerfüllte weißliche Röhrchen, die auf der Innenseite der Hohlzylinder manchmal in großer Menge auftreten und von dort aus in diesen hineindringen, ohne jedoch dessen Außenseite zu erreichen. Bisher wurde dies nur bei Stücken mit mergeligem »Kern« beobachtet. Ähnliches beschreibt Geinitz als »*Spongites phosphoriticus*« aus Phosphoritknollen von Helmstedt (**54**, S. 3 u. 37) Gümbel erwähnt von fränkischen Phosphoriten über dem Eisensandstein des Braunen Jura »weiße, wurzelähnliche Zylinder, welche die Knollen durchziehen« (**67**). Die weißen Röhrchen in Phosphoriten des Ornatentons vom Hesselberg in Franken betrachtet er als von Algen herrührend (**67**, IV). Denckmann spricht von »algenartigen Verzweigungen« auf der Oberfläche der Phosphatknollen des Oberen Lias von Dörnten (**41**, S. 322). Die schwärzlichen, sandigen Phosphoritknollen der Costatenschichten südlich von Metz zeigen dieselben Röhrchen, ebenso viele der schwarzen, glaukonitreichen Phosphorite aus dem Cenomangrünsand von Delloye bei Leuwarde. Es ist besonders bemerkenswert, daß bei einem von dort stammenden phosphoritischen Schwammbruchstück diese »Algen«, genau wie oben beschrieben, von der Innenwand des Schwammkörpers aus nach außen hin in diesen eindringen (vergl. nebenstehende Texttafel Fig. 3).

Das wäre ein Grund mehr für die Schwammnatur auch der vorliegenden Stücke. Damit stimmen überein:

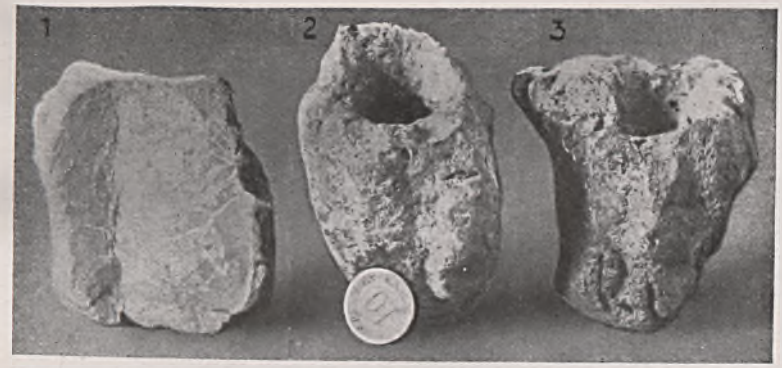
1. Die wechselnde Gestalt, die auch bei lebenden Formen durch Untergrund, Strömungen usw. stark beeinflußt wird;

2. die senkrechte Stellung der in den Gryphitenkalkbänken steckenden Formen;

3. die Verwachsung von Einzeltieren, sowie Knospung kommt auch bei lebenden Schwämmen vor;

4. die in der Wandung steckenden Fossilien bieten ebenfalls kein Hindernis. Von lebenden Schwämmen werden Sandkörner,

Figur 3.



1—3 = Spongien aus dem Phosphorit an der Grenze von Lias α und β. Bahnhof Werningen (Verny) südlich Metz. 2 und 3 kreidig verwittert, bei 3 Bohrlöcher erkennbar. 1 zeigt von der weißlichen Füllmasse des Osculums ausgehende weißgraue »Fucoiden«

Figur 4.

4 = rundliche Spongie, unverwittert. Ebenda.
5 = Kalkbank (Profil Probsthofen, Schicht e) mit *Coel. crassum* Phill. Äußere Windungen phosphoritisch, innere verkiest und mit Kalkspat erfüllt. Vergl. S. 153.

Foraminiferen, Muschel- und andere Schalen, die oberflächlich ankleben, in die Tiefe gezogen und eingehüllt. *Sycon ciliatum* aus der Adria bei Triest lieferte beim Zerzupfen »große Mengen jugendlicher Foraminiferen« (Walther, **124**, S. 213). Kleine Individuen fremder Spongienarten können in das Schwammgewebe eingesenkt sein (z. B. *Spongicola*), Mollusken nagen und bohren daran (*Dois*, *Doriopsis*, *Fissurella*), sie mögen uns z. T. erklären, wie die zahlreichen Bohrlöcher und Grübchen an den fossilen Spongien entstanden sind. Bei manchem im Verhältnis zum Schwamm sehr großen Schalen, wie bei Ammoniten oder Pleuromyen, muß wohl mehr an ein Umwachsenwerden, als an »Hereinziehen« gedacht werden. So umschließt *Geodia gigas*[1]) (von Marseille) größere Muschelschalen und Serpeln. Im Osculum derselben Art leben bei Triest Würmer und Krebse, — auch eines unserer Stücke enthält Krebsreste.

Fossile Schwämme sind auch sonst häufig phosphoritisiert, so schon im Silur von Nordwales (H. Johnson, zitiert **120**, S. 334) und von Bornholm (Deecke, **39**), sowie vor allem in der Kreide (Neocom des Gouvernements Pensa [N. J., 1912, II, S. 335], Gault von Langelsheim (Heberle, **72**, S. 338) und besonders in der französischen Kreide an sehr vielen Stellen — Delloye, Perthes bei Rethel, Régny, Reims, Gomont, Monchin u. a.

Leider ist der beste Beweis für die Schwammnatur unserer Stücke, der Nachweis von Skelettnadeln, weder im Schliff noch im Lösungsrückstand gelungen. Ich möchte daher von einem Urteil über die Art der Schwämme, ob Hornschwamm, Kalk- oder Kieselschwamm, vorläufig absehen und nur darauf hinweisen, daß an der Adriaküste viele Kalk- und Hornschwämme in geringer Tiefe leben und nach ihrem Tode an die Küste geschwemmt werden, und daß andrerseits bei unserem Gryphitenkalk vieles für seichtes Wasser spricht, wie wir sehen werden. Die Kieselschwämme leben mit Ausnahme der Lithistiden in tieferem Wasser, von Kieselsäuresubstanz ist — mit Ausnahme der klastischen

[1]) Straßburger zoologische Sammlung.

Quarzkörner — in keinem Schliff etwas nachzuweisen, weder in Form von Nadeln, noch als Ausfüllung von Spalten u. dergl., was auf Auflösung und Wiederabscheidung von Kieselsäure hinweisen könnte. Allerdings sind die Radiolarienschälchen in Kalkspat verwandelt.

Bohrende Schwämme haben an den gerollten Gryphaeenschalen dieselben kurzen, gerade gestreckten, millimeterstarken Röhren erzeugt, welche die lebende *Clione* heute noch bildet. Bei Sebastopol lebt diese Form nach Walther zwischen 9 und 20 m Tiefe.

Von den Echinodermen treten im obersten Gryphitenkalk die Seelilien reichlich auf als Bildner von Crinoidenkalken, die auch hier und da Seeigelstacheln und -täfelchen enthalten. In den Phosphoritknollen ist bisher nur *Pentacrinus tuberculatus* Mill. beobachtet worden. Die Crinoidenkalke erinnern mit ihrem Reichtum an Stielgliedern an die Trochitenbänke des Oberen und gewisse Lagen des Unteren Muschelkalks, die als Flachseebildungen angesprochen werden. Nach Deecke (36, VIII) lieben die Crinoiden ein »nicht schlammiges, flaches Wasser« unterhalb des Wellenbereichs. Starke Schlammzufuhr bringt die ganzen Kolonieen zum Absterben; so wie im Trochitenkalk den eingeschalteten tonigen Lagen die Seelilien fehlen, so werden die Tuberculatusschichten durch den β-Ton »abgeschnitten«.

Die Schneckensteinkerne sind z. T. ziemlich groß und derb, deuten also jedenfalls nicht auf große Tiefen.

Unter den Muscheln fallen durch ihre Menge und Größe besonders die Pleuromyen auf, vor allem ist *Pleuromya liasina* Schübl. sehr häufig. Die lebenden Verwandten dieser Muschel sind Schlammbewohner des Flachwassers; die Erhaltung beider Klappen im Zusammenhang sowie die Dünnheit der Schale lassen für die fossilen Formen eine ähnliche Lebensweise annehmen. Eigentümlich ist, daß die Phosphoritknollen aus dem Oxford von Belle-Ozière bei Nonsard (Woëvre), aus dem Gault von Novion-Porcien bei Rethel und aus dem Senon von Delloye bei Leuwarde, die ich zu sehen Gelegenheit hatte, fast identische Formen enthalten, als ob diese Muscheln die phosphoritführende Facies be-

vorzugten. — *Pecten*, *Lima* und *Mytilus* als teils in der Jugend, teils dauernd byssustragende Formen, wie auch die dickschaligen Gryphaeen sprechen für bewegtes Wasser, wie es die Gezeitenströme im Küstengebiet erzeugen; an der norwegischen Küste leben gegenwärtig die beiden erstgenannten Muscheln in der »Laminarienzone«, die bei tiefster Ebbe sogar trocken liegt. *Mytilus* und *Cardinia*, vielleicht auch die Gryphaeen, könnten auf Süßwasserzufluß hinweisen. *Cardinia* wird als bezeichnende Seichtwasserform betrachtet. Sie findet sich z. B. in den Strandablagerungen des Hettinger Sandsteins, einer sandigen Ausbildung des Lias in Nordlothringen und entsprechend auch im schwäbischen Angulatensandstein. — *Nucula* liebt einen schlammigen Boden, ist daher z. B. im Lias und im Astarteton verbreitet, im Phosphorit findet sie sich selten. Die übrigen, vereinzelten Muschelarten bleiben besser unberücksichtigt.

Die Cephalopoden sind in den Phosphoritknollen durch mittelgroße Arieten und *Belemnites acutus* Mill. vertreten. Über die Meeresverhältnisse erlauben sie kein bestimmtes Urteil, da sie zwar faciesabhängig, aber nicht in dem Maße bodenständig sind wie etwa die Muscheln.

Von Brachiopoden sind phosphorisiert erhalten: kleine Terebrateln, *Rhynchonella plicatissima* Qu.; *Spiriferina Walcotti* Sow.; letztere in auffallend großen, grobschaligen Exemplaren. Sie besagen nichts über die Wassertiefe; die lebenden Formen gehen z. T. durch sehr große Tiefenunterschiede unverändert hindurch. Nur *Lingula* gilt seit dem Cambrium als bezeichnend für Seichtwasser, sie liegt im Gryphitenkalk in etwas tieferer Schicht als die Phosphorite (*Lingula metensis*).

Von Arthropoden fand sich als einziger Rest eine undeutliche Krebsschere, die im Osculum eines Schwammes erhalten blieb. Es ist durch Walther bekannt geworden, wie die Krebse Schalen aller Art, auch die Panzer ihrer eigenen Artgenossen, zerknacken. Das Fehlen weiterer Spuren besagt also nichts über ihre frühere Zahl. Schalengrus, der durch die Tätigkeit der Krebse gebildet sein könnte, findet sich genug.

Die Würmer haben nur »Wurmröhren« hinterlassen, besonders in der obersten Kalkbank des Gryphitenkalks, aber auch in den Phosphoritknollen. Voraussetzung für ihre Entstehung war wohl ein noch nicht ganz erhärteter Untergrund. Zum Teil sind sie wohl der »zweiten Generation« zuzurechnen.

Von Wirbeltieren fand sich keine Spur.

Die Pflanzen sind durch das »Seegras« vertreten, das im obersten Arcuatenkalk manche Bänke ganz erfüllt (bei Luppingen (Luppy) z. B. die 2. Bank von oben). Seine Existenz ist an die oberste, lichtdurchlässige Zone des Wassers gebunden. Von den recenten Seegräsern reicht *Posidonia oceanica* bis auf 65 m Tiefe hinunter. — Die vereinzelten Treibholzstücke (in den Kalkbänken) können in Ablagerungen der verschiedensten Tiefe eingebettet werden. Walther zitiert (124, III, 954) das Ergebnis eines Schleppnetzzuges bei den Caraiben, wo sich noch in 1800 m Tiefe Massen von Landpflanzenresten mit vielen Hölzern fanden.

Auf der Außenseite der Knollen und vieler Fossilien ist eine spätere Bewachsung mit Serpeln, *Plicatula*, kleinen Austern, *Balanus* und Bryozoen, bei den gerollten und zerbrochenen Gryphaeenschalen eine Menge dünner, gerader Bohrschwammlöcher zu beobachten. Alle diese Erscheinungen sind noch gegenwärtig am Strande häufig, z. B. bei Venedig. (Vergl. Württ. Jahreshefte, 1899, S. LVII und LVIII.) Diese schmarotzenden Formen sind zeitlich von den bisher genannten zu trennen (»2. Generation«.)

Wir kommen zusammenfassend zu dem Ergebnis, daß die Versteinerungen, soweit sie überhaupt einen Schluß erlauben, auf Flachsee deuten. Die Tatsache, daß die sessilen Formen der 2. Generation auf Geröllen aufsitzen, beweist sogar sehr flaches Wasser. Dies wird durch Beobachtungen am Gestein und Vergleich mit den Nachbargebieten bestätigt.

Gesteinsausbildung. Vergleich mit der weiteren Umgebung.

Der gesamte Gryphitenkalk Lothringens zeigt den bekannten Wechsel von handbreiten Kalk- und etwas stärkeren Schiefer-

mergellagen. Sei nun dieser Wechsel auf periodische Hebungen und Senkungen (Brandes, **18**), auf Schwankungen zwischen trockenen und regenreichen Zeiten (Pompeckj, **104**, 28) oder hoher und niederer Temperatur und die dadurch bedingte verschiedene Entwicklung der gesteinsbildenden Lebewesen zurückzuführen — in allen Fällen können sich derartige Veränderungen nur in den Absätzen des Flachwassers geltend machen. Ganz allgemein ist der Gryphitenkalk in Süddeutschland als solche Bildung aufzufassen. Darauf deuten die vielfachen küstennahen Sandeinlagerungen (Hettinger Sandstein, Arietenkalksandstein von Ellwangen, schwäbischer Angulatensandstein), das rasche An- und Abschwellen besonders der unteren Schichten, das Vorkommen gerollter, angebohrter Knollen (**45**, 214; 47), endlich die Einlagerung von Eisenoolith (Göppingen).

Gegen das Ende der Gryphitenkalkzeit wird in unserem Gebiet das Meer immer flacher. Es treten gleichzeitig Schwämme und Algen reichlicher auf.

Die oberste der kompakten Kalkbänke zeigt Wellenfurchen und Fließrinnen; sie ist stellenweise deutlich abgewaschen, so daß härtere Partieen — Schwämme — als Höcker hervorragen. Meist ist sie von Bohrlöchern durchzogen, stellenweise von Austern bewachsen. Im Innern enthält sie einzelne Phosphoritknollen, phosphoritische Muschelsteinkerne und Schwämme. Nach dem bisher geltenden Gesetz müßte nun wieder eine Mergelschicht folgen. Statt dessen folgt eine Trümmerzone, massenhaft liegen zerbrochene Schalen im Ton eingebettet. Offenbar war die Wasserbewegung so kräftig, daß von dem während der eben einsetzenden »Mergelperiode« herbeigeschwemmten bezw. ausgefällten Material nur die groben Trümmer liegen blieben; der Schlamm aber wurde ausgespült, zugleich auch die darunter liegende Bank abgewaschen und Teile davon aufgearbeitet. Die darauf lebenden Seelilien werden vernichtet, ihre Trümmer zu kleinen Nestern zusammengeschwemmt (Crinoidenlinsen); dafür siedeln sich röhrenbewohnende Würmer und Bohrmuscheln massenhaft an, da sie im Innern der halbverfestigten Kalkbank gegen die Wellen ge-

schützt sind. Nun folgt in raschem Übergang, nur stellenweise noch durch dünne Kalkbänkchen abgetrennt, die phosphoritreiche Tonschicht. Die Phosphoritknollen sind z. T. als Gerölle erkennbar, z. T. aber sicher an Ort und Stelle entstanden oder wenigstens größer geworden, da die aufsitzenden Schmarotzer ihrerseits wieder randlich von Phosphorit überwuchert sind.

Jetzt tritt ein plötzlicher Wechsel ein. Mächtige Tonschichten überdecken alles und ersticken vollends das reiche Leben der Acutusschichten.

Tonige Absätze finden wir in der Gegenwart sowohl an den flachen Wattenküsten wie auf dem Schelf und an den Kontinentalabhängen. Gegen eine Annahme wie die erste spricht in unserem Falle die große Gleichmäßigkeit der Bildung auf weite Strecken. Der β-Ton ist »die erste gleichartige Bildung« im süddeutschen Lias (**35**, S. 344). Nur am Ardennenufer finden wir sandige Schichten; in Französisch-Lothringen, im Elsaß, Kraichgau, Breisgau, im Schweizer Jura bis zur Aargauer Insel, in Schwaben — überall herrscht derselbe »fossilarme Ton.« Er ist nicht nur petrographisch, sondern auch nach seiner Mächtigkeit recht gleichmäßig (Lothringen und Elsaß 25 m, Langenbrückener Senke 30 m, Balingen 25—30 m), nur gegen die Aargauer Insel im Süden und nach Franken hin nimmt er stark ab. Küstennähe müßte sich wenigstens stellenweise (Flußmündungen!) durch Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit und der Mächtigkeit erkennen lassen. Das ist in unserem engeren Gebiet nirgends der Fall. Wir müssen also zu Beginn der β-Zeit einen »positiven Meereswandel«[1]) annehmen. Für Schwaben kommt Issler (**78**) zu demselben Schluß auf Grund der Foraminiferenfauna. Ernst Fischer schätzt die Tiefe des schwäbischen β-Meeres auf 150 m gegenüber den 50 m der Arietenzeit. Daß auch in Lothringen noch kein sehr tiefes Wasser erreicht ist, zeigen ebenso wie dort die dickschaligen Gryphaeen (*Gr. obliqua* Goldf.); ferner spricht dafür der Sandgehalt des Tons, der für Kontinentalschlamm be-

[1]) Walther, **124**, S. 182.

zeichnend ist, den Tiefseesedimenten aber meist fehlt; endlich die bedeutende Mächtigkeit der Schicht, da die Tiefsee sehr wenig absetzt. Es ist demnach keine länderüberflutende Transgression, sondern nur eine »Oscillation« (Suess) eingetreten. Aber die Veränderung genügt, um die bisherige Fauna zu vernichten; die Tierwelt des β-Tons ist im Vergleich zur bisherigen sehr ärmlich.

Wir werden später bei sehr vielen Phosphoritvorkommen ähnliche Veränderungen annehmen müssen; offenbar steht die Bildung dieses Minerals mit diesen Bewegungen im Zusammenhang. Vor einem Eingehen auf diese Frage soll erst das zweite wichtige Lothringer Phosphoritlager, die »Crassusschicht«, besprochen werden.

II. Die Phosphorite des Oberen Lias.

Verbreitung.

Um die phosphoritführenden Schichten des Oberen Lias kennen zu lernen, müssen wir uns dem Braunjuragebiet zuwenden. Der Dogger bildet links der Mosel eine hochgelegene Kalktafel, steil zum Flusse abfallend, langsam zur Woëvreebene sich senkend. Dem südwestlichen Schichtfallen entsprechend tritt Oberer Lias nur an dem östlichen Steilhang zutage. Durch die Mosel hiervon getrennt liegt südlich von Metz ein zweiter, nach Süden sich verbreiternder Doggerstreifen. Weiter östlich liegen die isolierten Vorkommen des Delmer Rückens und Hochbergs. Die Phosphoritschicht ist den weichen, tonigen Schichten eingeschaltet, die den Steilanstieg zu diesen Doggerhöhen bilden. Sie tritt daher nicht flächenartig, sondern nur als schmales Band am Gehänge zutage, das zudem oft verrutscht oder von mächtigem Gehängeschutt (manchmal über 10 m!) verdeckt ist, namentlich an den Hängen des Moseltals. Sie wurde bei den Aufnahmearbeiten der Geologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen aufgefunden und 1909 durch Klüpfel vom Chevillonberg (nördl. Delm) kurz beschrieben (80). An der Mosel bei Neuburg (Novéant) glaubte van Werveke ein Auskeilen der Schicht annehmen zu müssen; doch ließ sich ihre Verbreitung auf dem linken Moselufer bei

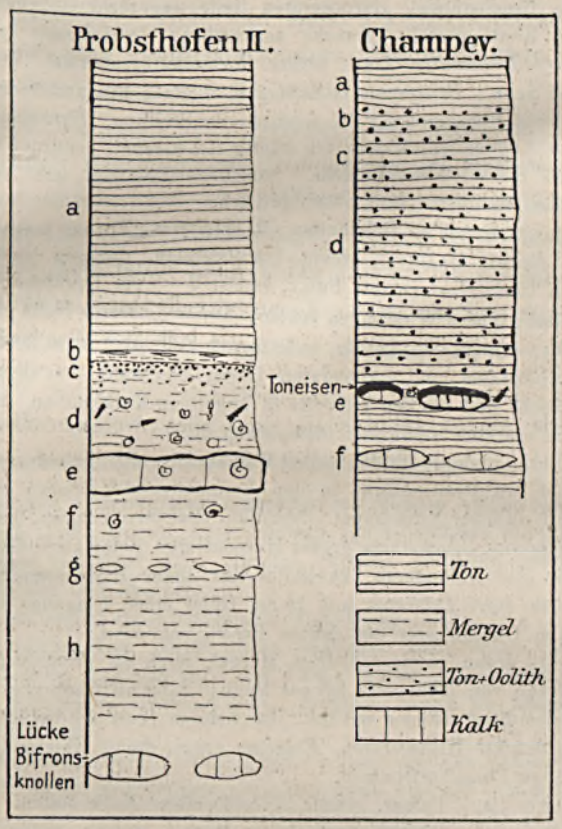
Villers-sous-Prény, Vandières und Pagny nachweisen, und sie dürfte auch bei Neuburg vorhanden sein. Sie tritt weiter nördlich bei Ars undeutlich zutage, bei Siegach (Scy) unweit Metz sammelte Friren zahlreiche phosphoritische Fossilien dieser Zone; endlich fand Klüpfel mit der von Werveke erwähnten 3—4 cm starken Belemnitenschicht von Entringen (127, S. 213) zusammen auch die phosphoritisierten bezeichnenden Ammoniten (*Coel. crassum*). Doch sind alle diese Vorkommen in bezug auf die Menge der Phosphorite sehr unbedeutend. Etwas mehr davon findet sich östlich der Mosel an der Landesgrenze bei Champey, Bouxières-sous-Froidmont, Arrich (Arry), Mardeningen (Mardigny), ferner bei Mariellen (Marieulles), Buch (Fey) und Winzersheim (Vezon). Nach einer mündlichen Angabe von W. Klüpfel kommen Phosphatammoniten auch im Abraum der Ziegeleigrube von Gaudach (Jouy-aux-arches) vor. Persönlich konnte ich dort keine finden.

Viel reicher sind die Vorkommen an den beiden nach Osten vorgeschobenen Vorposten des Doggers bei Delm. Hier sind die Braunjuraschichten durch Einsinken an Verwerfungen erhalten geblieben und ragen nun als Delmer Rücken und Hochberg infolge der widerstandsfähigen Kalkschichten des Hohenbrückener und Korallenkalks hoch über ihre Umgebung hinaus (Delmer Rücken + 403 m über NN.). Zwischen diesen beiden Höhen liegt der früher unter dem Namen Chevillonberg bekannt gewordene, jetzt Stiftsberg genannte bisherige Hauptfundort der Phosphoritfossilien. Mit Ausnahme der stark von Gehängeschutt überdeckten Westhänge der beiden Hauptberge läßt sich die Phosphoritschicht an beiden als schmaler Streifen ringsum verfolgen. Im ganzen ist sie noch in einer Fläche von 16 qkm vorhanden. Die reichste Entwicklung zeigt sich am nordöstlichsten Punkt des Gebiets bei Probsthofen (Prévocourt). Hier sind auch durch Probeschürfe die besten Aufschlüsse geschaffen worden.

Profile.

Der Versuchsschacht II südlich von Probsthofen ergab folgende Schichtfolge von oben nach unten (vergl. Zeichnung):

Figur 5.



a) rund 13 m Astarteton. Meist sehr feinkörnig, blättrig, schwarzgrau. Einzelne Lagen enthalten kleine Anhäufungen von *Astarte Voltzi*, daneben findet sich *Harpoceras striatulum-toarcense* in undeutlichen Abdrücken. Zu unterst sind die Schichtflächen von reichlichem Glimmer bedeckt und enthalten einzelne handgroße, bis 5 mm dicke Linsen von quarzitartig verhärtetem Sandstein eingelagert.

b) 0,01 m sand- und glimmerreiches Tonbänkchen, zu unregelmäßigen Scherben zerquetscht, die manchmal randlich übereinander geschoben sind, dazwischen ist von unten her Ton eingepreßt. Keine Fossilien, nur fährtenartige Spuren.

c) 0,09 m schiefrige, tonige, graue Mergel mit zahlreichen millimetergroßen Oolithkörnern, die besonders in dem obersten Zentimeter angehäuft sind und hier sogar ein phosphoritisches Bindemittel besitzen. Sehr reich an Ammoniten, besonders im unteren Teile, u. a. *Haugia variabilis* Sow.

in zahlreichen, teils vollständigen, teils zerbrochenen Stücken, *Lytoceras* sp. (Bruchstücke), Harpoceraten (teils wagerecht eingebettet, teils auf die Kante gestellt, manche zerbrochen), *Denkmannia* sp.; vereinzelt *Harp. bicarinatum* Ziet.; ferner *Belemnites breviformis* Voltz, *B. acuarius* Schl.; *B. irregularis* Schl., *B. digitalis* Blainv.; ferner viele losgelöste Phragmokone in wechselnder Stellung, *Pleurotomaria* sp. In den Ammonitenluftkammern häufig Schwerspat, zerstreut Gipskrystalle und Schwefelkiesknöllchen. Sämtliche Fossilien mit Ausnahme der Belemnitenrostra sind phosphoritisch.

d) 0,22 m Mergel, reich an Belemniten (*B. breviformis* Voltz, lange Formen von *B. digitalis* Blainv.); wenig Harpoceraten, dagegen viele Exemplare von *Coeloceras crassum* Phill. (meist 6—7 cm Durchmesser, phosphoritisch, innere Windungen fehlen), ferner *Lytoceras* (teils phosphoritisch, teils mergelig oder kalkig, in letzterem Falle über $^1/_2$ m im Durchmesser). Coeloceraten und Lytoceraten liegen besonders im tieferen Teil der Schicht und stecken teilweise in kugeligen Kalkknollen, daneben finden sich einzelne weißgraue Phosphoritknollen.

e) 0,12 m Dicke, plumpe, hellblaugraue Kalkknollen oder geschlossene Kalkbank, reich an Pyritnestern, in den Ammonitenluftkammern auch Kalkspat und rötlicher Schwerspat. *Nautilus*, *Coeloceras crassum* (sehr zahlreich), *Lytoceras*, Bruchstücke großer Harpoceraten, Belemniten, Gagatstückchen. Ein lose gefundenes, zweifellos aus dieser Bank stammendes Bruchstück eines *Lytoceras* mit 14 cm Höhe eines Umgangs läßt auf über $^1/_2$ m Durchmesser des ganzen Fossils schließen.

f) 0,24 m feste graue, etwas schiefrige Mergel, reich an phosphoritischen Steinkernen von *Hildoceras bifrons* Brug., während *Coeloceras crassum* und Belemniten seltener werden. Im tieferen Teile der Schicht nur tonige, verdrückte Hildoceraten. Einzelne graue, dichte Kalkknollen und mergelige Phosphoritputzen.

g) 0,07—0,12 m Lage dichter, grauer, linsenförmiger Kalkknollen.

h) $\geqq$ 0,50 m grauer, schlecht geschieferter Mergel, weiche, weißgraue phosphoritische Knollen, einzelne Belemniten.

Ganz nahe im Liegenden müssen die großen Bifronskalkknollen folgen. Sie waren indessen nicht mehr aufgeschlossen.

Bemerkenswert ist, daß in dem Versuchsschacht, sobald die phosphoritführenden Schichten erreicht waren, größere Mengen von Gas, manchmal unter deutlichem Zischen, austraten. Nach dem Verhalten der Acetylengrubenlampen zu urteilen — die Flamme löste sich vom Brenner los und begann erst einige Zentimeter über demselben zu brennen, schließlich erlosch sie — handelte es sich um Kohlensäure. Ein rötlicher Saum um die Flamme könnte geringere Mengen von Kohlenwasserstoff anzeigen.

Eine Reihe anderer Probeschürfe, die alle den Phosphorithorizont in geringerer Tiefe und daher verwittert antrafen, lassen wenigstens das eine deutlich erkennen, daß die Menge des Phosphorits von Osten nach Westen stark abnimmt.

Wo die Crassusschicht in geringer Tiefe liegt, wird sie infolge ihrer mergeligen Beschaffenheit leichter als der überlagernde Ton vom Wasser durchtränkt und bildet dann ein ausgezeichnetes Schmiermittel für kleine Rutschungen, selbst an Stellen, wo der daraufliegende Astarteton noch völlig fest ist. Ein solcher Rutsch war z. B. südlich von Schollhofen (Xocourt) im Sommer 1917 gut aufgeschlossen, die oberste Lage der »Crassusschicht« bildete die »Gleitfläche«.

Wesentlich anders zeigt sich die Schicht an der Mosel. Bei Champy waren aufgeschlossen (siehe Profil):

a) 0,50 m typischer schwarzgrauer Astarteton mit kleinen weißen Schälchen von *Astarte Voltzi* Goldf. u. a.; vielfach von Gipsnadeln durchspickt.
b) 0,12 m braun verfärbter Ton, einzelne Streifen enthalten millimetergroße weißgraue Oolithkörner.
c) 0,09 m grauer, stellenweise bräunlicher Ton, wenig Oolith.
d) 0,70 m bräunlicher Ton, Oolith wieder häufiger. Nach unten verfestigt sich die Schicht, zugleich wird ihre Farbe kräftig rötlichbraun. Abdrücke von *Harpoceras striatulum* Sow.; ziemlich häufig ist *Belemnites breviformis* Voltz.
e) 0,25 m gipserfüllter Ton. Darin liegen in einer Schicht angeordnet dünne, graue, dichte Kalkknollen sowie handgroße blutrote Toneisensteinlinsen, die z. T. der Oberfläche der Kalkknollen aufliegen, und auf ihrer Oberseite Bohrlöcher (von Bohrmuscheln) erkennen lassen. Zersetzte Belemniten (wohl *B. irregularis* Schl.).
f) 0,10 m graue, bis 30 cm breite, flach ellipsoidische Kalkknollen mit Fucoiden. Stellenweise sind auch die darunter folgenden Schiefertone davon erfüllt.

Ein Vergleich mit dem Profil von Probsthofen ist begreiflicherweise nicht für jedes Bänkchen durchzuführen. Die großen Knollen in Schicht f haben das Aussehen der bei Probsthofen nicht mehr im Profil aufgeschlossenen Bifronsknollen. Die belemnitenführende Lage e, die in der Nähe auch Ammonitenbruchstücke (in Phosphorit verwandelt) enthält, entspricht dem Komplex c bis e des Probsthofener Profils, während der Oolith ohne scharfe Grenze noch in den Astarteton hineinreicht.

POLITECHNIKA GDAŃSKA ZAKŁAD GEOLOGII

Weiter nördlich bei Arrich, Mardeningen, Winzerheim fanden sich nur undeutliche Aufschlüsse. Es läßt sich jedoch eine mit halbkugeligen oder zylindrischen Bohrmuschellöchern bedeckte, oft linsenförmig auskeilende Kalkbank an vielen Stellen, besonders unterhalb Arrich, nachweisen, sie entspricht der Knollenlage in Schicht e des Profils von Champey. Die Bohrlöcher sind von einer mehrere Millimeter breiten Zone härteren Kalkes umgeben. Diese ragt ringförmig empor, wo der übrige Kalk angeätzt wurde. Der darüber liegende Toneisenstein ist öfters von einer dicken Gipskruste umgeben, worin Belemniten (*Bel. breviformis* und *irregularis*), sowie gerundete Ammonitenbruchstücke eingebacken sind. Nicht selten enthält der Toneisenstein bezw. der ihn vertretende eisenschüssige Mergel dunkle »Fucoiden«. Bei Arrich ist eine entsprechende Bank mehr kalkig, ihre Oberfläche zeigt lappig verzweigte Vertiefungen, die im Innern in dünne ockererfüllte Kanäle übergehen (? Pflanzenreste).

Arten des Phosphorits.

Die Beschaffenheit der Phosphorite dieser Schichten ist von der der früher geschilderten verschieden. Es finden sich 1. knollenförmige Ausscheidungen, 2. phosphoritische Fossilien oder deren Bruchstücke, 3. aus phosphorsaurem Kalk gebildeter Oolith, 4. phosphoritische Kluftüberzüge.

Erstere sind reichlich in den Schiefermergeln der Schichten f und h (Profil Probsthofen), sowie in der dazwischen liegenden Kalkbank enthalten. Sie sind haselnußgroß oder noch kleiner, manchmal flach fladenförmig und dann größer (bis 5 cm Durchmesser), meist aber rundlich-knollig. Ihre Farbe ist weißgrau, etwas ins fleischfarbene spielend. Öfters sind mehrere Knöllchen zu einem größeren Komplex verbacken und dann von Mergeleinschlüssen durchsetzt; das Ganze hat eine flach eiförmige Gestalt. Manchmal ziehen ganze Lagen solcher mehr oder weniger zusammenhängender Knöllchen, an- und abschwellend, den Schichtfugen entlang. Sie springen manchmal von einer Schichtfuge in die nächst höhere über, sind demnach wohl nicht ganz urprüng-

liche Bildungen. Sie umschließen dünne, wagerecht liegende Mergellinsen und eckige Mergelbröckchen. Ihre Härte ist gering, der Bruch erdig. Die Abgrenzung gegen die umgebenden Mergelschichten ist manchmal durch den Farbwechsel sehr scharf bezeichnet, manchmal verschwommen. In keinem Falle ist eine glatte Herauslösung der Knöllchen aus dem Gestein möglich, sondern beide sind innig verwachsen. In den Kalkknollen der Schicht e sind derartige Ausscheidungen im Zusammenhang mit phosphoritischen Steinkernen von *Coeloceras crassum* häufig; selbst wenn das Innere dieser Schalen teilweise mit andern Stoffen erfüllt ist, schließt sich an ihre Außenseite ein grauweißer, von der Wohnkammer aus sich sich verbreiternder, wolkiger, teils scharf, teils verschwommen begrenzter Schleier aus phosphorsäurehaltigem Kalk. Nur selten, vielleicht überhaupt nie, findet sich in dem Kalk eine derartige Ausscheidung ohne den bezeichneten Ammoniten in der Mitte. — In den verkalkten Wohnkammern großer Harpoceraten kommen gleichfalls flache Phosphoritputzen vor. In der Wohnkammer eines riesigen *Lytoceras* lagen rundliche Phosphoritknöllchen neben Belemniten und einem phosphoritischen Exemplar von *Coeloceras crassum* in einer mergeligen Grundmasse.

Die phosphoritischen Fossilien treten zum erstenmal in den Schiefermergeln der Schicht f des Probsthofener Profils auf und zwar mit *Hildoceras bifrons* Brug. Dieser Ammonit kommt mit zahlreichen Astarten und andern dünnschaligen Muscheln zusammen vor, die alle verdrückt und ihrer Schale beraubt sind. Auch die Wohnkammer des Ammoniten ist verdrückt und nur als undeutlicher Mergelkern noch erkennbar, die Luftkammern aber sind von derselben weißlichen, mergelartig weichen Substanz erfüllt, aus der die oben erwähnten Knollen bestehen. Die Außenseite der Ammoniten dieser Schicht ist von einem feinen, glänzend braunen, elastischen Häutchen überzogen, das sich beim Austrocknen von der Unterlage löst und ähnlich einer eintrocknenden Tonschicht in eckige Stückchen zerspringt, die sich dütenförmig einrollen. An der Flamme entwickelte eine Probe einen bituminösen Geruch. Es scheint sich um eine Bildung ähnlich dem horn-

artigen Überzug auf den Schalen lebender Mollusken zu handeln, die in unserem Falle, durch undurchlässige Tonschichten vor Luft- und Feuchtigkeitszutritt geschützt, noch nicht gänzlich oxydiert ist. Das Auftreten der Kohlensäure in diesen Schichten zeigt ja, daß noch gegenwärtig derartige Oxydations-Prozesse langsam vor sich gehen.

In den höheren Mergelschichten d sind die Fossilien meist vollkommen phosphoritisch. Der hornartige Überzug ist häufig nur als schwacher Anflug zu erkennen oder fehlt ganz. Die Phosphoritmasse ist etwas härter als bisher, nach oben stellen sich kleine Oolithkörner als Einschlüsse darin ein. Die Farbe frischer Stücke ist licht bläulichgrau, sie bleichen jedoch an der Luft rasch aus. Der Bruch ist erdig und matt. Nur in wenigen Fällen sind auch noch auf der Außenseite der Versteinerungen wulstige Massen dieser Art aufgewachsen; meist liegen die Ammoniten frei im Mergel. Ihre Größe beträgt selten mehr als 10 cm, Bruchstücke sind häufig. Von der Schale ist nur selten noch eine Spur zu erkennen.

Dünnschliffe durch einen phosphoritischen Ammonitensteinkern zeigen eine ziemlich reine, gleichmäßig gelbbraun durchscheinende Grundmasse. Sie enthält überall feine Splitter von Schalentrümmern eingestreut, gröbere Bruchstücke sind mehr örtlich angehäuft. Sie sind meist verhältnismäßig dünn, als Kalkspat erhalten und oft randlich von kleinen Schwefelkieskörnern durchsetzt. Letzterer ist überhaupt von staubförmig kleinen bis zu 1 mm großen rundlichen Körnern reichlich verbreitet und noch ziemlich frisch.

Eigentümlich sind eiförmige, wohlgerundete Kalkspatkörper von 0,5—1 mm Durchmmesser. Sie bestehen aus einem oder mehreren verschieden auslöschenden Individuen. Wahrscheinlich sind diese aus einer ursprünglich feinkörnigeren, oolithartig zusammengeballten Masse durch Umkrystallisation hervorgegangen. Daneben finden sich richtige schalige Ooide von derselben Größe, die aus demselben Stoff wie die Grundmasse bestehen. Der schalige Bau ist zuweilen durch (im Querschnitt) ringförmige

Anhäufungen von Schwefelkieskörnern besonders deutlich. Manchmal ist ein Kern von Kalkspat nach Art der vorerwähnten Kalkspatkörper vorhanden, seltener sind die beiden Substanzen innerhalb eines Ooids schlierig miteinander verwachsen.

Ein Bruchstück desselben Ammonitensteinkerns, aus dem die Schliffe hergestellt waren, ergab beim Auflösen in verdünnter Salzsäure nach starker Kohlensäureentwicklung einen schlammigen Rückstand, aus dem die Oolithkörner ausgewaschen werden konnten. Sie waren z. T. nicht viel angegriffen; z. T. waren nur noch schalige Bruchstücke übrig geblieben. Die Phosphoritsubstanz war, besonders wo reichlich Schwefelkies eingesprengt war, erhalten, die Kalkspatkerne oder »-schlieren« herausgelöst.

Das zuletzt beschriebene Vorkommen leitet über zu dem in Mergel eingebetteten losen Oolith. Einzelne Oolithkörner finden sich schon in Schicht d neben den phosphoritischen Steinkernen; sie reichern sich nach oben hin an und bilden schließlich an der Obergrenze von c ein $^1/_2$—1 cm dickes Bänkchen aus lauter Oolith mit phosphoritischem Bindemittel. Die einzelnen Oolithkörner lassen sich durch längeres Stehenlassen mit Wasser leicht von dem Mergel loslösen und ausschlämmen. Sie haben durchschnittlich 1 mm Durchmesser, sind annähernd kugelig mit Andeutung gerundeter Kanten, öfters auch langgestreckt walzenförmig mit manchmal abgeplatteten Enden oder Seitenflächen. Die längere Achse liegt der Schichtung parallel; die größte beobachtete Länge war 2,3 mm, die kleinsten Körner messen immerhin noch 0,5 mm, eine Generation kleinkörniger »Ooidbrut«, wie sie Kalkowsky (79, S. 80) aus dem Buntsandstein-Rogenstein beschrieben hat, fehlt gänzlich. Die Oberfläche der Kügelchen ist glatt, fettglänzend, gelblichweiß bis fleischfarben, seltener graubraun. Manche Stellen sind von schwachen gleichlaufenden Schrammen, ähnlich Rutschstreifen, bedeckt. Viele der Ooide sind beschädigt und haben strahlenförmig von einem Punkte ausgehende Risse bekommen, an denen bisweilen kleine Verschiebungen zu bemerken sind. Nicht selten sind kleine Oolithkörner in größere hineingedrückt; letztere haben hierbei halbkugelige Vertiefungen erhalten,

die mit einer etwas dunkleren, pyritreichen Masse ausgekleidet sind. Die Erscheinung ähnelt der von Kalkowsky beschriebenen »Impressionsstruktur«. Oft gehen radiale Risse von der eingedrückten Stelle aus. Häufig finden sich schalige, abgerollte Bruchstücke von Ooiden. Im Schliff sind sie grünlichgelb durchscheinend; dünne Stellen sind zart flaschengrün, dickere gelbbraun. Nur selten sind kleine unregelmäßige Kalkspatmassen eingeschlossen. Stets zeigt sich deutlich eine schalige Struktur; nicht selten ist sie durch Lagen von Muscovit bezeichnet. Der Kern ist häufig heller durchscheinend als die randlicheren Zonen, bisweilen läßt er Spuren von Doppelbrechung erkennen. Schwefelkies ist sehr verbreitet; er kann im Innern der Ooide unregelmäßig zerstreut sein oder sich um den Mittelpunkt anhäufen; doch ist er meist in Schalen oder Abschnitten von solchen angeordnet. In einem Falle ließ sich bei einer zentralen Anhäufung von Schwefelkies deutlich eine Anordnung in dünnen, der Schichtung gleichlaufenden Schnüren beobachten. — Wo zwei Ooide beim Wachstum zusammengestoßen sind, sind sie gemeinsam von den folgenden Schalen umhüllt worden, die Unregelmäßigkeit der äußeren Form wird dabei allmählich ausgeglichen, so daß zuletzt das Doppelkorn äußerlich nicht mehr als solches erkennbar ist. Auch an den erwähnten abgerollten Bruchstücken von Ooidschalen ist stellenweise ein erneutes Weiterwachsen beobachtet worden. Letzteres ist ein deutlicher Beweis dafür, daß die Ooide nicht nachträglich, nach Art von Konkretionen, gebildet wurden, sondern ungefähr gleichzeitig, vielleicht schon etwas früher als der Absatz des umgebenden Mergels.

Schließlich ist noch das Vorkommen von Phosphorit in Form von Kluftüberzügen zu erwähnen. Wo die Schichten angewittert sind, finden sich auf Klüften der Bifronsknollen bis $^1/_2$ cm dicke Überzüge von gelblichgrauem, oberflächlich wulstig-nierigem, im Querschnitt gebändertem Phosphorit Im Schliff zeigt er sich sehr unrein und von Kalkspat durchsetzt; Doppelbrechung ist nicht erkennbar. Manchmal sind dünne Kalklinsen allseitig von diesem Sinter überzogen; auch Belemniten sind oberflächlich zer-

fressen und von Phosphorit überkrustet. Da in den unverwitterten Schichten nichts Derartiges beobachtet wurde, ist offenbar phosphorsaurer Kalk bei dem Verwitterungsvorgang aufgelöst worden, nach unten gesickert und hat an den Knollen oberflächlich den kohlensauren Kalk verdrängt.

Chemische Verhältnisse.

In bezug auf das chemische Verhalten läßt sich von unten nach oben, gleichzeitig mit der Zunahme der Menge phosphoritischer Gebilde, auch eine Vermehrung des Phosphorsäuregehaltes derselben feststellen. Die Kalkknollen der Schicht e des Profiles von Probsthofen als Ganzes analysiert, ergaben nur »Spuren« von Phosphorsäure. Weißliche Putzen in demselben Gestein, wie sie sich meist an Versteinerungen anschließen, enthielten 19,8 v.H. P_2O_5 = 43,2 v.H. $Ca_3P_2O_8$. Phosphoritische Ammonitensteinkerne der höheren Schicht d ergaben einzeln analysiert 24,85 v.H., 29,32 v.H. und 38,54 v.H. phosphorsauren Kalk. Eine aus dem Anstehenden herausgestochene Probe der Schichten c/d (also Mergel und Phosphorite zusammen analysiert) ergab als Mittelwert eines 15—20 cm dicken Blockes 24,8 v.H. Tricalciumphosphat. Ein Steinkern von *Haugia* cf. *variabilis* d'Orb. aus Schicht c enthielt sogar 45,6 v.H. phosphorsauren Kalk. Die Oolithschicht ergab 22,34 v.H. $Ca_3P_2O_8$, die ausgeschlämmten Oolithkörner 60,41 v.H. Die vollständige Analyse dieser Kügelchen, im Laboratorium der Preußischen Geologischen Landesanstalt ausgeführt, lautet:

CaO	44,2	v.H.
P_2O_5	27,67	»
CO_2	6,2	»
MgO	1,5	»
Fe_2O_3	1,5	»
Al_2O_3	1,4	»
K_2O, Na_2O	0,5	»
Fl	2,11	»

Cl	Spur
SO_3	0,3 v. H.
SiO_2 (lösl.)	3,0 »
Unlösl.	5,92 »
	95,80 v. H.

Der Rest ist Glühverlust und Bitumen.

Nach dem mikroskopischen Befund ist die grünlichgelb durchscheinende Masse der Oolithkörner dieselbe wie bei den Schliffen durch phosphoritische Fossilien, nur reiner.

Die bereits angewitterten Phosphoritknollen und -fossilien aus 2 Schürfgruben, die den Phosphorithorizont bereits in etwa 1 m Tiefe antrafen [die eine westlich vom Stiftshof (Chevillon), die andere nordöstlich von Prévocourt (Probsthofen)], ergaben 63,15 und 58,92 v. H. $Ca_3P_2O_8$. Offenbar ist auch hier, ähnlich wie bei dem β-Phosphorit, bei der Verwitterung das Calciumcarbonat ausgelaugt und das Phosphat angereichert worden. Hand in Hand damit geht auch hier die Verringerung des ursprünglich zwischen 2,6 und 2,9 schwankenden spezifischen Gewichtes der Phosphoritknollen durch die Bildung feiner Hohlräume, sowie die Entstehung einer kreidigen Verwitterungsrinde.

Tierische Reste.

Über die Fauna der »Phosphorite des Oberen Lias in der Gegend von Delme« hat Klüpfel (80) 1909 kurze Angaben gemacht. Eine in diesem Bande dieses Jahrbuchs erscheinende Arbeit desselben Verfassers über den Lothringer Lias, die dieser mir freundlichst zur Verfügung stellte, enthält folgende Liste[1]):

Fischreste s. s.

Belemnites irregularis Schl. Qu. Ceph. **26**, 24 Bayle **28**, 57 z. h. Juville (Juweiler).

» *digitalis* Blainville cf. var A, **3**, 6 hh. Juville.

[1]) Es bedeutet h. h. = sehr häufig, h. = häufig, z. h = ziemlich häufig, n. s. = nicht selten, s. = selten, s. s = sehr selten. Die Nummern der Tafeln der betreffenden Werke sind fett gedruckt, die dahinter stehende Zahl bedeutet die Figur.

Belemnites sp. *aff. digitalis et acuarius ventricosus* Dumortier IV, 4, 12 (typ.) z. h. Juville.
» *acuarius ventricosus* Qu. **25**, 8 stark komprimiert, z. h. Juville.
» *acuarius ventricosus* Qu. **25**, 24, Bayle **28**, 4, Chapuis et Dewalque 2, 2, cf. d'Orb. I, 7, 12, z. h. Juville.
» *acuarius* Qu. **25**, 24 a, b, Bayle **28**, 4, Lissajoux **4**, 8a, z. h. Juville.
» *tubularis* Y. a. B. **14**, 6, Qu. Ceph. **25**, 9, 10, h. Juville.
» n. sp. z s. Juville.
» *Blainvillei* Voltz z. h. Juville.
» cf. *Quenstedti* Opp. (cf. Qu. Ceph. **27**, 3) s. Juville.
» n. sp. (*aff. Quenstedti*) n. s. Juville.
» *tripartitus* Schl. (typ.) n. s. Juville.
» cf. *conoideus* Qu. z. s. Juville.
» n. sp. n. s. Juville.
» n. sp. z. s. Juville.
» sp. Juville.
» cf. *longisulcatus* Voltz s. Juville.

Coeloceras n. sp. ss. Juville.
» *crassum* Phillips sp. hh. Juville, Nancy, Delm, sehr große Mannigfaltigkeit.
» sp. *aff. crassum* Phillips Bouxières-aux-Dames, Nancy, Delm.
» sp. *aff. crassum-Raquinianum-mucronatum* h. Juville, Delmer Rücken.
» cf. *Marioni* Lissajoux **3**, 4 Juville ss.
» *Raquinianum* d'Orb. Wright **86**, 5, 6, 7. Bouxières-aux-Dames, Delmer Rücken, Juville, Voisage (Mosel) hh.
» *Raquinianum-crassum* Juville, Delmer Rücken, Bouxières-aux-Dames hh.

Coeloceras mucronatum d'Orb. sp. **104**. 4—8 Audincourt, Delmer Rücken, Juville.

» *mucronatum-crassum* (cf. *Braunianum*) Wright **84**. 34, **87**. cf. Koechlin-Schlumberger, Bull. soc. géol. France 1854. S. 636, h. Juville.

» n. sp. *aff. mucronatum-crassum*. Bouxières-aux-Dames.

» cf. *aculeatum* Lissajoux **4**, 1.

Lytoceras sublineatum Oppel sp. (typ.) Delmer Rücken, Juville, Tincry (Dinkrich), Bouxières h.

» *cornucopiae* Y. a. B. Vandoeuvre (Meurthe-et-Mos.) ss.

» sp. *aff. cornucopiae* Y. a. B. Juville s.

» sp. *aff. coarctatum et irregulare* Pomp. ss. Juville.

» *perlaeve* Denckmann sp. **2**, 5 (typ.) Delmer Rücken s.

Hildoceras semipolitum Buckm. M. **22**, 30, 31. Bouxières-aux-Dames, Nancy s.

» *bifrons* Brug. *var. compressa* h. Bouxières-aux-Dames, Nancy, Juville, Delmer Rücken.

» *bifrons* Brug. (Lister) z. s. Juville.

» cf. *bifrons-semipolitum* Bouxières-aux-Dames s.

» sp. Juville ss.

Denckmannia sp. Juville ss.

» *erbaensis* Hauer sp. Bacourt (Badenhofen), Juville, Pondroise b. Nancy z. h.

» *aff. erbaensis* Hauer sp. ss. Houdemont südl. Nancy.

» sp. Juville ss.

Haugia aff. Ogerieni Dum. sp. **19**, 5, 6 Bacourt, Juville s.

» *aff. Ogerieni* Dum. sp. Denckmann, 5, 1 Bacourt s.

» sp. *aff. Ogerieni* Dum. sp. **19**, 5, 6 Juville s.

Haugia sp. cf. *Ogerieni* Dum. Delmer Rücken s.
» *compressa* δ Buckmann Suppl. 2, 8—10 Bouxières-aux-Dames ss.
» sp. Juville.
» cf. *variabilis* d'Orb., viele Formen, Juville, Delmer Rücken.
Pseudolioceras sp. *aff. compactile* Simps. Buckmann, non Janensch, Juville, Voisage, z. h.
Polyplectus discoideus Ziet. sp. St. Michel ss.
» *bicarinatus* Ziet. sp. Juville, Delmer Rücken ss.
Cotteswoldia sp. *aff. costatulata* Ziet. sp. Bacourt z. s.
Ostrea cf. *irregularis* Mst. Juville.
Plicatula sp.
Serpula sp.
Bohrmuscheln.
Bohrwürmer?
Berenicea sp.
Foraminiferen?

Dazu kommen aus Schicht c *Pentacrinus jurensis* Qu., kleine Seeigelstacheln (selten) und *Pecten* cf. *contrarius* Qu., ferner ein (?Ichthyosaurus-)-Wirbel.

Erhaltungsweise der Versteinerungen.

Eigentümlich ist der Erhaltungszustand dieser Versteinerungen. Reuter (**109**) hat im Oberen Braunjura der fränkischen Alb gezeigt, daß dort die Größe der Ammoniten von der Art des Gesteins abhängt, und zwar liegen die größten Formen im Kalk, die verkiesten Ammoniten der Tonschichten sind am kleinsten, während die phosphoritischen die Mitte halten. Dies scheint auch sonst zu gelten. Es gibt allerdings Ausnahmen, z. B. erwähnt Leuze (**89**, S. 48) verkieste Amaltheen von 40 cm Durchmesser, aber die Regel wird auch im Lothringer Lias bestätigt. (Vgl. auch Diener, N. J. 1912, II, S. 86 f.)

Gegenüber den Riesenarieten des Obersten Gryphitenkalks treten in unserem Falle die Formen aus den Phosphoritknollen an

Größe stark zurück, die verkiesten Arieten aus den Mergelzwischenlagen der Semicostatenschichten sind noch kleiner.

Im untersten β-Ton liegen winzige verkieste Oxynoten und Aegoceraten, im Ockerkalk sind sie groß und verkalkt.

Sehr bezeichnend sind die nur 3—4 cm messenden Kieskerne von *Amaltheus margaritatus* im Unteren δ gegenüber den verkalkten Stücken derselben Art in den Septarien der Ovoidenmergel mit dem sechsfachen Durchmesser.

Aus Schicht e wurde bereits ein Bruchstück eines verkalkten riesigen *Lytoceras* erwähnt. Mehrere phosphoritische, mit Wohnkammer erhaltene Stücke aus einer etwas höheren Lage erreichen nur 20 cm. Dasselbe läßt *Harpoceras* in mehreren Arten erkennen. Es ist daher für unsere Schichten anzunehmen, daß die Ammoniten innerhalb des Gebietes, wo sich ihre Reste finden, auch gelebt haben und in ihrer Entwicklung durch die Facies beeinflußt worden sind. Die Verschwemmungstheorie nach Walther (125) erklärt diese Erscheinungen nicht.

Die Erhaltungsweise des *Hild. bifrons* Brug. in den tieferen Mergeln (f) des Profils — Wohnkammer oft Mergel, Luftkammern Phosphorit — wurde bereits erwähnt. Die Coeloceraten der Kalkbank e sind umgekehrt in ihrer Wohnkammer von phosphoritischem Kalk erfüllt. Die inneren Windungen sind nur selten erhalten, meist ist eine schiefrige Mergelmasse an ihre Stelle getreten. Wo sie doch noch erhalten blieben (es scheint dies besonders bei kleinen Formen der Fall zu sein) ist die Innenseite der Schale samt den Kammerscheidewänden, selten auch die Außenseite, von einer scharf begrenzten Lage von Schwefelkies überzogen und der verbleibende Hohlraum von rotem oder bläulichweißem Kalkspat oder von Schwerspat ausgefüllt.

Offenbar hat die organische Substanz, die in den Luftkammern als häutiger oder schleimiger Überzug vorhanden war, bei ihrer Verwesung Schwefelwasserstoff gebildet und dann Schwefeleisen[1]) ausgefällt. Der im umgebenden Meerwasser gelöste Sauer-

[1]) bezw. zuerst Eisensulfidhydrat (Doss).

stoff konnte ins Innere der Kammern nicht in größeren Mengen diffundieren, da er bei der großen Masse verwesender Stoffe schon vorher verbraucht wurde. So waren die Bedingungen für die Bildung von Schwefelkies gegeben. Es ist dies ein Abbild eines Vorganges, der in großem Maßstabe sich in den Ablagerungen des Schwarzen Meeres abspielt. Der Luftmangel in den Wasserschichten unterhalb 230 m, hervorgerufen durch mangelnde Verbindung dieser Schichten mit dem Ozean infolge von Schwellen, hat dort zusammen mit anderen Umständen dazu geführt, daß das Sediment der tieferen Gebiete fast zur Hälfte aus Schwefeleisen, manchmal in Form von Schwefelkiesnadeln besteht (15. S. 178). Aus demselben Grunde — Mangel an Sauerstoff — ist Pyrit überhaupt in schlammigen Sedimenten häufig, wie in dem Lothringer γ- und δ-Ton, trotz der verhältnismäßig geringen Mengen von Tierresten: »Fetter Ton mit verkiesten Fossilien« ist in der ganzen Jurageologie ein stehender Ausdruck. [Philippi hat sogar einmal die Vermutung ausgesprochen, daß vielleicht früher infolge des Fehlens der kalten, sauerstoffreichen Polarströme am Grunde der Ozeane mehr Schwefelkies (und Phosphorit) gebildet wurde, als in der Gegenwart.] In dem so fossilreichen Lias α, wo in dem bewegteren Wasser (Austern!) mehr Luft zutrat, ist der Schwefelkies viel seltener, nur in der Dachbank ist er etwas reichlicher. Die Bedingungen der Schwefelkiesbildung haben schon bei Lebzeiten der später verkiesten Weichtiere bestanden, wenn auch vielleicht in geringem Grade; darauf deutet die schon erwähnte Kleinwüchsigkeit dieser Formen, die wohl durch den Sauerstoffmangel in ihrer Entwicklung behindert wurden.

Die Bildung des Kalkspats oder Schwerspats in den Luftkammern erfolgte nach dem Absatz des Schwefelkieses. Während außerhalb der Schale sich Kalkschlamm niederschlug und zu Kalkstein verhärtete, konnte durch die Schalenwände nur gelöster Kalk diffundieren, der sich als Kalkspat ausschied. Durch den Sipho konnten nur die äußersten Luftkammern mit Mineralstoffen gefüllt werden, da sich diese enge Röhre bald verstopfen mußte. In unserem Falle kommt das schon deshalb nicht in

Frage, weil ja in der Wohnkammer zunächst noch Reste des Tierkörpers enthalten waren. Es geht dies daraus hervor, daß häufig kein Schlamm in die Wohnkammer eindrang, sondern diese mit Phosphorit erfüllt ist, der nicht die klastischen Mineralien des umgebenden Kalks enthält. Wir werden später sehen, daß die Phosphoritbildung wahrscheinlich mit der Zersetzung der Ammonitenweichkörper zusammenhängt. So war also in den meisten Fällen weder gleich nach der Ablagerung der Schale, als noch der Tierkörper die Wohnkammer erfüllte, noch später, als an dessen Stelle eine Phosphoritmasse getreten war, die Möglichkeit vorhanden, daß der Sipho als Einfuhrweg für Mineralstoffe benutzt wurde.

Die Ammoniten in dem oolithführenden Mergel sind als vollständig phosphoritische Steinkerne erhalten, nur die innersten Umgänge sind öfters mit großtafeligem Schwerspat durchwachsen, der dann meist die Oberfläche des Fossils durchbricht. Vereinzelte Stücke sind noch unverletzt, sogar mit Mundsaum erhalten, die meisten aber zerbrochen. Sie bilden in ihrer wirren Lagerung eine Art Breccie mit mergeligem Zwischenmittel. Die Bruchflächen sind nur an den Kanten etwas gerundet. — Nirgends findet sich ein Übergang zwischen der Phosphoritmasse des Fossils oder dem manchmal noch anhaftenden knolligen Phosphorit und dem umgebenden Mergel, stets lassen sich die Versteinerungen sauber herauslösen. Ab und zu sind noch Bruchstücke der Schale erhalten, manchmal mit grünlichem Perlmutterglanz, wie er sich öfters bei Phosphoritversteinerungen findet, z. B. an den Ammoniten aus dem Gaultgrünsand von Novion-Porcien bei Rethel und bei den Juraversteinerungen von Kaschpur an der Wolga. Meist aber liegen nur Steinkerne vor. Daß die Zerstörung der Schalen schon vor oder während der Breccienbildung vor sich ging, beweisen die unmittelbar auf den Steinkernen festgewachsenen Formen, wie *Ostrea*, *Plicatula*, *Pecten*[1]).

[1]) Merkwürdig ist der Fall, daß auf dem Steinkern einer *Haugia variabilis* ein *Pecten contrarius* Brch. aufgewachsen ist. Es ist zwar bekannt, daß *Pecten* in der Jugend festsitzt und sich erst später frei bewegt, aber hier ist die Muschel ebenso wie der Ammonit nur als Steinkern erhalten.

Es ist zu betonen, daß nicht, wie Philippi (Ztschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1899, S. 67) in einem ähnlichen Fall (*Ostrea* auf einem Muschelkalk-Ceratiten) vermutet, die Schale während des Aufwachsens der sessilen Formen noch vorhanden war und später unter den Muschelschalen umkrystallisierte, sondern die Serpeln usw. liegen auf dem Steinkern und bedecken die Lobenlinien. Wir müssen demnach, wie schon bei dem β-Phosphorit, 2 zeitlich getrennte Generationen von Tieren unterscheiden[1]).

Dacqué vergleicht (**31**, 315) die dem gleichen Niveau angehörige »Boller Breccie«, ein Haufwerk der Ammoniten mehrerer Zonen in einer Bank vereinigt, mit einem von Abel (Paläobiologie der Wirbeltiere, S. 48 u. 63) angeführten Beispiel aus der Gegenwart, wo bei Knocke alttertiäre Muscheln aus dem Meeresboden ausgespült und mit lebenden zusammen ans Ufer geworfen werden. In unserem Falle waren es jedoch keine leeren Schalen, die ausgewaschen wurden, sondern sie waren bereits versteinert, als die Umlagerung erfolgte. Es wären sonst eckige, scharf begrenzte Bruchstücke von Steinkernen nicht erklärlich. Es wäre zu erwarten gewesen, daß bei nachträglicher Steinkernbildung an den Stellen, wo die Schale verletzt, z. B. eine Scheidewand nur zum Teil vorhanden war, ein allmählicher Übergang des Phosphorits in den Mergel oder wenigstens eine knollige, konkretionsartige Begrenzung der Phosphoritmasse eingetreten wäre. Statt dessen sind die Bruchflächen von derselben Beschaffenheit, wie wir sie jetzt noch an jedem Stück hervorbringen können. Also erst nachdem der Steinkern fertig gebildet war, ist er zerbrochen.

Diese Umlagerungen, zusammen mit der Oolithbildung, sprechen für bewegtes Flachwasser. Das bezeugen auch die Bohrmuschellöcher in den abgewaschenen Bifronsknollen im Liegenden der Phosphoritschicht bei Champey und Arrich, wo sie

[1]) Manchmal ist das ganze aufgeklebte Schälchen (z. B. von *Ostrea*) kaum so dick, wie nach andern Exemplaren die Ammonitenschale darunter gewesen sein muß, letztere kann also jedenfalls nicht mehr unter dem Schälchen vorhanden sein.

über etwas tiefere Schichten transgrediert. Einen weiteren Beweis für bewegtes Wasser liefert vielleicht die — trotz der Strandnähe — verhältnismäßig geringe Mächtigkeit der Schicht.

Eine Untersuchung der Faunenbestandteile führt zu keinem sicheren Ergebnis, da die Belemniten und Ammoniten als frei bewegliche Tiere nichts Bestimmtes aussagen. Eine gewisse Faciesabhängigkeit der Ammoniten scheint wiederum vorhanden zu sein, denn auffallend große Formen (*Lytoceras*, *Phylloceras*) liegen nur in der Kalkbank e. Die übrige Fauna ist recht gering an Zahl und deutet nur durch die schmarotzenden Formen der 2. Generation auf Flachwasser.

Vergleich mit Nachbargebieten.

Es fand also zu Beginn des Lias ζ, nach erfolgter Ablagerung des Posidonienschiefers, in Lothringen ein Zurückweichen des Meeres statt. Eine Trockenlegung ist zwar nicht mit Sicherheit erkennbar, aber die bereits gebildeten Schichten des unteren ζ gelangten doch wenigstens in den Bereich stark bewegten Wassers und wurden von den Wellen aufgearbeitet.

Ähnliche Erscheinungen, oft ebenfalls mit Phosphoritbildung verbunden, sind in demselben Horizont auch anderweitig bekannt. Die Belemnitenschicht von Entringen wurde bereits erwähnt. Weiter nördlich, bei Montmédy, werden phosphoritische Crassus-Schichten unter Freibleiben einer großen Lücke unmittelbar von Sowerby-Schichten überlagert. Östlich von Charleville ist nach Joly sogar das ganze Toarcien ausgekeilt, und das Obere Bajocien liegt unmittelbar auf den Costaten-Schichten des Lias δ. Bei May (Calvados) ist schon in den Bifronsschichten ein Rückzug des Meeres angedeutet, der in den folgenden Zonen noch auffälliger wird durch die geringe Mächtigkeit des sandig-mergeligen Gesteins und Zusammendrängung der Faunen der Striatulus-, Fallaciosus- und Levesqueischichten, sowie durch nachfolgende Eisenoolithbildung. In der Normandie ist das ganze Toarcien (den Schichten vom Posidonienschiefer bis zur Erzformation entsprechend) geringmächtig. Transgressionen und Regressionen des

Meeres, sowie Unebenheiten des abradierten Untergrundes brachten es mit sich, daß einzelne Horizonte ganz aussetzen. (Vergl. die Zusammenstellung bei Benecke, 10.)

Von Mâcon wird eine Crassusschicht mit teils verkiesten, teils phosphoritischen Fossilien beschrieben (Lissajous). Auch noch weiter südlich, zwischen Sion (Dép. Meurthe-et-Moselle) und Bourmont (Haute-Marne), ist der Phosphorithorizont vorhanden, aber nur in geringer Mächtigkeit und öfters unterbrochen. (7, S. 3). Bei Nancy trennt Authelin in seiner Bifronszone den obersten Horizont als »sous-zone à *Coel. crassum* (marnes à nodules phosphatées)« ab. Bleicher erwähnt hieraus »des fossiles roulées«.

Am Zentralplateau bei Thouars unterscheidet Welsch:

4. Zone des *A. toarcensis*. Mergel und Kalk; oft phosphoritische Versteinerungen.
3. Zone des *A. variabilis*. Kalk mit Eisenoolith.
2. Zone des *A. bifrons*. Oft sehr viel Eisenoolith.

Das sind (wenigstens 2 und 3) wiederum Strandnähe erfordernde Bildungen.

Bei La Verpillière (Rhône) sind nach Dumortier die Bifrons- und Opalinusschichten eng zusammengedrängt und erzführend.

Im Osten unseres Gebietes erwähnt van Werveke (130) von Merzweiler (nordwestlich von Hagenau) über der Schicht 3a seines Profils, die dem Posidonienschiefer angehört, eine wasserführende Schicht voll von Brauneisenerz, darüber Jurensisschichten. Solche »Rostschichten« deuten öfters Emersionsflächen an, sie sind z. B. südlich von Metz (bei Gaudach und Vandières) an der Untergrenze des Posidonienschiefers deutlich als solche zu erkennen.

Schiradin (115, S. 339) beschreibt die Schichten des Oberen Lias von Barr-Heiligenstein als Mergel mit phosphoritischen Steinkernen. Seine »Obere Lilliazone«, unserer Schicht f entsprechend, »erweckt ganz den Eindruck, als ob es sich um eine nach der ersten Sedimentation nochmals zerstörte und umgearbeitete Ablagerung handelte«. Schiradin denkt sogar an die

Möglichkeit einer Trockenlegung. In der Variabiliszeit ist tieferes Wasser vorhanden, um an deren Ende wieder von einer, diesmal sehr weit gehenden Regression unterbrochen zu werden. Bei Obermodern enthalten die Jurensisschichten Oolith (Janensch, **76**).

Jenseits des Rheins erwähnen Deffner und Fraas (40) von Langenbrücken über dem »Seegrasschiefer« des Ober-ε mergelige, kalkreiche Schiefer mit *Belemnites digitalis* und *oxyconus*, *Lyt. jurense* und *Gramm. radians*. Die Stücke sind verbogen und mit Serpeln und Bryozoen bedeckt; ein »Heer von Belemnitentrümmern« liegt dazwischen. Darüber folgt der Aalensis-Ton mit verkiesten Fossilien, das Ganze ist nur 2 m mächtig. Das sind deutliche Zeichen von Flachwasser in Unter-ζ. Bohrmuschellöcher im Untergrunde und Abrollung der Versteinerungen wird nicht besonders erwähnt, kann aber wohl vorhanden sein, da derartigen Erscheinungen früher wenig Wert beigelegt wurde.

Am Randen (Süd-Baden) sind in den 2—3 m mächtigen Jurensisschichten Fossilien »in Bruchstücken sehr häufig« (Deecke, **35**, S. 340). Auf Blatt Bonndorf enthalten die Schichten sogar etwas Sand (Schalch. **114**).

In der »Boller Breccie« Schwabens (Engel, **45**, S. 273) sind die Ammoniten aller 3 Abteilungen der Jurensisschichten in einer einzigen, kaum 1 m starken Bank breccienartig angehäuft. Weiter nördlich, bei Aalen, fehlen Unter- und Mittel-ζ ganz.

Massenhaft finden sich in den schwäbischen Jurensisschichten Serpeln, Austern, Bryozoen und ähnliches »Geziefer« auf den Ammonitensteinkernen (vergl. Engel, **43**, S. XCIV, Quenstedt, **105**, S. 279, T. 40, 1). Nach der Ansicht Engel's hatten sich diese »Pseudoschmarotzer« ursprünglich auf der Schale der Ammoniten angesiedelt. Diese wurde später aufgelöst und blieb nur an den Stellen erhalten, wo sie durch die aufsitzenden, aus Kalkspat bestehenden und daher schwerer löslichen Austernschälchen usw. geschützt war. Wir könnten demnach aus dem Vorkommen derartig bewachsener Steinkerne nicht auf deren einstige freie Lage auf dem Meeresboden schließen, sondern höchstens auf eine Zusammenschwemmung leerer Gehäuse auf flachen Bänken, wo

sie dann mit den genannten sessilen Formen besiedelt wurden, soweit dies nicht schon zu Lebzeiten der Ammonitentiere der Fall war.

Für unsere lothringer Verhältnisse ist diese Erklärung schon deshalb nicht anwendbar, weil manchmal die ganze Dicke einer aufgewachsenen Schale, von der Oberfläche des Ammonitensteinkerns an gemessen, nicht größer ist, als die Dicke der Ammonitenschale an der betreffenden Stelle früher war. Letztere ist also sicherlich nicht mehr unter der Überdeckung vorhanden. Einzelne kleine Serpeln sitzen sogar in Vertiefungen der Ammonitensteinkerne, die durch Auflösung oder Herausbrechen größerer Teile gebildet wurden. Hier trifft also eher der von Engel für zweifelhaft gehaltene Fall zu, daß die Bildung der Steinkerne sehr rasch vor sich ging und bald darauf schon wieder ihre Bloßlegung stattfand. (Über die Schnelligkeit der Fossilisation durch phosphorsauren Kalk vergl. S. 181.)

Jedenfalls können wir aber auch im schwäbischen Jurensismergel mit ganz flachem Wasser rechnen. Es sind Lücken vorhanden; nicht alle sonst unterschiedenen Zonen lassen sich nachweisen, und die Schichtmächtigkeit ist meist recht gering (E. Fischer, 47). Phosphoritische Fossilien (*Coeloceras crassum*) sah ich in der Stuttgarter Sammlung, wenn ich nicht irre, von Heiningen. In Franken sind diese Schichten durch nur $^1/_2$ m mächtige Mergel mit phosphorsäurehaltigen Knollen vertreten (Gümbel, 67, Bd. IV).

Für ein weiter nördlich gelegenes Gebiet, die Gegend von Dörnten am Harz, kommt Denckmann (41, 42) zu dem Ergebnis, daß zur Jurensiszeit eine Abtragung bereits gebildeter Schichten von geringem Ausmaße eingetreten ist. Die »Dörntener Schiefer«, das oberste Glied der Zone des *Hildoceras bifrons*, fehlen meistens infolge von Aufarbeitung. Nach Wunstorf (132) ist auch am Gallberg bei Salzgitter, nördlich vom Harz, der obere Teil der Dörntener Schiefer weggewaschen. Die Dispansumzone Wunstorf's = Germaineioolith Denckmann's, ist vom Harzrande bis Braunschweig als Breccie (sog. Schleweker Breccie)

voller Ammoniten- und Belemnitenbruchstücke entwickelt, stellenweise greift diese Facies noch in die Opalinuszone (Stolley, 117) über.

v. Seebach[1]) schildert die Jurensisschichten von Hannover als 2—3 Fuß mächtig und reich an oolithischen Mergelknauern.

Es läßt sich aus diesen Vergleichen erkennen, daß überall in den genannten Gebieten zu Beginn der Jurensiszeit Regressionsbewegungen im Gange sind, die sich durch Umlagerung und Ausschlämmung bereits abgelagerter Sedimente, durch Oolith- und Breccienbildung kundgeben. Die allgemeine, wenn auch nicht ganz ungestörte langsame Senkung des Meeresbodens, die besonders in Norddeutschland bereits zur Anhäufung sehr mächtiger Liasschichten geführt hat, wird durch eine, wenn auch nur kurze Zeit anhaltende Hebung unterbrochen. Die Breccienbildung deutet dabei für Lothringen nicht auf eine lange Arbeit der Brandung, die alles abgerollt und gerundet hätte, sondern auf einen ziemlich plötzlichen, katastrophenartigen Vorgang.

Man kann gegen diese Vergleiche einwenden, daß sie sich nicht überall genau auf denselben Horizont beziehen. Mit Absicht ist der allgemeine Ausdruck »Beginn der Jurensiszeit« gewählt. Es ist schwierig, insbesondere mit den östlich gelegenen Gebieten zu vergleichen, da die Gleichsetzung der Lothringer und Elsässer Jurensisschichten noch eine Streitfrage ist. Die Jurensisschichten im weiteren Sinne bestehen in Lothringen neben den besprochenen phosphoritführenden Mergeln noch aus den darüber liegenden, etwa 40 m mächtigen Tonen und sandigen Tonen mit *Harpoceras striatulum* Sow. und *fallaciosum* Bayle. Beide Ammoniten liegen nun im Elsaß noch innerhalb einer geringmächtigen Mergelserie mit phosphoritischen Fossilien, unter denen zwar das für Delm so bezeichnende *Coel. crassum* fehlt[2]), die aber sonst mit den delmer Versteinerungen ziemlich übereinstimmen. Benecke u. a. nahmen nun an, daß der ganze in Loth-

[1]) Der Hannoversche Jura. Berlin 1864.

[2]) Nur in einem Falle wurde ein verschwemmtes Bruchstück davon gefunden.

ringen 40—65 m (Algringen) mächtige Schichtkomplex den wenigen Metern der elsässischen Profile entspricht, weil die Aufeinanderfolge der Ammoniten in beiden Gebieten dieselbe ist. Sie rechnen dementsprechend die erwähnten mächtigen Tonschichten noch zum Lias. Branco (17) und van Werveke dagegen sehen darin die untersten Doggerschichten und betrachten die darin vorkommenden, sonst als leitend für obersten Lias angesehen *Grammoceras striatulum* Sow. (= *radians* Qu. z. T.), *fallaciosum, jurense* u. a. nur als Nachzügler, die über das Altersverhältnis der Schichten nichts aussagen. Ich möchte die Vermutung aussprechen, daß vielleicht die elsässischen Jurensisschichten nur Reste früher vorhandener mächtigerer Ablagerungen von mergelig-phosphoritischer Facies darstellen, die ursprünglich in ihrer Mächtigkeit den lothringer Verhältnissen näher kamen, die aber während ihrer Bildung durch mehrfach wiederholte Ausschlämmung und Aufarbeitung auf wenige Meter zusammengedrängt wurden. Jedesmal wurde das feine, schlammige Material weggeführt, die Versteinerungen blieben liegen. Spuren solcher Vorgänge lassen die Profile von Schiradin (115) und Janensch (76) erkennen. Zu Gunsten dieser Auffassung würde das bei Mardeningen (Mardigny) beobachtete Vorkommen phosphoritischer Ammoniten (*Harp. striatulum*) noch innerhalb der Tonschichten, mehrere Meter über der Phosphoritschicht sprechen.

Dacqué führt in seiner Paläogeographie (31) eine Arbeit von Stille an, wonach der »niedersächsische Uferrand« mit seiner westöstlichen Erstreckung während der Dogger-, Malm-, Unterkreide-, Senon- und Unteroligocänzeit bestanden habe, während im Perm, Muschelkalk und Lias Mulden senkrecht dazu verliefen. (Das wäre, wenn auch lückenhafter, ein ähnlicher Fall wie das bekannte Beispiel des bald Nord-Süd, bald West-Ost sich erstreckenden russischen paläozoischen Meeres, das aus unbekanntem Grunde regelmäßig in dieser Weise hin und her pendelte.) An der Grenze Lias/Dogger, wo ein Umschlag stattfand, müssen natürlich epeirogenetische Bewegungen eingetreten sein, — vielleicht dieselben, die wir soeben aus anderen Erscheinungen erschlossen haben.

Über den phosphoritführenden Schichten folgen in Lothringen die erwähnten mächtigen Tonschichten, — genau wie über dem unterliassischen Phosphorithorizont der β-Ton. Wie wir hier eine neue Überflutung annehmen müssen, so auch im Oberen Lias. Das Auftreten von Regressions- und nachfolgenden Transgressionserscheinungen in den Phosphoritzonen ist so auffällig, daß wir uns fragen müssen, ob hier ein ursächlicher Zusammenhang besteht, und ob auch andere Phosphoritvorkommen ähnliche Erscheinungen zeigen,

C. Die Bildungsweise des Phosphorits.

a) Phosphorit in Konglomeraten.

Umgelagert findet sich Phosphorit in vielen Schichten, sei es in Konglomeraten aus lauter Phosphoritgeröllen oder mit anderen Geröllen zusammen. Leider sind in der Literatur nicht immer Angaben über die Beschaffenheit der liegenden Schichten hinsichtlich der für das Verständnis der Bildungsweise so wichtigen Emersionserscheinungen enthalten. Es ist jedoch anzunehmen, daß diese in sehr vielen Fällen vorhanden sind.

Schon im Cambrium finden sich Phosphoritgerölle. Kruft (84) erwähnt in seiner Zusammenstellung cambrischer und silurischer Phosphoritvorkommen folgende hier in Betracht zu ziehenden Fälle:

Untercambrium: Phosphoritkonglomerat im Sandstein mit *Olenellus Kjerulfi* von Dalekarlien.

Basalkonglomerat des schwedischen Untercambriums mit Phosphoritgeröllen. (Nicht anstehend, nur als Geschiebe bekannt.)

Mittelcambrium: Konglomerat mit Phosphoriten an der Grenze der *Paradoxides Ölandicus*- und *Tessini*-Stufe auf Öland.

Obercambrium: Stinkkalk der *Eurycare latum*-Stufe mit phosphoritischen Stinkkalkgeröllen von Brunflo in Jemtland.

Phosphoritführendes Konglomerat von Wamb (Westergötland) aus der Stufe der *Peltura scarabaeoides*.

Phosphoritkonglomeratbänke im *Obolus*-Sandstein von Dalekarlien. — Auch in Estland 3 derartige Bänke als Strandkonglomerate. (Lagerstättenchronik vom 31. 7. 18 der Zeitschr. f. prakt. Geologie.)

Silur: Umgelagerte cambrische Phosphorite liegen in dem der untersilurischen Stufe des *Symphysurus incipiens* angehörigen glaukonitischen Kalk von Nerike und Westergötland, ebenso in dem Ceratopygekalk von Kinnekulle u. a. Orten.

Der Vaginatenkalk wird im westlichen Estland durch ein Konglomerat mit reichlichen Phosphoritgeröllen vertreten.

Aus Devon, Carbon, Perm und Trias sind mir keine entsprechenden Fälle bekannt geworden, wie denn diese Formationen überhaupt arm an sedimentär entstandenem Phosphorit sind. Zum Teil mag dies, wie Shaler (102, S. 12) meint, darauf beruhen, daß die Phosphat liefernden hornschaligen Brachiopoden und Trilobiten stark abgenommen haben bezw. ausgestorben sind, die Wirbeltiere aber noch nicht in genügender Zahl auftreten, um diese Rolle zu übernehmen. Ob das stichhaltig ist, möchte ich bezweifeln, es scheinen mir die Faciesverhältnisse der genannten Formationen an dem auffälligen Mangel an Phosphoritbildungen in den näher erforschten Gebieten schuld zu sein. Daß z. B. das deutsche Rotliegende oder das Obercarbon keine günstigen Bedingungen boten, ist nach dem früher Gesagten begreiflich. Bei der Lückenhaftigkeit unserer Kenntnisse ist es aber nicht unwahrscheinlich, daß an anderen Stellen der Erdoberfläche diese Bedingungen eben doch vorhanden waren.

In Deutschland treten Phosphoritgerölle erst wieder im Jura auf. Neben den aus Lothringen und den benachbarten Gebieten angeführten Vorkommen dieser Art sei auf die Liasbildungen zwischen Harz und Eggegebirge hingewiesen, aus denen Brandes zahlreiche Funde von angebohrten Phosphoritknollen auf sekundärer Lagerstätte beschreibt (18).

Sehr zahlreich sind Phosphoritkonglomerate, meist glaukonitführend, in der Kreide. Phosphorite mit Liasfossilien liegen als Transgressionskonglomerat zusammen mit Brauneisengeröllen auf dem abgewaschenen und angebohrten Meeresboden der Hilszeit (z. B. bei Salzgitter nach Denckmann, 41). v. Linstow berichtet von aufgearbeiteten, angebohrten Phosphoritgeröllen im Mucronatensandstein von Stettin (93). Die meisten und eingehendsten Beobachtungen dieser Art haben die nordfranzösischen Kreidebildungen erlaubt. Sie sind in den Annales de la soc. géol. du Nord und im Bulletin de la soc. géol. de la France niedergelegt.

Bei Machéromenil liegen über dem Coralrag transgredierend Kreideschichten mit *Ostrea vesiculosa*, an deren Basis sandige Phosphorite (»coquins de sable«) angehäuft u. z. T. an der Oberfläche des Coralrag festgekittet sind (8).

Wo die »sables de Hardoye« unmittelbar auf der »gaize à *A. mammillaris*« liegen (also eine Schichtlücke nachzuweisen ist), ist die »gaize«[1]) tief ausgewaschen, und Fossilien und Kalkknollen liegen an der Basis der Sande (8).

Die Unterlage der Phosphorite von Orville und Beauval ist vielfach erhärtet und voller Bohrgänge.

Gosselet gibt (57, 346) ein Profil von Sénercy bei Séry-les Mézières mit einer muldenförmigen Auswaschung von Kreideschichten. Der Boden dieser Rinne besteht aus erhärteter und angebohrter Kreide, darüber sind Phosphoritknollen angehäuft. Dasselbe gilt von Fresnoy-le-grand (56). Hier reichen die Bohrgänge bis 1 m tief und sind mit phosphoritischer Kreide erfüllt, die Phosphoritgerölle sind mit Austern, *Spondylus* und Serpeln bewachsen und oberflächlich wie lackiert. Ähnlich ist es bei Roisel (61) und Haravesnes (59), bei Hem-Monacu, Etaves und Ponthieu (58). Douxami beschreibt dasselbe von Templeux-la-Fosse. Auf belgischem Gebiet liegt das von Cornet untersuchte Phosphoritvorkommen von Mons mit seinem »poudingue-base de

[1]) gaize = eine Art verkieselten Kalkes.

nodules phosphatés« über der »craie phosphatée« der Maastrichter Stufe.

Die Cenomangrünsande von Bedfordshire bei Cambridge enthalten an ihrer Basis phosphoritische Gerölle mit Versteinerungen aus Kreide, Malm und Carbon (zit. b. Stutzer). Bei Ely nördlich Cambridge liegt ein entsprechendes Konglomerat im Gault, es enthält u. a. viele Schwämme. Auch russische Vorkommen (Gouvernements Saratow, Rjäsan, Kiew, Moskau-West sowie Podolien) gehören hierher. (Vergl. Referat N. J. 1912, II, S. 335—339).

Im Tertiär enthält der unteroligocäne Grünsand von Helmstedt und Harzburg mehrere Bänke von Phosphorit-Konglomerat (123). In Schleswig-Holstein sind nach Stolley (118) die tertiären Phosphorite da am häufigsten, wo die phosphoritische Kreide fehlt und sofort harte Mucronatenkreide erbohrt wurde. — In Suffolk liegt eine Phosphoritgeröllschicht zwischen dem eocänen Londonton und dem Pliocän. — Das Liegende der reichen Lager in Tunis und Algier zeigt Bohrlöcher und Austernbänke (Stutzer, 120).

In Sampson County (Nord-Karolina) werden eocäne Mergel von einer Schicht gerollter Phosphorite mit dazwischen befindlichen unbeschädigten Muscheln — das Ganze in sandigem Zwischenmittel — überlagert; in Neu-Hannover und Pender County (ebenda) ist tertiäres Phosphoritgeröll durch Kalk verbunden (102, 71 ff.). Gay Head (Martha's Vineyard) zeigt angebohrte Phosphorite in Grünsand.

Zerstreut liegen Phosphoritgerölle auch im norddeutschen Diluvium, rezent finden sie sich am Strande von Greifswald.

Obgleich diese Beispiele nur eine Auswahl aus sehr vielen ähnlichen Fällen darstellen, ergibt sich doch, daß Phosphorit in Form von Geröllen weit verbreitet ist. Es erhebt sich die Frage, ob deren Phosphorsäuregehalt in ursächlichem Zusammenhang steht mit der Bildung der Gerölle, oder ob die Phosphorite als zufällige Bestandteile in die Konglomerate hineinkamen.

b) Entstehung phosphoritführender Konglomerate.

Betrachten wir die Kiesablagerungen der Selle (Seille), die z. B. bei Selzeck (Coin-Cuvry) einige Meter über dem Fluß aufgeschlossen waren, so finden wir darin hauptsächlich Kalk- und Mergelgerölle, sowie abgerollte Gryphaeenschalen, daneben auch Sandsteinbröckchen. Da und dort liegt auch ein Phosphoritgeröll aus dem Unteren Lias. In höher gelegenen Terassen dagegen, z. B. auf dem Rücken zwischen Loveningen (Louvigny) und Kemnat (Cheminot), 30 m über der Talsohle, ist von all dem nur ein gelbbrauner Lehm mit reichlichen Brauneisenknöllchen und nußgroßen kreidigen Phosphoriten übrig geblieben. Das atmosphärische Wasser hat den Kalk unter Zurücklassung des eisenschüssigen Lehms gelöst, auch die Phosphorite ausgelaugt, so daß sie porös und leicht wurden, aber ganz wurden sie wegen der geringen Löslichkeit des phosphorsauren Kalks nicht zerstört. (Nach Bischof ist Apatit in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser im Verhältnis 1 : 393000 löslich, der Phosphorit von Sandaucourt nach Braconnier im Verhältnis 1 : 91000, Kalk dagegen 1 : 1000.) Wir haben also eine »chemische Anreicherung« von Phosphorit.

In Florida wird Phosphorit (»River pebble«) aus Flüssen durch Baggern gewonnen. Das ursprünglich die Knollen umschließende tonig-mergelige Gestein wird von dem fließenden Wasser viel leichter zerstört als die Knollen selbst; letztere werden daher in den Flußbetten mechanisch als »Phosphatseife« angereichert, die sich immer wieder erneuert.

Zweifellos sind auch unter den angeführten fossilen Beispielen solche, wo der Phosphorit als härtestes oder chemisch widerstandsfähigstes Material bei der Umlagerung von Schichten erhalten blieb, während das Zwischenmittel herausgewaschen wurde. So z. B., wo phosphoritknollenführender Kreidegrünsand im Tertiär aufgearbeitet wurde. Öfters wird aber auch eine nachträgliche Zufuhr oder wenigstens Anreicherung der Phosphorsäure angenommen (z. B. Denckmann, 41: Die Phosphorsäure scheint mit Hilfe der Zersetzung organischer Stoffe

»die Kohlensäure der eingebetteten Kalkknollen verdrängt und diese dadurch zu Phosphoriten umgewandelt zu haben«).

c) Vergleich mit den Verhältnissen des untersuchten Gebiets.

Bei unserem β-Phosphat sprechen für Auswaschung aus tieferen Schichten die schon früher (S. 145) angeführten Gründe. Die in dem Arcuatenkalk steckenden Phosphorite sind jedoch stets ziemlich kalkig (Analyse 9, S. 132). Es muß also eine Anreicherung an Phosphorsäure stattgefunden haben, und zwar nicht nur eine relative wie beim Verwittern infolge der Auslaugung der Carbonate, sondern es fand ein Ersatz des kohlensauren Kalks durch Phosphat aus dem umgebenden Meerwasser statt, naturgemäß am stärksten in den randlichen Teilen der Knollen (vergl. Analyse 8, S. 132); z. T. hat sich auch phosphorsaurer Kalk unmittelbar auf der Oberfläche der Knollen abgesetzt.

Da die auf den Knollen aufgewachsenen Fossilien gleichzeitig mit der Phosphoritausscheidung lebten — denn sie sitzen z. T. auf der phosphorsäurereichen, lackartigen Rinde der Knollen, z. T. sind sie selbst davon randlich überwuchert — kann diese Abscheidung nicht innerhalb des Bodenschlammes vor sich gegangen sein, wo ja diese Tiere nicht leben konnten, sondern die Knollen lagen frei auf dem Meeresgrunde (wie die rezenten Tiefseephosphorite).

Die aus abgerollten und umgewandelten Kalkbrocken bestehenden, noch ziemlich kalkreichen Knollen liegen, wie besonders Profil F (Sillingen) S. 121 zeigt, in etwas tieferem Niveau als die 2. Art, die schlackenförmigen, unmittelbar aus dem Wasser ausgeschiedenen Konkretionen.

(Daß nicht etwa umgekehrt der Phosphorit des Gryphitenkalks von dem darüber liegenden Geröllhorizont abstammt, wird dadurch bewiesen, daß sein Vorkommen an Versteinerungen oder deren nächste Nähe gebunden ist. Dazu kommt das Fehlen aller phosphoritischen Kluftausfüllungen, sowie das Vorkommen einzelner phosphoritischer Pleuromyen schon im untersten Gryphitenkalk.)

Aus dem oberliassischen Phosphorithorizont sind mir

bisher keine Beobachtungen bekannt, die auf eine nachträgliche Anreicherung an Phosphorsäure während der Umlagerung schließen lassen.

d) Herkunft der Phosphorsäure.

Über diese Frage sind schon sehr viele und verschiedenartige Ansichten geäußert worden. Von den gangförmigen Vorkommen können wir hier ganz absehen und uns auf die Fälle beschränken, wo der Phosphorit marinen Schichten eingeschaltet ist.

Während früher auch in solchen Fällen häufig an anorganischen Ursprung der Phosphorsäure gedacht wurde, hat man in den letzten Jahrzehnten, wohl im Anschluß an die Ergebnisse der Tiefseeforschung, Organismen zur Erklärung herbeigezogen. Der großen Verbreitung sedimentärer Phosphoritlagerstätten in Nordfrankreich und Belgien entsprechend, haben sich besonders französische und belgische Geologen mit dieser Frage befaßt. Ihre Ergebnisse sind in den Annales de la societé géol. du Nord, sowie im Bulletin de la soc. géol. de France niedergelegt.

Auf der Beobachtung fußend, daß die Sommephosphate einen Fluorgehalt besitzen, der dem des Apatits entspricht, haben Lasne (87) und Dieulafait angenommen, daß dieselben nichts anderes darstellen als den bei der Verwitterung vom Wasser aufgelösten und im Meere wieder ausgefallenen Apatit von Massengesteinen.

Munièr-Chalmas (98) hat demgegenüber betont, daß noch gar nicht soviel Apatit im Laufe der Erdgeschichte der Verwitterung zugänglich war, als seit dem Silur in Form von Phosphorit abgelagert wurde. Er kommt zu der Ansicht, daß Tiere die Phosphorsäure geliefert haben. Aber man muß demgegenüber doch fragen: Woher hatten denn diese Tiere die Phosphorsäure? Im Grunde doch ebenfalls aus dem Apatit der Gesteine.

Lasne wurde auch von Carnot angegriffen (21), der darauf hinwies, daß ursprünglich fluorfreie Knochen Fl aus verdünnten Lösungen aufnehmen können und so das Apatitmolekül bilden.

Da Phosphorit so häufig mit Glaukonit zusammen vorkommt, letzterer aber von kalireichen, also orthoklasführenden Tiefenge-

steinen abhängig zu sein scheint (Murray, 99), habe ich festzustellen versucht, ob etwa diese Gesteine auch an Phosphorsäure besonders reich sind und so das Zusammentreffen der beiden Mineralien erklären könnten. Das Ergebnis war unbefriedigend. Die verwendeten etwa 140 Analysen (aus Rosenbusch, Elemente) ergaben, daß zwar Granit gegenüber den nächst basischeren Tiefengesteinen mehr P_2O_5 enthält, daß aber der Phosphorgehalt nach dem Gabbro hin wieder stark zunimmt und sogar die beim Granit gefundenen Zahlen noch weit übersteigt. Immerhin enthält auch der Granit mehr Phosphorsäure, als i. a. die Sedimentgesteine davon besitzen.

Grossouvre u. a. haben unterseeische Quellen für die Zufuhr der Phosphorsäure verantwortlich gemacht (66). Auf dem Festlande sind in der Tat Quellen bekannt, die heute noch Calciumphosphat abscheiden, z. B. in Tennessee (113). Weit ausgedehnte, dabei nur geringmächtige marine Phosphoritlager können aber kaum auf diese Weise gebildet werden.

Hier hat eine andere Ansicht mehr Wahrscheinlichkeit für sich, die vereinzelt schon früher, hauptsächlich aber in den letzten 30 Jahren vertreten worden ist, nämlich daß die Lebewesen des Meeres die Urheber der Phosphoritbildungen sind.

Nach Cornet und Renard sind die Phosphoritkörnchen der Phosphatkreide von Ciply in Belgien nichts anderes als Knochensplitter und sonstige organische Trümmer (108). Es müssen aber auch Lösungen zirkuliert haben, z. B. wurde Treibholz mit Phosphat imprägniert (29).

Credner (30) wies 1895 für die Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligocäns nach, daß sie durch Wechselwirkung zwischen dem phosphorsauren Kalk der Knochen und dem kohlensauren Kalk der Molluskenschalen durch Vermittlung der Verwesungsprodukte gebildet wurden, und zwar alsbald nach der erfolgten Sedimentation.

Meunier (97) nimmt für die Senonphosphate von Nordfrankreich an, daß die Zersetzung von Organismen Calcium-Ammonium-Phosphorsalze erzeugt habe. Deren Lösungen seien beim

Durchsickern des unterlagernden Sediments in Form von Knollen ausgefällt worden, die nach und nach allen phosphorsauren Kalk der umgebenden Kreide auf sich konzentrierten. Später erfolgte noch eine weitere Anreicherung durch eine »dénudation sousterraine«.

Thomas schildert (**121**) die Phosphate von Tunis als eine sehr fossilreiche, küstennahe Bildung organischen Ursprungs.

Hayes (**71**) läßt die Tennesseephosphate durch Anhäufung organischer Stoffe am Grunde von Flachwasser entstehen, denn nur in solchem ist die beobachtete Zusammenschwemmung und Umlagerung zu erklären.

In Südkarolina wurden nach Holmes (zit. b. Stutzer) eocäne Mergel (Unterstes Eocän) durch Erosion und Bohrmuscheltätigkeit zertrümmert und mit Tierresten zusammen in einer Salzlagune angehäuft. Landtiere, vom Salz angelockt, kamen hinzu und vermehrten nach ihrem Tode noch die Menge der organischen Stoffe. Aus der so gebildeten Lauge schied sich Phosphat aus und bildete Knollen.

W. Harvey und Mc. Nairn (**70**, S. 513) stellen sogar den Satz auf: Jedes bekannte Phosphatlager, ausgenommen der eigentliche Apatit, ist unmittelbar oder mittelbar organischen Ursprungs.

In der Gegenwart bildet sich Phosphat organischer Herkunft noch in der Tiefsee, wo durch Zusammentreffen kalter und warmer Ströme viele Tiere absterben und bei ihrer Zersetzung Phosphorsäure liefern (Murray-Renard, **99**), ferner auf vielen Koralleninseln, wo der Korallenkalk durch die aus dem überlagernden Guano ausgelaugten Lösungen in phosphorsauren Kalk umgewandelt wird. (Vergl. die Zusammenstellung bei Stutzer (**120**).)

Auch für unsere Liasphosphorite ist die Entstehung durch Vermittlung von Organismen als sicher anzunehmen. Von Klüften, die etwa phosphorsäurehaltige Quellen herbeigeführt haben könnten, ist nichts nachzuweisen. Die große horizontale Ausdehnung der Phosphoritlager bei geringer Mächtigkeit sowie ihre Horizont-

beständigkeit sprechen für eine Entstehung im Zusammenhang mit der Sedimentation, und die zahlreichen Versteinerungen, an welche die Phosphorsäure gebunden ist, lassen kaum noch einen Zweifel an ihrer Mitwirkung an der Entstehung des Phosphorits.

Verbreitung der Phosphorsäure in der Natur.

Die Schalen, Panzer, Knochen, Zähne und Schuppen der verschiedensten Tierklassen enthalten Phosphorsäure, ebenso deren Weichteile.

Die Hauptmasse der Muskeln und des Blutserums besteht aus Eiweiß. Die bisher untersuchten eigentlichen Eiweißstoffe enthalten z. T. 0,42—0.85 vH. P_2O_5 in der aschefreien Substanz. Von den Proteiden sind die Nukleoproteide und Glykoproteide sowie die Nukleinsäure phosphorhaltig, letztere, woraus z. B. die Fisch-»Milch« besteht, enthält über 9 vH. P_2O_5. Unter den Albuminoiden endlich kommt das Reticulin, wozu das tierische Fibroin, Spongin, Conchyolin und der Byssus gehören, in Betracht. (Vergl. **69.**) Unter den Aschebestandteilen des Fleisches unserer Haustiere steht Phosphorsäure an erster Stelle. Es wird dadurch verständlich, daß bei solchen Versteinerungen, die noch die Muskelstruktur erkennen lassen, phosphorsaurer Kalk[1]) das Versteinerungsmittel ist. Ist auch der Prozentgehalt der Weichteile an Phosphaten nicht bedeutend, so stehen diese doch, nachdem die Kohlenstoffverbindungen durch die Verwesungsvorgänge entfernt sind, an erster Stelle. Da die Kohlenstoffverbindungen nicht durch andere Stoffe ersetzt werden, sondern der Körper mit ihrem Ausscheiden sein Volumen verringert und unter dem Druck des aufgelegten Sediments flach gedrückt wird, bleibt der phosphorsaure Kalk, der bei Cephalopoden schon in den lebenden Muskelmassen als solcher vorkommt, im übrigen beim Verwesen als das schwerstlösliche Phosphat gebildet wird, übrig. Der Versteinerungsprozeß ging also

[1]) So beschreibt Fraas (Württ. Jahreshefte 45, 1889) einen Tintenfisch, v. Ammon (Kleiner geol. Führer durch einige Teile der fränk. Alb, 1899) eine *Chimära* in diesem Erhaltungszustande.

hier vor sich, noch ehe die Muskelstruktur zerstört war, — einen ähnlich raschen Vorgang müssen wir auch für die phosphoritischen Muscheln nnd Ammoniten annehmen.

Das Blut der Säugetiere enthält 1—1,8 vT. P_2O_5, das Gehirn etwa 1 vT., das Blut der Krebse ist reich daran.

Pflanzenfressende Tiere scheiden Phosphorsäure durch den Darm und die Nieren aus. Darm- und Blasensteine bestehen großenteils aus Phosphaten von Ca, Mg und NH_4. Bekannt sind die phosphoritischen »Koprolithen«, versteinerte Fisch- und Saurierexkremente, sowie der phosphorreiche Guano.

Weit mehr Phosphorsäure enthalten aber die tierischen Hartteile. Knochen verschiedener Säugetiere ergaben in der Asche 83,9—90 vH. Calciumphosphat (**69**). Das Zahnbein und besonders der Schmelz sind noch reicher daran. Fossile Knochen sind häufig phosphoritisch.

Fischknochen sind ziemlich knorpelig und wasserhaltig, daher verhältnismäßig arm an phosphorsauren Salzen und leicht zersetzlich.

In rezenten Krebspanzern finden sich 6—7 vH. P_2O_5, bei *Squilla* sogar 17,66 vH. (Kelly und Schmidt in Kruft, **84**), bei Trilobiten 17—20 vH. Die Krebspanzer sind infolge ihrer porigen Beschaffenheit ebenfalls leicht löslich.

Nautilus- und *Orthoceras*-Schalen, jedenfalls auch die Ammonitengehäuse, enthalten phosphorsauren Kalk, ebenso die Schalen der Schnecken und Muscheln, letztere bis zu 7—8 vH., besonders in den neugebildeten Schalenteilen. Der Pteropodenschlamm ergab bei den Challengerproben 2,41—2,44 vH. Kalkphosphat (**124**, 680).

Die Schale der hornigen Brachiopoden baut sich hauptsächlich aus phosphorsaurem Kalk auf. *Lingula anatina* enthält nach Kopp und Will (**111**, S. 616) 42,29 vH. Calciumphosphat, 5,83 vH. Eisen- und Magnesiaphosphat, 6,83 vH. Calciumcarbonat und 45,20 vH. organische Substanz, *Lingula ovalis* ergab geglüht 85,79 vH. Kalkphosphat (**111**, I, Nachtrag 616). Sahlbom erhielt bei *Lingula* 23,2 vH. P_2O_5, bei silurischen *Obolus*-Schalen

von Vikarbyn (Dalekarlien) 36,54 vH. *Obolus Apollinis* Eichwald aus dem Obercambrium von Esthland ergab 28,10 vH. P_2O_5.

Von Echinodermen sind nur geringe Reste in phosphoritischen Gesteinen zu finden. Sie scheinen die phosphoritbildende Facies gern zu meiden, ähnlich wie die Seeigel in pyritführenden Gesteinen selten sind. (**36**, III.)

Das phosphorhaltige Spongin der Schwämme wurde schon genannt. Der Badeschwamm erzeugt ein Jodospongin mit 9 vH. Jod (**69**). Dies könnte vielleicht den Jodgehalt mancher Phosphorite erklären (z. B. im vogtländischen Silur, vergl. 84).

Daß auch die Protozoen Phosphor enthalten, ist bekannt. Damit stimmt überein, daß bei rezenten Phosphoritknollen die erste Anlage der Konkretionen oft im Innern eines Foraminiferengehäuses liegt (**99**). Vermutlich hat der verwesende Schaleninhalt dabei mitgewirkt. Radiolarienerde zeigt mit 0,65 vH., Globigerinenschlick mit 0,58 vH. P_2O_5 bedeutend höhere Werte als der Blaue Schlamm und der Rote Ton [mit 0,21 bezw. 0,30 vH. P_2O_5 (Mittel der Challengerproben)].

Von Landpflanzen seien nur die Getreidearten erwähnt, bei deren Samen die Phosphorsäure den Hauptbestandteil der Asche ausmacht. Auch die Asche von Hölzern enthält 4,5—28,5 vH. P_2O_5 (**75**).

Algenasche ergab im Mittel der Analysen der Challengerexpedition 1,09 vH. $Ca_3P_2O_8$.

Naturgemäß muß das Meerwasser, aus dem die Meerespflanzen und mittelbar auch die Meerestiere ihre Phosphorsäure entnommen haben, auch eine gewisse Menge davon enthalten. Es liegen mir nur einige ältere Angaben vor (**111**, I, S. 505 und 529/30). Es enthielten Proben aus dem offenen Ozean zwischen 2,3 Millionstel[1]) und 5,6 Millionstel Kalkphosphat[2]), solche aus den flachen europäischen Meeren bedeutend mehr (bei Bergen 16,5 Millionstel). Hängt vielleicht dieser höhere Wert mit dem größeren Tierreichtum der kälteren Meere zusammen? Krümmel

[1]) Socotora.

[2]) Zwischen Singapore und Saigon.

(Ozeanographie, I, S. 323) bestreitet aber die Richtigkeit dieser Zahlen aus dem Grunde, weil das Wasser, wenn es bei der Probeentnahme nicht gleich von den organischen Stoffen durch Filtrieren befreit wird, durch deren Verwesung phosphorsauren Kalk aufnimmt und dann zu hohe Werte gibt. Er gibt (nach E. Raben) den Gehalt des Ostseewassers im Februar und Mai zu 0,14—0,25, im Herbst zu 1,46 Millionstel P_2O_5 an. Jedenfalls sind alle diese Zahlen so niedrig, daß man sich kaum vorstellen kann, daß aus so verdünnten Lösungen Kalkphosphat rein anorganisch ausgeschieden worden sein soll, selbst wenn man den Lösungsgenossen eine bedeutende Rolle dabei zuweist[1]). Es müssen besondere Bedingungen dazu kommen.

e) Chemische Vorgänge bei der Bildung des Phosphorits.

Es wäre denkbar, daß in dicht bevölkerten Meeresteilen durch massenhaftes Absterben von Tieren örtlich der Sättigungsgrad des Wassers an Phosphaten erreicht wird. Eine kleine Schwankung der Nebenumstände könnte dann das Ausfallen von phosphorsaurem Kalk bewirken. Walther (124, 700) schreibt ganz kurz: »Die Organismenreste werden durch die Tätigkeit des Seewassers aufgelöst, und der mitgelöste phosphorsaure Kalk wird zuerst im Innern von Rhizopodenschalen ausgeschieden. Die Phosphatmasse wächst allmählich aus der Schale heraus, neben einander liegende Konkretionen verschmelzen mit einander, und allmählich bilden sich Knollen von beträchtlicher Größe«.

Meist werden chemische Umsetzungen angenommen, nicht nur einfache Lösung.

Kruft (84) denkt sich den Vorgang so: Die Fäulnis abgestorbener Tier- und Pflanzenkörper liefert CO_2; diese löst das Carbonat der Schalen, dafür tritt Kalkphosphat aus dem Wasser zu. Dies geht solange weiter, als das Wasser Phosphat ab-

[1]) In einer 2 vT. Kochsalzlösung sind z. B. immerhin 0,0457 vT. phosphorsaurer Kalk löslich (Liebig zitiert bei Roth, I, S. 57). Die Löslichkeit im Meerwasser scheint nicht genauer bekannt zu sein, wenigstens habe ich keine Angaben gefunden.

scheidet. Die phosphoritisierten Hartteile wirken dann wieder als Anziehungspunkte für weitere Spuren von Phosphorsäure im Wasser.

Gautier hat Ammoniumphosphat und Kreide in ammoniakalischer Lösung auf einander einwirken lassen und dabei neben saurem auch dreibasischen phosphorsauren Kalk erhalten. Credner (30) kommt für die Phosphorite des Leipziger Mitteloligocäns zu dem Schluß, daß das Carbonat der Muschelschalen mit dem Phosphat der Knochen dieser Schichten in Reaktion getreten sei, um die phosphoritischen Steinkerne zu erzeugen. Beim Verwesungsprozeß entsteht $(NH_4)_2CO_3$. Wo dies im Überschuß vorhanden ist, löst es den phosphorsauren Kalk der Knochen unter Zurücklassung von $CaCO_3$. Wo dagegen letzteres im Überschuß ist, wie z. B. an Muschelschalen, wird der Vorgang wieder umgekehrt und das Calciumphosphat fällt aus, während das Ammoniumcarbonat zurückgebildet wird. Durch Versuche hat Credner die Möglichkeit dieser Vorgänge erwiesen.

Auch Collet denkt an die Bildung von Ammonphosphat (24), das dann in Berührung mit Kalkschalen Kalkphosphat ergibt. Dabei werden die Schalen pseudomorphosiert; sie verlieren ihre Doppelbrechung und bilden Ansatzpunkte für die Ausscheidung von weiterem Phosphat.

In unserem Falle sind die Schalen im allgemeinen verschwunden; wo in dem β-Phosphorithorizont noch Reste davon auf den Steinkernen erhalten sind, bestehen sie aus kohlensaurem Kalk, ebenso die im Innern der Knollen eingebackenen kleinen Schalentrümmer. Es ist also keine Umwandlung der Schalen in Phosphorit nachzuweisen. Die Hauptträger der Phosphorsäure fehlen; denn von Wirbeltieren fand sich in dem β-Phosphat keine Spur, nicht einmal Fischschuppen oder -zähnchen. Wo im tieferen Teile der Gryphitenkalke Saurierwirbel gefunden werden (Angulatenschichten), da zeigen diese keine Spur von Auflösungserscheinungen, obgleich in demselben Horizont bereits schwach phosphoritische Schwämme und Muscheln auftreten, auch die *Lingula*-Schalen der »*Lingula*-Bank« sind wohlerhalten. Das

Gleiche gilt von dem vereinzelt im Innern eines Schwammes steckenden Krebsrest.

In dem oberliassischen Phosphorit fand sich ein einziger Wirbel, und auch dieser war nirgends angeätzt.

Wir können daher keinen der oben genannten Vorgänge für die Erklärung unserer Vorkommen heranziehen. Das einfachste scheint vielmehr, die in beiden Horizonten massenhaft vorhandenen Wirbellosen als Quelle der Phosphorsäure zu betrachten.

Cornet hat die Vermutung ausgesprochen, daß der chemische Vorgang, der es den Meeresorganismen ermöglicht, aus dem Meerwasser, bezw. der Nahrung, die darin befindlichen geringen Mengen Phosphorsäure herauszuziehen und aufzuspeichern, auch in dem toten Körper noch ähnlich weiterwirkt.

Carnot (21, S. 172) hat folgende Versuche angestellt: 10 Muscheln, deren Weichkörper im Mittel 14 mg Asche enthielt, wurden von den Schalen gelöst und in eine verschlossene Flasche mit 1,5 l kohlensaurem Wasser gebracht unter Zufügung von 45 g gefälltem dreibasischem Calciumphosphat. Nach 50 Tagen hatte sich die Menge der Aschenbestandteile auf 31,4 mg pro Muschel erhöht, davon waren 86,88 vH. $Ca_3P_2O_8$, 11,18 vH. $CaCO_3$.

Ein zweiter Versuch wurde mit destilliertem Wasser ausgeführt, dem 2 g Ammoniumcarbonat und 5 g Calciumphosphat zugesetzt waren. Holz mit ursprünglich 0,44 vH. Asche von 4,07 vH. P_2O_5 ergab nach 7 Monaten 0,33 vH. Asche, aber mit 7,75 vH. P_2O_5.

Bei Verwendung von kohlensaurem Wasser erhöhte sich die Aschenmenge auf 0,66 vH. mit 24,25 vH. P_2O_5.

Besonders hoch wurde der Phosphatgehalt, wenn das Wasser in offener Flasche mehrmals verdunsten konnte und wieder aufgefüllt wurde. (Nach 7 Monaten 2,51 vH. Asche, wovon 38,57 vH. P_2O_5 und 52,27 vH. CaO.)

Mit der Zeit können auf diese Weise organische Stoffe immer mehr phosphoritisiert werden.

Es ist bedauerlich, daß nicht auch Parallelversuche mit See-

wasser unternommen worden sind, denn die darin enthaltenen übrigen Salze hätten jedenfalls das Ergebnis beeinflußt und den natürlichen Verhältnissen genähert. Daß indessen das Prinzip richtig ist und Phosphat auch im Meerwasser durch organische Stoffe fixiert werden kann, geht aus einer Beobachtung von Cornet (29) hervor. Dieser fand in der Phosphatkreide von Ciply einen 4 m langen Treibholzstamm, der von einer 20—30 cm breiten Zone dunkler gefärbter Kreide umgeben ist. In dieser Zone sind die in der Phosphatkreide allgemein verbreiteten kleinen Phosphoritkörner außen noch von neu gebildetem, aus Lösungen abgeschiedenem Phosphat umhüllt. Nur die Einwirkung des verwesenden Holzes kann diese Abscheidung bewirkt haben, und zwar geschah dies schon während oder bald nach der Sedimentbildung, ehe noch das Holz ganz zersetzt war.

Wenn auf solche Weise einmal ein Kern von Phosphorit gebildet war, hat sich auch das weiter ausgeschiedene Phosphat immer wieder auf diesem Ansatzpunkt niedergeschlagen, ähnlich, wie wenn ein Krystall aus einer Lösung weiterwächst. Es bilden sich so konkretionäre Ausscheidungen um die ursprünglichen Versteinerungen.

Wie Gümbel (68) zu zeigen gesucht hat, kann auch noch im fertigen Sediment ein fein verteilter Phosphatgehalt nach gewissen Ausscheidungspunkten hin wandern, und Kruft hat (84) für das Vogtland bewiesen, daß in dem dortigen obersilurischen Schiefer ein gewisser Phosphatgehalt verteilt ist, der an den Stellen fehlt, wo sich Phosphoritkonkretionen gebildet haben. Sie haben die Phosphorsäure ihrer Umgebung auf sich konzentriert.

Ähnliche Vorgänge mögen in geringem Grade auch in unserem Falle mitgewirkt haben.

f) Die Bildungsweise unserer liassischen Phosphorite.

Die Entstehungsgeschichte unserer unteren Phosphoritschichten mag etwa folgende gewesen sein:

In dem flachen, ziemlich warmen (103, S. 145) Meere der Arietenzeit lebte eine reiche Tierwelt. Von dieser haben uns nur

die mit Hartteilen ausgestatteten Formen ihre Reste hinterlassen, also Ammoniten, Belemniten, Muscheln, Schnecken, Brachiopoden und Seelilien. Die übrigen sind nach ihrem Tode verwest, oder sie dienten anderen Tieren zur Nahrung. Auch die Weichteile der beschalten Tiere wurden meist aus den Schalen herausgefressen, z. B. durch aasfressende Schnecken oder Krebse. So wurden die Gehäuse mit Schlamm erfüllt. Manchmal aber blieb der Weichkörper auch länger erhalten, wie z. B. bei den grabenden Pleuromyen, die allseitig vom Schlamm umhüllt vor den Aasfressern geschützt waren, gelegentlich auch bei anderen Arten. Manche Tiere, die wie die Schwämme schon bei Lebzeiten wenig Liebhaber fanden (124, II), blieben auch nach ihrem Tode unberührt und begannen langsam zu verwesen. Das verwesende Eiweiß, vielleicht auch das Spongin, beide an sich schon phosphorsäurehaltig, schlugen nun die geringen Phosphatmengen des Wassers auf sich nieder. Der eindringende kalkig-tonige Schlamm vermischte sich mit diesen Verwesungsprodukten, und so entstand als Versteinerungsmittel ein phosphorsäurehaltiger, mergeliger Kalk. (Vergl. Analyse 9, S. 35.)

Neue Schichten bauen sich darüber auf. Es entsteht eine Schichtfolge von halbverfestigtem Kalkschlamm und Mergel mit kalk- oder mergelerfüllten, ausnahmsweise schwach phosphoritischen Versteinerungen.

Das Meer wird immer flacher (vergl. S. 144), die Sedimente kommen zuletzt in den Bereich der Wellen und werden in ihren obersten Schichten aufgearbeitet.

Bei dieser Gelegenheit erweisen sich die phosphoritischen Versteinerungen als besonders widerstandsfähig, sowohl gegen Auflösung wie gegen Abrollung. Sie bleiben erhalten, während der Mergelschlamm weggespült und auch der halbverfestigte Kalk großenteils zerstört wird. Nur härtere Brocken davon, sowie namentlich die dicken Gryphaeenschalen und harte Belemnitenrostra bleiben erhalten. Stellenweise werden die ganzen Acutusschichten aufgearbeitet.

In dem Seichtwasser siedeln sich auf den härteren Knollen

und Schalen die schmarotzenden Serpeln, Austern, Plicateln und Crinoiden an. Bohrmuscheln *(Fistulana)* schaffen sich ihre birnförmigen Höhlungen in den Knollen, Bohrschwämme (*Clione*) greifen namentlich die Schalen an. In dem halbfesten Untergrunde leben bohrende Würmer. Mit dem weiteren Zurücktreten des Meeres müssen Verhältnisse eingetreten sein, die vielleicht mit dem Wattenmeer zu vergleichen sind. Einzelne Stellen ragten zeitweise aus dem Wasser und erhielten Fließrinnen, wenn sich bei Ebbe das Wasser zurückzog, andere bekamen Wellenfurchen. Wahrscheinlich war keine ungehinderte Verbindung mehr mit dem offenen Meere vorhanden. Die Tierwelt stirbt unter den veränderten Verhältnissen (Veränderung des Salzgehaltes, der Temperatur usw.) größtenteils ab. Die Weichteile erfüllen das Wasser mit ihren Verwesungsstoffen. In der Hauptsache entstehen bei der Verwesung neben Wasser flüchtige Stoffe, wie Ammoniak und Kohlensäure. Die phosphorsauren Salze bilden mit dem reichlich vorhandenen kohlensauren Kalk Calciumphosphat als das schwerstlösliche Salz. Die freigelegten, bereits phosphorsäurehaltigen Versteinerungen nehmen auf diese Weise durch Verdrängung von Kohlensäure weitere Phosphorsäure auf. Auch reine Kalkknollen werden von der Oberfläche ausgehend pseudomorphosiert. Ja, in den höheren Schichten scheidet sich infolge weiterer Einengung unmittelbar phosphorsaurer Kalk auf der Oberfläche der Knollen ab, die den Knollen aufgewachsenen Austern werden randlich davon überwuchert. Leere Schalen werden von Phosphoritschlamm erfüllt, die Schalen erweicht und z. T. aufgelöst.[1]) Wo eine Strömung diese halbfesten Steinkerne erfaßte, wurden sie gerollt und erhielten Eindrücke. Manche wurden auch wieder von Schmarotzern besetzt, die es anscheinend am längsten unter den veränderten Bedingungen aushielten. (Vergl. die Lagune von Cette, wo u. a. auch reichlich Austern und Serpeln gedeihen, zitiert in **5**, 1916.)

Es ist die gleiche Zeit der Stagnation, die anderswo in etwas tieferem Wasser den Ölschiefer des Lias *α* geliefert hat.

[1]) Über die Möglichkeit einer raschen Steinkernbildung vergl. S. 127.

Endlich bringen epeirogenetische Bewegungen[1]) neues Leben. Die wieder belebte Erosion auf dem Festlande (Ardenneninsel) liefert mächtige, sandige Tonmassen (fossilarmer β-Ton). Die Verbindung mit dem offenen Meere bildet sich wieder und bringt eine neue Tierwelt (besonders *Gryphaea obliqua*), die sich zunächst mit der bereits fossil gewordenen Fauna des Phosphorits mischt, dann aber allein die Herrschaft übernimmt.

Im Oberen Lias sind die Verhältnisse ähnlich. Die Unterlage der Phosphoritschichten bilden die bituminösen Posidonienschiefer, Schlammabsätze eines schlecht durchlüfteten Meeresteils unterhalb des Wellenbereiches. Nach oben macht das massenhafte Auftreten von Fucoiden eine Hebung bis in die Region des Pflanzenwuchses bemerkbar, die schließlich soweit führt, daß die dem Schlamm eingelagerten großen Kalklaibe frei gespült und von Bohrmuscheln angebohrt werden. Daneben wird die Oberfläche der Knollen chemisch angegriffen. (Daß diese Knollen ursprünglich wirklich im Sediment drinnen staken, geht daraus hervor, daß die Schichtung durch sie hindurchsetzt, sie sind also nur verhärtete Ausschnitte der Schichten.) Eine abermalige geringe Senkung läßt tonige Mergel zum Absatz kommen mit zahlreichen, nach oben sich mehrenden Versteinerungen. In dem an organischen Stoffen reichen Wasser kann wiederum, wie in dem früheren Fall, eine Absorption von phosphorsaurem Kalk durch die verwesenden Tierkörper (phosp. Wohnkammern des *A. bifrons!*) stattfinden.

Das Auftreten der Crassuskalkbank e ist örtlich beschränkt und unterbricht diesen Vorgang nicht wesentlich. An der Mosel wie im Elsaß finden sich nur vereinzelte Spuren dieses Ammoniten. Erst in größerer Entfernung (Mâçon, Schwaben) ist die Zone besser entwickelt. In Lothringen tritt bald eine neue Fauna an Stelle der Coeloceraten. Der häufige Wechsel der Tiergemeinschaften ist auf die Verhältnisse des Flachwassers zurückzuführen, das auf äußere Einflüsse besonders stark reagiert. Die anhaltenden Veränderungen bringen wiederum ein Absterben großer Tier-

[1]) **104**, S. 56, Note 16.

massen mit sich. Neben den jetzt noch nachweisbaren Resten muß wohl besonders an das Plankton gedacht werden, das insbesondere gegen Temperaturwechsel sehr empfindlich ist. So reichert sich das Wasser wieder mit Phosphaten an, die nicht bloß die noch erhaltenen Ammonitenweichkörper durchtränken, sondern auch durch den Sipho oder durch Risse in die äußeren Luftkammern eindringen, und die endlich in Strandnähe zur unmittelbaren anorganischen Ausscheidung von Phosphat-Oolith führen. Wahrscheinlich war durch Abschnürung vom Meere eine Anreicherung an phosphorsaurem Kalk bis zur Löslichkeitsgrenze möglich. (Sudry hat (5, 1916, S. 153) ein phosphorsäurehaltiges Lagunensediment von der Mittelmeerküste bei Cette beschrieben, mit dem wir vielleicht unsere Schichten vergleichen dürfen. Die Lagune enthält reiches Tierleben, u. a. viele Austern und Serpeln. Wenn diese Tiere alle absterben[1]), muß ein noch größerer Gehalt an Phosphorsäure in dem Sediment entstehen.) Die Oolithkörner werden in manche zerbrochene Schalen (z. B. in Luftkammern von Ammoniten, auch in manche Wohnkammern, ferner in Belemnitenalveolen) eingeschwemmt, sie kleben auch manchmal, durch Phosphoritsubstanz knollig verbacken, außen an den Schalen, besonders am Nabel der Ammonitengehäuse, fest. In unverletzten Luftkammern finden sie sich nicht.

Durch dieses Sediment muß später einmal, vielleicht durch eine Überflutung der vom Meere trennenden Barre, eine starke Wasserbewegung hindurchgespült haben. Der Schlamm wurde fortgeschwemmt, die schweren Phosphate durcheinander geworfen, z. T. zerbrochen. Die Schalen wurden bis auf kleine Reste von den Steinkernen abgescheuert oder abgelöst, letztere z. T. kantengerundet. Weichere Partieen der Steinkerne werden herausgespült, einzelne Belemnitenrostra oberflächlich angeätzt, ebenso die bei Arrich freigelegten Kalkknollen mit den Bohrlöchern. Die Belemnitenphragmocone werden von den Rostren gelöst, manchmal in die einzelnen Segmente zerlegt. So unvermittelt, wie diese Wasser-

[1]) In den Lagunen der Adria wird manchmal im Sommer durch Überhitzung des Wassers ein Fischsterben veranlaßt (Cori).

bewegung eintrat, so rasch verschwand sie auch wieder, nirgends wurden Phosphorite zu rundlichen Geschieben abgeschliffen. Vereinzelte Serpeln, kleine, sessile Muscheln, Korallen siedelten sich auf den freigelegten Steinkernen an. Die Oolithbildung ging weiter, und eine nicht durch Schlammzufuhr gestörte Zeit lieferte schließlich aus noch mehr eingeengter Lösung das phosphoritische Bindemittel, das die oberste Oolithlage umschließt.

Mit erneuter Schlammzufuhr beginnt von neuem eine Senkung des Meeresbodens. Die Phosphoritbildung beschränkt sich wieder (wie zuunterst in Schicht f) auf die Ammonitenwohnkammern und verschwindet nach oben schließlich ganz.

Benutzte Literatur[1]).

1. Ammon, L. v., Kleiner geologischer Führer durch einige Teile der Fränkischen Alb. 1899.
2. Andersson, M. G. und N. Sahlbom, Über den Fluorgehalt schwedischer Phosphorite. Bull. of the geol Institute of the university of Upsala, IV, 1900, S. 79.
3. Andrée, K., Bemerkungen über den Rogenstein des Buntsandsteins und über Oolithe. Monatsber. d. Deutsch. Geol. ges. 1908, Nr. 6.
4. —, Die Diagenese der Sedimente usw. Geolog. Rundschau II, 3. 1911.
5. —, Über Sedimentbildung am Meeresboden. Geolog. Rundschau 1912, S. 324; 1916, S. 124; 1916, S. 301; 1917, S. 36 ff.
6. —, Über Vorkommen und Herkunft des Schwerspats am Meeresboden. Centralb. f. Min. usw. 1918, Nr. 9 und 10.
7. Authelin, C., Sur le Toarcien de la région comprise entre Sion et Bourmont. Bull. des séances de la soc. des sciences de Nancy, III^e série, tome II, S. 1 (1901).
8. Barrois, Ch., Le terrain crétacé des Ardennes. Annales de la Soc. géol. du nord, 1878, S. 227 ff.
9. Benecke, E. W., Beiträge zur Kenntnis des Jura in Deutsch-Lothringen. Abhandl. zur geol. Spezialkarte von Elsaß-Lothringen, neue Folge, Heft 1, 1898.
10. —, Die Versteinerungen der Eisenformation von Deutsch-Lothringen und Luxemburg. Abhandl. znr geol. Spezialkarte von Elsaß-Lothringen, neue Folge, Heft 6, 1905.
11. Bischof, G., Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Aufl. 1864.

[1]) Im Text durch die Nummern dieses Verzeichnisses zitiert.

12. Bleicher, G. M., Guide du géologue en Lorraine. Paris 1887.
13. —, Sur la structure microscopique des roches phosphatés du Dekma, Constantine. Comptes-rendus CXII, S. 1022. 1892.
14. —, Sur le gisement et la structure des nodules phosphatés du lias de Lorraine. Bull. de la soc. géol. de France 20, 1892.
15. Boguslawsky-Krümmel, Handbuch der Ozeanographie. 2. Aufl. 1907.
16. Braconnier, M. A., Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle. Paris-Nancy, 1883.
17. Branco, W., Der untere Dogger Deutsch-Lothringens. Abhandl. d. Geol. Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, II, Heft 1. 1879.
18. Brandes, Th., Die faciellen Verhältnisse des Lias zwischen Harz und Erzgebirge. Neues Jahrb. f. Min. usw., Beilage-Band 33, 1912, S. 325.
19. Bräuhäuser, M., Über Vorkommen von Phosphorsäure im Buntsandstein und Wellengebirge des östlichen Schwarzwaldes. Mitt. d. geol. Abteilung des württ. Stat. Landesamts. 1907.
20. Bruhns, W., Die nutzbaren Gesteine und Mineralien im deutschen Reich. Berlin 1906.
21. Carnot, A., Sur les variations observées dans la composition des apatites ect. Ann. des mines, tome X, S. 137 ff. Paris 1896.
22. Cayeux, M. L., Contributions à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. Annales de la soc. géol. du nord, 1897, tome XXVI, S. 168 ff.
23. Cayeux, M. L., Mémoire sur la »craie grise« du nord de la France. Ann. de la soc. géol. du nord, t. XVII, S. 105, 1889/90.
24. Collet, L. W., Les concrétions phosphatées de l'Agulhas-Bank. Proceedings of the Royal society of Edinburgh. XXV, S. 862 ff. 1905.
25. —, Les dépots marins. Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Vol. 35, 1908.
26. Cori, Der Naturfreund am Strande der Adria usw. 1910.
27. Cornet, J., Sur les facies de la craie phosphatée de Ciply. Annales de la soc. géol. de Belgique, t. XXXII, 1905 (mémoires).
28. —, Sur un phosphate riche dérivé du tufeau maestrichtien de Saint-Symphorien. Ebenda, t. XXIX, 1902 (mémoires).
29. —, Sur un cas d'enrichissement primitive de la craie phosphatée de Ciply autour d'un tronc d'arbre lignifié. Ebenda, t. XL, 1913 (bulletin).
30. Credner, H., Die Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligocäns und die norddeutschen Phosphoritzonen. Abh. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1895, Bd. XXII.
31. Dacqué, E., Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Jena 1915.
32. Dall, Notes on the miocene and pliocene of gay head, Martha's Vineyard, Mass., and on the landphosphate of the Ashley river district, South Carolina. (Amer. Journ. of science, 3. series, 48. 1894, 296.)
33. Dammer, B. und O. Tietze, Die nutzbaren Mineralien usw. Stuttgart 1913/14.

34. Darton, N. H., Notes on the geology of the Florida phospate deposits. Amer. Journ. of science (3). XLI, 1891, S. 103.
35. Deecke, W., Geologie von Baden. Berlin 1916.
36. —, Paläontologische Betrachtungen:
II. (Zweischaler): Neues Jahrb. f. Mineralog. usw. 1913, Beil.-Band 35, S. 352.
III. (Echinoiden): Geol. Zentralblatt 1913, S. 498.
V. (Korallen): Neues Jahrb. 1913, 2, S. 183.
VI. (Foraminiferen): Ebenda 1914, 2, S. 21.
VIII. (Crinoiden): Ebenda 1915, 2, S. 1.
37. —, Faciesstudien über europäische Sedimente. Berichte d. naturforsch. Ges. Freiburg i. B., Bd. XX, S. 1. 1913.
38. —, Über Meerestransgressionen und sich daran anknüpfende Fragen. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 68, 1916, S. 360.
39. —, Die phosphoritführenden Schichten Bornholms. Mitt. d. nat. Vereins f. Vorpommern und Rügen. XXIX, 1897.
40. Deffner und Fraas, Die Juraversenkung bei Langenbrücken. 1859.
41. Denckmann, A., Über die geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Dörnten nördlich Goslar usw. Abhandl. d. Preuß. Geol. Landesanstalt, Bd. VIII, 2, 1887.
42. —, Studien im deutschen Lias. Dieses Jahrb. 1892, S. 98.
43. Engel, Th., Über Pseudoschmarotzer auf unsern Petrefakten. Jahreshefte des Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg, Bd. 51, 1895, S. LXXXI.
44. —, Über den Erhaltungszustand der Ammoniten im schwäbischen Jura. Ebenda, Bd. 55, 1899, S. 101.
45. —, Geognostischer Wegweiser durch Württemberg, 3. Aufl., 1908.
46. —, Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte des westlichen Deutsch-Lothringen. 1887.
47. Fischer, E., In welchen Meerestiefen haben sich unsere Juraschichten gebildet? Jahreshefte d. Ver. f. vat. Naturkunde in Württemberg. 1912.
48. Fischer, H., Beiträge zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. Geognost. Jahreshefte für 1908, München 1909.
49. —, Experimentelle Studien über die Entstehung der Sedimentgesteine. Monatsber. d. Deutschen Geolog. Gesellschaft 1910, 3.
50. Fraas, E., *Loliginites Zitteli* E. Fr. Jahreshefte des Vereines f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg, 45. Jahrg., 1889, S. 217.
51. Fraas, O, Geognostische Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern. Stuttgart 1882.
52. Gruner, L., Über das Vorkommen von Phosphatknollen a. d. Perte du Rhone. Bull. soc. géol. de France, t. 28, S. 62. Referat: Neues Jahrbuch f. Min. 1871, S. 940.
53. Gaub, Fr., Die jurassischen Oolithe der schwäbischen Alb. Kokens geol. und pal. Abhandl. 9 (13), Heft 1, 1910/11.

54. Geinitz, E., Die sog. Koprolithlager von Helmstedt, Büddenstedt und Schlewecke bei Harzburg. Abh. d. Gesellschaft »Isis«, Dresden 1883 I, S. 3, V, S. 37 und 105 ff.

Gosselet. Sehr zahlreiche Arbeiten. Vergl. Annales de la soc. géol. du nord,

55. Jahrgang 1893, S. 2 (Phosphat von Templeux, Buire).
56. » 1893, S. 149 (Fresnoy-le-grand).
57. » 1893, S. 346 (Sénercy).
58. » 1896, S. 109 (Hem-Monacu, Etaves, Ponthieu).
59. » 1898, S. 16 (Haravesnes).
60. » 1899, S. 155 (Über den »tun« von Lille).
61. » 1900, S. 65 (Roisel).
62. » 1901, S. 208 (Faltenbildung i. d. Kreide, Profile).
63. » 1902, S. 44 (Étaves).
64. » 1902, S. 249 (Crécy, Ponthieu, Auxy-aux-bois).
65. » 1906, S. 125 (Courçelles, Auby).

66. de Grossouvre, Études sur les gisements de phosphate de chaux du centre de la France, Annales des mines 1885, S. 361.
67. Gümbel, W. v., Geognost. Beschreibung des Königreichs Bayern, Bd. I. Bd. IV.
68. —, Phosphorsaurer Kalk im Jura von Franken. Jahrbuch der k. k, Reichsanstalt 1865, S. 10.
69. Hammarsten, O., Lehrbuch der physiologischen Chemie. Wiesbaden 1907.
70. W. Harvey Mc. Nairn, On the origin of the Canadian Apatites. Transactions of the Canadian Institute 8, 1910, S. 495 ff.
71. Hayes, Ch. W., The Tennessee-phosphates. 16./17. ann. report of the U. S. geological survey. Washington 1897.
72. Heberle, W., Vorkommen und Entstehung von Phosphoriten der subhercynen Kreidemulde. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1914, S. 323 ff.
73. Helm, O., Über die in Westpreußen usw. vorkommenden Phosphoritknollen und ihre chemischen Bestandteile. Schriften der Naturforsch. Gesellschaft in Danzig, neue Folge, Bd. VI, Heft II, S. 240.
74. Herde, J., Über die Phosphoritknollen im Schwäbischen Jura und die Bildung der phosphorsäurereichen Geoden. Kiel 1887.
75. Heyer, G., Forstliche Bodenkunde. Erlangen 1856.
76. Janensch, W., Die Jurensisschichten des Elsaß. Abhandl. d. geol. Landesanstalt von Els.-Loth. N. F., Bd. V, 1902.
77. Joly, H., Géographie physique de la Lorraine. Nancy 1911.
78. Issler, A., Beiträge zur Stratigraphie und Mikrofauna des Lias in Schwaben. Paläontographica, Bd. 55, 1908/09.
79. Kalkowsky, E., Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1908.
80. Klüpfel, W., Über die Phosphorite des Oberen Lias in der Gegend von Delme. Mitteil. der philomatischen Gesellschaft. Straßburg 1909.

81. Klüpfel, W., Zur Kenntnis des Lothringer Bathonien. Geolog. Rundschau VII, 1916, S. 10.
82. —, Über die Sedimente der Flachsee im Lothringer Jura. Geolog. Rundschau VII, Heft 3/4, 1916.
83. —, Über den Lothringer Jura. Dieses Jahrbuch, 1918, II, S. 165 ff.
84. Krupt, L., Die Phosphoritführung des vogtländischen Obersilur und die Verbreitung des Phosphorits im Altpaläozoikum Europas. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1902, Beilage-Band 25.
85. de Lapparent, A., Traité de géologie. 4. Aufl. Paris 1900.
86. —, La formation de la craie phosphatée en Picardie. Revue générale des sciences ect, 1891, Nr. 12.
87. Lasne, H., Sur le terrain phosphaté des environs de Doullens. Bull. de la soc. géol. de France XX, 1892.
88. Lehder, J., Die Phosphatkonkretionen des Untersten Culms in Ostthüringen und dem Vogtland. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1906, Beil. Bd. XXII, S. 48 ff.
89. Leuze, Die Versteinerungs- und Vererzungsmittel der schwäbischen Petrefakten. Jahresh. d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württ. 1889, S. 40.
90. Liesegang, R. E., Geologische Diffusionen. 1913.
91. Link, G., Über die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Jenaer Zeitschr. f. Naturk., Bd. 45, 1909.
92. —, Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1903, Beil., Bd. XVI, S. 495.
93. Linstow, O. v., Über Mucronatensandstein mit aufgearbeiteten Senonphosphoriten und die Regression des Obersenons. Dieses Jahrb. 34. Bd., 1913, I, S. 174 ff.
94. Ludwig, Das Wachsen der Steine. Darmstadt 1853.
95. Méchin, A., Sur un cirripède nouveau du Charmouthien. Bull. de la société des sciences, Nancy 01.
96. Mercy, N., Remarques sur le gîtes de phosphate de chaux de la Picardie. Bull. de la soc. géol. de France, Bd. 19, 1890/91, S. 854.
97. Meunier, St., Théorie des phosphates sédimentaires. Ann. agronomiques 23, 1897. Ref. N. Jahrb. f. Min. 1898, II, S. 265.
98. Munier-Chalmas, L'origine des phosphates de la Somme et à la formation de la craie. Bull. de la soc. géol. de France, Bd. 20, S. XLVII, 1892.
99. Murrey u. Renard, Report on deap-sea deposits. London 1891. Ref. N. Jahrb. 1893, II, S. 281.
100. Nègre, G., Note sur les gisements de phosphate de Beauval. Ann. de la soc. géol. du Nord, t. XLI, S. 235. 1912.
101. Nivoit, Acide phosphorique du terrain de transition et lias des Ardennes. Bull. soc. géol. France, 3. série, t. VIII, 1879/80.

102. Penrose, R. A. F., Nature and origin of deposits of phosphate of lime. U. S. geol. Survey, Bull. 46, 1888.
103. Philippi, E, Vorlesungen, bearbeitet v. O. Marschall. Jena 1912. S. 66 ff.: Sedimente der Gegenwart. Ebenda S. 101: Das Klima der Vorwelt.
104. Pompeckj, J., F., Die Bedeutung des schwäbischen Jura für die Erdgeschichte Stuttgart 1914.
105. Quenstedt, A. Fr., Der Jura. Tüb. 1858.
106. Rabelle, Observations géologiques aux environs de Ribémont etc. Annales de la Soc. géol. du Nord, XXXI, 1902, S. 45.
107. Reis, O., Über eine Art Fossilisation der Muskulatur. Mitt. d. Gesellsch. f. Morphologie u. Physiologie in München. 1890.
108. Renard, A. F. und J. Cornet, Recherches micrographiques sur la nature et l'origine des roches phosphatées. Bull. de l'academie royale des sciences. Bruxelles 1891, S. 126.
109. Reuter, L., Die Ausbildung des Oberen braunen Jura im nördl. Teile der fränkischen Alb. Geognost. Jahreshefte für 1907, 20. Jahrg. München 1908.
110. —, Der Obere braune Jura am Leyerberg bei Erlangen. Sitzungsber. d. phys.-med. Sozietät. Erlangen 1901.
111. Roth, J., Allg. u. chemische Geologie. Berlin 1879/93.
112. Roussel, J., Sur la mode de formation du phosphate tricalcique d'Algérie et de Tunisie. Comptes-rendus 151, 1910, S. 600—602.
113. Safford, J. M., Horizons of phosphate rock in Tennessee. Bull. Geol. Soc. Amer. 13, 1902, S. 14.
114. Schalch, F., Erläuterungen zu Blatt Bonndorf.
114a. —, Die Gliederung der Liasformation des Donau-Rheinzuges. Stuttg. 1880.
115. Schiradin, J., Der Obere Lias von Barr-Heiligenstein. Mitt. d. geol. Landesanst. v. Els.-Lothr. VIII, 3, 1914.
116. Stelzner, A. W.. und Bergeat, A., Die Erzlagerstätten I. Lpz. 04.
117. Stolley, E., Über den Oberen Lias und den Unteren Dogger Norddeutschlands. N. Jahrb. f. Min. usw. 1909. Beil. Bd. XXVIII.
118. —, Die Kreide Schleswig-Holsteins. Kiel u. Leipzig, 1892.
119. Stuber, J. A., Die obere Abteilung des Unteren Lias. Abh. z. geol. Spezialkarte v. Els.-Lothr. Bd. V, Heft 2, 1893.
120. Stutzer, O., Die wichtigsten Lagerstätten der Nichterze. 1911.
121. Thomas, P., Gisements de phosphate de chaux des hauts-plateaux de la Tunisie. Bull. soc. géol. France, t. XIX, 1891, S. 370 ff.
122. Tschirwinsky, W., Zur Frage über die mineralogische Natur der russischen Phosphate. Ref. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1911, II.
123. Vater, H., Das Alter der Phosphoritlager der Helmstädter Mulde. Zeitschr. d. Deutschen geolog. Ges. 1897, S. 628.
124. Walther, J., Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. 3 Bände, Jena 1893/94.

125. Walther, J., Über die Lebensweise fossiler Meerestiere. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1897, 2.
126. Werveke, L. van, Die Phosphoritzone an der Grenze von Lias α und β in der Umgebung von Delme in Lothringen. Mitt. d. geol. Landesanstalt v. Els.-Lothr. Bd. V, Heft 4, 1903.
127. —, Profile zur Gliederung des reichsländischen Lias und Doggers. Ebenda, Bd. V, Heft 3, 1901.
128. —, Bericht über geolog. Untersuchungen i. J. 1897. Ebenda, Bd. IV. S. CXLIII.
129. —, Bitumenvorkommen in mesozoischen Schichten des Rheintals. Ebenda VIII, 1, 1913.
130. —, Profil i. d. Schichten mit *A. spinatus* u. im Oberen Lias v. Merzweiler. Ebenda, VI, 1898.
131. —, Die ursprüngl. Umrandung der Trierer und Luxemburger Bucht und die Veränderungen im Lias innerhalb dieser Bucht. Versamml. d. niederrh. geol. Vereins zu Trier, 1910.
132. Wunstorf, W., Die Fauna der Schichten mit *Harpoceras dispansum* Lyc. vom Gallberg bei Salzgitter. Dieses Jahrb., Bd. XXV, 1904.
133. Zakrzewski, Die Grenzschichten des braunen zum weißen Jura in Schwaben. Stuttgart 1886.

Für weitere Literaturangaben seien außer Dammer und Tietze (33), Stelzner-Bergeat (116) und Stutzer (120) noch genannt:

134. X. Stainier, Bibliographie générale des gisements de phosphates (2e éd.) Annales des mines de Belgique, 1902.
135. Tietze, O., Mitt. über d. Phosphatbau Belgiens. Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen. 1908, S. 485 ff.
136. Fuchs, E. u. de Launay, Traité des gîtes minéraux et metallifères. Paris 1893, Bd I.
137. de Launay, L., Les richesses minérales de l'Afrique. Paris 03, S. 201 ff.

Inhalt.

Seite

Vorwort 110
Einleitung 111
A. Die phosphoritführenden Juraschichten Lothringens 112
B. Beschreibung der beiden Hauptlager 114
I. Die Phosphorite an der Grenze zwischen Lias α und β 114
a) Fundorte, Verbreitung 115
b) Einzelprofile und deren Zusammenfassung 117
c) Beziehungen zwischen der Ausbildung des Gryphitenkalkes und des Phosphoritlagers 123
d) Mineralogische Beschreibung der Phosphoritknollen. Dünnschliffe. Chemische Verhältnisse. Verwitterung 124
e) Tier- und Pflanzenreste und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Facies 135
f) Beurteilung der Meeresverhältnisse nach der Gesteinsbildung. Vergleich mit Nachbargebieten 144
II. Die Phosphorite des oberen Lias 147
a) Verbreitung 147
b) Profile 148
c) Arten des Phosphorits (Knollen, Fossilien, Oolith, Sinterüberzüge) . 152
d) Fauna 158
e) Erhaltungszustand der Fossilien und die daraus zu ziehenden Schlüsse . 161
f) Vergleich mit den benachbarten Juragebieten 166
C. Die Bildungsweise des Phosphorits 172
a) Phosphorit in Konglomeraten 172
b) Entstehung solcher Konglomerate 176
c) Vergleich mit den Verhältnissen des untersuchten Gebietes . . . 177
d) Herkunft der Phosphorsäure. Ihr Vorkommen in der Natur . . . 178
e) Chemische Vorgänge bei der Bildung von Phosphorit 184
f) Bildungsgeschichte unserer beiden Phosphoritlager 187
Literatur-Verzeichnis 192

Druckfertig abgeschlossen den 11. Juli 1919. Druck verfügt am 22. April 1920.