

Weitere Schlüsse zur Entscheidung der Frage, ob eine syngenetische oder epigenetische Entstehung des Kupferschiefers anzunehmen sei, will ich aus den vorliegenden Beobachtungen nicht ziehen, bevor die im Gang befindlichen Untersuchungen über die Bildungsbedingungen des Kupferkieses zum Abschluß gekommen sind.

## **Die mitteldeutschen Phosphatlager und die Frage ihrer zweckmäßigen Ausnutzung.**

Eine Anwendung der Gesetzmäßigkeiten natürlicher Aufbereitungsvorgänge in ihrer Bedeutung für die Sedimentpetrographie.

Von Privatdozent Dr. J. Weigelt, Halle a. S.<sup>1)</sup>

### **A. Der Phosphorsäurehaushalt der Natur als erdgeschichtlicher Faktor.**

Der Hallesche Verband für die Erforschung der mitteldeutschen Bodenschätze und ihrer Verwertung hat durch seinen Geschäftsführer, Herrn Prof. Dr. Erdmann, kurz vor der Tagung noch die Aufforderung an mich gerichtet, Ihnen einiges Material über die Versorgungsmöglichkeit der deutschen Landwirtschaft mit Phosphorsäure aus eigenen heimatischen Mitteln vorzutragen. Damit ist eine wichtige Lebensfrage für uns alle angeschnitten, zugleich handelt es sich aber um ein schwieriges Gebiet. Ich kann nicht leugnen, daß ich gegenwärtig mit einer Reihe anderer Dinge reichlich beschäftigt bin. Wenn ich es trotzdem nicht für richtig halte, mich der ehrenvollen Aufforderung zu entziehen, so war dabei in erster Linie ausschlaggebend das Gedenken an die Worte, die einer der tätigsten aus Ihrem Kreise, Geheimrat Wohltmann, noch kurz vor seinem Tode in dieser Angelegenheit an mich schrieb. Genau vor 25 Monaten stand er noch vor Ihnen in diesem Raume und an dieser Stelle und wies uns alle dringend auf die Phosphatnot hin, die über uns schwebt. Damals wurde auch die Kalk- und Stickstofffrage behandelt, beide sind zu lösen. Die Phosphatfrage bleibt brennend und ungelöst. Daß wir heute nochmals auf dieses Thema zurückkommen, verdanken Sie vor allem der Initiative von Professor Römer, der das gleiche unermüdliche und tiefe Verständnis für die Lebensfrage unseres schwer bedrängten Vaterlandes betätigt. Und daß wir gerade in unserem Halleschen Verbands diesen Gegenstand noch einmal behandeln wollen, ist sicherlich auch insofern sachlich begründet, als der Stoff, der uns noch fehlt, gerade im Arbeitsgebiet des Verbandes in beträchtlichen Mengen natürlich vorkommt; freilich bei weitem nicht konzentriert genug für eine mühelose Beschaffung, nicht so, daß Sie ein rosenrotes optimistisches Bild von mir erwarten können, aber wenn wir jetzt nicht lernen, den Kampf mit allen Schwierigkeiten aufzunehmen, dann brauchen wir es überhaupt nicht mehr zu lernen.

Wir wollen anknüpfen an die damaligen Ausführungen Geheimrat Wohltmanns. Von Liebig stammt das Gesetz des Minimums der zur Volldüngung gehörenden Stoffe, und es besagt: Stickstoff, Kali, Kalk und Phosphor sind notwendig. Aber diese Stoffe kommen erst dann wirklich zur Geltung, wenn sie alle in gewissen proportionalen Mengen im Boden vorhanden sind. Und einer dieser Stoffe, eben der Phosphor, ist kaum noch in genügenden Mengen zu beschaffen, und was beschafft wird, ist so teuer, daß es kein Mensch kauft. Der Phosphorsäurebedarf der Pflanzen ist uns ja bekannt. Für ihre Ernährung kommen nur die neutralen oder basischen orthophosphorsauren Salze als Nährstoffe in Frage. Alle niedriger oxydierten Phosphorverbindungen wirken

1) Vortrag, gehalten am 13. November 1920 auf der Jahresversammlung in Halle a. S.

als Gift. Der Phosphorgehalt der Pflanzen ist gebunden an das Eiweiß. Noch größer aber ist der Bedarf der Tiere an Phosphorsäure, den sie durch Anreicherung aus aufgenommenem Pflanzeneiweiß gewinnen müssen. Bekannt ist, daß viele Außenskelette wirbelloser Tiere und die Innenskelette der Wirbeltiere phosphorsäuren Kalk als wesentlichen Bestandteil enthalten, so daß Anreicherungen von Phosphorsäure durch Anreicherung tierischer Reste auf dem Festlande wie im Meere vor sich gehen können. Die Vorgänge auf dem Festlande sind leichter zu überschauen als die im Meere. Aber die letzteren sind ungleich ausgedehnter und darum wichtiger. Es handelt sich nicht nur um die abgestorbenen Lebewesen, sondern oft auch um solche, deren Leben gewaltsam abgekürzt wurde. In der Natur heißt es eben nicht leben und leben lassen, sondern fressen und gefressen werden, und besonders gilt das für das Meer. Dementsprechend ist Tierfresserkot besonders phosphorhaltig, und die Grundbedingungen der differenzierten Anreicherung in den Gesteinen der Erdrinde ist um so eher gegeben, als ja die Verteilung der verwesenden und abgestorbenen Tierstoffe in der Flachsee auch in höchst differenzierter Form vor sich zu gehen pflegt. Für diese Erscheinung wollen wir nur ein Beispiel etwas näher betrachten.

Wir besitzen ja Böden, in denen die Phosphorsäure in so großen Mengen vorhanden ist, daß eine Düngung weder mit Knochenmehl noch Thomasschlacke oder ähnlichem notwendig ist, Böden, die alles, was zum Gedeihen der Gewächse gehört, selbst besitzen. Das sind die jungen Marschböden unserer Küste. Den kohlen-sauren Kalk liefern die Schalen der Muscheln und Schnecken; Stickstoffverbindungen und schwefelsauren Ammoniak liefern die sich zersetzenden Tierleiber, und Kali findet sich als zeolithisches Silikat und in den Salzen des Meerwassers. Im Verein mit der starken Schlickbildung hinterläßt das reiche Tier- und Pflanzenleben der Flachsee Böden, die an phosphorsäurem Kalk und an Stickstoff reich und besser sind als alles, was man durch Kunstdüngemittel erzielen kann. Der ganze Reichtum an Organismenresten wird durch die eigentümlichen Wirkungen von Ebbe und Flut aus einem sehr viel größeren Lebensbezirk zusammengedrängt, aufbereitet und angereichert in einem wenige Meter breiten Saume, da wo Verlandung stattfindet, und die Lage dieses Saumes oszilliert beständig. Unter den wirbellosten Tieren sind es besonders die Panzer der Krebse, die einen hohen Phosphorsäuregehalt besitzen, da ihre Chitinskelette durch die Einlagerung von phosphorsäurem Kalk stark versteift sind. Ein gutes Teil der Phosphorsäure in den Phosphorhorizonten der unter- und oberkambrischen Schichten Skandinaviens entstammt den Panzern der Trilobiten. Wie Abb. 13 u. 14 zeigt, besteht der Möwenkot häufig aus nichts anderem als den zertrümmerten Rückständen der gefressenen Schwimm- und Strandkrabben, die wir noch an den meist ganz erhaltenen großen Scheren bestimmen können. Und dieser überaus phosphorsäurereiche Kot wird ausgestreut über die riesige Fläche der Watten, so gleichmäßig und fein verteilt, wie es künstliche Düngung niemals hervorbringen könnte. In trockenem Klima bilden sich auf gleichem Wege Guanolager, aber auch in unserem Klima geht die auf diese Weise angereicherte Phosphorsäure nicht ohne weiteres verloren. Auch die Gehäuse der Schnecken und die Schalen der Muscheln sowie die zahllosen Überbleibsel kleinerer und kleinster Tierformen entbehren nicht eines gewissen Phosphorsäuregehaltes. Die Strandsäume der Nordsee sind daher nicht nur ein sehr empfehlenswertes Material zum Mergeln, sondern führen dem Boden entschieden auch Phosphorsäure zu. Diese Säume sind leicht zu gewinnen. Ihr Bau weist bemerkenswerte Gesetzmäßigkeiten auf. Unter dem Sog der bei Ebbe zurückgehenden Wassermassen und unter dem Wellenschlag der Flut werden die Organismenreste angereichert, bei strenger Trennung nach Größe und spezifischem Gewicht und damit auch nach Arten, Lebensalter und Erhaltungszuständen. Seewärts (s. Abb. 15 u. 16) liegt eine lose Bestreuung von Muschelschalen, dann folgt

ein festgefügtes Pflaster schwarzer Miesmuscheln, die alle die Wölbung der Schalen nach oben kehren. Noch weiter strandwärts liegt eine braune Schüttung von Schalen der Strandschnecke und noch näher am Ufer die weißen Massen kleiner Hydrobiengehäuse. Über den gröberen organischen Korngrößen finden wir Blasen- tang und andere Tange, die uns den Jodgehalt vieler Phosphorite verständlich machen. Näher am Ufer sind die Schalensäume häufig von angeschwemmten Grünalgenmassen überdeckt. Auf diese Strandsäume sollte man zu Dünge- zwecken doch etwas weitgehender zurückgreifen, als das jetzt geschieht, und besonders sollte man prüfen, ob nicht manche Untiefe als dauernder Lieferant solchen Naturdüngers in Frage kommt.

Ursprünglich gelangt allerdings die Phosphorsäure durch Verwitterung der Eruptivgesteine in den Boden, die in frischem Zustande bis 3 %  $P_2O_5$  enthalten

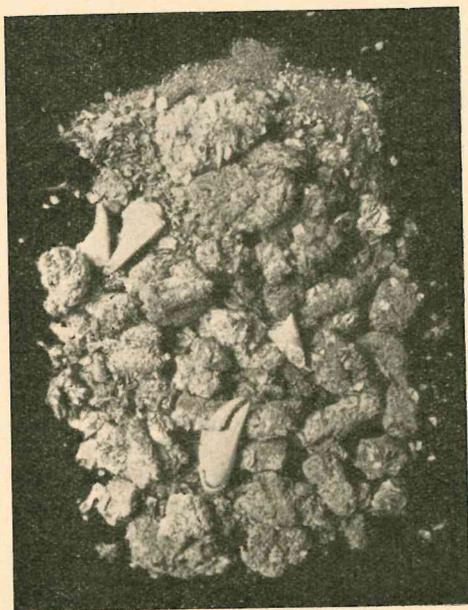


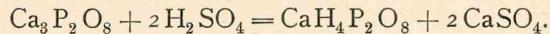
Abb. 13. Mövenkot, Amrum.  
Wichtig zur Erklärung des Phosphor-  
reichtums des Marschenbodens.



Abb. 14. Carcinus maenas-Häcksel.  
Hafen von Hallig Hooge.

können. So kommt es auch, daß vielen Mineral- und Thermalquellen ein gewisser Phosphorgehalt nicht fehlt. Bei weitem die wesentlichste Phosphorsäure- verbindung der Natur ist der Apatit, ein fluor- und chlorhaltiges Calciumphosphat. Phosphorit dagegen nennt man alle nicht als Apatit anzusprechenden Vorkommen phosphorsauren Kalkes, mit Vorliebe allerdings solche, die in konkretionären dichten Massen auftreten. Die Härte und Zähigkeit kann bedeutend werden, die Struktur ist bald konzentrisch schalig, bald radial strahlig, bald kompakt, so gut wie niemals ist die Substanz wirklich rein. Je nach der umgebenden Gesteinsfazies finden wir eine Vermengung mit Tonerde, mit Eisen, Kalk, Sand, Kieselsäure, Schwefelkies, Gips, stickstoffhaltigen und organischen Substanzen bituminöser, kohliger Natur. Hieraus und aus der Struktur geht hervor, daß sich die Phosphorite ursprünglich in kolloidalem Zustande gebildet haben. Bekannt ist die Blau eisenerde, der Vivianit, der in versteinerten Knochen wie in ganz jugendlichen Ablagerungen weit verbreitet ist und die Zusammensetzung  $Fe_3P_2O_5 \cdot 8H_2O$  hat. Daher rührt auch der Phosphorgehalt der Raseneisensteine,

der bis auf 14 % steigen kann. Die Entstehung des Phosphorites müssen wir uns so vorstellen, daß bei der Zersetzung von Tierleichen Ammoniak und Kohlensäure entstehen, zwei Stoffe, die ja auch zur submarinen Ausfällung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Eisen notwendig sind. Die Phosphorsäurelösung rührt von den gleichen Zersetzungsprozessen her und entstammt der Auflösung von Schalentieren, Knochen, Knorpel, Eiweiß usw. Mit  $\text{NH}_3$  kommt es zur Bildung von Ammoniumphosphat und mit Calciumlösung schließlich zur Ausfällung von Calciumphosphat. Die Phosphate können nicht so, wie sie vorkommen, gewonnen werden und Verwendung finden, sie bedürfen vielmehr der Aufschließung auf chemischem Wege, in den Handel kommen sie also zu Superphosphat verarbeitet. Beim Aufschließen soll das unlösliche Tricalciumphosphat in lösliches primäres Phosphat übergeführt werden:



Dabei gelingt es nie, die ganze Menge Tricalciumphosphat aufzuschließen, auch bildet es sich im Boden wieder neu, freilich in sehr viel feinerer und damit günstigerer Verteilung. Vor dem Kriege lag die Versorgung mit Phosphorsäure außerordentlich günstig. Heute aber sind die Zeiten, wo wir Phosphorite mit einem Prozentgehalt unter 40 kaum verwendeten, vorbei: im Kriege kamen diese schönen Dinge nicht herein, und nach dem Kriege sind sie der Valuta wegen zu teuer. Wir bezogen die Phosphorite aus den Vereinigten Staaten, aus Algier, aus der Südsee, aus Belgien, Frankreich und Tunis.

Diese Betrachtung zeigt uns erst so recht den Kreislauf des Phosphat-Ions, der durch lange Zeiten der Erdgeschichte hindurch ruhen kann, wenn erst einmal eine Fixierung zu unlöslichen Bodenphosphaten stattgefunden hat. Werden sie schließlich wieder durch Abtragung und Erosion frei, so brauchen noch lange nicht Bedingungen zu herrschen, die das Gefälle des Kreislaufs auflösen. Die Angreifbarkeit der unlöslichen Phosphate ist vielmehr so gering, daß sie häufig genug als Verwitterungsreste zurückbleiben, angereichert werden und aufs neue durch lange erdgeschichtliche Zeiteinheiten hindurch in jüngeren Sedimenten fixiert bleiben.

Kommt es aber zum Kreislauf, dann sind die Bakterienarbeit und die von ihr produzierten Säuren imstande, aus den unlöslichen Bodenphosphaten lösliche Monophosphate hervorgehen zu lassen. Durch Assimilation kommt es im Pflanzenkörper zur Bildung von organischen Phosphorverbindungen, die vom Tierkörper assimiliert, dessen organische Phosphorbildungen, die Lecithine und Nukleine, bilden.

Durch Absterben liefern die Pflanzen wie die Tierkörper tote organische Verbindungen, die Phosphatide. Ferner liefert der Tierkörper im Skelett tertiäres Calciumphosphat und durch Ausscheidung Harnphosphat. Soweit diese löslich sind, können sie direkt von den Pflanzen assimiliert werden. Die unlöslichen Harnphosphate und das Tricalciumphosphat des Skeletts können durch Bakterienarbeit (Säuren) in lösliche Monophosphate übergeführt werden, die natürlich wieder der pflanzlichen Assimilation zugänglich sind. Durch Wechselwirkung mit Ca-, Mg- und Fe-Salzen können diese löslichen Monophosphate aber andererseits in unlösliche Bodenphosphate übergeführt und als solche erdgeschichtlich fixiert werden. Auch die toten organischen pflanzlichen wie tierischen Phosphorverbindungen, die Phosphatide, können bakteriell abgebaut und in unlösliche Bodenphosphate übergeführt werden. Aus dieser Betrachtung ist ja ohne weiteres auch ersichtlich, daß bei der Verwendung der natürlichen Phosphorite zu Düngezwecken ihre unlöslichen Phosphate durch Säuren in lösliche Monophosphate industriell überführt werden müssen, warum die Phosphordüngemittelfrage im wesentlichen bei uns eine Schwefelsäurefrage ist.

Allerdings zeigen neuere Patente, auf die mich freundlicherweise Dr. Gumal Fessel aufmerksam macht, Wege, die die Phosphorfrage von der Schwefelsäurefrage unabhängig zu machen geeignet sind. Doch davon später.

Bei der Entstehungsfrage der Phosphorite hatten wir gesehen, daß der Gehalt an Phosphorsäure im Tierkörper hoch genug ist, um in fossilreichen

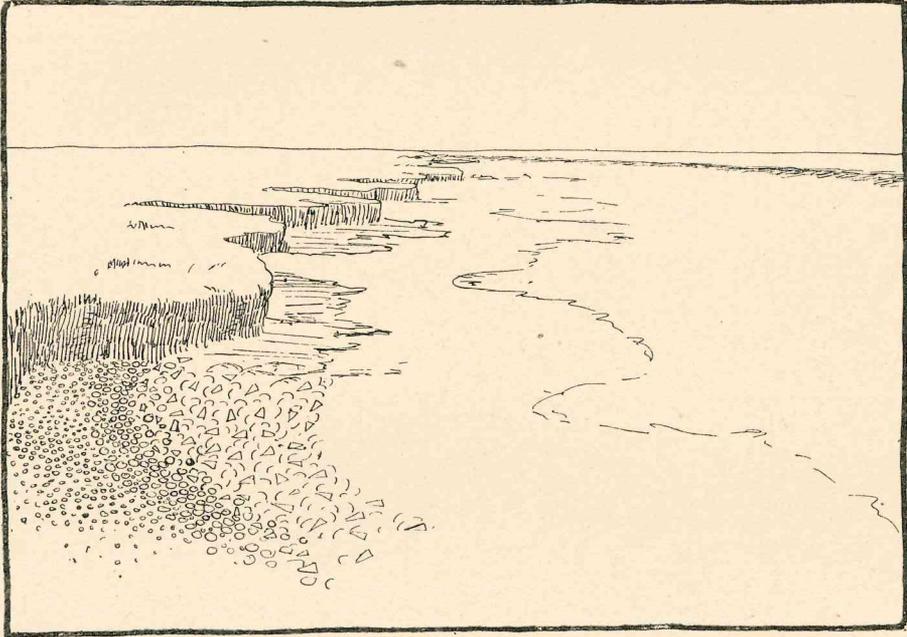


Abb. 15. Der Wattstrand des Marschgebietes bei einsetzender Ebbe, im Vordergrund der Schalensaum schematisch angedeutet: Dreiecke: Mytiluspflaster; große Kreise: Littorinaband; kleine Kreise: Hydrobiensaum.



Abb. 16. Marschboden mit Wattkliff und gebuchteter Kante, deren Verlauf den Knoten und Bächen im Spiel der Wellen bei hohem Wasserstand entspricht. Bei Flut.

Sedimenten die Konzentration von phosphorsaurem Kalk in einzelnen Anreicherungsgebieten zu verstehen. Häufig läßt sich diese Bildung noch direkt verfolgen, und der Phosphorgehalt ist noch an Brachiopodenschalen, die ja immer aus phosphorsaurem Kalk bestehen, oder an Fischreste, Koprolithen und ähnliches gebunden. Solche direkten organogenen Phosphorsäurebindungen, die, wie das Knochenmehl, zu Düngezwecken benutzt werden können, sind die Guanobildungen und die fossilen Knochenbreschen. Beim Guano handelt es sich um eine Anhäufung von Vogelekrementen, Federn, Knochen, Vogelleichen, Fischen und Molluskenschalen, die bei lockerer Beschaffenheit bis zu 60 m mächtige Ablagerungen bilden können. Der Gehalt an Ammoniak und organischen Substanzen beträgt noch etwa 50 %, der Wassergehalt 15 %, der Phosphorgehalt zwischen 10 und 17 %. Bei Auslaugung und Verwitterung nimmt der Stickstoffgehalt zusehends ab, während der phosphorsaure Kalk sich entsprechend mehr und mehr anreichert. Und so kommt es zu metasomatischen Prozessen, wenn die Unterlage der Guanomassen als Rezipient für die gelöste Phosphorsäure in Frage kommt. Daher gibt es so zahlreiche Kalkphosphate, die durch Auslaugung darüberliegender Guanolager erklärt werden müssen, auch wenn letztere ganz zerstört und beseitigt worden sind. Besonders häufig ist ja die metasomatische Umsetzung der organogen im Meere gebildeten Kalke der Koralleninseln durch Vogelkolonien. Aber außer diesen direkten Bildungen (Knochenbreschen und Guano) und außer den sekundär metasomatisch entstandenen Phosphaten (durch Imprägnation) gibt es noch eine dritte Form der Lagerstättenbildung tertiär abgeleiteter Art. Durch Aufbereitung und Zertrümmerung älterer Lagerstätten auf mechanischem Wege entstehen Anreicherungen in jüngeren Lagern, oft mit recht günstiger Konzentration, die aus Muttergesteinen mit ungenügender, aber guter Phosphoritführung bauwürdige Vorkommen hervorgehen lassen können. Durch chemische Wiederauflösung und nachträglichen Absatz des phosphorsauren Kalkes kann sich aus diesen sekundären Lagerstätten wiederum jüngeres Phosphat an der Lagerstätte selbst oder darunter und darüber bilden.

Solche natürlichen Aufbereitungsvorgänge im großen finden vornehmlich im Bereich des Wellenschlags der Flachsee statt, wo Zerstörungsvorgänge sich schon ohne Veränderung des Wasserstandes abspielen, lediglich durch Verlagerung der Priele und Abstromrinnen, die das bei Ebbe zurückströmende Wasser braucht. Sehr viel größer sind aber die Wirkungen, wenn erhebliche Verschiebungen der Küstenlinie Platz greifen. Wenn bei Regressionen eben gebildete Sedimente wieder der Küstenbrandung ausgesetzt sind, oder wenn bei Vordringen des Meeres die terrestrischen Verwitterungsdecken mit ihren Pflastern und Lesedecken (im Sinne von Joh. Walther) mechanisch und chemisch widerstandsfähiger Gesteinsreste der Aufbereitung unterliegen. Aus den terrestrischen Lesedecken werden unter Umarbeitung und Seigerung des ganzen Materials submarine Lesedecken, die natürlich auch entstehen, wenn anstehende frische Gesteinsmassen der Aufbereitung unterliegen. Der Bau einer solchen marinen Lesedecke ist der einer in vieler Hinsicht vom Verlauf der Küstenlinie abhängigen, breiten, sehr flach geböschten Schüttungshalde, deren Scheitel das Gebiet der größten Mächtigkeit darstellt. Dieser Scheitel wandert seewärts, die Böschung der Schüttungshalde ist seewärts natürlich viel beträchtlicher als strandwärts, am seewärtigen Außenrande können sehr grobe Korngrößen auf ganz feinkörnige andersartige Sedimente geschüttet werden. Während jeder einzelnen Phase stellt der Schüttungsraum der Lesedecke, der sich verlagert, wie sich auch das Abtragungsgebiet, aus dem seine Komponenten stammen, allmählich verlagert, niemals die ganze Oberfläche der entstehenden Bildung dar, sondern nur einen Teil, und dieser Teil ist saumartig. Ein solcher Lesedeckensaum

wird aufbereitet und geseigert nach Größe und spezifischem Gewicht der Komponenten. Bei gleichem Material ist der Saum also in Korngrößenzonen gegliedert, bei ungleichem Material liegen größere Korngrößen der leichteren Komponenten im Bereich der kleineren Korngrößen der schwereren Komponenten. Außerdem wird der Saum so geseigert und auseinandergézogen, daß auf der einen die leichte fast ausschließlich, auf der anderen fast ausschließlich die schwere Komponente gesteinsbildend erscheint. Ein solcher Teilsaum hat eine bogenförmig gewellte Kammlinie und damit ein Mächtigkeitsmaximum, das strand- und seewärts schnell, küstenparallel nur sehr langsam abnimmt. Darum ist der Querschnitt solcher „Lagen“ immer „linsenförmig“ oder besser gesagt sigmoidal. So nimmt es nicht wunder, daß sich in einer solchen Ablagerung zahlreiche Bänke finden, die in ihrer Korngröße sehr voneinander abweichen und die nicht aushalten. Bei allmählichem Ansteigen des Meeresspiegels stellt man sich die Entstehung von Transgressionskonglomeraten irrtümlich so vor, daß jeweils der gesamte Untergrund angegriffen und verarbeitet wird und so eine einheitliche Facette dem Festlande angeschliffen wird, der das Material der Konglomerate entstammt. Dieser etwas primitive und veraltete Begriff des „Transgressionskonglomerates“ wird heute mit Fug und Recht angezweifelt und bekämpft, aber wir brauchen deshalb bei all diesen Bildungen, sowie sie mächtiger sind, nicht ohne weiteres etwa an Flußdeltas und deren Aufschüttungen zu denken. Bei ihnen spielen ja feine Ton- und Sandsedimente in häufiger Wechsellagerung mit größerem Material eine ganz andere Rolle; sie sind abweichend gebaut.

Die Senkung des Landes, das Ansteigen des Meeres brauchen durchaus nicht immer allmählich vor sich zu gehen, sondern können episodenhaft und schnell verlaufen. Ist das Ereignis eingetreten, dann befinden sich die Erosionsformen des Festlandes mit den Auflagerungsgebieten seiner Täler und Senken und den Abtragungsgebieten seiner Erhebungen im Bereich der linearen Wirkungslinie der Meereswellen. Ihre zerstörende Wirkung ist bei heutigen Vorgängen und Ereignissen nicht zu übersehen und wird hinreichend gewürdigt, viel weniger aber ihre aufbauende. Die Berührungslinie von Festland, Meer und Luft ist zunächst ihrem Verlauf nach zu kompliziert. Die Ablagerungsgebiete des Festlandes sind häufig nach der schnellen Überflutung auch zu marinen Sedimentations- und Verlandungsvorgängen geeignet, die Hochgebiete werden langsam überwältigt, weil sich hier die Wellenkraft konzentriert. Hier entstehen wirkliche Abrasionsfacetten, hier kommt es zu Brandungshöhlen an den Stellen der tektonischen Schwächelinien, zur Auflösung in Inselklippen und Untiefenreihen. So strebt alles der Herausbildung einer Ausgleichsküste mit viel einfacherem Verlauf zu, und Sie brauchen nur an die Insel Rügen oder die Küste der Lübecker Bucht mit dem Brodtener Ufer zu denken, wo Sie gleichzeitig beträchtliche Zerstörungsvorgänge und ausgedehnte Anlandungserscheinungen eng miteinander verknüpft in Abhängigkeit von der Morphologie der Glaziallandschaft des Festlandes, die überwältigt werden muß, sich abspielen sehen. Es sind die Vorgebirge an sich entwickelnden Ausgleichsküsten, die vornehmlich die marinen Lesedecken liefern, und der Vorgang ist besonders intensiv, wenn der Angriff der Wogen in der Streichrichtung der Schichten erfolgen kann. Das Ausmaß der Vorgänge ist eine Funktion ihrer geographischen Dimensionen.

Viele Phosphoritlagerstätten sind nun solche marinen Lesedecken, sind also derselben Entstehung wie die Kalkgeröllkonglomerate und die Rollerze.

Kalke, Toneisensteine und Phosphoritknollen sind die einzigen harten und widerstandsfähigen Gebilde in weichen Meerestonen. Werden Landschaften dieses Aufbaues zerstört, so gibt es Rollerze, Rollerzlagerstätten mit Phosphoriten,

Kalkgeröllsedimente mit Erzböhen und Phosphoriten oder reine Phosphoritlagerstätten. Und bei diesen mechanischen Aufbereitungsvorgängen geht auch Kalk, Eisen und Phosphorsäure in Lösung und kann in anderen Meeresteilen ausgeschieden werden. Dafür sorgt schon die überreiche Flora und Fauna des nährstoffreichen Zerstörungsstrandes mit ihren Leichen und Abfällen. Kohlensäure

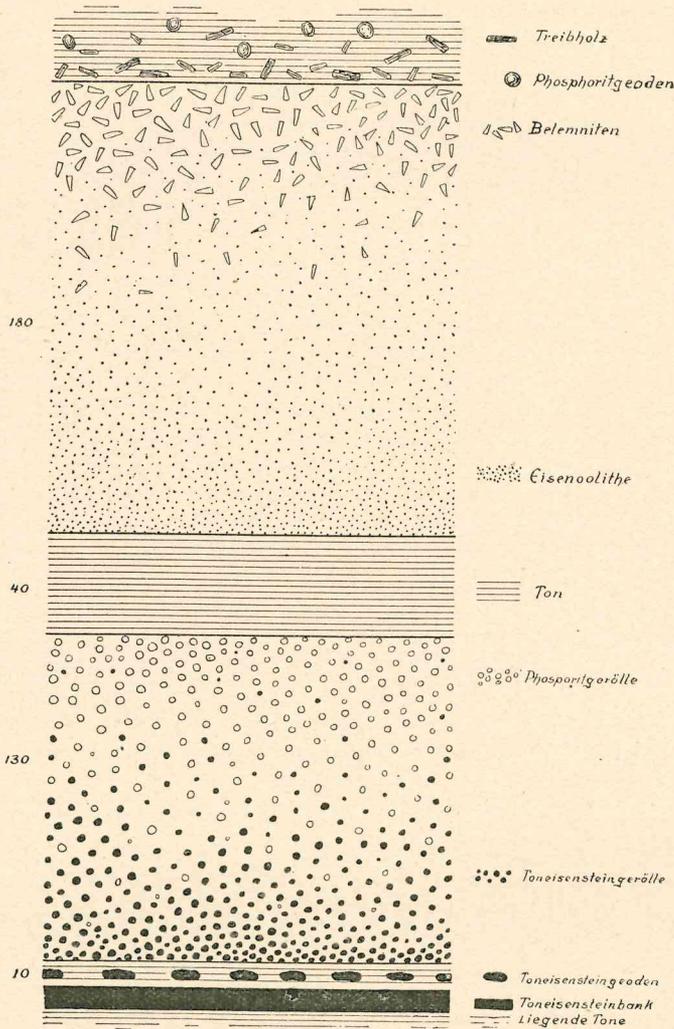


Abb. 17.

sind es Geodenlagen, dann eine geschlossene Bank, in die sich sehr bald mehr oder weniger gerollte Toneisensteinscherben und -bohnen einschalten, mit vereinzelten Phosphoritgeröllen. An der Oberkante der Konglomeratbank nehmen die Toneisensteinbohnen an Zahl ab, die Phosphoritgerölle dagegen außerordentlich zu. Die Grundmasse bildet kohlensaurer Kalk und kohlensaures Eisen. Dann hat die Phase der Aufschüttung der Trümmerschüttungshalde ein Ende, die Tonfazies schaltet sich sozusagen als Deltafuß wieder ein und dann kommt das chemisch gelöste zur Ausfällung, weil die Vorgänge der mechanischen Wirksamkeit sich entfernt haben und weniger kontrastreich geworden sind: Kleine

und Ammoniak, Schwefel und Phosphorsäure liefern die Organismen, Kalk die Organismenschalen oder das Festland, von dem auch das Eisen, das übrigens auch in der Asche der Meerestiere reichlich vertreten ist, kommt. So wird im Zusammenhang mit der Schüttungshalde auch ein Optimum der Anreicherung der Fällungsmittel weiter draußen eintreten und es bildet sich je nach den Umständen und der Position Toneisenstein oder Phosphorit oder oolithisches Eisen oder oolithischer und bankiger Kalk. Aus dem Übereinander im Profil erschließen wir das Nebeneinander in der Fläche. Das mögen einige bisher unveröffentlichte Beobachtungen, die ich im Lias des Harzvorlandes anstellen konnte, beleuchten. Das Profil zeigt uns Abb. 17. In dem Bereich tonigen Sedimentniederschlags kommt es zur Ausfällung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Eisen, das die Tonmasse kolloidal durchtränkt und festigt, so daß der Setzungskoeffizient diese Gesteinspartien verschont. Ein gewisser Schwefel- und Phosphorgehalt ist in diesen Toneisensteinen ja immer vorhanden. Zuerst

Eisenoolithe in kalkiger Grundmasse und zahllose tierische Schalen. Unten viel Eisenoolithe, oben viel Kalk. An der Oberfläche ist das Eisen stark ausgelaugt, ehe neue Tone sich absetzen und eine „Belemnitenschlacht“, eine Lesedecke von Tintenfischresten, schließt die harte Bank nach oben ab. Die Tone darüber führen zunächst reichlich Treibholz als mechanisch herbeigeführte und nußgroße, unregelmäßig verteilte Phosphoritkonkretionen als chemisch ausgefällte Komponente. Überaus lehrreich ist auch die mikroskopische Untersuchung dieser Gesteinsserie. Wieviel gesetzmäßiges Geschehen ist in diesen wenigen Metern Gestein zu rekonstruieren. Doch verlassen wir zunächst diesen Gedankengang, auf den wir später wieder zurückgreifen.

### B. Theoretisches, Genetisches und Allgemeines.

- Baumann, J., Schwefelsäure und Kunstdünger. Chem. Ztg. 44. Jahrg. 1920. Nr. 55.  
 Beyschlag, Zeitgemäße Aufgaben der praktischen Geologie. Zeitschr. f. prakt. Geol. 28. Jahrg. 1920. Heft 1.  
 Carnot, Ad., Über die natürlichen Phosphate. Ann. Chem. anal. Suppl.-Bd. 382—383.  
 Collet, Les dépôts marins.  
 Delkeskamp, Rudolf, Die Bedeutung der Konzentrationsprozesse für die Lagerstättenlehre und die Lithogenesis. Zeitschr. f. prakt. Geol. Bd. XII. 1904. Basalt des Roßberges bei Darmstadt.  
 Dieulafait, A., Origine et mode de formation des phosphates de chaux en amas dans les terrains sédimentaires. Leur liaison avec les minerais de fer et les argiles des horizons sidérolitiques. C. R. 1884. Bd. 99. p. 813—816.  
 Gautier, A., Sur des phosphates en roche d'origine animal et sur un nouveau type de phosphorites. Compt. rend. Acad. Paris 116. 1893. S. 928—933, 1023—1028.  
 Götzing, Die Phosphathöhle von Csoklovina in Siebenbürgen. Mitt. Geogr. Ges. Wien. Bd. 62. 1919. S. 304—333  
 Gruner, Gewinnung und Verwertung phosphorsäurehaltiger Düngemittel. Nachrichten aus dem Club der Landwirte zu Berlin. 1885. Nr. 172 u. 173. S. 18—34.  
 Grutterink, J. A., De fosfaatmarkt, een technisch-commercieele studie over de behoefte aan, de productie en waarde van fosfat. Verh. Geol. Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Kolonien. Mijnbouwkuntige Serie, Deel I. S. 105—109.  
 —, Over fosfaat. Ebenda 1913.  
 Hicks, On the occurrence of Phosphates in Cambrian Rocks. Quart. Journ. Geol. Soc. of London. 31. 1875. p. 368—376.  
 Hubert, P., Les phosphates de chaux naturels. Recherche des gisements; essais chimiques: extraction; emplois dans l'industrie; phosphates industriels; superphosphates. Paris et Liège, Baudry A. Co. 8°. 86 S.  
 Jonker, W. P. A., Het ontstaan van phosphorieten. Haarlem 1920.  
 Meunier, St., Théorie des phosphates sédimentaires. Ann. agronomiques. Bd. 23. 1897.  
 Penrose, R. A. F., Nature and origin of deposits of phosphate of lime. U. St. Geol. Survey Bull. 46. 1888.  
 Renard, A. F. und Cornet, J., Recherches micrographiques sur la nature et l'origine des roches phosphates. Bull. de l'academie royale des sciences. Brüssel 1891. S. 126.  
 Rabelle, A., Emploi agricole des minerais phosphates locaux. A. S. Geol. du Nord. Bd. XXX. 1901. S. 187—188.  
 Schucht, L., Über Phosphate (Vortrag). Zeitschr. f. angew. Chem. 1900. S. 489—491, 512—515 (auch bei Fock in Leipzig).  
 Stainier, X., Bibliographie générale des gisements de phosphates. Annales des mines de Belgique. 1902.  
 Stelzner u. Bergeat, Die Erzlagerstätten. I. Hälfte. Leipzig 1904.  
 Stutzer, Die wichtigsten Lagerstätten der Nichterze. 1911.  
 Teall, The natural History of Phosphatic deposits. Proceed. of the Geologic Assoc. Jahrg. 16, part. 7. 1900. p. 375.  
 Wiesner, A., Thomasschlacke und natürliche Phosphate. Gewinnung, Eigenschaften, Verarbeitung für Düngungszwecke, Anwendung in der Landwirtschaft usw. Wien 1895.  
 Yeates, W. S., Phosphatvorkommen in den verschiedenen Ländern. Berg.- u. Hm. Z. Jahrg. 1898. S. 383—385, 393—395.

Bei den hier entwickelten Prinzipien der Entstehung von Küstensaumgesteinen durch natürliche Aufbereitung und Schüttung spielen natürlich dieselben Gesetze eine Rolle, wie bei der „nassen Aufarbeitung“ oder „Wäsche“, wie sie der praktische Bergmann mit den Rohprodukten häufig vornimmt.

(Vgl. z. B.: Grahn, Die wichtigsten Aufbereitungsverfahren. Jänicke, Leipzig 1920.) Bei dieser nassen Aufbereitung handelt es sich um die Trennung der Körper nach ihren verschiedenen Fallgeschwindigkeiten im Wasser, entsprechend ihrem spezifischen Gewicht. Bei einer solchen mechanischen Trennung kommt es freilich nicht bloß auf das spezifische, sondern auch das absolute Gewicht an und wir hatten gesehen, wie auf diese Weise die Schalen der Meeresorganismen nach Größe und spezifischem Gewicht und damit auch nach Arten, Altersklassen und Erhaltungszuständen aufbereitet werden. Durch Klassieren in geeignete Korngrößen muß in der Technik vermieden werden, daß man Gemische erzielt, bei denen kleine Körper mit großem spezifischem Gewicht und große mit kleinem spezifischem Gewicht vereinigt sind, wie wir das in den Konglomeraten in der Natur häufig beobachteten. (In Neokomeisenerzkonglomeratbänken der Grube Fortuna bei Groß-Döhren zum Beispiel das System Erzbohnen — Phosphorite — Buntsandsteinbrocken, wo die herangezogenen Gesetze von meinem Schüler Thomas, auf dessen Arbeit ich verweise, rechnerisch nachgeprüft werden sollen). Das Prinzip der Setzmaschine ist ungemein wichtig für das Verständnis durch mechanische Aufbereitungsdifferentiation entstandener Saumgesteine mit ihren flachböschigen submarinen Schüttungshalden. In der Setzmaschine wird das Material von unten her zahlreichen Wasserstößen unterworfen. Dabei wandert alles, was spezifisch und absolut leichter ist, nach oben, was schwerer ist, „setzt“ sich nach unten.

Körner, die sich auf diese Weise zu Lagen vereinigen, nennt man in der Technik gleichfällig, eine Bezeichnung, die wir in die allgemeine Geologie übernehmen wollen. Aus einem Material und aus gleicher Größe bestehen sie natürlich nur, wenn die Klassierung dementsprechend vorgenommen wurde.

Spezifisch schwere kleine und spezifisch leichte große Mineralpartikel sind also durchaus gleichfällig. Sind zwei Körper von verschiedenem Durchmesser und verschiedenem spezifischem Gewicht gleichfällig, dann kann man das Verhältnis leicht auf eine Formel bringen: Die Durchmesser gleichfälliger Körner verhalten sich nämlich umgekehrt wie ihre um 1 verminderten spezifischen Gewichte.

Ein Schiefertonsbrocken mit dem spezifischen Gewicht 2,7 und einem Durchmesser 1 ist gleichfällig mit einem Kohlenstückchen vom spezifischen Gewicht 1,3 und einem Durchmesser von 5,66.

$$d : d_1 = (E_1 - 1) : (E - 1).$$

Ein für die Sedimentpetrographie überaus wichtiges Gesetz.

Seit der Festrede von Dr. Klippert beim 25jährigen Jubiläum des Vereins deutscher Düngerfabrikanten am 28. Januar 1905 hat man den Gedanken der Aufschließung der Rohphosphate auf schwefelsäurefreiem Wege nicht mehr aufgegeben. Groß ist die Zahl der Patente und Patentanmeldungen, die der Ersparnis der Schwefelsäure dienen sollen. Wir entnehmen der Deutschen Chemikerzeitung 1920 die folgenden:

Deutsches Reichs-Patent.

E. Bergmann . . . . .	170631	1902
W. Mathesius . . . . .	168396	1903
W. Wolters . . . . .	170353	1907
H. Schröder . . . . .	192591	1906
A. Hauk . . . . .	{ 224077	1910
	{ 236491	
F. Giese . . . . .	258790	1910
Norsk Hydroelektrik Koaelstof A. S.	276814	1913
H. Mehner . . . . .	264727	1909

Lothringer Portlandzementwerke . . . . .	286 935	1910
W. Hall . . . . .	274 277	1920
H. Naegel . . . . .	281 012	1912
Förster . . . . .	28 922	1909
Matheus & H. Blome Anm. . . . .	42 107	1914.
Schwedisches Patent.		
W. Palmaer . . . . .	23 494	1906
Rüber . . . . .	28 165	1908.
Belgisches Patent.		
Langlet . . . . .	211 944	1908
Electric Smelting & Aluminium Co. . . . .	253 557	1913.
Österreichisches Patent.		
S. Bergmann & Th. Berliner . . . . .	24 976	1904
New Berry u. Barret Anm. . . . .	5 044	1911.
Englisches Patent.		
Clemm . . . . .	9 443	1905.
Französisches Patent.		
Schlösing . . . . .	360 357	1905.
Vereinigte Staaten.		
A. Betteville . . . . .	1 011 909	1910
M. Haff & I. Wilson . . . . .	1 076 409	1913.
Holländische Patentanmeldung.		
Dunham . . . . .	128	1913.
Portugiesisches Patent.		
Sociedad Iberica . . . . .	8 818	1913.

Drei neue Patente von Dr. Erich Reinau in Westeregeln gelten der Herstellung von Alkalinitraten aus Salpetersäure-Wasser-Gemischen und Alkalisulfaten (299 001 1920) der Herstellung von Phosphorsäure und Alkalinitrate enthaltenden Mischdüngern (301 702 1920) und der Gewinnung von Mischdüngern mit Alkali-, Salpeter- und Phosphorsäuregehalt durch Aufschließen von Phosphaten (300 697 1920).

Sehr groß sind die Mengen von Rhenania-Phosphaten, die z. B. durch Glühen einer Mischung von Phosphat mit Phonolith und Alkali im Schachtofen hergestellt werden. Die Patentansprüche der Chemischen Fabrik Rhenania in Aachen von Dr. Anton Messerschmitt in Stolberg, Rhld., betreffen ein Verfahren zur Herstellung von Kali und Phosphorsäure in aufgeschlossener Form enthaltenden Düngemitteln (D. R. P. 274 409 1914 und Zusatz D. R. P. 274 921 1914), D. R. P. 277 705 1914, D. R. P. 283 284 1915, D. R. P. 288 089 1915).

Das sogenannte Germania-Phosphat wird aus den stark eisenhaltigen Lahnphosphoriten hergestellt, die mit Kali in einem Schmelzprozess aufgeschlossen werden.

Eine Reihe von Patentansprüchen kommen der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen zu. Die Verwendung von phosphorsauren Harnstoffen als Düngemittel sichert D. R. P. 286 491 1915 mit dem Zusatz D. R. P. 299 284 1917, D. R. P. 299 942 1917 und D. R. P. 299 855 1917.

Herstellung eines Phosphor und Stickstoff enthaltenden Düngemittels durch Bearbeitung von Superphosphat, das durch Behandlung von Rohphosphatgestein mit Phosphorsäure hergestellt ist, mit Ammoniakgas ist Gegenstand eines Patenten von Thomas Leopold Wilson in Ottawa, Canada (D. R. P. 274 865 1914). Dr. Ermegildo Stoppani und Vittorio Volpato in Mailand sind Inhaber eines

Patentes, das die Aufschließung mineralischer Phosphate durch Glühen mit kohlen-saurem Kalk zum Gegenstand hat (D. R. P. 321 776 1920).

Den Phosphaten wird etwa 6% ihres Gewichtes an kohlen-saurem Kalk zugesetzt, das Glühen bei höchstens etwa 600° C durchgeführt und die Masse nach dem Glühen mit Wasser behandelt.

Unsere Übersicht, die keineswegs ganz vollständig ist, zeigt jedenfalls, daß schon sehr Bemerkenswertes auf diesem Gebiete geleistet worden ist, was der Ausnutzung unserer heimischen Phosphate recht günstig ist. Herrn Dr. Fessel danke ich auch an dieser Stelle für seine Unterstützung.

Heinrich Hackel äußert sich in der Chemiker-Zeitung (45. Jahrg. Nr. 19) über „ein Verfahren zur Salzsäureverwertung“. Glasfabriken und andere sulfat-verbrauchende Industrien leiden an Sulfatmangel, haben dagegen Schwierigkeiten, ihre Salzsäureproduktion umzusetzen. Deswegen empfiehlt er, zum Aufschließen von Rohphosphat durch Salzsäure zu schreiten. Das Rohphosphat wird in Stücken oder feingemahlen mit schwacher Salzsäure behandelt. Die annähernd neutralen Laugen von einbasisch-phosphorsaurem Kalk werden mittels Kalkmilch gefällt. Aus der Chlorcalciumlauge wird citratlösliches Dicalciumphosphat erhalten, das in feuchtem Zustand etwa 24% citratlösliches P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> enthält und Beimengungen von Gips verträgt.

Auf die allgemeineren Anschauungen über Auftreten und Entstehung der Phosphorite, für die wir die wichtigste Literatur anführen, wollen wir in der Weise eingehen, daß wir uns die Anordnung der verwertbaren Phosphorsäuremengen nach dem Raum und nach der Zeit vor Augen führen. Bei der Besprechung der regionalen Anordnung und der chronologischen Verteilung ergibt sich, daß zu allen Zeiten und in allen Ländern Phosphoritbildung vor sich gehen konnte. Bei der Besprechung ergeben sich zwanglos zahlreiche Anhaltspunkte, die sonst weitläufig theoretisch deduziert werden müßten. Bei dem Fehlen einer guten Übersicht über die in Frage kommende Literatur bringen wir bei den einzelnen Kapiteln die Titel der in Frage kommenden Arbeiten.

### C. Apatite und thermal abgesetzte Phosphate.

- Brüggen, J., Phosphatdünger und Apatitlager von Freirina (Chile).  
 Gamper, Alpine Phosphate. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst.  
 Hadden, W. P., A Phosphate new from the Black Hills of South Dakota. Americ. Journal of science.  
 Laubmann u. Steinmetz, Phosphoritführende Pegmatite des Oberpfälzer und Bayrischen Waldes. Zeitschr. f. Kristallographie und Mineralogie. Bd. LV.  
 Nairu, W. H. Mc., On the origin of the Canadian Apatite. Canad. Inst. Trans. vol. 8, part 4. 1910. S. 495—514. Transact. of the Canad. Inst. Bd. 8. 1910. S. 945.  
 Nauck, Basaltdurchbruch bei Pilgramsreuth in der bayrischen Oberpfalz und Vorkommen des Phosphorits daselbst. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Jahrg. 1850. Bd. II. S. 39ff.  
 Steffens, C., Über Phosphorite auf Redonda. Globus, Jahrg. 67. 1895. S. 48.  
 Stutzer, O., Über Phosphatlagerstätten. Zeitschr. f. prakt. Geol. Jahrg. XIX. 1911. S. 73ff.  
 Vogt, J. H. L., Die Apatit-Ganggruppe. Beiträge zur genetischen Klassifikation der durch magmatische Differentiationsprozesse und der durch Pneumatolyse entstandenen Erzvorkommen. Zeitschr. f. prakt. Geol. Bd. III. 1895. S. 344, 367, 465.

Die ursprünglichen anorganischen Vorkommen der Phosphorsäure hängen eng mit dem Vorkommen des Apatits zusammen, dessen chemische Zusammensetzung allgemein Ca<sub>5</sub>(Cl, F, OH)(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ist.

Apatit ist ein charakteristischer Begleiter von Zinnstein (Ehrenfriedersdorf, Zimmerwald, Schlaggenwald, Cornwall), tritt in den kristallinen Schiefen der Alpen auf Klüften und Drusen auf (Zillertal), im Granit von Penig in Sachsen. In Verbindung mit den schwedischen Eisenerzlagern ist er magmatischer Entstehung. Apatitgänge finden sich in Canada, wo fußdicke Kristalle und zehn Fuß mächtige Lager beobachtet werden, in Norwegen und Schweden. Bis

50 Pfund schwere Phosphatmassen beschreibt Hadden aus dem Granitgebiet der Black Hills in Süddakota. Apatitgänge sind meist pegmatitisch und treten sehr häufig in Verbindung mit Gabbromagmen auf. Außer diesen magmatischen und eruptiven Apatitlagerstätten gibt es zahlreiche sekundäre Spaltenbildungen in Eruptivgesteinen, die postvulkanischen thermalen Prozessen, denen Apatit zum Opfer fiel, ihre Entstehung verdanken, also auch durchaus anorganischer Natur sind. Man denke an das Auftreten der weißen Osteolithe, die Dolerite und Basalte durchtrümmern (Wetterau, Frauenberg bei Marburg, Ostheim bei Hanau, Schönwalde unweit Böhmisches-Friedland, franz. Dep. Aveyron). Ähnlicher Entstehung sind spanische Phosphoritlagerstätten und französische, bei denen aber zum Teil Kalksteine als Rezipienten für die Thermallösungen auftreten. Auch die Lahnvorkommen scheinen Zusammenhänge mit vulkanischen Erscheinungen aufzuweisen. Hierher gehören auch die aus Phosphorit bestehenden Ausfüllungen in den Rissen des vulkanischen Gesteins, aus dem die Insel Redonda aufgebaut ist. Diese britische Antilleninsel liegt zwischen den Winwardinseln Nevis und Redonda. Die Redondaphosphorite sind grau- bis schokoladenbraune Massen mit 35 bis 40 % Phosphorsäure.

Außerordentlich groß ist der Apatitgehalt der lappländischen Erze. Er kann bis 30 % betragen. Man plant in Schweden, sich von der Einfuhr von Rohphosphaten freizumachen durch elektrische Phosphatfabrikation aus diesen Apatiten, wobei man erwartet, ein Biphosphat von 35 % zu erzielen. Hierzu vergleiche man die Arbeiten von M. Palmaer in Stockholm: *Les engrais phosphates bicalciques*, Journ. Four electr. 1912. S. 412, und *Traitement des Phosphates au four électrique*, ebenda S. 751.

## D. Verteilung der Phosphorite nach Raum und Zeit.

### 1. Südsee, Australien.

- Courtet, H., *Les phosphates du Pacifique*. Bull. Soc. Acclimatation. 1909. S. 279—288.  
 Elschner, *Korallogene Phosphatinseln Austral-Ozeaniens*. Lübeck 1913.  
 —, *Guano und Phosphate von Jaluit*. Zeitschr. f. prakt. Geol. Jahrg. III. 1895. S. 91.  
 Hambruch, *Entstehung, Bildung und Lagerung des Phosphats auf Nauru*. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1912. S. 671—680.  
 Hertsheim, *Nauru, eine gehobene Koralleninsel der Marshall-Gruppe*. Mitt. d. geogr. Ges. zu Hamburg. Bd. XIX. 1903.  
 de Launay, L., *Les phosphates des îles océaniques*. La nature Nr. 1865. 1909. S. 190—191.  
 Maitland, A. G., and Campbell, W. D., *The Phosphate deposits near Dandaraga*. Bull. Geol. Surv. West-Australia Nr. 26. S. 14—23.  
 Reed, F. R. Cowper, *Notes on Ocean Islands (Banaba)*. Geol. Mag. Bd. 10. 1903. S. 297—300.  
 Wichmann, E. C. A., *Over phosphoriet van het Eiland Ajawi*. Verslag v. d. gewone vergadenig der Wis.- en Natuurkundige Afdeling der Kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Bd. XXIV. S. 136—142.

Ganz besonders wertvoll war vor dem Kriege für uns die Einfuhr von den Südseeinseln, wo ganz besonders hochwertige Phosphate abgebaut werden konnten. Die Phosphate der Marschallinseln besitzen einen Gehalt von 85 bis 90 % Tricalciumphosphat und sind metasomatische Neubildungen aus Korallenkalk durch Infiltration von oben kommender Lösungen. Die Guanovögel, deren Rückstände das Material zu dieser Infiltration einst geliefert haben, sind heute nicht mehr vorhanden. Die Mächtigkeit der Phosphatlagerstätten schwankt von wenigen Zentimetern bis zu 15 Metern. Die wichtigsten Inseln in ehemals deutschem Besitz waren die Inseln Angaur im Palau-Archipel, die Insel Feis in der West-Karolinengruppe und die Insel Nauru, die zu den Marschallinseln gehört. Wichtig unter den Südseeinseln ist außerdem noch Ocean-Island, die sich in englischem Besitz befindet und westlich von der Gilbertgruppe liegt. Auch hier ist das Phosphat koralligener Natur und bildet kompakte achatähnliche Massen oder das

Zement eines Korallenooliths. In diesem Zusammenhange kann man auch darauf hinweisen, daß nach einer Meldung der Frankfurter Zeitung die japanische Regierung durch Vermittlung eines deutschen Ostasienhauses Verhandlungen wegen Ankauf des Besitzes der „Deutschen Südsee-Phosphat-Aktiengesellschaft“ in Bremen angeknüpft hat. Was nützt es, wenn der Wert in Yen bezahlt werden soll, es ist und bleibt ein Verbrechen, wenn einem Volke von siebzig Millionen auf dem „gerechten Wege des Friedensvertrages“ seine wichtigste, für seine Ernährung notwendige Phosphorsäurebasis entzogen wird. Auch auf dem australischen Festlande kennt man Phosphorite. Bei Dandagara tritt ein tertiäres Bonebed mit einem Phosphorsäuregehalt von 15 bis 39 % auf. Im Hangenden ist es lateritisch verwittert. Auch das Verwitterungsprodukt enthält noch Phosphorsäure.

## 2. Neuseeland.

- Green and Mc. Kay, A., The Discovery of Phosphate Rock in Otago, New Zealand - Mines Record V. Nr. 12. 1902. S. 508—509.  
 Park, J., The Phosphate Rock Discovery in Otago. Ebenda Bd. VI. Nr. 1. Aug. 1902. S. 19—22.  
 —, On the Geology of the Rock Phosphate Deposit of Clanrendon, Otago. Transact. New Zealand Inst. for 1902 (1903) Bd. XXXV. S. 391—402.

Das kalkige Phosphoritlager soll 5 bis 8 Fuß mächtig in einem von Quarz- und Glaukonitkörnchen verunreinigtem Kalke liegen. Die Kalksteine gehören der Oamaruserie an, sind mariner Entstehung und obereozänen Alters. Auch taschenartiges Auftreten wird beschrieben. Auch die unmittelbar darunter liegenden Grünsande führen Phosphorite.

## 3. Nordamerika.

- Brauner, J. C., Paläozoische Phosphorite in Arkansas. Transact. Am. Inst. of Mining Engineers, Colorado Meeting. Sept. 1896. Bd. V. 1897. S. 101  
 — and J. F. Newson, The phosphate rocks of Arkansas, Ark. Agr. Expr. St. Bull. Nr. 74, 1902.  
 Brown, Lucius P., The phosphate deposits of the southern states Eng. Assoc. South. Trans. 1905.  
 Chazal, P. E., The century in phosphates and fertilizers. A sketch of the South. Carolina phosph. Charleston 1904.  
 Dall, Notes on the miocene and pliocene of gay head. Martha's Vineyard, Mass. and on the land-phosphate of the Ashley river district, South Carolina. Am. Journ. of science, 3. series 48. 1894. S. 296.  
 Darton, N. H., Notes of the Geology of the Florida Phosphate Deposits. Am. Journ. of science 41. 1891. S. 102—105.  
 Eckel, Edwin C., A recently discovered extension of the Tennessee white phosphate fields. U. S. Geol. Surv. Min. Res. for 1900. 1901.  
 —, The white phosphates of Decatur County. Tennessee. U. S. Geol. Surv. Bull. Nr. 213. 1903. S. 424—425.  
 Gale, H. S., and Richards, R. W., The preliminary report on the phosphate deposits of southwestern Idaho and adjacent parts of Wyoming and Utah. U. S. Geol. Surv. 1910. Contributions to economic geology 1909 Part I.  
 Grutterink, J. A., De Santa Barbara fosfaatmijn op het eiland Curaçao. Ebenda, Deel I. S. 91—103.  
 Hayes, Ch. W., The Tennessee-phosphates. 16/17 sum. report of the U. S. Geol. Surv. Washington 1897.  
 —, Origin and extent of the Tennessee white phosphates. U. S. Geol. Surv. Bull. Nr. 213, 1903.  
 —, Tennessee white phosphate. U. S. Geol. Surv. 21 sb. Ann. Rep. pt. 3. 1901.  
 Howitt, A. M., Report on the Phosphate of a Alumina beas near Mansfield County of Delatite Rec. Geol. Surv. Victoria I. pt. 4. 1906.  
 d'Inwilliers, E. von, Phosphate Deposits of the Island of Navassa. Bull. Geol. Soc. of Am. 1891. S. 74—84.  
 Jones, C. C., The discovery and opening of a new phosphate field in the United States. Am. Inst. Min. Eng. Bull. Nr. 82. 1913. S. 2411—2435.  
 Memminger, C. G., Progress in the phosphate mining industry of the United States during 1900. Min. Ind. for 1900. 1901. S. 513—518.  
 Pardee, J. T., Some further Discoveries of Rock Phosphate in Montana. U. S. Geol. Surv. Bull. 530. 1913.  
 Phalen, W. C., The Production of Phosphate Rock in 1912/13. U. S. Geol. Surv. 1913/14.

- Richards, R. W., and R. W. Stone, Useful Minerals of the United States. U. S. Geol. Surv. Bull. 577. 1914. S. 76.
- Ruhm, H. D., The present and the future of the Mount Pleasant phosphate field. Engl. Assoc. South Trans. 1902. vol. 13.
- Safford, J. M., Horizons of phosphate rock in Tennessee. Bull. Geol. Soc. Amer. Bd. 13. 1902. S. 14.
- Sollards, E. H., A preliminary paper on the Florida phosphate deposits. Florida St. Geol. Surv. Thierd. 1910.
- , s. Origin of the hard rock phosphates of Florida. Florida Geol. Surv. Fifth. Ann. Rept. 1913. S. 23—80.
- Stose, George W., Phosphorus ore at net Holly Springs. U.S. Geol. Surv. Bull. Nr. 315. S. 474—483.

Das bedeutendste Ausfuhrland für Phosphorite sind die Vereinigten Staaten, und das größte Phosphatvorkommen überhaupt befindet sich in Florida. Die älteren Floridaphosphate sind an fossilreiche Kalke des Eozäns und unteren Miozäns gebunden. Die homogenen, lichtgrauen Hard-rock-phosphate besitzen einen Gehalt von 80 % Tricalciumphosphat. Die Soft-phosphate sind dagegen sandigtoniger Natur und offenbar unter Verwitterung aus ersterem entstandene Trümmermassen. Fossilreste, Quarzkörner und Phosphatgerölle setzen die Land-Pebble-phosphate zusammen, die alte Flußterrassen darstellen. An Stellen, wo mechanisch aufbereitete Anreicherungen der tertiären Vorkommen Floridas an der Küste oder in den Flußtälern angelagert werden konnten, liegen die River-Pebble-phosphate, deren Gewinnung mit Baggerbetrieb vor sich geht. Das jüngste Phosphatvorkommen Amerikas ist der Sombrierit, so genannt nach der westindischen Insel Sombbrero. Es handelt sich um ein unter Guanobedeckung entstandenes metasomatisches Phosphat nach Korallenkalk. Von den übrigen westindischen Vorkommen nennen wir noch die reichen Phosphatlager der Insel Navassa, die im Windwardkanal zwischen Haiti und Jamaika liegt. Auch sie ist koralligener Natur. Die Phosphatlager der höheren Strandterrassen sind rot, die der jüngeren grau gefärbt. Auf Curaçao findet gleichfalls Phosphatabbau statt.

Abgerollte und angebohrte Phosphorite in sandigem Medium finden sich horizontbeständig in den Eozänmergeln von Nordkarolina. Postpliozän sind sandige, tonige und mergelige Phosphatschichten in Südkarolina, die dem Eozän im Untergrund auflagern und außer umgelagerten eozänen Organismenresten zahlreiche Landtierknochen enthalten.

Die Neuablagerung der Reste der untereozänen mergeligen Sedimente, die im Bohrmuschelbereich der Zerstörung anheimfielen, fand in einer Salzlagune statt. Es kam dabei auch zu ausgiebiger Neubildung von Phosphoritknollen. Sehr viel älter sind oberkarbonische Phosphatschichten in Idaho, Wyoming und Utah. Devonisch sind die Phosphate von Tennessee und untersilurischen Alters diejenigen von Arkansas. In Tennessee z. B. finden sich fünf verschiedene Vorkommen. In Steinbrüchen abgebaut werden die durch Auslaugung der Trenton oder Nashville-Schichten entstandenen Lager. In offenen Höhlen gewinnt man die 100 bis 200 Fuß höher gelegenen Imprägnationsprodukte von Kalken der Hudsonschichten. Mit Schächten und Stollen betreibt man den Abbau der devonischen Phosphorite von Swan Creeks, die in Schichten liegen, die reich an Fischresten sind. Wenig ausgebeutet werden die Phosphoritkonkretionen im Maury-Green Shale unterkarbonen Alters. Hierzu treten noch im Gebiet von Perry-City aus Lösungen abgesetzte Phosphorite, die Gesteine verschiedenen Alters überkrusten.

#### 4. Mexiko.

Sobre las rocas fosforíticas de las Sierras de Mazapil y Conception del Oro. Parerg. d. Inst. Geol. v. Mexiko Bd. II. 1907. S. 63—67.

In den mexikanischen Sierran von Mazapil und Conception treten drei Phosphathorizonte auf, die dem oberen Jura und zwar dem Kimmeridge und dem unteren und oberen Portland angehören.

### 5. Brasilien.

Hussack, Eugen, Über die sogenannten „Phosphat-Favas“ der diamantführenden Sande Brasiliens. *Mn. u. petr. Mitt.* 25. 1906. S. 335—344.

Die große Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Einflüsse läßt in der Gegend von Diamantina in Minas Geraës Phosphorite in den von den Flüssen abgelagerten Lesedecken als Geröll auftreten. Es sind weiße und braune jaspisähnliche, kugel- oder birnförmige Gerölle von Barium-Aluminium-Phosphat, Aluminium-Sulfato-Phosphate und Bleiphosphat.

### 6. Südafrika.

Als Zeichen dafür, daß jetzt auch für geringprozentige Lagerstätten das Interesse wächst, sei angeführt, daß englische Blätter die Entdeckung einer 10proz. Phosphatlagerstätte bei Grahamstown in Südafrika melden.

### 7. Spitzbergen.

Die Vorkommen sind noch neu und wenig untersucht, so daß sich nähere Angaben verbieten.

### 8. Palästina und Ägypten.

Beadnell, Barron and Hume, A report on the phosphate deposits of Egypt. By the Geol. Surv. of Egypt, Cairo.

Blankenhorn, M., Über das Vorkommen von Phosphaten, Asphaltkalk, Asphalt und Petroleum in Palästina und Ägypten. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* Bd. XI. 1913. S. 294.

Danelli, Sulla composizione di alcuni fosfati di Palestina e sulla determinazione del fluoro. *Rend. R. Istit. Lombardo.* Bd. XLV fasc. 12. Milano 1912. S. 617—629.

Krusch, Die Phosphatlagerstätten bei Es Salt im Ostjordanland. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* Bd. XIX. 1911. Heft 12. S. 397—406.

Die ägyptischen Phosphatlagerstätten gehören nicht wie die in Algier und Tunis dem Eozän, sondern dem oberen Senon an. Die Ausfuhr ägyptischer Phosphate seit dem Kriege nach England hat vor kurzer Zeit begonnen. Im mittleren Senon von Es Salt in Palästina finden sich grau und rötlich gefärbte Phosphoritbänke, die Flachseebildungen darstellen, ähnlich denen von Tunis und Algier. Von diesen Lagerstätten ausgehend hat aber auch eine Ausfüllung und Imprägnation des Liegenden von Spalten aus mit reicheren Phosphaten bei Es Salt stattgefunden, die etwa 50% Phosphorsäure enthalten.

Das genauere geologische Alter der ägyptischen Phosphate ist Campanien und Unterdanien. In der Oase Dachle kennt man fünf Lagen. Verkehrstechnisch günstiger liegen die Vorkommen am Djebel Qurn in der westlichen arabischen Wüste. Andere Vorkommen liegen am Roten Meer, am Sinai und in der Oase Baharije.

### 9. Algier und Tunis.

Aubert, F., Note sur l'éocène tunisien. *Bull. de la Soc. géol. de France.* Paris 1891.

—, Explication de la carte géologique provisoire de la Tunisie. Paris.

Bleyac, Description géologique de la région des phosphates du Dyr et Kouif près Tébessa. *Ann. des mines.* Bd. IX. 1895.

—, Note sur les lambeaux suessoniens à phosphate de chaux de Bordj Redir et du Djebel Mzeita. *Ann. des mines.* 1894.

Bleicher, Sur la structure microscopique des roches phosphatés du Dekma, Constantine. *Comptes rendus.* Bd. CXII. 1892. S. 1022.

Carnot, Ad., Sur un gisement de phosphates d'alumine et de potasse trouvé en Algérie et sur la genèse de ces minéraux. *Comptes rendus.* Bd. CXXI. 1895. S. 151—155.

Cayeux, L., Note préliminaire sur la constitution des phosphates de chaux suessoniens du sud de la Tunisie. *Comptes rendus.* Bd. CXXIII. S. 273—276.

Chateau, L., Les gisements de phosphate de chaux dans les provinces de Constantine et d'Alger. *Mem. de la Soc. des Ing. civ. de France.* Paris 1897.

Dugast, J., Les phosphates d'Algérie. *Rév. gén. des Sciences pures et appl.* Paris 1897.

de Launay, L., Les richesses minérales de l'Afrique. Paris 1903.

- Laurent, L., Les produits coloniaux d'origine minérale. Bibl. col. Paris 1903.
- Levat, D., Gisements de phosphate de chaux et gisements de calamine de la Tunisie. Ass. franç. 23<sup>e</sup> sess. Caen 1894.
- , Etat actuel de la production et de la consommation des phosphates. Ebenda.
- , Etude sur l'industrie des phosphates et superphosphates. Extr. d'Ann. des mines. Paris 1895.
- Pallary, Etude des dépôts phosphatés de environs d'Oran. Ass. franç. 23<sup>e</sup> sess. Caen 1894.
- Pervinquier, L., Etude géologique de la Tunisie centrale. Paris 1903.
- Pomel, M., Le Suessonien à nummulites et à phosphates des environs de Souk-Arras. Ass. franç. 17<sup>e</sup> sess. Oran 1888.
- Priem, F., Sur les poissons fossiles des phosphates d'Algérie et de Tunisie. Bull. de la Soc. géol. de France. Bd. IV. S. 393—406.
- Roussel, J., Sur la mode de formation du phosphate tricalcique d'Algérie et de Tunisie. Comptes rendus. Bd. CLI. 1910. S. 600—602.
- , Sur l'existence de trois horizons de phosphate tricalcique en Algérie et en Tunisie. C. R. Ac. Sc. vol. CLI. 1910. S. 556—597.
- Thomas, Ph., Gisements de phosphate de chaux des Hauts-Plateaux de la Tunisie. Bull. de la Soc. géol. de la France. Bd. XIX. Paris 1891.
- , Sur un nouvel horizon phosphatifère du sud de la Tunisie. Paris 1904.
- Tietze, O., Die Phosphatlagerstätten von Algier und Tunis. Zeitschr. f. prakt. Geol. Bd. XV. 1907. S. 229.

Phosphorite auf Gängen im Jura, Lager in der Kreide und solche im Miozän sind nicht besonders wertvoll.

Die wichtigste Lagerstätte ist die Grenze von Danien und Eozän, dessen basale Transgressionssedimente bauwürdig sind. Es handelt sich also um Verhältnisse, wie in Belgien und Nordfrankreich, wo es sich gleichfalls auch um sehr fossilreiche küstennahe Bildungen organogenen Ursprungs handelt. Phosphate in Verwitterungstaschen und Gangausfüllungen sind zum Teil erst diluvialen Alters.

#### 10. Malta.

- Cooke, J. H., The phosphate beds of the Maltese Islands and their possibilities. The mediterranean Naturalist, Jahrg. 2, Nr. 14. Malta 1892.
- , Phosphoritlager auf Malta. Eng. Min. Journ. 54. 1892. S. 200.

Die Phosphoritlager von Malta und der Nachbarinsel Gozzo sind dem Globigerinenkalk des Oligocäns eingeschaltet. Die über 200 Fuß mächtige Schichtenserie enthält vier Lager, von denen das oberste und zweitunterste arm sind. Das zweite ist recht beständig und überaus reich an phosphoritisierten Mollusken, Korallen, Echinodermen, Crustaceen und Fischen. Am wichtigsten ist aber die tiefste und mächtigste der Lagen, die ein dunkelschokoladenbraunes Aussehen hat und 40 % Tricalciumphosphat enthält. Die phosphoritführenden Oligozänkalke werden noch von 300 Fuß mächtigen Miocänkalcken überlagert.

#### 11. Sardinien.

- Ragusa, E., Ritrovamento die fosforiti a Modica. Boll. Acc. Giornia di Sc. nat. Catania. Fasc. LXXI.

Wie auf Malta kommen auch auf Sardinien, bei Modica in der Provinz Syracus Phosphatknollenlager vor, deren wirtschaftlicher Wert recht unbedeutend ist.

#### 12. Frankreich.

- Barrois, Ch., Le Terrain crétacé des Ardennes. Ann. de la Soc. géol. du Nord. 1878. S. 227 ff.
- Carnot, A., Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phosphorites et des phosphates sédimentaires. Ann. des min. Bd. X. 1896.
- Carrière, G., Les gisements de phosphate et en particulier ceux du Gard. Bull. Soc. d'ét. sc. nat. de Nîmes. Bd. XXVIII. 1900.
- Cayeux, Etudes de quelques Dépôts silicieux secondaires et tertiaires du Bassin de Paris et de la Belgique. II. Graiss du Bassin de Paris. Mem. Soc. Géol. du Nord. Lille 1897.
- Gautier, A., Sur un gisement de phosphates de chaux et d'alumine contenant des espèces rares ou nouvelles et sur la genèse des phosphates et nitres naturels. Ann. des mines. Jahrg. 5. S. 1—53. 1894.

- Gosselet, J., Notes sur les gîtes de phosphate de chaux des environs de Fresnoy le Grand. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XXI. Lille 1893.
- , Notes sur les gîtes de phosphate de chaux de Hem-Monacu, d'Etaves, du Ponthieu etc. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XXVI. Lille 1896.
- , Limites supérieures et latérales des couches de craie phosphatée d'Etaves et de Fresnoy. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XXVI. Lille 1897.
- , Les phosphates de chaux de Picardie. Livret-Guide publié par le Comité d'organisation du VIII<sup>e</sup> congrès géol. internat. Paris 1900.
- , Notes sur les gîtes de craie phosphatée de Picardie. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XXIX. Lille 1900.
- , Observations géologiques faites dans les exploitations de phosphate de chaux en 1901. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XXX. Lille 1901.
- , Plies dans la craie du nord du bassin de Paris; révélés par exploitation des phosphates. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XXX. Lille 1901.
- , Observations sur la sédimentation de la craie. Réflexion sur la craie conglomérade et sur les bancs durcis et verdés. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XXXI. Lille 1902.
- de Grossouvre, Etudes sur les gisements de phosphate de chaux du centre de la France. Ann. des mines. 1885. p. 361.
- Gruner, L., Über das Vorkommen von Phosphatknollen an der Perte du Rhône. Bull. de la Soc. géol. de France. Bd. XXVIII. S. 62.
- de Lapparent, La formation de la craie phosphatée en Picardie. Revue générale des sciences etc. Nr. 12. 1891.
- Lasne, H., Sur le terrain phosphaté des environs de Doullens. Bull. de la Soc. géol. de France. Bd. XX. 1892.
- , Sur les terrains phosphatés des environs de Doullens Etage sénonien et terrains superposés. Bull. de la Soc. géol. de la France. Bd. XXII. 1894. S. 345.
- Levat, David, Etude sur l'industrie des phosphates et superphosphates. Ann. des mines. 1895.
- Mercy, N. de, Remarques sur les gîtes de phosphate de chaux de la Picardie. Bull. de la Soc. géol. de France. Bd. XIX. 1890/91. S. 854.
- , Sur des gîtes de phosphate de chaux de la craie à Bélemnites, formés avant le soulèvement du Bray. C. R. Ac. Sc. CXXXV. 1902.
- Nègre, G., Note sur les gisements de phosphate de Beauval. Ann. de la Soc. géol. du Nord. Bd. XLI. 1912. S. 236.
- , Etude et recherche de phosphates riches dans le Pas de Calais, Environs de Fruges. Ebenda Bd. XL. S. 819.
- , Contribution à l'étude de la formation des phosphorites du midi de la France. Bull. de la Soc. géol. de France. Bd. VIII. S. 499—505.
- Nivoit, Acide phosphorique du terrain de transition et Lias des Ardennes. Bull. de la Soc. géol. de France. Bd. VIII. 1879/80.
- , Phosphathorizont von Ariège. Zeitschr. f. prakt. Geol. Bd. VII. 1899. S. 61.
- Tietze, O., Die Phosphatlagerstätten Frankreichs. Zeitschr. f. prakt. Geol. Bd. XV. 1907. S. 117.

Die Phosphorite Frankreichs sind recht mannigfaltig in Genese und geologischem Alter.

Die schwarzen Phosphorite vom Nordabfall der Pyrenäen bilden eine sedimentäre Lagerstätte, als Gestein beträgt der  $P_2O_5$ -Gehalt 16,21 und 13,19%. Die Phosphoritkonkretionen enthalten 29,22 bzw. 28,10%. Die schwarzen Phosphorite wurden lange Zeit fälschlich für ein Anthrazitflöz gehalten und verleitet zu Abbauersuchen. Der Gehalt an organischer Substanz kann bis 38% gehen. Es besteht eine gewisse Ähnlichkeit mit den Tennessee-Phosphaten. Die Vorkommen sind für die Phosphatversorgung Südwestfrankreichs wichtig.

Die Grenzsichten zwischen unterem und mittlerem Lias liefern Phosphat in Bänken und Knauern in den Departements Yonne, Côte d'or, Haute-Saône und Cher, ein Vorkommen, das auch in Deutsch-Lothringen weite Verbreitung besitzt.

Grünsande der unteren Kreide, besonders des Gault, finden sich bei Boulogne und in den Departements Meuse, Ardennes, Maine, Vaucluse; Basses Alpes, Gard, Drôme, Ardèche. Auch sie führen Phosphorite.

Die Cenomanphosphorite Nordostfrankreichs spielen keine Rolle.

Wichtig ist die senone Phosphatkreide, die in lokal beschränkten Räumen der normalen Schreibkreide der Departements Somme, Aisne, Pas de Calais, Oise, Nord eingelagert ist. Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen

intersenonen tektonischen Einflüssen und der Bildung von Phosphatkreidebecken. Diese Bildung vollzog sich im flachem Wasser. Die normale Kreide im Untergrund ist abradirt, aufs äußerste angebohrt von Bohrmuscheln und Grabgängen. Von dieser so außerordentlich vergrößerten Oberfläche aus hat eine intensive Phosphoritierung stattgefunden, die auch die auf der harten Oberfläche sich ansiedelnden Reste des sessilen Benthos ergriffen hat. Ebenso die Rollstücke des Gesteins, die sich häufen können. Kurz, es handelt sich um marine Lesedecken. Die Anreicherung fand statt an den seewärtigen Enden eines ausgedehnten Priel-systems, das sich in die Schreibkreide einschnitt und oft verlegte, wie aus der Wiederholung in den Profilen geschlossen werden kann. Nach oben werden die erst geschilderten Kontraste geringer, es kam zur Sedimentation von Phosphatkreide, der Prozentgehalt nimmt allmählich ab.

Wie in so vielen Phosphatlagerstätten spielen auch hier die Bohrmuscheln eine bedeutsame Rolle.

An der Grenze von Eozän und Devon finden sich Phosphorite im äußersten Südwesten des Departements Hérault im Gebiete der Mineron-Grotte.

Tertiären Alters sind auch Verwitterungstaschen in den senonen Phosphatkreiden Nordfrankreichs, deren Phosphatsande Zerstörungsresiduen der Senonophosphorite darstellen und eine sehr günstige Konzentration bieten. Außer diesen „reichen Phosphaten“ erfüllt ein roter Ton die Verwitterungstaschen.

Gangartig ist das Auftreten der Phosphorite in den Departements Aveyron, Lot, Tarn, Tarn-et-Garonne. Imprägniert sind Kalke des unteren Ooliths, die Imprägnation ist aber sicher viel jünger. In Aveyron ist der Phosphorit postvulkanisch-thermalen Herkunft und durchsetzt weitverästelt Basalt und Tuff, Verhältnisse, für die sich auch auf deutschem Boden Analogien finden.

### 13. Belgien.

- Choffat, Paul, Note sur les filons de phosphorites de Logrosan dans la province de Caceres Mém. de la Soc. belge de géol. de Pal. etc. Bd. XXIII. 1909. S. 97—114.
- Cornet, J., Etude géologique des gisements de phosphate de chaux de Baudour. Ann. soc. géol. de Belgique I. Bd. XXVII. Mém. p. I. 1900.
- , Sur l'époque de l'enrichissement de phosphates de Baudour et l'âge des dépôts, qui le recouvrent. Ann. soc. géol. de Belgique. Bd. XXVII. 1900. S. 95.
- , Sur un phosphate riche dérivé du tuffeau maestrichtien de Saint Symphorien. Ann. soc. géol. de Belgique. Bd. XXIX. 1902.
- , Sur les faciès de la craie phosphatée de Ciplu. Ann. soc. géol. Belgique. Bd. XXXII. 1905.
- , Sur un cas d'enrichissement primitive de la craie phosphatée de Ciplu autour d'un arbre lignifié. Ann. soc. géol. de Belgique Bd. XL. 1913.
- Delvaux, Découverte de gisements de phosphate de chaux appartenant à l'étage yprésien dans le sous-sol de la ville de Renaix et dans la région de Floberg. Ann. de la Soc. géol. de Belgique. Bd. XI. 1883—1884. S. 279.
- Tietze, O., Mitteilungen über den Phosphatbau Belgiens. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen. Bd. 56, Heft 4. 1908. S. 485—502.

Das über die tertiären Verwitterungstaschen in der senonen Schreibkreide Nordfrankreichs Gesagte mag hier genügen.

### 14. England.

- Davies, The Phosphorit Deposits of North Wales. Quart. Journ. of the geol. Soc. of London. Jahrg. 33. 1875. S. 357—365.
- Voelcker, On phosphatic Deposits recently discovered in North Wales. Rep. of the Meetings of the Brit. Assoc. Jahrg. 33. 1865. S. 37—39.
- Walcker, J. F., Über eine phosphatische Ablagerung im unteren Grünsande von Bedfordshire. Ann. a. Mag. of Nat. Hist. V, 1866, 18, S. 381, Pl. XIII.
- Woodward, H. B., Note on a Phosphatic Layer at the base of the Inferior Oolite in Skye. Geol. Mag. VIII. 1901. S. 519. (Oberer Liasschiefer der Cliffs südlich von Portree.)

Die Phosphatproduktion Englands war früher sehr wichtig, heute ist sie bedeutungslos. Die Wels-Phosphate wurden aus dem Silur von Wales gewonnen.

Analysen dieser paläozoischen Sedimente finden sich in der dem Kapitel über Böhmen angegliederten Tabelle. Auch jurassische Phosphorite fehlen nicht. Die Grünsande der Kreideformation führen Phosphatknollen, wie bei uns in Deutschland auch, es sei nur an das schwammreiche Konglomerat von Ely und die Cenomangrünsande von Bedfordshire erinnert. Außerdem kennt man die Phosphorite aus den Tertiärschichten von Suffolk, Essex und Norfolk, wo die Phosphoritlagerstätte den eoänen Londonton von den Pliozänablagerungen trennt. Die Phosphatproduktion Englands betrug 1876 noch 260000 Tonnen.

#### 15. Estland.

Beyschlag, F., und Mühlen, L. von zur, Die Bodenschätze Estlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. Bd. 26. Heft 10. 1918.

Sehr viel Aufsehen haben in jüngster Vergangenheit die Phosphoritlagerstätten der baltischen Ostseeprovinzen, insbesondere von Estland, erregt, und es ist viel über diesen Gegenstand gesagt und geschrieben worden. Der Obolussandstein, dem oberen Cambrium angehörig, verdankt seinen Gehalt an Phosphorsäure lediglich dem Vorkommen der kleinen hornigen Brachiopodenschalen der Gattung *Obolus*, die den Ablagerungsgesetzen der Flachsee entsprechend nach ihrem Tode in Säumen und Flächen angereichert zur Ablagerung kamen. Man unterscheidet drei „Konglomeratbänkchen“, erfüllt mit diesen Schälchen, denen man keine zu große Beständigkeit zumessen darf. Sie keilen des öfteren aus und man findet im Einzelprofil gewöhnlich nur zwei Lager auf einmal. Die beste Mächtigkeit beträgt nach Beyschlag 30 cm bei einem Prozentgehalt von  $20,31 P_2O_5$  nach Scupin aber 1 bis 2 m. Der Obolussandstein in Dalekarlien weist übrigens ähnliche Erscheinungen auf.

Recht bemerkenswert ist die Erscheinung im westlichen Estland, daß der untersilurische Vaginatenskalk vertreten wird durch ein Konglomerat mit reichlichen Phosphoritgeröllen. Bei der Zerstörung größerer Kalklager wird es immer zur Anreicherung von Phosphoritrückständen kommen und die estländischen Konglomerate sind *cum grano salis* eine Analogie zu den Trümmernmassen des Softphosphates, die aus der Zerstörung der die Hardphosphate führenden Kalkgesteine Floridas entstanden sind.

#### 16. Dänemark, Bornholm.

Deeke, W., Die phosphoritführenden Schichten Bornholms. Mitt. d. naturw. Ver. f. Neuvorpommern und Rügen. 29. Jahrg. 1897.

—, Geologischer Führer durch Bornholm. Berlin 1899.

Johnstrup, F., Abriß der Geologie von Bornholm. IV. Jahresbericht d. geogr. Ges. zu Greifswald. 29. Jahrg. 1897.

Ähnliche Erscheinungen wie im Untersilurkalk von Estland finden sich auch auf Bornholm, wo offenbar auch eine Unterbrechung der Sedimentation zur Zeit der Ablagerung der untersten Abteilung des Oelander Orthocerenkalkes stattgefunden hat. Die rauch- und aschgrauen Kalke zeigen Eintrocknungsrisse, führen Eisenkieskristalle und Phosphoritknollen. Die Gotländer Silurphosphorite sind erfüllt mit isolierten Spongiennadeln.

Der Amagersandstein der oberen Kreide Bornholms führt eine 50 cm mächtige Lage bis hühnereigroßer Phosphorite.

#### 17. Spanien.

Daubeny and Widdrington, On the Occurrence of Phosphorit in Estremadura. Quart. Journ. of the Geol. Soc. London 1845.

Ramon de Luna, Neues Phosphoritvorkommen in Estremadura. Comptes rendus. Bd. LVI. S. 47.

Salvador Calderon y Arana, Contribuciones al estudio de fosforita de Belmez. Anal. de la Soc. Esp. de hist. nat. Bd. VII. Madrid 1898.

Auch die Phosphoritlagerstätten Spaniens sind nicht einheitlich entstanden. Bei weitem die wichtigsten aber sind metasomatische Umwandlungsprodukte auf Infiltrationszonen devonischer Kalke der Provinz Estremadura.

Der Infiltrationsvorgang ist natürlich jünger als die Entstehung des devonischen Kalkes, genau so wie das für die Imprägnation des Stringocephalen-Kalkes in Nassau gilt.

Außerdem finden sich auf thermalem Wege im Granit abgeschiedene Phosphoritgänge. Bohnerzartige Anreicherungen von Phosphorit in Geländedepressionen sind das Resultat junger Verwitterungsprozesse, wie sie zur Wealdenzeit auf dem Festland vor der Neokomtransgression geherrscht haben mögen.

### 18. Rußland.

- Alth, Über Phosphatkugeln aus Kreideschichten in Russisch-Podolien. *Jahrb. d. K. K. Geol. R.-A.* Jahrg. 1869. Bd. XIX. S. 69.
- Archangelski, A., Geologische Beschreibung der Phosphoritablagerungen des Gouvernements Kostroma längs der Wolga, westlich von Kineschma und längs des Flusses Mera. (In Samailow.)
- , Die Untersuchungen der Phosphoritlager an den Ufern der Wolga im Gouvernement Saratow. S. 80—130. (In Samailow.)
- , Lange, Bericht über die Erforschung der Phosphoritlager im Gouvernement Pensa im Jahre 1910. (In Samailow.)
- , Dobrow, Semichatow, Bericht über die Erforschung der Phosphoritlager im Gouvernement Saratow im Jahre 1910. S. 31—181.
- , Iwano, Samailow, Die Resultate der Erforschung der Phosphorite in Gouvernement Kostroma im Jahre 1908. (In Samailow.)
- Bajarunass, Geologische Beschreibung der Phosphoritlager im westlichen Teile der Halbinsel Mangischlack. (In Samailow.)
- Bertensohn, W., Die Phosphorite der Gouvernements Podolien und Bessarabien und ihre Bedeutung. *Landw. u. Forstw. Journ. St. Petersburg* 1902 und *Bull. du Minist. de l'Agricult. des Domaines* 1901. Nr. 52.
- Dunikowski, Untersuchungen in Russisch-Podolien. *Zeitschr. d. D. Geol. Ges.* 1884. S. 51—58.
- Glaseapp, M., Systematische Erforschung der zentralrussischen Phosphatlagerstätten im Jahre 1910. *Rigaische Ind.-Ztg.* 1912. S. 537.
- , Untersuchungen von Phosphoritlagerstätten an der oberen Kama. *Rigaische Ind.-Ztg.* 1912. S. 349.
- , Ein Vorschlag zur Verwertung der zentralrussischen Phosphorite. *Rigaische Ind.-Ztg.* 1911. S. 81—88.
- , Untersuchungen russischer Phosphorite nebst Vegetationsversuchen. *Rigaische Ind.-Ztg.* 1911. S. 76—77.
- Grewinck, C., Beitrag zur Kenntnis der großen Phosphoritzone Rußlands. *Dorpat* 1871.
- Iwanow, A., Geologische Erforschung der Verbreitung und der Produktivität der Phosphoritlager im westlichen Teile des Gouvernements Moskau im Jahre 1910.
- , Geologische Beschreibung der phosphoritführenden Ablagerungen längs der Flüsse Nisa, Schelwat, Mera und Wolga im Gouvernement Kostroma und längs der Wolga in den Gouvernements Twer und Jaroslaw. (In Samailow.)
- , Geologische Beschreibung der Phosphoritablagerungen des Gouvernements Kostroma längs der Wolga östlich von Kineschma und längs der Flüsse Muscha und Meja. (In Samailow.)
- Kaunhowen, F., Über russische Phosphorite. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* 27. Jahrg. 1919. Heft 5.
- Krusch, Übersicht über die nutzbaren Lagerstätten Rußlands: Phosphorite. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* 5. Jahrg. 1897.
- Popoff, S., Kristallinische Phosphate von der Küste der Straße von Kertsch. *Bull. d. Acad. St. Petersburg.* 1907. S. 127—140. (Russisch.)
- Prigorowski, M. M., Bericht über die Erforschung der Phosphoritlager im Gouvernement Rjäsan im Jahre 1910. (In Samailow.)
- Rosanow, Geologische Erforschung der Phosphoritlager im Distrikte Bursan, Gouvernement Simbirsk und im Distrikte Nikolaien.
- Samailow, F., Bericht über die geologische Erforschung der Phosphoritlager. Ausgeführt durch die Kommission des Moskauer Wirtschaftsinstitutes. Bd. I 1909, Bd. II 1910, Bd. III 1911.
- , Die Resultate der Arbeiten zur geologischen Erforschung der Phosphoritlager im Jahre 1909 und 1910. *Ebenda.*
- , Die anfängliche Organisation der Arbeiten über die Erforschung der Phosphorite. *Ebenda.*
- , Über einige Mineralien im Gebiete der Phosphoritlager des Gouvernements Kostroma und Simbirsk.

Schwackhöfer, Fr., Über die Phosphoriteinlagerungen an den Ufern des Dnjestr in Russisch- und Österreichisch-Podolien und in der Bukowina. Jahrb. d. K. K. Geol. Reichs-Anst. Jahrg. 1871. Bd. XXI. S. 211.

Sokolow, Die untertertiären Ablagerungen in Südrußland. Mém. du comité géol. Bd. IX, 2. 1893.

Stschoylow, J., Zur Frage über die Phosphorite im Gouvernement Wladimir S. 1—35. Wladimir 1900.

Tschirwinsky, W., Chemische und mikroskopische Untersuchung der podolischen Phosphorite. Schriften d. Kiewer Naturf. Ges. Bd. XX. Heft 3. 1908. S. 743—789.

—, Zur Frage über die mineralogische Natur der russischen Phosphate. Ref. Neues Jahrb. f. Min. Bd. II. 1911.

Reich an Phosphaten ist zweifellos auch Rußland. Bergbaubetrieb findet in den Gouvernements Podolien, Bessarabien, Kursk, Kostroma statt. Phosphatreich sind auch die Gouvernements Saratow, Rjasan, Kiew, Moskau-West, Smolensk, Orel, Woronesh. Eine gewisse Ausfuhr, besonders nach Österreich, fand statt, in der Weltproduktion aber spielte und spielt Rußland keine Rolle. Seine Phosphate sind wie die Nordamerikas von sehr verschiedenem Alter, sie kommen im Silur, im Jura, in der Kreide und im Tertiär vor. Praktische Bedeutung besitzen die kugeligen, stark abgerollten Phosphatknollen aus dem cenomanen Grünsand von Podolien, die aber offenbar nicht in der Kreideformation entstanden, sondern an zweiter, manchmal sogar an dritter Lagerstätte liegen. Die Geoden auf sekundärer Lagerstätte des Cenomans entstammen den im Liegenden weit verbreiteten silurischen Tonschiefern, aus denen sie durch präcenomane Verwitterung frei wurden und vom Cenoman-Meer seinen Sedimenten als Lesedecken einverleibt wurden. Im nördlichen Podolien sind die Phosphoritknollen umkristallisiert, hier treten die sekundären Phosphorite mit strahligen Kristallen und Spärolithen in gelber Grundmasse auf. Die Umkristallisation unterblieb weiter südlich, so daß es hier nicht umkristallisierte primäre und sekundäre Phosphoritknollen gibt.

Außerdem aber gibt es noch Samorod genannte Phosphorite kretazischen Alters, die Sand mit phosphatischem Bindemittel führen. Ihr Vorkommen folgt genau bandartig den Windungen des Ausstrichs der Nordgrenze der Kreide. Die tertiären Phosphoritsande Südrußlands gehören ins obere Miozän.

Die Phosphorite der Meerenge von Kertsch sind noch jünger, sie gehören der pontischen Stufe, also dem Pliozän an.

#### 19. Holland.

Lessen, A. H. van en Tesch, Nota betreffende het voorkomen van phosphaatknollen in Twente. Tft. nedl. heidematshp. Jahrg. 31. 1919.

Die Phosphoritführung der Tertiärschichten in der Provinz Obejrssel ist wirtschaftlich unbedeutend.

#### 20. Schweden.

Andersson, Joh., Cambrische und silurische phosphoritführende Gesteine aus Schweden. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala. II. 1875. S. 29—30.

—, M. G., u. Sahlbom, N., Über den Fluorgehalt schwedischer Phosphorite. Bull. of the Geol. Institute of the university of Upsala. IV. 1900. S. 79.

#### 21. Böhmen.

Slavik, Fr., Der Phosphorgehalt der Eisenerze im böhmischen Untersilur. Bergbau und Hütte. Jahrg. 4, Heft 5 1918.

Die untersilurischen Chamosite nicht nur Böhmens, sondern auch Bayerns und Ostthüringens weisen einen gewissen Phosphorgehalt auf, der auf die Umsetzung der Lingulaschalen, die wie Brachiopodenschalen überhaupt aus phosphorsaurem Kalk bestehen, zurückgeführt wird. Auch Phosphoritknollen sind mit den Erzen verknüpft, die 20%  $P_2O_5$  enthalten. Ihre Gestalt ist eigentümlich spindelartig. B. v. Freyberg wird die Vorkommen ausführlich beschreiben. Noch bekannter ist ja der Phosphorgehalt der jurassischen Flachseerze Lothringens,

der Minette. Durch das Thomasverfahren kommt er der Landwirtschaft zugute. Dieser Phosphorgehalt ist durchaus organischer Herkunft und in zahllosen Kalken, Toneisensteinen, Sanden und Tonen, die in seichterem Wasser entstanden, ebenso nachzuweisen. Er ist keine Besonderheit der Eisenerze. Man darf sich darüber ebensowenig wundern, wie über die Allgegenwärtigkeit von gleichfalls organisch entstandenem Schwefel in solchen Sedimenten. Zu einem gewissen Gehalt an Schwefel gehört eigentlich logisch auch ein solcher an Phosphor. Bei Flachseegesteinen würde vielmehr bei starkem Vorherrschen der organogenen Komponente das Fehlen von Phosphor sehr auffällig sein. Wie auffällig weit verbreitet ein gewisser, oft recht unbedeutender Phosphorgehalt in Sedimentgesteinen ist, zeigt die nachfolgende Tabelle mit 45 Werten von ausschließlich paläozoischen Gesteinen und Phosphoriten.

	Fundort	Formation	Petrographische Bezeichnung	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Be-merkungen
1	Mühltal bei Obernitz	Culm	Gebleichter Rußschiefer	0,005	
2	Gleitsch bei Saalfeld	"	" "	0,04	
3	Kellerwald	Silur	— "	0,17	
4	Raschau im Vogtland	Culm	Rußschiefer	0,22	
5	Nord-Wales	Untersilur	Lower trency Sandstone	0,25	Graptolithen führend
	"	Unt. Kambrium	Lingulellaschiefer	0,30	
6	Örtelsbruch bei Lehesten	Culm	Rußschiefer	0,32—0,48	frisch
7	Podolien	Obersilur	Muttergestein d. Phosphorite	0,33	
8	Nord-Wales	Untersilur	Upper Trenton Sandstone	0,35	wenig Trilobiten
9	"	Mitt. Kambrium	Solvaschiefer	0,50	
10	"	Untersilur	Middle Trenton Sandstone	0,50—1,50	viel Trilobiten
11	Böhmen	"	Oberste Komarover-Stufe	0,50	Roteisenerz
12	"	"	" " "	0,60	Chamosit
13	zwischen Geyersberg und Ulm i. Vogtl.	Culm	Rußschiefer	0,67—0,70	
14	Schweden	Untersilur	Stufe des Illaenus cent.	1,00	
15	Zadelsdorf b. Zeulendorf im Vogtland	Culm	Kieselkonkretion	1,16	
16	Wales	Untersilur	Tremadoc-Sandstein	1,50	brachiopodenreich
17	Nord-Wales	Unt. Kambrium	Schiefer	1,50	trilobitenreich
18	Böhmen	Untersilur	Zahoraner Stufe	1,8—2,4	Eisenerz
19	Nord-Wales	Mitt. Kambrium	Menevian-Gruppe, Schiefer	2,00—4,00	mit Trilobiten-Fragmenten
20	"	"	Paradoxideschiefer	2,36	
21	Lahngebiet	Devon	Stringocephalenkalk	2,4	
22	Böhmen	Untersilur	Chamosit	2,5	Maximalwert
23	Schweden	"	Glaukonite des Ceratopyge-Kalkes	2,56	
24	Schonen	"	Knollen im Asaphidenkalk	2,56	
25	Oeland	"	Glaukonitführend. Asaphuskalk	4,5—5,0	
26	Zadelsdorf b. Zeulendorf im Vogtland	Culm	Konkretion	5,3	
27	Lahngebiet	Devon	Schalstein	6,0	
28	Gleitsch bei Saalfeld	Culm	Konkretion	9,36	
29	Örtelsbruch bei Lehesten	"	"	9,74	
30	Reichenbach a. d. Loquitz	"	"	10,20	
31	Schluff gegenüber Kaulsdorf	"	"	11,39	
32	Nord-Wales	Untersilur	Balasanstein	16,00	(im Liegenden von Phosphorit)
33	Schonen	Unt. Kambrium	Phosphorit aus Olenellus-Sandstein	19,45	
34	Nord-Wales	Untersilur	Balasanstein	26,27	Phosphoritbank
35	Raschau im Vogtland	Culm	Konkretion	28,73	
36	Mühltal bei Obernitz	"	"	30,99	

	Fundort	Formation	Petrographische Bezeichnung	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Be-merkungen
37	Mühltal bei Obernitz	Culm	fossiles Holz	32,62	
38	Podolien	Obersilur	sekundär aus Cenoman	35,56	
39	"	"	" " "	36,20	
40	"	"	" " "	36,44	
41	"	"	primär	36,60	
42	Leuchtmühle i. Vogtl.	"	Konkretion	36,93	
43	Pöhl im Vogtland	"	"	37,45	
44	Plauen im Vogtland	"	"	37,65	
45	Podolien	"	"	38,81	

## 22. Lothringen.

- Bernauer, Ferdinand, Die Phosphorite des Lias von Deutsch-Lothringen. Heidelberger Diss. Berlin 1920.
- Bisenius, Die lothringisch-luxemburgische Eisenerzformation. Esch a. d. Alzette, C. Willems. 1911. (Wichtiges Literaturverzeichnis.)
- Blücher, Sur le gisement et la structure des nodules phosphatés du lias de Lorraine. Bull. de la Soc. géol. de France. Jahrg. 20. 1892.
- Klüpfel, W., Über die Phosphorite des oberen Lias in der Gegend von Delme. Mitt. d. philomat. Ges. Straßburg 1909.
- Werveke, L. van, Die Phosphoritzone an der Grenze von Lias  $\alpha$  und Lias  $\beta$  in der Umgebung von Delme in Lothringen. Mitt. d. Geol. Landesanst. von Elsaß-Lothringen. Bd. V. 4. 1903.

Des Phosphorgehalts der Lothringer Minette hatten wir schon bei der Besprechung der silurischen Erze Böhmens kurz gedacht. Der Phosphorsäureanhydritgehalt der silurischen Flachseeerze schwankt von 0,50 bis 2,5, die der jurassischen Doggererze von 1,5 bis 2,5. Der Maximalwert scheint also einer gewissen Gesetzmäßigkeit zu entsprechen. Außer Phosphor kommen als ständige Begleiter der Minette in geringen Mengen vor:

Vanadinsäure, Arsen, Kupfer, Kali,  
Titan, Zink, Nickel, Natron.

Zuweilen kommen vor:

Zinkblende, Kupferkies, Bleiglanz, Schwespat.

Früher wurde in Lothringen nur Puddeleisen erzeugt, für welchen Zweck das Erz selbstschmelzend ohne Zusatz verwendet werden konnte. Seit 1856 nahm das saure Bessemerverfahren zur Flußeisen- und Stahlbereitung aber derartig plötzlich einen gewaltigen Aufschwung, daß die Lage in Lothringen kritisch wurde. Während der Jahre 1873 bis 1878 mußten 12 von 20 Hochöfen stillgelegt werden, weil phosphorfremde Erze Trumpf waren.

1878 aber ließen sich Thomas und Gilbert das basische Bessemerverfahren patentieren, und seitdem setzt die gewaltige Nachfrage nach den Minetten, eben wegen ihres Phosphorgehaltes, ein. Außer den Eisenverbindungen sind die Hauptkomponenten Kalk und Kieselsäure. Ihr Mengenverhältnis ist entsprechend der sedimentären Natur der Lagerstätten sehr wechselnd, so daß kieselige und kalkige Minetten unterschieden werden. Selbstgängige Erze müssen so viel Kalkgehalt besitzen, daß er hinreicht, die vorhandene Kieselsäure zu einem Kalksilikat zu verbinden. Sinkt das Verhältnis von Kalk:Kieselsäure unter 3:2, so muß zur Neutralisierung der überschüssigen Kieselsäure dem Hochofen Kalkzuschlag zugeführt werden. Steigt das Verhältnis höher als 3:2, so ist Kalküberschuß vorhanden. Der Phosphorsäuregehalt der Minette kommt der Landwirtschaft als Thomasschlacke voll zugute. 19 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ist der Durchschnittsgehalt der Thomasschlacke Westfalens, und die der Peiner Hütte, die jetzt sehr begehrt ist, erreicht dieselben Werte.

Im Thomas- und Siemens-Martin-Verfahren wird beim Zusatz von Ätzkalk Phosphor, Schwefel und ein großer Teil des Kohlenstoffs abgeschieden. Die

schädlichen Substanzen gehen beim Schmelzprozeß in die basischen Ausfütterungen der Konverterbirnen und der Generatorgas-Flammöfen über.

Auch die Einlagerungen der Minettelager sind phosphorhaltig: Bänke, Nester, flachellipsoide Einlagerungen von Kalk, dünne, viele Meter lange Lagen von Mergeln mit einzelnen Eisenerzkörnchen. Ebenso verhalten sich die Zwischenmittel, die als reine Sandsteine, Mergel und Kalksteine oder aus allen möglichen Übergangsmischungen derselben aufgebaut sind. Die Muschelkalksteine enthalten oft nur 0,25 %.

Außer diesen normalen Phosphorsäuregehalten haben wir in Lothringen auch diagenetische Differentiationserscheinungen, die zur Konkretionsbildung führten. Sie sind ganz neuerdings von Bernauer eingehend bearbeitet worden. Es handelt sich um zwei Haupt-Phosphorithorizonte, wo die Anreicherung besonders stark ist. Der eine bildet die Grenze von Lias Alpha und Beta, der andere gehört dem oberen Lias an.

Die Phosphorite des ersten Horizontes liegen unmittelbar auf dem Gryphäenkalk. Je geringmächtiger der unterlagernde Lias Alpha ist, um so zahlreicher treten die Phosphoritknollen auf. Die Unterlage scheint also Zerstörungen erlitten zu haben. Die Gehalte an  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$  betragen

16,52 %	43,42 %	52,22 %
17,7 „	50,54 „	54,59 „
26,16 „	51,24 „	56,1 „

Häufig wurden Spongien phosphoritisiert beobachtet, ebenso Steinkerne von Zweischalern und äußere Umgänge von Ammoniten. Schwammskelette sind ja auch in anderen Formationen leicht dieser Art der Versteinerung ausgesetzt. Gleichzeitig mit den Phosphoriten beobachtet man das Auftreten bohrender Flachseeorganismen und das von Schalenrümmern.

Das obere Phosphoritvorkommen gruppiert sich um die Zone des *Coeloceras crassum*. Am ergiebigsten ist das Gebiet von Delme. Die Phosphorite treten auf als knollenförmige Konkretionen, als phosphoritische Fossilien, als Oolithe und sekundär als Kluftüberzüge. Nach Ablagerung des Posidonienschiefers fanden zu Beginn des Dogger offenbar Aufarbeitungen des Untergrundes statt.

Wie für die paläozoischen Auftreten der Phosphorsäure vom untergeordneten Gemengteil bis zur reichen Phosphoritkonkretion geben wir anschließend auch eine Tabelle für mesozoische Vorkommen, die das gleiche Bild liefert (*i* = Kern, *a* = Rinde von Phosphoritknollen).

	Fundort	Formation	Petrographische Bezeichnung	$\text{P}_2\text{O}_5$
1	Lothringen	Lias	Muschelbank über grauem Lager	0,24
2	Beles-Differdingen-Rodingen	"	Kalk, Unt. rotkalk.	1,19
3	Rümelingen-Düdelingen	"	Kalkwacken, " "	1,34
4	Esch	"	" " "	1,54
5	"	"	Minette, Graues	1,56
6	"	"	Rotsandiges	1,66
7	Rümelingen-Düdelingen	"	" " "	1,66
8	Esch	"	Unt. rotkalk.	1,77
9	Rümelingen-Düdelingen	"	Graues	1,80
10	Beles-Differdingen-Rodingen	"	Rotkalk.	1,83
11	" " "	"	Rotes	1,84
12	" " "	"	Schwarzes	1,88
13	Rümelingen-Düdelingen	"	Gelbes	1,90
14	Beles-Differdingen-Rodingen	"	Graues	1,91
15	Esch	"	Braunes	2,04
16	Rümelingen-Düdelingen	"	Unt. rotkalk.	2,27
17	Esch	"	Schwarzes	2,31
18	Gryphitenkalk Nancy	"	Lias	3,00

	Fundort	Formation	Petrographische Bezeichnung	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
19	Bodenstein u. Neuwallmoden	Unt. Kreide	Neokomeisenstein	3,96i
20	Scherenbostel	" "	Neokomton	4,12 a
21	Langenstein, Kahnstein	" "	Gault	4,71i
22	Thiede Ziegelei	" "	Neokomton	4,95
23	Oker	" "	Neokomeisenstein	5,18
24	Hannover, Tönjesberg	Dogger	Ornatenton	5,21 a
25	Salzgitter	Unt. Kreide	Neokomeisenstein	5,46
26	Langelsheim, Kahnstein	Ob. "	Cenoman	7,01
27	Hannover, Tönjesberg	Dogger	Ornatenton	7,50i
28	Langenstein, Kahnstein	Unt. Kreide	Gault	8,42 a
29	Othfresen, Bismark II	" "	Neokomeisenstein	10,85i
30	Scherenbostel	" "	Neokomton	11,41i
31	Othfresen, Bismark II	" "	Neokomeisenstein	13,20i
32	Langelsheim, Kahnstein	" "	Gault	13,81
33	Goslar, Sandkuhle	" "	"	14,38
34	" "	" "	"	15,08
35	" Osterfeld	Dogger	Coronatenton	15,37
36	Scheerenberg	Ob. Kreide	Emscher, körnig	15,68
37	Goslar, Sandkuhle	Unt. "	Gault	16,34 a
38	Lothringen	Lias	Weißliche Putzen	17,7
39	Scheerenberg, Harzburg	Ob. Kreide	Emscher	17,71 a
40	Bodenstein u. Neuwallmoden	Unt. "	Neokomeisenstein	18,09 a
41	Scheerenberg, Harzburg	Ob. "	Emscher	18,14i
42	Salzgitter	Unt. "	Neokomeisenstein	18,97
43	Lothringen	Ob. Lias	Weißliche Putzen	19,8
44	Scheerenberg, Harzburg	Ob. Kreide	Emscher	19,85 a
45	Lothringen	Lias	"	21,63
46	Ägypten (El Burn)	Ob. Kreide	"	22,5
47	Salzgitter, Georg Friedrich	" "	Amaltheenschichten	23
48	" " "	" "	"	24
49	Doernten, " "	Unt. "	Neokomeisenstein	24,39 a
50	Lothringen	Ob. Lias	Ammonitensteinkern	24,85
51	Sandaucourt (Dep. Vosges)	Lias	Phosphorit	24,9
52	Scheerenberg, Harzburg	Ob. Kreide	Emscher, dicht	24,91
53	Salzgitter, Georg Friedrich	Lias	Amaltheenphosphorit	25
54	Scheerenberg	Ob. Kreide	Emscher, dicht	25,02
55	Goslar, Sandkuhle	Unt. "	Gault	25,03 a
56	Hannover, Tönjesberg	Dogger	Ornatenton	25,09i
57	Goslar, Sandkuhle	Unt. Kreide	Gault	25,25i
58	Scheerenberg	Ob. "	Emscher, dicht	25,50
59	Goslar, Sandgrube	Unt. "	Minimuston	25,58
60	Sandaucourt (Dep. Vosges)	Lias β	Phosphoritkn.	26,5
61	Lothringen	Ob. Jura	ausgeschl. Oolithkörnchen	27,67
62	" "	" "	Ammonitensteinkern	29,32
63	Hannover, Tönjesberg	" "	Ornatenton	29,33 a
64	Sandaucourt (Dep. Vosges)	Lias β	Phosphoritkn.	32,5
65	" " "	" "	"	36,3
66	Lothringen	Ob. Jura	Ammonitensteinkern	38,54

### 23. Lahngbiet.

- Fresenius, Jahrbuch des Nassauer Vereins für Naturkunde. 1864—1866. S. 51.  
 Grüneberg, Über die Nassauer Phosphorite. Ber. d. D. Chem. Ges. zu Berlin. 1868.  
 Heymann, Petrefakten aus den nassauischen Phosphoriten. Verh. d. naturhist. Ver. d. preuß. Rheinl. u. Westf. Jahrg. 26. 1869. S. 222—224.  
 Kosmann, Über das Vorkommen und die Ausbildung des Phosphorits. Ebenda, Jahrg. 25. Corr. Bl. Nr. 2. 1868. S. 73—79.  
 Müller, Phosphorit-Bergbau in Nassau. Zeitschr. f. prakt. Geol. Jahrg. III. 1895. S. 205.  
 Petersen, Über den Phosphorit von Diez in Nassau. VII. Bericht d. Offenbacher Ver. f. Naturk. 1867. S. 7—11.  
 —, Über Phosphorit. Ebenda. VIII. Bericht. S. 69—77.  
 Stein, C. A., Vorkommen von Phosphorit in der Dill- und Lahnggend. Jahrb. d. Nassauer Ver. f. Naturk. 1864—1866. S. 44—86.

- Stein, C. A., Über das Vorkommen von phosphorsaurem Kalk in der Lahn- und Dillgegend. Wiesbaden 1865. Verlag J. Nieder und Beilage zu Bd. XVI d. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in dem preuß. Staate. 3 Tafeln. Berlin.
- , Neues Jahrb. f. Min. 1866. S. 803.
- Wicke, Die Phosphoritlagerstätten in Nassau. Journ. f. Landwirtschaft in Nassau. Heft 2. 1868. S. 219—234.

Die Aussichten der deutschen Phosphoritlager und ihrer Gewinnung sind wirtschaftlich keineswegs viel verheißend. Man spricht bereits von der Notwendigkeit von Unternehmerbeihilfen und Förderungsprämien oder gar von der Übernahme der Gewinnung durch den Staat.

Während des Krieges ist der Abbau der Lahnphosphorite, die ähnlich wie die Eisenerze taschenartig im Stringocephalenkalk auftreten, neu belebt worden. Der Phosphorit ist auch nesterweis in der Brauneisenerzlagerstätte beobachtet worden. Aber die Lagerstätten sind zu unregelmäßig, der Abbau zu kostspielig. Die Infiltration hat erst nach Ablagerung des Stringocephalenkalks stattgefunden. Meist wird die Genese mit den Schalsteinen in Verbindung gebracht, es fehlt aber nicht an Stimmen, die an organogene Entstehung glauben. Bei der Superphosphatherstellung aus solchen „devonischen“ Phosphoriten von Nassau wurde man auf der Fabrik von künstlichen Düngemitteln von Grüneberg in Kalk bei Köln auf die Entwicklung von Joddämpfen aufmerksam, sehr bald ließ sich zeigen, daß außerordentlich zahlreiche Phosphorite diesen Jodgehalt aufweisen. So die Phosphorite von Sombrero, Estremadura, Amberg, Lot (Frankreich), Curaçao, der Staffelit von Bilon, der Osteolith des Kreuzbergbasaltes, von Florida und der Insel Acuba im Caraibischen Meer.

#### Literatur über den Jodgehalt der Phosphorite.

- Gilbert, H., Das Vorkommen von Chrom und Jod in Phosphaten. Zeitschr. f. angew. Chemie. 1894. S. 74.
- Mohr, Über das Vorkommen von Jod in Phosphoriten von Limburg. Sitzungsber. d. naturhist. Ver. d. preuß. Rheinl. u. Westf. 1865. S. 96.
- Sandberger, Weite Verbreitung des Jods in Phosphoriten. N. Jahrb. f. Min. 1867. Bd. I. S. 95.
- Vogel, A. jun., Jodgehalt des phosphorsauren Kalkes. Buchners N. Repert. f. Pharmaz. Bd. VI. S. 292.

#### 24. Westfalen.

Muck, Chemie der Kohlen. 1916.

Die Goniatiten, die sich körperlich erhalten in Geoden der Schiefermittel der Culmgrauwacken des Oberharzes finden, sind häufig phosphoritisch. Ebenso steht es mit denen aus marinen Zwischenschichten des produktiven Karbons. Außer Kohleneisensteinen liefern einige Zechen Westfalens auch Phosphorite. Der Unterschied gegen die Kohleneisensteine ist erst bemerkbar nach dem Rösten, wo sie dann ihrer hellen Farbe wegen ausgeklaut werden können.

#### 25. Süddeutschland.

- Bräuhäuser, Über Vorkommen von Phosphorsäure im Buntsandstein und Wellengebirge des östlichen Schwarzwaldes. Mitt. d. geol. Abteil. d. württ. Stat. Landesamts 1907.
- Gorup, Bosanez v., Phosphorit von Amberg. Ann. d. Chemie u. Pharm. LXXXIX. S. 221 ff.
- Gümbel, W. v., Phosphorsaurer Kalk im Jura von Franken. Jahrb. d. k. k. Reichsanstalt. 1865. S. 10.
- Herde, Über die Phosphorsäure im schwäbischen Jura und die Bildung der phosphorsäurereichen Geoden, Knollen und Steinkerne. Inaug.-Diss. Tübingen. 1887.
- Klüpfel, W., Über den Lothringer Jura. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanst. f. 1917. Bd. XXXVIII, Teil I, Heft 2.
- Reuter, L., Die Ausbildung des oberen braunen Jura im nördlichen Teile der fränkischen Alb. Geogn. Jahreshefte f. 1907. 20. Jahrg. München 1908.
- Schober, J. B., Untersuchungen der Amberger Erze und der mit denselben vorkommenden Phosphate. Bad. Ind.- u. Gewerbeblatt. IV. 1881.
- Voith, Die Phosphate des Erzberges bei Amberg. N. Jahrb. f. Min. Jahrg. 1836. S. 518 ff.

Das Auftreten von Phosphoriten in den Juratonen Süddeutschlands ähnelt dem näher geschilderten in Mitteldeutschland. Reuter beobachtete, daß die

Kalkfazies große, die Tonfazies kleine verkieste und die phosphoritreichen Schichten mittelgroße Ammoniten führen. Bernauer sieht darin ganz irrtümlich einen Gegenbeweis gegen die „Verschwemmungstheorie J. Walthers“, wie er sagt. Er glaubt, direkte Beziehungen zwischen dem Chemismus des Einbettungsgesteins und dem Lebensmilieu der eingebetteten Fossilien annehmen zu können. Wir erblicken durchaus mechanische Verteilungsprinzipien post mortem in diesen noch sehr der Spezialuntersuchungen bedürftigen Erscheinungen.

Wirtschaftlich bedeutsamer sind die Phosphate von Amberg in Bayern, von denen Voith schon 1836 berichtet. Gegenwärtig wird die Ausbeutung der Amberger Phosphatlager von der Deutschen Phosphat-Gewinnungs-Gesellschaft Berlin betrieben. Das Auftreten des zweibasischen phosphorsauren Kalkes ist an die Oberkante der Jurakalke gebunden. Das Lager ist oft sehr geringmächtig und schwillt dann wieder zu drei und mehr Meter mächtigen Taschen an, was natürlich Abbau und Vorratsberechnung beeinträchtigt.

## 26. Norddeutschland.

- Berendt, G., Neues Tertiärvorkommen bei Rügenwalde und mutmaßliche Fortsetzung der großen russischen Phosphoritzone. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. Tafel X. 1880. S. 282—289.
- Dames, W., Über Diluvialgeschiebe cemonanen Alters. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1881. S. 761.
- Deeke, Ein Versuch zur Erklärung der Oderbucht. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1893. S. 249.
- , Die mesozoischen Formationen der Provinz Pommern. Greifswald 1894.
- Geinitz, E., Mitteilungen aus der Großherzogl. Mecklenburg. Geol. Landesanst. (Braunkohlen, Phosphorite, Sole von Sülze). Landwirtsch. Annalen Nr. 15. 1896.
- , XV. Beitrag zur Geologie Mecklenburgs. Güstrow 1894.
- Helm, O., Über die in Westpreußen usw. vorkommenden Phosphoritknollen und ihre chemischen Bestandteile. Schriften d. Naturforsch. Ges. in Danzig. N. F. Bd. VI, Heft II, S. 240.
- Hoyer, M., Über das Vorkommen von Phosphorit- und Grünsandgeschieben in Westpreußen. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Bd. XXXII. 1880. S. 628—702.
- Jentsch, A., Chronologische Übersicht der Geologie Ost- und Westpreußens. Anhang zum Führer durch die geol. Sammlung. Königsberg 1892.
- , Über Phosphatvorkommen in Westpreußen. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanst. 1919. Bd. XXXIX, Teil I, Heft 1.
- , Geologische Karte des Königreichs Preußen. Sektionen: 20, Dirschau 21, Elbing.
- Klebs, Phosphorhaltiges Raseneisenerz zum Düngen. Zeitschr. f. prakt. Geol. Jahrb. IV. S. 374.
- Krause, Über obere Kreidebildungen an der hinterpommerschen Ostseeküste. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1889. S. 611.
- Linstow, O. v., Über Mukronatensandstein mit aufgearbeiteten Senonphosphoriten und die Regression des Obersenons. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. 1913. Bd. 34, Teil I. S. 174 ff.
- Stolley, Die Kreide Schleswig-Holsteins. Kiel und Leipzig 1892.

Man hat von einer am Südufer der Ostsee entlang laufenden „baltischen“ Phosphoritzone gesprochen im Gegensatz zur „subherzynen“ Zone. Die Unterbrechung rührt von der starken Bedeckung der mesozoischen und tertiären Sedimente durch Diluvium her. Die westpreußischen Funde kommen sowohl in der oberen Kreide wie im unteroligozänen Grünsand vor und sind an der Transgressionsfläche angereichert. Die Phosphoritbank liegt durchschnittlich 70—80 m unter dem Meeresspiegel, für den Abbau kämen also nur schwimmende Unteroligozänsschollen im Diluvium in Frage. Umgelagerte Kreidephosphorite und unteroligozäne Neubildungen sind beobachtet.

Manche Vorkommen sind nur als Geschiebefunde bekannt geworden, so das Auftreten von umgelagerten Senonphosphoriten in Mukronatensandstein-Geschieben, die Linstow aus der Stettiner Gegend beschreibt. Unter diesen Phosphoriten finden sich auch Steinkerne von Zweischalern, phosphoritisierte Belemniten und ein Ammonit. Phosphoritknollen und phosphoritisierte Spongien beschreibt Krause aus einer glaukonitreichen Mergelschicht in Emscher-Tonen der hinterpommerschen Ostseeküste bei Rewahl. Auch sonst sind einzelne Horizonte des Senons mehr oder minder phosphoritreich. Turone Phosphorite führen graue Kalkmergel am Steilufer der Insel Wollin. Phosphoritführende

Cenomangrünsande beschreibt Jentzsch aus dem Untergrunde von Ost- und Westpreußen, Geinitz aus Mecklenburg (Cenoman von Remplin und Gielow). Der im Harzvorlande phosphoritführende Minimuston des oberen Gault besitzt im Untergrund von Greifswald die gleiche Eigenschaft. Schließlich umschließen sandige Sphärosiderite des unteren Dogger auf der Insel Wollin eine Lesedecke gerollter Phosphorite, deren Muttergestein wohl Lias war.

### 27. Mitteldeutschland: Paläozoikum.

Kruft, L., Die Phosphoritführung des vogtländischen Obersilurs und die Verbreitung des Phosphorits im Altpaläozoikum Europas. N. Jahrb. f. Min. usw. Bd. XV. 1901.  
Lehder, Johannes, Die Phosphoritkonkretionen des untersten Culms in Ostthüringen und dem Vogtlande. N. Jahrb. f. Min. usw. B.-Bd. XXII. S. 48 ff.

Die paläozoischen Phosphoritvorkommen Mitteldeutschlands finden sich ausschließlich in der Tonfazies und an primärer Lagerstätte. Wenn diese beiden Faktoren gleichzeitig herrschen, dann pflegt die zur Bauwürdigkeit gehörende Konzentration zu fehlen. Es ist auch tatsächlich nicht gelungen, den Abbau der silurischen und der kulmischen Phosphorite in Mitteldeutschland trotz mancherlei Versuchen in Gang zu bringen. Die Phosphoritführung des vogtländischen Obersilurs hat Kruft ausführlich geschildert. Die Verteilung und Gestalt der Knollen im Schiefer auf seiner Tafel I erinnert außerordentlich an die Phosphoritführung der Amaltheenschichten im Harzvorland. Die Geodenbildung beginnt, wie so oft, mit der Phosphatisierung organischer Reste. Der Fazies, der Genese und der petrographischen Zusammensetzung nach sehr ähnlich sind die Phosphorite der Rußschiefer an der Basis des ostthüringischen Culms, die Johannes Lehder bearbeitete. Erdgeschichtlich häufig wiederkehrend ist die hier auftretende ausgiebige Konzentration von Phosphorsäure in Holzresten. Die schwarze tiefe Kieselschieferserie des Oberharzes führt gleichfalls kieselige Phosphorite, die besonders in einem schwarzen Schiefertone der Hahnenkleer Gegend etwas reichlicher auftreten.

### 28. Mitteldeutschland: Mesozoikum.

Brandes, Th., Die faziellen Verhältnisse des Lias zwischen Harz und Eggegebirge. N. Jahrb. f. Min. usw. Nr. 33. 1912. S. 325.  
Denkmann, Über die geognostischen Verhältnisse der Umgebung von Dörnten usw. Abh. zur geol. Karte von Preußen. Bd. VII, Heft 2. Berlin 1887.  
—, Erläut. zur geol. Karte von Preußen. Blatt Harzburg. Berlin 1908.  
Heberle, W., Vorkommen und Entstehung von Phosphoriten der subherzynen Kreidemulde. Zeitschr. f. prakt. Geol. Jahrg. XXII. 1914. S. 323.  
Wicke, W., Über die Phosphatknollen in dem Eisenerz von Groß-Bülten und Adenstedt. Kgl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen 1866. Nr. 14. S. 211—214.

Weitere Literatur und Angaben in den Erläuterungen der Kartenblätter der Lieferung 174: Ringelheim, Salzgitter, Lutter a. B., Goslar, Vienenburg und Lieferung 100: Harzburg, bei Heberle und bei Credner: Die Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligozäns.

Die mesozoischen Phosphorite Mitteldeutschlands gruppieren sich längs des Verlaufs des niedersächsischen Uferlandes und konzentrieren sich im nördlichen Harzvorland. Primäre Lagerstätten und Bildungsräume passieren die Brandungszone und den Bohrmuschelbereich, nachdem z. T. terrestrische Verwitterung vorgearbeitet hat. Für besonders häufig phosphoritführend gelten ja die Grünsande, man muß aber einschränkend für das Harzvorland bemerken, daß es sich hierbei teilweise um Lesedeckenanreicherung bei geringfügigen Neubildungsvorgängen handelt. Die wichtigen genetischen Beziehungen zwischen glaukonitführenden Grünsanden und Phosphoriten sind unter reichlichen Literaturangaben

so vorzüglich von Prof. Andree (Geologie des Meeresbodens, Bd. II, Leipzig, Bornträger) behandelt, daß wir hier darauf verweisen.

Primär sind die Phosphorite des Jura, ihr Bildungsmedium ist die Tonfacies, wie das auch ihre dichte Beschaffenheit und ihr Verhalten unter dem Mikroskop anzeigt. Besonders in den Liasschichten sind sehr bedeutende Mengen von Phosphorsäure fixiert, kein Toneisenstein, keine kalkige oder oolithische Lage ist frei davon. In allen diesen festeren Bänken ist die Verteilung aber eine völlig gleichmäßig-geringprozentige, also so, daß eine Gewinnung nur in Form von Thomasschlacke bei Verhüttung von Liaserzen in Frage kommt. Die Prozentgehalte bleiben häufig unter 1, z. B.

Gamma-Eisenstein südl. der Asse 0,63 — 0,86 %,

Toneisensteine der Amaltheenschichten 0,36 — 0,70 %.

Während die Toneisensteine, die Lias-Gamma-Trümmererze, die Kalkbänke, also die diagenetisch erhärteten Gesteinsmassen, den P-Gehalt in fein verteilter Form enthalten, sind in der tonigen Fazies die P-Mengen konkretionär angereichert, da wo Lösungs- und Fällungsmittel sich reichlich genug begegneten in ruhigem, nicht sehr tiefem Wasser. Die größten Phosphoritmengen des Harzvorlandes liegen in den ca. 75 m mächtigen Amaltheentonen, in denen sie heute noch liegen, oder aus denen herausgewittert und marin aufbereitet, sie an zweiter, dritter und vierter Stelle zu finden sind. Die ältesten Juraphosphorite sind die der Amaltheenschichten auch nicht, denn außer Toneisensteingeröllen finden sich häufig Phosphoritbruchstücke im konglomeratischen Jamesoni-Eisenstein, älteren Horizonten entstammend. Ja wir kennen sogar im mittleren Teile des subherzynen Harzvorlands schwache Konklomeratlagen, die unter anderem aufgearbeitete Angulatenschichten enthalten, deren Toneisensteine, von der Süd- und Ostküste stammend, die Arietentrümmererze aufbauen.

Die Phosphoritgerölle der Jamesoni-Eisensteine können sehr wohl auch von Phosphoriten aus den Schichten mit *Aegoceras planicosta* entstammen, die im Falkenhagener Liasgraben als primäre Geoden genau so auftreten, wie die in den Amaltheenschichten des Harzvorlands. Bei Salzgitter schließen diese Schichten mit einem Toneisensteinkonglomerat ab. Schon die Zone des *Psiloceras anisophyllum* (Lias Alpha) enthält phosphorisierte und angebohrte Schichten. In dem Delta-Konglomerat des westlichen Mitteldeutschlands finden sich bereits wieder phosphoritisierte Gamma-Fossilien. Auch das kalkige Toneisenstein-Gamma-Delta-Konglomerat von Weenzen am südlichen Teil der Hils-Mulde enthält kleine Phosphorite.

Die Phosphoritführung erstreckt sich ziemlich gleichmäßig durch den ganzen Lias-Delta.

Die untere und obere Zone des *Amaltheus margaritatus* wie die des *Amaltheus costatus* enthalten sie ziemlich gleichmäßig, freilich mit wechselnder Menge je nach der Stellung der Fundpunkte zum alten Küstenverlauf. Am reichlichsten finden sie sich in den etwa 20 Toneisensteinbänke enthaltenden Amaltheenschichten, da wo Treibholz am häufigsten ist.

Bei Harzburg folgen die Trümmererzhalden des Lias dicht aufeinander, die optimalen Mächtigkeiten und die größte Zahl in einem Profil geschnitten. Viele dieser Liaserzlagen verklingen seewärts in Toneisensteine, Schwefelkiesflöze, Faulschlamme, fossilreiche Bestege oder phosphoritführende Tone, die einen schnell, die andern später, abhängig von der Lage des Scheitels der Schüttungshalde, deren Böschungen freilich minimal waren, und konnten mit dem Pendeln der Küstenlinie wieder angegriffen werden. Die Toneisensteine der Amaltheenschichten beweisen deutlich, daß die ufernahen Säume noch oft ihre Spuren bis hinein in die Zone der Phosphoritentstehung in der Tonfazies

sendeten. Weiter westlich besitzen die Schichten mit *Amaltheus margaritatus* noch küstennähere Beschaffenheit, im Harzvorland sind sich beide Stufen viel ähnlicher. (Konglomeratische Toneisensteinlagen fehlen nicht völlig.)

Die blaugrauen Tone der Amaltheenschichten sind ziemlich kalkarm. Die Phosphorite liegen in der tonigen Grundmasse etwas weiträumig verteilt; in einer Tonne Gestein liegen nur wenige Kilogramm, was ihre direkte Gewinnung trotz ihrer befriedigenden Analyse unmöglich macht. Man könnte ja die Amaltheentone verziegeln und die Phosphorite durch Messertrommeln ausscheiden, wie man sie zum Beseitigen von Lößkindeln konstruiert hat, aber die dabei erzielten Mengen sind nicht groß genug. Die Durchschnittsgröße der Phosphorite ist Walnußgröße. 6 cm Durchmesser wird selten erreicht und kaum überschritten.

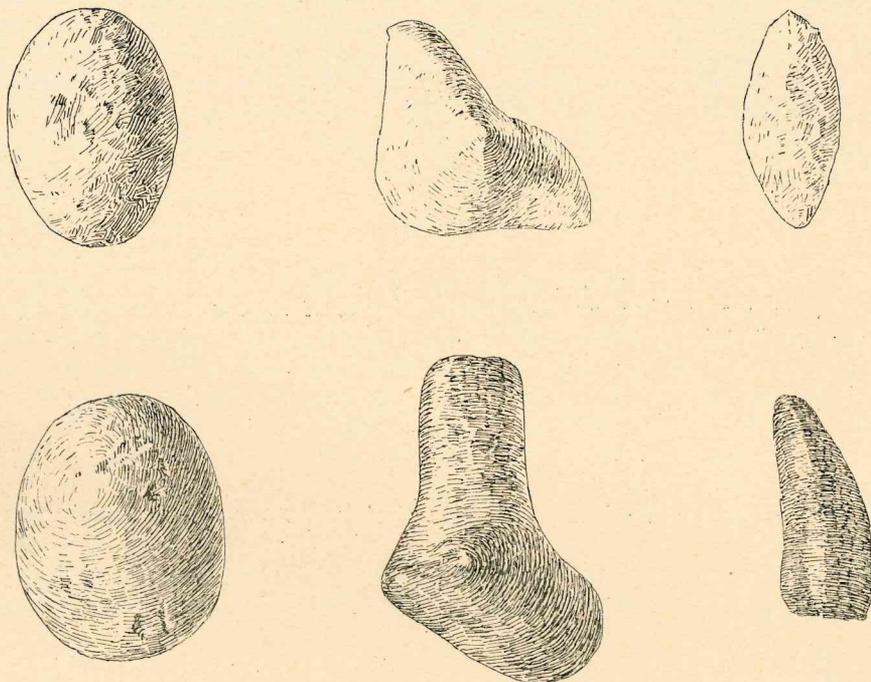


Abb. 18.

Die Farbe der Phosphorite ist in ganz frischem Zustand blaugrau wie der umgebende Ton, ist der Amaltheenton unter der Ackerkrume anstehend, so sind die Grenzen von Phosphorit und Ton kaolinartig weiß. Recht hell gefärbte fehlen aber frischen Vorkommen nicht. Die Gestalt der Phosphorite ist nicht sehr variabel. Wir können vier Typen unterscheiden:

1. die kugeligen und rund eiförmigen,
2. die mit spitzkegeligen Vorsprüngen, z. T. mit mehreren Zentren,
3. die lang spindelförmigen, die häufig (auch in Tiefbohrungen beobachtet) vertikal im Sediment stecken,
4. die an noch erkennbare Fossilreste geknüpften.

In Abb. 18 sind die ersten drei Typen abgebildet, oben, hell gefärbt, solche, die ich aus Amaltheenton grub, unten, dunkelbraun gefärbt mit glänzender Oberfläche, solche, die ich im Neokomerzlager der Grube Fortuna sammelte. Alle drei Typen sind stets sehr dicht und fest, führen im Dünnschliff zahllose winzige Organismenschalenbruchstücke und nehmen an sekundärer Lagerstelle leicht

Politur an. Der vierte Typ ist an Versteinerungen geknüpft. Man kann sehr deutlich erkennen, wie sich ihre Bildung in den abgeschlossenen nicht ausgefüllten Luftkammern der Amaltheen vollzog. Der ganze gekammerte Teil wird resorbiert, die kolloidale Phosphoritmasse quoll aus dem geborstenen Gehäuse heraus, um sich dann unregelmäßig auszudehnen, häufig nicht dicht, sondern locker mit Schrumpfrissen bei der diagenetischen Verhärtung. Die Wohnkammer dagegen bleibt völlig unversehrt, die Schale ist in feinstem Perlmutterglanz erhalten und mit dichter Phosphoritmasse ausgefüllt, die Umwallung mit der aus den Luftkammern heraustretenden Masse ist unbedeutend, die Ausbreitung erfolgt in entgegengesetzter Richtung, und die erhaltene Kalkschale trennt Phosphoritsteinkern und Außenphosphorit, so daß sich beides — ich habe sie zu Hunderten ausge-



Abb. 19.

graben — leicht voneinander trennt (vgl. Abb. 19). Das ist die Ursache dafür, warum dieser vierte Typ an sekundärer Lagerstätte zwar in großen Massen, aber nur als Steinkern der Luftkammern von *Amaltheus spinatus* und *costatus* erscheint. Die Kalkschale geht bei der Abrollung eben stets verloren. Noch interessanter ist ein ebenfalls abgebildeter Belemnit aus Amaltheenschichten, bei dem man deutlich sieht, wie die Phosphoritierung in den Luftkammern des Phragmokons eingesetzt hat und bei Volumzunahme die ganze Außenwand zertrümmerte (vgl. Abb. 20).

Im Lias-Epsilon sind zuweilen die Steinkerne von *Coeloceras commune* phosphoritisiert.

Die Jurensismergel des oberen Lias führen gleichfalls Phosphorite, die bereits etwas umgelagert zur Sedimentation kamen. Posidonienschiefer und Dörtener

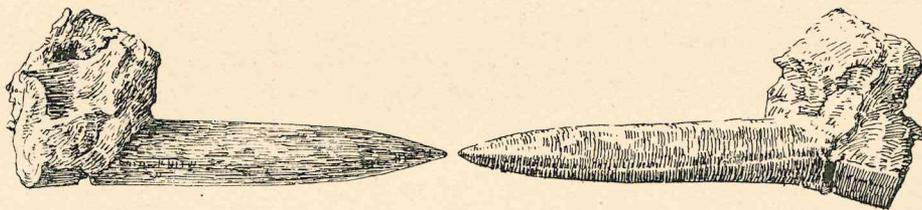


Abb. 20.

Schiefer trennen sie von den Amaltheenschichten. Die Phosphorite sind dunkel gefärbt und häufig Eisenoolith führend. Die Gestalt ist rund, die Oberfläche etwas korrodiert.

Neokom: Diese primären Vorkommen jurassischer Phosphorite mußten wir eingehender schildern, weil die marinen Lesedecken an der Basis der Kreise massenhaft all das als Geröll enthalten, was in der Lias-Schichtserie mechanisch und chemisch widerstandsfähig ist. Das Harzvorland gehört nicht zu den Gebieten, wo auch während der mit der Weißjurazeit einsetzenden Festlandsperiode Auflagerung von terrestrischem Material stattfand. Die Wealdenschichten mit ihren

reinen gut entmischten Tonen und Sanden lassen auf feuchtwarme Verwitterungsvorgänge in der Umgebung schließen, die reiche Vegetation trug. Und dort, wo unter der Neokomformation konkordant der Wealden vorhanden ist, fehlt das Neokomkonglomerat, es findet sich nur dort, wo die terrestre Verwitterung eine Facette zur ursprünglichen Landoberfläche schuf. Die terrestren Lesedecken kamen in den Bereich der Brandung, die Toneisensteinbänke und Erzlager des Lias, der große Teile der Landschaft aufbaute, liefern die Hauptkomponente der Konglomerate, Phosphorite spielen aber auch eine erhebliche Rolle. Freilich war die Tektonik unruhig genug, daß nicht nur harte Verwitterungsreste, sondern auch frische Gesteine angegriffen wurden, da Vorgebirge überwältigt werden mußten. In Grube Fortuna finden wir frische Muschelkalkgerölle, am Fallstein nur die Hornsteine des mittleren Muschelkalks, die bereits eine subaërische Verwitterung durchgemacht haben und bis zum innersten Kern schneeweiß gebleicht sind. Waren die Verhältnisse sehr ruhig, so war der Transport sehr gering. So finden sich Phosphorite und Wohnkammersteinkerne aus den Schichten mit *Amaltheus spinatus* als Geröll in den Neokommergeln unmittelbar im Hangenden von Amaltheenschichten mit *Amaltheus costatus*, Häufig bieten Toneisensteinbänke des Lias oder Steinmergelbänke des mittleren Keupers den Wellen ein erhebliches Hindernis. Ihre Schichtköpfe bilden Untiefen, werden geschwächt durch die üppige Entfaltung der Bohrmuscheln und liefern sukzessive abbröckelnd zahllose angebohrte Gerölle.

Kalk-, Sandstein-, Steinmergel und andere Gerölle in dauernder Bewegung mit Phosphoriten, Eisenbohnen, Tangmassen und Organismenresten bei Zeretzungserscheinungen von Schwefelkies und häufige starke Vergrößerung der Oberfläche durch Anbohrung werden einander sehr ähnlich in Farbe und Aussehen. Es ist erstaunlich, was auf diese Weise alles sekundär eisenhaltig und -farbig sowie phosphoritisch werden kann. Gagatgerölle, wie ich sie in einem Erzlager von Grube Fortuna fand, sind wohl aus dem oberen Lias abzuleiten. Es ist hier nicht der Raum, die Landschaft und ihren Bau zu schildern, die das Neokommer überwältigte, so wichtig diese Einzelheiten für die Verteilung des Erzlagers sind. Wir wollen uns begnügen mit dem Hinweis, daß varistisch streichende Faltenzüge und Verwerfungen, durch die jüngere herzynische Tektonik stark verschleiert, im Gebiet des Salzgitterer Höhenzugs zur ausgehenden Weißjurazeit eine bedeutende Rolle spielten, ja daß eine solche erhebliche Untiefe spitzwinklig den Salzgitterer Höhenzug schneidet. Auch der Altwallmodener Vorsprung besaß damals etwa halb so starkes Einfallen seiner Schichten wie heute.

Alles, was wir an primären Vorkommen von Phosphoriten in der Juraformation genannt und nicht genannt (Doggerphosphorite) haben, und mancher sekundär phosphoritreiche Gesteinsbrocken findet sich also im Neokomerzlager wieder. Besonders massenhaft die Amaltheenphosphorite. Leicht zu finden sind auch die der Jurensisschichten. Weiter seewärts als die Eisengerölle wurden Organismenreste, leichte Komponenten und das Zerreibungspulver der Gerölle getragen. In den Erzlagern eingeschalteten fossilreichen Tonen auf Grube Fortuna liegen dünne, etwas sandige, angerieben stark bituminös riechende, konglomeratische Lagen von grünen Keuperlettengeröllern, die mehrere Prozent  $P_2O_5$  führen. Bei der Schilderung dieser Einzelheiten will ich aber hier nicht vorgehen. Mein praktischer Vorschlag am Ende des Vortrags greift aber auf die Neokomkonglomerate zurück.

Gault: Das ist der erste Ansatz zur Neubildung von Phosphoriten, die seewärts von den Saumhalden ebenso einsetzen wie die von Toneisensteinen. In den Gaulttonen im Hangenden des Neokomerzlagers unter dem hier geringmächtigen Grünsandstein sind Phosphorite zum Teil recht häufig, schließen noch zum Teil kleine Erzbohnen ein (Grube Fortuna) und wurden auf Grube Georg

Friedrich sogar als solche gewonnen. Die Schiefertone über dem Salzgitterer Erz sind im allgemeinen frei von Phosphoriten, die in den sich darüber entwickelnden, z. T. glaukonitischen Mergeln recht bedeutende Größe erreichen können. Es sind primäre Bildungen, oft an feinkonglomeratische Lagen geknüpft, von einfach spindelförmig oder kugelig Gestalt. In den sandigen Partien des unteren Gault finden sich hier und da Phosphoritlagen geringer Bedeutung.

Ausgedehnt und beträchtlich ist die Phosphoritführung des Minimustons, der die Gaultsandsteine vom Flammenmergel trennt. Petrographisch bezeichnet man das Gestein besser als Mergel, in dem lagenweis das tonige und das sandige Element überwiegt. Am Kahnstein bei Langelsheim nimmt die Größe der Phosphorite in den oberen Lagen ab. Knollig-kugelige, unregelmäßige Gestalt zeichnet die sandreichen Phosphorite aus, die häufig durch Bindemittel zu zusammengesetzten vereinigt sind. Dichte scharfbegrenzte liegen in den tonigen Lagen. Charakteristisch ist die schwärzlich braungrüne Farbe.

Cenoman: Die mergeligen cenomanen Tone der Ultimuszone an der Grenze vom Flammenmergel führen primär gebildete, kleine, dunkelgefärbte, von Kalkspatadern durchzogene Phosphorite, die weiträumig verteilt sind.

Emscher: Während des Krieges ist der Abbau des Phosphoritvorkommens bei Zilly, der lange ruhte, wieder in Gang gekommen, so wie an der Lahn und bei Helmstedt. Zilly war aber den anderen Vorkommen gegenüber bis heute noch in Betrieb. Die alten wie die neuen Phosphoritgruben liegen nordöstlich und östlich von Zilly. Die hell gelbgrauen Phosphorite liegen in einem mürben, etwas glaukonitischen, kalkhaltigen Quarzsand. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 1,5 und 4 m, die Phosphorite entstammen größtenteils den Amaltheenschichten, zum Teil haben sie sogar schon einmal im Neokomrollerz gelegen. Hasel- bis Walnußgröße ist das Normale. Ein gewisses Weiterwachsen der dichten Phosphorite unter Angliederung von Sand spielt keine große Rolle. Der Abbau geschieht heute nicht mehr im Tagebau, sondern in 50 m tiefen Schächten. Das geförderte Rohmaterial wird vor dem Abtransport an Ort und Stelle gewaschen. Korngröße der Phosphorite und Gesteinsprofil unterliegt gewissen Schwankungen.

Am Harzrand bei Harzburg liegen Emscherkonglomerate diskordant auf Cenomanplänen. Die beiden basalen Phosphoritkonglomeratlagen enthalten zur Hälfte Toneisensteingerölle und bestehen im übrigen fast ausschließlich aus aufgearbeiteten Gaultphosphoriten, die also meist körnig sind. Phosphatisierte Hölzer fallen besonders auf. Viel ärmer an Phosphoriten sind die Brauneisensteinkonglomerate darüber, in denen die Gaultphosphorite leicht an ihrer Farbe zu erkennen sind gegenüber den Amaltheenphosphoriten, ebenso die gerollten Ammoniten beider Zeiten.

Auch die Emscherrollerze weiter nördlich zeichnen sich durch regelmäßige Phosphoritführung aus, so die lockeren Konglomerate von Adenstedt, Bodenstedt und Lengede, wie die kalkigen von Groß-Ilse, Groß-Bülten und Lengede.

Die Phosphorite des Emscher liegen also insgesamt gerollt und aufbereitet auf sekundärer Lagerstätte.

## 29. Mitteldeutschland: Känozoikum.

### a) Helmstedt.

Barth, Beiträge zur Geologie von Helmstedt. Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch. d. Nat. Ver. f. Sachsen u. Thür. Bd. LXV. 1892. S. 107.

Brauns, Die Aufschlüsse der Eisenbahnlinie von Braunschweig nach Helmstedt, nebst Bemerkungen über die dort gefundenen Petrefakten, insbesondere über jurassische Ammoniten. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Bd. 23. 1871. S. 761.

Ewald, Geol. Karte der Prov. Sachsen von Magdeburg bis zum Harz. Berlin 1864.

- Geinitz, E., Die sogenannten Koprolithlager von Helmstedt, Buddenstedt und Schlawecke bei Harzburg. Abh. d. Ges. Isis. Dresden 1883. I. S. 3; V. S. 37 u. 105 ff.
- , Versteinerungen im Phosphoritlager von Helmstedt und Schlawecke. Ebenda 1882—1884.
- Harbort, E., Erläuterungen zur geol. Karte von Preußen usw. Lief. 185. Besonders: Blatt Süpplingen.
- Klockmann, F., Über den geologischen Bau des sogenannten Uferlandes. Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst. f. 1890. S. 241.
- Koenen, v., Die Fauna der unteroligozänen Tertiärschichten von Helmstedt bei Braunschweig. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1865. S. 459.
- , Über die Phosphorite der Magdeburger Gegend. Sitzungsbericht d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturwissensch. Marburg 1872. Nr. 10. S. 137.
- , Abh. zur geol. Spezialkarte von Preußen. Bd. X, Heft 1, S. 14.
- Strombeck, v., Briefliche Mitteilung. N. Jahrb. f. Min. usw. 1864. S. 202.
- Vater, Heinrich, Die fossilen Hölzer der Phosphoritlager des Herzogtums Braunschweig. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1884. S. 783.
- , Das Alter der Phosphoritlager des Herzogtums Braunschweig. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1897. S. 638 ff.

Die terrestren Braunkohlen führenden Ablagerungen der Helmstedter Mulde sind eozänen Alters. Unteroligozäne Meeressande und -tone greifen diskordant darüber hinweg. Der Versteinerungsreichtum ist sehr unregelmäßig in den glaukonitischen Sedimenten verteilt. Die alten Aufschlüsse am St. Annenberg und Schnitzkuhlenberg gehören der Vergangenheit an, die Ziegeleitongrube am Bahnhof Helmstedt liefert allein noch unteroligozäne Versteinerungen in großer Zahl.

An den Stellen, wo die Erosion nicht zerstörend eingriff, liegen über diesen Glaukonitsanden und -tonen noch schwachglaukonitische Mergel mit reichlicher Phosphoritführung. Die „Koprolithenschichten“ besaßen 30 bis 40 cm Mächtigkeit und sind im Elz bei Rundorf am Nordfuß des Gehlbergs abgebaut worden. Auch in der Helmstedter Gegend ist der Abbau der Phosphorite während des Krieges wieder aufgelebt, und die leicht erreichbaren Vorkommen sind dabei völlig erschöpft worden. An der bereits wieder abgerissenen Wäsche bietet sich heute noch Gelegenheit, Phosphorite aufzusammeln. Wie der Fund von *Coeloma cf. holsatia* Stolley beweist, handelt es sich offenbar um Mitteloligozän. Phosphoritisierte Rollstücke aus Kreide und Jura bis zu Kopfgröße, Triasgesteine, gerollte Fossilien älterer Formationen zeigen, wie das Übergreifen der marinen Bildungen die umgebenden, bereits gefalteten Sattelachsen angriff. Auch die unteroligozänen Meeresschichten wurden ausgiebig zerstört, hier wie bei Unseburg, Brandhorst bei Bünde und Sattdorf kommen Oligozänfossilien gerollt und umgelagert vor, besonders reichlich die Zähne von *Carcharodon* und *Lamna* und Fischotolithen und Fischwirbel sowie Walfischreste, die ihrerseits aus phosphorsaurem Kalk bestehen. Besonders bemerkenswert sind auch die von Bohrmuscheln angebohrten phosphoritisierten oder aus Hornstein bestehenden Treibholzstücke, die Heinrich Vater, der sie noch während des alten Abbaues sammelte, näher behandelt hat. Die verkieselten Hölzer entstammen dem Keuper, die übrigen der Kreide.

Es handelt sich also um marine Lesedecken in feinkörnigen, etwas glaukonitischen Mergelsanden. Die Phosphorsäurebindung ist zwar in vorhergehenden Zeiträumen, die Anreicherung zur Lagerstätte ist aber im wesentlichen auf mechanischem Wege erfolgt. Wie so häufig, setzen nach den mechanischen Vorgängen auch chemische Umsetzungserscheinungen ein, wie die Weiterentwicklung zu erneuter Konkretionsbildung zeigt.

Da die Grenze von Tertiärschichten und Diluvium eine Erosionsgrenze darstellt, so ist es natürlich auch zur sekundären Umlagerung von Phosphoriten vom eiszeitlichen Ausbiß des Lagers her gekommen. Die Waschprodukte bei der Gewinnung waren nicht frei von Glazialgeschieben, was Barth sehr betonte und v. Koenen, dem sich Credner anschloß, veranlaßte, in der Phosphoritlager-

stätte eine diluviale Anhäufung zu sehen, wie es etwa die Rollerze von Schandelah wirklich sind.

Ähnliche Phosphorite sind auch in glaukonitischen Sanden bei Wolmirleben, bei Egelu und Osterweddingen bekannt geworden, ferner bei Sülldorf und Sudenburg. Mitteloligozäne Tone und Sande im Flechtinger Höhenzug nordwestlich Magdeburg, Bensdorf, Altenhausen und Kuhlager führen nach Klockmann gleichfalls Phosphorite.

#### b) Leipziger Tieflandsbucht.

Credner, H., Die Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligozäns und die norddeutschen Phosphoritzone. Abh. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Mathematisch-physikal. Klasse. Bd. XXII, Heft 1. Leipzig 1895.

Dem Alter nach, nicht aber der Genese, stehen die Phosphorite von Leipzig denen von Helmstedt sehr nahe. Hier handelt es sich nicht um eine marine Lesedecke, die die vorher auf der terrestrisch verwitterten Landoberfläche übrig gebliebenen widerstandsfähigen Reste der Gesteine vereinigt, sondern um eine diagenetische Neubildung im Muttergestein. Auf den unteroligozänen, beziehungsweise eozänen, terrestrisch gebildeten, Braunkohlen führenden Schichten lagert gering mächtig ein ebenplattiger, leberbrauner Ton mit Fischschuppen, Lamnazähnen und zerfallenen Fischskeletten als Basis des Magdeburger Sandes. An dessen Grenze gegen den überlagernden Septarienton, den er im Randgebiet ersetzt, führen die oberen  $1\frac{1}{2}$  m knollige Konkretionen mit Steinkernen von *Cyprina rotundata* und *Pectunculus Philippii*. Das Phosphatbindemittel hat die Sandkörnchen verkittet. Die Gestalt ist kugelig bis ellipsoidisch oder brillenförmig bei peripherer Verschmelzung zweier ellipsoider Zentren oder spindelförmig. Bauwürdigkeit liegt nicht vor, um so größer ist die theoretische Bedeutung über die Genese von Phosphorit, wie bei Credner nachgelesen werden kann. Er nimmt eine Wechselwirkung zwischen dem phosphorsauren Kalk der Knochen und dem kohlen-sauren Kalk der Molluskenschalen durch Vermittelung der Verwesungsprodukte an, diagenetisch unmittelbar nach erfolgter Sedimentation. Die Gestalt der Leipziger Phosphorite zeigt völlige Abhängigkeit von der Zahl, der gegenseitigen Lage und Entfernung der von ihnen eingeschlossenen Fossilien.

#### E. Vorschlag, die Phosphorite der Konglomeratbänke des Neokomerzlagers als Nebenprodukt zu gewinnen.

Unsere Ausführungen sollen gipfeln in einem praktischen Vorschlag, dessen Ausführung sich sicher rentabler gestalten wird, als die ziemlich teuer arbeitenden selbständigen Anlagen (Bergwerke kann man auch trotz der über 60 m tiefen Schächte nicht sagen, weil in Preußen Phosphorite nicht unter das Berggesetz fallen). Ich rate dazu, die Phosphorite der gröberen Konglomeratbänke der sauren Eisenerzlagerstätten vom Typus Salzgitter auszuhalten und von den kleineren Erzböhlen und gröberen tauben Gesteinsbrocken durch trockene oder nasse Aufbereitung zu trennen. Die Herstellung eines konkurrenzfähigen Superphosphates aus diesen Phosphoriten ist möglich, wie die Fabrikationsversuche, die Professor Römer dankenswerterweise ausgeführt hat und über die er berichten wird, beweisen. Mit Hilfe der moderneren oben angeführten Verfahren, die die teure Schwefelsäure ersparen, wird die Verarbeitung sicher noch preiswerter.

Mit diesem Vorschlag stehe ich nur scheinbar in Gegensatz zu dem, was eine so maßgebende Autorität wie Herr Geheimrat Beyschlag kürzlich in der Zeitschrift für praktische Geologie ausgesprochen hat. Er betont mit vollem Recht, daß es widersinnig ist, die Phosphorite von den Eisenböhlen zu trennen, da ja ihr Phosphorsäuregehalt der Landwirtschaft als Thomasmehl sowieso zu-

gute kommt. Für große Teile des neokomen Erzlagers trifft das ebenso zu, wie für die Emscher- und Senonerze vom Typus Peine. Die Thomasschlacken der Ilseder Hütte sind ja heutzutage sehr begehrt. Das gilt immer, wenn die Phosphorite so auftreten, daß sie als gern gesehene Beigabe gelten. Sobald sie aber, wie das am Südostrand der alten, varistisch streichenden Untiefe, die im Salzgitterer Höhenzug, durch jüngere Faltungen verschleiert, erkennbar ist, in den größeren Konglomeratlagen an Zahl und Menge wesentlich hervortreten und von tauben Sandsteinbrocken begleitet sind, so daß die Erzböhlen kaum noch ein Drittel der Masse bilden, dann stellt ihr geringer Eisengehalt die Verhüttbarkeit der Bänke völlig in Frage. Ohne Aufbereitung sind sie nicht hochofenfähig, ohne Nutzung der Phosphorite ist die Aufbereitung nicht wirtschaftlich. Ich rate ernsthaft zur Gewinnung der gerollten Amaltheephosphorite des Erzlagers als Nebenprodukt der Eisenerzgewinnung aus den Konglomeratbänken, wie sie am reichlichsten das Erzlager in der Grube Fortuna bei Groß-Döhren, die gegenwärtig nach langer Pause wieder neu zu fördern beginnt, auftreten.

Daß die Trennung der Komponenten der Konglomeratbänke leicht möglich ist, nehme ich an, seitdem ich die Halde der nicht hüttenfähigen Produkte an der Bahn bei Othfresen während ihrer Abtragung eingehend studierte. Die dort gelegene heutige Zuckerfabrik ist die ehemalige Hütte, die Halde stammt von der alten dabei befindlichen Erzwäsche. Es finden sich drei Produkte in der Halde, die besonders auffallen: 1. Der feinste Eisen- und Tonschlamm, 2. Sandsteinscherben mit Belemniten, 3. Phosphorite. Sandsteinscherben und Phosphorite liegen in der Halde getrennt geschüttet. Ihre Trennung voneinander und vom Erz bietet also keine Schwierigkeiten. Die Phosphorite auf die Halde zu werfen, wäre heute aber eine große Verschwendung. Die in Frage kommenden Mengen sind beträchtlich.

### Zur Phosphatfrage.

Von Prof. Dr. Th. Roemer, Halle.<sup>1)</sup>

M. H.! Als der Hallesche Verband für die Erforschung der Mitteldeutschen Bodenschätze im Oktober 1918 hier in diesem Hörsaal tagte, hat mein Amtsvorgänger, Herr Geheimrat Prof. Dr. Wohltmann, schon auf die wichtige Frage der Versorgung der deutschen Landwirtschaft mit Phosphorsäuredüngemitteln hingewiesen und innerhalb seines Vortrages auch darauf aufmerksam gemacht, daß der Nordrand des Harzes einer Nachprüfung auf das Vorkommen verwertbarer Phosphate unterzogen werden muß.

Wie Sie soeben aus dem Vortrage des Herrn Dr. Weigelt vernommen haben, ist diese Anregung bei dem Geologischen Institut der Universität Halle auf fruchtbaren Boden gefallen. Da mir der große Phosphorsäuremangel aus eigener Erfahrung in landwirtschaftlicher Praxis bekannt war, habe ich mich daher sofort gern an diesen Arbeiten beteiligt und die Einrichtungen des Landwirtschaftlichen Institutes zur Erforschung der Phosphate nördlich des Harzes zur Verfügung gestellt.

Seit 1918 hat sich nämlich die Versorgung der deutschen Landwirtschaft mit Phosphorsäuredüngemitteln noch ganz erheblich verschärft. Wenn nicht auf irgendeine Weise Abhilfe geschaffen wird, so wird die landwirtschaftliche Erzeugung nicht nur gefährdet, sondern sie steht vor einem vollständigen Zusammenbruch. Ich will Ihnen dies mit einigen Zahlen beweisen:

1) Korreferat zum vorstehenden Vortrag, gehalten am 13. November 1920 auf der Jahresversammlung in Halle a. S.