

5. Über cambrische und silurische, phosphoritführende Gesteine aus Schweden

von

Joh. Gunnar Andersson.

Hierzu Taf. VI—VIII.

Einleitung.

Während dass die Paläontologie und Stratigraphie der schwedischen cambrisch-silurischen Formation durch die rege Wirksamkeit hervorragender Forscher in sehr schöner Weise behandelt worden, sind die diese Formation aufbauenden Gesteine fast keiner selbständigen, mehr umfassenden Untersuchung Gegenstand gewesen. Durch die mangelhafte Kenntnis von der Petrographie der cambrisch-silurischen Sedimentärgesteine sind mehrere fehlerhafte Angaben in die Litteratur untergelaufen, und viele interessante Fragen, z. B. über die Lebensbedingungen der cambrischen und silurischen Organismen, sind aus demselben Grunde ungelöst geblieben.

Im Jahre 1892 wurde ich vor eine solche Schwierigkeit gestellt, und wäre wegen Unkenntnis der wahrhaften Bildungsweise einiger cambrischen Gesteine beinahe in unrichtige chorologische Schlussfolgerungen verfallen.

In diesem Jahre fand ich nämlich auf Öland ein Geschiebe, das aus den am Boden der Ostsee anstehenden, der directen Beobachtung unzugänglichen Silurschichten abstammte, und welches geeignet war, die Lageungsverhältnisse eines Theiles der baltischen, cambrisch-silurischen Schichtenreihe in hohem Grade zu erhellen. Es war ein Konglomeratblock unter-silurischen Alters, dessen Gerölle hingegen cambrische Fossilien enthielten. Aus dem Umstande, dass alle in dem Blocke eingeschlossenen Rollstücke aus Phosphoritgesteinen bestanden, folgerte ich anfänglich, dass ich in den fraglichen Geröllen die Denudationsreste einer primären Phosphorit-Fazies der cambrischen Schichtenreihe entdeckt hatte. Diese Annahme, welcher sowohl der normale petrographische Charakter des schwedischen Cambriums, als die gewöhnliche Vorkommnisweise der Phosphoritgesteine widersprach,

konnte mich jedoch nicht lange befriedigen. Um neue Gesichtspunkte für die Entscheidung der Frage zu gewinnen, griff ich mich im folgenden Sommer, 1893, damit an, die in Nerike an der Basis der Untersilur-Formation vorkommenden Phosphorite zu studieren. Hierdurch wurde ich, wie unten näher zu erwähnen ist, auf eine ganz andere Deutung der Bildungsgeschichte der fraglichen Phosphoritgesteine geführt. Um nachträglich eine allgemeine Übersicht über das Auftreten des Phosphorits zu erlangen, untersuchte ich einige Vorkommnisse in Westergötland, Dalekarlien und auf Öland.

Beinahe alle diese Untersuchungen sind als Neben-Zwecke unter Reisen für paläontologische Studien ausgeführt worden, und sie können deshalb keinen höheren Grad von Vollständigkeit beanspruchen. Nur ein Paar kürzere Reisen nach Westergötland und Dalekarlien sind mit dem einzigen Ziele vorgenommen, die Phosphorite zu studieren. Der vorliegende Aufsatz ist auch nicht als das endgültige Ergebnis einer beendigten Untersuchung zu betrachten. Mehrere wichtige Vorkommnisse sind noch unerforscht geblieben, und es ist meine Absicht, auch ihnen ein näheres Studium zu widmen. Insbesondere werde ich hoffentlich binnen Kurzem die Gelegenheit finden, die wahrscheinlich sehr interessanten Phosphoritgesteine Schonens zu studieren.

Die Ausführung der vorliegenden Arbeit ist nur dadurch ermöglicht worden, dass mir von allen Seiten eine kräftige Unterstützung zu Gute gekommen ist.

In erster Linie hat mir Herr Prof. HJ. SJÖGREN während des ganzen Fortgangs der Arbeit mit unermüdlichem Wohlwollen auf jede Weise beigestanden. Durch seine Vermittelung wurde mir auch die Gelegenheit vergönnt, auf Kosten der Geologischen Institution zu Upsala zwei Studienreisen, die eine nach Westergötland, die andere nach Dalekarlien, zu unternehmen.

Herr Prof. G. LINDSTRÖM hat auch meine Arbeit in hohem Grade gefördert. Bei den Reisen für paläontologische Ziele, welche ich theils auf Kosten der Akademie der Wissenschaften, theils im Auftrag des Herrn Professors als Sammler für die Paläontologische Abtheilung des Reichsmuseums unternommen habe, ist mir durch sein wohlwollendes Entgegenkommen völlige Freiheit gelassen worden, der Untersuchung der phosphoritführenden Gesteine die nöthige Zeit zu widmen.

Herr Phil. Lic. R. MAUZELIUS hat bei den chemischen, und Phil. Lic. P. J. HOLMQVIST bei den mikroskopischen Untersuchungen durch werthvolle Mittheilungen meine Arbeit sehr erleichtert.

Für die gütige Erlaubnis verschiedene Untersuchungsmateriale zu meinem Zwecke verwenden zu dürfen bin ich den Herren Dozenten H. MUNTHE und C. WIMAN zu Danke verpflichtet.

Zuletzt ist es mir ein Vergnügen zu erwähnen, dass die Herren Dr. C. GAGEL in Berlin und Dr. J. F. POMPECKJ in München durch wichtige, briefliche Mittheilungen die Erforschung der interessanten, phosphoritführenden *Strophomena Fentzschi*-Zone sehr befördert haben.

Es sei mir denn hier gestattet, allen diesen hochverehrten Herren meinen aufrichtigsten Dank zu sagen.

Es soll der vorliegende Aufsatz mit einer Übersicht der einheimischen Phosphoritlitteratur eingeleitet werden. Ferner werden das geologische Auftreten der phosphoritführenden Gesteine, deren Fossilieninhalt und petrographische Charaktere beschrieben. Auf die chemische Untersuchung der Phosphorite, welche noch nicht beendigt ist, werde ich in einem besonderen Aufsatz näher eingehen.

Zusammenstellung der bisherigen Litteraturangaben über cambrische und silurische, phosphoritführende Gesteine aus Schweden.

In der folgenden historischen Übersicht werden nur Beobachtungen von rein wissenschaftlicher Bedeutung referirt; dagegen wird von allen Angaben von nur praktischem Interesse abgesehen. Jeder Ausspruch über die Bildungsweise des Phosphorits wird *in extenso* mitgetheilt, weil ich es für wichtig halte, alles, was über die genetischen Fragen veröffentlicht worden ist, zu erwähnen.

1. 1870. Dalekarlien.

H. VON POST. Obolusfosfatet från Dalarna.

Landbruks-Akademiens tidskrift. Jahrg. 9, P. 162—167.

Von H. v. POST wurde schon im Jahre 1844 bei Boda in Dalekarlien ein Konglomerat aufgefunden, das im J. 1868 von ihm näher untersucht wurde. Das Konglomerat, dessen Mächtigkeit mindestens 4—6 Fuss betrug, enthielt »abgerundete Stücke von Quarz, Gneiss und Granit, feine Sandkörner und schwarze, rundliche Körner« von Phosphorit. In dem Konglomerate fand VON POST eine Brachiopodenform, die von ANGELIN zur Gattung *Obolus* geführt wurde, was v. POST veranlasste, das fragliche Gestein *Oboluskonglomerat* zu nennen.

VON POST hielt es für wahrscheinlich, dass man auch in anderen schwedischen Silurgebieten, z. B. Westergötland, Östergötland und Nerike phosphoritführende Schichten finden könnte, eine Annahme, die binnen Kurzem bestätigt wurde.

2. 1870. Westergötland.

P. T. CLEVE. Ny fyndort för fosforitförande konglomerat.

Aftonbladet, 5 Juli 1870.

Im Jahre 1864 fand CLEVE in Westergötland eine phosphoritführende Schicht, welcher er 1870 eine nähere Untersuchung widmete. Am Billingen, bei Warnhem und Karlsfors fand er zwischen dem Alaunschiefer und dem überliegenden »Orthoceratitenkalke« (= Asaphidenkalke) eine 1—2 Fuss mächtige Schicht eines »dichten und unreinen Kalksteins mit sehr zahlreichen, kleinen dunkelgrünen Körnern eines chloritartigen Mineralen« (= Glaukonit), »vielkantigen Knollen von Phosphorit, Schwefelkies und spärlichen Körnern von Blende vermengt«. »In dem Phosphorite ist ein Gehalt an Phosphorsäure von bis 36 0/0 constatirt worden.«

»Der Phosphorit ist wahrscheinlich eines organischen Ursprungs, denn ich habe in mehreren Knollen Trilobitenbruchstücke gefunden, was es wahrscheinlich macht, dass die Knollen fossile Excremente sind. In der phosphoritführenden Schicht habe ich nur wenige Fossilienbruchstücke gefunden, nämlich eine *Orthis*-Art und die in dem Alaunschiefer häufige Trilobiten-Form *Peltura scarabæoides*» (CLEVE).

Da es mir sehr befremdend schien, dass die cambrische Trilobitenform *Peltura scarabæoides* Wbg. in dem untersilurischen, phosphoritführenden Kalksteine auftreten könne, während dass ich sie, sowohl in Westergötland als auch in Nerike, in den in dem eben erwähnten Kalksteine eingeschlossenen Phosphoritknollen gefunden habe, wandte ich mich an Herrn Prof. CLEVE um die richtige Auffassung seiner Angabe zu gewinnen. Er hatte alsdann die Güte mir mitzutheilen, dass ganz gewiss ein Schreibfehler vorlag und dass in der That das fragliche Fossil in einem Phosphoritknollen angetroffen worden war. Dieser im J. 1870 veröffentlichte Fund, dessen wahre Bedeutung durch den eben erwähnten Schreibfehler zwar immer versteckt geblieben ist, muss als sehr bemerkenswerth betrachtet werden, da kein späterer Forscher bestimmbare Fossilien aus dem Phosphorite von diesem Alter erwähnt hat. Wie in einem folgenden Abschnitte gezeigt werden wird, ist das Vorkommen der Fossilien der *Peltura*-Zone in den fraglichen Phosphoritknollen, das von mir durch zahlreiche Funde bestätigt worden ist, ein Umstand einer grossen genetischen Bedeutung, der leicht und sicher zu einer Deutung der Bildungsweise des Phosphorites führt, welche eine ganz Andere ist, als die von Herrn Prof. CLEVE im J. 1870 veröffentlichte.

3. 1871. Dalekarlien.

S. L. TÖRNQUIST. Geologiska iakttagelser öfver den kambriska och siluriska lagföljden i Siljanstrakten.

Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. 1871, N:o 1. P. 102, 104.

Hier werden einige Angaben über das Oboluskonglomerat bei Klittberget (Boda) mitgetheilt.

TÖRNQUIST hielt es in dieser Abhandlung für wahrscheinlich, dass die Lage des Konglomerats in der Schichtenfolge binnen dem Cystidéenkalk (= Chasmopskalk) oder an seiner oberen Grenze einfallen sollte, eine Ansicht, die er doch binnen Kurzem fallen liess. (Siehe unten.)

4. 1872. Dalekarlien.

S. L. TÖRNQUIST. Geologiska iakttagelser i Rättviks, Ore och Orsa socknar i Dalarne.

Öfvers. af K. V. A. Förh. 1872, N:o 2. P. 11—13.

In diesem Aufsatze liefert T. einige neue Mittheilungen über das Oboluskonglomerat bei Klittberget.

5. 1872.

L. PALMGREN. Om svenska fosforitförande konglomerat.
Bihang till K. V. A. Handl. Bd. 1, N:o 6. 31 Seiten.

PALMGREN fängt mit einem Referate des v. POST'schen Fundes von dem Oboluskonglomerate in Dalekarlien und der von CLEVE gemachten Entdeckung einer phosphoritführenden Schicht in Westergötland an. Ferner erwähnt er noch die folgenden Phosphoritfunde:

A. SJÖGREN hat auf der Insel *Öland* ein phosphorhaltiges Gestein gefunden;

In *Schonen* ist Phosphorit von A. E. NORDENSKIÖLD und D. HUMMEL beobachtet worden;

Von G. LINNARSSON und V. KARLSON wurde im J. 1871 eine phosphoritführende Schicht in *Nerike* angetroffen;

In einem der geologischen Landesuntersuchung Schwedens zugehörigen Stück eines schwärzlichen Schiefers aus *Femland* fand sich ein kleiner Phosphoritknollen.

PALMGREN studirte selbst im J. 1871 die Phosphoritvorkommen in *Westergötland*.

In dieser Landschaft, am Kinnekulle, am Billingen und in der sog. Falbygd fand er überall, wo die Grenze zwischen dem Alaunschiefer und der überliegenden Schicht entblösst war, das von CLEVE entdeckte, 1—2,5 Fuss mächtige, phosphoritführende Lager. Dieses liegt überhaupt nicht unmittelbar über dem Alaunschiefer, denn es findet sich am öftersten zwischen diesen beiden eine etwa einen Fuss mächtige Stinkkalkschicht.

In Falbygden, insbesondere am Westabhange des Billingen liegt oft auf dem phosphoritführenden Kalkstein eine dünne Schicht von graugrünem, schieferigem Mergel, der von dem »Orthoceratitenkalke« (= Asaphidenkalke) überlagert ist.

An dem Kinnekulle führt der phosphorhaltige Kalkstein die Fossilien der Ceratopygeregion und ist von dem »unteren Graptolithenschiefer« (= Phyllograptusschiefer) überlagert.

LINNARSSON, welcher in seiner Monographie über die cambrische und silurische Formation in Westergötland (1869) aller diesen Schichten erwähnt hat, ohne jedoch den darin vorkommenden Phosphorit zu kennen, rechnet den ältesten untersilurischen, konglomeratartigen (= phosphoritführenden) Kalkstein aus paläontologischen Gründen zu dem »Orthoceratitenkalke«. Dieser Ansicht nach ist der phosphoritführende Kalkstein an dem Kinnekulle älter als die phosphoritführende Schicht Falbygdens.

PALMGREN hingegen vergleicht den in Falbygden vorkommenden, phosphoritführenden Kalkstein und den überliegenden, schieferigen Mergel mit dem phosphoritführenden Ceratopygenkalke und dem »unteren Graptolithenschiefer« an dem Kinnekulle, und hält sie gegenseitig für gleichalterig.

In dem phosphoritführenden Kalkstein sind von PALMGREN die folgenden Minerale gefunden:

Phosphorit in unregelmässig eckigen Knollen.

Glaukonit, kleine rundliche, grüne Körner.

Zinkblende und *Bleiglanz*, spärlich.

Quartz, kleine Körner, sehr spärlich.

Ausser unbestimmten Trilobitenbruchstücken glaubt P., in dem Phosphorite spärliche Schalenfragmente »einer *Orthis*- und einer *Lingula*-Art» gefunden zu haben. Wenn sich diese Angabe auf den Phosphorit in dem ältesten untersilurischen Kalksteine Westergötlands bezieht, was sich jedoch nicht aus der von PALMGREN gelieferten Beschreibung mit völliger Sicherheit folgern lässt, dürfte sie eine Bestätigung verlangen. Es scheint mir möglich, dass hier eine Verwechslung des Fossilieninhalts der die Phosphoritknollen verkittenden, kalkigen Grundmasse mit demjenigen der Phosphoritknollen selbst stattgefunden habe. Selbst habe ich in den in dieser Schicht vorkommenden Phosphoritknollen nur die Trilobiten der *Peltura*-Zone gefunden, während dass in dem phosphoritführenden Kalksteine *Orthis sp.* und kleine *Linguliden* häufig sind.

In Westergötland beobachtete P. die phosphoritführende Schicht an den folgenden Localitäten:

Billingen, bei Karlsfors, Ulunda, Röcktorp und Wåmb.

Falbygden (im engeren Sinne), bei Karleby, Bäckabo, Kafvelås, Hvarfs Tofvegård, Ödegård und Oltorp. Ausserdem in mehreren Steinbrüchen der Kirchspiele Kungslena, Hvarf und Dimbo.

Kinnekulle, bei Hellekis, nahe Hjelsäter und Storäng. (Ceratopygenkalk).

Hunneberg, nahe Mossebo. (Ceratopygenkalk).

Nach Angaben von G. LINNARSSON und V. KARLSON erwähnt P. des Vorkommens einer phosphoritführenden Schicht bei Latorp, Vrana und Hällebråten (= Yxhult) in *Nerike*. Das Gestein ist dem phosphoritführenden Kalke Westergötlands völlig gleich und liegt wie dieser zwischen dem Alaunschiefer und dem »Orthoceratitenkalke».

In einem den Sammlungen der geologischen Landesuntersuchung Schwedens gehörigen Kalksteinsstück von Storberg in Östergötland fand P. Glaukonit, Schwefelkies und dunklen Phosphorit. Ferner wurde von P. im J. 1869 bei Vreta Kloster, eben so in Östergötland, ein ähnliches Gestein zwischen dem Alaunschiefer und dem »Orthoceratitenkalke» gefunden.

Von PALMGREN wurden die phosphoritführenden Schichten in Westergötland, Nerike und Östergötland als gleichalterige Ablagerungen betrachtet.

Älter als diese ist das eine der von P. beschriebenen, phosphoritführenden Gesteine aus Schonen:

S. von Simrishamn liegt im obersten Theil der untercambrischen Sandsteinbildung ein grauer Sandstein mit Phosphoritknollen.

Am Ufer des Tomarp-Stromes wurde eine andere phosphoritführende Schicht gefunden. In einem grauen Kalke unbestimmten Alters lagen hier zahlreiche Stücke von Quarz und dunklem Phosphorit.

Über die Entstehungsweise des Phosphorits schreibt PALMGREN:
 »Die von sowohl Prof. ANGELIN als Dr. CLEVE ausgesprochene Ansicht, dass der Phosphorit in Dalekarlien und Westergötland seinen Ursprung aus Thieren leiten sollte, scheint ganz richtig zu sein. Ferner ist es sicher, dass die in Nerike, Östergötland, Schonen und auf der Insel Öland vorkommenden Phosphorite denselben Ursprung haben, oder zu den Koprolithen zu rechnen sind.«

6. 1873.

Underdånig Berättelse öfver hittills utförda arbeten af Komitéén för undersökning af inom riket förekommande fosforsyrehaltiga mineralier och bergarter.

Stockholm. 54 Seiten.

Die durch v. POST und CLEVE gemachten Fünde in Dalekarlien und Westergötland erregten ein allgemeines Interesse für die praktische Bedeutung der phosphoritführenden Gesteine, und eine unter Subvention des Staates ausgerüstete Kommission wurde eingesetzt, um die Verbreitung der phosphoritführenden Schichten und die Möglichkeit dieselben auszubeuten endgültig zu untersuchen. Der Bericht der Kommission, dessen verschiedene Abschnitte von mehreren Personen (O. TORELL, C. E. BERGSTRAND, S. L. TÖRNQUIST, M. STOLPE und Anderen) verfasst worden sind, hat eine fast ausschliesslich praktische Bedeutung. Fassen wir hier die wenigen wissenschaftlichen Mittheilungen zusammen, die sich aus den Berichten der Kommission ergeben:

Dalekarlien. Die Untersuchungen in dieser Landschaft wurden grösstentheils von S. L. TÖRNQUIST und M. STOLPE ausgeführt.

In einer früheren Arbeit (3) hatte TÖRNQUIST die Vermuthung ausgesprochen, dass das Oboluskonglomerat hinsichtlich des Alters sich an den Cystidéenkalk (= Chasmopskalk) am nächsten anschliessen sollte. Schon bei Anlass einer Reise im Sommer 1871 glaubte jedoch STOLPE gefunden zu haben, dass das Konglomerat an der Basis der silurischen Schichten, unmittelbar über dem Urgebirge gelegen sei. Diese Ansicht wurde durch die gemeinschaftlichen Untersuchungen TÖRNQUISTS und STOLPES völlig bestätigt.

Das Konglomerat wurde ausser bei Klittberget auch bei Sjurberg und Gulleråsen anstehend gefunden. Der Gehalt der Gesamtprobe des Konglomerates an Phosphorsäure wechselt zwischen 2,88—9,29 Proc., und die Phosphoritknollen führen 33,87 Proc. Phosphorsäure.

TÖRNQUIST fand in dem Konglomerate faustgrosse Rollstücke von »Eurit und Granit«. »Dies weist deutlich auf eine grossartige Denudation hin, welche vor dem Absatze der eigentlichen Silur-Schichten stattgefunden hat. Sie hat nicht nur die den Granit überlagernden sedimentären Gebilde sondern auch Partien des Granites selbst weggerissen¹. Nach, oder viel-

¹ Die Ursache, weshalb TÖRNQUIST hier von sedimentären Gebilden, älter als dem Oboluskonglomerate sprach, möchte wenigstens theilweise diese sein, dass er den sog. Schleif-

leicht zum Theil gleichzeitig mit den gewaltsamen Bewegungen des Wassers, welche die Denudation bewirkten, scheint das Konglomerat gebildet zu sein. Die darin vorkommenden Phosphoritknollen dürfen indessen nicht Rollstücke sein. Der phosphorsaure Kalk leitet ohne Zweifel seinen Ursprung von lebendigen Organismen her, scheint aber in geeignetem Wasser aufgelöst und erst aus der Lösung wiederum gefällt worden zu sein. Dass einzelne Knollen nachträglich auch dem Rollen und Reiben des Wassers unterworfen gewesen sind, ist gar wohl möglich. Was endlich die in dem Konglomerate gefundene Versteinerung, *Obolella* betrifft, so ist es freilich denkbar, dass ein Theil der Exemplare älter seien als das Konglomerat, aber sie hat jedoch während der Ablagerungszeit des Konglomerates gelebt, und man findet sie noch bisweilen in dem überliegenden, grünen Kalksteine, der keine Rollstücke enthält.» (TÖRNQUIST.)

In Westergötland, Östergötland und auf der Insel Öland wurden Untersuchungen über die Mächtigkeit und Verbreitung der phosphoritführenden Schichten von J. A. WALLIN angestellt.

In *Westergötland* fand er gleichwie PALMGREN die phosphoritführende Schicht an zahlreichen Localitäten.

In *Östergötland* wurden phosphoritführende Gesteine bei Hofgården und Storberg anstehend, und bei Berg und Knifvinge in zerbrochenen Schichten getroffen.

Auf *Öland* fand sich zwischen dem Alaunschiefer und dem »Orthocerenkalke« ein phosphorsäurehaltiges und glaukonitreiches Lager an den folgenden Orten: Horn, Äleklinta, Köpinge, Borgholm, Eriksöre, Lilla Wickleby, Grönhögen und Ottenby. Mächtigkeit im Durchschnitt 4,5—5,5 Fuss.

Über die Bildungsweise des Phosphorits insgemein sagt O. TORELL:

»Am öftersten ist dieser wahrscheinlich eines organischen Ursprungs, das heisst, er ist eine Art Guano oder die versteinerten Excremente ausgestorbener Amphibien und anderer Thiere.»

7. 1873. Öland.

C. E. BERGSTRAND. Om den geologiska bildningen af Öland. Geol. Fören. Förhandl., Bd. I, N:o 9, P. 159.

Die auf Öland vorkommenden, an der Basis der Untersilur-Formation liegenden, phosphoritführenden Schichten werden kürzlich beschrieben.

8. 1873. Schonen.

E. ERDMANN. Fosforsyrehaltigt konglomerat. G. F. F., Bd. I, N:o 11, P. 205, 206.

S. von der Kirche zu Tolånga in Schonen, in einer Gegend, wo

sandstein für älter als die versteinierungsführenden Silurschichten hielt, eine Ansicht welche er erst im J. 1886 fallen liess, nachdem STOLPE und NATHORST einstimmig erklärt hatten, dass der Schleifsandstein über dem versteinierungsführenden Silur gelegen ist. Eine hiermit nahe übereinstimmende Deutung von dem Alter des Schleifsandsteines wurde schon 1872 von STOLPE ausgesprochen.

silurische Schiefer anstehend gefunden sind, hat ERDMANN »ein grüngraues, kalkhaltiges, konglomeratartiges Gestein entdeckt, in dem kleine Körner und Knollen von einem dunkelgrünen und grüngrauen Minerale«, mit einem Gehalte an Phosphorsäure von 1,5 Proc., vorkommen. Alter des Gesteins unbestimmt.

9. 1873. **Schonen.**

M. STOLPE. Fosforsyrehaltig bergart i Skåne.

G. F. F., Bd. I, N:o 12, P. 235.

Der Sandstein bei Forsemölla, N. W. von dem Alaunwerke zu Andrarum, wird von einem 5—6 Fuss mächtigen Grauwackenschiefer überlagert. Im oberen Theil der letzterwähnten Schicht fand STOLPE ein kalkhaltiges Gestein, in dem durch qualitative Analyse Phosphorsäure nachgewiesen wurde, obgleich kein in Körnern oder Knollen ausgesonderter Phosphorit darin gefunden wurde. (Vergl. jedoch unten N:o 22.)

10. 1873. **Westergötland, Nerike, Jemtland.**

G. LINNARSSON. Trilobiter från Westergötlands »Andrarumskalk».

G. F. F., Bd. I, N:o 13, P. 247.

»Ausser in Westergötland habe ich den Andrarumskalk» (= die Zone mit *Paradoxides Forchhammeri*) »auch in Nerike und Jemtland vorgefunden. Petrographisch ist der Andrarumskalk in diesen drei Provinzen dadurch kennzeichnet, dass er Phosphoritknollen enthält, welche jedoch spärlich und mit geringer Grösse auftreten.»

11. 1874. **Dalekarlien.**

S. L. TÖRNQUIST. Om Siljanstraktens paleozoiska formationsled.

Öfvers. af K. V. A. Förhandl., N:o 4, P. 6—9.

Bei Vikarbyn, wo die Obolusführenden Schichten entblösst lagen, konnte TÖRNQUIST zwei verschiedene Ablagerungen derselben erkennen:

1. Über dem Granit liegt ein 4 Fuss mächtiges *Oboluskonglomerat* mit Phosphoritknollen und nussgrossen Stückchen von Quarz und Feldspat.

2. Hierüber folgt ein *Obolusführender*, griesiger, dunkelgrauer, 2 Fuss mächtiger *Kalkstein*.

Dieser wird von einem schichtigen, grünen Kalksteine überlagert, der von TÖRNQUIST zu dem »Orthocerenkalke« gerechnet wird.

Bei Bäck, O. von Rättviken, wo das Konglomerat auch ansteht, führt es ausser Quarzgeröllen auch Schieferpartien. In einem solchen Schieferstücke, welches in einem bei Utby getroffenen Konglomeratblocke eingeschlossen war, fand er Bruchstücke einer *Lingula*-ähnlichen Brachiopoden-Form.

Das Konglomerat ist bei Klittberget 10 Fuss mächtig.

12. 1875. **Herjedalen.**

C. E. BERGSTRAND. Vivianiten i Wemdalen.

G. F. F., Bd. II, H. 9, P. 339, 340.

B. hat in »einem konglomeratartigen oder fast sandsteinähnlichen Gesteine, das in der mit dem Klöfsjöfjäll zusammenhängenden Gebirgskette als grosse und mächtige Schichten vorkommt«, einen Gehalt an Phosphorsäure von 1,48 Proc. gefunden. Aus diesem Gesteine leitet die Phosphorsäure des bei Wemdalen vorkommenden Vivianits, der Ansicht BERGSTRANDS nach vielleicht ihren Ursprung her. Das Gestein gehört wahrscheinlich dem Wemdal-Quarzite, dessen Alter nach HÖGBOM (1894) theilweise cambrisch-silurisch ist.

13. 1875. Nerike.

M. STOLPE. Beskrifning till kartbladet Riseberga.

S. G. U., Ser. Aa, N:o 54, P. 14.

14. 1875. Nerike.

G. LINNARSSON. Beskr. till kartbladet Latorp.

S. G. U., Ser. Aa, N:o 55, P. 24, 25.

Es wird hier erwähnt, dass in dem untersten, etwa zwei Fuss mächtigen Theile des untersilurischen Kalksteines, Körner von Glaukonit und gleich über dem Alaunschiefer auch kleine Knollen von Phosphorit auftreten.

15. 1875. Nerike.

G. LINNARSSON. Öfversigt af Nerikes öfvergångsbildningar.

Öfvers. af K. V. A. Förhandl., N:o 5.

S. G. U., Ser. C, N:o 21.

Die unterste, glaukonit- und phosphoritführende Schicht des silurischen Kalksteines und ihre Grenze gegen den Alaunschiefer lagen in den folgenden Steinbrüchen entblösst: Latorp, N. Holmstorp, Lanna, Hällebråten (= Yxhult) und Vrana.

Bei Hjulsta fand LINNARSSON losgebrochene Stücke von grüngrauem Kalk mit *Paradoxides Tessini* Brongn. und *Ellipsocephalus muticus* Ang. (= *E. granulatus* Linrs. 1877) »Ein solches Kalksteinstück enthielt auch zahlreiche Exemplare von *Agnostus pisiformis* L., aber aus der Art ihres Vorkommens ging hervor, dass sie nebst dem dunkleren und mehr bituminösen Kalk, worin sie eingebettet waren, in Spalten oder andere Höhlungen in dem graugrünen Kalke hinuntergeschlämmt worden sind. Ein anderes Stück besteht halb aus dem grüngrauen Kalk, halb aus einem dunkleren, bituminösen, etwas spatigen Kalksteine mit *Acrothele coriacea* Linrs., *Orthis sp.* und Phosphoritknollen. Dieselben Versteinerungen kommen in einem ähnlichen, gleichfalls phosphoritführenden Gesteine innerhalb der mittleren Abtheilung der Paradoxidesschiefer Westergötlands häufig vor.»

16. 1875. Schonen.

S. L. TÖRNQUIST. Berättelse om en geologisk resa genom Skånes och

Östergötlands paleozoiska trakter.

Öfvers. af K. V. A. Förhandl., N:o 10.

P. 44. Über dem Grauwackenschiefer bei Andrarum liegt eine kalkartige Schicht mit schwarzen, nicht abgerundeten Phosphoritknollen.

P. 45. Ein wenig S. von Brantevik ist ein mürber Sandstein mit zahlreichen Phosphoritknollen anstehend, und unter ihm lagert ein grüner ebenfalls phosphoritführender Schiefer.

17. 1876. Öland.

G. LINNARSSON. Geologiska iakttagelser under en resa på Öland.

G. F. F., Bd. III, N:o 2.

An einem Bache nahe bei Borgholm fand LINNARSSON Stücke von Kalk- und Sandstein mit *Ellipsocephalus muticus* Ang. (= *E. granulatus* Linrs. 1877), *Liostracus aculeatus* Ang., *Paradoxides* sp. und *Acrothele granulata* Linrs.? »In einigen Kalksteinstücken fanden sich zahlreiche Phosphoritknollen.»

18. 1877. Schonen.

A. G. NATHORST. Om de kambriska och siluriska lagren vid Kiviks Esperöd.

G. F. F., Bd. III, N:o 9, P. 264.

Bei Kiviks Esperöd ist die obere Grenzfläche des Sandsteines mit sogar faustgrossen »Phosphoritknollen» erfüllt.

Auf den Sandstein folgt Grauwackenschiefer, welcher von Thonschiefer überlagert wird.

»In diesem Thonschiefer findet sich eine 3—4 Zoll mächtige Kalk-einlagerung, reich an Schwefelkies und mit schwarzen Knollen, wahrscheinlich von »Phosphorit.»»

19. 1880. Schonen.

S. A. TULLBERG. Om *Agnostus-arterna* i de kambriska aflagringarna vid Andrarum.

S. G. U., Ser. C, N:o 42, P. 3.

»Der Grauwackenschiefer geht nach oben in einen phosphorithaltigen Kalkstein über; bisweilen wird der Kalkstein von einem hellgrauen, nach oben dunkler werdenden Schiefer vertreten. Hierüber folgt ein zerbröckelter Alaunschiefer, 1—2 Fuss mächtig, dann eine 1—1,5 Fuss mächtige Kalksteinschicht, die oft phosphorithaltig ist und zahlreiche Bruchstücke von Trilobiten und Brachiopoden enthält.»

20. 1881. Ångermanland.

F. SVENONIUS. Om den s. k. Sevegruppern i nordligaste Jämtland och Ångermanland samt dess förhållande till fossilförande lager.

G. F. F., Bd. V, N:o 11, P. 491—494.

In dem nördlichsten Ångermanland bei Aborrhallet nahe an der Mündung der Jougd-Elf in den Tå-See fand SVENONIUS ein 6—8 Fuss mächtiges Lager von Kalkstein und Kalksandstein mit dünnen Thonschieferlamellen und Phosphoritkörnen, das zwischen Thonschieferschichten einge-

lagert ist. Das Alter der phosphoritführenden Schicht ist nicht mit Gewissheit bekannt, indessen hält es S. wegen der Lagerungsverhältnisse für wahrscheinlich, dass sie älter sei, als die in Alaunschiefern eingelagerten bituminösen Kalksteine mit Fossilien theils der *Peltura*-Zone, theils der *Paradoxides Forchhammeri*-Zone, welche in der Nähe anstehend gefunden wurden.

SVENONIUS sagt ferner:

»Das Vorkommen von »*Phosphorit*« in dem Kalksandsteine ist auch von einer gewissen Bedeutung für die Altersbestimmung. Hierdurch wird die nicht unerhebliche, petrographische Ähnlichkeit mit den ältesten paläozoischen Schichten in dem südlichen Skandinavien noch gesteigert, und es dürfte nicht gar zu dreist sein, mit z. B. den quarzitischen Gesteinen und den phosphorithaltigen, »grauwackenähnlichen« Schieferen und Alaunschiefern der Andrarum-Gegend eine Analogie zu finden. Freilich wäre hier einzuwenden, dass auch *über* dem Alaunschiefer in Westergötland, auf Öland und an mehreren anderen Orten Phosphorit angetroffen worden ist; in diesen Fällen aber findet sich wahrscheinlich immer eine *versteinerungsführende* Schichtenreihe nahe im Hangenden der phosphoritführenden Zone, deren Dasein als eine solche eben davon abhängig ist.»

21. 1882. Norrbotten.

F. SVENONIUS. G. F. F., Bd. VI, Heft. 6, P. 218.

Im Gebirge Ö. Ramanvare hat SVENONIUS in einem schwarzen Schiefer ein phosphorithaltiges Konglomerat gefunden. Unter dieser Schicht entdeckte er in einem grünen Thonschiefer eine »*Theca*« (= *Hyolithus Hermelini* Holm. 1893).

22. 1882. Schonen.

S. A. TULLBERG. Beskr. till kartbladet Övedskloster.
S. G. U., Ser. Aa, N:o 86, P. 13.

Der Grauwackenschiefer bei Forsemölla hat eine Mächtigkeit von 5—6 Fuss.

»Das Gestein ist ein grauer, etwas grünlicher, sandiger Thonschiefer mit wenig ausgeprägter Schieferung. In seinem oberen Theile wird es dunkler, mehr kalkhaltig und enthält grössere und kleinere, schwarze Knollen. Durch chemische Analyse erwies es sich, dass diese letzteren grösstentheils aus phosphorsaurem Kalk bestehen, mit einem Gehalt an reiner Phosphorsäure von bis 25,63 Proc. Unter dem Mikroskop erscheinen in diesen Partien einige eigenthümliche Gebilde, die vielleicht eines organischen Ursprungs sind.»

23. 1882. Schonen.

S. A. TULLBERG. Skånes graptoliter. I.
S. G. U., Ser. C, N:o 50, P. 20.

In den »mittleren Graptolitenschiefern«, zwischen der Zone mit

Diplograptus putillus Hall und der Zone mit *Coenograptus gracilis* Hall, liegt bei Fågelsång eine 1,5—2,5 Zoll mächtige Schicht von schwarzem phosphorsauren Kalk.

24. 1882. **Schonen.**

G. LINNARSSON. De undre Paradoxideslagren vid Andrarum.
S. G. U., Ser. C, N:o 54, P. 6.

Die phosphoritführenden Schichten bei Andrarum werden hier kürzlich erwähnt.

25. 1882. **Öland.**

G. HOLM. Om de viktigaste resultaten från en sommaren 1882 utförd geologisk-palæontologisk resa på Öland.
Öfvers. af K. V. A. Förhandl., N:o 7, P. 72.

Das Vorkommen von Phosphoritkörnern in dem Oboluskonglomerate bei Horn wird von HOLM erwähnt.

Es wird ferner die Vermuthung ausgesprochen, dass durch den Fund von *Obolus* sp. in dem Konglomerate bei Horn ein Zwischenglied zwischen der Obolusschicht der russischen Ostseeprovinzen und dem Oboluskonglomerate Dalekarliens gefunden worden sei.

26. 1883. **Dalekarlien.**

S. L. TÖRNQUIST. Öfversigt öfver bergbyggnaden inom Siljansområdet i Dalarne.
S. G. U., Ser. C, N:o 57, P. 14, 15.

Es wird hier eine kurze Zusammenfassung der Untersuchungen über das Oboluskonglomerat geliefert.

TÖRNQUIST vergleicht den glaukonithaltigen, griesigen Oboluskalk, welcher bei Wikarbyn das Konglomerat überlagert, mit dem Grünsande (= Glaukonitschiefer), der auf Öland in enger Beziehung zu dem Ceratopygenkalke vorkommt. Eine ähnliche Ansicht wurde schon im J. 1882 von TULLBERG ausgesprochen.

27. 1883. **Schonen.**

S. A. TULLBERG. Ueber die Schichtenfolge des Silurs in Schonen.
Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellschaft, Bd. 35, P. 243.

Zwischen der Zone mit *Diplograptus putillus* Hall und der Zone mit *Coenograptus gracilis* Hall liegt bei Fågelsång phosphorsaurer Kalk, 3 Zoll mächtig.

»Diese Kalkmasse, der Schwefelkies eingesprengt ist, enthält nahe 26 pCt. reine Phosphorsäure nach Analysen von H. Santesson.»

»Dieser Kalk ist auch bei einer Tiefbohrung in der Grube Stabarp in einer Tiefe von 103 m. gefunden.»

28. 1885. **Schonen.**

A. G. NATHORST. Beskrifning till kartbladet Trolleholm.

S. G. U., Ser. Aa, N:o 87, P. 16.

S. von Röstänga ist ein dunkler, harter, ziemlich krystallinischer »Orthocerenkalk« (= Asaphidenkalk) mit *Asaphus acuminatus* Boeck, *Corynexochus umbonatus* Ang. und *Illænus Esmarki* Schloth. angetroffen worden.

»Einige darin vorkommende, schwarze Knollen hatten einen Gehalt an Phosphorsäure von 2,664 Proc.«

29. 1885. **Östergötland.**

G. HOLM. Om Vettern och Visingsöformationen.

Bihang till K. V. A. Handl., Bd. II, N:o 7, P. 6—9.

Wegen des Fundes einiger Konglomerate in der Gegend des Ombergs glaubt HOLM annehmen zu können, dass sich dort schon während der Bildungszeit der jüngeren cambrischen Schichten eine Berghöhe vorgefunden habe.

Nur eines der Konglomerate wurde anstehend gefunden. Dies lag in dem Steinbruche bei Borghamn entblösst.

»Die übrigen Konglomerate sind von mir bisher nur als lose Blöcke in den Kiesablagerungen am Fusse des Ombergs angetroffen. Die in diesen Konglomeraten vorkommenden, abgerundeten Rollstücke bestehen aus bituminösen Kalksteinen (Stinkkalken) aus den Olenus- und Paradoxidesregionen, wie aus Phosphoritknollen und abgerundeten Stückchen und Körnern von Quarz.«

Ein Geschiebe, bei Alvastra angetroffen, »bestand halb aus grobem Quarzsandstein oder feinkörnigem Konglomerat mit dünnen, platten Phosphoritkörnern (den stark abgenutzten und verwitterten Schalen eines *Obolus*) und Stücken von schwarzem Alaunschiefer, halb aus feinkrystallinischem, schwarzbraunem Stinkkalk. Im Stinkkalk fanden sich kleine Exemplare von *Agnostus pisiformis* Lin. Das fragliche Stinkkalkstück war vermuthlich ein Einschluss im Sandsteine. Das Alter des Sandsteines oder Konglomerates ist demnach jünger als die Zone mit *Agnostus pisiformis*. Jedenfalls kann es nicht älter als der Olenusschiefer sein.«

30. 1887. **Westergötland.**

A. LINDSTRÖM. Beskr. till kartbladet Wenersborg.

S. G. U., Ser. Ab, N:o 11, P. 36—37.

Das Vorkommen von Phosphoritknollen im untersten Theil des Ceratopygenkalkes wird hier erwähnt.

31. 1889. **Schonen.**

G. DE GEER. Beskr. till kartbladen Vidtsköfle, Karlshamn och Sölvesborg.

S. G. U., Ser. Aa, N:o 105—107, P. 12, 13.

In dem obersten Theil des cambrischen Sandsteins findet sich bei Kiviks Esperöd (gleichwie bei Simrishamn in mehreren, etwas niedrigeren

Niveaus) »eine Schicht mit wallnuss-, bis eigrossen, schwarzen »Phosphoritknollen«.»

Auf dem Sandstein lagert Grauwackenschiefer, welcher zur Zone mit *Olenellus Kjerulfi* gerechnet wird. »Im oberen Theil des Grauwackenschiefers, 5,1 Fuss (1,5 M.) über dem Sandsteine kommt eine etwas mehr als 0,2 Fuss (0,007 M.) mächtige Schicht von Kalkstein mit Trilobitenbruchstücken und kleinen schwarzen Phosphoritknollen vor.«

32. 1890. Westerbotten.

G. HOLM. Försteningar från Lappland, insamlade af E. Mörtzell.

G. F. F., Bd. 12, H. 4, P. 262.

Von dem Kyrkberg an dem See Stor-Uman hat MÖRTSELL ein versteinungsloses, phosphoritführendes Konglomeratstück mitgebracht. Darin liegen in einer Grundmasse von grauem Kalksteine dichtgedrängte, haselnussgrosse oder kleinere, unregelmässig gebildete, abgerundete Stücke von dichtem, schwarzem Phosphorit.

33. 1892. Schonen.

N. O. HOLST. Beskr. till kartbladet Simrishamn.

S. G. U., Ser. Aa, N:o 109.

Im jüngsten Theile des cambrischen Sandsteines findet sich S. von Brantevik und bei Björkelunda, S. von Simrishamn, ein glaukonithaltiger und phosphoritführender Sandstein, in dem MOBERG eine neue *Olenellus*-Form gefunden hat.

Der obere Abschluss der Sandsteinbildung ist ein dunkler Sandstein mit schwarzen Phosphoritknollen, in denen bei drei verschiedenen Analysen ein Gehalt an Phosphorsäure von 16,83, 19,37 und 19,45 Proc. resp. nachgewiesen wurde.

Ein »Fragmentkalk« eines nicht sicher bestimmten Alters lagert nach der Angabe HOLSTS unmittelbar über dem Sandsteine. Er ist theils S. von Brantevik, theils N. von Gislöfshammar gefunden. In diesem Fragmentkalk finden sich Phosphoritknollen mit 20,18—20,23 Proc. Phosphorsäure.

Nach den von MOBERG ausgeführten Untersuchungen wird der »Orthocerenkalk« in dieser Gegend von einem schwarzen oder dunkelgrauen Kalkstein mit *Trinucleus coscinorrhinus* Ang. überlagert. (Vergl. G. F. F., Bd. 14, H. 5, P. 379—382.) An der Grenze gegen den Orthocerenkalk finden sich bei Tommarp in dieser Schicht schwarze Körner von Phosphorit(?).

34. 1892. Schonen.

J. C. MOBERG. Om *Olenellus* ledet i sydliga Skandinavien.

Forhandlingerne ved de skandinaviske naturforskeres 14. møde. Kjøbenhavn. P. 437.

»Zwischen Brantevik und Gislöfshammar ist an mehreren Orten längs dem Ufer ein theilweise dünn-schieferiger, dunkelgrünlicher, phosphoritführender Sandstein anstehend. An der südlichsten Fundstelle lagert auf dem grünlichen Sandstein eine etwa ein Meter mächtige Schicht von

weissem Sandstein, dessen oberster Theil mit Phosphoritknollen gespickt ist.» In dem grünen Sandsteine fanden sich spärliche Bruchstücke einer sehr grossen *Olenellus*-Form.

35. 1893. Dalekarlien.

G. HOLM. Sveriges kambrisk-siluriska Hyolithidæ och Conulariidæ.
S. G. U., Ser. C, N:o 112, P. 148, 149.

Torellella lævigata Linrs., ist in Dalekarlien theils von N. O. HOLST bei Knallarne, N. O. von Skärvagen in dem Kirchspiel Idre in Phosphoritkonglomerat und phosphorithaltigem, grauem, hartem Sandsteine, theils von O. E. SCHIÖTZ bei Lomviken nahe an der Reichsgrenze in Kalksandstein gefunden. Die Exemplare sind von schwarzem Phosphorit erfüllt, »und die in dem Konglomerate vorkommenden sind, augenscheinlich nach der Ausfüllung mit Phosphorit, gerollt und abgenutzt worden.»

36. 1893. Öland.

N. O. HOLST. Bidrag till kännedomen om lagerföljden inom den kambriska sandstenen.
S. G. U., Ser. C, N:o 130, P. 9.

Als losliegende Blöcke findet sich bei Mörbylånga ein Konglomerat mit koprolithartigen Knollen, welches wahrscheinlich den jüngsten Sandsteinschichten gehört.

Ausser den hier referierten Werken finden sich in der Litteratur einige analytische Angaben über cambrische und silurische Gesteine, die einen ziemlich beträchtlichen Gehalt an Phosphorsäure aufweisen.

1875. R. F. V. IN DE BÉTOU.

Schwarzer Schiefer vom Tåsjöberge auf der Grenze zwischen Ångermanland und Jemtland, 1,16 Proc. Phosphorsäure.

1882. H. SANTESSON (bei G. LINNARSSON und S. A. TULLBERG).
Glaukonitführender »Herorskalk«, Kongs Norrby, Östergötland, 0,653 Proc.
 P_2O_5 .

Stinkkalk mit *Paradoxides Forchhammeri*, Knifvinge, Östergötland, 0,561 Proc.
 P_2O_5 .

1894. H. SANTESSON (bei A. G. HÖGBOM).

Schiefer mit *Paradoxides Ölandicus*, Berg, Jemtland, 1,479 Proc. P_2O_5 .

In dieser historischen Übersicht sind endlich zwei Litteraturangaben zu erwähnen, in denen Phosphorite wegen fehlerhafter Bestimmung unter fremden Namen auftreten:

1869. Westergötland.

G. LINNARSSON. Om Westergötlands cambriska och siluriska aflagringar. K. V. A. Handl., Bd. 8, N:o 2, P. 42.

Der unterste, silurische, glaukonitführende Kalkstein Falbygdens enthält nach der Angabe LINNARSSONS Stücke von Stinkkalk. Unter dieser Benennung liegen höchst wahrscheinlich die in dem fraglichen Kalke vorkommenden Phosphoritknollen versteckt.

1893. Jemtland.

C. WIMAN. Ueber die Silurformation in Jemtland. Bull. of the Geol. Instit. of Upsala, N:o 2, Vol. I, P. 8, 9.

»Bei Tossåsen wird das jüngste Glied des Olenidenschiefers, das hier aus einigen ziemlich gleichmässigen Bänken eines Stinkkalkes mit *Ctenopyge flagellifera* A. besteht, in einem messerscharfen Kontakt von einigen Bänken eines dichten grünlichen, glaukonithaltigen, knolligen Kalksteins überlagert, von welchen der unterste Gerölle von Alaunschiefer enthält.»

Durch das wohlwollende Entgegenkommen des Herrn Doc. WIMAN bin ich in der Lage gewesen, die fraglichen Gerölle untersuchen zu können. Sie bestehen aus dichtem, schwarzem Phosphorit.

Ein Überblick der oben gelieferten Litteraturübersicht wird uns zeigen, dass durch die von V. POST und CLEVE im J. 1870 veröffentlichten Funde von phosphoritführenden Gesteinen in Dalekarlien und Westergötland ein lebhaftes Interesse für die praktische Verwerthung dieser Gesteine erregt wurde. Dies Interesse fand seinen vorzüglichen Ausdruck in der Einsetzung der Phosphoritkommission und in den von PALMGREN ausgeführten Untersuchungen, die in erster Linie praktischen Zwecken dienten. Die Arbeit PALMGRENS ist die einzige, worin die schwedischen Phosphorite zum Gegenstand mehr umfassender Untersuchungen gemacht worden sind. Seine Studien waren jedoch mit wenigen Ausnahmen auf eine einzige der schwedischen cambrisch-silurischen Phosphoritzone beschränkt, und aus diesem Grunde war er nicht im Stande, eine allgemeine Übersicht über das Auftreten und die petrographischen Charaktere der Phosphoritgesteine zu gewinnen. Ausserdem widmete er den in den Phosphoritknollen vorkommenden Fossilien eine gar zu geringe Aufmerksamkeit, wodurch für ihn der zuverlässigste Gesichtspunkt für die Beurtheilung der Bildungsweise des Phosphorits verloren ging.

Als die Hoffnungen auf die Gründung einer schwedischen Phosphatindustrie wegen des Mangels an einem tauglichen Rohmaterial getäuscht wurden, erlahmte das Interesse für die Phosphoritgesteine. Nach dem Jahre 1873 finden wir nur zufällige Mittheilungen über dieselben, am öftersten in Erläuterungen zu den Sectionskarten und in silurstratigraphischen Abhandlungen. Durch die bisherigen Untersuchungen sind die Petrographie, der

Fossilieninhalt und die chemische Constitution der Phosphorite nur wenig erforscht, dagegen ist ihre geographische Verbreitung ziemlich wohl bekannt.

Über die Bildungsweise der Phosphorite finden sich in der Litteratur verschiedene Ansichten vertreten. CLEVE, PALMGREN und TORELL halten dieselben für Kopolithen. TÖRNQUIST beschreibt mehr ausführlich seine Ansicht über die Bildungsgeschichte des in dem Oboluskonglomerate Dalekarliens vorkommenden Phosphorits. (Vergl. oben, N:o 6).

Beschreibung der phosphoritführenden Gesteine.

Vorbemerkungen.

Ehe ich auf die nähere Beschreibung der phosphoritführenden Gesteine übergehe, dürften einige orientierende Bemerkungen über Terminologie und dergl. vorzuschicken sein.

In der folgenden Darstellung sind die phosphoritführenden Gesteine nach stratigraphischen Gruppen geordnet. In jeder derselben sind die von mir untersuchten Phosphoritvorkommnisse zuerst beschrieben, dann gebe ich eine allgemeine Übersicht der geographischen Verbreitung derjenigen Phosphoritzone, welche in der fraglichen Schichtenserie unterschieden werden können. Berücksichtigt werden dabei auch die Phosphoritvorkommnisse in dem ostbaltischen Gebiete, im südlichen Norwegen und auf der Insel Bornholm, insofern dieselben durch Litteraturangaben bekannt sind.

Die meisten phosphoritführenden Gesteine sind konglomeratartig, Knollen von Phosphoritgesteinen (dichtem Phosphorit, Phosphoritsandstein) enthaltend. Ich habe aus einer Menge Vorkommnisse die Erfahrung gewonnen, dass diese Knollen wenigstens in ihrem gegenwärtigen petrographischen Charakter, nicht älter sind als das phosphoritführende Gestein und dass sie mithin keine Denudationsreste älterer Schichten sind. In einigen phosphoritführenden Gesteinen, welche zuverlässige, unbestreitbare Konglomeratbildungen sind, kommen nebst diesen Phosphoritknollen Rollsteine von Gesteinen (Eruptiven, Kalkstein etc.) vor, welche unzweifelhaft älter sind als die Konglomerate. Diese Rollsteine werden im Folgenden zum Unterschied von den Phosphoritknollen, *normale Gerölle* genannt.

Unter den Phosphoritknollen können in mehreren Fällen verschiedene petrographische Typen unterschieden werden. Um die quantitativen Verhältnisse zwischen diesen feststellen zu können, sind in mehreren Fällen alle aus einer Probe ausgelesenen Knollen nach ihrem petrographischen Charakter geordnet und dann gerechnet worden. Es erwies sich indessen, dass die Mittelgrösse der Knollen in verschiedenen Gesteinstypen eine sehr verschiedene war. Um einen Ausdruck auch für dieses Verhältnis zu gewinnen, wurde die Länge der Knollen gemessen. Dermassen bekam man Angaben über die Summe des Maximaldiameters der gerechneten Knollen, Zahlen, aus denen die Mittellänge der Knollen der verschiedenen Gesteinstypen sich leicht berechnen liess.

Im Folgenden werden hinsichtlich der Stratigraphie und der geographischen Ausdehnung der Silurformation einige terminologische Benennungen verwendet, welche theils dem Gebrauch widerstreiten, theils letzthin von mir ohne eine nähere Motivierung vorgeschlagen wurden. Die Gründe dieser Massnahme dürften in diesem Zusammenhange kürzlich erwähnt werden sollen.

Der allgemein gebräuchliche Name »Orthocerenkalk« scheint mir aus mehreren Gründen sehr ungeeignet, weshalb ich hier, wie in früheren Publicationen, denselben mit der Benennung Asaphidenkalk ersetzt, und zwar im Anschluss an ANGELINS »regio asaphorum«. Bei der Zoneneintheilung der besagten Schichtenserie bin ich der Aufstellung MOBERGS (1890) gefolgt und verstehe mithin unter Asaphuskalk eine Zone innerhalb des Asaphidenkalkes.

Am Boden der Ostsee sind, wie bekannt, bedeutende silurische Schichtenserien anstehend, welche sich folglich der directen Beobachtung entziehen und deren Erforschung nur durch das Studium der Blöcke, welche auf den Silurinseln von den Eisströmen zurückgelassen sind, erfolgen kann. Wenn man sowohl die Richtung der Eisströme, als die Beschaffenheit der Blöcke berücksichtigt, kann sehr oft das Ursprungsgebiet mit Gewissheit bestimmt werden. Um bei diesen Blockstudien eine Terminologie zu besitzen, welche eine erleichterte Überschaulichkeit hinsichtlich der Verbreitung und des Fazieswechsels der silurischen Schichten gestattet, habe ich, im Anschluss an die seit lange verwendete Benennung »das ostbaltische Silurgebiet«, die folgende Eintheilung der baltischen Silurprovinz durchzuführen gesucht:¹

- 1) *Ostbaltisches Silurgebiet*: St Petersburgs Gouvernement, Estland, N. Livland, Ösel und der Meeresboden im Westen, diesen zunächst.
- 2) *Nordbaltisches Silurgebiet*: Der südlichste Theil des bottnischen Meerbusens.
- 3) *Mittelbaltisches Silurgebiet*: Gotland, Gotska Sandön, Kopparstenarna und der angrenzende Meeresboden.
- 4) *Westbaltisches Silurgebiet*: Öland mit den angrenzenden Gegenden.

Diese Eintheilung dürfte gegenwärtig in den meisten Fällen bei der Bestimmung des Ursprungsgebietes der Blöcke genügen, und sie will mir ferner den verschiedenen geographischen Ausbildungsweisen der baltischen, cambrisch-silurischen Schichtenreihe ganz natürlich entsprechend erscheinen.

Wie schon in der Einleitung bemerkt, ist es meine Absicht, in einem besonderen Aufsatz die chemische Untersuchung der Phosphorit-

¹ J. G. ANDERSSON, Ueber Blöcke aus dem jüngeren Untersilur auf der Insel Öland vorkommend, Öfvers. af K. V. A. Förhandl. 1893. P. 521—540. — Till frågan om de baltiska postarkäiska eruptivens ålder. G. F. F. Bd. 18, p. 58—64. 1896.

gesteine zu behandeln. Da indessen selbst bei einer ausschliesslich geologischen Untersuchung einige Kenntniss von der chemischen Constitution der besagten Gesteine von nöthen ist, theile ich hier eine Anzahl Bestimmungen der Phosphorsäure und des unlöslichen Rückstandes (bei Behandlung mit verdünnter HNO_3) mit.

Ein wesentlicher Theil der chemischen Analysen sind wohlwollend von Cand. Philos. Fräulein NAIMA SAHLBOM ausgeführt worden, und es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen schuldigsten Dank für diese so sehr werthvolle Hilfe zum Ausdruck zu bringen.

Die phosphoritführenden Gesteine des Untercambriums.

Phosphoritführende Blöcke aus den baltischen Silurinseln.

Anstehende, phosphoritführende Gesteine untercambrischen Alters kenne ich nicht aus eigener Beobachtung. Hier sollen dagegen einige auf den baltischen Silurinseln (Gotska Sandön, Gotland und Öland) gefundene phosphoritführende Geschiebe behandelt werden. Das Alter ist als untercambrisch nur für ein paar derselben sicher festgestellt; auch die Übrigen sind jedoch höchst wahrscheinlich in dieselbe Schichtenreihe einzuordnen.

Geschiebe aus phosphoritführendem, quarzitischem Sandstein.

Boge, Gotland.

Im J. 1886 wurde vom Herrn Docenten H. MUNTIE bei Wikers in der Gemeinde Boge auf Gotland ein etwa 0.5 M. langes Geschiebe von hellgrauem, quarzitischem Sandstein mit Phosphoritknollen gefunden. Einige Proben dieses Blockes wurden mir gütigst von ihm zur Verfügung gestellt.

Die Grundmasse des Gesteins hat ein durchaus quarzitisches Aussehen. Weder in der Grundmasse, noch in den darin eingeschlossenen Knollen finden sich Spuren von Glaukonit.

Nur ein paar kleine, unbestimmbare Schalenbruchstücke wurden in der Grundmasse gefunden.

Die Knollen, welche sehr häufig vorkommen, den grössten Theil der Proben bildend und mitunter eine ziemlich beträchtliche Grösse (45 Mm. Maximaldiam.) erreichend, sind auf die folgenden petrographischen Typen zu vertheilen:

1) *Dunkelbrauner bis brauner Phosphoritsandstein* von mittlerer Korngrösse. Das Gestein besteht aus wohl abgerundeten Quarzkörnern, die von einem braunen Phosphoritcement zusammengekittet sind. Nach einer Analyse von N. SAHLBOM enthält der Phosphoritsandstein:

Ungelöster Rückstand . . .	75,31	•/o
P ₂ O ₅	6,27	

2) *Dichter, brauner Phosphorit.*

Der Phosphoritsandstein ist ganz vorherrschend, nur ein kleiner Knollen besteht aus dichtem Phosphorit und ein Anderer aus einem Gestein von intermediärer Stellung zwischen den erwähnten Typen.

Keine normalen Gerölle waren in den untersuchten Proben vorhanden.

Die mikroskopische Untersuchung dieses Blockes bietet einige interessante Verhältnisse dar.

Die makroskopisch quarzitisches Grundmasse besteht aus einem krystallinisch-körnigen Aggregate von Quarzindividuen, welche dicht gedrängt, einander genau anschmiegend liegen, ohne irgend einen Cement anderer Art. In allen diesen Quarzindividuen sind indessen zwei Theile zu unterscheiden: im Innern ein wohl abgerundetes Körnchen von etwas trübem Aussehen und mit spärlichem Pigment auf der Oberfläche, ausserhalb desselben eine reine Quarzmasse, welche das Körnchen verhüllt und genau wie dieses polarisirt. Diese äusseren Hüllen, welche den Raum zwischen den rundlichen Körnern vollständig ausfüllen, sind deutlich secundärer Natur, und das Gestein ist durch Ausscheidung von Kieselsäure in einer Quarzsandmasse auf eben die Weise gebildet, wie es zuerst von TÖRNEBOHM beschrieben und nachher von mehreren anderen Forschern nachgewiesen worden ist¹. Hie und da in dieser quarzitisches Masse finden sich Hohlräume, die von sphärolithisch orientirter Opalsubstanz ausgefüllt sind.

In dem Dünnschliffe sind ein paar Knollen von Phosphoritsandstein durchgeschnitten. Die darin vorkommenden Quarzkörner sind hinsichtlich der Größe mit denjenigen der quarzitisches Grundmasse genau übereinstimmend. In dem einen Knollen sind die Körner von schwarzpigmentirtem Phosphorit zusammengekittet. Auch in dem Anderen besteht das Cement grossentheils aus Phosphorit, hier hellbraun und von einem trübem Aussehen. Wo zwischen drei oder mehreren Quarzkörnern aber grössere Räume vorhanden sind, bildet der Phosphorit nur eine Hülle um die Quarzkörner, und der grösste Theil der Zwischenräume sind von einer quarzähnlichen Substanz mit undulöser Auslöschung erfüllt.

Der Absatz von krystallinischer Kieselsäure um die Quarzkörner und die Bildung sphärolithischer Opalpartien als Ausfüllungsmasse in Hohlräumen, wie auch die vollständige Zusammenkittung des in Knollen auftretenden Phosphoritsandsteins sind höchst wahrscheinlich verschiedene Formen derselben Kieselsäure-Ausscheidung, ein Vorgang, welcher im Vergleich mit der Bildung der Phosphoritgesteinsknollen ein secundärer ist.

Geschiebe von der N.O.-Spitze der Insel Öland.

Am östlichen Ufer der N.O.-Spitze der Insel Öland wurde im J. 1893 ein wenige Dm. langes Geschiebe eines hellgrauen Sandsteines, theilweise als Phosphoritkonglomerat ausgebildet, aufgefunden.

¹ G. F. F. Bd. III, H. 7, P. 217—218. 1876. — ZIRKEL. Lehrbuch der Petrographie. III, P. 540—541. Leipzig 1894.

Das Gestein des grösseren Theils des Geschiebes ist ein reiner Quarzsandstein, der so dicht ist, das die Quarkörner unter der Loupe kaum zu unterscheiden sind. Mit HNO_3 braust das Gestein ziemlich heftig, aber die Stückchen zerfallen nicht.

Eine schichtenförmige Partie, die ohne bestimmte Grenze in den Quarzsandstein übergeht, ist als Phosphoritkonglomerat ausgebildet.

Das Bindemittel des Konglomerates ist ziemlich grobkörnig mit Quarkörnern, deren Länge oft 1 Mm. übersteigt. Glaukonitkörner sind darin sehr häufig vorkommend. Bei Behandlung mit HNO_3 zerfallen kleine Stücke des Bindemittels allmählich unter heftigem Brausen und hinterlassen einen reichlichen Rückstand von rundlichen Quarz- und Glaukonitkörnern. Ausser deutlichen, gut begrenzten Phosphoritknollen finden sich hie und wo im Bindemittel Phosphoritpartien unter Umständen, welche es nicht zu entscheiden erlauben, ob ein verwischter Knollen, oder eine dem Bindemittel zugehörige Phosphoritbereicherung vorliege.

Die in dem Konglomerate auftretenden Phosphoritgesteine sind auf die folgenden Typen zu vertheilen:

1) *Heller, braungrauer, feinkörniger Phosphoritsandstein.* In diesem Gesteine finden sich ziemlich spärlich kleine grünliche Körner, wahrscheinlich aus Glaukonit bestehend.

Eine von N. SAHLBOM ausgeführte partielle Analyse ergab:

Ungelöster Rückstand . . . 66,75 %
 P_2O_5 9,01

2) *Intermediäres Gestein,* grobkörniger Phosphoritsandstein mit Partien von dichtem Phosphorit abwechselnd.

3) *Dichter, heller, braungrauer Phosphorit.*

An 15 Knollen mit 7—35 Mm. Maximaldiameter wurde die folgende Zählung unternommen:

Gesteins-Typus	Zahl der Knollen	Mittellänge.
1	9	15 Mm.
2	4	13 »
3	2	10 »

Weder im Bindemittel noch in den Knollen sind Fossilienreste beobachtet worden.

Keine normalen Gerölle waren in diesem Geschiebe vorhanden.

Phosphoritführendes Geschiebe von Torp, Öland.

Das vorliegende Geschiebe wurde im J. 1893 unter den Ufergerölen bei Torp im Kirchspiele Böda an der N..W-Küste Ölands gefunden.

In diesem Blocke ist der Gegensatz zwischen dem Bindemittel und den Phosphoritknollen nicht immer scharf und bestimmt. Zwar findet man viele, sogar ungewöhnlich grosse Knollen, welche gegen die umliegende Gesteinsmasse wohl begrenzt sind, andernteils aber kommen Partien

von Phosphoritgesteinen häufig vor, die mit der Grundmasse in nächster Verbindung stehen und jede scharfe Grenze gegen dieselbe entbehren.

Das Bindemittel ist ein ziemlich grobkörniger Kalksandstein, welcher wegen Einmischung von kleinen grünen Mineralpartikelchen (Glaukonit?) eine grünliche Farbe besitzt. In HNO_3 löst sich das Gestein unter heftigem Brausen, einen Rückstand von Quarzsand und grünen Mineralkörnern hinterlassend. Unter der Loupe zeigt es sich, dass das Kalkspath-Cement hie und da von einer phosphoritähnlichen, dichten Masse, welche die Quarzkörnchen zusammenkittet, verdrängt ist.

Phosphoritgesteine kommen übrigens, wie obenerwähnt, theils als Knollen, theils als grössere, nicht scharf begrenzte Partien vor. Unter den Knollen finden sich zwei, welche eine ungewöhnliche Grösse erreichen (Maximaldiam. 70 und 98 Mm.). Sie bestehen beide aus feinkörnigem, grauem Phosphoritsandstein. Die Mehrzahl der Phosphoritgesteinsknollen sind dicht oder viel feinkörniger als das Bindemittel, entweder aus dichtem Phosphorit oder feinkörnigem Phosphoritsandstein gebildet. Einige Phosphoritpartien sind indessen mit groben Quarzkörnern gespickt, wodurch hinsichtlich der Korngrösse ein Übergang zu dem Kalksandstein vermittelt wird. Bisweilen ist das Vorkommen der groben Quarzkörner auf den äusseren, an den Kalksandstein grenzenden Theil der Phosphoritpartien beschränkt, während dass die letzteren im Innern aus dichtem Phosphorit bestehen. Im Kalkstein, vor Allem aber in den an groben Quarzkörnern reichen Phosphoritpartien finden sich kleine, bräunliche bis weissgraue oolithenartige Körner.

Nur ein paar *Obolus*-ähnliche Brachiopodenbruchstücke fanden sich im Bindemittel vor. Keine normalen Gerölle vorhanden.

Von N. SAHLBOM sind die folgenden analytischen Bestimmungen ausgeführt:

	1.	2.
Ungelöster Rückstand	62,90 %	14,08 %
P_2O_5	2,21	30,88

1) Bindemittel. Kalksandstein, etwas glaukonithaltig. Alle deutlichen, scharf begrenzten Phosphoritpartikelchen waren weggeschafft.

2) Knollen aus dichtem Phosphorit.

Der beträchtliche P_2O_5 -Gehalt des Bindemittels giebt uns eine fernere Andeutung davon, dass es Phosphorit in feinsten Vertheilung enthält.

Blöcke aus phosphoritführendem Grundkonglomerat.

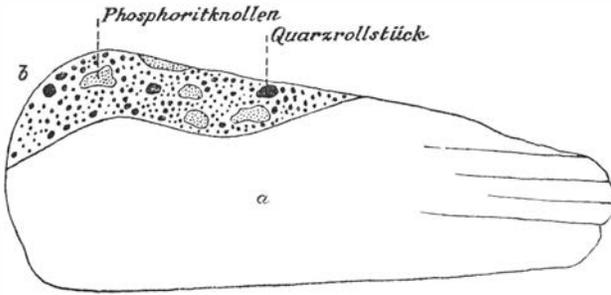
Gotska Sandön.

Auf Gotska Sandön wurden im J. 1894 zwei phosphoritführende, aus dem Basalkonglomerate des Untercambriums abstammende

Geschiebe angetroffen. Sie sind schon an anderem Orte kürzlich beschrieben worden¹.

Geschiebe 1. Grösse $16 \times 6.5 \times 5.5$ Cm. Das Geschiebe besteht aus zwei petrographisch verschiedenen Partien mit völlig scharfer und diskordant verlaufender Grenzlinie (Fig. 1).

Fig. 1.



Der eine Theil (a) ist ein sehr feinkörniger, weisser, undeutlich geschichteter Sandstein mit zerstreuten Blättchen von hellem Glimmer. Keine Glaukonitkörner. Braust nicht mit HNO_3 .

Der andere Theil (b) des Geschiebes ist konglomeratisch. Das Bindemittel enthält überaus häufige, grobe, wohl abgerundete Quarzkörner, welche bisweilen die Grösse kleiner Gerölle (9 Mm. Maximaldiam.) erreichen. Ausserdem finden sich im Bindemittel ziemlich spärlich kleine Glaukonitkörner. Diese verschiedenartigen Mineralkörner sind von krystallinischem Kalkspath zusammengekittet. Die Lösung des Bindemittels in HNO_3 giebt einen nur sehr unerheblichen Niederschlag mit Molybdänlösung.

Die Gerölle.

1) Normale Rollstücke.

Postarchaischer, rother Granophyr. Ein Rollstück (Länge 10 Mm.).
Quarzgerölle, ziemlich häufig. Länge des grössten Rollstückes 9 Mm.

2) Phosphoritknollen.

Die Phosphoritknollen erreichen eine Länge von bis 22 Mm. Mehrere Knollen, vorzüglich die, welche aus dichtem Phosphorit bestehen, zeigen eine sehr glatte, eigenthümlich glänzende Oberfläche. Einige sind deutliche, wohl abgerundete Rollstücke, andere hingegen tragen ein sehr unregelmässiges, längliches und tief grubiges Aussehen. Die Knollen sind auf die folgenden petrographischen Typen zu vertheilen:

1) *Feinkörniger, bräunlich grauer Phosphoritsandstein.*

Enthält im Allgemeinen mehr oder weniger häufige, kleine Glaukonitpartien. Die Korngrösse des Sandsteines ist recht erheblichen Varia-

¹ J. G. ANDERSSON. Till frågan om de baltiska postarkäiska eruptivens ålder. G. F. F. Bd. 18, P. 61-63. 1896.

tionen unterworfen. Er ist jedoch immer grobkörniger als der Gesteinstypus a (Fig. 1), aber viel feinkörniger als der grobe Quarzsand im Bindemittel des Konglomerates (b).

2) *Dichter, grauer Phosphorit.*

3) *Konglomeratartiges Gestein.* Rundliche Partien von feinkörnigem Phosphoritsandstein oder Phosphorit sind von grobkörnigem Phosphoritsandstein zusammengekittet.

An 26 Knollen mit 4—22 Mm. Maximaldiameter wurde die folgende Zählung unternommen:

Gesteins-Typus	Zahl der Knollen	Mittellänge.
1	20	9 Mm.
2	5	7 »
3	1	13 »

Geschiebe 2. Grösse $20 \times 14 \times 6.5$ Cm. Das ganze Geschiebe besteht aus einem konglomeratischen Gesteine, dass mit dem Gesteinstypus b des Blockes 1 völlig indentisch ist.

Das Bindemittel ist demnach auch hier eine Masse grober Quarzkörner und spärlicher Körnchen von Glaukonit, die von krystallinischem Kalkspath zusammengekittet sind. Auch kleine Bleiglanzkrystalle sind in dem Bindemittel vorhanden. Im Bindemittel eingebettet, liegen zahlreiche kleine, oft fragmentarische und abgenutzte Exemplare von *Torellella lævigata* Linrs., die von dichtem grauem Phosphorit oder feinkörnigem Phosphoritsandstein ausgefüllt sind. Ausserdem finden sich im Bindemittel ziemlich häufige, dicke, abgenutzte, unbestimmbare Schalenbruchstücke, die vielleicht einer Brachiopoden-Form der Gruppe Ecardines angehören.

Die Gerölle.

1) Normale Rollstücke.

Postarchaischer Granophyr. 13 Gerölle, zum Theil stark verwittert. Länge des grössten Rollstückes 12 Mm.

Quarzgerölle sind zahlreich vorhanden in allen Grössen von kleinen Quarzkörnern bis zu einem Rollstück von 27 Mm. Länge.

2) Quarzit. Ein Rollstück aus grauem, quarzitischem Gestein, vielleicht zu den Phosphoritgesteinen im naher Beziehung stehend. Länge der Rollstückes 22 Mm.

3) Phosphoritknollen.

Sie bestehen aus Phosphoritsandstein, dichtem, grauem Phosphorit oder konglomeratartigem Gestein, unter welchen Gesteinstypen der Sandstein quantitativ ganz vorherrschend ist. Der Sandstein ist immer viel feinkörniger als der grobe Quarzsand im Bindemittel des Konglomerates. In einem Phosphoritsandsteinskollen fand sich ein kleines Brachiopodenbruchstück, das der *Discinella Holsti* Mbg. sehr ähnlich ist. In einem anderen, unregelmässig geformten Knollen, aus einem intermediären Gestein zwischen Phosphoritsandstein und dichtem Phosphorit bestehend, fanden sich drei Exemplare von *Mickwitzia monilifera* Linrs(?).

Auf dem Phosphoritsandstein sind von N. SAHLBOM die folgenden analytischen Bestimmungen ausgeführt:

Ungelöster Rückstand . . .	73,65 %
P ₂ O ₃	6,42

Die Phosphoritzone des Untercambriums.

Da die Kenntnis von der Stratigraphie und Paläontologie der untercambrischen Schichten noch immer eine sehr lückenhafte ist, lässt sich gegenwärtig nur eine ziemlich unvollständige Übersicht der hierher gehörigen Phosphoritzone gewinnen.

Die älteste untercambrische Phosphoritzone ist als die Zone mit *Torellella laevigata* Linrs. zu bezeichnen.

Zu dieser Zone gehören die oben beschriebenen Konglomeratgeschiebe aus Gotska Sandön unter denen das eine zahlreiche Exemplare von *Torellella laevigata* Linrs. enthielt. Das Vorkommen von Eruptivgeröllen in den Geschieben zeigt, dass sie aus dem Basalkonglomerat der cambrischen Formation abstammen. Da ferner die Eruptivgerölle, wie an anderem Orte näher nachgewiesen ist, wahrscheinlich von den åländischen Rapakivigesteinen herrühren, und das Konglomerat somit innerhalb des Verbreitungsgebietes dieser Gesteine abgelagert worden ist, haben wir vermuthlich den Ursprung der Geschiebe im nordbaltischen Gebiete zu suchen¹.

Herr Docent C. WIMAN, welcher gegenwärtig damit beschäftigt ist, seine umfassenden Sammlungen aus dem Untercambrium des nordbaltischen Gebietes zu bearbeiten, hat mir gütigst gestattet die eingesammelten Proben phosphoritführender Gesteine zu durchmustern. Darunter findet sich ein reichliches Material von einem braunen, losen Kalksandstein mit häufigen Knollen aus schwarzbraunem Phosphoritsandstein. Eine Erörterung der Fauna und des Alters dieses Kalksandsteines ist binnen kurzem von WIMAN zu erwarten.

Im J. 1892 wurde von WIMAN eine nordbaltische, *Olenellus*-führende Sandsteinsvarietät b, welche Rollsteine von »dunklem Sandstein« enthält, beschrieben². Er hat mir gütigst mitgetheilt, dass dieser dunkle Sandstein Phosphoritsandstein ist.

Ausser dem baltischen Gebiete sind phosphoritführende Gesteine mit *Torellella laevigata* Linrs. auch im nördlichen Dalekarlien, von N. O. HOLST bei Knallarne im Kirchspiele Idre (Phosphoritkonglomerat und

¹ G. F. F. Bd. 18, P. 61—64. 1896.

² C. WIMAN. Ueber das Silurgebiet der Bottnischen Meeres. I. — Bull. of the Geol. Inst. of Upsala. N:o 1, Vol. I, P. 69. 1892.

phosphorithaltiger, grauer Sandstein) und von O. E. SCHIÖTZ bei Lomviken, nahe an der Reichsgrenze (Kalksandstein), gefunden. (Litteraturübersicht 35).

Im unteren Theile des »Eophyton«-Sandsteines bei Lugnås in Westergötland tritt *Torellella lævigata* Linrs. mit *Mickwitzia monilifera* Linrs. zusammen auf. Selbst habe ich keine Gelegenheit gehabt, diese interessante Localität zu besuchen, und in der Litteratur sind nirgends Phosphoritgesteine mit Sicherheit von dort erwähnt. Indessen finden sich ein paar Angaben, welche möglicherweise das Vorkommen von Phosphoritknollen in dem Grundkonglomerate des *Mickwitzia*-führenden Sandsteins andeuten. Im J. 1871 schreibt nämlich LINNARSSON über dieses Gestein: »Der unterste Theil des Sandsteines ist konglomeratartig. Er enthält hier ausser häufigen Feldspathkörnern auch abgerundete Rollstücke aus Quarz und aus *einem bräunlichen, losen, feinkörnigen, sandsteinartigen Gestein*¹.« Im J. 1893 erwähnt HOLST das Vorkommen in diesem Grundkonglomerate von Geröllen aus feinkörnigem Sandstein². Vielleicht ist dieses sandsteinartige Gestein ein feinkörniger Phosphoritsandstein.

In Schonen kommen phosphoritführende Gesteine in den Grenzschichten zwischen Unter- und Mittelcambrium vor. Diese Gesteine sind von vielen Forschern erwähnt worden. Siehe die Litteraturübersicht: PALMGREN (5), STOLPE (9), TÖRNQUIST (16), NATHORST (18), TULLBERG (19, 22), LINNARSSON (24), DE GEER (31), HOLST (33), MOBERG (34).

Eine Übersicht der Lagerungsverhältnisse innerhalb dieser Grenzschichten bei *Andrarum* wird hier nach den Angaben TULLBERGS (1880) zusammengestellt:

<i>Mittelcambrium</i> (Unterster Theil).	<i>Phosphorit</i> -führender »Fragmentkalk« mit <i>Paradoxides Hicksii</i> Salt.? (1—1.5 Fuss).
	Alaunschiefer (1—2 Fuss).
<i>Untercambrium</i> (Oberster Theil).	<i>Phosphorit</i> -führender Kalkstein und Thonschiefer. } Grauwackenschiefer mit <i>Olenellus Kjerulfi</i> Linrs. } 5—6 Fuss.
	Sandstein.

¹ G. LINNARSSON, Geognostiska och palæontologiska iakttagelser öfver Eophytonsandstenen i Vestergötland. K. V. A. Handl. Bd. 9, N:o 7, P. 4. 1871.

² S. G. U. Ser. e. N:o 130, P. 16.

Auch aus Öland hat HOLST einen Fund von Geschieben, welche wahrscheinlich dem jüngsten Untercambrium angehören und in denen »kopolithartige« Knollen vorkommen, beschrieben. (Litteraturübersicht 36).

Innerhalb der schwedischen untercambrischen Schichten sind demnach phosphoritführende Gesteine auf zwei weit abstehenden Niveaus vorgefunden:

1) In der Zone mit *Torelleva lœvigata* Linns. in einem Theil des baltischen Gebietes, im nördlichen Dalekarlien, vielleicht auch in Westergötland.

2) In den Grenzsichten zwischen Unter- und Mittelcambrium in Schonen, möglicherweise auch auf Öland.

Auch in den untercambrischen »grünen Schiefen« auf der Insel Bornholm sind Phosphoritknollen von JOHNSTRUP nachgewiesen worden¹

¹ F. JOHNSTRUP. Abriss der Geologie von Bornholm. IV Jahresbericht der Geogr. Ges. zu Greifswald. 1889—90. P. 16.

Die phosphoritführenden Gesteine des Mittel- und Obercambriums.

Innerhalb der petrographisch äusserst monotonen Schichtenfolge von Alaunschiefer mit Linsen und Bänken von Stinkkalk, welche den überaus grössten Theil des skandinavischen Mittel- und Obercambriums aufbaut, finden wir eine Reihe von zahlreichen gut getrennten paläontologischen Zonen. Der scharfe Gegensatz, welchen die auf einander folgenden Faunen aufweisen, nebst dem innerhalb weit von einander entfernt liegenden Silurgebiete durchaus constanten Auftreten der Zonen, verleihen dieser Schichtenfolge ihren hervorstechenden Zug. Indessen finden sich in verschiedenen Niveaus Konglomerate, hier in geringer, dort in sehr grosser Ausdehnung, deren Auftreten mit bedeutenden Lücken und Unregelmässigkeiten der Schichtenfolge verbunden ist, und in deren Bindemittel ein buntes Gemisch verschiedenalteriger faunistischer Elemente vorkommt. In dem auf dem nördlichen Öland gefundenen Oboluskonglomerate findet sich beispielsweise eine wohl dem jüngeren Obercambrium zuzuschreibende *Obolus*-Form nebst Fossilien, welche dem älteren Obercambrium und dem älteren Mittelcambrium angehören.

Behufs Deutung der eigenthümlichen Mischfaunen dieser Konglomeratbindemittel liegt jener Ausweg recht nahe, den man letzthin mit gutem Erfolge zur Lösung schwieriger quartärgeologischen Aufgaben eingeschlagen, indem man nämlich das Auftreten der älteren Fossilienformen auf secundäre Umlagerung zurückführt. Dass bei der Bildung dieser cambrischen Konglomerate erheblichere Mengen von Schalenbruchstücken aus älteren Schichten freigespült wurden, dürfte a priori völlig sicher sein, und ich glaube einige zuverlässige Fälle von dergleichen secundären Fossilienvorkommnissen beobachtet zu haben. Oft weisen indessen die als die älteren angesehenen Fossilienformen einen beträchtlichen, in vorzüglichem Erhaltungszustande vorliegenden Individuenreichthum auf; diesfallsige Formen als secundär umgelagert zu deuten dürfte man ohne Weiteres nicht berechtigt sein.

In diesen Konglomeraten finden sich überall Knollen von Phosphoritgesteinen. Da indessen die Deutung der Faunen der Konglomerate, wie

schon oben erwähnt wurde, mit besonderen Schwierigkeiten vereint ist, können gegenwärtig nur ziemlich dürftige Beiträge zur Erforschung der Bildungsgeschichte der Phosphoritgesteine aus jenen Vorkommnissen gewonnen werden.

Ich beschränke mich hier auf eine gedrängte Beschreibung einiger phosphoritführenden Konglomerate des Mittel- und Obercambriums. Binnen kurzem hoffe ich, in einem Aufsätze über secundäre Fossilienvorkommnisse in den cambrischen Schichten der Insel Öland eine eingehendere Erörterung eines Theils dieser Bildungen liefern zu können.

Öländische phosphoritführende mittel- und obercambrische
Konglomerate.

Acrothele granulata-Konglomerat.¹

Auf der Grenze zwischen den Zonen mit *Paradoxides ölandicus* Sjögr. und *P. Tessini* Brongn. findet sich auf Öland eine Konglomerat-schicht von geringer Mächtigkeit (nur wenige Cm.). Das Konglomerat wurde zuerst von ANGELIN bei Borgholm beobachtet, und ein unfern gelegener Fundort, an dem Ufer zwischen Borgholm und Köping, wurde 1893 von HOLM erwähnt. Im Jahre 1891 beobachtete ich bei Runsbäck im Kirchspiele Torslunda Stücke desselben Gesteins, welche, wie mir berichtet wurde, während des Grabens eines Brunnens einer anstehenden Schicht entnommen worden². Dieser Fundort ist etwa 30 Km. von jenen ersteren entfernt; das Konglomerat besitzt demnach eine hinsichtlich der geringen Mächtigkeit sehr bedeutende horizontale Ausdehnung. Das Material der folgenden Beschreibung entstammt jenem von HOLM zuerst angegebenen Fundorte, dem Ufer zwischen Borgholm und Köping.

Das Bindemittel und seine Fauna. Das Bindemittel besteht grossentheils aus einem Gemenge von Fossilienbruchstücken (Trilobiten, Acrothele). Die Zwischenräume sind von grünen Partikelchen (Glaukonit?) und Mengen von Quarzkörnern ausgefüllt; das Ganze wird von krystallinischem Kalkspath verkittet.

Im Bindemittel wurden folgende bestimmbare Fossilien angetroffen:

Paradoxides Tessini Brongn.

Liostracus aculeatus Ang.

Acrothele granulata Linrs.

Kutorgina sp., mit *K. pannula* White nahe verwandt.

¹ Dies Konglomerat wurde 1892 seiner Mischfauna halber von mir als *Ölandicus-Tessini-Konglomerat* bezeichnet (Bull. of the Geol. Inst. of Upsala, Vol. I, P. 93). Zur Zeit finde ich den Namen *Acrothele granulata-Konglomerat* (*Acrothele-Konglomerat*. HOLM 1893) geeigneter.

² Bull. of the Geol. Instit. of Upsala, Vol. I, P. 93.

Acrothele granulata dürfte unter diesen Formen die häufigst vorkommende sein. Die Schalen weisen in den meisten Fällen ein etwas angegriffenes Aussehen auf, ihr Erhaltungszustand ist aber im übrigen ein vorzüglicher, und die Ventral- und Dorsalschalen werden fast stets zusammenhängend gefunden. Es scheint also keinem Zweifel zu unterliegen, dass die Vorkommnis dieser Art hier primär ist, dass sie demnach der Fauna des Bindemittels angehört, obgleich zu bemerken ist, dass sie gleichfalls in den im Konglomerate zahlreich befindlichen Kalksteinsgeröllen sehr oft angetroffen wird. Die Erhaltungsweise ist in diesen Rollstücken die nämliche, die Schalenflächen sind aber völlig unversehrt.

Als *Kutorgina sp.* habe ich eine kleine, zierliche Brachiopodenform aufgeführt, die hinsichtlich ihrer Schalenskulptur der *K. pannula* White sehr ähnelt. Eine verwandte oder wohl gar identische Form ist von HOLM aus der *P. ölandicus*-Zone in Jemtland, erwähnt worden¹.

Normale Gerölle. Als Denudationsreste einer etwas älteren Schicht sind offenbar die Gerölle blaugrauen Kalksteines zu verstehen, welche reichlich im Konglomerate vorkommen. Diese Knollen haben oft einen Maximaldiameter von 5—6 Cm. Ihre Oberfläche weist stets einen dünnen, grünen Anflug auf.

In den Geröllen finden sich:

Ellipsocephalus polytomus Linsr.

Acrothele granulata Linsr.

Phosphoritgesteine. Kleine Partien von Phosphoritgesteinen finden sich recht häufig im Konglomerate. Hinsichtlich der Art und Weise ihres Vorkommens können dieselben folgendermassen vertheilt werden:

1) *Gerölle.* Eine Menge kleiner, gewöhnlich nicht centimeterlanger, fast durchweg an der Oberfläche schwarzfarbiger Gerölle bestehen aus braunem Phosphoritsandstein oder in selteneren Fällen aus dichtem Phosphorit. Der Phosphoritsandstein ist so feinkörnig, dass die Quarzkörner unter starker Loupe kaum je erkennbar sind. Die Quarzkörner in dem Bindemittel des Konglomerates sind viel gröber, oft mit blossem Auge erkennbar. Dieses Verhältnis zwischen der Gröbe der Quarzkörner im Bindemittel und andererseits in den Phosphoritsandsteinknollen kehrt bei mehreren anderen phosphoritführenden Gesteinen wieder.

In einigen Knollen wurden kleine unbestimmbare Fossilienbruchstückchen angetroffen.

Im Konglomerate fanden sich auch scheibenförmige, 1—2 Mm. dicke, oft aber mehrere Cm. lange Knollen, die entweder aus Phosphoritsandstein oder aus grauem Kalkstein bestanden. Sämmtliche Knollen zeigen bei qualitativer Prüfung einen beträchtlichen Niederschlag mit Molybdänlösung.

2) *Fossiliensteinkerne.* Im Konglomerate werden recht allgemein Fossiliensteinkerne angetroffen, die aus dichtem Phosphorit oder aus Phos-

¹ G. HOLM. Sveriges kambrisk-siluriska Hyolithidæ och Conulariidæ. S. G. U. Ser. C, N:o 112, P. 51. 1893.

phoritsandstein bestehen. Die äusserst fragmentarischen Steinkerne sind wenigstens in den meisten Fällen von *Hyolithen* herzuleiten.

3) *Ausfüllungsmasse in den Hohlräumen der Fossilien*. Der Raum zwischen den zusammenhängenden Acrothelenschalen, die sich im Konglomeratbindemittel vorfinden, ist oft von krystallinischem Kalkspath ausgefüllt; in ein paar Fällen habe ich jedoch beobachtet, dass die Zwischenräume aus dichtem Phosphorit bestehen. Auch rohrenförmige Theile von Trilobitenschalen (wahrscheinlich Wangenstacheln u. A. von *Paradoxides*) sind von dichtem Phosphorit ausgefüllt. Der Umstand, dass diese Fossilienbruchstücke allem Anscheine nach der Fauna des Bindemittels angehören, bezeugt ausser übrigen Gründen, dass die Phosphoritbildung und die Ablagerung des Konglomerates gleichzeitige Vorgänge waren.

Es dürfte kaum nothwendig sein hervorzuheben, dass jene drei Vorkommnistypen der Phosphoritgesteine nicht scharf getrennt sind.

Das Oboluskonglomerat bei Horn.

G. HOLM lieferte 1882 eine Darstellung der cambrisch-silurischen Schichtenfolge an dem Vorgebirge bei Horn (nördl. Öland)¹. Dort findet sich über den Schichten der Zone mit *Paradoxides Tessini* Brongn. ein Konglomerat, das von HOLM folgendermassen beschrieben wird: »Konglomerat von Stinkkalk- und Kalksandsteinstücken sammt Phosphoritkörnern, durch Stinkkalkmasse verkittet; in dieser eine *Obolus*-Form. In dem Konglomerate fand ich *Paradoxides Tessini*, *Olenus gibbosus*, *Agnostus pisiformis* und *A. lævigatus*, demnach Versteinerungen des *Olenus*- und des *Paradoxidesschiefers* unter einander vermischt.« Nach HOLM wird das Konglomerat unmittelbar von Grünsand überlagert. TULLBERG, welcher gleichzeitig mit HOLM die Schichtenfolge bei Horn beschrieb, giebt an, dass das Konglomerat zunächst von 1—2 Fuss mächtigem, mitunter *Dictyonema*-führendem Alaunschiefer überlagert wird². Auch ich habe wie TULLBERG eine Alaunschieferschicht über dem Konglomerate beobachtet.

In späteren Arbeiten von HOLM finden wir vereinzelt Angaben über dieses Konglomerat. So theilt er 1885 mit, dass die im Konglomerate vorkommende *Obolus*-Form wahrscheinlich mit *Obolus Apollinis* Eichw. identisch sei³. Ferner erwähnt er 1893 die Vorkommnis von *Hyolithus arenophilus* Holm und *Torellella lævigata* Linrs⁴. Diese zwei Fossilien sind nach der Ansicht HOLMS durch secundäre Umlagerung in das Konglomerat gekommen.

¹ G. HOLM. Geologisk-palæontologisk resa på Öland. Öfvers. af K. V. A. Förhandl. 1882, N:o 7, P. 72—73.

² S. A. TULLBERG. Geologiska resor på Öland. S. G. U. Ser. C, N:o 53, P. 9. 1882.

³ G. HOLM. Beitrag zur Kenntniss der Quartär- und Silurbildungen der Ostbaltischen Provinzen Russlands. Verhandl. der Kaiserl. Mineralog. Gesellschaft. Neue Serie, Bd 22, 1885. P. 11 (Sonderabdruck).

⁴ G. HOLM. Sveriges kambrisk-siluriska Hyolithidæ och Conulariidæ. P. 71—72, 149.

Selbst habe ich im Konglomerate folgende Fossilien gefunden:

Obolus sp.

Orthis sp., vielleicht *O. lenticularis* Wbg.

Agnostus pisiformis L.

Hyolithus arenophilus Holm.

Obolus und *Agnostus pisiformis* werden in dem Bindemittel neben einander angetroffen, letztere Form in grosser Individuenzahl. *Orthis* sp. findet sich dagegen allein und zwar gleichfalls in grosser Menge vor. Die griesige Stinkkalkmasse, wo die Exemplare eingebettet liegen, ist indessen mit kleinen Geröllen gespickt und gehört also offenbar dem Bindemittel des Konglomerates an. Es scheint mir kaum möglich zu sein, die häufige Vorkommnis von *Agnostus pisiformis* und *Orthis* sp. im Bindemittel des Konglomerates als secundär zu verstehen, indem sie auf Losspülung aus älteren, denudierten Schichten zurückzuführen wäre.

In Bezug auf die Art und Weise, in welcher *Hyolithus arenophilus* Holm und *Torelrella laevigata* Linrs. in dem Konglomerate erscheinen, hege ich eine von derjenigen HOLMS abweichende Meinung und muss in diesem Zusammenhange ein wenig näher auf diese Frage eingehen, da sie die Deutung der Vorkommnisweise der Phosphoritgesteine direct beeinflusst. Über *H. arenophilus* theilt HOLM Folgendes mit (a. a. O. P. 71—72): »Secundär, als ein wenig abgeschliffene Gerölle von einer braunen, harten, feinkörnigen Sandsteinmasse, habe ich Steinkerne dieser Art in dem Oboluskonglomerate bei Horn gefunden. Ganz gewiss entstammen sie dem Sandsteinschiefer mit *Par. Tessini*, welcher hier das Oboluskonglomerat unmittelbar unterlagert und woher übrigens grössere Bruchstücke von Kalksandstein herrühren. Wahrscheinlich lagen sie ursprünglich in den Thonschichten zwischen den Sandsteinschichten und wurden aus diesen losgespült.»

Ich habe meinestheils auch zahlreiche Steinkerne dieser Form im Konglomeratbindemittel gefunden. Jene von HOLM erwähnte »braune, harte, feinkörnige Sandsteinmasse«, aus der die Steinkerne bestehen, ist thatsächlich Phosphoritsandstein. Mehrere Steinkerne bestehen aus graubraunem, dichtem Phosphorit. Da bei einer Menge von Phosphoritvorkommnissen sämtliche Umstände darauf hinweisen, dass die aus Phosphoritgesteinen bestehenden Knollen niemals, wenigstens nicht in ihrer vorliegenden petrographischen Beschaffenheit, als Denudationsreste älterer Schichten zu verstehen sind, leuchtet mir die Deutung HOLMS wenig ein. Nur zahlreiche Funde von aus *Phosphoritsandstein* und *dichtem Phosphorit* bestehenden Steinkernen des *Hyolithus arenophilus* in dem Sandsteinschiefer mit *Par. Tessini* würden diese Ansicht bestätigen können.

HOLM behauptet bei Horn in dem Oboluskonglomerate »ein Exemplar von *Torelrella laevigata* in der Form eines bläulichweissen, abgeschliffenen Steinkernes von feinkörnigem Sandstein, der als secundäre Vorkommnis in die ebenerwähnte Schicht gehört«, angetroffen zu haben (a. a. O. P. 149). Hinsichtlich der Schicht, welcher dies Exemplar primär entstammen

möchte, wird keine Aufklärung geliefert; die Angabe, dass »*die Art ausschliesslich dem UnterCambrium angehört*» (a. a. O. P. 148), müsste jedoch offenbar auch auf diesen Fall zutreffen. Einer solchen Annahme widersprechen hingegen die thatsächlichen Verhältnisse durchaus. Zwischen dem Oboluskonglomerate und dem UnterCambrium zieht sich ja eine mächtige mittelcambrische Schichtenserie hin, welche die Zonen mit *Par. Tessini* und *P. ölandicus* umfasst. Übrigens ist *Torellella laevigata* bisher überhaupt nicht in dem UnterCambrium des westbaltischen Gebietes gefunden worden. Indem wir an der Frage vorübergehen, ob überhaupt irgendwelche Genauigkeit bei Bestimmung von dergleichen Steinkernen zu gewinnen sei, meinen wir, dass man mit Gewissheit behaupten könne, jenes fragliche Fossil entstamme nicht den untercambrischen Schichten. Übrigens liegt doch keine zwingende Nothwendigkeit vor anzunehmen, dass seine Vorkommnis im Oboluskonglomerate secundärer Natur sei.

Nach der Beschreibung HOLMS und TULLBERGS finden sich im Konglomerate häufige, zum Theil recht grosse Knollen älterer Gesteine. Unter den von mir mitgebrachten Proben findet sich ein Knollen konglomeratischen Gesteins, aus einer kalkhaltigen, quarzitischen Grundmasse mit Knollen von braunem Phosphoritsandstein bestehend. Dieser Fund kann möglicherweise auf ein phosphoritführendes Gestein höheren Alters als das des Oboluskonglomerates hindeuten.

Ausser den normalen Geröllen kommen im Konglomerate häufig kleine Knollen von *dunkelbraunem, feinkörnigem Phosphoritsandstein* und *dichtem Phosphorit* vor. Ausserdem wurden einige grössere, nicht immer scharf begrenzte Partien hellen, bräunlichgrauen Phosphorits angetroffen.

Blöcke aus phosphoritführender Sedimentbreccie, N.W-Spitze der Insel Öland.

Cambrische Geschiebe von der N.W.-Spitze der Insel. N. vom Vorgebirge bei Horn sind cambrische Schichten oberhalb des Meeresspiegels nicht anstehend gefunden. Da das Mittel- und OberCambrium in verschiedenen Theilen der Insel eine höchst ungleiche Schichtenfolge aufweisen, war es von Interesse, die Ausbildung dieser Schichten auch in dem nördlichsten Theile Ölands kennen zu lernen. Im Sommer 1893 fand ich an der N.W.-Spitze eine Menge von Blöcken, mit deren Hülfe ich die dortige mittel- und obercambrische Schichtenfolge zu reconstruieren versuchen will. In diesem Zusammenhange ist jene Darstellung als Einleitung einer eingehenden Erörterung eines gewissen Types der dort gefundenen Blöcke von nöthen.

Im nördlichsten Theile der N.W.-Spitze, von Björnabben bis an ihr äusserstes Ende, stehen am Strande verschiedene Zonen des Asaphidenkalkes an, hauptsächlich Asaphuskalk und unfern der äussersten Spitze die Zone mit *Megalaspis gigas* Ang. Die Lagerstellung wechselt an verschiedenen Punkten bedeutend; eine schwache (4—13⁰.) südliche Neigung

herrscht jedoch vor. Das Meer ist fast bis an das Ufer heran von beträchtlicher Tiefe und cambrische Schichten müssen demnach in einem steilen submarinen Profile bloss liegen. Die öfters recht grossen Blöcke mittel- und obercambrischer Gesteine, welche überall hie und da unter den Ufergeröllen vorkommen, sind sicher durch die Wellen von den unmittelbar davor in der Tiefe anstehenden cambrischen Schichten losgebrochen und auf den Strand geschleudert; sie sind also wohl dazu geeignet ein Bild der Schichtenfolge an diesem Orte zu liefern.

Diese Blöcke können folgendermassen auf verschiedene Typen vertheilt werden:

1) *Bläulichgrauer Kalk und kalkiger, sehr feinkörniger Sandstein mit P. ölandicus Sjögr.* In diesen Blöcken wurden angetroffen:

Paradoxides ölandicus Sjögr.

Ellipsocephalus polytomus Linrs.

Agnostus regius Sjögr. (In einem bei Torp gefundenen Blocke.)

2) *Bläulichgrauer Schieferthon*, zweifelsohne der Zone mit *P. ölandicus Sjögr.* angehörig. Meterlange, stark zerknietete Partien dieses Schieferthons wurden an geschützten Stellen, z. B. zwischen grossen Geschieben archaischer Gesteine, angetroffen.

3) *Sedimentbreccie und Konglomerat.* Grosse eckige Partien von *P. ölandicus*-Kalk sind durch schwarzen, zum Theil konglomeratartigen Stinkkalk mit *Agnostus pisiformis* L. und *Obolus sp.* verkittet.

4) *Alaunschiefer*, hie und da Glaukonitschieferpartien enthaltend. In diesem nur *Oboliden*. Von diesem Alaunschiefer wurden recht grosse Blöcke angetroffen, einer z. B. mass 0.65 M. an Länge mit einer Mächtigkeit von 0,15 M. Auch an der N.O.-Spitze fanden sich spärliche Alaunschieferstückchen.

Auf diese Funde von Blöcken gestützt ist es leicht, die Schichtenfolge innerhalb des Mittel- und Obercambriums auf dem nördlichsten Öland mit einem ziemlich hohen Grade von Wahrscheinlichkeit zu skizzieren.

Das älteste Glied dieser Schichtenreihe macht die Zone mit *Par. ölandicus Sjögr.* aus. Der Umstand muss bemerkt werden, dass ein Theil der betreffenden Blöcke als kalkhaltiger Sandstein ausgebildet ist.

Diese Zone überlagernd und deren obersten, secundär zerborstenen Theil umfassend finden wir die im Folgenden näher beschriebene Sedimentbreccie. Dieses Gestein entstand durch Ablagerung von obercambrischem Stinkkalksediment in offene Spalten der stark zerklüfteten Oberflächenschicht der *P. ölandicus*-Zone. Die Vorkommnis von *Obolus sp.* im Bindemittel der konglomeratischen Partien des Gesteins beweist dessen Identität mit dem Oboluskonglomerate bei Horn. Diese letztere Bildung ist gleichfalls grösstentheils eine wirkliche Sedimentbreccie. Hinsichtlich des Auftretens der *Obolus*-führenden Ablagerung an jenen zwei Örtlichkeiten waltet indessen der Unterschied, dass sie nach den Angaben HOLMS bei Horn auf der *P. Tessini*-Zone ruht, in der N.W.-Spitze der Insel hingegen auf der *P. ölandicus*-Zone. Dieser Unterschied dürfte vielleicht, was

die letztere Localität betrifft, von einer tiefer einschneidenden Denudation abhängig sein.

Die aus Alaunschiefer bestehenden Blöcke entstammen ganz gewiss einer Schicht, die jünger als die Sedimentbreccie und äquivalent mit jener Alaunschieferschicht ist, welche, was zuerst TULLBERG erwiesen, bei Horn über dem Oboluskonglomerate liegt. Dieser Alaunschiefer, der allem Anschein nach auf dem nördlichen Öland durchweg das Oboluskonglomerat überlagert, dürfte ferner mit demjenigen Alaunschieferhorizont äquivalent sein, der sowohl in dem nord- als dem ostbaltischen Silurgebiete erwiesen worden. Die Funde von *Dictyonema* sowohl bei Horn als auch in Estland stützen diese Annahme. In Bezug auf den nordbaltischen Alaunschiefer deutet WIMAN schon 1892 an, dass derselbe möglicherweise der *Dictyonema*-Region angehöre¹. Die von ihm gleichzeitig mitgetheilten Beweise für eine andere Altersbestimmung, die sich auf meine Angaben gründeten, treffen auf den vorliegenden Fall nicht zu, wie ich später fand und in anderem Zusammenhange näher ergründen werde.

Nach obigen Darlegungen dürfte es kaum nöthig sein hervorzuheben, dass die Behauptung HOLMS 1882², dass an der nördlichen Spitze der Insel Öland, Alaunschiefer »unter den Ufergeröllen ganz und gar fehlt« irrig ist und sich auf ungenügende Beobachtungen stützt.

Nach obiger Darstellung weisen die mittel- und obercambrischen Schichten des nördlichsten Theils der Insel folgende Schichtenfolge auf:

- 3) Alaunschiefer (*Dictyonema*-Region).
- 2) *Sedimentbreccie und Konglomerat*, im Bindemittel *Agnostus pisi-formis* L. und *Obolus sp.* führend.
- 1) *Schieferthon und Kalkstein* mit *Par. ölandicus* Sjögr.

Beschreibung der Sedimentbreccienblöcke. Fig. 2 und Taf. VI liefern eine Vorstellung von dem Aussehen eines dieser Blöcke. Grosse unregelmässige, eckige und lappige Partien bläulichgrauen Kalksteines sind in einem Bindemittel von schwarzem Stinkkalk eingeschlossen, das auch die Spalten der Bruchstücke ausfüllt. Dies Gestein kann offenbar nicht als ein Konglomerat betrachtet werden. Das Aussehen der älteren Kalksteinpartien verräth nämlich, dass sie durchaus nicht Rollsteine sind; zuweilen ersieht man sogar aus der Form angrenzender Stücke, dass sie ursprünglich zusammengehörig gewesen. Das Aussehen des Gesteins ist also völlig breccienähnlich, und ich habe es nach der Analogie mit anderen Breccientypen (Eruptivbreccie, Reibungsbreccie) als Sedimentbreccie bezeichnet.

In den Bruchstücken des bläulichgrauen Kalksteins finden sich:

Paradoxides ölandicus Sjögr.

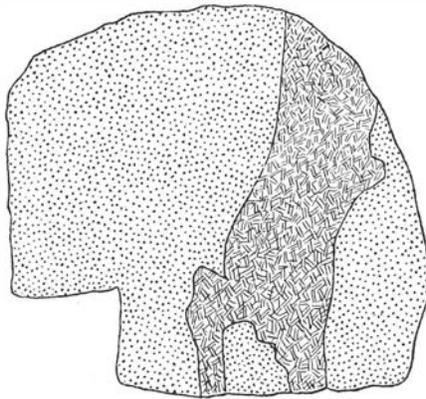
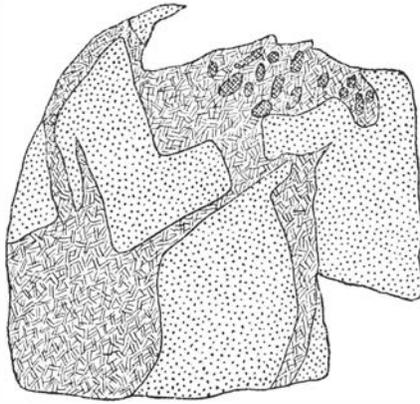
Ellipsocephalus polytomus Linrs.

Die Kalksteinpartien gehören demnach sicher der *P. ölandicus*-Zone an.

¹ C. WIMAN. Ueber das Silurgebiet des bottnischen Meeres. P. 70.

² Öfvers. af K. V. A. Förhandl. 1882. N:o 7, P. 65.

Fig. 2.



Blaugrauer Kalkstein
mit *P. ölandicus*.



Schwarzer
Stinkkalk mit
Agn. pisiformis.



Konglomeratartiger
Stinkkalk.

Sedimentbreccie. N.W.-Spitze der Insel Öland.
Verschiedene Ansichten desselben Blockes.
1:5 der natürl. Grösse.

Im Bindemittel wären vielleicht zwei Typen zu unterscheiden, einerseits ein reiner, schwarzer Stinkkalk, in welchem nur Mengen von *Agnostus pisiformis* L. und ein paar Exemplare von *Olenus* sp. angetroffen wurden, andererseits eine durch die Vorkommnis von Phosphoritknollen konglomeratische Masse, die bald dem dunkeln Stinkkalk, bald dem bläulichgrauen *P. ölandicus*-Kalke, von dem sie nicht immer scharf unterschieden werden kann, ähnelt. In dieser Masse finden sich ausser zahlreichen Exemplaren von *Agnostus pisiformis* L. theils *Obolus* sp., theils solche Formen wie *Par. ölandicus* Sjög.?¹ und *Ellipsocephalus polytomus* Linrs., welche man wohl als Ausspülungen aus der älteren *P. ölandicus*-Zone deuten muss. Diese zwei Bindemitteltypen gehen ohne scharfe Grenze in einander über, und da sich Hunderte von *Agnostus pisiformis* L. in vorzüglichem Erhaltungszustande neben nur wenigen *Obolus*-Exemplaren vorfinden, scheint keine Möglichkeit vorhanden zu sein, die Vorkommnis der ersteren Form als secundär zu deuten.

Einige Blöcke von rein konglomeratischer Ausbildung gleichen ganz und gar dem *Oboluskonglomerate* bei Horn.

In der *Obolus*-führenden Bindemasse kommen häufig kleine (etwa 1 Cm. lange), öfters geplattete Knollen aus *dunklem, feinkörnigem Phosphoritsandstein* vor, der sich in mehreren Knollen *dichten Phosphorit* nähert.

Das *Oboluskonglomerat* in Dalekarlien.

An der Basis der Silurformation des Siljan-Gebietes liegt, das Urgebirge unmittelbar überlagernd, ein Konglomerat, dessen einziges Fossil eine massenhaft auftretende *Obolus*-Art ist, nach welcher die Schicht *Oboluskonglomerat* benannt worden ist.

Von älteren Forschern ist diese Schicht an verschiedenen Localitäten angetroffen worden, nämlich Gulleråsen, Boda, Bäck, Sjurberg und Vikarbyn. Ich habe selbst nur bei Vikarbyn während eines kurzen Besuches in Dalekarlien 1894 die Gelegenheit sie zu studieren gehabt, und die folgende Beschreibung fusst ausschliesslich auf von dort herstammendem Material.

Über das Alter des Konglomerates sind in der Litteratur verschiedene Meinungen geäussert worden. Während HOLM 1882 es mit dem *Oboluskonglomerate* bei Horn (Öland), einer Schicht obercambrischen Alters, vergleicht, parallelisiert TULLBERG es zu gleicher Zeit mit jener Glaukonitschieferschicht, welche auf Öland in naher Verbindung zum Ceratopygenkalke steht. TÖRNQUIST schloss sich 1883 der Meinung TULLBERGS an (Siehe die Litteraturübersicht 25, 26); in einer späteren Arbeit vom Jahre 1889 ist ihm die Altersfrage eine völlig offene¹.

Da ich, wegen der mangelhaften Kenntnis der *Obolus*-Formen

¹ G. F. F. Bd. XI. P. 310.

überhaupt, das in Dalekarlien gesammelte *Obolus*-Material habe unbestimmt lassen müssen, kann ich mir keine eigene Überzeugung in Bezug auf die Altersfrage bilden und stelle deshalb jetzt dies Konglomerat nur provisorisch zu den cambrischen, phosphoritführenden Gesteinen. Allenfalls ist es ganz sicher, dass das Oboluskonglomerat während der Transgression entstand, welche die Sedimentation der silurischen Schichten des Siljan-Gebietes einleitete¹.

Das Oboluskonglomerat wird bei Vikarbyn von rothem, grobkörnigem Urgranit unterlagert. Der an das Konglomerat unmittelbar anliegende Granit ist fast zur Unkenntlichkeit verwittert mit weit vorgeschrittener Kaolinisierung des Feldspathes. Etwa 10 M. von dem Contacte entfernt wurden hingegen fast völlig frische Proben des Granites gesammelt.

Das *Bindemittel* des Konglomerates wird von einer unreinen grügeligen Anhäufung von Bruchstücken aus dem unterliegenden, verwitterten Urgebirge, insbesondere von reichlichen Quarzkörnern, gebildet. In gewissen Fällen ist diese Masse arm an Kalk, oft sind jedoch die Urgebirgsfragmente durch krystallinischen Kalkspath verkittet.

In dieser Grundmasse liegen zahlreiche, grössere und kleinere, normale Gerölle, Denudationsreste des Urgebirges, hauptsächlich aus gerundeten (oft 3—5 Cm. langen) Quarzgeröllen bestehend, in geringerem Masse aus Feldspathstückchen und grösseren, zusammenhängenden Urgebirgspartien.

Ausser diesen normalen Geröllen finden sich im Konglomerate massenhaft Knollen von Gesteinen, deren Bildung mit der Ablagerung des Konglomerates fast gleichzeitig ist. Diese Knollen haben gewöhnlich eine nur geringe Grösse, von kleinen Körnchen bis zu Knollen von 1—3 Cm. Länge, selten sind sie um ein Bedeutendes grösser. Die Gesteinsmasse, aus der die Knollen bestehen, sind in den meisten Fällen von dunkler, schwärzlicher Farbe, und die verschiedenen petrographischen Typen sind oft nur durch genaue Beobachtung von einander zu unterscheiden. Bisher hat man nur eine ungenügende Kenntnis dieser Typen erlangt, indem bloss einer, der dichte Phosphorit, näher beschrieben worden, während die beiden andern, der Phosphoritsandstein und der Jaspis, denen doch ein gewichtiges genetisches Interesse nicht abzuspochen ist, nur geringe oder gar keine Aufmerksamkeit gewidmet worden. Wie schon angedeutet, können die Knollen auf folgende petrographische Typen vertheilt werden:

- 1) *Phosphoritsandstein*, eine ebenkörnige Masse aus gerundeten

¹ In diesem Zusammenhange verdient es bemerkt zu werden, dass die Angabe TÖRNQUISTS über das Vorkommen in dem Konglomerate von Schieferpartien mit Bruchstücken einer Lingula-ähnlichen Brachiopodenform eine Bestätigung verlangen dürfte (Vgl. die Literaturübersicht 11). Diese Angabe würde das Vorhandensein in dem Siljan-Gebiete von fossilführenden Schichten, älter als das Oboluskonglomerat, andeuten, aber es scheint mir immer möglich, dass Knollen, die der unten besprochenen Gesteinsserie, Phosphoritgesteinen-Jaspis angehören, ihr zu Grunde liegen.

Quarzkörnern, durch isotropes Phosphoritcement verkittet. Hie und da finden sich unter den Quarzkörnern auch einzelne Stückchen von Feldspath und Körner von Glaukonit. Der Phosphoritsandstein kommt oft in recht grossen Knollen vor (darunter einer von 8 Cm. Länge).

2) *Dichter, dunkelgrauer bis schwärzlicher Phosphorit*. Dieser Typus findet sich häufig, immer aber in Knollen von unbedeutender Grösse, die oft eine glänzende, glatte Oberfläche haben.

In einem Knollen aus unreinem Phosphorit wurden zahlreiche Brachiopodenbruchstückchen angetroffen, welche höchst wahrscheinlich eben jener *Obulus*-Form angehören, die im Bindemittel des Konglomerates sehr reichlich vorkommt.

3) *Jaspis* von wechselnder Farbe, gelb bis schwarz¹. Der Jaspis zeigt stets eine ausgeprägte, feine Farbenstreifung, die wellenförmig verlaufend die Knollen durchquert.

Unter dem Mikroskope erscheint das Gestein aus einem sehr feinkörnigen, unreinen Quarzaggregate mit eingestreuten rundlichen Klümpchen einer rothgelben Substanz, die wahrscheinlich Ferrihydrat ist, zusammengesetzt². In dieser feinkörnigen Grundmasse finden sich, bald als Ausfüllung von Spalten, bald ohne jedwede scharfe Begrenzung, Partien grobkörnigen, durchaus wasserklaren Quarzes mit undulöser Auslöschung. Ein hervorstechender Zug dieser Jaspisform ist die gänzliche Abwesenheit jener radialstrahliger Opalpartien, welche sehr häufig in den Jaspisknollen des phosphoritführenden Kalkes an der Basis des Untersilurs in Nerike vorkommen (Siehe unten).

Oberwähnte drei Gesteinstypen sind keineswegs scharf von einander getrennt, im Gegentheil, vollständige Reihen von Übergängen dürften sich vorfinden. Daraufhin deuten schon ihre durchaus gleichförmige Art des Auftretens und ihre äussere Ähnlichkeit, die so gross ist, dass die verschiedenen Typen in einigen Fällen nur nach näherer chemischer und mikroskopischer Untersuchung unterschieden werden können. Auch wird diese Annahme durch die mikroskopische Untersuchung mehrerer Dünnschliffe bestätigt.

Die Erfahrung hinsichtlich anderer phosphoritführender Gesteine, in denen Phosphoritsandstein vorkommt, lehrt, dass jenes Phosphoritgestein stets von dichtem Phosphorit begleitet wird, mit dem es durch intermediäre Formen verbunden ist. Dem ist hier auch so. Zahlreiche Knollen, in deren Grundmasse aus dichtem Phosphorit mehr oder weniger reichliche Quarzkörner eingestreut sind, vermitteln den Übergang zwischen den beiden Typen. Sogar in Knollen, die makroskopisch aus reinem dichtem Phos-

¹ Die Vorkommnis von Jaspisknollen in dem Obuluskonglomerate Dalekarliens ist von A. G. NATHORST kürzlich erwähnt worden. G. F. F. Bd IV, P. 391. 1879.

² Wenn ich hier bei der mikroskopischen Beschreibung des Jaspis, um mich kurz zu fassen, von einem Quarzaggregate gesprochen habe, ist jedoch zu bemerken, dass es nie möglich gewesen ist, den optischen Charakter der quarzähnlichen Substanz zu bestimmen.

phorit zu bestehen scheinen, findet man mit Hülfe des Mikroskopes spärliche Quarzkörnchen.

Übergangsformen möchten auch zwischen dem Jaspis und dem dichten Phosphorite existieren. Ein Knollen zeigt unter dem Mikroskope, dass er grossentheils aus structurlosem, isotropem Phosphorit gewöhnlichen Aussehens besteht. In dieser Masse aber und zwar in äusserst intimer Verbindung mit ihr finden sich Anhäufungen einer feinkörnigen, doppelbrechenden Substanz, die der Grundmasse des Jaspis völlig gleich und wahrscheinlich mit ihr identisch ist. Ein anderer Umstand, der vielleicht auf einen näheren Zusammenhang zwischen dem Jaspis und den Phosphoritgesteinen hinweist, wäre darin zu sehen, dass viele Jaspisknollen häufige Einstreuungen von allothigenen Quarzkörnern enthalten. Nebst diesen finden sich auch Glaukonitkörner.

Durch umfassendere mikroskopische und chemische Untersuchungen würde wahrscheinlich der intime Zusammenhang zwischen dem Jaspis und den Phosphoritgesteinen noch besser klargelegt werden. Die analytischen Arbeiten, deren Ergebnisse unten mitgetheilt werden, mussten auf Untersuchung der drei Gesteinstypen, Phosphoritsandstein, dichter Phosphorit und Jaspis, in ihrer extremsten Ausbildung beschränkt werden. Indessen dürfte bereits aus dem vorhin Angeführten mit höchster Wahrscheinlichkeit zu folgern sein, dass sie vermittelst intermediärer Formen zu einer natürlichen Gruppe verbunden sind.

Schon 1879 beschrieb A. G. NATHORST eine Menge Vorkommnisse von Jaspisknollen in über stark verwittertem Urgebirge lagernden Basalkonglomeraten und zeigte, dass die durch Kaolinisierung des Feldspathes der archaischen Gesteine frei gewordene Kieselsäure das Material zu dem Jaspis geliefert habe¹. Das Material zu den mit dem Jaspis nahe verbundenen Phosphoritgesteinen stammt natürlich, wie in einem folgenden Abschnitt näher erörtert werden wird, ganz anderswo her, nämlich — abgesehen von dem Quarzsande des Phosphoritsandsteins — von den Schalen jener *Obolus*-Form, welche im Konglomerate so häufig auftritt. Dass die Bildung der Phosphoritgesteine mit der Ablagerung des Konglomerates gleichzeitig ist, liegt demnach als völlig sicher vor. Der ursachliche Zusammenhang zwischen der Verwitterung des Urgebirges und dem Entstehen des Jaspis weist vielleicht darauf hin, dass dies Gestein schon vor der Transgression des Meeres in diese Gegenden gebildet wurde, wohingegen der intime Zusammenhang zwischen dem Jaspis und den Phosphoritgesteinen eine gemeinsame Bildungszeit der beiden Gesteinstypen andeutet.

Die chemische Untersuchung der Phosphoritgesteins- und Jaspisknollen ist von Cand. Phil. Fräulein N. SAHLBOM ausgeführt worden. Ein Auszug aus einer älteren Analyse von L. PALMGREN wird hier auch mitgetheilt:

¹ G. F. F. Bd IV, P. 385.

	1.	2.	3.
Ungelöster Rückstand . . .	6,98	5,10	77,17
P ₂ O ₅	34,14	32,44	7,30

- 1) Phosphorit, Boda. PALMGREN.
- 2) Phosphorit, Vikarbyn.
- 3) Phosphoritsandstein, Vikarbyn.

Die Analyse des Jaspis lieferte folgendes Ergebnis:

SiO ₂	90,67
P ₂ O ₅	0,34
Fe ₂ O ₃ (+ Al ₂ O ₃)	5,15
CaO	0,59
MgO	0,09
Glühverlust	1,64
	98,48

Alkalien wurden nicht bestimmt.

Der bedeutende Gehalt an Fe₂O₃ mag von Ferrihydrat herrühren, da wahrscheinlich die winzigen rothgelben Kügelchen, welche überall hie und da in die Jaspismasse eingestreut sind, daraus bestehen.

Die in KOH lösliche Kieselsäure wurde zu 3,31 Proc. bestimmt. Dieser unbedeutende Gehalt dürfte wohl von dem gänzlichen Mangel an radialstrahligen Opalpartien abhängig sein. In dem Jaspis, welcher in dem phosphoritführende Kalke in Nerike vorkommt, sind derartige sphärolithische Bildungen überaus allgemein und zugleich ist sein Gehalt an löslichem SiO₂ um ein Bedeutendes grösser (13,78 0/0. Siehe unten).

Die Phosphoritzone des Mittel- und Obercambriums.

Bereits in der Beschreibung der untercambrischen Phosphoritzone wurde erwähnt, dass phosphoritführende Gesteine in Schonen in den Grenzschichten zwischen dem Unter- und Mittelcambrium vorkommen. (Vgl. P. 162).

Auf der Grenze zwischen den Zonen mit *Paradoxides ölandicus* Sjögr. und *P. Tessini* Brongn. finden wir auf Öland eine phosphoritführende Schicht in dem *Acrothele granulata*-Konglomerate, das theils in der Gegend von Borgholm, theils weiter südwärts bei Runsbäck unfern Eriksöre angetroffen worden.

In diesem Zusammenhange dürfte daran erinnert werden, dass H. SANTESSON bei einer Analyse von *P. ölandicus*-Schiefer von Jemtland einen Gehalt von 1,479 0/0 P₂O₅ gefunden hat. (Vgl. P. 149).

Eine andere Angabe, die hier Erwähnung verdient, bezieht sich auf die Paradoxides-Schichten der Insel Bornholm. Eine Stinkkalkschicht,

welche nach JOHNSTRUP der Zone mit *P. Tessini* angehört, ist im untersten Theil als *Phosphorit-Breccie* ausgebildet¹.

Die unvergleichlich ausgedehnteste der mittelcambrischen Phosphoritzone treffen wir innerhalb der *P. Forchhammeri*-Zone an. Auf diesem Niveau finden sich nämlich Konglomeratbildungen in Jemtland, Nerike, Westergötland und auf der Insel Öland. Bereits im Jahre 1873 bemerkte LINNARSSON, dass die *P. Forchhammeri*-Zone in den drei ersteren Silurgebietern phosphoritführend ist. (Vgl. die Litteraturübersicht 10). Auf Öland ist die *P. Forchhammeri*-Zone schon seit lange von S. Möckleby her bekannt. In späterer Zeit habe ich etwa 30 Km. weiter nördlich bei Karlevi und Eriksöre ein hierherbezügliches Konglomerat gefunden, das zahlreiche Knollen feinkörnigen Phosphoritsandsteins enthielt. Binnen kurzem werde ich in anderem Zusammenhange eine nähere Beschreibung der an diesen Örtlichkeiten befindlichen cambrischen Konglomerate liefern.

Dem jüngeren Theil des Obercambriums gehört jene *Obolus*-führende Konglomerat- und Sedimentbreccien-Bildung des nördlichen Ölands an, die bei Horn die *P. Tessini*-Zone und an der N.W.-Spitze der Insel die *P. ölandicus*-Zone überlagert. Das Oboluskonglomerat ist nach HOLM jünger als die Oleniden-Region und ihre Lage wird nach oben zu dadurch bestimmt, dass TULLBERG bei Horn *Dictyonema*-Schiefer über demselben gefunden.

Das Alter des im Siljan-Gebiete vorkommenden Oboluskonglomerates ist noch unbestimmt.

¹ F. JOHNSTRUP. Abriss der Geologie von Bornholm. P. 18.

Phosphoritführende Gesteine an der Basis des Untersilurs.

Phosphoritführender Kalkstein in Nerike und Westergötland.

In den untersten Schichten des Untersilurs finden wir einen innerhalb des skandinavischen Silurgebietes weit verbreiteten phosphoritführenden Horizont. Diesbezügliche Phosphoritvorkommnisse wurden zuerst von P. T. CLEVE in Westergötland beobachtet und dann näher von L. PALMGREN untersucht (Litteraturübersicht 2, 5).

Ich habe diese phosphoritführenden Schichten auch studiert, theils bei Lanna und Yxhult in Nerike, theils bei Wåmb in Westergötland, unfern Sköfde. Bei Lanna und Wåmb hatte ich Gelegenheit, Profile durch das phosphoritführende Lager und die daran grenzenden Schichten zu messen. An allen drei Localitäten konnte ich übrigens das phosphoritführende Gestein und den zunächst darunter liegenden Stinkkalk in den grossen schönen Contactproben, welche in den Steinbrüchen angehäuft lagen, gut untersuchen.

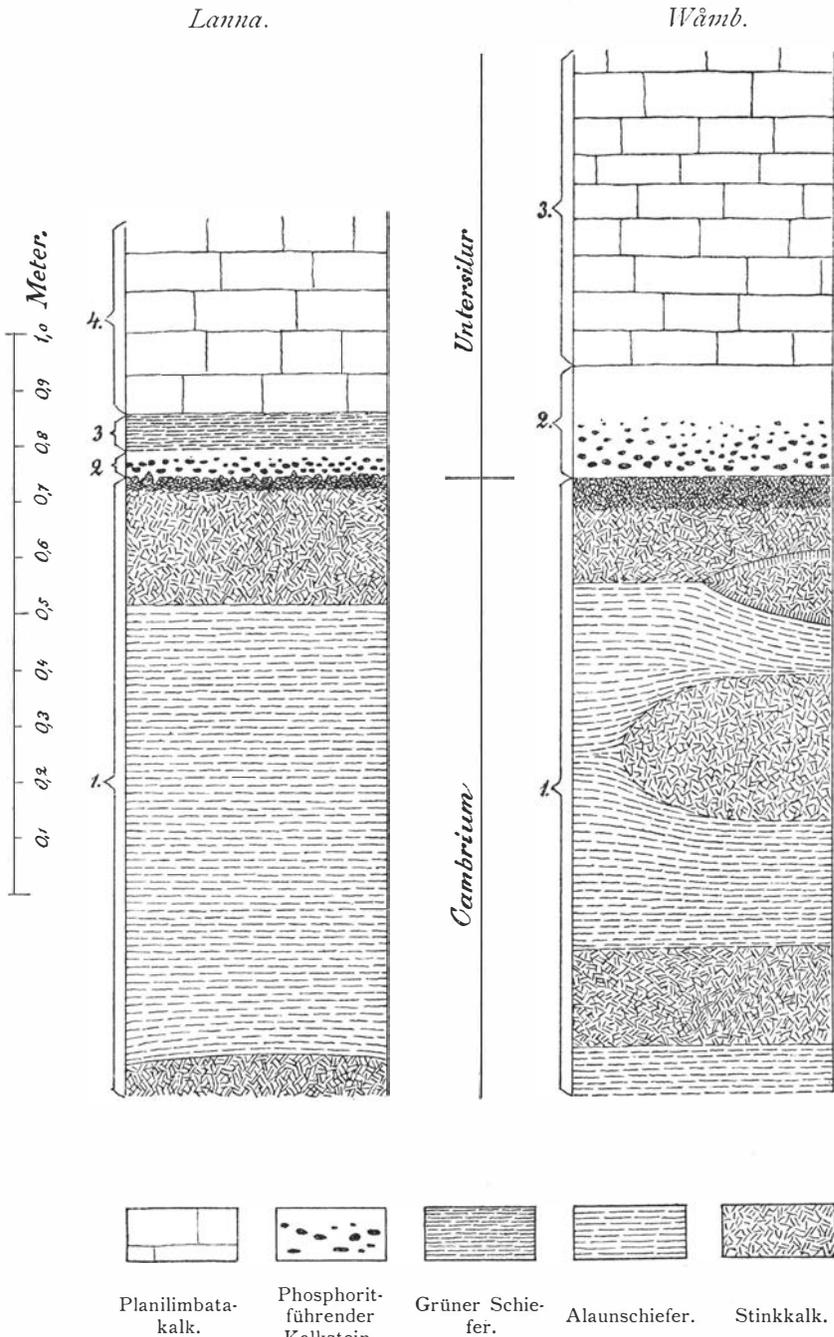
Beschreibung der Profile.

Sowohl bei Lanna als bei Wåmb sind die cambrisch-silurischen Schichten bis auf eine bedeutende Tiefe durchbrochen. Der niedere Theil der Wände der Steinbrüche werden von den jüngsten Schichten des Obercambriums, dem Alaunschiefer der Pelturazone mit Linsen und Bänken von Stinkkalk gebildet, der obere Theil besteht aus den niederen Zonen des Asaphidenkalkes. Die hier mitgetheilten Profile repräsentieren nur einen kleinen Theil dieser Durchschnitte, nämlich eben die Grenzschichten zwischen dem Cambrium und dem Silur.

Der Profil bei Lanna in Nerike (Fig. 3, von unten nach oben):

1. *Alaunschiefer* mit grossen Linsen und Bänken von Stinkkalk. In der obersten Stinkkalkbank, unmittelbar unter dem phosphoritführenden Kalkstein wurden *Peltura sp.* und *Sphaerophthalmus sp.* angetroffen. Theils da, wo diese Stinkkalkbank unten an den Alaunschiefer grenzt, theils vielleicht als Ausfüllung von Spalten im Stinkkalk wurde eine dunkle, griesige Masse vorgefunden, die zum grössten Theil aus schwarzen Phosphoritkörnchen bestand. Der Stinkkalk ist überwiegend schwarz, nur in dem obersten (4—5 Cm.

Fig. 3.



Profile durch die Grenzsclüchten zwischen Cambrium und Untersilur in Nerike und Westergötland.

(Durch ein Versehen ist die Entfärbungszone des Stinkkalkes dunkler statt heller als der übrige Stinkkalk gezeichnet worden.)

mächtigen) Theile der Bank, unmittelbar unter dem phosphoritführenden Kalke waltet eine hellere, graue Farbe. Die obere Grenzfläche der Stinkkalkschicht ist tief grubig; die Gruben sind von dem phosphoritführenden Kalkstein ausgefüllt. 1.1 M. +.

2. *Kalkstein* mit sehr zahlreichen dunkelgrünen Glaukonitkörnchen und Knollen aus braunem Phosphorit. 0.04—0.05 M. ¹

3. *Grüner Schiefer* mit *Agnostus* und *Shumardia*. 0.04—0.08 M.

4. *Grünlichgrauer Kalkstein* mit spärlichen Glaukonitkörnern. (Die Zone mit *Megalaspis planilimbata* Ang.). 0.35 M. +.

Der Profil bei Wåmb in Westergötland.

1. *Alaunschiefer* mit Stinkkalklinsen. Oberst, unmittelbar unter dem phosphoritführenden Kalke liegt eine Stinkkalkpartie, welche eine zusammenhangende Bank zu bilden scheint. Der oberste Theil dieser Bank mit einer Mächtigkeit von 5—6 Cm. ist grau mit scharfer Farbengrenze gegen den unterliegenden dunkelfarbigen Theil der Stinkkalkbank. In dieser obersten grauen Stinkkalkpartie wurden unmittelbar unter dem phosphoritführenden Kalkstein *Peltura scarabæoides* Wbg. und *Sphaerophthalmus alatus* Boeck angetroffen. Im niederen Theile der Bank wurde eine kleine Stinkkalklinse mit grobkrySTALLINISCHER Schale und zum Theil konglomeratischer Ausbildung beobachtet. 1.1 M. +.

2. *Kalkstein*, hellgrau bis grünlich. In der niederen Hälfte des Lagers treten Glaukonitkörner und Phosphoritknollen sehr häufig auf, in der oberen hingegen nur spärlich. Die Grenze gegen den unterlagernden Stinkkalk verläuft hier eben. In dieser Schicht *Orthis*, *Symphysurus* u. s. w. 0.2 M.

3. *Hellgrauer Kalkstein* mit dunkelgrauen Flecken. In Bänken von 5—9 Cm. Mächtigkeit abgesondert. (Wahrscheinlich die Zone mit *Megalaspis planilimbata* Ang.). 0.56 M. +.

Übersicht der Lagerungsverhältnisse.

Ein Vergleich der Profile mit einander ergibt eine grosse Übereinstimmung hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse der beiden in verschiedenen Silurgebieten gelegenen Localitäten. Die Schichten 1 und 2 sind für beide Profile gleichwerthig, die Schicht 3 des Wåmb-Profiles entspricht den Schichten 3 und 4 des Lanna-Profiles. Die Schicht 3 der letzteren Örtlichkeit ist eine sporadisch auftretende Schieferschicht von geringer Mächtigkeit, die indessen wegen ihrer eigenthümlichen Fauna paläontologisches Interesse besitzt. Auch am Billingen und in Falbygden findet sich nach PALMGREN (Litteraturübers. 5) vielerorts unmittelbar über dem phosphoritführenden Kalksteine eine dünne Schicht von grünlichgrauem schieferigem Mergel.

¹ Die geringe Mächtigkeit des phosphoritführenden Kalksteins in dem Profile ist als eine Ausnahme zu betrachten.

Die Schicht 1 bildet das jüngste Glied der cambrischen Formation. Ihr Alter ist mit Gewissheit durch die Funde von *Peltura scarabæoides* Wbg. und *Sphærophthalmus alatus* Boeck auch unmittelbar unter dem phosphoritführenden Kalkstein bestimmt.

Die oberen Schichten (2—4) gehören der untersilurischen Formation an. Das untersilurische Alter des phosphoritführenden Kalksteins wird durch die Vorkommnis von Trilobitengattungen wie *Symphysurus* und *Megalaspis* erwiesen. In Bezug auf die nähere Altersbestimmung haben ältere Verfasser verschiedene Ansichten geäußert (Litteraturübers. 5). Während einerseits LINNARSSON den phosphoritführenden Kalkstein in Falbygden und Nerike als die älteste Schicht des »Orthoceratitenkalkes« (= Asaphidenkalkes) betrachtete, verglich PALMGREN andererseits den phosphoritführenden Kalkstein und den überlagernden schieferigen Mergel Falbygdens mit dem phosphoritführenden Ceratopygenkalk und »unteren Graptolithenschiefer« am Kinnekulle und hielt sie gegenseitig für gleichalterig. Später beschrieb Linnarsson den Fund von den Fossilien sowohl des Ceratopygenkalkes als auch des »unteren Graptolithenschiefers« in Falbygden¹. Die Fossilien des Ceratopygenkalkes fanden sich in einem reinen grauen Kalkstein *unter* dem »konglomeratischen Glaukonitkalk«.

Dass der phosphoritführende Kalkstein und der ihn überlagernde grüne Schiefer in Nerike mit jenen vorhin erwähnten entsprechenden Schichten in Falbygden gleichzeitig sind, scheint mir völlig sicher zu sein. Über die Altersbeziehungen zwischen dem eben besprochenen phosphoritführenden Kalkstein und dem phosphoritführenden Ceratopygenkalk am Kinnekulle kann ich dagegen nichts Bestimmtes äussern. Eine nähere Erörterung dieser Frage werde ich einer Arbeit über die cambrisch-silurische Formation in Nerike vorbehalten, wozu ich während mehrerer Sommer Material gesammelt.

Entfärbungs- und Corrosionserscheinungen in dem Stinkkalk unter dem phosphoritführenden Kalkstein.

Bereits aus dem Profile von Lanna und der Beschreibung davon erhellt, dass die obere Grenzfläche der jüngsten cambrischen Stinkkalkbank tief grubig ist, und dass der phosphoritführende Kalkstein diese Gruben ausfüllt. Auch an den beiden andern Localitäten, Yxhult und Wåmb, habe ich dies Verhältnis beobachtet, weshalb wir hierin ein besonderes Characteristicum dieses Contacts erblicken dürften. Rein ausnahmsweise ist der Contact an der Stelle, wo der Profil bei Wåmb gemessen wurde, völlig eben.

Tafel VII bezweckt die Erklärung dieser Erscheinung. Fig. 2 zeigt das gewöhnliche Aussehen des Contacts mit 2—4 Cm. tiefen und 1—3 Cm. weiten Gruben, die in den Stinkkalk einschneiden, welcher das Liegende des phosphoritführenden Kalksteins bildet. Dergleichen Gruben findet man

¹ G. LINNARSSON: Ceratopygekalk och undre graptolithskiffer på Falbygden i Vester-götland. G. F. F. Bd. IV, N:o 9. 1879. P. 269--270.

zu Hunderten überall, wo der fragliche Contact blossgelegt ist. Fig. 1 zeigt eine rückständige, an beiden Seiten freidenudierte, hutpilzförmige Stinkkalkpartie. Bisweilen kann man zwischen den Gruben solche Denudationsreste als kurze, dicke Stinkkalkpfeiler emporragen sehen und ist dann im Stande zu beobachten, dass die obere Grenzfläche der Stinkkalkbank durch Denudation mindestens 4 Cm. gesenkt worden.

An einigen Contactproben ist der phosphoritführende Kalkstein zum Theil weggeschlagen, so dass die gerundete, holperige und grubige obere Grenzfläche der Stinkkalkbank bloss liegt. Diese Fläche erweist sich nun als grün gefärbt, was durch einen dünnen Mineralanflug, wahrscheinlich von Glaukonit, bewirkt wird.

Die eben beschriebene grubige Contactfläche kann augenscheinlich nicht als eine primäre Ablagerungsfläche der jüngsten cambrischen Schicht verstanden werden, sondern muss, was vorhin schon angedeutet wurde, einem secundären Denudationsprocesse ihre Entstehung verdanken. Einer mechanischen Corrasion ist die Veranlassung zu diesen überaus häufigen, tiefen und engen Grübchen jedenfalls gänzlich abzusprechen, sie müssen durch die Thätigkeit bohrender Organismen oder am wahrscheinlichsten durch eine chemische Corrosion erklärt werden. Ich bezeichne sie im Folgenden als *Corrosionsgruben* und die Erscheinung selbst als *Corrosionserscheinung*, zwar unter dem Vorbehalte, dass dies nur geschieht um einen handlichen Ausdruck zu bezwecken, da die Ursache der Erscheinung ja immer noch unbekannt ist.

Bisher wurde diese Corrosionserscheinung nur als eine zwischen der jüngsten cambrischen und der ältesten untersilurischen Schicht eintretende Contacterscheinung dargestellt. Um eine erweiterte Kenntnis von der wirklichen Natur dieser Erscheinung anzubahnen, werden wir in der Folge versuchen, ihr einen grösseren Geltungskreis zu verschaffen.

Beobachten wir deshalb anfänglich das Verhalten des phosphoritführenden Kalksteins den Corrosionsgruben des cambrischen Stinkkalks gegenüber. Taf. VII, Fig. 2, der mit grosser Schärfe das natürliche Aussehen der abgebildeten Contactstufe darstellt, giebt uns hiervon eine gute Vorstellung. Fast alles, was das Bild uns von dem phosphoritführenden Kalke vorführt, gehört der untersten Schicht dieses Kalksteines an. Die Partien dieser Schicht, welche die Corrosionsgruben des Stinkkalkes (g_1 der Conturentafel) ausfüllen, sind *durchweg mit Glaukonitkörnern gespickt*, was deutlich aus der Figur erhellt. Auch der den Stinkkalk unmittelbar überliegende untere Theil der Schicht ausserhalb der Gruben ist glaukonitreich, allmählich nimmt aber der Reichthum an Glaukonit nach oben zu ab, und die obere Hälfte der Schicht ist *fast gänzlich glaukonitfrei*. Bei dieser Vertheilung des Glaukonits innerhalb der Schicht waltet gar nicht der Zufall; in zahlreichen Contactstufen habe ich eine herrliche Entfaltung desselben Verhaltens wahrgenommen: im unteren Theile der Schicht, insbesondere in den die Corrosionsgruben ausfüllenden Partien, findet eine derartige Anhäufung von Glaukonitkörnern statt, dass zeitweilen der Kalk völlig ver-

drängt scheint, in der oberen Hälfte der Schicht fehlt hingegen das betreffende Mineral fast ganz und gar. Auch in der Fig. 1, Taf. VII abgebildeten Stufe ist diese Vertheilung leicht wahrnehmbar, obgleich sie auf der auf dem Bilde sichtbaren Seite nicht deutlich zum Vorschein kommt.

Kehren wir zu Fig. 2, Taf. VII zurück. Am oberen Rande dieses Bildes erblicken wir einige gruben- oder schlauchförmige, in den oberen Theil der ältesten Schicht des phosphoritführenden Kalksteins eingesenkte glaukonitführende Bildungen (g_2 der Conturentafel). Es sind dies die untersten, glaukonitreichen Partien der folgenden Schicht, welche Gruben und Aushöhlungen der oberen Fläche der untersten Schicht ausfüllen. Diese Erscheinung ist nicht auf die Grenze zwischen der untersten und zweituntersten Schicht des phosphoritführenden Kalksteins beschränkt, sondern ist auch zwischen den höhergelegenen Schichten beobachtet. Hier finden wir also eine Contacterscheinung zwischen den verschiedenen Schichten des phosphoritführenden Kalksteins, welche jener vorhin zwischen dem cambrischen Stinkkalk und dem silurischen phosphoritführenden Kalkstein beobachteten völlig analog ist. Die Erscheinung kann charakterisiert werden wie folgt: Die Oberfläche der unteren Schicht ist uneben, holperig, mit tiefen, gruben- und schlauchförmigen Vertiefungen. Auch hier ist die Oberfläche von einem dünnen grünen Mineralhäutchen bedeckt. Die Vertiefungen werden von den untersten Partien der folgenden Schicht ausgefüllt, welche an Glaukonit sehr reich sind, während der obere Theil der Schicht fast glaukonitfrei ist. In einzelnen Fällen, wenn der Glaukonit ausnehmend häufig auftritt, sind die Schichten jedoch in ihrer ganzen Mächtigkeit durchweg mit Körnern dieses Minerals gespickt.

Ein bestimmter Unterschied waltet zwischen den Corrosionsgruben des Stinkkalks und den Aushöhlungen des phosphoritführenden Kalksteins. Die Corrosionsgruben des Stinkkalks sind recht weit, 2—3 Cm. (so z. B. jene links Fig. 2, Taf. VII). Die Aushöhlungen der Schichtoberflächen des phosphoritführenden Kalksteins schlängeln sich oft recht unregelmässig, schlauchförmig. Bisweilend laufen zwei Aushöhlungen in ihrem unteren Theile in einander und bilden so einen an beiden Enden offenen Canal. Der Durchmesser dieser Aushöhlungen ist gering und überraschend constant, 0.5 Cm., selten weiter oder enger und dann nur um ein geringes Mass.

Eine völlige Analogie zwischen den Corrosionserscheinungen der Oberfläche des Stinkkalks und den Aushöhlungen der Schichtflächen des phosphoritführenden Kalksteins befürworten mehrere Umstände, nämlich das gleichförmig holperige und grubige Aussehen beider Flächen, ihr grüner Mineralanflug, und die übereinstimmende Anhäufung von Glaukonit in den Gruben und Aushöhlungen. Die obenbeschriebenen Differenzen im Aussehen der jedesfallsigen Vertiefungen können jedoch vielleicht auf einen genetischen Unterschied hindeuten. Der cambrische Stinkkalk war ganz gewiss ein völlig consolidiertes Gestein, als die Gruben in der Oberfläche entstanden, diese waren wahrscheinlich, wie vorhin gezeigt wurde, das Er-

gebnis einer chemischen Corrosion. Die Aushöhlungen der Schichtoberflächen des silurischen Kalksteins möchte man hingegen infolge ihres schlängelnden, schlauchförmigen Verlaufes und ihres geringen, aber constanten Durchmessers versucht sein, als Spuren irgend einer Thierform, welche in dem noch nicht völlig erhärteten Kalkschlamme hinterlassen worden, zu erklären.

Auch in einem etwas jüngeren Kalksteinhorizonte habe ich Contacterscheinungen, welche den in den phosphoritführenden Kalksteinschichten auftretenden analog sind, beobachtet. Das Gestein der *Megalaspis limbata*-Zone ist nämlich in Nerike und Östergötland ein schwach röthlicher Kalkstein, der in 10—25 Cm. mächtigen Bänken mit schieferigen Grenzflächen abgesondert ist. Jede einzelne Bank besteht aus 1—4 Schichten mit einer Mächtigkeit von 4—10 Cm. Am deutlichsten geschichtet fand ich den Limbatakalk bei Berg in Östergötland, in einem nördlich vom Canale gelegenen Steinbruche. Fig. 4 liefert einen Verticaldurchschnitt durch eine dort gefundene Stufe aus einer vierschichtigen Bank. Der untere Theil jeder Schicht ist von grünlichgrauer Farbe; diese verändert sich aber allmählich nach oben zu, so dass der oberste Theil der Schicht rein rothbraun gefärbt ist. Die Contactlinie zwischen zwei Schichten wird deshalb durch einen scharf ausgeprägten Farbengegensatz bezeichnet. Dieser Contact weist übrigens einen eigenthümlichen Verlauf auf, der in hohem Masse an die Grenzverhältnisse der phosphoritführenden Kalksteinschichten erinnert. Die obere Grenzfläche jeder Schicht ist äusserst uneben mit tiefen, schlängelnden, schlauchförmigen Aushöhlungen, welche in den oberen rothbraunen Schichtentheil eingegraben sind. Diese Aushöhlungen werden durch die untersten, grünlichgrauen Partien der aufliegenden Schicht, ausgefüllt¹.

Auch innerhalb *einer* Schicht habe ich geglaubt, Spuren von dergleichen schlauchförmigen Partien finden zu können, welche dann aus rothbrauner Kalkmasse bestehen und Ausläufer des oberen rothbraunen Theiles der Schicht in die untere grünlichgraue Schichtenhälfte eingegraben bilden. Falls hier wirklich dieselbe Erscheinung *innerhalb* der Schicht wie an der Grenze zweier Schichten vorliegt, dürfte es recht wahrscheinlich sein, dass die schlauchförmigen Partien in beiden Fällen Ausfüllungen von Spuren sind, welche irgend eine Thierform hinterlassen hat.

Wir haben oben drei Gruppen von Erscheinungen kennen gelernt, welche recht bemerkenswerthe Ähnlichkeiten besitzen:

1. Die Corrosionsgruben der obersten Fläche des cambrischen Stinkkalks. Die Gruben werden durch die unteren glaukonitreichen Partien der ältesten silurischen Kalksteinschicht ausgefüllt.
2. Tiefe, schmale, schlängelnde Aushöhlungen in den oberen

¹ Viele dieser schlauchförmigen Gruben sind auf der abgebildeten Probe quer durchschnitten und treten deshalb als runde, grünlichgraue, scharf begrenzte Flecken in der rothbraunen Masse auf.

Fig. 4.



Durchschnitt durch eine Bank von Limbatakalk, Berg, Östergötland.

Autotypie nach der Natur. Beinahe natürl. Grösse.

Die helleren Partien entsprechen den grünlichgrauen, die dunkleren den rothbraunen Schichtenhälften des Gesteins.

Grenzflächen der phosphoritführenden Kalkschichten. Diese Aushöhlungen werden durch die untersten glaukonitreichen Partien der aufliegenden Schicht ausgefüllt. Der obere Theil der Schicht ist äusserst arm an Glaukonit.

3. Innerhalb der *Megalaspis limbata*-Zone in Östergötland tiefe, unregelmässig verlaufende, schmale Aushöhlungen in den oberen Grenzflächen der Kalksteinschichten. Diese Aushöhlungen werden durch die untersten, grünlichgrauen Partien der aufliegenden Schicht ausgefüllt. Die dem unteren Theil der Schicht eigenthümliche grünlichgraue Farbe geht nach oben zu allmählich in rothbraun über.

Wie schon früher erwähnt wurde, möchten die Gruben in den oberen Grenzflächen des cambrischen Stinkkalks wahrscheinlich als Ergebnisse einer chemischen Corrosion zu deuten sein. Betreffs der Grenzerscheinungen zwischen den Schichten im phosphoritführenden Kalkstein und im Limbatakalk könnten zweierlei ungefähr gleichberechtigte Deutungen aufgestellt werden. Einerseits leuchtet die Möglichkeit ein, dass jene schlängelnden, schmalen Aushöhlungen im oberen Theil der Schichten Spuren nach irgend einer Thierform seien. Andererseits stellen sich aber zwischen dieser Erscheinung und den Gruben in der Oberfläche des cambrischen Stinkkalks so viele Analogien dar, dass man geneigt ist zu glauben, ein gleichförmiger Entstehungsverlauf liege sämtlichen Contacterscheinungen zu Grunde. Nach dieser Annahme würden die Aushöhlungen in den oberen Grenzflächen der Schichten des phosphoritführenden Kalksteins und des Limbatakalkes die mit einer äusserst ungleichförmig verlaufenden Corrosion verbundenen Intervallen in der ausserordentlich deutlich periodischen Sedimentation bezeichnen. Die Aushöhlungen in den oberen Schichtflächen des phosphoritführenden Kalksteins und des Limbatakalkes sind offenbar submarin entstanden. Nach der Annahme eines gleichartigen Corrosionsverlaufes bei der Bildung der drei betreffenden Erscheinungsgruppen wäre demnach für die submarine Entstehungsweise der Gruben in der Oberfläche des Stinkkalks gleichfalls der Nachweis geliefert.

Nun ist aber alles, was jetzt hinsichtlich der Entstehungsbedingungen der beschriebenen Erscheinungen angeführt worden, in höherem oder geringerem Grade auf ungewisse Vermuthungen aufgebaut. Eine gründliche Erforschung dieser Erscheinungen erheischt umfassende chemische Arbeiten, die auszuführen mir die Gelegenheit versagt gewesen. Mehrere interessante Fragen würden durch derlei Untersuchungen wahrscheinlich gelöst werden, z. B. jene, weshalb der Glaukonit so überwiegend in den unteren Schichtenhälften des phosphoritführenden Kalksteins auftritt, und welcher Ursache der regelmässige Farbenwechsel von grünlichgrau ins Rothbraune innerhalb der Schichten des Limbatakalks zuzuschreiben sei.

Noch eins muss in diesem Zusammenhange hinzugefügt werden. Die schöne Schichtung des Limbatakalks in Östergötland erinnert in hohem Masse an jene Schichtung des spätglacialen Eismeerthones, welche nach DE GEER und HÖGBOM den *jährlichen* Wechsel der Sedimentation wie-

derspiegelt. Falls nun eine Analogie zwischen den Sedimentationsvorgängen des spätglacialen Eismeerthones und des Limbatakalkes sich in der That vorfände, müssten die Schichten der silurischen Ablagerung jedoch eine zeitliche Einheit von mannigfach höherer Ordnung vertreten.

Wir kehren zur Besprechung des Contactes zwischen dem phosphoritführenden Kalkstein und dem unterliegenden cambrischen Stinkkalk zurück.

Bereits in der Beschreibung der Profile wurde erwähnt, dass sowohl bei Lanna wie bei Wåmb jener Theil der obersten Stinkkalkbank, der zunächst unter dem phosphoritführenden Kalkstein gelegen ist, in einer Mächtigkeit von 4—6 Cm. eine hellere, graue Farbe hat, und dass die Farbengrenze der unteren, mächtigeren, schwarzfarbigen Partie der Stinkkalkbank gegenüber sehr ausgeprägt ist. Diese dünne, heller gefärbte Zone habe ich in anstehenden Schichten überall da wahrgenommen, wo der Contact der Stinkkalkbank und des aufliegenden phosphoritführenden Kalksteins blossgelegt ist und überdies in fast allen in den Steinbrüchen liegen gelassenen, ausgebrochenen Contactstufen. Sie scheint demnach eine ebenso constante und charakteristische Erscheinung bei dem Contacte zwischen dem Stinkkalk und dem phosphoritführenden Kalkstein zu sein, als die Corrosionsgruben in der oberen Grenzfläche des Stinkkalkes es sind. Die lichtere Farbe ist der einzige sichtbare Unterschied zwischen dieser Zone und dem unterliegenden, dunkeln Stinkkalk. Ich habe keine Gelegenheit die Ursache des Farbenwechsels durch chemische Analysen nachzuspüren gehabt. Übrigens ist es zweifelhaft, ob man auf diese Weise zu einem sicheren Ergebnisse wird gelangen können. Die hellere Farbe dürfte nämlich von einer Verminderung des Bitumengehaltes des Stinkkalkes herrühren, die aber so gering ist, dass sie nicht sicher vermittels chemischer Analyse zu erkennen wäre. Die mikroskopische Untersuchung von aneinander grenzenden Partien des graufarbigem und des schwarzen Stinkkalkes ergab Folgendes: Der Stinkkalk besteht durchweg aus einer feinkörnig-krystallinischer Kalkmasse. Die dunkelfarbige (unveränderte) Stinkkalkpartie wird von einem wirren Netzwerke aus einer dunkelbraunen Substanz trüben und körnichten Aussehens, das sich hie und da zu grösseren Klumpen zusammenballt, dicht durchflochten. In der helleren Partie fehlt das netzförmige Eingemisch fast gänzlich.

Unter allen Verhältnissen geht es deutlich hervor, dass diese lichtere Farbe von einer secundären Entfärbung des obersten Theiles der Stinkkalkbank abhängt; im Folgenden bezeichne ich daher diese Partie als die *Entfärbungszone*. Fig. 2, Taf. VII stellt sowohl die Entfärbungszone als auch den unmittelbar unterliegenden, unveränderten, schwarzen Stinkkalk deutlich dar. Die untere Grenze der Entfärbungszone gegen den unveränderten Stinkkalk verläuft fast geradlinig ohne sich im geringsten durch

die Corrosionsgruben beeinflussen zu lassen, welche jener unteren Grenze oft sehr nahe kommen. In der That ist es eine durchaus generelle Erscheinung, dass die untere Grenze der Entfärbungszone und die obere Grenzfläche der Stinkkalkbank in ihren grossen Hauptzügen parallel verlaufen, ohne dass jedoch jene durch den complicierten Einzelverlauf der Grenzfläche irgendwie beeinflusst wird. Hieraus können wir mit Gewissheit folgern, dass der Entfärbungsvorgang, dem der obere Theil der Stinkkalkbank seine hellere Farbe verdankt, schon aufgehört hatte als die ungleichmässig verlaufende Corrosion ihren Anfang nahm.

Konglomeratartiger Stinkkalk unmittelbar unter dem phosphoritführenden Kalkstein bei Wåmb.

Bei Wåmb zeigt der unmittelbar unter dem phosphoritführenden Kalkstein gelegene Stinkkalk in einigen Fällen eine von dem gewöhnlichen Verhalten abweichende und zwar konglomeratische Ausbildung. Im Profile hat, wie schon aus der dazu gelieferten Beschreibung erhellt, die oberste Stinkkalkbank grösstentheils ihr gewöhnliches Aussehen, und nur eine kleine Partie im unteren Theil der Bank ist konglomeratisch. In den ausgebrochenen, im Steinbruche angehäuften Contactstufen hingegen konnte man den konglomeratischen Stinkkalk besonders gut studieren.

Die kleinen Gerölle dieses Konglomerates bestehen aus einem dichten, grauen bis schwarzen Gestein, das sich unter heftigem Brausen in HNO_3 löst. Die Lösung ergibt einen nicht unbeträchtlichen, zuweilen reichlichen Niederschlag mit Molybdänlösung. Die Knollen scheinen demnach zum Theil aus wirklichem Phosphorit, zum Theil aus einem Gestein von intermediärer Stellung zwischen diesem und dem Stinkkalk zu bestehen. In einem Phosphoritknollen fanden sich einige Exemplare von *Peltura sp.*

Das Bindemittel besteht theils aus feinkrystallinischem, dunklem, theils aus grobkrystallinischem, hellem Stinkkalk. Im Bindemittel giebt es keine Spur von Glaukonit.

Unter dem Mikroskope zeigt dies konglomeratische Gestein ein buntes Gemisch von verschiedenartigen Gesteinsbruchstücken, und es ist in den meisten Fällen schwer die Knollen und das Bindemittel von einander zu unterscheiden. Als Bindemittel dürften Partien von zum Theil grobkrystallinischem Kalkspath mit hie und da eingestreuten Quarzkörnchen zu deuten sein. Die Natur der Knollen kann nicht allemal mikroskopisch sicher bestimmt werden. Einige scheinen aus feinkörnigem, unreinem Stinkkalk zu bestehen, andere dagegen aus dichtem Phosphorit oder aus Phosphoritsandstein mit durch Phosphorit verkitteten Quarzkörnern.

Vorläufig kann nicht entschieden werden, ob das beschriebene Gestein als ein konglomeratischer Abschluss der obercambrischen Schichtenreihe oder als durch spätere Umlagerung cambrischen Materiales im Verein mit der Bildung der Phosphoritknollen des untersten silurischen Kalksteins entstanden aufzufassen sei. Ein eigener Umstand ist ferner in dem spora-

dischen, aber doch recht häufigen Auftreten von Quarzkörnern inmitten der mächtigen Serie von cambrisch-silurischen Thonschiefer- und Kalkstein-Sedimenten zu erblicken. In Nerike wurde kein derartiges Gestein beobachtet.

Der Phosphorit.

Im vorigen Abschnitte wurden die in dem eigenthümlichen konglomeratischen Gesteine bei Wåmb vorkommenden Phosphoritgesteine (dichter Phosphorit und Phosphoritsandstein) kürzlich erwähnt. Im Folgenden wird der im ältesten untersilurischen Kalkstein auftretende oder damit verbundene Phosphorit beschrieben werden.

Dieser Phosphorit hat zweierlei Vorkommnisweisen;

1) Als Körner und mehr oder weniger grosse Knollen in dem untersten untersilurischen Kalkstein.

2) Als unregelmässige Partien, welche die Oberflächenkruste des cambrischen Stinkkalks bilden.

Taf. VIII bietet Exempel beider Vorkommnisweisen dar. Die erstere ist die überaus häufigste; die letztere habe ich thatsächlich nur einmal bei Wåmb beobachtet (Taf. VIII, Fig. 2); sie ist jedoch von grossem genetischen Interesse.

Die Vorkommnis des Phosphorits als Knollen im untersilurischen Kalkstein wird durch die Profile, Fig. 3, und durch Taf. VIII, Fig. 1 veranschaulicht.

Diese Phosphoritknollen verleihen dem Gestein ein konglomera-

Fig. 5.



Phosphoritknollen. Yxlult, Nerike.

Autotypie nach der Natur. Natürl. Grösse.

tisches Aussehen. Ihre Häufigkeit wechselt sehr, bald finden sie sich sehr spärlich, zeitweilen aber so häufig, dass die dazwischenliegende Kalkmasse

fast völlig verdrängt wird. Am grössten und häufigsten sind sie im untersten Theil des phosphoritführenden Kalkes; weiter nach oben ist ihre Zahl und Grösse sehr unbedeutend. Die grössten Phosphoritknollen haben einen Maximal-Durchmesser von 70—75 Mm.; Knollen mit der Länge von 30—40 Mm. sind recht gewöhnlich. Über das Aussehen der Phosphoritknollen belehren Fig. 5 und Taf. VIII, Fig 1. Ihre Gestalt ist sehr wechselnd und unregelmässig; die Oberfläche ist oft uneben, *und die Knollen tragen nie deutliche Spuren jener Abrundung, die als das Kennzeichen echter Gerölle dient.*

Fossilienbruchstücke giebt es in vielen Phosphoritknollen in grosser Menge.

Bei Lanna fand ich:

Peltura scarabæoides Wbg.

Sphærophthalmus alatus Boeck.

Ctenopyge sp.,

samt ausserdem eine Menge von unbestimmten *Jugendformen von Oleniden.*

Bei Yxhult:

Peltura scarabæoides Wbg.

Sphærophthalmus alatus Boeck.

nebst *Jugendformen.*

Bei Wåmb:

Peltura sp.,

Sphærophthalmus alatus Boeck.

nebst unbestimmten *Jugendformen.*

Wir lernen hier ein bisher fast unbekanntes (vgl. Litteraturübers. 2), aber äusserst bedeutsames Verhältnis kennen:

Die in dem untersten untersilurischen Kalksteine vorkommenden Phosphoritknollen enthalten eine rein cambrische Fauna, welche völlig zu der Fauna des Stinkkalkes stimmt, der dem phosphoritführenden Kalkstein unterlagert.

Hieraus können wir mit Gewissheit folgern, *dass die Knollen cambrischen Alters sind.* Von diesem Satze ausgehend stellen wir uns die Aufgabe, entscheiden zu suchen, ob die Phosphoritnatur der Knollen primär ist, welchenfalls sie Denudationsreste eines obercambrischen Phosphoritediments wären, oder ob sie phosphatisierte Partien von cambrischem Stinkkalk sind.

Der phosphoritführende Kalkstein wird von Alaunschiefer, oder meistens, wie es z. B. in den Profilen Fig. 3 der Fall ist, von einer Stinkkalkbank unterlagert. Innerhalb des obersten Theiles dieser Stinkkalkbank, der sogen. Entfärbungszone, ist keine erhebliche Steigerung des Phosphorsäure-Gehaltes wahrgenommen worden. Um dies zu verdeutlichen werden folgende von mir ausgeführten Analysen mitgetheilt:

	1.	2.
Ungelöster Rückstand	3,66	6,48
P ₂ O ₅	0,13	0,21

- 1) Unveränderter Stinkkalk unter der Entfärbungszone.
- 2) Stinkkalk aus der Entfärbungszone.

Beide Proben wurden verschiedenen Theilen derselben Stufe von Yxhult entnommen. Die behufs der Analyse aus der Entfärbungszone gewählten Partien besaßen nicht das gewöhnliche Aussehen des Gesteins der Zone, sondern waren dicht, ein wenig jaspisähnlich. (Siehe hierüber Näheres im folgenden Abschnitt). Die Analyse dürfte indessen dazu dienen, den geringen Gehalt an Phosphorsäure innerhalb der Entfärbungszone zu erweisen.

Nur in einem einzigen Falle, nämlich in einer im Steinbruche bei Wåmb gefundenen, losgebrochenen Stufe habe ich beobachtet, dass der phosphoritführende Kalkstein unmittelbar von *Phosphorit*, nicht von Stinkkalk, was gewöhnlich der Fall, unterlagert wird. Ein Durchschnitt durch diese Stufe findet sich auf der Taf. VIII, Fig. 2 abgebildet. Der untere Theil des Stückes besteht aus frischem, schwarzem Stinkkalk. Auf diesen folgt dann mit einer etwas unregelmässig verlaufenden unteren Grenze die Entfärbungszone, welche aus dem entfärbten, grauen Stinkkalk besteht. Über dem Stinkkalk der Entfärbungszone liegt eine Partie dichten, braunen Phosphorits, in dem *Peltura* und *Sphaerophthalmus* reichlich vorkommen, wie es auch in dem unterliegenden Stinkkalk der Fall ist. Die Grenze zwischen dieser Phosphoritmasse und dem unterliegenden Stinkkalk verläuft, wie aus der Abbildung erhellt, sehr unregelmässig, indem sich eine grosse, lappige Partie des Stinkkalkes in den Phosphorit einschiebt. Das Aussehen dieses Contacts ruft die Überzeugung hervor, dass er nicht als eine Ablagerungs- oder Denudationsfläche zwischen zwei Sedimenten verschiedenen Alters zu verstehen sei, sondern dass er im Gegentheil die Grenze einer von oben nach unten unregelmässig vorgeschrittenen Phosphatisierung des Stinkkalks der Entfärbungszone bezeichne.

Nur in der oberen Ecke, rechts an der Figur, findet sich ein kleiner Rückstand des silurischen glaukonit- und phosphoritführenden Kalksteins. Er wird unmittelbar von dem ein wenig entfärbten, sonst aber vollkommen unveränderten Stinkkalk der Entfärbungszone unterlagert. Dass der silurische Kalkstein auch die Phosphoritpartie bedeckte, bei dem Losbrechen des Stückes aber entfernt wurde, dürfte a priori völlig sicher sein. Einen Beweis hierfür liefern auch die verstreuten Glaukonitkörner, welche an der Oberfläche der Phosphoritpartie sitzen geblieben.

Nach der oben angedeuteten Auffassung wäre die betreffende Phosphoritpartie als eine Umwandlungsform des Stinkkalks zu verstehen. Dieser Deutungsversuch wird in einem folgendem Abschnitte womöglich allseitig erörtert werden, und zugleich werden auch die Phosphoritknollen des silurischen Kalksteins dieser Deutung unterzogen werden.

Der Phosphorit ist dicht, ziemlich los, mit erdigem Bruche. Die Farbe ist erheblichen Schwankungen unterworfen, von fast schwarz bis hell graubraun. Die in dem Phosphorit vorkommenden Trilobiten besitzen manchmal ein weisses Schalenhäutchen aus Kalkspath. Überdem weisen sie oft einen dünnen, grünen Anflug auf, wahrscheinlich aus Glaukonit. Hie und da durchziehen den Phosphorit feine, mit secundärem Kalkspath ausgefüllte Spalten.

Unter dem Mikroskope hat der Phosphorit in verschiedenen Dünnschliffen ein recht abwechselndes Aussehen, welches hauptsächlich durch die mehr oder weniger reichliche Vorkommnis von Kalkspathpartien in der Phosphoritgrundmasse veranlasst wird. Diese Phosphoritgrundmasse ist in gewöhnlichem Lichte gelbbraun, zwischen gekreuzten Nicols völlig isotrop. In dieselbe eingestreut finden sich überall vereinzelt, winzige, doppelbrechende Krystallnadeln, deren Längenrichtung stets mit der Richtung der kleinsten optischen Elasticität zusammenfällt. Mitunter fanden sich dann auch in der Phosphoritgrundmasse unregelmässige Klumpen eines Kies-

Fig. 6.



Dünnschliff von einem Phosphoritknollen. Lanna, Nerike.

Die helleren Partien sind die Kalkschalen der Trilobiten, die dunkle Grundmasse besteht aus Phosphorit. Vergr. etwa 16:1.

minerales. In den meisten Dünnschliffen liegen zahlreiche Durchschnitte von Trilobitenschalen vor. Diese bestehen nie aus Phosphorit, *sondern aus feinkrystallinischem, im allgemeinen reinem Kalkspath.* (Fig. 6¹). Auch ausser in den Trilobitenschalen kommen in der Phosphoritgrundmasse oft zahlreiche Kalkspathpartien vor, welche bald rein mit ebener Grenze gegen den Phosphorit erscheinen, bald durch ein unregelmässiges Phosphoritnetzwerk ausgefüllt sind.

¹ Für die Ausführung dieser Photographie hat Herr Docent L. JÄGERSKIÖLD mir seinen mikrophotographischen Apparat gütigst zur Verfügung gestellt.

Nach dieser Übersicht über das mikroskopische Aussehen der Phosphoritknollen können wir zu einer mikroskopischen Untersuchung des Contacts zwischen dem Stinkkalke der Entfärbungszone und dem Phosphorite der vorhin beschriebenen und Taf. VIII, Fig. 2 abgebildeten Stufe schreiten.

Der Stinkkalk ist in der Nähe des Contacts von jenem Aussehen, das ihm im allgemeinen innerhalb der Entfärbungszone eigen ist, wo das netzförmig vertheilte Pigment entfärbt ist (Vgl. P. 188). Er besteht hier aus einer ziemlich reinen, körnig-krystallinischen Kalkmasse, in der zahlreiche Durchschnitte von Trilobitenschalen vorkommen.

In einem Dünnschliffe ist die Grenze zwischen dem Stinkkalke und dem Phosphorite an einer Stelle völlig scharf. Dies ist jedoch Ausnahme, denn gewöhnlich findet sich eine mehrere Mm. breite Übergangszone zwischen ihnen vor.

Wenn man vom Stinkkalke ausgehend sich der Phosphoritmasse nähert, stösst man meistens anfänglich auf eine Zone, deren Kalkmasse durch ein verworrenes Netzwerk gelbbrauner bis dunkelbrauner Substanz angefüllt ist. Die Natur dieser Substanz konnte nicht sicher festgestellt werden. Einerseits gleicht sie sehr dem netzförmig vertheilten Pigmente des frischen Stinkkalkes unterhalb der Entfärbungszone und wäre vielleicht als Überreste desselben zu verstehen, die der Entfärbung entgingen, welche die hellere Entfärbungszone verursachte. Andererseits möchte die erhebliche Übereinstimmung mit den der Hauptmasse des Phosphorites näher gelegenen, in gleicher Weise netz- und klumpenförmig vertheilten, grösseren Phosphoritpartien zur Annahme verleiten, dass auch jenes feine Netzwerk aus Phosphorit bestehe. Mitunter scheint seine Phosphoritnatur völlig gesichert.

Der Hauptmasse des Phosphorites näher liegen, wie oben erwähnt, in der Kalkmasse grössere, klumpen- und netzförmige Phosphoritpartien. In noch grösserer Nähe des compacten Phosphorites wird der Kalkspath noch mehr verdrängt. Nur die Trilobitenschalen bestehen durchweg aus frischem, feinkrystallinischem Kalkspath. Die eigentliche Phosphoritmasse ausserhalb der Contactzone besteht aus einer isotropen Grundmasse aus Phosphorit, in die spärliche, unregelmässige Kalkspathpartien und häufige dünne, ebene Durchschnitte der Kalkschalen der Trilobiten eingestreut sind.

Die mikroskopische Untersuchung liefert das Ergebnis, dass die in der Phosphoritgrundmasse reichlich vorhandenen Trilobitenschalen stets aus Kalkspath bestehen. Die genetische Bedeutung dieses Verhältnisses wird in dem Abschnitte über die Bildungsgeschichte der Phosphoritgesteine näher besprochen.

Um eine preliminäre Übersicht der Zusammensetzung dieser Phosphorite zu liefern, werden hier einige Auszüge aus älteren und neueren Analysen mitgetheilt. In Bezug auf die eingehendere chemische Untersuchung verweise ich auf einen späteren Aufsatz.

	1.	2.	3.	4.	5.
Ungelöster Rückstand	2,15	3,06	6,54	3,35	2,23
P ₂ O ₅	35,57	29,27	27,90	33,25	35,49
1) Phosphoritknollen.	Ulunda, Westergötland.			L. PALMGREN.	
2) »	Kafvelås,	»		»	
3) »	Latorp, Nerike			»	
4) »	Lanna,	»		J. G. ANDERSSON.	
5) Phosphorit in Contact mit dem Stinkkalke.					
(Taf. VIII, Fig. 2).	Wåmb, Westergötland.			N. SAHLBOM.	

Die Analysen 4 und 5 wurden ausgeführt, ohne dass vorher Versuche angestellt worden waren, den mikroskopisch eingemischten Kalkspath abzusondern. Dies wird wohl auch betreffs der Analysen Palmgrens der Fall sein. Letzterer, welcher zahlreiche Bestimmungen der Phosphorsäure mittheilt, fand den höchsten Gehalt an P₂O₅, 37,68 ⁰/₁₀, in einem Phosphoritknollen von Ulunda, und den niedrigsten, 16,52 ⁰/₁₀ in einem Knollen von Kafvelås. Im letzteren Falle war der Phosphorit »durch Kalkspath, Schwefelkies und Zinkblende« verunreinigt.

In diesem Zusammenhange dürften ein paar von mir gemachte, partielle Analysen des phosphoritführenden Kalksteins Erwähnung verdienen. Das Material der beiden Analysen stammt von Yxhult her und wurde vor dem Gebrauche völlig von Phosphoritkörnern befreit.

	1.	2.
Ungelöster Rückstand	46,91	21,85
P ₂ O ₅	0,21	0,09

Aus den Analysen erhellt, dass der phosphoritführende Kalkstein selber sehr arm an Phosphorsäure ist. Der grosse und sehr schwankende Gehalt an ungelöstem Rückstand hängt von der reichlichen Einmischung von Glaukonitkörnern ab. Wegen des Wassergehaltes des Glaukonits sind die obigen Zahlen in der That ein wenig zu klein.

Jaspisknollen in dem phosphoritführenden Kalkstein.

In dem phosphoritführenden Kalkstein fand ich bei Lanna einige Jaspisknollen, welche in diesem Zusammenhange eine nähere Erörterung verdienen¹.

¹ Die Benennung Jaspis dürfte möglicherweise dem erheblichen Gehalte der Substanz an in Kalilauge löslicher Kieselsäure (13,78 ⁰/₁₀) zufolge weniger zutreffend erscheinen. Da indessen keine distincte Typen unter den makroskopisch dichten Mischungen von löslicher und unlöslicher Kieselsäure unterschieden worden sind, und da ferner schon früher hierhergehörige Gesteine von Schweden durch A. G. NATHORST (G. F. F. Bd IV, P. 389, Note 2) unter der Benennung Jaspis beschrieben worden, halte ich es für zweckmässig die betreffenden Knollen auf dieselbe Weise zu bezeichnen.

Die Jaspisknollen welche einige Cm. lang sind, umgiebt meistens ein Mantel von Schwefelkies. Der Jaspis ist hellgrau gefärbt mit weissen Flecken. In dünnen Splitterchen ist er durchscheinend. Bruch muschelig. Öfters sind die kleinen Zerklüftungsflächen von einem rothbraunen Anflug überzogen, der höchst wahrscheinlich aus Ferrihydrat besteht und durch die Oxydation des die Knollen umgebenden Pyrits entstanden ist.

Hier folgt eine von mir ausgeführte Analyse dieser Jaspisart:

Die an der Luft getrocknete Probe verlor durch Trocknen bei 100° 0,39 0/0.

SiO ₂	97,51
Fe ₂ O ₃ + (Al ₂ O ₃)	0,66
Glühverlust	1,00
	99,17

In KOH lösl. SiO ₂	13,78
» » ungelöster Rückstand	85,18
	98,96

Der Eisenoxydgehalt rührt ganz gewiss wenigstens grösstentheils von dem Ferrihydratanfluge her, von welchem das Material nicht völlig hatte befreit werden können.

Unter dem Mikroskope gewahrt man in diesen Jaspisknollen eine durchsichtige, schwach graufarbige Grundmasse. In ihr liegen zahlreiche Schalendurchschnitte, deren viele sicher von Trilobiten herrühren. Diese erinnern in Bezug auf ihr Aussehen und ihre Vertheilung innerhalb des Gesteins lebhaft an die Trilobitenschalen des Stinkkalkes und des Phosphorits.

Zwischen gekreuzten Nicols zeigt es sich, dass die Grundmasse aus einer körnig-krystallinischen, fast stets mehr oder weniger deutlich radialstrahligen, doppelbrechenden Substanz besteht. In allen Fällen, wo der optische Charakter sich bestimmen lässt, erweist er sich als negativ. Beiderseits jedes Trilobitenschalendurchschnittes verläuft eine ebene, oft scharf begrenzte Zone, innerhalb welcher die Substanz parallelstrahlig geordnet ist mit den Strahlen gegen die Längenrichtung des Schalendurchschnittes rechtwinklig orientirt. Hie und da finden sich Partien abweichenden, grobkrystallinischen Aussehens, welche wenigstens in den meisten Fällen Ausfüllungen von Hohlräumen in der feinkrystallinischen Grundmasse sind. Der grössere und äussere Theil dieser Partien wird durch eine in gewöhnlichem Lichte structurlose, gelbfarbige Masse ausgefüllt, die zwischen gekreuzten Nicols als aus einer hübsch radialstrahligen, öfters sphärolithisch begrenzten, doppelbrechenden, optisch negativen Substanz bestehend erscheint. Die sphärolithischen Partien sind den Wänden der Hohlräume angewachsen und wenden ihre Peripherie deren Mitte zu. Das Centrum der Hohlräume wird in den meisten Fällen von einer wasserhellen, körnig-krystallinischen, quarzähnlichen Masse mit undulöser Auslöschung ausgefüllt.

Eine hervorragende Eigenschaft dieses Gesteins ist jene überaus reichliche Vorkommnis von radialstrahlig geordneten, mehr oder weniger gut sphärolithisch begrenzten Partien, die zwischen gekreuzten Nicols ein schönes schwarzes Kreuz und negativen optischen Charakter erweisen. Diese optischen Eigenschaften im Verein mit der chemischen Untersuchung legen dar, dass hier eine *Opalsubstanz* vorliegt, die durch Spannung doppelbrechend geworden¹.

Wahrscheinlich entsprechen die körnig-krystallinischen, nicht radialstrahligen Partien dem beträchtlichen Gehalt an in KOH unlöslicher SiO₂. Da indessen der optische Charakter infolge der geringen Individuengrösse und dem gänzlichen Mangel an krystallographischer Orientierung nicht hat bestimmt werden können, bleibt diese Frage unentschieden.

Ein Knollen aus dem phosphoritführenden Kalkstein bestand aus Jaspis und Phosphorit, welche je bald in grösseren einheitlichen Massen, bald in Klümpchen und unregelmässigen Partien um einander vermischt sich vorfanden. Die im Phosphorite befindlichen Schalendurchschnitte bestanden aus körnig-krystallinischem oder radialstrahligem Jaspis.

Bei Yxhult fand ich einmal in dem dem phosphoritführenden Kalkstein unterliegenden Stinkkalke der Entfärbungszone eine kleine Jaspispartie, die dem in Knollen vorkommenden Jaspis makroskopisch völlig glich. Unter dem Mikroskope kamen jedoch gewisse Unterschiede zum Vorschein. Neben dem Jaspis treten in der Stinkkalkmasse Anhäufungen von Pyritkrystallen mit hexa- und octaëdrischen Durchschnitten in grosser Menge auf. Der Jaspis findet sich zwischen den Pyritpartien als unregelmässige Klümpchen im Stinkkalke. Diese Klümpchen bilden ein mit Kalkspathkörnern vermengtes, undeutlich körniges, doppelbrechendes Aggregat mit undulöser Auslöschung, welches keine radialstrahlige Anordnung verräth. Diese Jaspispartie hat unter dem Mikroskope ein Aussehen, das an jene wasserhelle, körnige Masse erinnert, welche die centralen Theile der Hohlräume des in Knollen auftretenden Jaspis anfüllt.

Bis es gelungen, aus den harten, spröden Jaspisknollen bestimmbare Fossilien zu erhalten, sind wir über das Alter der Knollen im Dunkel und entbehren damit des einzig sichern Ausgangspunktes behufs Aufklärung der Bildungsgeschichte des Jaspis.

Die Phosphoritzone an der Basis der Untersilur-Formation.

In den *west-* und *ostbaltischen* Silurgebieten besteht das älteste Glied des Untersilurs aus einer den Dictyonemaschiefer — oder wo dieser fehlt, die älteren cambrischen Zonen — überlagernden Glaukonitschieferschicht².

¹ Vgl. z. B. ROSENBUSCH: Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Dritte Auflage. 1892. P. 281—282.

² Zu der Auffassung des Glaukonitschiefers als der ältesten untersilurischen Schicht muss bemerkt werden, dass MOBERG auf dem südlichsten Öland eine *Ceratopyge*-führende Zone in dem unterliegenden Alaunschiefer erwiesen hat. S. G. U. Ser. C, No 109, 1890.

Auf der Insel Öland ist ein Bett von Ceratopygenkalk in den Glaukonitschiefer eingeschaltet, und SCHMIDT scheint geneigt zu sein, auch den ostbaltischen Glaukonitsand in die Ceratopygenregion zu verweisen¹. Von der Phosphoritkommission vom Jahre 1873 wurde ein recht erheblicher Phosphorsäuregehalt in dem öländischen Glaukonitschiefer nachgewiesen, z. B. in »grünem Schiefer« von Eriksöre 2,56 % P_2O_5 ².

Hinsichtlich des Phosphorsäuregehaltes des ostbaltischen Glaukonitsandes habe ich aus der mir zu Gebote stehenden Litteratur keine direct aufklärenden Angaben gewinnen können. Aus den analytischen Mittheilungen KUPFFERS über den Glaukonitsand von Baltischport dürfte man indessen wohl indirect zu folgern berechtigt sein, dass der Phosphorsäuregehalt in der untersuchten Probe ein unbedeutender war³.

Den Untersuchungen WIMANS zufolge dürften die Grenzschichten zwischen dem Cambrium und dem Untersilur des *nordbaltischen* Gebietes mit denen des west- und ostbaltischen gleichartig sein.

In dem *mittelbaltischen* Gebiete herrschen hingegen, wie aus einigen in der Folge zu beschreibenden Geschiebefunden erhellt, durchaus abweichende Lagerungsverhältnisse. Ein phosphoritführendes Konglomerat vom Alter des unteren Asaphuskalkes überlagert dort, eine bedeutende Lücke in der Schichtenfolge aufweisend, direct mittel- oder untercambrische Schichten. Der Glaukonitschiefer muss demnach, nebst mehreren anderen Zonen, hier gänzlich fehlen. Jenes phosphoritführende Konglomerat macht freilich die Basalschicht des mittelbaltischen Silurs aus, gehört aber einer viel jüngeren Phosphoritzone als die vorliegende an und wird deshalb in anderem Zusammenhange besprochen werden.

In *Westergötland* und *Nerike* wird die Basalschicht des Untersilurs von einem prächtig entwickelten phosphoritführenden Kalkstein gebildet, in Bezug auf welchen auf die vorhin gelieferte Beschreibung und auf die Arbeit Palmgrens (Litteraturübers. 5) verwiesen wird.

Der phosphoritführende Kalkstein an dem Kinnekulle und dem Hunneberg gehört mit Gewissheit der Ceratopygenregion an. Dagegen mag die Frage vom Alter des in Falbygden, am Billingen und in Nerike vorkommenden phosphoritführenden Kalksteins vorläufig unbeantwortet bleiben.

In *Östergötland* wird der Dictyonemaschiefer nach den Angaben LINNARSSONS und TULLBERGS gewöhnlich zunächst von einer Glaukonitsandschicht überlagert⁴.

G. HOLM zeigte im Jahre 1885, dass bei Borghamn ein Konglome-

¹ FR. SCHMIDT. Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten. Mém. de l'Acad. Imp. des Sciences de S:t Pétersbourg. Tome 30, N:o 1, P. 18. 1881.

² Unerdänig Berättelse etc., P. 52.

³ A. KUPFFER. Ueber die chemische Constitution der baltisch-silurischen Schichten. Archiv für Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. Ser. I, Bd. 5, P. 124. 1870.

⁴ LINNARSSON und TULLBERG. Beskrifning till kartbladet Vreta kloster. S. G. U. Ser. Aa, N:o 83, P. 23. 1882.

rat an der Grenze zwischen Cambrium und Silur sich vorfindet (Litteratur-übers. 29). Von diesem Konglomerate liegt in den Sammlungen der geologischen Institution zu Upsala eine Stufe vor, etikettiert: Borghamn, 1876, G. Holm. Das Gestein, welches glaukonitreich ist und *Orthis* sp. nebst Asaphidenbruchstücke enthält, ähnelt sehr dem phosphoritführenden Kalkstein in Nerike, und ist höchst wahrscheinlich gleichalterig mit diesem. Indessen unterscheidet es sich von ihm durch die reichliche Vorkommnis von kleinen Rollstücken und Körnchen aus Quarz und verräth dadurch seine litorale Natur. Ausser den Quarzkörnchen finden sich einige Knollen aus dichtem Phosphorit und ein paar aus Phosphoritsandstein. Die Entstehung dieses, wie auch die eines älteren Konglomerates erklärt HOLM durch die Annahme, dass in der Gegend von Omberg in cambrisch-silurischer Zeit eine Berghöhe sich vorgefunden habe, die zeitweilen zur Oberfläche des Meeres gehoben wurde.

In *Dalekarlien* dürfte ein Äquivalent des phosphoritführenden Kalksteins in Nerike in jenem Glaukonitkalke vorliegen, der den »Obolusgruskalk« überlagert und von TÖRNQVIST als das älteste Glied des »Orthocerenkalkes« aufgefasst wird¹.

In *Jemtland* lagert bei Tossåsen auf dem Stinkkalke der Pelturazone ein glaukonithaltiger Kalkstein, der von WIMAN als das älteste Glied des Phyllograptusschiefers aufgefasst wird, den LINNARSSON aber mit dem Ceratopygenkalke vergleicht². In diesem Kalkstein ist das Vorkommen von Phosphoritknollen jetzt erwiesen (Vgl. P. 150).

Im Ceratopygenkalke des südlichen *Norwegens* kommen nach BRÖGGER dünne Schichten glaukonitreichen Kalksteins vor. Phosphorit scheint hingegen in diesen Schichten nicht beobachtet worden zu sein³.

Den Phyllograptusschiefer überlagert eine von BRÖGGER mit dem Namen Megalaspiskalk bezeichnete Kalkbank, welche »spärlich eingesprengte Phosphoritpünktchen und Glaukonitkörner« enthält⁴. Die näheren Altersbeziehungen dieses phosphoritführenden Kalksteins den schwedischen phosphoritführenden Schichten gegenüber muss vorläufig als eine offene Frage betrachtet werden.

In *Schonen* ist der Ceratopygenkalk an einigen Orten beobachtet worden. Nach der Angabe LINNARSSONS ist ein wahrscheinlich hiehergehöriger Kalkstein bei Jerrestad zum Theil glaukonithaltig⁵. Phosphorit dürfte hingegen, insofern es aus der vorliegenden Litteratur ersichtlich ist, nicht darin wahrgenommen sein.

¹ S. L. TÖRNQVIST. Bergbygnaden inom Siljansområdet i Dalarne. S. G. U. Ser. C, N:o 57, P. 16.

² C. WIMAN. Ueber die Silurformation in Jemtland. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala, N:o 2, Vol. I, P. 8—9 (Sonderabdruck). 1893. — G. LINNARSSON. Anteckningar om den kambrisk-siluriska lägerserien i Jemtland. G. F. F. Bd I, N:o 3.

³ W. C. BRÖGGER. Die silurischen Etagen 2 und 3. Kristiania 1882. P. 14, 15.

⁴ BRÖGGER. a. a. O. P. 21.

⁵ G. F. F. Bd II, P. 276. 1875.

Die auf der Insel *Bornholm* vorkommende, älteste untersilurische Kalksteinschicht, welche JOHNSTRUP zu dem »Orthocerenkalke« rechnet, wird von ihm folgendermassen beschrieben: »Die untersten 3—4 Fuss (1 M.) bestehen aus einem dunklen Kalke mit Glaukonitkörnern, Phosphoriten, sowie Schwefelkies und könnten demnach vom petrographischen Standpunkte aus als *Ceratopyge*-Kalk angesehen werden, enthalten aber nicht die für diesen Horizont charakteristischen Versteinerungen.«¹

Die obige Übersicht dürfte ein deutliches Bild des seit geraumer Zeit bekannten Umstandes liefern, dass innerhalb des ganzen skandinavisch-baltischen Silurgebietes die untersilurische Schichtenreihe fast überall mit glaukonitreichen Schichten anfängt². Ob alle diese glaukonitführenden Gesteine, welche in den meisten Fällen in die *Ceratopygeregion* verwiesen worden, gleichalterige Bildungen sind, kann zur Zeit nicht entschieden werden. Möglicherweise bilden sie zusammen eine zwar an verschiedenen Punkten verschiedenalterige, aber über das ganze Gebiet petrographisch gleichförmige Einleitungssfazies der untersilurischen Sedimentenserie.

In diesen glaukonitführenden Gesteinen ist Phosphorit in mehreren Gebieten gefunden worden. In Bezug auf das Auftreten des Phosphorites scheint eine gewisse Regelmässigkeit zu spüren sein, indem er am häufigsten und am besten entwickelt in den Gegenden zu finden ist, wo in der Schichtenfolge unter der phosphoritführenden Schicht eine bedeutende Lücke sich zeigt, z. B. in Nerike, wo der phosphoritführende Kalkstein die *Pelturazone direct* überlagert. In Norwegen, wo von BRÖGGER eine vollständige Übergangsserie zwischen dem Obercambrium und dem Untersilur nachgewiesen worden ist, dürfte der Phosphorit in dem glaukonitführenden *Ceratopygenkalke* gänzlich fehlen oder nur sporadisch vorkommen.

¹ F. JOHNSTRUP. Abriss der Geologie von Bornholm. P. 23.

² Von den völlig abweichenden Verhältnissen des mittelbaltischen Gebietes wird hier abgesehen.

Phosphoritführende Gesteine vom Alter des unteren Asaphuskalkes.

Baltische Blöcke mit *Strophomena Jentzschii* Gagel.

In diesem Abschnitte wird beabsichtigt, einen Bericht theils über einige ältere Geschiebefunde aus Ostpreussen, theils über einige Blöcke, die in den letzten Jahren auf den schwedischen, baltischen Silurinseln angetroffen worden, zu liefern. Durch diese Blockfunde haben wir nicht nur eine interessante Gruppe von phosphoritführenden Gesteinen, sondern auch eine bis jetzt unbekannte Zone innerhalb des baltischen Untersilurs, eine litorale Bildung, von einer eigenthümlichen Fauna charakterisiert, kennen lernen.

Bei der Bestimmung von ein paar in den schwedischen Blöcken angetroffenen Fossilien haben mir die Herren Dr. CURT GAGEL in Berlin und Dr. J. F. POMPECKJ in München wohlwollenden Beistand geleistet und ausserdem werthvolle Anzeigen über die von ihnen beschriebenen, in Ostpreussen gefundenen Geschiebe mitgetheilt.

Der Bericht über *die Zone mit Strophomena Jentzschii* Gagel, welcher hier geliefert wird, ist nur als ein vorläufiger zu betrachten. Es ist meine Absicht auf Gotska Sandön und Gotland das Suchen nach hiehergehörigen Geschieben fortzusetzen und, wenn einmal ein hinreichendes Material zusammengebracht worden ist, die grösstentheils aus unbeschriebenen Formen zusammengesetzte Fauna zu bearbeiten. Erst dann wird es möglich werden, diese Bildung mit anderen gleichalterigen Ablagerungen im Einzelnen zu vergleichen und den Fazieswechsel innerhalb der baltischen Silurprovinz zu der Zeit, da die *Str. Jentzschii*-Fauna einen Theil dieses Gebietes behauptete, klarzustellen.

Es schien mir angemessen, schon in dieser Arbeit die Fragen über das Alter und das Verbreitungsgebiet der Zone ziemlich umständlich zu besprechen, um für die Discussion der Bildungsgeschichte der hiehergehörigen Phosphoritgesteine einen sicheren Ausgangspunkt zu gewinnen.

Beschreibung der Geschiebe.

Geschiebe aus den schwedischen, baltischen Silurinseln.

Block 1. Stenåsa, Öland.

Dieses Geschiebe hat zu meinen sämtlichen Phosphoritstudien Anlass gegeben.

Es wurde im Sommer 1892 westlich vom Dorfe L. Brunnby im Kirchspiele Stenåsa auf Öland auf dem Boden los liegend angetroffen; die Fundstelle ist westlich von dem höchsten Ancyclus- und Litorinawalle, demnach innerhalb desselben, gelegen.

Wie im Folgenden näher angezeigt werden wird, ist die Heimath des Geschiebes vermuthlich weit im Nordosten, im mittelbaltischen Gebiete zu suchen.

Wenn man von der unwahrscheinlichen Annahme, dass das Geschiebe von Menschen nach der Fundstelle gebracht worden sei, absieht, sind nur zwei mögliche Transportmittel übrig, nämlich Treibeis während der spätglacialen Zeit und das Inlandeis. Im letzteren Falle, der mir am meisten wahrscheinlich vorkommt, dürfte das Geschiebe der Moräne östlichen Ursprungs angehört haben, die während des Abschmelzens des jüngeren baltischen Eisstromes in dieser Gegend abgelagert wurde¹.

Das Bindemittel und seine Fauna.

Grösse des Geschiebes $40 \times 35 \times 10$ Cm.

Das Bindemittel besteht aus zwei makroskopisch verschiedenen Kalksteinformen, theils einem grobkrySTALLINISCHEN, grauen bis weisspreNKLICHEN, theils einem hellgrauen, dichten Kalkstein. Diese finden sich, im allgemeinen ohne scharfe Grenze, unter einander vermischt, wobei die dichte Varietät als unregelmässige Partien in der grobkrySTALLINISCHEN Hauptmasse auftritt. Überall im Bindemittel, sowohl in der krySTALLINISCHEN wie der dichten Form, kommen rundliche Quarzkörner, die nicht selten eine Länge von mehr als 2 Mm. erreichen, sehr häufig vor. Unter dem Mikroskope erweist sich die grobkrySTALLINISCHEN Kalkmasse als aus zahlreichen Fossilienbruchstücken und zwischen diesen grobkrySTALLINISCHEN Kalkspath mit zerstreuten Quarzkörnern bestehend. Sie dürfte ursprünglich ein mit Quarzsand vermischter Schalengruss gewesen sein, der diagenetisch durch krySTALLINISCHEN Kalkspath verkittet worden ist. In der dichten Varietät des Bindemittels liegen in einer unter dem Mikroskope sehr feinkrySTALLINISCH erscheinenden Kalkgrundmasse zerstreute Quarzkörner und spärliche Fossilienbruchstücke. Glaukonit ist in diesen Typen des Bindemittels nicht vorhanden.

In einem kleinen Theil des Geschiebes ist das Gestein ein wesentlich anderes, nämlich ein grobkörniger, glaukonitreicher Sandstein mit Kalkspathcement. In diesem Gesteine fanden sich einige kleine Knollen aus

¹ J. G. ANDERSSON. Ueber Blöcke aus dem jüngeren Untersilur auf der Insel Öland vorkommend. Öfvers. af K. V. A. Förhandl. 1893. No 8, P. 523—529.

Phosphoritsandstein, sowie auch einige unerhebliche Bruchstücke einer inarticulaten Brachiopodenform. Die fragliche Partie scheint gegen den dichten Kalkstein, mit welchem sie in Contact steht, wenigstens theilweise scharf abgegrenzt zu sein, sie ist aber gar zu klein, als dass sie eine sichere Bestimmung der Lagerungs- und Altersverhältnisse dem übrigen Theil des Geschiebes gegenüber ermöglichen könnte. Indessen liesse sich wohl denken, dass diese Partie viel älter als das *Str. Fentzschii*-Konglomerat sei und einen Theil vom Untergrund des letzteren ausmache.

Im Bindemittel sind die folgenden Fossilien angetroffen worden:

Strophomena Fentzschii Gagel. (Die Bestimmung ist vom Herrn Dr. C. GAGEL revidiert).

Strophomena sp.

Orthisina 2 sp.

Platystrophia biforata Schloth. Kleine Form mit 1 Rippe im Sinus und 2 (oder 4) auf der Wulst sammt 5 Rippen auf den Seitenpartien.

Illænus sp.

Ueberdies einige unbestimmte Brachiopoden und ein paar ziemlich häufige Bryozoënformen.

Ausser den Bryozoënbruchstücken fanden sich im Bindemittel des Geschiebes 173 Fossilienexemplare, darunter von *Strophomena Fentzschii* 94 Ex.

Die Gerölle.

Keine normalen Gerölle, nur Rollstücke aus Phosphoritgesteinen fanden sich in diesem Geschiebe.

Diese Phosphoritknollen sind am öftersten sehr wohl abgerundet, kugel- bis scheibenförmig. Einige Knollen zeigen jedoch eine eigenthümliche Unregelmässigkeit. Eine nähere Untersuchung erweist, dass sie die Trümmer grösserer Gerölle sind, welche, nachdem sie gut abgerundet worden, aus irgend einer Ursache zersprangen, wonach die auf diese Weise entstandenen Stücke binnen so kurzer Zeit eingebettet worden, dass sie nicht durch die Corrasion hatten wesentlich deformiert werden können.

Die Knollen sind auf die folgenden petrographischen Typen zu vertheilen:

1) *Bräunlich grauer, ziemlich grobkörniger Phosphoritsandstein.* Zuweilen finden sich grössere Quarzkörner in die ebenkörnige Sandsteinmasse hie und da eingestreut. In einigen Knollen einer hellgrauen Varietät wurden zahlreiche grünliche Körner, wahrscheinlich aus Glaukonit, beobachtet. Bei Behandlung mit HNO₃ zerfallen die meisten Knollen allmählich, einen grauen Sand hinterlassend, der aus farblosen, sehr wohl abgerundeten Quarzkörnern besteht.

In einem einer dunklen Sandsteinvarietät angehörigen Knollen kamen Ventral- und Dorsalschalen von *Acrotreta* sp. häufig vor; in einem anderen Knollen von hellgrauer Farbe fanden sich einige Exemplare eines Ostrakoden-ähnlichen Fossils.

2) *Fossilfreier, dichter Phosphorit,* von dunkelbrauner bis lichtgrauer Farbe. Oft ist die Oberfläche der Knollen sehr glatt mit eigenthümlichem,

starkem Glanz. Einige Knollen, die grösstentheils aus Phosphoritsandstein (Gesteinstypus 1) bestehen, enthalten auch Partien von dichtem Phosphorit, mit dem Sandstein wechsellagernd. Ausserdem findet man in etlichen Knollen ein intermediäres Gestein, dichten Phosphorit mit zerstreuten Quarzkörnern.

Ein Knollen besteht aus einem deutlich konglomeratartigen Gestein. In einem Bindemittel aus Phosphorit mit häufigen, groben Quarzkörnern liegt hier ein kleiner Knollen aus dunkelbraunem Phosphorit.

3) *Brauner, fossilreicher Phosphorit*. In einigen wenigen Phosphoritknollen finden sich sehr häufige Fossilienbruchstücke, deren Oberfläche oft grüingefärbt ist, wahrscheinlich durch Glaukonit. Unter dem Mikroskope ähnelt dieser fossilführende Phosphorit völlig den Knollen im ältesten unterasilurischen Kalkstein in Nerike, indem auch hier die in die Phosphoritmasse eingestreuten Trilobitenschalen aus Kalkspath bestehen. Die folgenden Fossilien wurden in diesen Knollen angetroffen:

- Knollen 1) *Sphaerophthalmus* sp.
 » 2) *Peltura scarabæoides* Wbg.
 Sphaerophthalmus sp.
 » 3) *Agnostus pisiformis* L.

Um die quantitativen Verhältnisse zwischen den verschiedenen petrographischen Typen zu bestimmen wurde diese Zählung unternommen:

Gesteins-Typus	Zahl der Knollen	%	Mittellänge.
1.	191	63,04	15 Mm.
2.	108	35,64	8 »
3.	4	1,32	
	<hr/> 303	<hr/> 100,00	

Einige analytische Bestimmungen bezüglich der Phosphoritgesteine dieses Geschiebes theilen wir hier unten mit:

	1.	2.	3.	4.	5.
Ungelöster Rückstand	62,23	2,63	6,63	3,56	1,14
P ₂ O ₅	12,24	33,56	34,96	36,69	35,50

- 1) Phosphoritsandstein. J. G. ANDERSSON.
 2) Dunkler, fossilfreier Phosphorit. »
 3) Heller, fossilfreier Phosphorit. »
 4) Phosphorit mit *Agnostus*. »
 5. » » *Peltura*. N. SAHLBOM.

Block 2. Källunge, Gotland.

Durch das wohlwollende Entgegenkommen des Herrn Prof. G. LINDSTRÖM wurde mir die Gelegenheit vergönnt, eine dem Reichsmuseum zugehörige Stufe von einem *Str. Fentzschii*-führenden Konglomeratgeschiebe,

das im J. 1893 auf dem Källunge myr im Kirchspiele Källunge auf Gotland gefunden wurde, zu untersuchen.

Das Bindemittel und seine Fauna.

Grösse der Stufe $10 \times 7 \times 3$ Cm.

Das Bindemittel ähnelt sehr demjenigen des oben beschriebenen, öländischen Geschiebes und besteht auch hier aus sowohl krystallinischem als dichtem, grauem Kalkstein. In diesem Falle ist die dichte Kalksteinform jedoch ganz vorherrschend. Auch darin waltet ein Unterschied, dass hier Quarkörner fast völlig fehlen; unter der Loupe war nur ein einziges Körnchen zu entdecken. Sehr selten finden sich kleine, grüne Partikelchen, wahrscheinlich aus Glaukonit bestehend; ausserdem recht zahlreiche Anhäufungen von einem Kiesminerale.

Fossilien des Bindemittels:

Strophomena Fentzschi Gagel.

Tetradella sp.

Strepula? sp.

Überdies unbestimmte Brachiopoden, Trilobiten und Ostrakoden, die letzteren sehr zahlreich.

In dem Bindemittel fanden sich auch ein paar kleine bläuliche bis braune Schalenbruchstücke, die wahrscheinlich einer inarticulaten Brachiopodenform angehört haben.

Phosphoritknollen.

In der kleinen Stufe, die mir zur Verfügung gestanden, lagen nur sechs Knollen von hinreichender Grösse vor um eine nähere Untersuchung zu verstatten. Sie sind klein (3—10 Mm.) und bestehen aus fossilfreiem, grauem oder braunem, dichtem Phosphorit, ohne unter der Loupe sichtbare Quarkörner.

Keine normalen Gerölle.

Blöcke 3—6. Gotska Sandön.

Im Sommer 1894 fand ich auf Gotska Sandön vier, aus dem *Str. Fentzschi*-Konglomerate stammende Geschiebe. Alle diese Fünde wurden in der an Silurgeschieben reichen Strandzone ausserhalb der recenten Dünen gemacht.

Die Blöcke waren ziemlich klein; an drei von ihnen wurden vor dem Zertrümmern die folgenden Dimensionen gemessen:

Block 3) $6 \times 4 \times 2,5$ Cm.

» 4) $12 \times 10,5 \times 4,5$ Cm.

» 5) $9 \times 9 \times 6$ Cm.

Alle vier Blöcke ähneln einander in hohem Grade und können zusammen beschrieben werden.

Das Bindemittel und seine Fauna.

Das Bindemittel ist ein grauer bis weiss-sprenklicher, grobkrystallinischer Kalkstein mit häufigen, wohl abgerundeten Quarkörnern, und es

ähnelt demnach völlig der grobkristallinen Form von dem Bindemittel des öländischen Geschiebes. In einem Blocke fanden sich in der Kalkmasse spärliche, kleine, grüne Partikelchen (wahrscheinlich Glaukonit). Die Lösung des Bindemittels in HNO_3 giebt mit Molybdänlösung einen nur sehr unerheblichen Niederschlag, der übrigens sehr wohl von irgend einem in der Probe versteckten Phosphoritkörnchen herrühren kann.

Fossilien des Bindemittels:

In den Blöcken 3—5 nur unbestimmte Brachiopoden, Bryozoën und Ostrakoden.

In dem Blocke 6:

Strophomena Fentzschii Gagel.

Illænus nuculus Pompeckj. (Die Bestimmung ist vom Herrn Dr. J. F. POMPECKJ revidiert).

Asaphus sp.

Ausserdem unbestimmte Trilobiten, Ostrakoden und Bryozoën. Unter den Trilobitenresten findet sich ein Pygidium, das an den leider nur sehr unvollständig bekannten *Illænus lineatus* Ang. sehr erinnert. Eine Ostrakodenform, von welcher hier ein Exemplar gefunden wurde, ist auch in dem gotländischen Blocke in mehreren Exemplaren vorhanden. Ebenso scheinen ein paar Bryozoën sowohl in diesem wie in dem öländischen Geschiebe vorzukommen.

Die Gerölle.

Block 3. In diesem nur vier Knollen aus gewöhnlichem braunem Phosphoritsandstein.

Block 4. Hierin 8 Knollen aus schwarzem bis braunem Phosphoritsandstein. In einem Knollen einer braunen, grobkörnigen Varietät spärliche grüne Körner (Glaukonit?). In diesem Geschiebe auch ein paar kleine Knollen aus grauem Quarzit?

Block 5. In diesem Blocke fanden sich zahlreiche Gerölle, die auf die folgenden Typen vertheilt werden können:

1) *Brauner Phosphorit.* Einige wenige kleine Knollen bestehen aus einem braunen, dichten Gestein, das dem fossilfreien Phosphorite des öländischen Geschiebes völlig ähnelt.

2) *Brauner Phosphoritsandstein.* Zahlreiche Knollen bestehen aus braunem Phosphoritsandstein, der in einigen Fällen spärliche grüne Partikelchen (Glaukonit?) enthält. Ein Knollen war ungewöhnlich kalkhaltig, beinahe ein Kalksandstein, mit spiegelnden Kalkspathpartien zwischen den Quarzkörnern. Einige eckige, unregelmässige Knollen sind offenbar Bruchstücke von grösseren, zersprungenen Geröllen.

An dem Phosphoritsandstein wurden die folgenden analytischen Bestimmungen von N. SAHLBOM ausgeführt:

Ungelöster Rückstand	69,78 %
P_2O_5	7,73

3) *Gelber bis grauer, quarzitischer Sandstein.* Einige Knollen, unter diesen die grössten, bestehen aus einem hellen, gelben bis grauen,

quarzitischen Gesteine. In einigen Fällen sind die Knollen durchaus quarz-
itisch, brausen nur sehr unbedeutend für HNO₃, und geben keinen Nieder-
schlag mit Molybdänlösung. Andere Knollen hingegen sind sandsteinartig,
oft dem Phosphoritsandstein sehr ähnlich, brausen lebhaft für HNO₃, zer-
fallen nicht, geben aber eine nicht unbedeutliche Mo-Fällung. Bei einem
reichlicheren Untersuchungsmateriale würde wahrscheinlich eine continuier-
liche Serie von dem typischen Quarzite bis zu dem braunen Phosphoritsand-
steine nachgewiesen werden können.

An 59 Knollen mit 4—32 Mm. Maximaldiameter wurde die fol-
gende Zählung unternommen:

Gesteinstypus	Zahl der Knollen	%	Mittellänge.
1	6	10,2	6 Mm.
2	40	67,8	12 »
3	13	22,0	15 »
	59	100,0	

Block 6. In diesem wurden 8 Knollen dunklen Phosphoritsandsteins
angetroffen.

In keinem dieser Geschiebe sind Fossilien in den Knollen beobach-
tet worden.

Geschiebe aus Ostpreussen.

Blöcke 7—8. Spittelhof bei Königsberg und Pr. Holland.

Im J. 1890 erwähnte C. GAGEL die Fünde zweier Geschiebe, welche,
wenigstens das eine mit völliger Gewissheit, aus der baltischen Silurzone
stammen, welche hier als die Zone mit *Strophomena Fentzschi* bezeichnet
worden ist, und die für die Zone charakteristische neue *Strophomena*-Form
wurde unter dem oberwähnten Namen beschrieben¹.

Über diese Blöcke schreibt GAGEL (a. a. O. P. 17): »Vielleicht
desselben Alters (Schicht f des gotländischen Obersilurs) ist ein anderer,
bräunlich grauer, harter, stellenweise mit etwas verwitterten, gelblichen
Parteien durchsetzter Kalk, der ausser sehr zahlreichen Exemplaren von
Strophomena Fentzschi sp. n. nur noch einzelne unbestimmbare Reste einer
grösseren *Strophomena* und ein ganz unbestimmbares Brachiopod enthielt;
denn ein anderes vereinzelt Exemplar der *Strophomena Fentzschi* fand
sich in einem kleinen, grobkristallinischen Crinoideenkalkgeschiebe, das
wahrscheinlich zur Schicht f. gehören dürfte. Nach Professor LINDSTRÖMS
freundlicher Mittheilung ist auf Gotland keine auch nur entfernt ähnliche

¹ C. GAGEL. Die Brachiopoden der cambrischen und silurischen Geschiebe Ost- und
Westpreussens. Königsberg. 1890. P. 17 und 44—45.

Art und auch kein entsprechendes Gestein bekannt und da mir aus Estland auch kein ähnliches Gestein bekannt ist, dürfte dieses Geschiebe aus dem jetzt vom Meere bedeckten Gebiet stammen.»

In der Artbeschreibung (P. 44—45) wird ausserdem das Auftreten der *Strophomena Fentzschii* folgendermassen erwähnt:

»Fand sich einmal in zahlreichen Exemplaren in einem obersilurischen Geschiebe unbekannter Stellung und Herkunft bei Spittelhof; ausserdem wurde noch eine einzelne Schale in einem grobkrystallinischen Kalk mit Korallen und Crinoideenbruchstücken bei Pr. Holland gefunden.»

In den dem Reichsmuseum zugehörigen Sammlungen norddeutscher Silurgeschiebe findet sich eine Stufe, welche zahlreiche Exemplare der *Strophomena Fentzschii* enthält und die, nach den freundlichen Mittheilungen des Herrn Dr. GAGEL ein Stück des von ihm beschriebenen, bei Spittelhof gefundenen Geschiebes ausmacht. Petrographisch zeigt diese Stufe mit dem öländischen, *Str. Fentzschii*-führenden Blocke grosse Übereinstimmung und enthält wie dieser häufige, in die Kalkmasse eingestreute Quarzkörner. Nur darin waltet ein Unterschied, dass keine deutlichen Phosphoritknollen vorhanden sind. Da auch GAGEL nicht von einer Konglomeratenstruktur spricht, dürften in diesem Geschiebe Phosphoritknollen thatsächlich fehlen.

Das andere, bei Pr. Holland gefundene Geschiebe, in dem nach GAGEL ein Exemplar der *Str. Fentzschii* vorkommt, enthält auch Korallen, die jedoch leider unbestimmbar sind. Die Zusammengehörigkeit des Geschiebes mit der *Str. Fentzschii*-Zone ist, wie unten näher nachgewiesen werden wird, ziemlich zweifelhaft.

Block 9. Ostpreussen, ohne nähere Ortsangabe.

Kurz nachdem Gagel die oberwähnten Fünde veröffentlicht hatte, beschrieb Dr. J. F. POMPECKJ unter dem Namen *Illænus nuculus* eine kleine *Illænus*-Form, deren ein Pygidium in einem Geschiebe bräunlich grauen, grobkörnigen Kalksteins mit zahlreichen kleinen Quarzkörnern gefunden wurde¹. Fundort: Ostpreussen, ohne nähere Ortsangabe.

Dieses Geschiebe war schon Steinhardt bekannt, der 1874 die darin gefundene *Illænus*-Form unter dem Namen *Illænus crassicauda* var. abbildete².

Die von POMPECKJ gelieferte petrographische Beschreibung deutet eine völlige Übereinstimmung mit dem gewöhnlichen Gesteine der *Str. Fentzschii*-Zone an. Als ich dem Herrn Dr. POMPECKJ einige Proben eines der auf Gotska Sandön gefundenen Geschiebe (N:o 6) zur Revidierung meiner Bestimmung der darin vorkommenden *Illænus*-Pygidien übersandte, wurde diese petrographische Übereinstimmung bestätigt. Dr. POMPECKJ schreibt nämlich: »Auch das Gestein stimmt seinem Habitus nach auffallend mit dem von mir untersuchten Geschiebe überein.»

¹ J. F. POMPECKJ. Die Trilobiten-Fauna der Ost- und Westpreussischen Diluvialgeschiebe. Königsberg. 1890. P. 7 und 69.

² E. TH. G. STEINHARDT. Die bis jetzt in preuss. Geschieben gefundenen Trilobiten. Königsberg. 1874. Taf. IV, Fig. 3.

POMPECKJ beschrieb das Geschiebe als ein untersilurisches Geschiebe unbestimmten Alters. Durch meine Untersuchungen ist seine Zusammengehörigkeit mit der *Str. Fentzschi*-Zone nachgewiesen worden.

Alter der *Strophomena Fentzschi*-Zone.

In den obigen Einzeldarstellungen haben wir eine kleine Gruppe von eigenthümlichen, in verschiedenen Theilen des baltischen Gebietes gefundenen Silurgeschieben kennen lernen, deren einige offenbar in unmittelbarer Nähe, andere in grosser Entfernung von ihrer Heimath angetroffen wurden. Diese Geschiebe thun sich infolge ihrer ihnen allen gemeinsamen, besonders eigenthümlichen petrographischen Charaktere und infolge des Vorkommens derselben Fossilien in den meisten Geschieben als einer und derselben baltischen Silurzone angehörig dar. Nur eins der Geschiebe, das zweite der von GAGEL beschriebenen (siehe oben N:o 8), dürfte nicht mit den übrigen zusammengehören. In diesem kommt nach den Angaben GAGELS nebst Korallen und Crinoideenbruchstücken ein einzelnes Exemplar von *Str. Fentzschi* vor. Da ich die Vorkommnis von Korallen in der *Str. Fentzschi*-Fauna, ihres in der Folge zu bestimmenden Alters halber, ziemlich unwahrscheinlich fand, fragte ich bei Dr. GAGEL an, ob jenes Brachiopodenexemplar, anstatt eine echte *Str. Fentzschi* zu sein, möglicherweise einer jüngeren, mit ihr verwandten Form, angehören könne. In gütigster Beantwortung theilte mir Dr. GAGEL mit, dass einerseits die fraglichen Korallen zu fragmentarisch seien um bestimmt werden zu können und ferner, dass meine Vermuthung hinsichtlich des im Geschiebe gefundenen *Strophomena*-Exemplares vielleicht richtig sein möchte. Demzufolge wird in der folgenden Besprechung von diesem Geschiebe völlig abgesehen.

Die *Str. Fentzschi*-Fauna besteht fast durchgehends aus bisher unbeschriebenen Formen, Trilobiten, Ostrakoden, Brachiopoden und Bryozoën, aus welchen man gegenwärtig in Bezug auf die Altersfrage der Zone kaum eine Folgerung dürfte ziehen können.

Nur drei sicher bestimmbare, beschriebene Formen wurden in den betreffenden Geschieben gefunden:

Strophomena Fentzschi Gagel.

Platystrophia biforata Schloth.

Illænus nuculus Pompeckj.

Platystrophia biforata Schloth. ist eine schon seit lange bekannte Form, die sowohl innerhalb des Unter- als des Obersilurs sehr verbreitet ist. In Schweden tritt sie zahlreich zum ersten Male im älteren Chasmopskalk und innerhalb des ostbaltischen Silurgebietes im Echinospæritenkalk auf. Hieraus wäre man gewissermassen berechtigt zu folgern, dass die *Str. Fentzschi*-Zone nicht älter als der Echinospæritenkalk sein könne. Da indessen diese Annahme rücksichtlich der in den Konglomeratgeröllen vorkommenden Fossilien zu den unwahrscheinlichsten stratigraphischen

Folgerungen führen würde, dürfte der Schluss begründet sein, indem man die schon früher bekannte, überaus grosse, verticale Verbreitung dieser Art in Betracht zieht, dass sie in dem *Str. Fentzschi*-Konglomerate in einer erheblich älteren Schicht aufträte als es hinsichtlich der bisherigen Vorkommnisse der Fall gewesen. Einen directen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme und, wie es mich dünkt, eine sichere Bestimmung des Alters der *Str. Fentzschi*-Zone erhielt man, da es mir 1893 und 1894 gelang, *Strophomena Fentzschi* Gagel als ein zwar ziemlich seltenes, aber constantes Glied der Fauna des nordöländischen unteren *Asaphuskalkes* zu erweisen. Ich fand nämlich die fragliche Brachiopodenform in dem glaukonitreichen unteren *Asaphuskalke* an folgenden Localitäten:

Hälludden 10 Exemplare.

Byerums Sandvik 3 Ex.

Vorgebirge bei Horn 1 Ex.

Die Exemplare aus dem unteren *Asaphuskalke*, und ebenso die in den Konglomeratgeschieben gefundenen, zeigen eine überaus stark hervortretende individuelle Variation. Mehrere Exemplare der beiden Vorkommnisse sind einander jedoch täuschend ähnlich.

Durch diese Fünde von *Str. Fentzschi* in anstehenden Schichten auf der Insel Öland dürfte die Gleichalterigkeit der *Str. Fentzschi*-Zone mit dem öländischen unteren *Asaphuskalke* dargethan sein. Diese Zone ist demnach eine litorale Fazies zu jenem Gliede des schwedischen *Asaphidenkalkes*, von dem der öländische untere *Asaphuskalk* und der s. g. *Expansuskalk* Östergötlands und Nerikes gewissermassen verschiedene Ausbildungsformen darstellen. Diese litorale Bildung enthält eine gänzlich andere Fauna als die in den gleichalterigen, in tieferem Wasser abgelagerten *Asaphidenkalksedimenten* gefundene, was eine vollständige Bearbeitung der gefundenen Fossilien besser zeigen wird.

G. HOLM hat neulich zeigen wollen, indem er sich dabei hauptsächlich auf den Erhaltungszustand der in einer gewissen Schicht zahlreichen *Endocerensiphonen* stützte, dass der nordöländische, untere *Asaphuskalk* wenigstens zum Theil eine litorale Bildung sei¹. Die vorgeführten Beweise dürften aber nicht völlig bindend sein, und der Mangel an Konglomeratbildungen, Anhäufungen von Ufersand und deutlichen Diskordanzen scheint der Annahme HOLMS zu widersprechen. Falls hier wirklich eine Hebung zum Meeresspiegel stattfand, dürfte sie nur einer ganz vorübergehenden Natur gewesen sein, und der untere *Asaphuskalk* sollte doch wohl in der Hauptsache nicht als eine litorale, sondern eher als eine Flachseebildung (nach der Terminologie J. Walthers) zu verstehen sein. Zu Gunsten dieser Auffassung, meine ich, wäre hervorzuheben, theils dass die öländische Schicht in faunistischer Beziehung dem *Expansuskalk* der mittelschwedischen Silurgebiete viel näher steht als der *Str. Fentzschi*-Zone, theils ferner der im Folgenden näher zu erörternde Umstand, dass der untere *Asaphus-*

¹ G. HOLM. Om de endosifonala bildningarna hos familjen *Endoceratidæ*. G. F. F. Bd 17, H. 6, P. 608. Note.

kalk ein phosphoritführendes Gestein mit einer innerhalb des skandinavischen Gebietes ziemlich allein dastehenden Natur ist und sich von dem rein litoralen Typus, dessen ausgeprägter Repräsentant das *Str. Fentzschi*-Konglomerat ist, durchaus unterscheidet.

Im Vorigen habe ich darzulegen versucht, dass die *Str. Fentzschi*-Zone *untersilurischen* Alters und mit dem öländischen unteren Asaphuskalk gleichzeitig ist. Von GAGEL stammt 1890 ein zu ganz anderen Ergebnissen führender Versuch, ihr Alter zu bestimmen, indem er, auf Gründe gestützt, welche a. a. O. P. 17 näher erläutert werden, die bei der derzeitigen Kenntnis der Zone völlig natürliche Vermuthung äussert, *Str. Fentzschi* sei eine *obersilurische* Form. Als ich während meiner Untersuchungen zu einem von jener früheren Äusserung GAGELS völlig abweichenden Ergebnis gelangte, theilte ich ihm meine Gründe einer anderen Auffassung der Altersfrage mit. Dr. GAGEL zollte dieser Ansicht sofort seine Anerkennung und ertheilte mir die Erlaubnis mittheilen zu dürfen, dass sein Versuch der Altersbestimmung nur eine auf wenige, unsichere Indicien gegründete Vermuthung war, was ja auch aus seiner Äusserung a. a. O. P. 17 erhellt. Dr. GAGEL schreibt: »Bei der Artbeschreibung auf Seite 44 meiner Arbeit hat durch ein beim Druck ausgefallenes 'wahrscheinlich' die Altersbestimmung einen exacteren Anschein gewonnen, als ihr in der That zukommt.«

Stratigraphie und Verbreitungsgebiet der Strophomena Jentzschi-Zone.

Die Lagerungsverhältnisse der *Str. Fentzschi*-Zone können nur durch das Studium der in den Konglomeratgeschieben vorkommenden Gerölle bestimmt werden.

Diese Gerölle bestehen in ganz überwiegenden Masse aus Phosphoritgesteinen sammt in einer geringen Menge aus einem quarzitischem Gestein, das durch Übergangsformen mit dem Phosphoritsandstein verbunden zu sein scheint. Die besten Aufschlüsse gewähren die Rollstücke in dem bei Stenåsa (Öland) gefundenen Geschiebe. In diesem finden sich in Knollen aus dichtem Phosphorit theils

Peltura scarabæoides Wbg. und

Sphærophthalmus sp., theils in einem anderen Knollen

Agnostus pisiformis L.

Diese Knollen repräsentieren also sowohl die jüngste als die älteste Zone der Olenidenserie, woraus erhellt, dass an dem Orte, wo dies Geschiebe seine Heimath hat, das ganze Obercambrium durchdenudiert worden ist. Die Knollen bestehen indessen aus dichtem Phosphorit, einem Gestein, das den normalen obercambrischen Sedimenten durchaus fremd ist. Eine Erklärung dieses Umstandes giebt uns der Vergleich mit den im phosphoritführenden Kalkstein an der Basis des Untersilurs in Nerike und

Westergötland reichlich vorkommenden Knollen aus dichtem Phosphorit. Diese Knollen enthalten gleichfalls obercambrische Fossilien, *Peltura* und *Sphaerophthalmus*, und ihre mikroskopische Beschaffenheit ist völlig dieselbe wie die der erwähnten Phosphoritknollen im *Str. Fentzschi*-Konglomerat. Bei der Beschreibung dieser Phosphoritknollen haben wir angedeutet und werden es im Abschnitt über die Bildung der Phosphoritgesteine näher zu erweisen suchen, dass dieselben phosphatisierte Partien des Stinkkalkes sind, welcher dem phosphoritführenden Kalkstein unterlagert. Dieselbe Erklärung kann offenbar vorthellhaft in Bezug auf die trilobitenführenden Phosphoritknollen des *Str. Fentzschi*-Konglomerates verwendet werden. *Sie sind phosphatisierte Denudationsreste obercambrischer Stinkkalkschichten.*

Ausser den Knollen aus dichtem Phosphorit, von denen übrigens nur eine geringe Zahl fossilführend ist, finden sich im Konglomerat, in vorwiegender Menge, Knollen aus gewöhnlich recht grobkörnigem Phosphorit-sandstein. In einem derselben wurden häufige Exemplare von *Acrothele* sp. angetroffen. Hinsichtlich des Alters und der Bildung dieser Knollen können wir uns nicht ebenso bestimmt äussern als in Bezug auf die Knollen aus fossilführendem dichtem Phosphorit, sondern begnügen uns mit der Andeutung, dass betreffs der Deutung des Bildungsverlaufes drei Möglichkeiten vorliegen dürften:

1) Die Phosphoritsandsteinknollen wurden gleichzeitig mit dem Konglomerate durch Ausfällen von Phosphorit als Cement in Partien von Quarzsand gebildet. Diese Deutung dürfte in Bezug auf jenen *Acrothele*-führenden Knollen, der ganz gewiss älter als das Konglomerat ist, nicht zulässig sein.

2) Die Knollen sind phosphatisierte Denudationsreste älterer Kalksandsteinschichten.

3) Die Knollen kommen secundär im *Str. Fentzschi*-Konglomerate vor und sind durch Denudation älterer, wahrscheinlich cambrischer, phosphoritführender Schichten aus diesen ausgespült worden. Diese Möglichkeit kann offenbar den beiden ersteren nicht gegenübergestellt werden, da nach ihr nur die Phosphoritbildung in die cambrische Zeit verlegt wird, wo sie entweder wie es unter 1 oder unter 2 vorgeschlagen wurde vollzogen sein mag.

Da vor der Ablagerung des Konglomerates die obercambrische Schichtenreihe wenigstens an gewissen Punkten vollständig durchdenudiert worden war, muss das Konglomerat an diesen Stellen auf mittel- oder untercambrischen Schichten lagern. Da nun ferner keine Fünde von Geschieben die Existenz mittelcambrischer Schichten innerhalb des mittelbaltischen Silurgebietes, welches nach der unten zu liefernden Erörterung das Verbreitungsgebiet der *Str. Fentzschi*-Zone ist, andeutet, während dagegen untercambrische Schichten sich dort ganz gewiss in bedeutender Mächtigkeit vorfinden, und da die Beschaffenheit des Konglomeratbindemittels und der Phosphoritsandsteinknollen sammt vielleicht auch eine in dem öländischen Geschiebe in Contact mit dem *Str. Fentzschi*-Konglomerat vorkommende kleine Partie phosphoritführenden Kalksandsteins anzudeuten scheinen, dass

der Untergrund des Konglomerates ein ziemlich grobkörniger Sandstein ist, demnach ein Gestein, welches im Untercambrium vorherrscht, der mittelcambrischen Schichtenreihe mit ihren feinen Thon- und Sandsteinschiefern aber fremd ist, so dürfte das Konglomerat untercambrische Sandsteinschichten unmittelbar überlagern.

Die bedeutende Lücke in der Schichtenfolge zwischen dem *Str. Fentzschii*-Konglomerate und dem Untergrund desselben hängt in Betreff der cambrischen Schichten, wie schon oben erwähnt wurde, von der Denudation ab. Dagegen finde ich es sehr wohl möglich, dass die untersilurischen Schichten, welche älter als das Konglomerat sind, die Ceratopyge-Region nebst den Planilimbata- und Limbata-Zonen nie in dem Verbreitungsgebiete des Konglomerates abgelagert wurden. Dieser Annahme zufolge wäre also die Lücke in der Schichtenfolge theils durch den primären Mangel an älteren silurischen und theils durch die Denudation der cambrischen Schichten begründet.

Vermittels der gewonnenen Erkenntnis vom Alter des *Str. Fentzschii*-Konglomerates und von seinen wichtigsten Lagerungsverhältnissen werden wir das Gebiet seiner Verbreitung zu bestimmen suchen.

Dem nordbaltischen Gebiete können die Konglomeratgeschiebe nicht entstammen, da durch die Untersuchungen WIMANS die Existenz sowohl der Planilimbata- als der Limbatazone dort erwiesen worden. Aus ähnlichen stratigraphischen Gründen und wegen der Verbreitung der Geschiebe können sie auch nicht dem westbaltischen Gebiete zugewiesen werden. Das Vorkommen obercambrischer Trilobiten in den Konglomeratgeröllen u. a. Umständen erzeugt ferner, dass die Geschiebe nicht im ostbaltischen Gebiete anstehend gewesen. Dieser Annahme widerspricht übrigens die vorherrschende Auffassung von der Richtung der Eisströme. Als das Verbreitungsgebiet des *Str. Fentzschii*-Konglomerates müssten wir demnach *das mittelbaltische Silurgebiet* betrachten. Dazu stimmt denn auch die Verbreitung der Geschiebe durchaus: am zahlreichsten werden sie auf Gotska Sandön gefunden, ferner ein Geschiebe auf Gotland und ein Geschiebe auf dem südöstlichen Öland, in einer Gegend, wo bei dem Abschmelzen des jüngeren baltischen Eisstromes eine Moräne östlichen Ursprungs sich ablagerte.

Fassen wir nun die Ergebnisse der obigen Erörterung zusammen, können wir behaupten, *dass die Strophomena Fentzschii-Zone mit dem öländischen unteren Asaphuskalke gleichalterig ist, und dass sie das Basalkonglomerat der mittelbaltischen Silurformation bildet, welches, eine erhebliche Lücke in der Schichtenreihe aufweisend, direct auf mittel- oder wahrscheinlicher auf untercambrischen Schichten lagert.*

Die Phosphoritzone vom Alter des unteren Asaphuskalkes.

Unter dieser Überschrift stelle ich hier einen Complex von innerhalb verschiedener Silurgebiete vorkommenden petrographisch und faunistisch sehr wechselnden Gesteinen zusammen, die indessen alle phosphoritführend sind und in den engsten Altersbeziehungen zum öländischen unteren Asaphuskalke zu stehen scheinen.

Bei der Darstellung dieser Phosphoritzone können wir als den besten Ausgangspunkt das *Str. Fentzschi*-führende Konglomerat *des mittelbaltischen Gebietes* erwählen, hinsichtlich dessen ein Hinweis auf die obige detaillierte Beschreibung genügen dürfte.

In *dem ostbaltischen Silurgebiete* finden wir nach den Arbeiten von SCHMIDT, KUPFFER und HOLM Vorkommnisse von phosphoritführenden Gesteinen gleichen Alters wie das *Str. Fentzschi*-Konglomerat. In dieser Hinsicht ist die Darstellung HOLMS die meist belehrende und vollständigste; aus ihr führen wir Folgendes an¹: »Im westlichen Ebstland scheint unter einem Theil der Zeit, da der Vaginatenkalk anderweitig auf dem Meeresboden als Kalk abgelagert wurde, eine Hebung stattgefunden zu haben. Die Vaginaten-schichten zeigen sich nämlich dort als eine Strandbildung und es ist eben erwähnt, dass die untere Linsenschicht dort fehlt. Bei Reval sind schon die Vaginaten-schichten ganz dünn, etwas sandig und die Grenzfläche zwischen dem Vaginaten- und Glaukonitkalk ist stark konglomeratartig und von abgerundeten dunklen Phosphoritknollen bezeichnet. Bei Baltischport und auf der Insel Klein Rogö werden sie von einem Kalksandstein, der theilweise beinahe durch seine ganze Masse sehr stark breccien- oder konglomeratenartig ist und Phosphoritknollen führt, ersetzt und noch weiter im Westen scheint der Vaginatenkalk von einem breccienartigen Quarzsandstein vertreten zu sein. Auf der Insel Odensholm liegen wohl die Vaginaten-schichten unter dem Spiegel des Meeres, aber am Strande findet man häufig Blöcke von einem feinkörnigen weissgrauen Sandstein mit eingeschlossenen grösseren und kleineren Bruchstücken von einem sandigen Kalkstein und von Glaukonitkalk, die durch die starke Brandung hinaufgeworfen sind. Die Hebung muss daher mit abnehmender Intensität von Westen nach Osten gewirkt haben.»

Diese phosphoritführenden Schichten im westlichen Estland bilden, wie HOLM es genügend dargethan, eine litorale Fazies zum Vaginatenkalke. Dieser ist gleichalterig mit dem öländischen Asaphuskalke, dessen unterer glaukonitführender Theil hier mit dem *Str. Fentzschi*-Konglomerate parallelisiert worden ist. Aus diesen Gründen dürften wir mit gutem Fug die mittel- und ostbaltischen phosphoritführenden Konglomerate als gleichalterig und einer und derselben Litoralfazies angehörend betrachten. *Die Denu-*

¹ G. HOLM. Beitrag zur Kenntniss der Quartär- und Silurbildungen der Ostbaltischen Provinzen Russlands. Verhandl. der Kaiserl. Mineralog. Gesellschaft. Neue Serie. Bd 22. 1885. P. 13—14. (Sonderabdruck).

ation, deren Spuren im westlichen Theile des ostbaltischen Gebietes mit gesteigerter Intensität von Osten nach Westen hin hervortreten, hat in dem mittelbaltischen Gebiete ihre Spitze erreicht, deren Ausdruck in jener bedeutenden Lücke der Schichtenreihe zwischen dem Konglomerat und seinem Untergrund vorliegt. Da die mit dem Vaginatenkalke zusammengehörigen konglomeratischen Schichten in den Profilen bei Leetz und Klein Rogö auf Glaukonitkalk (HOLM a. a. O. P. 8—9) lagern, und da bei Odensholm gefundene, hiehergehörige Geschiebe Bruckstücke aus Glaukonitkalk enthalten, muss die Hebung und Blosslegung des Meeresbodens, welche die Bildung jener litoralen Schichten innerhalb des ostbaltischen Gebietes veranlasste, nach der Ablagerung des Glaukonitkalkes eingetroffen sein. In den *Str. Fentzschi*-führenden Konglomeratgeschieben des mittelbaltischen Gebietes fehlen hingegen Denudationsreste derjenigen untersilurischen Schichten, welche älter als das Konglomerat sind, gänzlich, und hierin dürfte man vielleicht eine Andeutung erblicken, dass diese Schichten schon primär fehlten. Unter dieser Voraussetzung, die indessen nichts als eine blosser Vermuthung ist, sollte eine Trockenlegung des Meeresbodens, welche innerhalb des mittelbaltischen Gebietes am Ende der cambrischen Zeit stattgefunden hätte, erst während der Bildungsperiode des Asaphuskalkes von einer Senkung gefolgt sein, während welcher dann anfänglich das *Str. Fentzschi*-Konglomerat gebildet wäre. Es bedarf fernerer Untersuchungen, ehe wir hoffen können, von den wahrscheinlich recht complicierten verticalen Bewegungen des Meeresbodens, welche die betreffenden mittel- und ostbaltischen Konglomerate entstehen liessen, eine genaue Kenntniss zu erlangen. Eine interessante Aufgabe künftiger Untersuchungen wäre es, zu entscheiden, ob die *Str. Fentzschi*-Fauna auch in den ostbaltischen litoralen Bildungen vorkommt.

In seiner Erörterung der bei Reval an der Grenze zwischen dem Glaukonit- und dem Vaginatenkalke auftretenden Phosphoritknollen bemerkt SCHMIDT: »Diese Revalschen Knollen wurden auch von LINNARSSON als entsprechend den im gleichen Niveau in Schweden vorkommenden Phosphoritknollen erklärt.«¹ Diese Äusserung SCHMIDTS hat offenbar auf den Reisebericht LINNARSSONS vom Jahre 1873 Bezug, wo er den Fund eines phosphoritführenden Gesteins unfern Reval erwähnt.² Hierbei ist indessen zu bemerken, dass das phosphoritführende Gestein nur als lose Blöcke unter dem »Glint« angetroffen wurde, und dass LINNARSSON vermuthete, dass diese Geschiebe dem Glaukonitkalke, wahrscheinlich sogar dessen unterstem Theile mit *Megalaspis planilimbata* Ang., entstammten und mit dem phosphoritführenden Kalke an der Basis des Untersilurs in Nerike und Westergötland gleichalterig seien. Zu der Zeit war in Schweden kein phosphoritführendes Gestein vom Alter des unteren Asaphuskalkes bekannt.

¹ FR. SCHMIDT. Revision etc. I. 1881. P. 19—20.

² G. LINNARSSON. Berättelse om en vetenskaplig resa till Böhmen och Ryska Östersjöprovinserna. Öfvers. af K. V. A. Förhandl. 1893. No 5, P. 107.

Aus dem nordbaltischen Gebiete kennt man bisher kein mit dem *Str. Fentzschi*-Konglomerate gleichzeitiges phosphoritführendes Gestein. WIMAN betont in der Beschreibung der Schichtenfolge innerhalb des nordbaltischen Asaphidenkalkes, dass auch keine dem Asaphuskalk angehörende Geschiebe gefunden worden sind. Vielleicht wird man hier durch fortgesetzte Untersuchungen Spuren von phosphoritführenden litoralen Bildungen derselben Art wie die im westlichen Estland in diesem Niveau vorkommenden antreffen.

Innerhalb des westbaltischen Silurgebietes finden wir in dem nord-öländischen unteren glaukonithaltigen Asaphuskalk eine mit dem *Str. Fentzschi*-Konglomerat gleichzeitige Bildung. Dieses Kalksteinlager ist in den Uferabschüssen an folgenden drei Stellen an der N.W.-Küste der Insel Öland trefflich blossgelegt.

1. Hälludden, längst hin im Norden. Die schönen paläontologischen Untersuchungen HOLMS haben diese Localität zu einer der interessantesten des schwedischen Asaphidenkalkes gemacht.

2. S. von Hunderums Sandvik.

3. Byerums Sandvik, N. vom Vorgebirge bei Horn. Der Uferabschuss ist hier in zahlreiche freistehende Pfeiler zerstückt worden.¹

Die Schichtenfolge im Asaphuskalk ist bei Hälludden und Byerums Sandvik eine völlig gleichförmige. Die Uferabschüsse messen etwa 4 M. Höhe und bestehen unten aus glaukonitreichem, oben aus glaukonitfreiem Asaphuskalk. Im unteren Theil des glaukonitreichen Kalkes, dem Wasserspiegel nahe, tritt eine Schicht dunklen Kalksteins mit sehr häufig vorkommenden, oolithenartigen Körnern auf, welche unter dem Mikroskope eine sehr deutliche concentrische Struktur zeigen.

Ein Bericht über die reiche Fauna des glaukonitführenden Asaphuskalkes, deren offenbare Verwandtschaft mit der Fauna des ostbaltischen Vaginatenkalkes seit geraumer Zeit bekannt ist, würde über das diesem Aufsatz gesteckte Ziel hinausgehen. Nur ein paar Formen müssen inzwischen hier kurz erwähnt werden. Das Vorkommen von *Str. Fentzschi* Gagel in diesen Schichten ist bereits beschrieben worden (P. 210). Ein anderes Fossil besitzt für unsere Untersuchung ein specielles Interesse, nämlich eine inarticulate Brachiopodenform, die ich hier als *Acritis antiquissima* Eichw.? anführe, und deren dicke, weisse Schalen recht zahlreich in gewissen Schichten des glaukonitreichen Kalkes vorkommen. In Estland findet sich *Acritis antiquissima* Eichw. nach SCHMIDT im obersten Theile des Glaukonitkalkes. (Das Nähere über dies Fossil in einem folgenden Abschnitt).

Sobald ich mir der Altersäquivalenz zwischen dem *Str. Fentzschi*-Konglomerat und dem unteren Asaphuskalk bewusst war, versuchte ich durch chemische Untersuchung zu entscheiden, ob der öländische Kalkstein nicht gleichfalls ein phosphoritführendes Gestein sei. Das Ergebnis ist das Folgende.

¹ J. G. ANDERSSON. Om öländska raukar. Bihang till K. V. A. Handl. Bd. 21. Afdeln. 2, N:o 4. 1895.

	1.	2.
Ungelöster Rückstand	6,11	6,95
P ₂ O ₅	4,53	1,76

1. Glaukonitführender Asaphuskalk. Byerum. J. G. ANDERSSON.
 2. » » » Hälludden. N. SAHLBOM.

Die Analysen weisen einen für einen schwedischen untersilurischen Kalkstein durchaus abnorm hohen Gehalt an Phosphorsäure auf, in Folge dessen der untere Asaphuskalk bestimmt unter die phosphoritführenden Gesteine einzureihen ist. Unter diesen repräsentiert er einen eigenthümlichen, abweichenden Typus, indem der Phosphorit hier nicht, wie es hinsichtlich aller übrigen näher bekannten schwedischen Vorkommnisse der Fall ist, als Knollen in einer an P₂O₅ armen Grundmasse auftritt; im vorliegenden Falle scheint der Gehalt an Phosphorsäure im Gegentheil ziemlich gleichförmig in der ganzen Gesteinsmasse vertheilt zu sein. Während die übrigen phosphoritführenden Gesteine als Phosphoritkonglomerate bezeichnet werden mögen (wenn man diesen Terminus nur rein morphologisch versteht), begegnet uns in dem unteren Asaphuskalk ein *phosphorsäurehaltiger Kalkstein*. Ich betrachte dieses öländische Kalksteinlager als eine Flachseefazies jener Phosphoritzone, deren ausgeprägtesten litoralen Typus wir in dem mittelbaltischen *Str. Fentzschi*-Konglomerate finden.

Auch in *Östergötland* dürfte man Andeutungen von Verhältnissen, welche den eben betreffs Öland beschriebenen ähneln, spüren können. Ein Glied jener Schichtenreihe, vielleicht ihr niedrigstes, die in Östergötland dem öländischen Asaphuskalke entspricht, ist nämlich eine 0,5 M. mächtige Schicht grauen, theilweise glaukonitreichen Kalkes mit *Megalaspis Heros* Dalm.¹ In diesem glaukonitführenden Heroskalke von Kungs Norrby fand H. SANTESSON 0,653 % P₂O₅.² Diese Angaben machen die Existenz der Phosphoritzone des unteren Asaphuskalkes auch betreffs Östergötland wahrscheinlich, wo die Zone indessen schwächer entwickelt sein dürfte als auf der Insel Öland.

Weit ausserhalb der baltischen Silurprovinz finden wir Andeutungen von der Phosphoritzone des unteren Asaphuskalkes in Schonen und im südlichen Norwegen.

In Schonen findet sich nach A. G. NATHORST südlich von Röstånga ein dunkler, harter Asaphidenkalk mit *Asaphus acuminatus* Boeck, *Corynexochlus umbonatus* Ang. und *Illænus Esmarki* Schloth. In diesem Gestein kommen schwarze Knollen mit einem Gehalt von 2,664 % P₂O₅ vor (Litteraturübers. 28). *Illænus Esmarki* Schloth. ist eins der verbreitetsten Leitfossilien des Asaphuskalkes und *Asaphus acuminatus* Boeck dürfte nach BRÖGGER in Norwegen wahrscheinlich im unteren Theile (in der phosphoritführenden Porambonitesschicht) seines Orthocerenkalkes (3 c γ) vorkommen.³

¹ G. LINNARSSON und S. A. TULLBERG. Beskr. till kartbaldet Vreta kloster. S. G. U. Ser. Aa. N:o 83. P. 23-24. 1882.

² LINNARSSON o. TULLBERG. a. a. O. P. 29.

³ BRÖGGER. Die silur. Etagen. P. 93.

Auch dieses norwegische Gestein ist vielleicht, wie unten angedeutet werden wird, zu der Phosphoritzone des unteren Asaphuskalkes zu stellen.

In einer Stufe des Asaphidenkalkes von der Mühle bei Kivik im östlichen Schonen fand H. SANTESSON 1,081 % P_2O_5 . Die Probe entstammt zufolge DE GEER den jüngsten zugänglichen Schichten¹. In Bezug auf den betreffenden Asaphidenkalk liegt indessen keine auf paläontologische Daten gegründete Altersbestimmung vor.

Im *südlichen Norwegen* wird der unterste Theil des Orthocerenkalkes BRÖGGER'S von einer metermächtigen Kalksteinschicht gebildet, »welche in ihrem unteren Theil, in dünnen (einige Centimeter mächtigen) Schichten und Streifen von kleinen, ein Paar Millimeter grossen, linsenförmigen, schwarzbraunen Phosphoritkörnchen oft so voll ist, dass das Gestein bis ung. 1 pCt. Phosphorsäure halten kann.« Wegen des reichlichen Vorkommens der Brachiopodengattung *Porambonites* wird die Schicht von BRÖGGER als die *Porambonitesschicht* bezeichnet².

BRÖGGER, der durch eigene Studien mit dem ostbaltischen Untersilur vertraut ist, betrachtet den untersten, phosphoritführenden Theil dieser Porambonitesschicht als gleichzeitig mit der phosphorsäurehaltigen Schicht im untersten Theile des Vaginatenkalkes, z. B. bei Reval³.

In einer Phosphoritzone vom Alter des unteren Asaphuskalkes habe ich hier einen Complex von innerhalb verschiedener Silurgebiete vorkommenden, petrographisch und faunistisch äusserst wechselnden Gesteinen vereint. Die zur Zeit vorliegenden paläontologischen Beweise für die Altersäquivalenz aller dieser Gesteine sind bei weitem nicht bindend. Inzwischen mag diese Zusammenstellung schon aus dem Gesichtspunkte berechtigt sein, dass sie als Anregung zu weiteren, auf ein bestimmtes Ziel convergirenden stratigraphischen Arbeiten dienen kann. Bei der Bearbeitung der *Str. Fentz-schi*-Fauna und während des Fortganges meiner Studien über die untersilurischen Ostrakoden, die sich als treffliche Leitfossilien erwiesen, hoffe ich diese Fragen ins Einzelne besprechen zu können.

Wenn die vermuthete Homochronie der hier erwähnten Gesteine sich als thatsächlich erweisen sollte, finden wir in der aus ihnen zusammengesetzten Phosphoritzone einen petrographischen und faunistischen Fazieswechsel, welcher zu der Monotonität der älteren Phosphoritzone in scharfem Gegensatz stände.

¹ G. DE GEER. Beskr. till kartbl. Vidtsköfle. S. G. U. Ser. Aa. N:o 105. P. 18—19. 1889.

² BRÖGGER. Die silur. Etagen. P. 25.

³ BRÖGGER. a. a. O. P. 142. SCHMIDT. Revision I, P. 19—20.

Phosphoritführende Gesteine jüngeren Alters als der untere Asaphuskalk.

Den beschreibenden Theil unseres Aufsatzes abschliessend führen wir kurz einige Fünde phosphoritführender Gesteine jüngeren Alters als der untere Asaphuskalk hier vor.

Illænus centaurus-Zone. Öland.

Zwischen den Dörfern N. Qvinneby und St. Brunnby im Kirchspiele Stenåsa sind östlich von der Chaussée bedeutende Massen Centauruskalks behufs Anlage eines Abzugscanals losgesprengt worden. Ein Theil der Kalksteinstücke enthält bräunliche, phosphoritähnliche Partien ohne scharfe Begrenzung. Eine Gesamtprobe dieser Kalksteinstücke wurde von N. SAHLBOM analysiert:

Ungelöster Rückstand.	2,92 %
P ₂ O ₅	0,94

Trinucleus coscinorrhinus-Kalkstein. Schonen.

In dem untersten Theile dieses Kalksteinlagers an der Grenze gegen den Asaphidenkalk finden sich nach den Angaben HOLSTS zahlreiche schwarze Körner von Phosphorit(?) (Litteraturübers. 33).

Die mittleren Graptolithenschiefer. Schonen.

Zwischen der Zone mit *Diplograptus putillus* Hall und der Zone mit *Coenograptus gracilis* Hall liegt nach TULLBERG bei Fågelsång eine 1,5—3 Zoll mächtige Schicht schwarzen Phosphorits, die nahezu 26 Proc. P₂O₅ enthält (Litteraturübers. 23, 27).

Folgerungen.

Isopische Typen der phosphoritführenden Gesteine.

Überall in der schwedischen, cambrisch-silurischen Schichtenfolge, wo echt litorale Bildungen angetroffen werden, finden wir auch häufige Vorkommnisse von Phosphoritknollen. Das untercambrische *Torellella*-führende Basalkonglomerat des nordbaltischen Gebietes, das öländische *Acrothele*-Konglomerat, die Oboluskonglomerate in Dalekarlien und auf der Insel Öland sammt das untersilurische *Strophomena Fentzschii*-Konglomerat sind sämmtlich phosphoritführende Ablagerungen von unbestritten litoraler Natur. Mit der Ausnahme einiger cambrischen Basalkonglomerate (Westergötland, Kalmar sund), in denen übrigens vielleicht in der Zukunft Phosphoritknollen entdeckt werden können, *sind alle bekannten schwedischen, cambrischen und untersilurischen Konglomerate phosphoritführend*¹.

Was wir hier von dem constanten Auftreten der Phosphoritknollen in den Konglomeraten gesagt haben, darf indessen nicht invertiert die Annahme veranlassen, dass die Phosphoritgesteine ausschliesslich auf litorale Bildungen beschränkt seien. Ihre Verbreitung scheint im Gegentheil eine weit ausgedehntere zu sein. So fehlt z. B. den phosphoritführenden Gesteinen an der Basis des Untersilurs jeglicher Charakter echt litoraler Bildungen, und sie sollten nach der in der modernen Ozeanographie gebräuchlichen Terminologie wahrscheinlich am treffendsten als Flachseebildungen bezeichnet werden. Auf die Deutung des phosphoritführenden Kalksteins an der Basis des Untersilurs in Nerike und Westergötland werde ich im Folgenden wieder zu sprechen kommen. In dieser Phosphoritzone mit überwiegenden Flachseeablagerungen tritt völlig local in der Gegend von Ömberg eine typische Litoralbildung auf (vgl. P. 199).

Im öländischen unteren Asaphuskalke begegnet uns wahrscheinlich auch eine phosphoritführende Flachseebildung, wie denn wohl auch die derselben Phosphoritzone angehörenden Kalksteinschichten in Schonen und im südlichen Norwegen weit ausserhalb der litoralen Zone gebildet sind. Von dem durch das mittelbaltische *Str. Fentzschii*-Konglomerat angegebenen, lito-

¹ Es dürfte kaum hervorzuheben nöthig sein, dass von den petrographisch abweichenden cambrisch-silurischen Ablagerungen in den Hochgebirgsgegenden hier völlig abgesehen wird.

ralen Centrum scheint die Phosphoritbildung sich zu dieser Zeit weit umher bis zu den tieferen Theilen des Silurmeeres erstreckt zu haben.

Auch einige andere phosphoritführende Gesteine möchten vielleicht als Flachseebildungen zu deuten sein, z. B. die »grünen Schiefer« der Insel Bornholm und die phosphoritführenden Grenzschichten zwischen Unter- und Mittelcambrium in Schonen.

Ein treuer Begleiter der Phosphoritgesteine in den schwedischen, cambrisch-silurischen Schichten, wie auch in jüngeren Formationen und in recenten Meeresablagerungen ist der *Glaukonit*. Glaukonitsand, glaukonitreiche Sandsteine und Kalksteine sind sehr oft phosphoritführende Gesteine. In den Wechselungen des Glaukonitreichthumes der phosphoritführenden Gesteine scheint eine bemerkenswerthe Regelmässigkeit verspürt werden zu können. Die bedeutendsten Glaukonitvorkommnisse finden wir in der grossen Glaukonitzone an der Basis des Untersilurs und im nordöländischen unteren Asaphuskalke, demnach in den von uns als phosphoritführende Flachseebildungen bezeichneten Gesteinen. Wenn wir uns den litoralen Phosphoritvorkommnissen zuwenden, finden wir ganz andere Verhältnisse. Der Glaukonit tritt dort in ganz untergeordneter Menge auf. In dem *Torellella*-führenden nordbaltischen Konglomerat finden sich Glaukonitkörner nur spärlich im Bindemittel; im Oboluskonglomerat und in der Sedimentbreccie des nördlichen Öland fehlt der Glaukonit fast gänzlich und auch in dem Oboluskonglomerat in Dalekarlien wird er in äusserst geringer Menge angetroffen. In dem öländischen *Acrothele*-Konglomerate findet sich der Glaukonit sehr häufig. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass dies Konglomerat eine dünne litorale Schicht, ein echtes Einlagerungskonglomerat, zwischen zwei Paradoxideszonen ausmacht, welche beide in tieferem Wasser gebildet wurden. In dem untersilurischen *Str. Fentzschii*-Konglomerate fehlen im Bindemittel einiger Geschiebe Glaukonitkörner völlig, in anderen scheinen solche vorzukommen, wenn schon äusserst spärlich. In diesem Konglomerate lernen wir mithin eine an Glaukonit äusserst arme Litoralbildung kennen, die mit einer glaukonitreichen Flachseeablagerung, dem unteren Asaphuskalke, gleichzeitig ist. Dem Zusammenhang zwischen dem Auftreten des Phosphorits und des Glaukonits können wir folgenden Ausdruck geben: *Die phosphoritführenden Flachseeablagerungen enthalten Mengen von Glaukonitkörnern, während dass der Glaukonit in den litoralen phosphoritführenden Gesteinen eine sehr untergeordnete Rolle spielt.*

Diese Vorkommnisweise des Glaukonits in den schwedischen, cambrisch-silurischen Schichten steht in völliger Übereinstimmung mit der bathymetrischen Verbreitung von glaukonitreichen Sedimenten in den Meeren der Jetztzeit. In der litoralen und sublitoralen Zone hat man nie in der Bildung begriffenen Glaukonit gefunden. Dahingegen haben recente glaukonitreiche Sedimente in Tiefen von 180 bis 2300 M., also in dem Flachseegebiete und der seichteren Küstenzone des Tiefseegebietes, eine grosse Ausdehnung.

In Tiefen von 180—3480 M. hat man zahlreiche Phosphoritknollen

angetroffen, öfters in glaukonitreichen Sedimenten¹. Dagegen sind meines Wissens recente Phosphoritknollen innerhalb der litoralen Zone nicht angetroffen worden.

Die vorhin als Flachseebildungen bezeichneten, glaukonitreichen und öfters phosphoritführenden, cambrischen und silurischen Ablagerungen besitzen in den recenten glaukonit- und phosphoritreichen Sedimenten ganz und gar ihre bathymetrischen Äquivalenten. Dagegen scheint es heutzutage den constanten und häufigen Vorkommnissen von Phosphoritgesteinen in den cambrischen und untersilurischen Litoralbildungen gegenüber keine analogen Verhältnisse zu geben.

Wir haben es oben darzuthun versucht, dass die cambrisch-silurischen, phosphoritführenden Gesteine in bathymetrischer Hinsicht in zwei, jedoch keineswegs scharf getrennte Gruppen vertheilt werden können, nämlich die glaukonitarmen Litoralbildungen und die glaukonitreichen Flachseeablagerungen. Beide Typen besitzen eine sehr grosse Verbreitung in verschiedenen Niveaus sowohl innerhalb des Cambriums als auch des älteren Untersilurs. Das jüngere Untersilur wird hingegen von feinen Sedimenten, Schiefern und Kalksteinen aufgebaut, in denen Glaukonit und Phosphorit gar keine erhebliche Rolle spielen und sichere litorale Bildungen meines Wissens nicht ermittelt worden sind. In dem gotländischen Obersilur kommen aber litorale Ablagerungen in bedeutender Menge vor. So viel bisher bekannt, sind in diesen gotländischen Konglomeraten Phosphoritknollen nicht vorhanden.

Die constante und reichliche Vorkommnis von Phosphoritknollen in den Litoralablagerungen scheint demnach für die cambrische und älter untersilurische Periode charakteristisch auch im Vergleich zu der obersilurischen Epoche zu sein (wenn nach den Verhältnissen auf der Insel Gotland geurtheilt werden darf, die aber natürlicherweise einem allgemeingültigen Vergleiche nicht zu Grunde gelegt werden dürfen). Dass wohl auch keine der recenten Litoralablagerungen phosphoritführend sind, ist schon angedeutet worden. Im Folgenden ist es unsere Aufgabe, die Ursache der grossartigen Verbreitung der Phosphoritgesteine in den cambrischen und älter untersilurischen, litoralen Schichten darzulegen zu suchen.

¹ Über die Vorkommnis von Glaukonit und Phosphorit in recenten Sedimenten siehe: MURRAY u. RENARD. Challenger Deep-Sea Deposits. Edinburgh 1891. WALTHER. Lithogenesis der Gegenwart. Jena 1894.

Zur Bildungsgeschichte der Phosphoritgesteine.

Die Phosphoritknollen sind nie Denudationsreste älterer Phosphoritschichten.

Die phosphoritführenden Gesteine tragen meistens ein völlig konglomeratisches Aussehen, und die in ihnen vorkommenden Phosphoritknollen sind oft wirkliche Gerölle. Bei dieser Sachlage liegt es scheinbar nahe anzunehmen, dass die Phosphoritgesteine secundär in die konglomeratischen Gesteine gehören, und dass die Knollen Denudationsreste älterer Phosphoritschichten seien. Indessen erweist eine Untersuchung des Untergrundes der konglomeratischen, phosphoritführenden Gesteine leicht das Irrige dieser Vermuthung, indem nirgends Phosphoritschichten im Liegenden der »Phosphoritkonglomerate« vorkommen. Das Oboluskonglomerat in Dalekarlien lagert auf stark verwittertem Urgebirge, das *Acrothele granulata*-Konglomerat Ölands auf der *P. ölandicus*-Zone und die nordölandischen, *Obolus*-führenden Konglomerat- und Sedimentbreccienschichten auf den *Par. Tesini*- oder *P. ölandicus*-Zonen. Der phosphoritführende Kalkstein an der Basis des Untersilurs in Nerike und Westergötland wird untermittelbar von obercambrischem Alaunschiefer und Stinkkalk unterlagert. Der Untergrund der phosphoritführenden Gesteine ist demnach von äusserst wechselnder Beschaffenheit, nirgends finden sich aber in ihrem Liegenden Phosphoritschichten, denen die Phosphoritknollen hätten entstammen können. Hieraus geht mit voller Gewissheit hervor, *dass die Knollen, wenigstens mit ihrem jetzigen petrographischen Charakter, nicht älter als das phosphoritführende Gestein sind.* Auf diese Folgerung gestützt können wir die Deutung der Bildungsweise der Phosphoritgesteine auf zwei Möglichkeiten beschränken: 1. Die Phosphoritknollen wurden gleichzeitig mit der Ablagerung der phosphoritführenden Gesteine gebildet. 2. Die Knollen sind phosphatisierte Partien des den Untergrund des phosphoritführenden Gesteins bildenden Kalksteins.

Wie werden es versuchen im Folgenden darzulegen, dass beide genetische Typen unter den hier beschriebenen schwedischen Phosphoritgesteinen vertreten sind.

Nach obiger Darstellung scheint das Auftreten der phosphoritführenden Gesteine von der Beschaffenheit des Untergrundes völlig unabhängig zu sein. Doch ist hier zu bemerken, dass die Frequenz des Quarzsandes in den Phosphoritgesteinsknollen und in dem phosphoritführenden Gestein in directem Verhältnis zu dem Vorhandensein von Quarzmaterial im Untergrunde steht, und dass folglich behauptet werden kann, dass in gewissem

Sinne und auf eine gleichartige Weise die Knollen und die phosphoritführenden Gesteine von der Natur des Untergrundes abhängig sind. Um diesen Umstand zu beleuchten wird hier eine zusammenfassende Übersicht über das Vorkommen der Phosphoritgesteine geliefert.

Unter den Phosphoritgesteinen haben wir zwei petrographische Haupttypen unterschieden, den dichten Phosphorit und den Phosphoritsandstein, von denen letzterer aus einer mit Phosphorit verkitteten Quarzsandmasse besteht. Die Zusammensetzung des Phosphoritsandsteins und seine Stellung dem dichten Phosphorit gegenüber wird durch die unten vorzuführende Zusammenstellung der in den Einzelbeschreibungen mitgetheilten partiellen Analysen erläutert werden:

Gestein	Pag.	Phosphoritführendes Gestein	Fundort	Ungelöst	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ in Proc. vom lösl. Theile berechnet
<i>Phosphoritsandstein.</i>						
155		Untercambrischer Sandstein.	Geschiebe. Boge, Gotland.	75,31	6,27	25,39
157		»	Geschiebe. N. Öland.	66,75	9,01	27,10
161		Torellakonglomerat.	Geschiebe. G. Sandön.	73,65	6,42	24,36
177		Oboluskonglomerat.	Wikarbyn, Dalekarien.	77,17	7,30	31,98
204		<i>Str. Tenteschikonglomerat.</i>	Geschiebe. Stenåsa, Öl.	62,23	12,24	32,41
206		»	Geschiebe. G. Sandön.	69,78	7,73	25,58
<i>Phosphorit.</i>						
158		Untercambrischer Sandstein.	Geschiebe. Torp, Öland.	14,08	30,88	35,94
177		Oboluskonglomerat.	Boda, Dalekarien.	6,98	34,14	36,70
»		»	Wikarbyn, »	5,10	32,44	34,18
195		Kalkstein an d. Basis des Untersilurs.	Ulunda, Westergötland.	2,15	35,57	36,35
»		»	Kafvelås, »	3,06	29,27	30,19
»		»	Latorp, Nerike.	6,54	27,90	29,85
»		»	Lanna »	3,35	33,25	34,40
»		Der Phosphorit kommt in Contact mit Stinkkalk vor.	Wåmb, Westergötland.	2,23	35,49	36,30
204		<i>Str. Tenteschikonglomerat.</i>	Geschiebe. Stenåsa, Öl.	2,63	33,56	34,47
»		»	»	6,63	34,96	37,44
»		»	»	3,56	36,69	38,04
»		»	»	1,14	35,50	35,91

In der dritten Zahlenreihe dieser Tabelle ist der Gehalt an Phosphorsäure in Procenten vom löslichen Theile der Proben ausgedrückt. Diese Zahlen sind aus den directen Observationszahlen der Columnen 1 und 2 berechnet. Da der ungelöste Rückstand im Phosphoritsandstein der Quarzsandmasse entsprechend angesehen werden kann, ohne dass ein erheblicher Fehler zu befürchten wäre, während dass der in verdünnter Salpetersäure lösliche Theil den Cement des Sandsteins ausmacht, so geben die Zahlen der dritten Columne den Phosphorsäuregehalt des Cementes an. Dieses ist zwar durchschnittlich ein wenig ärmer an Phosphorsäure (24,36—32,41 $\frac{0}{0}$) als der dichte Phosphorit (29,85—38,94 $\frac{0}{0}$, am löslichen Theile berechnet), die Analysen bestätigen jedoch vollständig das Ergebnis der petrographischen Untersuchung, dass das Cement des Sandsteins aus Phosphorit besteht¹.

Überall wo diese zwei Typen, der Phosphoritsandstein und der dichte Phosphorit, neben einander als Knollen in einer und derselben phosphoritführenden Schicht auftreten, finden sich auch Übergänge zwischen ihnen, indem Knollen, in deren Grundmasse aus dichtem Phosphorit Quarzkörner mehr oder minder reichlich eingestreut sind, eine intermediäre Stellung zwischen beiden behaupten.

In den auf einem an Quarzmaterial reichen Untergrunde lagernden Schichten ist der Phosphoritsandstein dem dichten Phosphorite gegenüber quantitativ überwiegend. Dies ist beispielsweise betreffs des Oboluskonglomerates in Dalekarlien und des nordbaltischen untercambrischen Basalkonglomerates der Fall. Auch in dem *Str. Fentzschli*-Konglomerate, das höchst wahrscheinlich auf untercambrischem Sandstein lagert, sind die Phosphoritsandsteinknollen die zahlreichsten. (Vgl. die Knollenzählungen P. 204 u. 207.) In dem phosphoritführenden Kalkstein in Nerike und Westergötland, der auf obercambrischem Alaunschiefer und Stinkkalk, in denen gröbere Quarzmaterialien vollständig fehlen, lagert, ist der dichte Phosphorit gänzlich allein herrschend.

Dieser Zusammenhang zwischen der Frequenz des Phosphoritsandsteins und dem Reichthum an Quarzmaterial in dem Untergrunde der phosphoritführenden Schichten kann bis ins Einzelne verfolgt werden. Innerhalb der obenerwähnten Phosphoritzone an der Basis des Untersilurs, in der in Nerike und Westergötland der dichte Phosphorit allein herrschend ist, tritt in der Gegend von Omberg in Östergötland eine locale litorale Fazies auf. Die phosphoritführende Schicht kommt hier offenbar mit einem älteren quarzreichen Gestein in Contact; der Kalkstein ist mit Quarzkörnern gespickt und zugleich tritt ausser dem dichten Phosphorit auch Phosphoritsandstein unter den Knollen auf. In dem *Str. Fentzschli*-Konglomerate ist, wie vorhin erwähnt wurde, der Phosphoritsandstein dem dichten Phosphorite gegenüber quantitativ überwiegend, und in die das Bindemittel des

¹ In dem Phosphoritsandstein von Boge, Gotland (Analyse 1), findet sich ausser dem Phosphorite ein secundäres Kieselsäurecement (vgl. P. 156). Dieses Ausnahmeverhältnis beeinflusst indessen offenbar die obige Discussion nicht.

Konglomerates bildende Kalkmasse sind reichlich Quarzkörner eingestreut. Doch bildet das auf Gotland, bei Källunge gefundene Geschiebe in dieser Hinsicht eine Ausnahme. Es fehlen dort die Quarzkörner im Bindemittel und die Phosphoritknollen bestehen ausschliesslich aus dichtem Phosphorit. Der Grund beider Verhältnisse möchte vielleicht in dem Mangel an Quarzmaterial im Untergrunde zu suchen sein an der Stelle, wo das betreffende Geschiebe anstehend gewesen ist.

Sowohl in grossen Zügen wie im Einzelnen fanden wir demnach die Bestätigung des obig Gefolgerten, nämlich dass die Phosphoritknollen und das phosphoritführende Gestein in gleichem Masse von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängig seien, indem in beiden die Frequenz des Quarzsandes zum Vorhandensein von Quarzmaterial im Untergrunde in directer Beziehung stehe.

Offenbar ist dann, dass, je nachdem die Phosphoritknollen gleichzeitig mit der Ablagerung des phosphoritführenden Gesteins gebildet sind oder phosphatisierte Partien des Untergrundes ausmachen, die Deutung dieses Zusammenhanges verschieden ausfallen wird.

Phosphoritknollen, gleichzeitig mit der Ablagerung des phosphoritführenden Gesteins gebildet.

Als typische Vertreter dieser genetischen Gruppe von Phosphoritgesteinen betrachte ich die Phosphoritvorkommnisse im Oboluskonglomerat in Dalekarlien und in dem nordbaltischen, untercambrischen Basalkonglomerate. Schon der Umstand, dass diese phosphoritführenden Gesteine die ersten bei der Transgression des Meeres über einen Berggrund eruptiver Natur gebildeten Sedimente sind, weist mit Bestimmtheit darauf hin, dass die Phosphoritknollen zu gleicher Zeit wie die Konglomerate gebildet wurden.

Dieser Gruppe gehören wahrscheinlich auch die meisten übrigen Phosphoritvorkommnisse, den Phosphorit an der Basis des Untersilurs in Nerike und Westergötland sammt die trilobitenführenden Phosphoritknollen im *Str. Fentzschii*-Konglomerate ausgenommen, demnach z. B. die Phosphoritknollen im *Acrothele granulata*-Konglomerate und in dem öländischen Oboluskonglomerate. Ein sicheres Mittel zum Bestimmen des Alters der Knollen im Verhältnis zu dem phosphoritführenden Gestein wären Fünde von bestimmbarern Fossilien in den Knollen. Indessen habe ich zufolge der geringen Grösse der Knollen nie andere als unbestimmbare Bruchstücke gefunden, und ausserdem würden betreffs der mittel- und obercambrischen Vorkommnisse die Mischfaunen der Konglomerate die Altersbestimmung in hohem Grade erschweren. Dieser Ausweg stand mir demnach nicht zu Gebote.

Zu dieser genetischen Gruppe stelle ich auch den öländischen, glaukonitführenden Asaphuskalk, der sich doch von den übrigen phosphoritführenden Gesteinen dadurch unterscheidet, dass der Gehalt an Phosphor-

säure nicht in Phosphoritknollen concentrirt, sondern ziemlich gleichmässig in der ganzen Gesteinsmasse vertheilt ist.

Ein bezeichnendes Merkmal der hier genannten Phosphoritvorkommnisse ist das damit verbundene häufige Auftreten grosser, dickschaliger Brachiopoden mit aus Calciumphosphat bestehenden Schalen¹. Dies erhellt aus der folgenden Übersicht:

In dem Acrothelekonglomerate Ölands kommt *Acrothele granulata* Linrs. sehr häufig vor.

In dem nordöländischen Oboluskonglomerate kommt eine *Obolus*-Species in reichlicher Menge vor.

Gleichfalls wird eine *Obolus*-Form massenhaft im Oboluskonglomerate Dalekarliens angetroffen.

In dem glaukonithaltigen, nordöländischen Asaphuskalke findet sich, vorzugsweise bei Hälludden, in gewissen Schichten recht häufig eine inarticulate Brachiopodenform mit weissen Schalen aus einer losen, fast mehligem Consistenz, welche wahrscheinlich mit *Acritis antiquissima* Eichw. identisch ist.

In dem braunen, lockeren, reichlich phosphoritführenden Kalksandstein untercambrischen Alters, den WIMAN im nordbaltischen Gebiete angetroffen hat (siehe P. 161), findet sich in sehr zahlreichen Exemplaren eine *Mickwitzia*-ähnliche Brachiopodenform, deren systematische Stellung binnen kurzem Gegenstand einer Erörterung WIMANS werden wird.

In diesem Zusammenhang ist es erwähnenswerth, dass auch das Auftreten eines anderen phosphatschaligen Organismus mit Phosphoritvorkommnissen verknüpft ist. *Torellella laevigata* Linrs., deren Schale nach HOLM hauptsächlich aus Calciumphosphat besteht², kommt nämlich sowohl in dem nordbaltischen Gebiete als auch im nördlichen Dalekarlien in phosphoritführenden Gesteinen vor (P. 161).

Dass sämtliche obenerwähnten, inarticulaten Brachiopoden aus Calciumphosphat bestehende Schalen besitzen, dürfte ohne weiteres völlig sicher sein. In ein paar Fällen wurde dies durch Analysen bestätigt:

	1.	2.
Ungelöster Rückstand	0,12 %	0,5 %
P ₂ O ₅	36,54	41,4

1. Schalen von *Obolus sp.* Oboluskonglomerat, Vikarbyn, Dal. N. SAHLBOM.

2. Schalen von *Acritis antiquissima* Eichw.? Glaukonithaltiger Asaphuskalk, Öland. Die Analyse wurde an einer äusserst geringen Menge

¹ Hier wie stets in der Folge wird der grösseren Einfachheit wegen nur von Calciumphosphat geredet, obgleich die noch nicht veröffentlichten Analysen darzulegen scheinen, dass sowohl die Brachiopodenschalen als die Phosphoritknollen aus einem der Apatitformel entsprechenden Fluophosphat bestehen.

² G. HOLM. Hyolithidæ och Conulariidæ. P. 146.

von Schalensubstanz (0,0191 Gr.) vom Herrn Lic. Phil. R. MAUZELIUS gütigst ausgeführt.

Die Analysen thun dar, dass diese Schalen an Phosphorsäure reicher und an ungelöstem Rückstand ärmer sind als die Phosphorite, von welchen Analysen hier mitgetheilt worden.

Der Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der zu dieser genetischen Gruppe gezogenen Phosphoritgesteinen und dem häufigen Auftreten von grossen, phosphatschaligen Brachiopoden, welcher durch die obige Übersicht erwiesen worden, dürfte in dem Masse deutlicher hervortreten, als die Kenntnis der phosphoritführenden Gesteine, die ich keiner diesbezüglichen Einzeluntersuchung unterziehen konnte, wird erweitert werden. Einige bestimmte Andeutungen in dieser Richtung liegen schon jetzt vor. In der phosphorithaltigen Glaukonitschieferschicht, welche die Basis des öländischen Untersilurs bildet, kommen nämlich *Oboliden* in grossen Mengen vor, und innerhalb der *Paradoxides Forclhammeri*-Zone, die in Jemtland, Nerike, Westergötland und auf der Insel Öland phosphoritführend und konglomeratisch entwickelt ist, treten zahlreiche inarticulate Brachiopoden auf, *Acrothele coriacea* Linrs., u. A.

Das oben hervorgehobene Verhältnis wird uns erst dann völlig klar, wenn wir bedenken, dass betreffs fast aller innerhalb der schwedischen, cambrisch-silurischen Formation zahlreich auftretenden grossen, phosphatschaligen Brachiopoden vorhin erwähnt wurde, dass sie mit Phosphoritvorkommnissen verknüpft seien. Die beiden Erscheinungen, das Auftreten dieser Brachiopoden und die Verbreitung der fraglichen Phosphoritgesteine, scheinen einander fast völlig zu decken.

Hier kann offenbar ein stetig wiederholtes Zusammentreffen von einander unabhängiger Erscheinungen doch nicht vorliegen, ein genetischer Zusammenhang zwischen ihnen muss da sein. Dieser könnte in verschiedener Weise gemuthmasst werden. Die Möglichkeit liegt vor, dass beide Erscheinungen auf ein uns unbekanntes, reichliches Vorhandensein von Phosphat zurückzuleiten seien, welches theils eine reichliche Entwicklung von phosphatschaligen Brachiopoden, theils die Bildung von Phosphorit veranlasst hätte. Bei weitem wahrscheinlicher ist jedoch meines Erachtens, dass die beiden Erscheinungen zu einander in ursächlichem Zusammenhange stehen, indem die Brachiopodenschalen das Material zum Phosphorite geliefert hätten.

Hinsichtlich der Art und Weise, auf welche diese Umlagerung des Phosphats stattgehabt hätte, wissen wir nichts Bestimmtes. Die alte Theorie von Koprolithenbildungen scheint mehrerer Umstände halber, u. A. wegen der reichen Vorkommnis von Phosphoritsandsteinknollen, hier unwahrscheinlich. Denkbar wäre es wohl, dass ungeheure Mengen von Brachiopodenschalen in Meereswasser gelöst worden, worauf das Phosphat wiederum in concretionären Klumpen ausgefällt wäre, die dann schliesslich in zahlreichen Fällen durch die Wellenbewegung zu wirklichen Geröllen gerundet wurden. Wie ersichtlich, sind wir zu einer Deutung gekom-

men, welche eine auffallende Ähnlichkeit mit derjenigen zeigt, auf welche schon i. J. 1873 TÖRNQUIST betreffs der Bildung der in dem Oboluskonglomerate Dalekarliens vorkommenden Phosphoritknollen gekommen ist. (Vgl. Litteraturübers. 6.) Gegen diesen Deutungsversuch könnten zweierlei Einwendungen erhoben werden, nämlich theils, dass bei mikroskopischer Untersuchung der Phosphoritknollen niemals eine concretionäre Struktur beobachtet worden, theils, dass eine concretionäre Ausfällung in dem in stetiger Bewegung befindlichen Wasser der litoralen Zone sich schwerlich denken lässt. Betreffs des letzteren Einwandes möge jedoch daran erinnert werden, dass die in den Konglomeraten vorkommenden Phosphoritsandsteinknollen einen Quarzsand enthalten, der immer viel feinkörniger ist, als der grobe Quarzsand des Konglomeratbindemittels. Dieser Umstand deutet vielleicht darauf hin, dass die Phosphoritausfällung nicht in der Wellenbewegungszone, sondern in etwas tieferem, ruhigerem Wasser stattfand.

Ein fester Grund, auf welchem eine folgerichtige Deutung der Bildungsgeschichte dieser Phosphoritgesteine aufzubauen wäre, kann erst dann gewonnen werden, wenn die in den Phosphoritknollen vorkommenden organischen Bestandtheile chemisch untersucht worden sind. Vorläufig müssen wir uns mit folgenden zwei, die genetische Deutung ebenfalls begründenden Schlüssen begnügen:

Die in diese Gruppe zusammengestellten Phosphoritgesteine sind — wenigstens betreffs einiger von ihnen ist dies völlig sicher — gleichzeitig mit dem phosphoritführenden Gestein gebildet.

Das Material zum Phosphorit entstammt höchst wahrscheinlich den Phosphatschalen inarticulater Brachiopoden.

Die reichliche Vorkommnis phosphatschaliger Brachiopoden scheint eine wichtige Voraussetzung der Bildung von Phosphoritgesteinen dieses Types zu sein. In den Schichten, wo diese Brachiopodenformen fehlen, können wir deshalb erwarten, dass es auch an Phosphoritgesteinen ermangle, wenn schon die sonstigen Bedingungen zur Phosphoritbildung scheinbar vorhanden seien. Hierin mag vielleicht der Grund davon zu suchen sein, dass Phosphoritgesteine in den gotländischen obersilurischen Litoralbildungen nicht gefunden worden. Meines Wissens treten nämlich im gotländischen Obersilur phosphatschalige Brachiopoden nie in einem mehr erheblichen, an die cambrischen Verhältnisse erinnernden Individuenreichthum auf. Diesem Deutungsversuche haftet offenbar eine grosse Unsicherheit an, und ich habe ihn nur deswegen vorgebracht, um die Aufmerksamkeit auf einen Umstand zu lenken, dem möglicherweise durch zukünftige Einzelforschungen eine sichere Erklärung zu theil werden kann.

Phosphoritknollen, durch Phosphatisierung von Kalkstein gebildet.

Während dass wir darzuthun versucht haben, dass die Gleichalterigkeit der Phosphoritknollen mit dem phosphoritführenden Gestein ein bezeichnendes Merkmal der vorigen genetischen Gruppe von Phosphoritgesteinen ist, finden wir in dem phosphoritführenden Kalkstein an der Basis des Untersilurs in Nerike und Westergötland ganz andere Verhältnisse (vgl. die detaillierte Beschreibung P. 179—195).

Der hier auftretende, phosphoritführende, untersilurische Kalkstein lagert entweder zunächst auf einer Stinkkalkbank mit Fossilien der Pelturazone oder direct auf dem Alaunschiefer. Auch für den Fall, dass wir dem phosphoritführenden Kalke das höchste denkbare Alter ertheilen, nämlich dasjenige des Ceratopygenkalkes, findet sich doch immer zwischen diesem Kalkstein und seinem cambrischen Untergrunde eine bedeutende Lücke, welche ihrerseits in dem südnorwegischen Silurgebiete von einer interessanten Übergangsserie zwischen dem Obercambrium und dem Untersilur ausgefüllt wird¹. Zwischen der jüngsten cambrischen und der ältesten untersilurischen, phosphoritführenden Schicht in Nerike und Westergötland waltet auch ein äusserst scharfer petrographischer wie faunistischer Gegensatz ob.

In dieser Basalschicht des Untersilurs finden sich sehr reichliche Knollen dichten Phosphorits, welche ausschliesslich Fossilien der Pelturazone enthalten, mithin genau dieselbe Fauna, welche in dem Stinkkalke unter dem phosphoritführenden Kalksteine vorkommt. *Die in dem untersilurischen Kalksteine vorkommenden Phosphoritknollen sind cambrischen Alters.*

Die Deutung dieses eigenthümlichen Verhältnisses kann in zwei einander entgegengesetzten Richtungen zu suchen sein: entweder ist die Phosphoritnatur der Knollen primär oder sie ist secundär.

Betrachten wir sie als primär, sollten die Knollen zunächst als Denudationsreste einer cambrischen Phosphoritschicht aufzufassen sein. Dieser Annahme widerspricht indessen die Beschaffenheit des Untergrundes des phosphoritführenden Kalksteins, der überall aus Stinkkalk oder Alaunschiefer besteht, durchaus. Nur an einem Orte, bei Wåmb, wurde völlig local eine kleine Phosphoritpartie unmittelbar unter dem silurischen Kalksteine angetroffen; die mit ihrem Auftreten verknüpften Umstände stützen aber gerade die entgegengesetzte Deutung. (Taf. VIII, Fig. 2). Die Unwahrscheinlichkeit der obigen Annahme wird uns erst dann völlig klar, wenn wir bedenken, dass nie Gerölle aus Stinkkalk oder Alaunschiefer unter den Phosphoritknollen gefunden worden, was doch nothwendigerweise hätte geschehen müssen, falls eine mechanische Corrasion des Untergrundes des phosphoritführenden Kalkes stattgefunden hätte.

¹ BRÖGGER, Die silur. Etagen 2 und 3. Kristiania 1882.

Zweifelsohne dürfte die Annahme noch unwahrscheinlicher sein, dass der Phosphorit in seiner jetzigen Knollengestalt in cambrischer Zeit nach dem Aufhören der Sedimentation des Pelturaschiefers entstanden wäre. Die Bildung von fossilienreichen Phosphoritknollen, ohne dass gleichzeitig ein Sediment anderer Art wäre abgelagert worden, scheint mir kaum denkbar zu sein. Dieser Deutungsversuch liefert übrigens für die Taf. VIII, Fig. 2 abgebildete Phosphoritvorkommnis keine Erklärung. Es möchte deshalb kaum von nöthen sein, ihn im Einzelnen zu widerlegen.

Die einzige Deutung, welche sowohl Einfachheit als Tragweite, die Mehrzahl der eigenthümlichen Verhältnisse dieser interessanten Phosphoritvorkommnis zu umfassen und lösen, besitzt, wäre die, dass die Phosphoritknollen phosphatisierte Partien des dem phosphoritführenden Kalkstein unmittelbar unterlagernden Stinkkalkes seien.

Die holperige und grubige Oberfläche des Stinkkalks scheint von einer ungleichmässig verlaufenden Corrosion Zeugnis abzulegen, welche vielleicht mit dem Phosphatisierungsprocesse in engem Zusammenhang stand. Denkbar ist es immer, dass durch die Corrosion zahlreiche kleinere Stinkkalkpartien losgelöst und dann zu Phosphoritknollen umgewandelt wurden. Diese Annahme würde den Umstand erklären, dass wir immer Stinkkalk (oder Alaunschiefer) *unter*, aber nur Phosphoritknollen *in* dem phosphoritführenden Kalke finden. Nur ganz ausnahmsweise wurde der Stinkkalk schon in situ phosphatisiert (Taf. VIII, Fig. 2). Schon in der detaillierten Beschreibung habe ich darzulegen versucht, dass die an der in ebenerwähnter Figur abgebildeten Stufe erscheinende Grenzlinie zwischen dem Phosphorite und dem Stinkkalk anzudeuten scheint, dass durch sie die Grenze der Phosphatisierung des Stinkkalks und ganz und gar nicht ein Contact zweier primär verschiedenartiger Sedimente bezeichnet werde.

Gegen die hier vorgeführte Deutung von der Bildung des Phosphorits scheint aber eine Erscheinung, nämlich diejenige, dass die in den Phosphoritknollen häufig vorkommenden Trilobitenschalen aus Kalkspath bestehen, Einspruch zu erheben. Falls hier thatsächlich phosphatisierte Stinkkalkpartien vorliegen, wäre mit vollem Rechte zu erwarten, dass die Trilobitenschalen gleichfalls in Phosphorit umgewandelt wären, ebensowohl wie die dazwischenliegende Kalkmasse. Dieser Einwand dürfte Manchen zur Entscheidung treiben, auch diesen Deutungsversuch endgültig zu verwerfen. Alle sonstigen Verhältnisse scheinen aber so einstimmig und entschieden dafür einzutreten, dass die Phosphoritknollen umgewandelte Stinkkalkpartien sind, dass ich die Vermuthung wage, die Vorkommnis der Kalkschalen in den Knollen werde auch einst ihre Erklärung in Übereinstimmung mit dieser Auffassung finden. Dass der Kalkspath der Schalen wenigstens in vielen Fällen primär ist, ist ganz gewiss, und demnach müsste man meinen, die Schalen hätten die Fähigkeit besessen, dem die dazwischenliegende Kalkmasse ergreifenden Phosphatisierungsprocess Widerstand zu leisten.

Eine in der obigen Besprechung wiederholte Male gestreifte Frage kann erst jetzt zu allseitiger Erörterung gelangen, ob nämlich der vorhin beschriebene Phosphatisierungsprocess litoral (incl. supramarin) oder submarin stattgehabt hätte.

Die zwischen der Pelturazone und dem phosphoritführenden Kalke befindliche Lücke erhält ihre einfachste Erklärung durch die Annahme, dass das fragliche Gebiet (Nerike-Westergötland) während des diese Lücke repräsentierenden Zeitraumes über dem Meere gelegen wäre. Hiermit übereinstimmend müsste dann der phosphoritführende Kalkstein als jene litorale Bildung aufgefasst werden, welche den Einbruch des Silurmeeres über das in obercambrischer Zeit trocken gelegte Gebiet bezeichnet.

Nun fehlt indessen (den vereinzelt Fund von konglomeratischen Partien im Stinkkalk bei Wämb ausgenommen) in diesen Grenzschichten zwischen dem Obercambrium und dem Untersilur jede sichere Spur einer litoralen Corrasion und die Annahme von einer Trockenlegung des betreffenden Gebietes während der Übergangszeit zwischen dem Cambrium und dem Silur scheint mir deswegen von Anfang an ziemlich hinfällig.

Wie oben angedeutet wurde, sind keine Stinkkalk- oder Alaunschieferstücke im phosphoritführenden Kalkstein angetroffen worden. Dass sie völlig ermangeln, möchte ich nicht behaupten, jedenfalls sind sie aber sehr selten. Dieser Umstand ist schwer vereinbar mit der Annahme, dass der phosphoritführende Kalkstein eine transgressional gebildete litorale Ablagerung sei.

Wenn wir aber voraussetzen, dass die oberflächliche Schicht der Pelturazone nur von einer submarinen Corrasion betroffen wäre, ergibt sich eine leichte und einfache Erklärung jener Verhältnisse. Die Corrasion verzehrte den obersten Theil des Stinkkalkes und löste kleinere, später phosphatisierte Partien ab; der Alaunschiefer wurde hingegen von der Corrasion nicht beeinflusst. Demzufolge finden wir nur mehr oder minder vollständig phosphatisierte Knollen in der niedrigsten silurischen Kalksteinschicht, nie aber Stücke unveränderten Stinkkalks oder Alaunschiefers.

In einem früheren Abschnitte habe ich eine detaillierte Beschreibung der Corrasionsgruben in der Oberflächenschicht des Stinkkalks geliefert und durch die Analogie zwischen diesen und ähnlichen, bestimmt submarin gebildeten Erscheinungen innerhalb des phosphoritführenden Kalksteins und des Limbatakalkes in Östergötland einen directen Beweis dafür zu ermitteln gesucht, dass die Corrasion in der oberflächlichen Schicht des Stinkkalks hätte submarin stattfinden können. Dass ähnliche Corrasionsgruben auch litoral gebildet werden können scheint wohl glaublich zu sein.

Als einen Beweis gegen die Annahme, dass der phosphoritführende Kalkstein eine litorale Bildung sei, würde man vielleicht auch ihr rück-sichtlich der sehr geringen Mächtigkeit überraschend constantes und gleichförmiges Auftreten in grosser Ausdehnung (Nerike-Westergötland) anführen können. Dieser Umstand dürfte doch betreffs der vorliegenden Frage von recht unerheblicher Bedeutung sein, da auch wirkliche Konglomerate

eine in Betracht ihrer sehr geringen Mächtigkeit überraschende Ausdehnung an den Tag legen, z. B. das *Acrothele granulata*-Konglomerat Ölands, vielleicht auch andere.

Diese Grenzschichten zwischen dem Cambrium und dem Silur in Nerike und Westergötland weisen eine Mannigfaltigkeit eigenthümlicher und schwer zu deutender Verhältnisse auf, deren folgerichtige und befriedigende Lösung vorzubringen mir bisher nicht gelungen ist. Indem ich es hier versucht, die vereinzelt Züge unseres heutigen Wissens zu dem Bilde eines submarinen, an Corrosion geknüpften Phosphatisierungsprocesses zu vereinen, bin ich mir der Unsicherheit und Mängel dieses Deutungsversuches völlig bewusst.

Eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Phosphorite der untersten silurischen Kalksteinschichten Nerikes und Westergötlands verrathen die trilobitenführenden Phosphoritknollen in dem öländischen *Str. Fentzschi*-führenden Geschiebe. Das phosphoritführende Gestein macht auch hier die Basalschicht des Untersilurs aus (obgleich diese bei weitem jünger als die phosphoritführende Schicht in Nerike ist), wohingegen die Phosphoritknollen Fossilien der *Peltura*- und der *Agn. pisiformis*-Zone führen. Auch in der Beziehung waltet Übereinstimmung ob, dass in ihnen, wie in den in Nerike vorkommenden Knollen, die Trilobitenschalen aus Kalkspath bestehen.

Gesetzt, dass die Phosphoritnatur der im *Str. Fentzschi*-Konglomerate vorkommenden, trilobitenführenden Knollen primär ist, werden wir zur Annahme gezwungen, dass in einem Theile der baltischen Silurprovinz sowohl die älteste als auch die jüngste Zone der Olenidenregion, demnach wahrscheinlich diese ganze Region, als Phosphorit sedimentiert worden wäre; dies ist aber eine Annahme, der nicht nur das gewöhnliche Auftreten des Phosphorits, sondern auch die innerhalb des skandinavischen Obercamabriums obwaltenden petrographischen Verhältnisse offenbar durchaus widerstreben.

Die Annahme aber, dass die Knollen phosphatisierte Stinkkalkpartien seien, vereinfacht in hohen Masse die Deutung des Konglomerates: obercambrische Stinkkalkschichten wurden im Verein mit der Bildung des Konglomerates durchdenudiert und die Denudationsreste des Stinkkalkes phosphatisiert. Die Phosphoritbildung fand hier wahrscheinlich litoral statt.

In diesen im *Str. Fentzschi*-Konglomerate vorkommenden, trilobitenführenden Phosphoritknollen dürften wir eine der wichtigsten Stützen der Theorie von der Phosphoritbildung vermittels Phosphatisierung von Stinkkalk haben.

Sowohl im *Str. Fentzschi*-Konglomerate als in dem phosphoritführenden Kalke in Nerike und Westergötland spielen phosphatschalige

Brachiopoden eine quantitativ äusserst unbedeutende Rolle. Einige unbestimmbare, vielleicht hiehergehörige Schalenbrückstückchen im ersteren und einige recht spärlich vorkommende kleine Oboliden im letzteren Falle sind Alles, was davon hat angetroffen werden können. Die Quelle des Phosphorsäuregehaltes der Knollen möchte demnach in diesem Falle anderswo zu suchen sein.

Unsere Studie über die Phosphorite ist zu Ende.

Was wir dadurch erstrebt, war keineswegs, eine folgerichtige Lösung des ganzen Phosphoritbildungsproblemles zu Wege zu bringen. Die Erreichung dieses Zieles wird noch sehr viele Arbeit erheischen. Hier traten wir nur an die Lösung einiger vorbereitenden Fragen heran, zuvörderst der hinsichtlich der Altersbeziehungen zwischen den Phosphoritknollen und dem phosphoritführenden Gesteine. Auf diesem Wege gelangten wir zur Aufstellung zweier genetischer Gruppen, deren eine die Phosphoritknollen, welche gleichzeitig mit dem phosphoritführenden Gestein gebildet wurden und deren Material inarticulaten Brachiopoden entstammte, umfasste, die andere die Knollen, welche durch Phosphatisierung von Stinkkalkpartien gebildet wurden.

Unter den Phosphoritvorkommnissen, die zu untersuchen sich mir bisher keine Gelegenheit dargeboten, finden sich übrigens ein paar, welche vielleicht in keine der obigen genetischen Gruppen eingereiht werden können. Es sind dies die Phosphoritvorkommnisse in den »grünen Schiefen« der Insel Bornholm und die eigenthümliche Phosphoritschicht in den mittleren Graptolithenschiefen bei Fågelsång in Schonen.

Den Forschern, welche in den siebziger Jahren die schwedischen Phosphoritvorkommnisse studierten, schien ihre genetische Deutung eine überaus einfache. Die Altersbeziehungen zwischen dem phosphoritführenden Gestein und den Phosphoritknollen waren zu jener Zeit noch keine actuelle Frage, und die Anpassung der Koprolithentheorie war eine allgemeine.

Jetzt ist für diese Theorie kein Raum da. Die Phosphoritbildung ist zu einem complicierten Problem geworden, das in Bezug auf die verschiedenen Vorkommnisse verschiedene Deutungen erheischt. Vielleicht bezeichnet doch dieser Zustand nur eine Übergangsperiode unseres Wissens. Möglich ist es ja, dass die verschiedenen genetischen Typen einst als blosse Variationen eines und desselben generellen Phosphoritbildungsverlaufes gedeutet werden können.

Nachschrift.

Während des Druckes dieser Arbeit ist mir das vierte Heft, Bd. 18 der Geol. Fören. Förhandl. (April 1896) zur Hand gekommen.

In diesem Heft findet sich ein kurzes Referat des Berichtes über meine Phosphoritstudien, den ich während der Vereinssitzung am 2. April erstattete. Im Anschluss an dieses Referat hat Herr H. HEDSTRÖM seine gegen meine in dem betreffenden Vortrage ausgesprochenen theoretischen Ansichten gerichteten Bemerkungen zusammengestellt.

Die Mehrzahl derselben dürfte in diesem Zusammenhange keiner ferneren Entgegnung bedürfen, da ich jetzt mein sämtliches Observationsmaterial vorzulegen im stande gewesen, weshalb es Jedem, der für diese Fragen ein Interesse hegt, ermöglicht sein wird, den höheren oder geringeren Grad der Wahrscheinlichkeit, was die verschiedenen genetischen Deutungen betrifft, zu prüfen. Indessen giebt es unter den Behauptungen des Herrn HEDSTRÖM eine, welche mir geeignet zu sein scheint, wenigstens unter skandinavische Geologen eine irrige Auffassung der bathymetrischen Verbreitung der phosphoritführenden Sedimente zu bringen und die demzufolge eine sofortige Erwiderung beanspruchen dürfte.

Herr HEDSTRÖM »präcisirt« als seine Ansicht, »dass alle Phosphoritschichten litorale Bildungen sind und dass ihr Auftreten in gleichem Masse auf eine Niveauverschiebung hinweist als die Vorkommnisse von Konglomeratschichten«.

Ich habe in dem obigen Aufsätze dargethan, dass fast alle schwedischen, cambrischen und älteren untersilurischen, unzweideutig litoralen Ablagerungen phosphoritführend sind; diesen Umstand habe ich an die grossartige Entwicklung von grossen, phosphatschaligen litoralen Brachiopoden jener Zeit anzuknüpfen versucht. Ausser diesen rein litoralen Phosphoritvorkommnissen giebt es einige phosphoritführende Schichten, betreffs derer ich glaube, dass sie eher als Flachseeablagerungen denn als litorale Bildungen zu deuten wären. Indessen beabsichtige ich keineswegs diese Verhältnisse als Beweise für die Unrichtigkeit der Ansicht des Herrn HEDSTRÖM, zu benutzen; ich bin auch nicht bestrebt dergleichen Beweise unter älteren ausländischen Phosphoritvorkommnissen zu suchen, da die Feststellung bathymetrischer Typen innerhalb der geologischen Formationen ja als eine der schwierigsten und umstrittensten Aufgaben der Geologie anzusehen sein dürfte.

Dagegen finde ich es geeignet, eine Gruppe von Beobachtungen vorzuführen, deren Beweiskraft in Bezug auf die besprochene Frage wohl über jeglichen Zweifel gehoben ist, nämlich die Beobachtungen über die Verbreitung von phosphoritführenden Sedimenten in den Meeren der Jetztzeit.

Schon oben (P. 221—222) wurden diese Verhältnisse kurz erwähnt, bei welcher Gelegenheit hervorgehoben wurde, dass in der Bildung begriffener Phosphorit in den recenten litoralen Bildungen fehlen möchte. Dagegen sind Phosphoritconcretionen von den »Blake«- und »Challenger«-Expeditionen in der Nähe kontinentaler Küsten innerhalb des Flachseegebietes und zum Theil auch innerhalb seichterer peripherischer Theile der Tiefsee angetroffen worden¹.

Die belehrendsten Fünde sind die der Challenger-Expedition unfern vom Cap der guten Hoffnung. Dort wurden auf den Stationen 141 und 142 in Tiefen von 180 bis 275 M. in Grünsand kleine Phosphoritconcretionen angetroffen. An der Station 143 kamen in Globigerinenschlick in der Tiefe von 3480 M. zahlreiche, 1—4 Cm. im Durchschnitt haltende Phosphoritconcretionen. Diese letzteren Knollen waren reicher an Phosphorsäure als diejenigen der Station 142 (in der Tiefe von 275 M.) (23.54 % P_2O_5 : 19.96 %).

Das Angeführte dürfte genügen, die Unhaltbarkeit der kühnen Generalisation des Herrn HEDSTRÖM zu erweisen.

¹ Bull. of Mus. of Comp. Zool. Vol. XII, No 2. 1885. MURRAY u. RENARD. Challenger Deep-Sea Deposits. Edinburgh 1891.



Erklärung der Tafeln.

Tafel VI.

Sedimentbreccie. Geschiebe aus dem nördlichsten Theil der Insel Öland.

Tafel VII.

Contacte zwischen Stinkkalk und phosphoritführendem Kalkstein. Lanna, Nerike.

Tafel VIII.

Verschiedene Vorkommnisweisen des Phosphorits an der Basis der Untersilur-Formation.

Fig. 1. Phosphoritknollen in untersilurischem Kalkstein. Lanna, Nerike.

Fig. 2. In situ phosphatisierter Stinkkalk. Wåmb, Westergötland.

An allen Figuren ist ein decimeterlanges Messband als Masstab gebraucht.

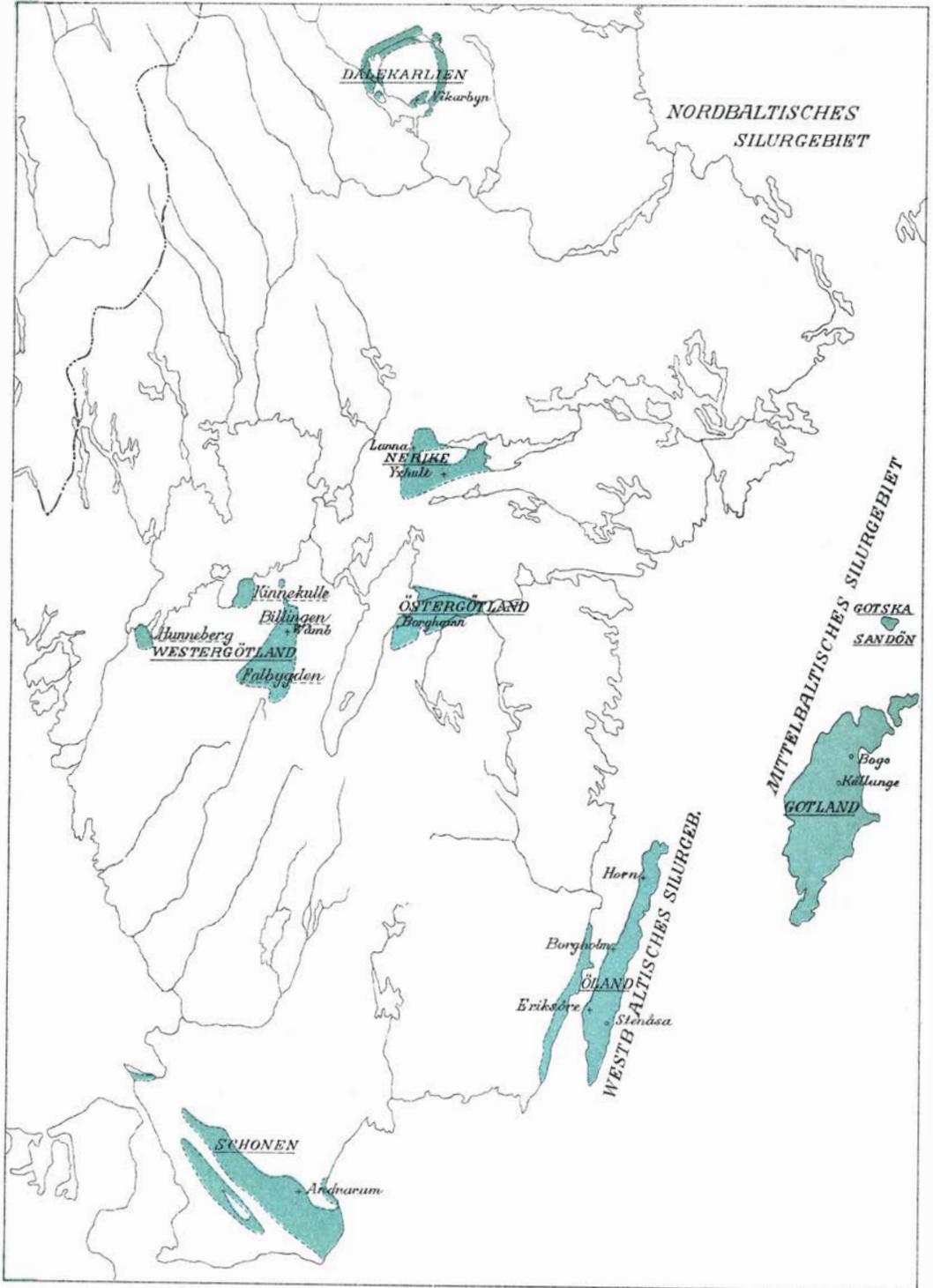
Die beigefügte kleine Karte beabsichtigt eine erleichterte Übersicht der wichtigeren, hier behandelten Phosphoritvorkommnisse zu vermitteln. Als Vorlage für dieselbe ist die Übersichtskarte Tafel 2 in TÖRNEBOHM: Sveriges Geologi, Zweite Auflage, 1894, benutzt worden.

Inhalts-Übersicht.

	Seite.
Einleitung	133—135
Litteraturübersicht	136—151
Beschreibung der phosphoritführenden Gesteine	152—219
Vorbemerkungen	152—154
Die phosphoritführenden Gesteine des Untercambriums	155—163
<i>Phosphoritführende Blöcke aus den baltischen Silurinseln</i>	155—161
Geschiebe aus quarzitischem Sandstein, Boge, Gotland S. 155. Geschiebe von der N.O.-Spitze der Insel Öland S. 156. Geschiebe von Torp, Öland S. 157. Geschiebe aus phosphoritführendem Grundkonglomerat, Gotska Sandön S. 158.	
<i>Die Phosphoritzone des Untercambriums</i>	161—163
Phosphoritführende Gesteine des Mittel- und Obercambriums	164—178
<i>Öländische Konglomerate</i>	165—173
Acrothele granulata-Konglomerat S. 165. Oboluskonglomerat bei Horn S. 167. Blöcke aus Sedimentbreccie, N.V.-Spitze der Insel S. 169.	
<i>Das Oboluskonglomerat in Darlekarlien</i>	173—177
<i>Die Phosphoritzone des Mittel- und Obercambriums</i>	177—178
Phosphoritführende Gesteine an der Basis des Untersilurs	179—200
<i>Phosphoritführender Kalkstein in Nerike und Westergötland</i>	179—197
Beschreibung der Profile S. 179. Übersicht der Lagerungsverhältnisse S. 181. Entfärbungs- und Corrosionserscheinungen in dem Stinkkalk unter dem phosphoritführenden Kalkstein S. 182. Konglomeratartiger Stinkkalk unter dem phosphoritführenden Kalkstein bei Wåmb S. 189. Der Phosphorit S. 190. Jaspisknollen in dem phosphoritführenden Kalkstein S. 195.	
<i>Die Phosphoritzone an der Basis der Untersilur-Formation</i>	197—200
Phosphoritführende Gesteine vom Alter des unteren Asaphuskalkes	201—218
<i>Baltische Blöcke mit Strophomena Jentzschii Gagel</i>	201—213
Beschreibung der Geschiebe	202—209
Block 1. Stenåsa, Öland S. 202. Bl. 2. Källunge, Gotland S. 204. Bl. 3—6. Gotska Sandön S. 205. Bl. 7—9. Ostpreussen S. 207.	
Alter der Strophomena Jentzschii-Zone	209—211
Stratigraphie und Verbreitungsgebiet der Str. Jentzschii-Zone	211—213
<i>Die Phosphoritzone vom Alter des unteren Asaphuskalkes</i>	214—218
Phosphoritführende Gesteine jüngeren Alters als der untere Asaphuskalk	219
Folgerungen	220—234
<i>Isopische Typen der phosphoritführenden Gesteine</i>	220—222
<i>Zur Bildungsgeschichte der Phosphoritgesteine</i>	223—234
Die Phosphoritknollen sind nie Denudationsreste älterer Phosphoritschichten	223—226
Phosphoritknollen, gleichzeitig mit der Ablagerung des phosphoritführenden Gesteins gebildet	226—229
Phosphoritknollen, durch Phosphatisierung von Kalkstein gebildet	230—234
Nachschrift ..	235—236
Erklärung der Tafeln	237
Inhaltsübersicht	238

Übersichtskarte der Phosphoritvorkommnisse des südlichen und mittleren Schwedens.

1 : 3,500,000.



Die cambrisch-silurische Formation ist blau bezeichnet.

Fundorte für phosphoritführende Gesteine { + Anstehendes Gestein.
 ° Geschiebe.

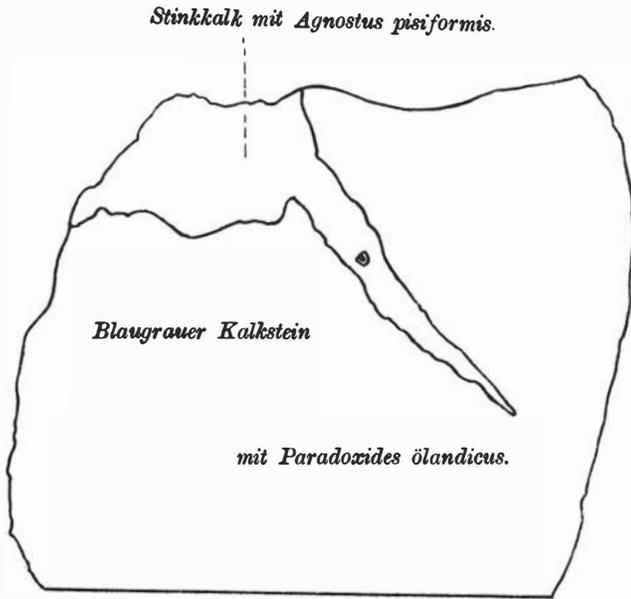


Fig. 1.

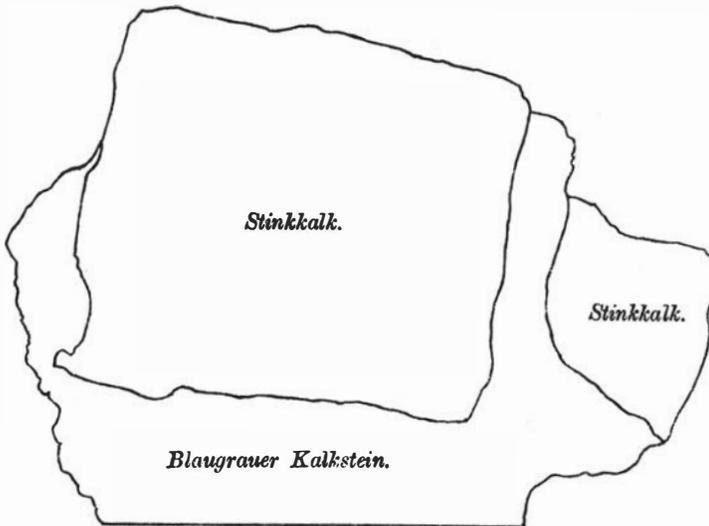
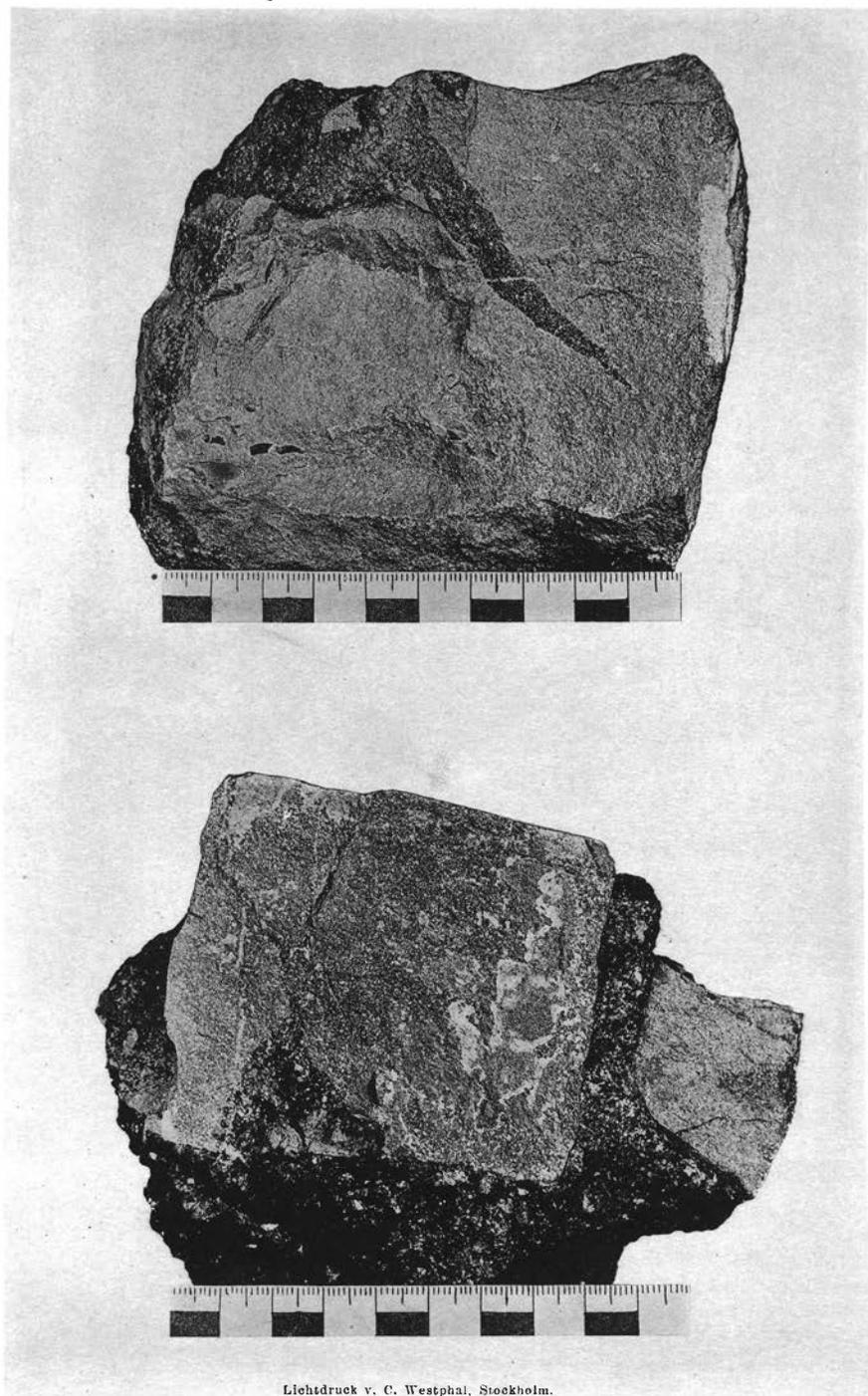


Fig. 2.

Sedimentbreccie. Geschiebe aus dem nördlichsten Theil der Insel Öland.



Lichtdruck v. C. Westphal, Stockholm.

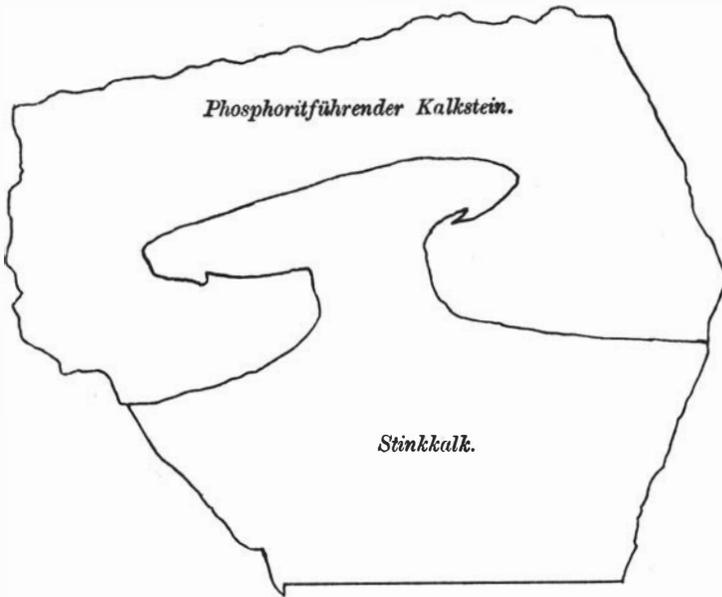


Fig. 1.

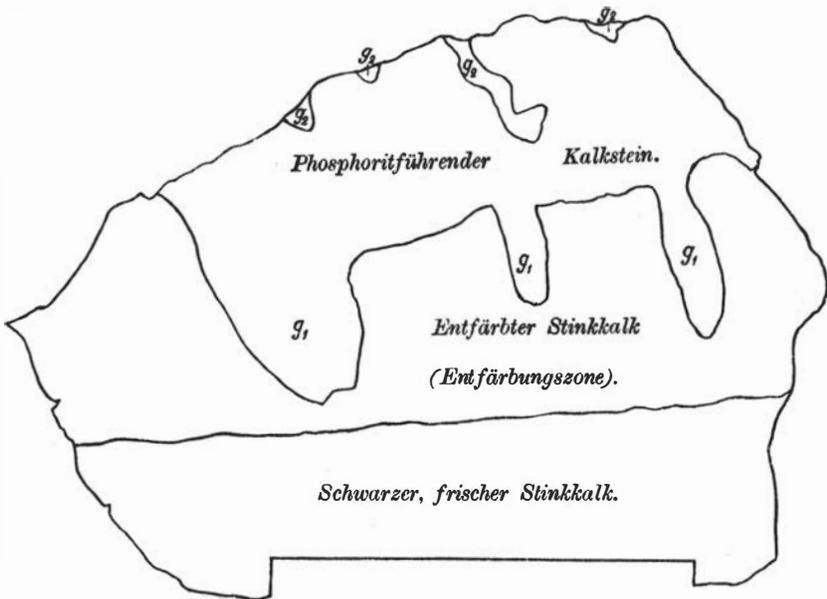
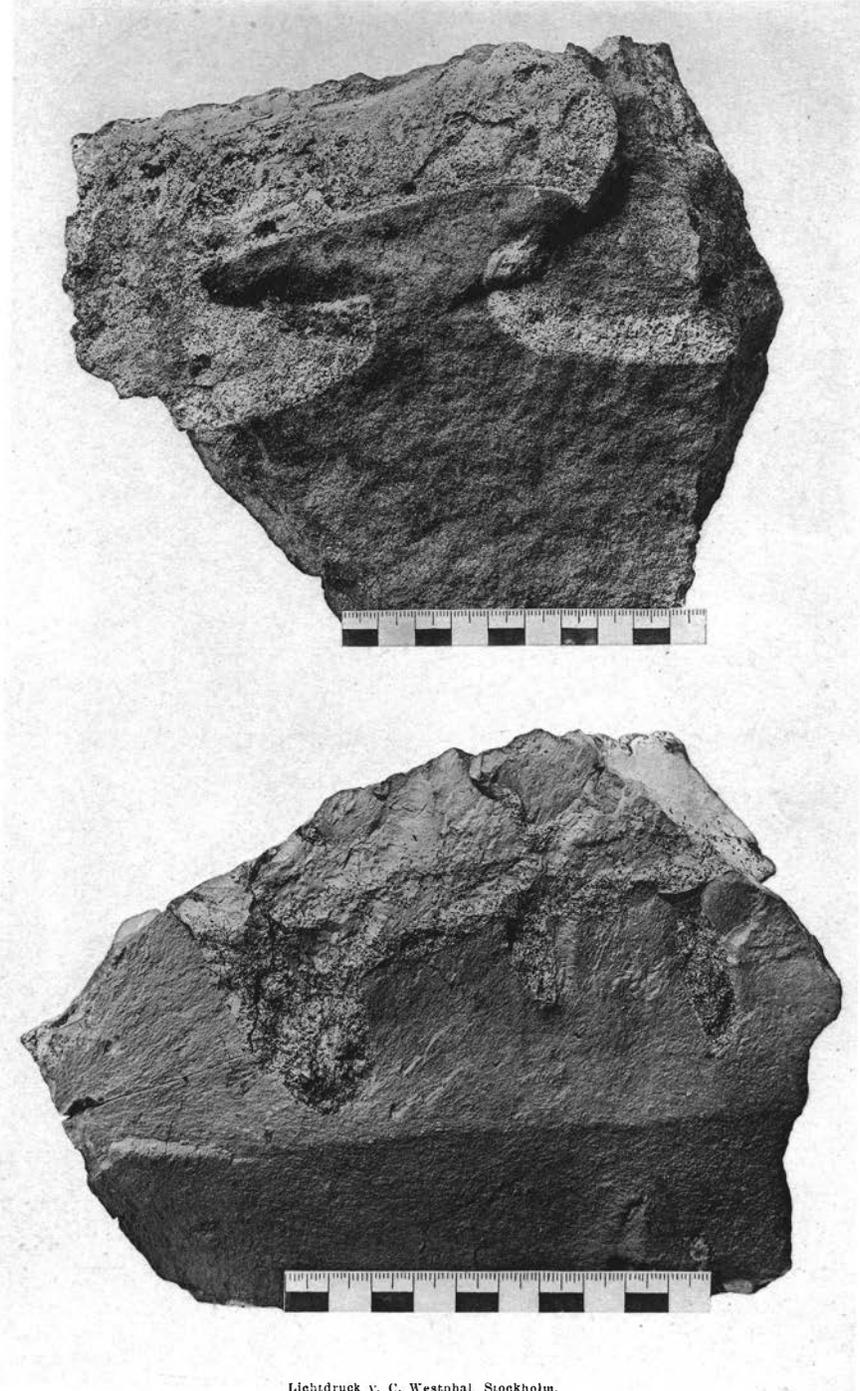


Fig. 2.



Lichtdruck v. C. Westphal, Stockholm.

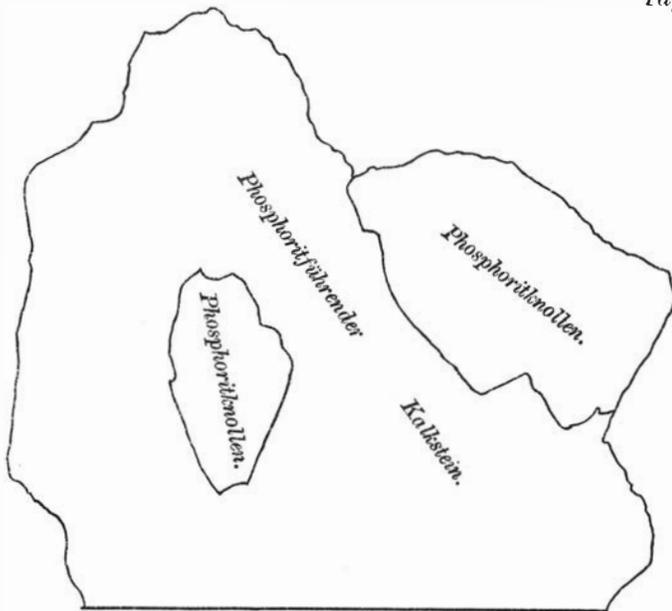


Fig. 1.

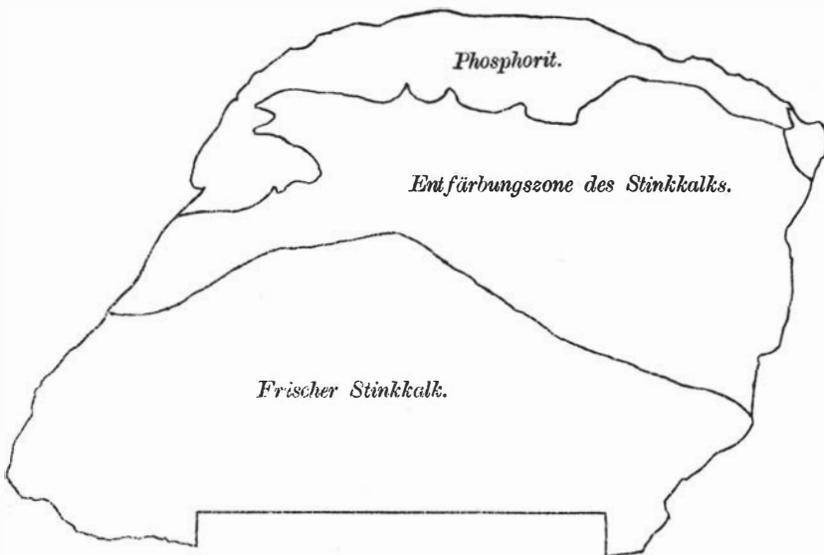
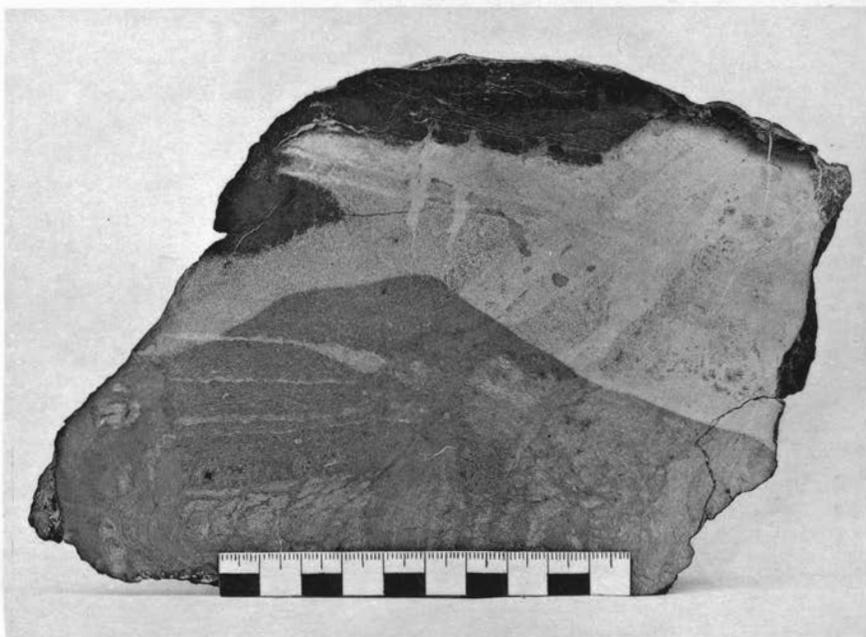
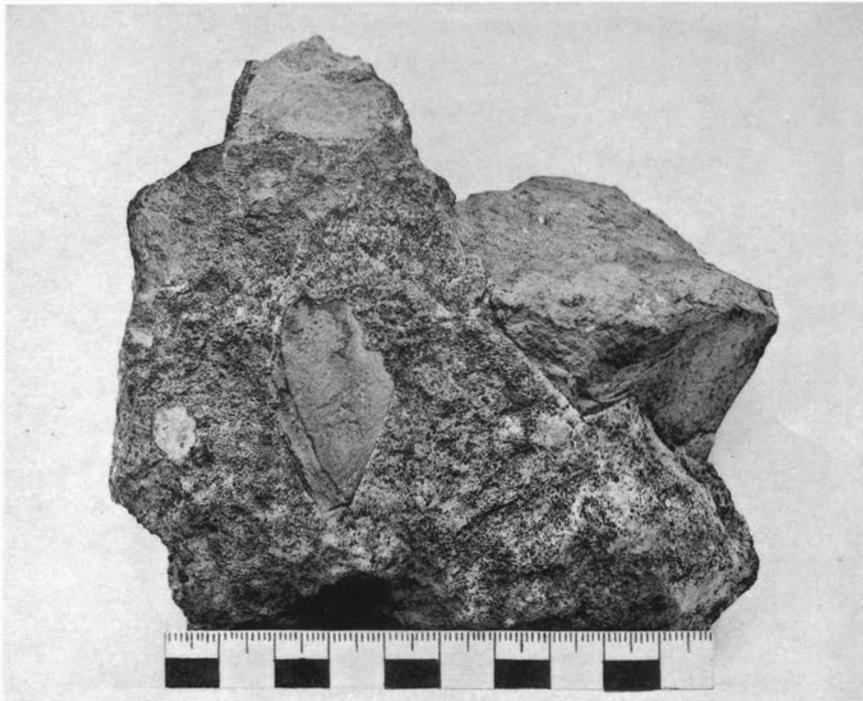


Fig. 2.

Verschiedene Vorkommnisweisen des Phosphorits an der Basis der Untersilur-Formation.

Fig. 1. Lanna, Nerike.

Fig. 2. Wåmb, Westergötland.



Lichtdruck v. C. Westphal, Stockholm.