

Abriss der Geologie von Bornholm

als

F ü h r e r

zu der

**Exkursion der Deutschen Geologischen Gesellschaft
nach der Insel Bornholm**

im Anschluss an die

Allgemeine Versammlung

in

Greifswald 1889

von

F. Johnstrup.

Mit zwei Karten.

— Z L R

Als Herr Professor Dr. Cohen mich aufforderte, die Führung der deutschen geologischen Gesellschaft auf Bornholm zu übernehmen und eine geologische Karte der Insel zu liefern, genügte die zur Verfügung stehende Zeit nicht mehr, um derselben auch eine detaillirte Erklärung beizufügen. Die nachstehende kurze Übersicht der wichtigsten Bornholmer geologischen Verhältnisse hat daher nur den Zweck, den Teilnehmern an der Exkursion eine Anleitung zu liefern.

Dass die Insel Bornholm in letzter Zeit öfters von Geologen besucht wird, ist leicht erklärlich. Auf einem verhältnissmässig kleinen Raume von $10^{3/4}$ dänischen Quadratmeilen (ca. 610 Quadratkilometer) finden wir nämlich einen grossen Teil der auch im südlichen Skandinavien entwickelten Formationen und zwar in so geringer Entfernung von einander, dass sich selbst auf einer kürzeren Excursion leicht ein vollständiger Überblick über dieselben gewinnen lässt.

Auf der beigegebenen kolorirten geologischen Karte im Masstabe 1:100,000 wurden die vielfach hypothetischen und unsicheren Grenzen der verschiedenen Formationen durch punktirte Linien angedeutet, wirkliche Aufschlüsse im fest anstehenden Gestein aber innerhalb der einzelnen Verbreitungsgebiete durch entsprechende dunklere Farbentöne hervorgehoben. Da die Karte lediglich den Zweck hat, die Verbreitung der älteren Formationsgruppen zur Anschauung zu bringen, so musste auf eine Ausscheidung der weit verbreiteten Diluvialdecke verzichtet werden.

Die orographischen Verhältnisse der Insel lassen sich aus der zweiten, kleineren Karte ersehen, auf welcher neben den Richtungen der Glazialschrammen auch die Höhenkurven mit einem Vertikalabstand von 100 zu 100' (31 m.) eingetragen sind¹⁾.

Ein Blick auf die Karte ergibt, dass der innere Teil der Insel aus einem 3—400 Fuss (95—125 m) hohen Plateau besteht, welches sich von der im NW. gelegenen Oles Kirke bis zu den Paradisbakker erstreckt. Nur ein kleiner Teil desselben — nämlich der westliche Teil von Almindingen — trägt Hügel, die höher als 400 Fuss sind, und hier findet sich auch der höchste Punkt der Insel „Rytterknaegten“, welcher 516' (162 m) über dem Meeresspiegel liegt.

In seinem nordwestlichen Abschnitte — von Ringebakke bis Hammeren — fällt dies Plateau schroff gegen das Meer ab, tritt dann im ganzen nordöstlichen Teile der Insel zwar auch, aber ohne Steilabfall an die Küste heran, entfernt sich schliesslich im Süden und Südwesten von jener und wird hier durch ein breites, niedriges Land mit sehr gleichmässiger Böschung vom Meere getrennt.

Vor diesem Plateau geht eine grosse Zahl von Bächen und kleinen Flüssen aus, welche sich oft durch die Dilu-

¹⁾ Dieselben sind den soeben erschienenen Generalstabskarten im Masstabe 1:30,000 entnommen.

vialdecke bis auf oder tief in das unterliegende feste Gestein eingeschnitten haben und bei dem starken Gefälle ihres Oberlaufs im Sommer fast ausgetrocknet sind. Eine Eigentümlichkeit dieser Bornholmer Auen (Aa = Aue) ist der Baumwuchs, der von den Bewohnern längs der Ufer erhalten wird, so dass man selbst aus grösserer Entfernung ihre Krümmungen leicht verfolgen kann. Dadurch erscheint auch das im allgemeinen flache Terrain — besonders im südlichen Teil des Landes — belebter, als es sonst der Fall sein würde.

Von hoher Bedeutung für die Kultur ist ferner, dass nur der höchste Teil des Plateaus, nämlich derjenige, welcher „Höilyngen“ genannt wird, von Geschiebesand bedeckt ist, die Abdachung dagegen etwa von der 300 Fuss Kurve an, hauptsächlich sandigen oder grusartigen Geschiebethon (dänisch „Rullstensler“ oder „Glacialler“, schwedisch „Krosstenslera“) trägt, dessen Mächtigkeit an Punkten, wo er Vertiefungen zwischen Granitklippen ausfüllt, z. B. an der Bobbeaa, sehr bedeutend sein kann. Mit der Verbreitung dieses Geschiebethons hängt unzweifelhaft die nachweisbare Ausdehnung der uralten Bebauung dieser Gegend zusammen.

Wo indessen die Diluvialbildungen nur eine geringe Mächtigkeit haben, gewinnt die Beimengung des Untergrundes einen wesentlichen Einfluss auf die Beschaffenheit und Ertragsfähigkeit des Bodens. So ist z. B. letzterer im Sandsteingebiete merklich unfruchtbarer, als dort, wo Schiefer den Untergrund bildet.

In der Reihe dieser Oberflächenbildungen ist ferner eine grössere, aus groben Quarzkörnern bestehende Sandmasse zu nennen, welche im sog. Niederlande, $\frac{1}{2}$ Meile (ca. 4 km) südöstlich von Rønne im Bobbedal vorkommt. Dieselbe ist wahrscheinlich aus der Zerstörung benachbarter Gesteine hervorgegangen und dürfte entweder auf Nexö-Sandstein oder auf ausgeschlammten Kaolin zurückzuführen sein.

Vor der intensiveren Bebauung der Felder konnte man hier und da bedeutende Anhäufungen von Geröllen wahrnehmen, welche die von ihnen bedeckten Strecken unbenutzbar machten. Die meisten derselben sind heute verschwunden; doch existirt noch bei Halbygaard an der Laesaa ein typisches Beispiel solcher Blockmassen.

Diese eben geschilderten Reliefverhältnisse bedingen auch, dass Alluvialbildungen auf Bornholm nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen z. B. Torfmoore, deren wichtigste in und bei Almindingen und in der Umgegend von Nexö liegen. Ein grösseres Areal nimmt allein der Flugsand ein und zwar an drei verschiedenen Stellen: erstens auf Hammeren (Sandhammeren) gegen Sandvig, dann längs der Westküste zwischen Hasle und Rønne und drittens an der Südküste zwischen Grödbyaa und Snogebäk. Die zweite Partie ist zwar mit Wald bedeckt; man kann jedoch die Sanddünen längs des von Rønne nach Hasle führenden Weges, ungefähr 2 km nördlich von Rønne hervortreten sehen.

Im Folgenden wird zunächst eine Uebersicht über die auf der Karte ausgezeichneten Formationen gegeben werden; es sind dies:

- 1) Die archaische Gruppe
- 2) Die palaeozoische Gruppe
 - a) Cambrium
 - b) Silur
- 3) Die mesozoische Gruppe
 - a) Lias
 - b) Kreide (Senon).

Den Schluss wird eine Erklärung der Richtung der Friktionsstreifen bilden. Doch mag der Spezialbeschreibung eine Übersicht der geologischen Litteratur von Bornholm vorausgeschickt werden, da dieselbe ausserhalb Skandinaviens kaum allgemein bekannt sein dürfte.

Litteraturverzeichnis.

1770. **Blichfeldt, H.** og **Martfeldt, C.** Beretning om Stenkul paa Bornholm. — Kjöbenhavn. 2 Tavler.
1793. [**Borreby, O. A.** u. **Küster, P.**]. Mineralogische Beschreibung von Bornholm, nebst einer Karte. Schriften d. Gesells. naturf. Freunde zu Berlin. — 1794. XI. Pag. 92.
1798. **Rafn, C. G.** De vigtigste bornholmske Lerarter. Bibliothek f. Physik, Medicin og Oeconomi. XIV. Pag. 297. Kjöbenhavn.
1819. **Rawert, O. J.** og **Garlieb, G.** Bornholm beskrevet paa en Reise i Aaret 1815. 1 geogn. Kort og 1 Tavle. — Kjöbenhavn.
- 1819 } **Oersted, H. C.** og **Esmarch, L.** Beretning om en Undersøgelse
1820 } over Bornholms Mineralrige, I udført 1818 og II udført 1819
— Kjöbenhavn. 2 geognostiske Kort.
1820. **Vargas Bedemar.** Die Insel Bornholm in geognostischer Hinsicht. Leonhard, Mineral. Taschenbuch XIV. Pag. 3.
1823. **Forchhammer, G.** Geogn. Beobachtungen über Schonen u. Bornholm. Verhandl. d. Gesells. naturf. Freunde zu Berlin I. Pag. 302.
1826. **Pingel, C.** Om Jernsandet og det grønne Sand paa Bornholm. — Kjöbenhavn. Tidsskrift for Naturvidenskaberne IV. Pag. 273.
1828. **Pingel, C.** Om Overgangsformationen paa Bornholm. — Ibidem V. Pag. 284.
1835. **Forchhammer, G.** Danmarks geognostiske Forhold. 1 Kort. — Kjöbenhavn. Universitetsprogram.
1835. **Beek, H. H.** Notes on the Geology of Denmark. — Proceed. of the Geol. Soc. of London. Vol. II. Pag. 217.
1836. **Forchhammer, G.** Om Vandets höire Stand paa Bornholm. — Kjöbenhavn. — Vidensk. Selsk. naturv. Afhandl. VI. Pag. CXV.
1837. **Forchhammer, G.** Om de bornholmske Kulformationer. 1 Kort og 3 Tavler. Kjöbenhavn. Ibidem VII. Pag. 1.
1839. **Thaarup, F.** Bornholms Amt og Christiansö. — 4 Kort. — Kjöbenhavn. Pag. 235.
1843. **Forchhammer, G.** Jagttagelser over Frictionstriber i Danmark. — Kjöbenhavn. — Vidensk. Selskabs Oversigt. Pag. 103.
1858. **Forchhammer, G.** Bidrag til Skildringen af Danmarks geographiske Forhold i deres Afhängighed af Landets indre geognostiske Bygning. — Kjöbenhavn. Universitetsprogram.
1863. **Forchhammer, G.** Oversigt over Danmarks geogn. Bygning. — Förhandl. vid Skand. Naturforsk. Mäte. Stockholm. Pag. 29.
1865. **Seebach, K.** von. Beiträge zur Geologie der Insel Bornholm. 1 Taf. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesells. XVII. Pag. 338.
1865. **Jespersen, M.** Liden geognostisk Veiviser paa Bornholm. Rönne.
1866. **Jespersen, M.** En Skitse af Sorthat Kulværk paa Bornholm. Indbydelsesskrift ved Rönne Skole.

1867. **Jespersen, M.** Phosphorit paa Bornholm. Kjöbenhavn. Tidsskrift for Physik og Chemi. Pag. 257.
1867. } **Jespersen, M.** Bidrag til Bornholms Geotektonik. — Kjöbenhavn. I.
1869. } Naturhist. Tidsskrift, 3^{die} Række IV. Pag. 33. II. Ibidem VI. Pag. 1. 3 Tav. og 3 Kort.
1867. **Zinken, C. F.** Die Physiographie der Braunkohle. Hannover. Pag. 176.
1873. **Johnstrup, F.** De palaeozoiske Dannelser paa Bornholm. Kjöbenhavn. Forhandl. v. d. Skandin. Naturf. Möde. Pag. 299.
1874. **Schlüter, Cl.** Die Belemniten der Insel Bornholm. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesells. XXVI. Pag. 827 und Sitzungsber. d. nieder-rhein. Gesells. f. Natur- u. Heilkunde in Bonn 9. Feb. 1874.
1874. **Jespersen, M.** Scania and Bornholm. Geol. Mag. New Series II. Vol. I. Pag. 528.
1875. **Hauchecorne, W.** Die kohlenführenden Bildungen in der Provinz Schonen und auf der Insel Bornholm. Zeitschr. f. das Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in d. Preussischen Staate. Bd. 23.
1876. **Mörch, O.** Forsteningerne i Kridtformationen paa Bornholm. Vidensk. Meddelelser fra Nat. Forening i Kjöbenhavn. Pag. 24.
1877. **Angelin, N. P.** Geologisk Översigts-Karta öfver Skaane (og Bornholm) med aatföljande Text. Ved. B. Lundgren.
1879. **Lundgren, B.** Bidrag til kändedom om Juraformationen paa Bornholm. 1 Taf. Lund. Jubileums festskrift till Univ. i Köpenhamn.
1880. **Nathorst, A. G.** Naagra anmärkningar om Williamsonia. 4 Taf. Stockholm. Öfversigt af Kgl. Vet. Akad. Förhandl. No. 9.
1882. **Bartholin, C.** Om Planteforsteninger i den bornholmske Juraformation. Meddelelser fra den bot. Forening i Kjöbenhavn No. 1.
1882. **Lundgren, B.** Anmärkningar om ett tertiärt block fraan Bornholm. Geol. Fören. Förhandl. i Stockholm VI. Pag. 31.
1882. **Johnstrup, F.** Nogle Jagttagelser over Glacialphænomenerne og Cyprina Leret i Danmark. Kjöbenhavn. Universitetsprogram.
1885. **Winkel, H. E.** Kaolinslemmeriet „Rabekkegaard“ paa Bornholm. 2. Tav. Kjöbenhavn. Tekn. Forenings Tidsskrift.
1887. **Nathorst, A. G.** Till fraagan om de skaanska dislokationernas aalder. Stockholm. Geol. Fören. Förhandl. IX. Pag. 74.
1888. **Moberg, J. C.** Om Lias i Sydöstra Skaane. 1 Karta och 3 Taf. Stockh. Vet. Akad. Handl. XXII. No. 6.

I. Die archäische Gruppe.

Die archäische Gruppe nimmt auf Bornholm ein Areal von ungefähr 7 Quadratmeilen (c. 400 □ km) oder $\frac{2}{3}$ der Insel ein. An der ganzen Nordseite und im Osten bis in die Nähe von Nexö tritt dieselbe direkt an die Küste heran; im Süden bildet bis zu einem Punkte, der $\frac{1}{2}$

Meile (c. 3,8 km) OSO. von Rönne liegt, eine regelmässig verlaufende Linie die Grenze. Weiterhin wendet sich letztere erst eine Strecke gegen NNO., entfernt sich dann etwas mehr von der Küste und erreicht erst wieder $\frac{1}{2}$ Meile nördlich von Hasle das Meer. Ausserhalb dieses so umgrenzten Gebietes trifft man Granit einerseits im Osten auf Christiansö, andererseits im Westen nördlich von Rönne, wo Jespersen unter der Diluvialdecke einen Kamm einer granitischen Gebirgsart gefunden hat, welche eine Fortsetzung des Westrandes des Granits zwischen Rönne und Knuds Kirke zu sein scheint.

Die verbreitetste Gebirgsart dieses Areals muss wegen ihres Mangels an deutlicher Schichtung als gneissartiger Granit bezeichnet werden und entspricht dem „gestreiften Granit“ Kjerulfs sowie manchem „Eisengneiss“ der Schweden. Sie hat eine rötliche Farbe, da der Hauptbestandteil roter Orthoklas ist; jedoch tritt, obschon in geringer Menge, auch grauer und grünlicher Oligoklas hervor. Weitere Bestandteile sind grauer Quarz und dunkler Glimmer mit fein eingesprengtem Magnetit, weshalb man solche Gesteine Eisengneiss genannt hat. Zwischen Svaneke und Nexö geht dieser gneissartige Granit in einen grosskörnigen, roten, echten Granit mit etwas Hornblende, kleinen Titanitkrystallen, Flusspath und Kupferkies über. Eine zweite Varietät ist der graue syenitische Granit mit grösserem Reichtume an Oligoklas und Hornblende, welcher im Steinbruche bei Klippegaard, östlich von Rönne, sowie an einigen anderen Orten vorkommt.

Gneiss mit ausgeprägter Schichtung ist selten, aber zwischen Gudhjem und Svaneke an einigen Stellen beobachtet worden. Indessen fehlt auch hier jede Spur von Glimmer- und Hornblendeschiefer oder Quarzit.

In allen diesen Varietäten des Granits treten zahlreiche Pegmatit- und Diabasgänge auf, von denen die ersteren die älteren sind, da sie von den letzteren durchsetzt werden.

Die Pegmatitgänge sind, wie gewöhnlich, von ganz unregelmässigem Verlauf und enthalten oft nur Feldspath

und Quarz, so dass man in den Jahren 1873—78 nicht unbedeutende Quantitäten beider Mineralien zu technischer Verwendung gewinnen konnte.¹⁾

Die Diabasgänge stehen nahezu senkrecht und treten an der ganzen Nordostküste besonders zahlreich auf. Doch beobachtet man dieselben auch im Innern der Insel gelegentlich in den grösseren Granit-Klüften z. B. in Kleven, SW. von Rö Kirke und in den Paradisbakker. Im allgemeinen zeichnen sie sich durch parallelen Verlauf aus und zwar streichen sie an der Ostküste zwischen N—S. und und NNO—SSW.; die erstere Streichrichtung kommt z. B. dem bekanntesten Gange der Westküste (bei Jons Kirke) zu. Die Mächtigkeit variirt von 1 cm bis zu 30 m, welch letztere z. B. am Listed-Gange gemessen wurde.

Ich werde hier nicht näher auf die petrographische Beschaffenheit der Granite und Diabase eingehen, da die Herren Prof. Cohen und Dr. Deecke die Darstellung derselben übernommen haben. Nur so viel mag bemerkt werden, dass der Diabas bald ganz dicht, bald krystallinisch ist, bisweilen durch ziemlich grosse Plagioklase porphyrisch wird und gelegentlich Mandelsteinstruktur zeigt.

Von der eben angegebenen allgemeinen Streichrichtung macht ein Gang auf Hammeren eine Ausnahme, die wahrscheinlich in der isolirteren und vorgeschobenen Lage dieser Granitpartie ihren Grund hat. Die Richtung des Hauptganges ist WNW—OSO.; von den zwei gegen Süden sich abzweigenden Nebengängen streicht der westlichere NNW—SSO., der östlichere NW—SO. Die Mächtigkeit des Hauptganges variirt zwischen 6 und 11 Meter.

Auf der Karte sind von diesen Diabasgängen nur diejenigen angedeutet, deren Mächtigkeit 10 m übersteigt, dagegen nicht die vielen kleineren. —

¹⁾ Im Jahre 1877 wurden aus Bornholm 7000 Ctr. gereinigter Orthoklas ausgeführt. Die Gewinnung hörte auf, weil man mit dem norwegischen Feldspath nicht concurriren konnte.

Bezüglich der Verwitterung der bisher genannten Gesteine wäre etwa folgendes hervorzuheben:

Der gneissartige Granit wird, erst wenn seine Fels-oberfläche entblösst ist, von den Atmosphärien etwas angegriffen. Blank polirte Flächen mit deutlichen Schrammen werden nämlich nach dem Verlaufe von 10 bis 20 Jahren matt und die Streifen undeutlich. Im Ganzen genommen, zeigt das Gestein keine grosse Neigung in Schutt zu zerfallen. Ausnahmsweise und zwar in hohem Grade tritt dieselbe jedoch im Gneiss-Granit bei dem Fischerdorf Aarsdale nördlich von Nexö hervor und gibt dort zu einem interessanten Phänomen Veranlassung. Das breite, schwach abschüssige Ufer ist von grobkörnigem Granitgrus bedeckt, der mit zahlreichen kugelförmigen Granitblöcken übersät ist, welche durchaus das Aussehen gewöhnlicher Gerölle haben. Gleichzeitig kann man aber beobachten, wie diese Blöcke sich noch in situ, umgeben vom lockeren, schuppenförmigen Granit in den Felspartien finden, die den losen Granitgrus durchragen, und dass es nur eine Frage der Zeit sein kann, bis auch diese dichterem, bis zu 1 kbm messenden kugelförmigen und widerstandsfähigeren Kerne durch Verwitterung aus dem Muttergesteine herausgelöst werden. G. v. Rath¹⁾ hat dasselbe Phänomen auf Elba, Ormerod²⁾ zu Dartmoor in Devonshire und H. Reusch³⁾ auf Corsica beobachtet. Letzterer macht mit Recht auf die Bedeutung aufmerksam, welche eine solche eigentümliche Verwitterung überall da, wo beim Eintritt der Glazialperiode sich ähnliche Granitarten an der Oberfläche fanden, für die Bildung der vom Inlandeise fortgeführten Blöcke besessen haben mag. Es kann auch nicht zweifelhaft sein, dass ungleichartige Verwitterung im gneissartigen Granit Bornholms und die leichte Wegführung des sowohl vor als während der Glazial-

1) Z. d. d. g. G. Bd. 22. p. 602.

2) Report of Brit. Assoc. 1869. p. 98.

3) Jagttagelser over isskuret Fjeld og forvitret Fjeld. Vidensk. Selsk. Forhandl. Kristiania 1878.

periode entstandenen Verwitterungsschuttes die jetzige unebene Oberfläche desselben bedingt haben.

Weiter dürfte hier die ungleiche Widerstandskraft mancher Granitpartien gegen die kräftige Wellenbewegung der Ostsee zu erwähnen sein. Sie führt zur Entstehung von Höhlen, welche auf Bornholm „Öfen“ (dän. Ovne) genannt werden. Auf der Westküste finden sich z. B. im Felsen von Hammershuus zwei solche Höhlen, der „trockene oder schwarze“ und der „nasse Ofen“, von denen der letztere nur in Booten zugänglich ist.

Dass der Diabas leichter als der Granit verwittert, ist ein zu bekanntes Phänomen, um hier näher berührt zu werden. Es sind dadurch viele Klüfte mit senkrechten Granitwänden hervorgebracht, auf deren Boden man noch deutlich den Grünstein hervortreten sieht, zum Teil von herabgefallenen Schuttmassen bedeckt, wie dies z. B. bei Jons Kirke, am Gange von Hammeren und an mehreren anderen Orten der Fall ist.

Wo die Diabase nicht unmittelbar zu Tage treten, sondern von Diluvialbildungen bedeckt werden, so dass die Verwitterungsprodukte nicht weggeführt werden können, sind manche dieser Gänge völlig in verschieden gefärbte Thone umgewandelt. So beobachtete Forchhammer 1861 bei der Vergrößerung des Hafens von Allinge ein System von 9 Gängen, von denen sich der westlichste als ein unverwitterter, 8 Fuss ($2\frac{1}{2}$ m) mächtiger Diabasangang erwies, während die übrigen in gefärbten Thon umgewandelt waren. Desgleichen hat Jespersen bei Gelegenheit einiger 1863 unternommenen Ausgrabungen und Bohrungen das Vorhandensein ähnlicher, von S. nach N. streichender Gänge bei Sorthat auf der Westseite der Insel nachgewiesen; es fanden sich nämlich abwechselnd mehr oder weniger verwitterte Granite und serpentinartige Grünsteine (Gabbro). Die mächtigste dieser Gangbildungen war 18,5 m breit.¹⁾ Ausserdem entdeckte Jespersen eine Fortsetzung der Granitgrusmassen an der nördlicher gelegenen Aabyaa.

¹⁾ M. Jespersen. Bidrag til Bornholms Geoteknik. 1867.

Im Südwesten der Insel liegt längs des Granitrandes östlich von Rönne das bekannte Kaolin-Vorkommen. Die Ausdehnung desselben in ostwestlicher Richtung ist nicht genau bekannt, übersteigt jedoch kaum irgendwo 400 Fuss (123 m). Bezüglich der Mächtigkeit hat man durch Bohrungen unweit Rabekkegaard gefunden, dass dieselbe in Folge der in hohem Grade unebenen Unterlage stark variirt, z. B. an einer Stelle 120 Fuss (38 m), aber dicht daneben nur 40 Fuss (13 m) betrug¹⁾. Der rohe Kaolin ist bald mehr, bald weniger quarzhaltig mit etwas beigemengtem Glimmer; einzelne Partien haben eine graue, gelbe oder rote Farbe. Bei einem im Jahre 1873 auf Buskegaard gemachten Versuche die Quarzmenge der verschiedenen Tiefen zu ermitteln, fand man, dass der rohe Kaolin²⁾ in einer Tiefe von 4 Füsse 59 % reinen Kaolin

"	"	"	20	"	61 %	"	"
"	"	"	40	"	54 %	"	"

enthielt. Indessen ist dies Procentverhältnis durchaus nicht als in den einzelnen Tiefen konstant zu betrachten.

Der Kaolin muss aus einem an Ort und Stelle zersetzten glimmerarmen Granit entstanden sein, weil man mitunter in demselben Quarzgänge trifft, in denen der Quarz zwar zerbrochen ist, aber in lauter scharfkantige Stücke, die genau an einander passen. Ein solcher fast senkrechter Quarzgang, den ich vor mehreren Jahren Gelegenheit zu untersuchen hatte, war 4—12 Fuss mächtig.

II. Die Palaeozoische Gruppe.

Im Flachlande westlich und südlich von den azoischen Bildungen trifft man Schichten, die den palaeozoischen und mesozoischen Gruppen angehören und sich nur selten über

1) Winkel. Kaolinslemmeriet „Rabekkegaard“. 1885.

2) Die Ausfuhr geschlammten Kaolins ist ziemlich bedeutend und betrug 7650 Tonnen im Jahre 1880, wovon der grössere Teil nach dem Auslande versendet wird. Ein Abbau des Kaolins findet jetzt nur an zwei Stellen statt, nämlich bei Buskegaard und bei Rabekkegaard.

eine Höhe von 200 Fuss (63 m) erheben. Die palaeozoischen Sedimente finden sich nur auf dem südlichen Teile der Insel, wo sie ein Areal von ca. $2\frac{1}{2}$ Quadrat-Meilen (ca. 140 Q.-Kilometer) einnehmen, und aus den der Karte beigegebenen Profilen von der Läsaa und Öleaa wird man ersehen, dass ihre Oberfläche im ganzen genommen gleichmässig gegen Süden fällt. Die Diluvialdecke wird an manchen Stellen so dünn, dass die unterteufenden Gesteine an den Tag treten, z. B. in der Umgebung von Aakirkeby, auf Smaalyngen, bei Nexö und an mehreren anderen Stellen.

a) Das kambrische System.

Das kambrische System setzt sich von unten nach oben in folgender Weise zusammen:

- 1) Nexö-Sandstein
- 2) Grüne Schiefer
- 3) Paradoxides-Schiefer
- 4) Olenus-Schiefer
- 5) Dictyonema-Schiefer.

Alle diese Schichten zeichnen sich durch regelmässige Lagerungsverhältnisse aus, wie es die Profile unten auf der Karte zeigen, und nirgends auf Bornholm — weder in den kambrischen, noch in den silurischen Sedimenten — sind Gänge oder Apophysen von Eruptivgesteinen beobachtet. Da aber jene grösstenteils von Diluvium bedeckt werden, so ist immerhin noch die Möglichkeit vorhanden, dass solche Gänge existiren, wie es in Schonen der Fall ist. Bis auf Weiteres wird man daher wegen der geringen Ausdehnung der Aufschlüsse, auf welche sich bisher die Beobachtungen erstrecken, keinen Schluss ziehen können, ob die Diabasgänge im Granit älter oder jünger sind als die palaeozoischen Formationen Bornholms.

1. Nexö-Sandstein (Fucoïd-Sandstein).

Die tiefste Zone des Cambriums, der Nexö-Sandstein, grenzt unmittelbar an den steil abfallenden Granit längs dessen ganzen südlichen Randes. Mit Ausnahme des aller-

östlichsten Teiles bei Nexö fällt die Grenze zwischen beiden Formationen auf eine Strecke von 22 Kilometer sehr nahe mit der 200 Fuss Kurve zusammen. Man kann hieraus auf die Bildungsweise des Sandsteins und auf die Geringfügigkeit der Störungen schliessen, denen der nördliche Teil dieser sedimentären Schichten ausgesetzt gewesen ist. Der Nexö-Sandstein bildet zwischen Granit und grünen Schiefern eine Zone, deren Breite zwischen $\frac{1}{8}$ und $\frac{3}{4}$ Meilen (1—5,6 km) wechselt.

Überall, selbst wo er sehr quarzitisch ist, zeigt er eine deutliche Schichtung. Oft nimmt man auf den Schichtflächen Wellenfurchen wahr und im Innern nicht selten wie in diluvialen Sandschichten diskordante Parallelstruktur, mit anderen Worten, es liegt eine Küstenbildung längs des Granitrandes vor. Da der Sandstein durch Zerstörung des Granits hervorgebracht worden ist, findet man in jenem auch die Bestandteile des letzteren, nur infolge der Wellenbewegung des Meeres, in welchem der Sandstein abgesetzt worden, nach ihrer Beschaffenheit gesondert. So enthält der Sandstein unmittelbar am Granit alle Gemengtheile desselben (Quarz, Feldspath, z. Th. kaolinisirt, und Glimmer), ist also hier eine vollkommene Arkose von röthlichweisser oder rother Farbe, welche in einigen Varietäten aber auch von beigemengtem Eisenoxyd herrühren kann. Einige der wichtigsten Lokalitäten für diese Ausbildungsform des Nexö-Sandsteins sind Baunklint, Stubbegaard und Dövregaaarde, welche in kleinen Einbuchtungen des Granitmassivs liegen.

In grösserer Entfernung von der Granitgrenze verschwinden die feldspathartigen Gemengtheile mehr oder weniger, und da — abgesehen vom quarzitischen oder thonigen Bindemittel — jetzt der Quarz der fast allein herrschende Bestandteil ist, nimmt der Sandstein eine grauweisse oder weisse Farbe an und kann bei vorwaltendem quarzitischem Cement recht quarzitähnlich werden. Glimmer und thonartige Elemente fehlen in dieser zweiten Varietät zwar nicht ganz, beschränken sich aber auf unter-

geordnete, meist nur $\frac{1}{2}$ —3 Zoll ($1\frac{1}{2}$ —8 cm) mächtige Schichten, welche je nach der Beschaffenheit ihres vorherrschenden Bestandtheiles von weisser, grüner oder grauschwarzer Färbung sind. (Vellensaa, Spidlegaard, Mälaa, Slamrebjerg, Frederiks Stenbrud und an mehreren anderen Orten.)

Die Schichten des Nexö-Sandsteins, welche an einigen Punkten fast horizontal liegen, an anderen etwas wellenförmig gebogen sind, fallen ziemlich gleichmässig mit 4 bis 6° gegen SSO. oder SW. Ihre Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 200 Fuss (60 m), lässt sich jedoch nicht sicher feststellen, da man die wahrscheinlich sehr unebene Oberfläche des unterliegenden Granits nicht kennt. Südlich von Aakirkeby am Contact zwischen Granit und Sandstein ist der Fallwinkel grösser, d. h. 37° , während er schon in geringer Entfernung auf 3° herabsinkt. Dies kann entweder davon herrühren, dass der Sand beim Niedersinken im Meere sich hier nach der Neigung der Granitfläche gerichtet hat, auf welcher er sich absetzte, was ich als das Wahrscheinlichste ansehe; oder es kann dies auch durch eine spätere Hebung des Granits bedingt sein, welche dann lokal die Schichten der Sandlager dort stärker verändert hat, wo die Oberfläche des Granits steiler, als da, wo sie weniger steil geneigt war.

Versteinerungen sind im Nexö-Sandstein nirgends gefunden; denn als solche können die eigentümlichen, kegelförmigen Gebilde mit nach unten gekehrter Spitze und konzentrischen Ringen auf der nach oben gerichteten Basis kaum angesehen werden. Man trifft dieselben an verschiedenen Punkten, u. a. in grosser Menge südlich von Aakirkeby.

Ausserdem haben sich im Sandsteine noch eine gangähnliche, aber unbedeutende Ausscheidung von Bleiglanz ¹⁾ bei Spidlegaard in der Nähe von Aakirkeby und Amethyst

¹⁾ Örsted og Esmarch. Beretning om en Reise 1818, p. 22.

auf Spalten in der östlichen Partie dieser Zone, am Hafen von Nexö, in der Balkemark und bei Snogebaek gefunden²⁾.

Ausser dieser eben geschilderten Hauptmasse von Sandstein, deren geologische Stellung unzweifelhaft ist, gibt es noch eine kleinere Partie, welche sich von Munkegaard an der Läsaa bis zur Mündung der Grödbyyaa erstreckt, vielleicht ebenfalls zum Cambrium gehört und auf der Karte auch als solche eingetragen wurde. In petrographischer Beziehung ist dagegen wohl kein Einwand zu erheben; auch haben sich hier die oben erwähnten kegelförmigen Gebilde wiedergefunden. Endlich scheint auch der Umstand, dass der Sandstein keine Kohlenfragmente führt, was bei dem Lias-Sandstein auf Bornholm sehr oft der Fall ist, für die Richtigkeit jener Ansicht zu sprechen, wenn man dergleichen Beobachtungen überhaupt eine entscheidende Bedeutung beilegen darf. Allerdings lassen die isolirte Lage des Sandsteins, seine Armuth an Versteinerungen und die unklaren Lagerungsverhältnisse immerhin noch die Möglichkeit offen, dass er einer anderen, jüngeren Formation angehört.

2. „Grüne Schiefer“ (Grauwackenschiefer.)

Da die palaeozoischen Formationen Bornholms als die natürliche Fortsetzung der entsprechenden Bildungen Schonens anzusehen sind, und der Nexö-Sandstein z. B. dem Sandsteine von Hardeberga und Cimbrishamn entspricht, so findet man auch in Schonen in Form der sog. Grauwackenschiefer von Andrarum, Kiviks-Esperöd und Gislöf Aequivalente der Bornholmer „grünen Schiefer“ wieder. Während aber bei Andrarum nach Angabe von

²⁾ Einige Schichten des Nexö-Sandsteins sind vorzüglich als Baumaterial geeignet und z. B. in Nexö zu den Hafenbauten verwendet worden. Ein Teil der Steine wurde durch die vor einigen Jahren erfolgte Vergrößerung und Vertiefung des Hafens selbst gewonnen. Der im Jahre 1754 angelegte „Frederiks Stenbrud“, in welchem der beste Stein in der Tiefe vorkam, ist durch die Sturmflut 1872 zerstört worden.

Nathorst die Mächtigkeit dieses Horizontes nur 5—6 Fuss (2 m) beträgt, erreicht dieselbe auf Bornholm ca. 200 Fuss (63 m); auch ist die Verbreitung dieser Schiefer sehr bedeutend, da dieselben südlich des Nexö-Sandsteins eine in west-östlicher Richtung $2\frac{1}{4}$ Meilen (17 km) breite Zone einnehmen.

Die häufigste Varietät der „grünen Schiefer“ ist ein sandiger, glimmerreicher und graugrüner Thonschiefer, der sich nur in unregelmässige Platten spalten lässt. Eine zweite Varietät besitzt ein feineres Korn und ist dünn-schiefriger; auch kommen untergeordnet 4—6 Zoll (10 bis 16 cm) dicke Lagen eines unreinen Kalkes vor. Gegen die obere Grenze, in der Nähe der Paradoxides-Schiefer, ändert sich die petrographische Beschaffenheit des Horizonts. Es tritt dort ein Schwefelkies führender Sandstein auf, der auch als Geschiebe leicht an den durch Auswittern der Schwefelkieskrystalle entstandenen Hohlräumen wiedererkannt werden kann.

In den „grünen Schiefen“, teils im Schiefer selbst, teils in phosphorhaltigen Concretionen finden sich die ersten sicheren, aber spärlichen Spuren der Primordialfauna auf Bornholm, nämlich 2 *Hyolithes*-Arten¹⁾, an welchen sowohl Scheidewände, als auch Operculum deutlich erhalten sind. Es mag hier gleich bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam gemacht werden, dass in allen auf Bornholm vertretenen Formationen Fossilführung und Bildung von knollenförmigen Phosphorit-Concretionen auf das innigste mit einander in Verbindung stehen.

Ueberaus häufig trifft man dagegen die von Forchhammer mit dem Namen *Ophiomorpha* bezeichneten Formen²⁾

1) Dieselben werden jetzt von dem Palaeontologen G. Holm näher bestimmt, der gerade mit einer Untersuchung der in Schweden gefundenen Arten von *Hyolithes* beschäftigt ist.

2) Göppert hat dieselben zu *Palaeophycus tabularis* gestellt. (Ueber die fossile Flora der Silurischen, Devonischen und unteren Kohlenformation. Abhandl. d. Leop. Karol. Akad. XXVII. p. 444.)

(*Psammichnites gigas* For.), die eine nicht geringe Aehnlichkeit mit denjenigen im Saltholmskalke und wahrscheinlich auch denselben Ursprung haben. Die organische Natur dieser sowie anderer nahestehenden Formen ist bekanntlich viel bestritten, und die auf Bornholm weit seltene *Cruziana dispar* Linn.¹⁾ wird von Nathorst für Spuren von Crustaceen gehalten²⁾).

3) Paradoxides-Schiefer.

Während die beiden vorstehend behandelten Formationsglieder, deren Hauptbestandteil gröberer oder feinerer Sand ist, zusammen eine grössere Mächtigkeit auf Bornholm als in Schonen haben, verhalten sich die nachfolgenden Schichtenkomplexe und zwar besonders der Paradoxides-schiefer umgekehrt. Es tritt dies besonders beim Vergleiche mit Andrarum hervor, wo vorzügliche Aufschlüsse vorhanden sind, welche schwedische Palaeontologen sorgfältig untersucht und beschrieben haben.

Der Name „Paradoxides-Schiefer“ entspricht auf Bornholm insofern weniger der petrographischen Beschaffenheit dieser Schichten, als Schiefer sehr wenig entwickelt und versteinungsarm sind, während Kalk mehr hervortritt. Dieselben finden sich nur an zwei Stellen, nämlich an der Läsaa und Oelea, und zwar ist an ersterem Punkte die Schichtenfolge von unten nach oben nachstehende:

- 1) 3 Fuss (1 m) Alaunschiefer (z. T. schwarzer Thonschiefer), die bei Andrarum 60 Fuss (19 m) mächtig sind.
- 2) Kalkknollen und Kalksteine, beide aus Anthrakonit bestehend.
- 3) 2¹/₂ Fuss unreiner, grauer Kalkstein, sog. Andrarumskalk.

An der Oelea tritt dieser Alaunschiefer (welcher im Gegensatze zu den oberen, *Olenus* und *Dictyonema* führen-

1) Linnarsson, Eophytensandstenen i Vestergötland 1871. Taf. III.

2) Nathorst, Om spår af naagra evertebrerade djur och deras paleontologiska betydelse. 1881.

den Alaunschiefern der „untere“ genannt werden kann) noch mehr zurück, und hier ist die Reihenfolge von unten nach oben:

- 1) Alaunschiefer, wenige Zoll mächtig.
- 2) 1 Fuss Anthrakit und Kalkknollen.
- 3) 3 Zoll Alaunschiefer.
- 4) 1 Fuss Andrarumskalk.

Der untere Alaunschiefer an der Laesaa ist stark verwittert, und man hat in demselben nur *Paradoxides Tessini* und einige unbestimmbare Exemplare von *Conocoryphe* und *Agnostus* gefunden. Es muss daher einstweilen unentschieden bleiben, ob sich die Zonen mit *Olenellus Kjerulfi* und *Paradoxides Oelandicus* auf Bornholm überhaupt finden. Mir scheint dies um so mehr zweifelhaft, als ich glaube, in der untersten Alaunschieferschicht an der Oeleaa Andeutungen von *Paradoxides Davidis* gesehen zu haben.

In dem Anthrakit, der teils über, teils in dem Alaunschiefer liegt, und dessen unterster Teil aus einer Phosphorit-Breccie besteht, finden sich dagegen gut erhaltene Versteinerungen. Wegen der regelmässigen Lagerungsverhältnisse und der geringen Mächtigkeit dieser Schichten ist es jedoch schwierig, genaue Parallelen mit den entsprechenden benachbarten und typisch entwickelten Zonen bei Andrarum zu ziehen. Dies geht am besten aus den im Anthrakit auf Bornholm gefundenen Versteinerungen hervor, von welchen die häufigsten mit * bezeichnet sind.

**Paradoxides Davidis* Salt.¹⁾
 — *Tessini* Brgn.
 — *brachyrachis* Linrs.
 — *Hicksii* Salt.
 — *affinis* Ang.

**Agnostus laevigatus* Dalm.
 — *nudus* Beyr. var.
 — *scanicus* Tullb.
 — *fallax* Linrs. var.
 ferox Tullb.

¹ Ein Exemplar dieser Versteinerung aus Bornholm existierte schon 1828 in der Sammlung des dänischen Prinzen Christian (des späteren Königs Christian VIII.); als dasselbe 1870 an das Museum der Universität abgeliefert wurde, war es *Olenus Pingelii* bezeichnet.

Agnostus fissus Lundgr.

* — *punctuosus* Ang.

— *incertus* Brögger

— *cicer* Tullb.

Agnostus planicauda Ang.

* — *parvifrons* Linrs.

Microdiscus eucentrus Linrs.

Obolella sagittalis Salt.

ausserdem gibt Tullberg¹⁾ von Bornholm an:

**Agnostus elegans* Tullb.

— *Lundgreni* Tullb.

Agnostus Nathorsti Tullb.

— *pusillus* Tullb.

Wie man sieht, gehören zwar einige dieser Versteinerungen der Zone mit *Paradoxides Tessini* an; es fehlen aber auch einige der für dieses Niveau besonders charakteristischen Formen, z. B. *Conocoryphe exulans*. Da sich aber die meisten in der *Paradoxides Tessini* Zone finden, wird die Anthrakonit-Lage auf Bornholm am besten hierher zu rechnen sein. Zusammen mit *Paradoxides Davidis* kommt *Elyx* vor, welche sonst nur in der folgenden Zone auftritt; aber es ist hier wegen der geringen Mächtigkeit des Anthrakonits keine so scharfe Grenze zwischen den *Tessini*-, *Davidis*- und *Forchhammeri*-Zonen zu erwarten, wie bei Andrarum, sondern eher ein unmerklicher Uebergang. Möglicherweise hat Tullberg Recht, wenn er für *Paradoxides Tessini* auf Bornholm in Analogie mit den Verhältnissen bei Andrarum ein niedrigeres Niveau als für *Par. Davidis* annimmt; bisher ist es mir aber nicht gelungen, eine solche Trennung durchzuführen.

Die oberste Schicht, der Andrarumskalk oder die Zone mit *Paradoxides Forchhammeri*, welche bald mit dem unterliegenden Anthrakonit eng verbunden, bald durch eine dünne Lage von Alaunschiefer von demselben getrennt ist, zeigt dagegen Uebereinstimmung mit dem schwedischen Andrarumskalk, sowohl bezüglich der Mächtigkeit, als auch der organischen Reste. Auf Bornholm hätte diese Zone eher verdient nach *Paradoxides Loveni* benannt zu werden, da derselbe die am häufigsten vorkommende *Paradoxides*-Form ist, während von *Par. Forch-*

¹⁾ Om Agnostus-Arterna i de kambriska aflagingarne vid Andrarum. Stockholm 1880.

hammeri bisher nur ein einziges Pygidium gefunden wurde. Ausserdem ist der Andrarumskalk hier sehr arm an *Agnostus*-Arten, und *Dolichometopus suevicus* Ang. wurde noch gar nicht beobachtet. An Versteinerungen sind aus diesem Horizonte bisher folgende bekannt geworden:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| * <i>Paradoxides Loveni</i> Ang. | * <i>Arionellus aculeatus</i> Ang. |
| — <i>Forchhammeri</i> Ang. | * <i>Agnostus glandiformis</i> Ang. |
| <i>Liostracus microphthalmus</i> Ang. | — <i>bituberculatus</i> Ang. |
| * <i>Arionellus acuminatus</i> Ang. | — <i>brevifrons</i> Ang. |
| — <i>difformis</i> Ang. | <i>Hyolithes tenuistriatus</i> Linrs. |
| <i>Harpides breviceps</i> Ang. | <i>Lingulella sp. ined.</i> Linrs. |
| <i>Elyx laticeps</i> Ang. | * <i>Obolella sagittalis</i> Salt. |
| * <i>Selenopleura brachymetopa</i> Ang. | * <i>Acrotreta socialis</i> Seeb. |
| * — <i>holometopa</i> Ang. | <i>Acrothele coriacea</i> Linrs. |
| — <i>canaliculata</i> Ang. | <i>Kutorgina cingulata</i> Bill. var. |
| * <i>Anomocare limbatum</i> Ang. | <i>pusilla</i> Linrs. |
| * — <i>excavatum</i> Ang. | <i>Iphidea ornatella</i> Linrs. |

4) Olenus-Schiefer.

Olenus-Schiefer sind in einer Reihe deutlicher Profile, welche vom Andrarumskalk bis zum Orthocerenkalk reichen, längs den Ufern der Läsaa, in der Nähe von Vasa-gaard aufgeschlossen.¹⁾

Sie bestehen aus Alaunschiefern mit Anthrakonit-Knollen, haben eine Mächtigkeit von ungefähr 55 Fuss (17 m) [bei Andrarum beträgt die Mächtigkeit 75—80 Fuss (25 m)] und liegen concordant auf den *Paradoxides*-Schichten mit einem durchschnittlichen Fallen von 4° gegen S. und SO. Nach Forchhammers Untersuchungen enthält der Alaunschiefer 9% Kohlenstoff, 4% Kali und sehr fein verteilten Schwefelkies, worauf die Alaungewin-

¹⁾ Diese Partie hätte im Profil unten auf der Karte um ein geringes ausgedehnter eingetragen werden müssen. Ferner konnte ich bei dem kleinen Masstabe sowohl der Karte als auch der Profile und bei der geringen Mächtigkeit der Schichten die *Paradoxides*-, *Olenus*- und *Dictyonema*-Schiefer nicht von einander trennen; sie sind daher der Kürze wegen als Alaunschiefer mit Andrarumskalk bezeichnet, da letzterer eine so charakteristische und leicht erkennbare Zone bildet.

nung beruht¹⁾. Die Versteinerungen, welche besonders in den Kalkknollen gut erhalten sind, treten in derselben Reihenfolge wie zu Andrarum auf. Die Hauptzonen sind:

- 1) Zu unterst eine Schicht fossilereen Schiefers.
- 2) Schicht mit *Agnostus pisiformis* und *Olenus*-Arten.
- 3) *Orthis*-Schicht.
- 4) *Peltura*-Schicht mit *Sphaerophthalmus*, *Ctenopyge* und *Eurycare*.

Im obersten Niveau enthält der Alaunschiefer in erstaunlicher Menge eine in Schwefelkies umgewandelte, fast immer hohle, spindelförmige Versteinerung (12 mm lang, in der Mitte 4 mm dick) von rhombischem Querschnitt. Die stumpfen Kanten sind mit einem scharfen Kiel versehen, und die Form ist im ganzen so constant, dass diese Körper unzweifelhaft einen organischen Ursprung haben müssen.

Eine zweite Localität für den Olenusschiefer ist der Rispebjerg an der Oeieaa, zwischen Borregaard und Brogaard, wo dieselbe regelmässige Auflagerung auf den *Paradoxides*-Schiefen und der gleiche geringe Fall gegen S. zu beobachten ist. Der Bach hat hier 10—20 Fuss hohe, steil abfallende Ufer, in welchen stark verwitterte Alaunschiefer zu Tage treten. Dieselben enthalten nur wenige Versteinerungen; jedoch sind sowohl *Agnostus pisiformis* als *Orthis lenticularis*, sowie die *Peltura*-Schicht nachgewiesen worden.

Während an der Laesaa den *Olenus*-Schiefen silurische Bildungen auflagern, ist dies an der Oeieaa anscheinend nicht der Fall. Hier besteht nämlich der ganze obere Teil des Rispebergs, soweit man sehen kann, aus einer Glacialbildung und zwar einer Moräne, deren Hauptmasse zahllose, sowohl grössere als kleinere, eckige Geschiebe von Graptolithenschiefer, Thonschiefer, „grünen Schiefen“ bilden, während Quarzit nur einmal beobachtet wurde,

1) Oversigt over det Kgl. Danske Videnskab. Selskabs Forh. 1885. p. 102. Hier wird zugleich die Bildung des Alaunschiefers besprochen. Vergl. auch Report of the British Assoc. for 1844, p. 155.

und Granit kaum 1 % ausmacht. Diese Ablagerung hat sich während der Eiszeit aus zerstörten palaeozoischen Schichten gebildet, welche, wie das später erläutert werden wird, östlich vom Rispeberg angestanden haben.

5) Dictyonema-Schiefer.

Die Dictyonema-Schiefer, welche die cambrische Schichtenreihe abschliessen, sind an zwei Punkten, nämlich an der Laesaa und am Risebach beobachtet worden. Da dieselben sowohl in Norwegen als auch in Schweden einen bestimmten Horizont zwischen Olenusschiefern und Orthocerenkalken einnehmen, wäre es zu erwarten, dass sie auch in der Nähe von Vasagaard vorhanden sind, wo die beiden letzteren an den Ufern der Laesaa auftreten. Da aber gerade dort, wo der Dictyonemaschiefer sich finden müsste, der Aufschluss sehr mangelhaft ist, habe ich jenen noch nicht nachweisen können, obwohl sein Vorhandensein nicht bezweifelt werden kann. Dagegen sieht man ihn weiter unten an demselben Bache dort, wo der Alaunschiefer zum zweiten Male auftritt, d. h. in dem seit langer Zeit nicht mehr betriebenen Alaunschiefer-Bruche von Limensgade. Einzelne Schichten unter dem Orthocerenkalk, welcher hier unmittelbar zu Tage liegt, sind ausserordentlich reich an *Dictyonema flabelliforme* Eichw., begleitet von *Obolella Salteri* Hall., einer *Lingulella* und den vorerwähnten Schwefelkiesversteinerungen. In dem oberen Teile des Risebachs findet man dieselben Versteinerungen wieder, ebenfalls unmittelbar unter dem Orthocerenkalk; aber an keiner dieser beiden Stellen ist die geringste Spur von Trilobiten gefunden worden.

b) Untersilur.

Das Untersilur setzt sich aus 3 Abteilungen zusammen, nämlich aus:

- 1) Orthocerenkalk.
- 2) Graptolithenschiefer, dem „Mittleren Graptolithenschiefer“ Schonens entsprechend.
- 3) *Trinucleus*-Schiefer.

Es fehlen dagegen auf Bornholm *Ceratopyge*-Kalk und Untere Graptolithenschiefer, was man am besten in Limensgade an der Laesaa beobachtet, wo Dietyonemaschiefer unmittelbar auf Orthocerenkalk ruht.

1) Orthocerenkalk.

Derselbe ist wie bei Faagelsaang in Schonen wenig mächtig, nämlich nur 4 m (am Kinnekulle dagegen 40 m). 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. Die obere 8 Fuss mächtige Schicht ist ein grauer Kalkstein, der 10—15 % Thon enthält und Cementstein¹⁾ genannt wird. Der Orthocerenkalk findet sich nur in zwei Partien, von denen die eine an der Laesaa zwischen Vasagaard und Limensgade in einer Mulde der Alaunschiefer liegt. Das Fallen ist demgemäss hier ein wechselndes: im nördlichen Teile der Mulde, nördlich von Vasagaard 8° gegen Südosten; in ihrem südlichen Abschnitte, östlich vom Soldatergaard 8° gegen NNO.; bei Limensgade fast horizontal; und an demselben Orte, östlich vom Bache 35° gegen Nordwesten. Die zweite Partie liegt weiter südlich, an der südlichen Landstrasse und hat ein Fallen von 4° WSW. Das zwischenliegende Gebiet besteht hauptsächlich aus „grünen Schiefen“, welche hie und da zu Tage treten. Ihrer Widerstandskraft, sowie derjenigen des Orthocerenkalks ist es zuzuschreiben, dass während der Glacialzeit die weichen Schiefer im mittleren Teile der Mulde an der Laesaa vor der Vernichtung bewahrt geblieben sind, dagegen zerstört wurden, wo es an

¹⁾ In mehreren Kirchen, z. B. zu Aakirkeby, sowie auch im Schloss Hammershuus, ist Orthocerenkalk von der Laesaa als Baumaterial benutzt worden, und im Volksmunde wird er, obwohl mit Unrecht, „Bornholmer Marmor“ genannt, ein Name, der besser auf den Anthrakonit im Alaunschiefer passen würde.

einem ähnlichen Schutze fehlte. Hierauf werde ich in einem späteren Abschnitte zurückkommen.

An den beiden hier genannten Stellen hat man früher nicht unbedeutende Mengen von Orthocerenkalk zur Herstellung von hydraulischem Kalk gebrochen¹⁾; da der Betrieb in den letzten Jahren aufgehört hat, ist jetzt wenig Gelegenheit Versteinerungen zu erhalten.

Die Kopenhagener Universitätsammlung besitzt:

* *Megalaspis limbata* Sars u. Beck.

* *Ptychopyge applanata* Ang.

Niobe insignis Linrs.

* *Symphysurus palpebrosus* Dalm.

* *Nileus armadillo* Dalm.

Agnostus glabratus? Ang.

Orthoceras sp. (zwei undeutliche Exemplare wahrscheinlich *Orth. regulare* und *commune*).

Bellerophon sp.

Euomphalus sp.

die beiden letzteren aus der obersten, dunklen Kalkbank.

Ueber dem Orthocerenkalk war früher in den jetzt verlassenen Brüchen an der Laesaa, sowie auch im Bette derselben eine 10 Fuss mächtige Schicht eines weicheren hellbläulichen Thonschiefers aufgeschlossen, überlagert von einem braunschwarzen Thonschiefer mit sehr wenigen Versteinerungen, nämlich *Leptaena sericea* Sow. und Graptolithen-Spuren.

2) Graptolithenschiefer („Mittlerer Graptolithenschiefer“).

Der Graptolithenschiefer ist ein schwarzgrauer, bituminöser Thonschiefer, in der Regel mit braunem Strich und mit einem Gehalt von 5% Kohlenstoff. Er tritt an denselben zwei Localitäten wie der Orthocerenkalk auf, d. h. an der Laesaa von Vasagaard bis Limensgade und am Risebach vom Cementsteinbruch bis zur Mündung des

¹⁾ Im Jahre 1880 wurden aus Bornholm ca. 1400 kbm Orthocerenkalk an eine Fabrik in Kopenhagen geliefert.

letzteren. Ein ausgezeichnetes Profil liefern die Ufer der Laesaa, wo der Graptolithenschiefer den Kern der oben erwähnten Mulde bildet; die Schichten sind jedoch noch weniger geneigt, als diejenigen des unterliegenden Orthocerenkalks. Im nördlichen Teile der Mulde ist das Fallen nämlich ungefähr dasselbe (4° S.), wie in den unterteufenden cambrischen Schichten; in der Mitte liegen die Schiefer beinahe horizontal; nach dem südlichen Rande der Mulde hin nimmt das Fallen wieder zu (1° , 5° , 13° N. wurden beobachtet).

Am Risebach, dessen Bett und niedrige Ufer der Graptolithenschiefer zusammensetzt, und an dessen Mündung er in einer senkrechten Wand zu Tage tritt, fällt derselbe $3-6^{\circ}$ SSW. Die Mächtigkeit beträgt 25' (8 m), in Schonen dagegen 133 m, wo sich deshalb auch nach Tullbergs Untersuchungen mehr Zonen als auf Bornholm haben nachweisen lassen. Unmittelbar auf dem Orthocerenkalk ist der Schiefer beinahe versteinungsleer¹⁾, während die mittleren Schichten überaus reich an stark flachgedrückten Versteinerungen sind.

Unter den Graptolithen ist *Diplograptus foliaceus* am häufigsten und wird von vier *Climacograptus*-Arten, sowie von *Dicranograptus Clingani*, *Dicellograptus Forchhammeri* und *D. Morrisi* begleitet. Von den Brachiopoden besitzt *Orbicula Portlocki* die grösste Verbreitung und erleichtert die Bestimmung dieses Graptolithenschiefers, sobald derselbe auf Bornholm als Geschiebe auftritt. Ausserdem finden sich nicht selten *Orthis argentea* His., eine grössere *Lingula* und ein sehr flachgedrückter *Bellerophon* aber, soweit ich weiss, keine Trilobiten.

¹⁾ Der von Göppert in der früher citirten Arbeit beschriebene und abgebildete *Caulerpites cactoides* (p. 439. Tab. XXXIV Fig. 8), zu welchem sich das Original im Kopenhagener Universitätsmuseum befindet, soll nach Angabe des Autors aus den Alaunschiefern stammen, muss aber in den oben erwähnten Schichten gefunden sein, wo diese sehr zweifelhafte Versteinerung nicht selten ist.

²⁾ H. B. Geinitz, Die Graptolithen 1852. Taf. 1.

Tullberg¹⁾ hat in seiner vorzüglichen Monographie der Graptolithen Schonens im untersilurischen Graptolithenschiefer Bornholms 4 Zonen unterschieden, nämlich von unten nach oben:

- 1) den oben genannten fossilereen Schiefer.
- 2) Zone mit *Climacograptus Vasae* Tullb.
- 3) Zone mit *Dicranograptus Clingani* Carr.

Dieselbe zerfällt wieder in:

- a) Schicht mit *Climacograptus caudatus* Lapw. und *Corynoides* sp.
 - b) Schicht mit *Dicellograptus Forchhammeri* Gein., *Diplograptus foliaceus* Murch. und *Diplograptus truncatus* Lapw.
 - c) Schicht mit *Orthis argentea* His., *Leptograptus flaccidus* Hall, *Diplograptus foliaceus* und *truncatus*, *Climacograptus bicornis* Hall, *Dicellograptus Morrisi* Hopk.
- 4) Zone mit *Climacograptus styloideus* Lapw., an der Mündung des Risebaches sichtbar mit nachstehender Reihenfolge der Subzonen:
- a) Schiefer mit *Dicellograptus Morrisi* und *Diplograptus foliaceus*
 - b) Schiefer mit *Leptograptus flaccidus* und *Amphigraptus radiatus* Lapw.
 - c) Schiefer mit *Climacograptus styloideus* var.

Tullberg meint, dass fünf der bei Faagelsaang vorkommenden Graptolithenzonen (h—o), welche dem „mittleren Graptolithenschiefer“ angehören, älter als die auf Bornholm entwickelten seien.

3) Trinucleus-Schiefer.

Der Trinucleus-Schiefer findet sich auf Bornholm nur an einer einzigen Stelle anstehend, nämlich bei Vasa-gaard, wo er den mittleren und obersten Teil der erwähnten Mulde einnimmt und von der Laesaa durchschnitten

¹⁾ Skaanes Graptoliter Stockholm. 1882. p. 79.

wird. Es ist ein graubrauner, ziemlich weicher Thonschiefer mit härteren, ellipsoidförmigen Partien, in denen sich sehr selten Versteinerungen finden. Die Oberfläche des Schiefers ist an der Grenze gegen den 10—11' (3 m) mächtigen, sandigen Geschiebemergel in hohem Grade zerissen, da die oberen Schichten des *Trinucleus*schiefers während der Glacialzeit einer bedeutenden Denudation ausgesetzt gewesen sind.

Die Graptolithenschiefer am Risebach sind wahrscheinlich ebenso, wie diejenigen an der Laesaa ursprünglich von *Trinucleus*-Schiefer bedeckt gewesen; wenigstens spricht dafür ein Block von grauem *Trinucleus*-Schiefer, der sich zwar nicht oben, sondern am Rande des Graptolithenschiefers an der Mündung des Baches befand. Vor wenigen Jahren war derselbe mehrere Kubikmeter gross; bei der Anlage einer benachbarten Wassermühle ist jedoch der grösste Teil desselben entfernt worden, was um so leichter geschehen konnte, als er unter Verschiebung der einzelnen Bruchstücke gegen einander völlig zersplittert war. Dieser Schieferblock enthielt dieselben Versteinerungen wie das anstehende Gestein an der Laesaa.

Die wichtigsten im *Trinucleus*-Schiefer der Laesaa gefundenen Trilobiten sind:

Trinucleus Wahlenbergi Ren.

— *seticornis* His.

Ampyx tetragonus Ang.

Illaenus megalophthalmus Linrs.

Acidaspis cornuta Beyr.

Dindymene ornata Linrs.

Remopleurides radians Barr.

Ogygia sp.

Dionide euglypha Ang.

Agnostus glabratus Ang.

Ferner sind noch einige Brachiopoden, besonders *Orthis* und *Productus*, aber keine Graptolithen beobachtet worden.

Nachdem im vorhergehenden Verbreitung, Lagerungsverhältnisse und die wichtigsten Versteinerungen der

cambrischen und untersilurischen Schichten, welche zweifellos zu dem Interessantesten auf Bornholm gehören, besprochen worden sind, erscheint es angemessen, die drei der Karte beigegebenen Profile an der Laesaa, Oeleaa und am Risebach mit einander zu vergleichen. Man ersieht sofort, dass ersteres das vollständigste ist, da sich dort alle Schichten von dem unmittelbar auf dem Granit lagernden Nexösandstein an bis zu den *Trinucleus*-Schiefern bei Vasagaard nachweisen lassen. Dieselben liegen in ununterbrochener Reihenfolge concordant aufeinander mit einem im ganzen geringen südlichen Einfallen, mögen sie aus Sand, Thon oder Kalk bestehen. Das Material der unteren, sandigen oder thonigen Schichten ist lediglich durch mechanische und chemische Zerstörung des Granits entstanden, während bei der Bildung der oberen, kalkigen Lage auch Organismen mitgewirkt haben.

Die beiden anderen Profile (an der Oeleaa und am Risebach) sind unvollständig. Dasjenige an der Oeleaa reicht nämlich nur vom Nexösandstein bis zu den *Olenus*-Schiefern, das andere am Risebache von den *Dictyonema*-Schiefern bis zum untersilurischen Graptolithen-Schiefer. Sie ergänzen sich also, da das eine Profil dort endet, wo das andere anfängt. Wenn man die allerdings nicht anstehenden *Trinucleus*-Schiefer an der Mündung des Risebaches mit hinzunimmt, stimmen die beiden Profile zusammen genau mit demjenigen von der Laesaa überein. Diese bis in alle Einzelheiten zu verfolgende Gleichartigkeit erklärt sich durch die geringe Entfernung der drei Localitäten von einander.

Verwerfungen sind in Cambrium und Silur nicht nachgewiesen worden. Der Sandstein hat zwar an einigen Stellen an der Granitgrenze ein stärkeres Fallen, welches wie oben bereits angedeutet wurde, durch eine Hebung des Granits bedingt sein kann, dessen Oberfläche am ganzen Südrande des Plateaus steil unter den Sandstein einschießt. Im grossen und ganzen haben aber die

palaeozoischen Bildungen ihre ursprüngliche Lage zum Granit bewahrt.

Dagegen beobachtet man an der Südgrenze dieser Formationen an einigen Punkten ein plötzliches Abbrechen der Sedimente, nämlich bei Brogaard (Oeleaa), Limensgade (Laesaa) und in der Nähe von Vellensbygaard. Hierdurch erscheint angedeutet, dass bis zu dieser Linie die gleichzeitigen Niveauveränderungen von Granit, Cambrium und Silur reichen. Es liegt also nahe, eine WNW—OSO. streichende Verwerfung anzunehmen, welche an der westlichen Grenze des Sandsteins dicht bei Robbedal beginnt und sich bis Brogaard an der Oeleaa erstreckt; und ich will die Existenz einer solchen Spalte keineswegs leugnen, wäre es nur erst gelungen, dieselbe an mehreren und wichtigeren Punkten nachzuweisen. Es würde indessen hier zu weit führen, wenn ich näher auf diese Verhältnisse eingehen und die Wirkungen einer Hebung des Granits auf dessen übrige Abgrenzung gegen die Sedimente und auf die Gestalt der Küstenlinie besprechen wollte.

Von dem Obersilur haben sich auf Bornholm nur die ältesten Horizonte gefunden:

c) Obere Graptolithenschiefer.

Die Oberen Graptolithenschiefer bilden zwei ringsum isolirte Partien an der Südküste der Insel, wo sie längs den Ufern der Oeleaa und Laesaa zu Tage treten. Die beiden Vorkommen werden durch einen 6 km breiten Streifen von einander getrennt, innerhalb dessen von anstehendem Gesteine nur der bereits oben erwähnte Sandstein der Grödbyaa aufgeschlossen ist.

An beiden Punkten bestehen diese Graptolithenschiefer theils aus grauen, theils aus grauschwarzen Thonschiefern mit grauem resp. braunem Strich. Die tiefste Lage (bei Kölleregaard) enthält grosse Kalkconcretionen, welche in Gestalt und Grösse den Anthrakonitknollen der Olenusschiefer vollständig gleichen.¹⁾ Ausserdem trifft

¹⁾ An der Mündung der Laesaa und Grödbyaa bringen die Fischer in

man ab und zu untergeordnete bis zu 6 cm mächtige Kalkbänke.

Im allgemeinen ist in der östlichen und ausgedehnteren Partie das Fallen der Graptolithenschiefer $2-3^{\circ}$ S., am nördlichsten Punkte, bei Kölleregaard 10° SSO. Nur in einem kleinen $3-6'$ ($1-2$ m) mächtigen und $180'$ (57 m) langen Profil direct an der Mündung des Baches ist das Verhalten der Schichten ein wesentlich anderes. In der südlichen Hälfte des Aufschlusses fallen die Schiefer 7° N.; dann folgt eine Partie mit Sprüngen und Reibungsbreccien, und im nördlichen dritten Abschnitte steigt endlich in stark gefalteten Schichten der Einfallswinkel von 25° bis auf 35° N.

In der anderen, weniger umfangreichen Partie an der Laesaa wechselt die Fallrichtung beständig, indem auf eine Strecke von $1000'$ (314 m) von Kurregaard an gegen Süden folgendes Einfallen beobachtet wurde:

20° OSO.

10° S.

$12-20^{\circ}$ SSW.

40° WSW.

16° ONO.

Daraus geht auf das deutlichste eine Faltung der Schichten hervor. Ferner findet man an der Mündung des Flusses noch mehrere überhängende, aber möglicherweise nicht anstehende Schiefermassen mit nordwestlichem oder westlichem Fallen und desgleichen zwischen Laesaa und Grødbyaa eine ca. $30'$ (10 m) hohe, gegen die See gekehrte Wand mit 25° NO. fallenden Schichten. Directe Auflagerung dieser Schiefer auf dem Sandstein der Grødbyaa konnte nicht beobachtet werden.

ihren Netzen sehr häufig die gleichen ellipsoidischen Knollen aus einer Tiefe von mehreren Faden empor. Es sind diese Concretionen, die auch an der Mündung der Oeleaa vorkommen sollen, wohl als Reste jüngerer Graptolithenschiefer zu deuten, welche vom Meere zerstört worden sind. Diese Knollen sind rissig und auf den Klufflächen von Kalkspathkrystallen bedeckt; zuweilen finden sich auch gut ausgebildete Bergkrystalle, die sog. „Bornholmer Diamanten“.

Combinirt man nun diese eben beschriebenen gestörten Lagerungsverhältnisse der Oberen Graptolithenschiefer an der Mündung der Laesaa und Oeleaa mit dem plötzlichen Abbruche der untersilurischen Graptolithenschiefer am Ausfluss des Risebachs und mit dem Auftreten „grüner Schiefer“ in 58' hohen, senkrechten Wänden bei Julegaard und z. T. auch bei Lilleaa, so folgt daraus, dass längs dieses Theiles der Südküste eine zweite grosse Verwerfung verläuft, welche ein ungefähr NW—SO. gerichtetes und der Küste paralleles Streichen besitzt. Erst südlich dieser Linie treten jüngere Sedimente auf. In den beiden östlichen Partien sind die Schichten etwas gegen Norden verschoben; in der letzten kommen derartige Unregelmässigkeiten in der Lagerung nicht vor. Ob die Störungsercheinungen in der ganzen, südlich von der ersten Verwerfungslinie gelegenen Partie in die gleiche oder in eine spätere Zeit fallen, als die vorhin besprochene Niveauveränderung des Granits und Cambriums, wage ich nicht eher zu entscheiden, als bis zahlreichere und zuverlässigere Beobachtungen vorliegen, besonders da in diesem Terrain die Wirkungen der Glazialzeit eine so bedeutende Rolle gespielt haben, und Moränen ein so ausgedehntes Areal der Beobachtung entziehen.

Obwohl die Diabasgänge in der Regel ein nordsüdliches Streichen besitzen, lassen sie sich doch nicht aus dem Granit in die südlich angrenzenden cambrischen Sedimente verfolgen.

Aus der Fauna geht hervor, dass die Oberen Graptolithenschiefer an der Oeleaa in zwei Horizonte zerfallen, nämlich in die älteren *Rastrites*-Schichten, welche im nördlichen, und in die jüngeren *Retiolites*-Schiefer, welche im südlichen Teile dieser Partie auftreten.

a) Die *Rastrites*-Schiefer erstrecken sich von Kölleregaard bis gegen Munkegaard. Besonders charakteristisch sind folgende Fossilien:

Climacograptus scalaris Linrs.

Diplograptus pusillus Hall.

Rastrites (Monograptus) triangulatus Harkn.

— *peregrinus* Barr. (Letzterer ist äusserst selten).

b) Die Retiolites-Schiefer beginnen an der Brücke bei Munkegaard und lassen sich bis zur Mündung des Flusses verfolgen. Leitend für diese Schichten sind:

Monograptus vomerinus Nichols.

— *personatus* Tullb.

— *Linnarssoni* Tullb.

— *prionon* Br.

Cyrtograptus spiralis Gein.

— *Murchisoni* Carr.

Retiolites Geinitzianus Barr.

Die letztgenannte Art tritt am häufigsten in den obersten Schichten bei Slusegaard auf.

An der Laesaa trifft man nur *Retiolites*-Schiefer, also nur die jüngere Abteilung. Die Uebereinstimmung der Faunen beider Fundorte macht es wahrscheinlich, dass ursprünglich eine zusammenhängende Schicht vorlag, und dass die *Rastrites*-Schiefer an der Laesaa nur durch Glacialbildungen verdeckt sind.

III. Mesozoische Gruppe.

Eigentlich müsste dieser Abschnitt mit einer älteren Formation als Lias beginnen, da Forchhammer 1837 und später schwedische Geologen das Vorkommen von Keuper angenommen haben. Wenn ich letzteren hier nicht besonders anführe, so geschieht es, weil einige Unsicherheit bezüglich des Alters herrscht, und zwar besonders in Folge der undeutlichen Lagerungsverhältnisse und des vollständigen Fehlens von Versteinerungen.

Längs der Südküste zwischen Lilleaa und Grödbyaa trifft man nämlich eine schmale Zone verschieden gefärbter, vorzugsweise jedoch roter oder graugrüner, ungeschichteter Thone, sowie einzelne Lagen anscheinend gleichaltriger, grobkörniger Sandsteine und Conglomerate. Letztere gleichen in hohem Grade den in Schweden so

verbreiteten und mächtigen, zwischen Silur und Rhaet eingeschalteten Bildungen, welche Angelin „Kaageröds Sandstein“, roten, grauen Thon u. s. w. auf seiner geologischen Uebersichtskarte von Schonen genannt hat, Bezeichnungen, welche später beibehalten worden sind.

An einer Stelle, westlich von der Mündung der Laesaa, liegt wie in Schweden der rote Thon auf Silur; aber an anderen Punkten sieht man diese Gesteine nur in vereinzelt, kleinen Aufschlüssen unter äusserst unklaren Lagerungsverhältnissen aus den gegen die See gewandten Steilabstürzen hervortreten, oder dieselben erscheinen wie angeklebt an die senkrechten Wände in der Nähe der oben erwähnten Verwerfung. Die Bestimmung der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse wird noch dadurch auf das äusserste erschwert, dass diese plastischen fetten Thone, wenn sie im Frühjahr vom Wasser durchtränkt sind, gegen den Strand abgleiten, eine Erscheinung, welche an der Mündung des Risebachs ihren grössten Umfang erreicht. Es ist nur eine Frage der Zeit, wann die ganze mächtige Thonablagerung vom Meere zerstört sein wird, und zweifellos waren einst diese Schichten auch an anderen Stellen weit mächtiger entwickelt, als es jetzt der Fall ist, wie z. B. an der senkrechten, aus grünen Schiefen bestehenden Wand westlich vom Risebache. Abgesehen von den Sandsteinen, welche die Thone begleiten und wegen ihrer Aehnlichkeit mit dem Vorkommen in Schweden zum Keuper gestellt werden können, rechnet Forchhammer auch noch die mächtigen, fossillereen Sandsteine an der Gröbbyaa zu dieser Formation.

1) Lias.

Der ausgedehnteste und zugleich bezeichnendste Complex der Liasformation liegt an der Westküste; derselbe beginnt an einem Punkte unmittelbar N. Hasle und zieht sich bis gegen Korsodde hinab, während er sich, soweit bekannt ist, nicht viel mehr als eine Viertelmeile (ca. 1 km) landeinwärts erstreckt. Eine zweite Partie trifft man

zwischen Arnager und Lilleaa, eine dritte, vorzugsweise aus farbigen Thonen bestehende zwischen Lilleaa und Gröddyaa. Letztere ist auf der Karte zwar mit der gleichen Farbe eingetragen, möglicherweise aber, wie oben schon erörtert wurde, zum Keuper gehörig.

Dass die erste Partie am besten bekannt ist, verdankt sie den früher an mehreren Stellen dort betriebenen Kohlenruben. Auf der Karte wurden einige der wichtigsten Streichrichtungen der Kohlenflötze durch feine Linien angedeutet. Die Gesteine sind dieselben, wie in ähnlichen kohleführenden Faciesbildungen: Sandstein, sowohl mit eisenschüssigem, als auch mit kalkigem Bindemittel; lockere Sandschichten, aus denen der Flugsand der Westküste hervorgegangen ist; graulichweisser Thon, der gelegentlich sehr feuerfest sein kann; Kohleneisenstein; Thoneisenstein; Kohlenflötze in grosser Zahl, von denen allerdings verschiedene recht unbedeutend sind und unbrauchbare Kohle führen.

Wenn ich hier der von Forchhammer gegebenen Einteilung in eine ältere eisenhaltige und eine jüngere eisenfreie Kohlenformation nicht folge, so ist der Grund natürlich der, dass eine lediglich auf petrographischen Unterschieden beruhende Altersbestimmung von Schichten nicht genügt; ich wollte jedoch nicht unterlassen, diese Einteilung zu erwähnen, da sie nach der damaligen Auffassung eine begründete war. Zur Vermeidung unnötiger Weitschweifigkeit will ich nicht alle Einzelheiten über Beschaffenheit und Lagerung der Schichten anführen, sondern mich begnügen, auf die in der Einleitung citirten Arbeiten von Forchhammer und Jespersen hinzuweisen. Hier mögen nur solche Beobachtungen Platz finden, welche sich auf die unregelmässige und gestörte Lagerung der Formation beziehen, sowie einige leicht zugängliche Profile mitgeteilt werden.

1) Nördlich von Hasle fallen die eisenreichen Schichten und Sandsteine 17°, südlich von Hasle 5—12° WSW. Es sollen hier auch Kohlenflötze mit einem

Streichen NO—SW. und mit einem Fallen von 6° NW. vorkommen.

2) Bei dem seit 1876 auflässigen Hasle Kulvaerk (Leuka System Forchhammer), ungefähr eine Viertelmeile (2 km) S. Hasle, hat man 17—19 Flötze beobachtet, die W—O. streichen und $8—14^{\circ}$ S. fallen. Die Kohlenflötze, welche sich am meisten gegen Osten erstrecken, biegen bei westlichem Einfallen etwas gegen Süden um. Sie sind ferner verworfen und zerstückelt; doch zeigen diese im allgemeinen noch regelmässig gelagerten Kohlenschichten keine so grossen Störungen, wie die nächstfolgenden. Die Mächtigkeit aller Flötze zusammen beträgt ungefähr 60'.

3) An der Mündung der Bagaa (Bagaa System Forchhammer) finden sich zum mindesten 8 Kohle führende Schichten, die NO—SW. streichen; zunächst der Küste ist das Fallen (nach Forchhammer) $3—4^{\circ}$ ¹⁾, während die östlichsten Flötze ein Fallen von $10—19^{\circ}$ zeigen. Diese Partie ist von der vorigen durch eine NW—SO., von der folgenden durch eine WNW—OSO. ²⁾ gerichtete Spalte getrennt, so dass dieser ganze Complex einen Keil mit nach Osten gewendeter Spitze bildet. Forchhammer meint, dass derselbe tiefer gesunken sei, als die angrenzende südlichere Partie, und dass diese Kohlenlager in Folge dessen jünger seien, als die benachbarten Massen.

Unter diesen Kohlenflötzen kommt, soweit jene nicht vollständig abgebaut worden sind, eines auf 5—6' (2 m), ein anderes auf 8—10' (3 m) Tiefe vor; die Kohlen sind aber sehr schlecht. ³⁾ Seit 1880 hat auch der Abbau der

¹⁾ Beim späteren Abbau hat sich jedoch ein stärkeres Einfallen herausgestellt als früher beobachtet war, nämlich ungefähr das gleiche wie in den östlichen Teilen.

²⁾ Vergl. die Forchhammer'sche Karte zur Abhandlung über die Bornholmer Kohlenformation.

³⁾ Analysen der Bornholmer Kohlen habe ich in der Arbeit „Om Kullagene paa Faeroerne etc.“ (Oversigt over d. Kgl. D. Vid. Selsk. Forh. 1873. p. 178) mitgeteilt.

Kohlen aufgehört, und man benutzt jetzt nur die Thone in den dortigen Ziegeleien, deren nahe der Küste gelegenen Gruben ein sehr lehrreiches Profil liefern. Der Thon wird von Geschiebemergel, lichtgelben Sanden und Flugsand überlagert. In einer tiefer gelegenen, jetzt nicht mehr abgebauten Thonschicht wurde ein grosser Teil der später genannten fossilen Pflanzen gefunden.

4) Das Sorthat-System (Forchhammer), dessen Abbau schon 1868 technischer Schwierigkeiten wegen zum Erliegen kam, enthält 18 Flötze, die NNW—SSO. streichen mit einem Fallen von 45—70° ONO. Letzteres ist am stärksten im östlichen Teile, was eine Senkung desselben vermuten lässt. Die Mächtigkeit der Flötze zusammen genommen ist hier ungefähr 16' (5 m), also übereinstimmend mit Hasle Kulvaerk.

Die drei letztgenannten Systeme gehören zu Forchhammers „jernfrie Kulformation“, zu welcher von ihm auch das unter 6) angeführte gerechnet wird.

5) In der Gegend von Rønne herrscht östliches Fallen; so fällt z. B. der eisenschüssige Sandstein bei Hvidodde 15° O., bei Nebbeodde 10—20° ONO., und in dem vorzüglichen Profile von Koefoeds Ziegelei O 25° S. In dem „Jernsten“ bei Nebbeodde sind Abdrücke von Farnen und Cycadeen gefunden, aber nicht im Sandstein, der statt dessen viele Kohlenfitter umschliesst.

6) Bei Pythuset, SO. Rønne, trifft man ein ausgezeichnetes Profil, welches aus verschiedenen, bis zu einigen Zoll dicken Kohlenschmitzen, mächtigen Schichten von Thon und feinem Formsand, sowie aus einer Lage von fossilführenden Concretionen und Kohleneisenstein zusammengesetzt ist. Die Schichten streichen NNW—SSO. und fallen 25—40° ONO.

Hier lassen sich zweckmässig einige Bemerkungen über die Verhältnisse der Liaspartie an der Küste zwischen Arnager und Soseodde einschalten, obwohl dieselbe nicht dem bisher betrachteten westlichen Teile angehört. Eigentliche Flötze hat man hier nicht gefunden, wohl aber An-

deutungen von solchen; doch sind die Lagerungsverhältnisse sehr unklar, da die Thone und Sande grosse Neigung zum Abgleiten gegen den Strand hin zeigen. So fand beispielsweise 1886 ein gewaltiger Bergrutsch einer 50 Fuss hohen und mehrere hundert Fuss langen Wand statt, in Folge dessen in den dabei zu Tage geförderten Sandsteinschichten, welche jetzt wieder vom Thone bedeckt werden, trügerische Fallrichtungen entstanden. Bei dieser Gelegenheit wurde auch der Ammonit gefunden, den Dr. Moberg in seiner Arbeit „Om Lias i sydöstra Skaane“ Seite 80 bespricht, der einzige, der überhaupt aus diesen Bornholmer Bildungen bekannt geworden ist, und dem jener Autor grosse Bedeutung für die Altersbestimmung der Schichten beilegt. Ungefähr halbwegs zwischen Arnager und Soseodde findet man übrigens einige Sandsteinschichten in ihrer ursprünglichen Lage; hier ist das Fallen an einer Stelle 12° NNW., während die Schichten an einer anderen Stelle fast horizontal liegen.

Wie gesagt, herrschen in dieser Partie sehr unklare Lagerungsverhältnisse und nicht nur an der Küste, sondern auch weiter im Innern. Die im Nordwesten gezogene Grenze ist daher ganz willkürlich und könnte ebenso gut etwas weiter in dieser Richtung verschoben werden.

Die aus den obigen Daten über die Lagerung dieses westlichen Theiles der Liasformation sich ergebenden Resultate sind bezüglich der Verwerfungen schon von Forchhammer in ihren Hauptzügen in der oben citirten Abhandlung dargelegt worden. Später hat Jespersen dieselben in mehreren Arbeiten ausführlicher besprochen, und schliesslich sind sie von Nathorst in seinen Untersuchungen „Till fraagan om de skaanska dislokationernas aalder“ berücksichtigt worden. Die grössten Unregelmässigkeiten in der Lagerung treffen wir im Sorthat System, und deren Wirkungen machen sich merklich sowohl im östlichen Teil des Hasle Systems, als auch in dem östlichen Einfallen des südlich benachbarten Schichtencomplexes.

Da nun Jespersen¹⁾ unmittelbar bei den stark geneigten Schichten von Sorthat die Nord-Süd streichende Felsitklippe gefunden hat in Verbindung mit einem mächtigen, verwitterten Grünsteingang, ferner als nördliche Fortsetzung der Klippe ein „granitisches Gestein“ an der Aabyaa entdeckte, ist es sicher richtig, diese kleine archaische Partie mit Lagerungsstörungen in Zusammenhang zu bringen. Allerdings wissen wir weder etwas über die Ausdehnung dieser Klippe in die Tiefe, noch über deren Stellung zu den Graniten von Hasle oder Knuds Kirke; aber dass eine gewisse derartige Beziehung zum Granitmassiv der Insel vorhanden ist, kann kaum zweifelhaft sein²⁾.

Mit den Verwerfungen stehen noch zwei weitere Fragen in engster Verbindung nämlich:

- 1) wo die Verwerfungsspalte an der Südwestküste ausläuft
- 2) wann nach Ablagerung des Lias dieser Bruch entstanden ist.

Zur Beantwortung beider Fragen bedarf es indessen erneuter localer Beobachtungen, besonders bei Korsodde, welches in der Verlängerung der Spalte liegt, sowie im nördlichen Grünsandgebiet. Die bisherigen Angaben sind leider ungenügend.

Wenn ich die hier behandelte Formation Lias genannt habe, so geschah es im Anschluss an die Untersuchungen von Prof. Lundgren über die Fauna der Bornholmer Kohlenformation. In dieser Arbeit³⁾ macht er darauf auf-

¹⁾ Bidrag til Bornholms Geoteknik. 1867.

²⁾ Es ist zu bedauern, dass 1844 nicht genauer untersucht worden ist, ob der Granit, welchen man östlich vom „Tykkeflötz“ in dem Kohlenbergwerk von Hasle dort antraf, wo sich die Schichten gegen Süden umbiegen, anstehender Fels oder nur ein loser Block in einer Verwerfungskluft war. Schon im folgenden Jahre war der Stollen verstorzt und ist seitdem nicht wieder zugänglich gemacht.

³⁾ Bidrag till kannedom om Juraformationen paa Bornholm 1879.

merksam, dass ein Teil der Versteinerungen Bornholm eigentümlich ist und also nicht zur Altersbestimmung dienen kann, und dass der Rest zwei verschiedenen Zonen angehört. Für untersten Lias würden sprechen: *Tancredia securiformis* Dunk., *Avicula sinemuriensis* d'Orb., *Cardinia crassiuscula* Sow., *Leda texturata* Terq. et Pict., welche alle die Zone mit *Ammonites Bucklandi* nach oben hin nicht überschreiten, während *Limea acuticostata* Goldf., *Leda subovalis* Goldf., *Avicula inaequivalvis* Sow. (sensu stricto) zum mittleren Lias gehören und kaum in die Zone mit *Am. Bucklandi* hinabreichen. Lundgren begründet, dass die Bornholmer Kohlenformation ihrer Fauna nach am ehesten als ein Aequivalent des mittleren Lias im übrigen Europa angesehen werden muss. Das einzige Bedenken bei dieser Altersbestimmung lag darin, dass viele der Versteinerungen nicht im anstehenden Gestein gesammelt waren, sondern losen, am Strande umherliegenden Blöcken entstammten. Dies Bedenken ist durch die spätere Untersuchung Mobergs¹⁾ gehoben worden. Durch Vergleich der Bornholmer Versteinerungen mit den von ihm 1882 bei Kurremölla in Schonen gefundenen gelangt derselbe zu dem gleichen Resultate wie Lundgren, nur mit dem Unterschiede, dass der Fauna nach die Bornholmer Liasformation als ein Aequivalent des untersten Teiles des mittleren Lias betrachtet wird. Die Gesamtfauuna stimmt nämlich vollkommen mit den Funden bei Kurremölla überein, wo alle diese Versteinerungen in einer Schicht vorkommen.

Ueber die Flora besitzen wir nur die nachstehende, von Cand. Bartholin 1882 veröffentlichte Liste der von ihm bestimmten Versteinerungen des Kopenhagener Universitätsmuseums. Hinzugefügt habe ich die von Prof. Nathorst untersuchte und bestimmte *Williamsonia Forchhammeri*, sowie die Fundorte: B. bedeutet Bagaa System; N. Nebbedde; P. Pythuset (Gruben der Onsbaeker Ziegelei).

¹⁾ Om Lias i sydöstra Skaane 1888.

	B	N	P
<i>Equisetum Münsteri</i> ¹⁾ Sternb.		×	
<i>Dicksonia Pingelii</i> Bartholin	×		
<i>Cycadopteris Brauniana</i> Zigno	×		
<i>Asplenium Rösserti</i> Saporta	×	×	×
— <i>nebbense</i> Brgn.	×	×	
— <i>lobifolium</i> (Phillips) Schimper	×		
<i>Gutbiera angustiloba</i> Presl.		×	
<i>Lacopteris elegans</i> Presl.	×	×	
— <i>latifolia</i> Bartholin	×	×	
<i>Angiopteridium Münsteri</i> Schimper	×		
<i>Thaumatopteris gracilis</i> Schimper	∕		
<i>Phleboteris affinis</i> Schenck		×	
<i>Dictyophyllum Nilssoni</i> Brgn.	×		
<i>Clathropteris platyphylla</i> Brgn.	×	×	×
<i>Hausmannia Forchhammeri</i> Barth.	×		
<i>Sagenopteris rhoifolia</i> Presl.	×		
<i>Ctenophyllum Braunianum</i> Goepp.			×
<i>Pterozamites Münsteri</i> Schimper	×		
<i>Nilssonia brevis</i> Brgn.		×	
— <i>acuminata</i> Goepp.	×	×	×
<i>Podozamites distans</i> Presl.		×	×
— <i>angustifolius</i> Schenck	×		
<i>Otozamites brevifolius</i> Fr. Braun.	×		
— <i>Reglei</i> Saporta	×		
— <i>obtusus</i> Lindl. & Hutt.	×		
<i>Williamsonia Forchhammeri</i> Nathorst		×	
<i>Ginkgo Huttoni</i> Heer	×		×
<i>Baiera longifolia</i> Heer.			
<i>Pachyphyllum Williamsoni</i> Schimper	×		
— <i>peregrinum</i> Schimper	×	×	

Unglücklicherweise hat man früher keine grosse Sorgfalt auf die Angabe der Fundorte verwandt. So sind z.

¹⁾ Hier und in der folgenden Liste hat der Setzer aus Versehen stehende statt liegende Lettern gewählt; die Zeit reichte nicht, um den Satz erneuern zu lassen.

B. nach Ausweis der Etiquetten aus dem Hasle System nur die beiden zuletzt genannten Arten bekannt.

Bartholin fügt seinem Verzeichnis eine kurze Mitteilung über das Resultat seiner Untersuchung bei, welches, wenn ich ihn richtig verstanden habe, nicht von der präciseren Altersbestimmung Lundgrens und Mobergs abweicht.

2) Senon.

Aus der beigegeführten Karte ergibt sich, dass das Senon an zwei Stellen auftritt: im Nordosten und im Südosten von Rönne. Die besten Aufschlüsse bietet aber letztere Gegend, wo die Formation in senkrechten Wänden längs der Küste entblösst ist.

Das Senon setzt sich aus Grünsandstein und Arnagerkalk zusammen; letzterer trägt seinen Namen nach dem kleinen, dem Hauptfundorte benachbarten Fischerdorfe Arnager. Auf der Karte ist das betreffende Profil der Deutlichkeit wegen in einem etwas grösseren Masstabe gehalten, als die übrigen. Dasselbe zeigt, dass der Grünsandstein östlich von Arnager concordant auf die Sandschichten und Schieferthone der Juraformation folgt; beide fallen nämlich ungefähr 9° W. Ferner ist der Grünsandstein in einer ausgedehnten Partie zwischen Arnager und Korsodde entblösst, wo die Schichten ebenfalls $9-10^{\circ}$ fallen, und zwar theils gegen W., theils gegen SSW.

Die Ausbildung des Grünsandsteins wechselt etwas, indem er in der Regel einen graugrünen kalkhaltigen Sandstein darstellt, aber einerseits sandig wird, andererseits durch kieseliges Bindemittel eine ganz bedeutende Festigkeit erlangt. Er enthält stets etwas Glaukonit und beginnt an der Grenze des Lias mit einer 2' mächtigen Lage zahlreicher Phosphoritknollen. Letztere erreichen oft Hühnereigrösse, schliessen reichlich feinen Sand und einzelne gröbere Quarzkörner ein und zeigen im Bruche braune, aussen grüne Farbe. Nach oben nehmen Zahl und Grösse der Phosphoritknollen ab.

Zwischen diesen beiden geschilderten Grünsandstein-Partien tritt unmittelbar westlich des von Arnager zum Strande hinabführenden Weges auf kurze Erstreckung — sowohl in Form einer senkrechten Felswand, als auch in vorgelagerten, aus dem Meere hervorragenden Klippen — der Arnagerkalk auf, ein graulichweisser Kalkstein mit 40—50^o feinem Sand und Glimmer. Dieser Kalk fällt 7^o SSW., so dass man für denselben ein jüngeres Alter, als für den Grünsandstein annehmen muss, obwohl man weder die Auflagerung beobachtet hat, noch einen Unterschied in der Fossilführung. Weder im letzteren, noch im Arnagerkalk dieser Kreidepartie sind irgend welche Spuren einer Lagerungsstörung beobachtet, die ja in so hohem Grade die benachbarte Juraformation betroffen hat. Erst in deren unmittelbarer Nähe bei Stampeaa treten Unregelmässigkeiten auf, indem die Schichten des Grünsandsteins sehr verschieden fallen (20—45^o O.). Prof. Schlüter, welcher die in dieser Formation gefundenen Cephalopoden untersucht hat, stellt dieselbe zum älteren Senon und zwar auf Grund folgender Versteinerungen:

Actinocamax westfalicus Schlüt.

Scaphites inflatus Röm.

— *binodosus* Röm.

Nach Lundgren und Moberg kommen bei Ystad gleichaltrige Schichten vor. Aus dem unten folgenden von Dr. O. Mörch¹⁾ publicirten Verzeichnisse der im Kopenhagener Museum aufbewahrten Fossilien sieht man, dass dies Senon vor allem *Inoceramus*, *Spondylus*, *Lima*, *Pecten* und *Ostrea* führt. Ganz besonders häufig findet man jedoch flach gedrückte versteinerte Schwämme und ganze Bündel in Schwefelkies erhaltener Schwammnadeln.

¹⁾ Vidensk. Meddelelser fra d. naturh. Foren. i Kjöbenhavn 1876.

	Ar- nager- kalk	Grün- sand
Belemnitella(Actinomax?) westfalica Schlüt.		×
— sp.		×
— mucronata Schloth.	×	×
Ammonites Stobaei Nilss.?		×
Scaphites binodosus A. Römer	×	×
— sp. aff. praecedentis		×
— inflatus A. Römer		×
— Geinitzi d'Orb.?	×	
Turrilites polyplocus Röm.?	×	
Bulla sp.	×	
Aporrhais stenoptera Goldf.		×
Turritella (Haustator) lineolata Römer . .		×
— — sp. div.		×
— acicularis Reuss	×	
Crepidula (Infundibulum) cretacea d'Orb.		×
Natica sp.		×
„Pleurotoma“ Römeri Reuss		×
Pleurotomaria linearis Mant.		×
— sp.		×
Patella vel Orbicula		×
Teredo sp.		×
Tellina sp.		×
Pholadomya? elongatissima Römer		×
Thracia? sp.		×
Cytherea faba (Venus) Sow.		×
Thetis sp.		×
Lucina sp.	×	
Cardita? tenuicosta Reuss		×
Arca sp.		×
Pectunculus obsoletus Goldf.		×
Inoceramus Brongniarti Sow.	×	×
— cancellatus Goldf.		×
— Cuvieri Brongt.	×	×
— sp.	×	
— concentricus Park.		×

	Ar- nager- kalk	Grün- sand
Pinna sp.		×
Modiola sp.		×
Spondylus armatus Goldf.	×	×
— lineatus Goldf.	×	
Lima (Plagiostoma) Hoperi Sow.	×	
— pusilla Nilss.?		×
Pecten (Neithea) striato-costatus Goldf.		×
— inversus Nilss.		×
— laevis Nilss.		×
— membranaceus Nilss.	×	×
— subaratus Nilss.		×
— lineatus Nilss.?		×
— exaratus Nilss.?		×
— arachnoideus Defr.	×	
— Passyii d'Arch.	×	
— miscellus Münt.	×	×
Ostrea flabelliformis Nilss.	×	×
— hippopodium Nilss.		×
— (Lopha) serrata Defr.	×	
Rhynchonella subplicata Mant.		×
— sp.		×
Terebratula rhomboidalis Nilss.	×	×
— capillata d'Arch.		×
Serpula gordialis Goldf.		×
— implicata Hag.?		×
— spirulaea Goldf.?	×	
— (Pomatoceros) sp.		×
Ditrypa sp.	×	
Cidaris vesiculosa Goldf.		×
Turbinolia (Parasmilia?) centralis Mant.?	×	
Haplostiche sp.	×	
Robulina sp.	×	
Fronicularia elliptica Nilss.	×	
— cordata Röm.		×
Manon seriatoporum Röm.?	×	

	Ar- nager- kalk	Grün- sand
<i>Scyphia subreticulata</i> Münst.?	×	
<i>Choanites Königii</i> Mant?	×	
<i>Pollicipes</i> sp.	×	
Fischschuppen	×	
Fussknochen von Reptilien		×
<i>Fucoides Lyngbyanus</i> Brongt.	×	
<i>Confervites fasciculata</i> Brongt.	×	
— <i>aegagropiloides</i> Brongt.	×	

Die letzteren drei nach den Bestimmungen von Brongniart (*Histoire des végét. foss.*).

Weniger übersichtlich sind dagegen die Verhältnisse in der zweiten Partie von Grünsand, NO. von Rönne (zwischen Nykirke und der Kohlenformation von Sorthat), weil dieser eine schwach gegen Westen geneigte Ebene bildet und von 10—30' (3—10 m) Geschiebemergel und Geschiebesand bedeckt wird. Aufschlüsse kommen daher nur in kleinen Einschnitten an den Bächen oder in künstlichen Gruben vor, so dass allein die westliche Grenze mit Sicherheit festzustellen ist.

Ausser Grünsandstein finden sich hier grasgrüner Glaukonitsand, gelbe Mergel und Kalksteine. Der petrographische Unterschied im Vergleich mit dem Gebiet von Arnager beschränkt sich daher wesentlich auf die hier vorkommenden Thonarten.

Im Mergel des Grünsandsteins konnte an einem Punkte im nordwestlichen Teile dieser Partie ein Fallen von 60° SO. beobachtet werden. Bei Buldregaard im Südosten traf man bei Anlage eines 85' (27 m) tiefen Brunnens unter 24' (8 m) Geschiebemergel erst 60' (19 m) eines 5° SSW. fallenden Grünsandmergels, dann wieder Grünsand. Von der Blykobbeaa nahe am Granit führt Jespersen graugrüne, 45° N. einfallende Mergel an. Es liegen jedoch noch andere Beobachtungen vor, die mit den bisher angeführten nicht übereinstimmen, so dass es weiterer

Untersuchungen besonders an der südlichen und westlichen Grenze bedarf. Von den wenigen hier gefundenen Versteinerungen ist vor allem *Scaphites binodosus* hervorzuheben, da derselbe die naheliegende Vermutung von der Gleichaltrigkeit der beiden Bornholmer Grünsandpartien bestätigt.

IV) Glacialphänomene.

Gletscherschrammung und Verbreitung des durch das Eis fortbewegten Materials gehören zu den wichtigsten Kennzeichen, um die Wirkungen der Eiszeit zu erklären. Keines derselben beantwortet jedoch einzelne wichtige Fragen völlig befriedigend, wie z. B. die Frage, ob die Eisbewegung während der ganzen Periode an jedem einzelnen Punkte in der gleichen Richtung stattgefunden hat, da ja ältere Gletscherstreifen verschwunden sein könnten; ferner welche Phänomene auf zusammenhängendes Inlandeis, und welche auf schwimmende Eisberge zurückzuführen sind. Dass letztere sowohl zu Beginn, als auch am Schluss der Eiszeit eine wichtige Rolle gespielt haben müssen, steht ausser allem Zweifel. Es ist nicht meine Absicht, hier auf verschiedene theoretische Betrachtungen näher einzugehen, sondern ich werde nur Beobachtungen mitteilen, welche die Glacialerscheinungen Bornholms betreffen, und solche Schlussfolgerungen ziehen, welche sich unmittelbar aus diesen ergeben.

Da Gletscherschrammen am besten auf einigemassen feinkörnigen und harten Felsarten (Granit, Grünstein, Quarzit, dichten Kalken, feinkörnigen Sandsteinen) erhalten bleiben, dagegen nicht auf Gesteinen von geringerer Widerstandsfähigkeit (Grünsandstein, Limsten, Schreibkreide) zu erwarten sind, gibt es in Dänemark nur wenige Punkte, wo solche Spuren einer Eisbewegung gefunden werden können. In erster Linie kommt hierbei Bornholm in Betracht, wo dieselben teils auf Granit, teils auf den dichten

teren palaeozoischen Gesteinen (Sandstein, „grüne Schiefer,“ Orthocerenkalk) in sehr grosser Menge auftreten. Ausserdem sind solche Schrammen bis jetzt nur noch in Seeland auf Faxekalk, Saltholmskalk und Grünsandkalk nachgewiesen worden.

Forchhammer¹⁾ teilte zwar schon 1843 derartige Beobachtungen von Bornholm und Faxe mit; ihre Zahl war jedoch zu gering, als dass man sich darnach ein Gesamtbild des ganzen Phänomens hätte entwerfen können. Im Laufe späterer Jahre habe ich vielfach, so oft sich Gelegenheit dazu bot, zahlreiche Bestimmungen der Richtungen solcher Schrammen vorgenommen, um die Forchhammer'schen Beobachtungen zu ergänzen, welche in früherer Zeit die einzigen Angaben über derartige Vorkommen in Dänemark ausmachten. Da sowohl Bornholm, als auch der Hügel von Faxe der skandinavischen Halbinsel isolirt vorgelagert sind, bieten diese auf die Bewegung des Eises bezüglichen Beobachtungen nicht nur für sich allein, sondern auch im Zusammenhang mit den im südlichen Schweden gewonnenen Resultaten ein hervorragendes Interesse.

Auf der beifolgenden geognostischen Karte von Bornholm sieht man, wie der Granit im Innern der Insel zum grössten Teile von Glacialbildungen bedeckt ist, aus denen allein einzelne langgestreckte Hügel von der Gestalt der schwedischen „Heller“ hie und da hervorragen. Nur an wenigen Stellen nahe am Rande des Plateaus sind grössere Granitmassen entblösst: im Norden Hammeren, Hammershuus-Felsen, Ringebakke, im Süden im Bezirk von Almindingen die Umgebung des Rytterknaegt, im Südosten Helleds- und Paradisbakkerne in der Nähe von Nexoe. Die Granitklippen haben glatte und gerundete Form, während der schmale Granitgürtel der NO.-Küste in hohem Grade zerrissen ist. Allem Anscheine nach haben hier tektonische Kräfte und Verwitterung zusammengewirkt,

¹⁾ Oversigt over det Kgl. D. Vidensk. Selsk. Forhandl. for 1843 pag. 103.

um die Entstehung einer Reihe allerdings ausserordentlich kleiner Schären von Hammeren bis hinab gegen Nexoe zu bedingen. An solchen Stellen ist es daher so gut wie unmöglich, Glacialschrammen aufzufinden, ebenso wenig wie im mittleren Teil der Insel, wo die diluviale Bedeckung von bedeutender Mächtigkeit ist.

Wie schon oben erwähnt, wird der Bornholmer Granit oberflächlich gerade soweit von den Atmosphaerilien angegriffen, um selbst gröbere Streifen, wenn auch nicht rinnenartige Furchen nach Verlauf von 10—20 Jahren nahezu verschwinden zu lassen. Man muss dieselben daher, wie überall in Skandinavien, dort aufsuchen, wo die Felsen vor nicht allzulanger Zeit abgedeckt worden sind. Diese Schrammen kommen nicht nur auf der Höhe und an den Seiten solcher Granithügel vor, wie sich letztere vorzugsweise im nördlichen Teile der Insel zwischen Hammeren und Oles Kirke, sowie am Südrande des Granits finden, sondern auch auf der Sohle und an den Wänden einzelner engen Thäler. Von silurischen Felsarten ist besonders die Oberfläche des Orthocerenkalks am Risebach mit prächtigen Gletscherschrammen bedeckt.

Um alle bisher auf Bornholm beobachteten Glacialstreifen besser übersehen zu können, habe ich dieselben auf der beifolgenden kleineren Karte eingetragen. Die beigefügten Nummern weisen auf eine früher gegebene Tabelle hin¹⁾, in welcher genau Meereshöhe der einzelnen Punkte, die gemessenen Richtungen und die Beschaffenheit der Streifen oder Furchen angegeben sind. Hier mag der Hinweis genügen, dass die Beobachtungen No. 1—53 auf Granit angestellt wurden (No. 1—8 sind die Forchhammer'schen Angaben), No. 54—66a auf Nexösandstein, No. 67—70 auf „grünen Schiefen“, No. 71 auf Orthocerenkalk und No. 72 auf Oberem Graptolithenschiefer. Ferner sind die Beobachtungen Forchhammers mit punktirten, die meinigen mit voll ausgezogenen Linien eingetragen;

¹⁾ F. Johnstrup: Nogle Jagttagelser over Glacialphaenomenerne og Cyprina-Leret i Danmark. Kjöbenhavn 1882. p. 12 ff.

durch einen dickeren Strich habe ich die Schrammen bezeichnet, welche nicht auf den ebenen oder gewölbten Gesteinsflächen, sondern in engen Schluchten und Thälern vorkommen, weil die Eisbewegung in solchen Thälern oder Klüften von derjenigen oben auf dem Granitplateau sehr erheblich abweichen kann.

Schon bei flüchtigem Blick auf die Karte erkennt man, dass die Richtung der Schrammen im Granitgebiet, welches den höheren Teil der Insel bildet, eine andere ist, als in dem flachen südlichen Sandstein- und Schieferterrain, dass aber innerhalb der beiden Bezirke eine gewisse Regelmässigkeit sofort hervortritt. Im ganzen Granitgebiet ist nämlich die Richtung der Streifen durchschnittlich N 53° O. (NO. bis O. — SW. bis W.), besonders auf der Oberfläche flacher Granitbuckel, so dass die Kraft, welche das Eis durch das Ostseebecken und über den höheren Teil der Insel fortschob, in diesem Sinne gewirkt haben muss. Dass isolirte Granitmassen oder selbst kleinere Klippen — wie überall so auch hier — local die Bewegung der Eismassen beeinflusst haben müssen, erkennt man deutlich sowohl auf Hammeren, als auch an den Paradisbakker, wo die Schrammen sich mehr gegen Norden wenden, weil die Thäler dort in dieser Richtung verlaufen.

Trotz dieser Regelmässigkeit bei einer so grossen Zahl von Beobachtungen auf dem Plateau der Insel — jede einzelne auf der Karte eingetragene Linie repräsentirt nicht eine, sondern viele Messungen — weichen doch einige der wenigen Forchhammer'schen Bestimmungen von meinen Beobachtungen ab. Eine solche ist die Richtung N 83° O. (No. 1) auf Hammeren, welche allerdings nicht auf der Höhe gemessen wurde, sondern am Fuss der Nordspitze dieses Vorgebirges. Vorausgesetzt, dass hier ein ganzes System deutlicher Schrammen beobachtet worden ist, kann diese Abweichung dadurch hervorgerufen sein, dass das Eis um die Nordspitze herum in mehr ostwestlicher Richtung gepresst worden ist; zieht

man dagegen die geringe Höhe der betreffenden Stelle in Betracht, so könnte man diese Schrammung auch auf dieselbe Ursache zurückführen, welche im flachen südlichen Teile der Insel die Glacialstreifung hervorgebracht hat. Schwieriger ist es die Beobachtung von O. $\left. \begin{matrix} 26^{\circ} \\ 42^{\circ} \end{matrix} \right\}$ S. (No. 4) in geringer Höhe über dem Meere bei Stammershalle zu deuten, da ich auch nicht an einem einzigen Punkte des benachbarten Gebietes irgend etwas Entsprechendes beobachtet habe. Ebenso weicht die Richtung bei Kaempegaard, NW. Aakirkeby (No. 8), so stark von den anderen Beobachtungen im Granitgebiete ab, dass man zur Annahme localer Wirkungen gezwungen wird, falls nicht ein Rest älterer Gletscherschrammen vorliegt.

Betrachtet man nun die Glacialstreifung im Süden der Insel, wo die sanft geneigte Oberfläche nahe am Granit ca 200' (60 m), an der Küste 50—100' (15 bis 30 m.) über dem Meere liegt, so findet man eine Richtung, welche von der im Norden herrschenden bedeutend abweicht. Im Osten ist dieselbe nämlich im Flachlande bei Dueodde ONO. (No. 67), im Kirchspiel St. Poul mehr ostwestlich, im Kirchspiel Aakirkeby OSO. und bei der Nylars Kirche SO., so dass die Kraft, welche das scheuernde Material über den Untergrund fortgeschoben hat, nicht im ganzen Gebiete in der gleichen Richtung gewirkt hat, sondern etwas von der unregelmässigen Gestalt und den Höhenverhältnissen des Granitrandes beeinflusst worden ist.

Wie weit die Bewegung hier von Osten nach Westen oder im umgekehrten Sinne stattgefunden hat, lässt sich mit Sicherheit aus der Untersuchung der polirten Flächen nicht ersehen, da diese im ganzen zu eben sind, als dass ein deutlicher Gegensatz zwischen Stoss- und Leeseite, wie im Granitgebiet, hätte zur Ausbildung gelangen können. Trotzdem lässt sich diese Frage beantworten, indem man den Weg feststellt, welchen das vom Eis los-

gerissene Material Bornholmer palaeozoischer Gesteine auf der Insel zurückgelegt hat, ein Verfahren, das viel zuverlässiger ist, als wenn man solche Schlüsse aus den Bruchstücken der auf Bornholm ziemlich einförmig ausgebildeten krystallinen Gesteine ziehen müsste. Ich komme hierauf später zurück, um zu beweisen, dass die Bewegung zweifellos von Osten nach Westen stattgefunden hat.

Ferner scheint ebenso sicher zu sein, dass die zwei verschiedenen Schrammensysteme im Granit- und Sandsteingebiet, von denen ersteres NO. bis O., letzteres OSO. gerichtet ist, nicht gleichzeitig hervorgebracht sein können. Die bewegende Kraft, welche die grossen, lose umher liegenden Granitblöcke in der ersten Richtung bis auf die höchsten Punkte der Insel in der Nähe des Rytterknaegt geschoben hat, muss notwendig auch Spuren im Flachlande zurückgelassen haben; man kann jedoch von denselben sogar unmittelbar am Granitrande auf den niedrigen Sandsteinflächen nichts mehr wahrnehmen, und auch die von Forchhammer erwähnten S—N. gerichteten Streifen bei Kämpegaard finden sich nicht auf Sandstein, sondern auf dem etwas höher liegenden Granite. Daraus folgt, dass die Schrammen im flachen Lande jünger sind; ferner, dass ältere nordöstlich gerichtete Furchen, falls solche vorhanden waren, zerstört wurden, was bei dem geringen Zusammenhang oder bei der weichen Beschaffenheit der Sedimente leicht stattfinden konnte.

Selbst wenn man voraussetzen wollte, dass das Eis in Folge der Plasticität in seiner Bewegung durch den Widerstand beeinflusst ist, den die ganze Insel auf das regelmässige Fortschreiten in der Ostseemulde ausübte, so dass der Gletscher nach dem Passiren der südöstlichen Granitecke eine mehr westliche Richtung eingeschlagen habe, müsste doch die quer über die Insel gegen SW. gerichtete Hauptbewegung einigen Einfluss ausgeübt haben. Die im südlichen Teile der Insel herrschende ost-westliche Richtung müsste dementsprechend etwas gegen Süden abgelenkt worden sein; wie die Karte zeigt, findet aber

gerade das Gegenteil statt. Eine interessante Partie ist der südwestliche Vorsprung des Granits bei Knuds Kirke, O. von Rønne, welcher ziemlich stark gegen W. und N. unter die umgebenden Sedimente abfällt. Die Höhe, welche nie 220' (70 m) übersteigt, ist annähernd die gleiche, wie im südöstlich anstossenden Sandsteingebiet. Die Schrammen gehören hier beiden Systemen an und sind als die unmittelbaren Fortsetzungen der oben erwähnten Streifen zu betrachten; es gilt jedoch das Gleiche wie oben, dass sie nämlich nicht gleichzeitig hervorgebracht sein können, da sie beinahe auf einander senkrecht stehen. Die meisten NO—SW. gerichteten Furchen (Nr. 47 u. 48) finden sich im Norden, während die SO. bis NW. orientirten (Nr. 50, 52, 53) vorzugsweise im Süden dieser Partie auftreten; allerdings kommen auch beide unmittelbar nebeneinander vor (Nr 49 u. 51). Dass man hier im Gegensatze zu dem südlichen Teile der Insel beide Systeme neben einander beobachten kann, liegt vielleicht nur an der grösseren Härte und Festigkeit des Granits, in Folge dessen ältere Spuren nicht so leicht verwischt werden. Auch ist zu erwähnen, dass die ostwestliche Richtung an keinem Punkte nachgewiesen ist, welcher 230' Meereshöhe übersteigt. Da der Syenitgranit von Knudsbakke fast bis an diese Höhe heranreicht, kann auch die Ursache darin liegen, dass hier die Abhobelung weniger stark gewesen ist, als in dem niedriger gelegenen Gebiet.

Demgemäss bin ich geneigt anzunehmen, dass das nordöstliche Schrammensystem älter ist und durch eine zusammenhängende, sehr mächtige Eismasse hervorgebracht wurde, die sich in der Richtung des Ostseebeckens bewegt hat: Ost von Gotland gegen Bornholm, dann quer über die Insel gegen die Einschnürung zwischen Rügen und Mön, weiterhin gegen die Neustädter Bucht¹⁾. Das zweite, im wesentlichen OSO. gerichtete System scheint dagegen einer

¹⁾ Forhandl. ved de skand. Naturf. Moede. 1873. p. 107. Z. d. d. g. G. 1874. Bd. XXVI. p. 580.

späteren Zeit der Glacialperiode anzugehören, in welcher das Inlandeis Bornholm nicht erreichte, sondern Treibeis entsandte, welches durch die Strömungen der Ostsee längs dem Südrande des Granits und selbstverständlich auch längs der Nordseite der Insel hingetrieben wurde. Da hier kein ausgedehntes Tiefland vorgelagert ist, sondern steile Granitwände an die See herantreten, kann man eine Riefung mit ähnlicher ostwestlicher Orientirung auch nur an der niedrigen Nordspitze von Hammeren erwarten. Möglicherweise gehört Forchhammers Beobachtung (No. 1) hierher. In dem Einschnitt, in welchem der Hammer-See liegt (zwischen Hammeren und Langebjerg), musste das Eis, mag es eine zusammenhängende Eismasse (Inlandeis) oder Treibeis gewesen sein, eine Schrammung in der Richtung des Thales hervorrufen, was auch an dessen beiden Seiten der Fall ist.

Da die Bewegung des Inlandeises im Ostseebecken nicht wesentlich durch Bornholm gehemmt werden konnte — unabhängig davon, ob die Insel höher oder niedriger war — können diese Schrammen über die damalige Höhe des Meeres keinen Aufschluss geben. Die Glacialstreifen im tieferen Lande scheinen dagegen darauf hinzudeuten, dass die Oberfläche der Insel zur Zeit der Entstehung jener ungefähr 300' (90 m) tiefer lag als jetzt, so dass die von dem zurückweichenden Inlandeise sich loslösenden, im Wasser gehobenen und nach Westen treibenden Eismassen sowohl die oberflächlich abgelagerten, als auch die eingefrorenen Schuttmassen über die unterliegenden Sandsteine und Schiefer scheuernd fortbewegten.

In Holmströms Arbeiten über die Eiszeit finden sich zahlreiche, sorgfältige Untersuchungen über die Richtung der Glacialschrammen in Schonen, welche wertvolle Auskunft über die Eisbewegung im allgemeinen liefern und ausserdem vorzügliches Material für einen Vergleich mit den auf Bornholm gemachten Beobachtungen enthalten. Wenn man vom Vorgebirge Kullen eine Linie gegen Südosten über Ringsjö und Cimbrishamn nach Bornholm zieht,

trifft dieselbe Punkte, an denen die Schrammen hauptsächlich NO - SW. gerichtet sind; ausgenommen ist nur eine in der Mitte am Ringsjö gelegene Partie, wo die Orientirung derselben etwas mehr gegen O—W. abweicht, und das Gleiche ist am Romeleklint der Fall. Die Haupt-richtung in diesem Teile von Schonen stimmt also mit derjenigen des älteren Bornholmer Systems überein, während keine Schrammen vorkommen, welche dem zweiten OSO—WNW. gerichteten Systeme der Insel entsprechen. Letzteres ist bei der südlich vorgeschobenen Lage von Bornholm keineswegs auffallend. Eine N—S. Richtung, wie sie zwischen Christianstad und Carlskrona, also gerade nördlich von der Insel vorherrscht, fehlt auf letzterer vollständig.

Obwohl man nach der Gestalt der Felsen kaum daran zweifeln kann, dass die eben besprochene Schrammung auf Bornholm durch O—W. gerichtete Bewegung hervorgebracht ist, bedarf es doch der Untersuchung, ob das Material der damaligen Glacialbildungen und ganz besonders die Heimat der Scheuersteine, soweit sie sich sicher nachweisen lässt, die Richtigkeit dieser Annahme bestätigen. Bornholm fordert ganz besonders zu Glacialstudien heraus, nicht nur wegen seiner südlichen Lage, sondern vor allem, weil man nirgends in Skandinavien auf so kleinem Areale so viele Formationen mit höchst verschiedenen und leicht kenntlichen Gesteinsarten wiederfindet. Man hat daher in den ihnen entstammenden Scheuersteinen ein ausgezeichnetes Hülfsmittel die Bewegungsrichtung des Eises zu controliren.

Die Glacialbildungen auf Bornholm sind im grossen und ganzen sehr einförmig, wenn man von solchen Modificationen absieht, die durch Aufnahme grösserer oder kleinerer Fragmente derjenigen Gesteine bedingt werden, über welche sich das Eis fortbewegt hat. Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, trifft man sowohl unmittelbar auf dem Granit, als auch auf den Sedimenten einen gelbgrauen, blockführenden und sandigen Diluviallehm

(„Geschiebethon, Rullestensler, Krosstenslera“), welcher hier durchschnittlich glimmerreicher ist, als auf den anderen dänischen Inseln. An der Nordküste kann derselbe eine Mächtigkeit von 30—40' und mehr erreichen, und zwar besonders dort, wo die Oberfläche des Granits stark uneben ist. Andererseits kann jene an der West- und Südküste auf einige Fuss herabsinken. Da das Material von Nordost kommt, musste es sich natürlich vorzugsweise auf dem nordöstlichen Teil der Insel ablagern, dort, wo es sich aufstaute, alle Vertiefungen ausfüllen und sich über den Granit ausbreiten. Je mehr man von der Küste gegen die Mitte der Insel vorschreitet, um so mehr verschwindet der Granit unter der Decke von Geschiebemergel, und sobald man Höhen über 350' (110 m) erreicht hat, wird letzterer entweder sandiger oder durch Diluvialsand („Rullestenssand“) vertreten. Dies ist z. B. in Almindingen, der höchsten Partie der Insel, und auf einem Teile des sog. Höilyng der Fall. Im flacheren Lande südlich vom Granit sind grössere Sandanhäufungen selten; sie finden sich z. B. in den Kirchspielen St. Poul und Peder; ferner trifft man in der Nähe von Rønne die schon oben erwähnte Ablagerung von groben Quarzkörnern (Robbedalsgrus)¹⁾.

Die Verbreitung der fossilführenden Formationen auf Bornholm ist sehr charakteristisch, da dieselben nur längs des südlichen und westlichen Granitrandes auftreten, aber vollständig längs der Nord- und Ostküste fehlen. Ich kenne nur eine einzige Ausnahme, nämlich eine höchst unbedeutende Sandsteinscholle W. Gudhjem. Früher konnte man dieselbe 620' (ca 200 m) weit am Strande verfolgen, in stark geneigten Schichten dem Granit aufgelagert. Es liegt augenscheinlich der Rest einer früher weiter verbreiteten Bildung vor.

Ist die Annahme richtig, dass die Eismassen sich von NO. nach SW. bewegten, so ist leicht erklärlich, dass die jetzt nur im Süden des Granits auftretenden palaeozoischen

¹⁾ Vergl. pag. 3.

Bildungen an der Ostküste zerstört werden konnten, da ihre Widerstandskraft sich in keiner Weise mit derjenigen des Granits vergleichen lässt. Aus der grossen Menge scharfkantiger Schieferbruchstücke an der Nordostküste der Insel folgt, dass ausser dem genannten Sandstein früher noch ein oder mehrere Schieferhorizonte vorhanden waren und vom Eis zerstört worden sind.

Schon auf der ersten 1818 von Oersted, Esmarch und Forchhammer unternommenen Untersuchungsreise fanden dieselben zu ihrem Erstaunen bei Brødegaard im Kirchspiele Rø die Oberfläche dicht von Schieferbruchstücken bedeckt. Sie zweifelten nicht daran, dass ein ähnliches Gestein in der Tiefe anstehen müsse.¹⁾ Bisher hat man freilich ein solches noch nicht gefunden, und wahrscheinlich ist es überhaupt nicht vorhanden, da man den Granit überall längs der Küste verfolgen kann, und im Innern an verschiedenen Punkten der Geschiebemergel bis auf die geschrammte Granitfläche durchsunken ist, ohne auf Schiefer oder sonst ein Sediment zu stossen. Dagegen habe ich viele Bruchstücke desselben Gesteins an anderen Punkten der Nordostküste gefunden z. B. bei Randklevegaard, SO. Gudhjem.

Die in diesen Schiefeln auftretenden verschiedenen *Monograptus*-Arten kommen zwar im Oberen Graptolithenschiefer an der Mündung der Oeieaa vor, aber in abweichendem Gestein. Die losen Fragmente an der Nordostküste bestehen nämlich aus einem gelblichgrauen, sandigen, glimmerreichen Schiefer, und ihre grosse Menge — bei Brødegaard machen sie 58% sämmtlicher im Thon vorkommenden Gesteine aus — sowie ganz besonders die eckigen Formen liefern den Beweis, dass die Schiefer in der Nähe losgerissen und durch Eis in nordost-südwestlicher Richtung auf die Küste hinaufgeschoben sind.

Die anderen versteinerungsreichen Geschiebe, welche ich in dem auf Granit ruhenden Geschiebethon gefunden

¹⁾ Beretning om en Undersøgelse over Bornholms Mineralrige, udgitt 1818 af H. C. Oersted og L. Esmarch. 1819 p. 27.

habe, sind dagegen an den Kanten etwas abgerundet und oberflächlich gekritzelt oder mit anderen Worten echte Geschiebe, die demnach aus grösserer Entfernung stammen müssen. Es sind teils silurische, teils cretacische Gesteine, unter welchen zweifellos die gotländischen das grösste Interesse bieten. Letztere kommen nämlich nicht nur am häufigsten vor, sondern ihr Auftreten im Bornholmer Geschiebemergel stimmt auch mit der angenommenen Bewegung des Eises im Becken der Ostsee überein, soweit sich dieselbe aus der Haupttrichtung der Schrammen auf Bornholm und Gotland nachweisen lässt. Wenn sich auch weiterhin im Westen Glacialstreifen nicht mehr finden, so beweisen doch die zahlreichen, in Holstein, Oldenburg und im nördlichen Holland beobachteten Gotländer Gesteine, dass der Eisstrom sich zu einer späteren Periode der Glacialzeit von Bornholm zwischen Rügen und Mön hindurch auf Groningen zu bewegt hat.

Da es mir wichtig erschien festzustellen, ob wirklich die meisten der auf Bornholm gefundenen versteinerungsreichen Geschiebe aus Gotland stammen, bat ich Herrn G. Lindström in Stockholm, jene für mich zu untersuchen. Derselbe unterzog sich mit grösster Bereitwilligkeit dieser Arbeit. Gotlands Lage und die dort sehr charakteristischen, versteinerungsreichen obersilurischen Schichten bedingen, dass Gotländer Geschiebe vorzügliche Aufschlüsse über die Richtung des baltischen Eisstromes zu liefern im Stande sind.

Das Resultat der Lindström'schen Untersuchungen geht dahin, dass ein Teil der Geschiebe unzweifelhaft von Gotland stammt, dass andere aber eben so gut von der Insel Oesel herrühren können. Einige wenige gehören sicher zum Untersilur, möglicherweise zu den in Estland entwickelten Horizonten. Die beiden letzten Gegenden liegen zwar weit entfernt, aber doch in einer Richtung, welche ziemlich genau mit der Glacial-schrammung in Gotland übereinstimmt (vorzugsweise NO. bis SW.). Auch hierin liegt eine Bestätigung, dass zur

Zeit, als die Schrammen auf dem Bornholmer Granit entstanden, sich die Eismassen in der Richtung NO. bis O. — SW. bis W. fortbewegten.

Von Lindström wurden folgende auf Bornholm gesammelte und von Gotland resp. von Oesel herrührende Versteinerungen und Gesteine bestimmt:

<i>Cheirurus</i> (wahrsch. <i>bimucronatus</i> Murch.) aus dem Mergelschiefer auf Gotland	Kgb.
<i>Phacops Downingiae</i> Murch. (<i>P. breviceps</i> Ang.) aus dem südlichen Teil von Gotland . .	Rkg.
<i>Encrinurus punctatus</i> Wahl. gleicht der bei Djupvik in Eksta häufig vorkommenden Form	Rkg.
<i>Rhynchonella bidentata</i> His. bei Djupvik in Eksta ein gewöhnliches Fossil	Rkg.
<i>Rhynchonella nucula</i> . Obersilur, Gotland (?)	Krb.
<i>Leptocrinus raridigitatus</i> (?) Ang. Eksta, Gotland	Rkg.
<i>Coenites intertextus</i> Gotländer Kalk	Rkg.
<i>Favosites Hisingeri</i> Edw. H. wahrsch. Oestergarn, Gotland	Hammeren.
<i>Favosites Forbesi</i> Edw. H. (kleine Varietät) ähnlich einem Fossil von Follingbo, Gotland	Senebugt.
<i>Cyathophyllum</i> (wahrsch. <i>C. dianthus</i> Lonsd.) ähnlich gotländischen Formen	Rkg.
<i>Pholidophyllum tubulatum</i> Schloth. (<i>Cyath. Loveni</i> Edw. H.), in Gotland gemein	Rkg.
<i>Stromatopora</i> (in Knollenform). Gotland . .	Brödegaard.
<i>Astylospongia praemorsa</i> His. Gotland	Nyker.
— sp. Gotland	Rkg.
Pisolithischer Kalk, im südlichen Gotland Kalkstein, ähnlich dem Crinoidenkalk von Follingbo und Mittel-Gotland	Kbg.
Kalkstein, vollkommen mit dem obersten Gotländer Horizont übereinstimmend . .	Krb.
Ausserdem fanden sich:	
<i>Phacops caudata</i> Wahl. in einem auf Gotland unbekanntem Gestein.	Rkg.

<i>Chonetes striatella</i> Dalm.	. . . . .	Rkg.
<i>Ptilodictya</i>	. . . . .	Kbg.
<i>Halysites catenularia</i> L.	. . . . .	Kbg.
<i>Cyathophyllum articulatum</i> Wahl.	. . . . .	Kbg. ¹⁾

Von Estland können folgende Fossilien stammen:

<i>Orthoceras commune</i> Wahl., auch im Orthoceratitenkalk von Oeland	. . . . .	Hammeren.
— — in weissem Kalk	. . . . .	Kgb.
<i>Remopleurides</i> in Estländischem Kalk (?)	. . . . .	Hammeren.
Korallen, möglicherweise von Estland	. . . . .	Kgb.

Eine zweite Gruppe von Geschieben mit wenigen Versteinerungen gehört der Kreide an; es wurden beobachtet: *Belemnites mucronata* Schloth. in einem Stück Gruskalk aus dem Oles Kirchspiel; *Belemnitella subventricosa* Wahlb.; dasselbe Fossil in einem dichten, unreinen Kalkstein von Teign, zusammen mit *Ostrea diluviana* L.; bei Randklevegaarden ein in Feuerstein erhaltener Schwamm und schliesslich ein Stück Gruskalk von Hammeren. Alle diese Versteinerungen und Gesteine kommen im Gebiet zwischen Christianstad und Carlshamn vor. Ihr Auftreten im Geschiebemergel setzt eine nordsüdliche Bewegung voraus, die allerdings auf Bornholm selbst nicht beobachtet worden ist, wohl aber in dem betreffenden Teil von Schonen und Blekinge.²⁾ Diese Bewegung kann mit dem baltischen Eisströme nicht gleichzeitig stattgefunden haben, da letzterer verhindert haben würde, dass Gesteine aus Schonen sich über Deutschland ausbreiteten.

Der Geschiebemergel im südlichen Teile der Insel unterscheidet sich insofern etwas von dem auf Granit ruhenden, als die von ihm umschlossenen Geschiebe nicht die gleichen sind. Fremde silurische Gesteine sind

¹ Die Versteinerungen von Krogestensbakken (Kgb.) N. Almindingen erhielt ich vom Kammerherrn Amtmann Vedel, diejenigen von Randklevegaarden (Rkg.) von Fräulein Sonne und die von Kurebakken (Krb.) im Östermarie-Kirchspiel vom Lehrer J. A. Jörgensen

²⁾ Vergl. die Karte zu Holmströms Arbeit „Jakttagelser öfver istiden i Södra Sverige.“ 1867.

hier äusserst selten,¹⁾ und das Gleiche gilt auch für die Kreide, obwohl dieselbe auf diesem Teile der Insel — allerdings erst im äussersten Westen — vertreten ist. Hätte die Bewegung von W. nach O. stattgefunden, so müsste man auch cretacische Versteinerungen in grösserer Menge im Mergel eingebettet finden, als es wirklich der Fall ist. Abgesehen von einem kleinen, von der Grödbyaa stammenden Feuersteingeschiebe habe ich nur an einer einzigen Stelle im Geschiebemergel bei Vasagaard drei abgerollte Bruchstücke von Belemniten gefunden, deren eines sicher zu *Belemnitella mucronata* gehört.

Ganz besonders tritt im Geschiebemergel des südlichen Bornholms ein Unterschied in der Geschiebeführung der tieferen und höheren Lagen hervor. Erstere enthalten überall in grosser Zahl scharfkantige Bruchstücke ihrer jeweiligen Unterlage, so dass die Bildung sich dem schwedischen „Krosstensgrus“ nähert. Die oberen Lagen sind dagegen steiniger Geschiebemergel (Rullestensler, „Krosstenslera“), in welchem wie gewöhnlich skandinavische Geschiebe überwiegen. Dieser Unterschied in der Geschiebeführung tritt am deutlichsten auf Orthocerenkalk hervor, welcher im ganzen sonst wegen seiner grösseren Festigkeit und geringen Verbreitung nur selten als Geschiebe auftritt. Am Risebach nun ist dieser prächtig geschrammte Kalkstein an einer Stelle von 12' (4 m) mächtigem Geschiebemergel bedeckt. Im untersten Drittel finden sich viele Fragmente von Orthocerenkalk, im obersten fehlen sie vollständig; hier treten dagegen kantengerundete Graptolithenschiefer auf, welche die Zuführung von Material aus etwas entfernterer Gegend beweisen.

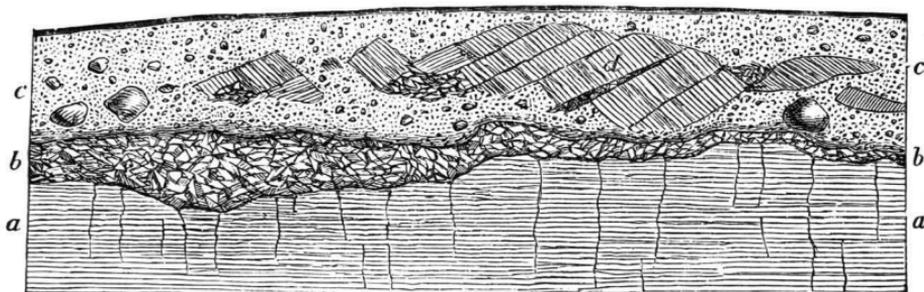
²⁾ Aus diesem Teile Bornholms besitze ich nur zwei Versteinerungen, von denen die eine nach Lindströms Bestimmung eine Cystidee ist, welche weder auf Gotland, noch im Obersilur bekannt ist, aber möglicherweise aus dem Untersilur Estlands stammt. Dieselbe ist bei Soldatergaard gefunden und gehört wahrscheinlich einer neuen Gattung an. Die andere, eine *Strophomena* von der Mündung der Oelea, gehört vielleicht ebenfalls zum Untersilur.

Bedeutende Mengen von scharfkantigen, an ursprünglicher Lagerstätte zermalmtten Fragmenten anstehender Felsarten (Nexösandstein, „grüne Schiefer“ und ganz besonders Graptolithenschiefer) sind an einzelnen Punkten durch das Eis aufgeschleppt worden, jedoch derart, dass sie noch zusammenhängende, viele Fuss mächtige Lagen mit wenigen, vorzugsweise aus Granitgeröllen bestehenden fremden Geschieben bilden. Solche Aufschleppungen von Graptolithenschiefer kommen unmittelbar westlich von der Oeleaa und vom Risebach vor, wohin sie von den etwas weiter östlich anstehenden Massen geführt worden sind; aber in weit grösserer Menge finden sie sich am Riseberg, auf anstehendem Alaunschiefer ruhend. Der ganze obere Teil dieses 47 m hohen Hügels besteht nämlich im wesentlichen aus zermalmttem und verwittertem Graptolithenschiefer mit scharfkantigen Bruchstücken einer kohlschwarzen Gesteinsvarietät, die so kieselsäurereich ist, dass sie als Kieselschiefer bezeichnet werden muss. Letzterer ist bisher nirgends anstehend beobachtet worden und muss daher einer zerstörten Schicht angehören, welche — ebensowie die oben besprochenen Schiefer bei Brødegård an der NO.-Küste der Insel — weiter im Osten vorhanden gewesen ist. An der Laesaa sowohl, als auch am Risebach wird der Alaunschiefer noch von älterem Silur überlagert; aber in der östlichen Partie an der Oeleaa hat die Abhobelung einen so hohen Grad erreicht, dass nicht nur das ganze Silur, sondern selbst die obersten Alaunschiefer teilweise abgetragen sind (vergl. das Profil auf der Karte).

Wie die Ausbreitung der cambrischen und silurischen Gesteine von Ost nach West vor sich gegangen ist, stellt man am besten mit Hülfe der versteinierungsführenden Geschiebe fest (z. B. der Alaun- und Graptolithenschiefer); man kann indessen auch die „grünen Schiefer“ hierzu benutzen, da diese durch ihren petrographischen Habitus ein für Bornholm recht bezeichnendes Gestein darstellen. An der Küste bei Arnager, also westlich von Cambrium

und Silur, kommen auf Grünsandstein Grusmassen vor, in denen zahlreiche Bruchstücke „grüner Schiefer“, Alaun-schiefer, älterer Graptolithenschiefer auftreten. Letztere enthalten genau dieselben Fossilien, wie die entsprechenden östlicheren Bildungen an der Laesaa und am Risebach; auch sind die Bruchstücke stets abgerundet, da sie längerem Transport als die Gesteine an der Oelea und am Risebach ausgesetzt gewesen sind.

Bisher habe ich nur die kleineren Geschiebe von Bornholmer Ursprung betrachtet. Es finden sich jedoch auch verschiedene grössere Blöcké, die beweisen, dass die Kraft, welche die Oberfläche gekritzelt und mitunter sogar zertrümmert hat, sehr bedeutend gewesen ist, mag dieselbe auch nur auf Treibeis zurückzuführen sein. Bei Vasa-gaard, $\frac{1}{2}$ Meile SW. Aakirkeby, lassen sich diese Wirkungen der Eiszeit ausgezeichnet studiren; doch erhält man hier keinen Aufschluss darüber, in welcher Richtung die Bewegung stattgefunden hat.



Der Holzschnitt gibt den mittleren Teil eines Profils wieder, welches 1870, als es aufgenommen wurde, 17' (5 m) hoch und 95' (30 m) lang war, und dessen Oberfläche 123' (39 m) über dem Meere lag.¹⁾ Den untersten Teil (a) bildet ein beinahe horizontal liegender, brauner und weicher *Trinucleus*-Schiefer mit sehr unebener Ober-

¹⁾ Obwohl jährlich eine starke Abtragung behufs Gewinnung von Strassenschotter stattfindet, genügt der Rest doch noch, um das Profil in seinen Hauptzügen wiederzuerkennen.

fläche. Auf diese folgt eine Lage (b) scharfkantiger und zertrümmerter Stücke desselben Gesteins, welche dort am mächtigsten ist, wo die Schiefer am meisten abgetragen sind. Diese Schicht wird von blockreichem Geschiebemergel und -sand bedeckt (c). In denselben findet man zahlreiche, bis zu 5' grosse Granitgeschiebe, und mitten in dem Mergel liegt eine unregelmässig gestaltete, ganz zersplitterte Scholle von Graptolithenschiefer (d) mit *Orbicula Portlocki*, *Diplograptus foliaceus*, *Dicranograptus Clingani*. Dieser Block gehört ganz sicher zu dem Graptolithenschiefer, welcher an der Laesaa zwischen Orthocerenkalk und Trinucleusschiefer liegt. Da aber die Silurformation hier muldenförmig gelagert ist, tritt der Trinucleusschiefer in der Mitte der Mulde auf und wird rings von einem höheren Rande von Graptolithenschiefer umgeben, so dass der mindestens 20' (6 m) lange losgerissene Block auf jüngere Bildungen zu liegen kommen musste.

Die Kraft, welche eine solche Gesteinsmasse losgerissen und fortgeschoben hat, kann nicht gering gewesen sein; auch ist der Block beim Transport vielfach zerspalten und zerbrochen worden. Eine noch weitere Verschleppung würde natürlich seinen vollständigen Zerfall bewirkt haben, wie denn auch schon Teile der Scholle — und das Gleiche gilt auch von anderen Graptolithenschiefern — zu beiden Seiten des Blockes in horizontaler Richtung in den Geschiebemergel gewissermassen hineingepresst sind. Das Geschiebe (d) muss also früher noch bedeutendere Dimensionen besessen haben.

Die im vorhergehenden besprochenen Untersuchungen auf Bornholm gewinnen ein erhöhtes Interesse, wenn man sie mit ähnlichen, an anderen Punkten in Dänemark, besonders auf Seeland ausgeführten vergleicht. Hier mögen nur die Hauptresultate aus der oben citirten Arbeit angeführt werden. Eine grosse Zahl vorzüglicher Schrammen sind in erster Linie auf der Oberfläche des Hügels von Faxø, 3 Meilen (22 km) S. Kjøge in der Nähe der Praestoe

Bucht nachgewiesen, wo der höchste Punkt des Korallenkalks 225' (70 m) über dem Meeresspiegel liegt. Hier trifft man drei Hauptrichtungen der Gletscherschrammen, aus deren Messungen (gegen 200), welche sich über den ganzen Hügel ausdehnen, folgende mittleren Werte gewonnen wurden:

O 58° S.—W 58° N.

O 39° S.—W 39° N.

O 16° S.—W 16° N.

Die zuletzt angeführte Richtung, welche die jüngsten Schrammen zeigen, entspricht dem einen auf Bornholm beobachteten System. Bei Faxø lässt sich auch feststellen, dass die Eisbewegung nicht etwa die entgegengesetzte war, und dies Resultat ist um so wichtiger, als an den im folgenden erwähnten Punkten, wo die Beobachtung nicht auf so ausgedehnter Fläche angestellt werden konnte, einige Unsicherheit in dieser Beziehung herrscht.

Noch in anderer Hinsicht tritt Uebereinstimmung zwischen dem Phänomen auf Bornholm und bei Faxø hervor. In dem 6—20' (2—6 m) mächtigen Geschiebemergel, welcher die geschrammte und oft blank polirte Oberfläche des Korallenkalks bedeckt, findet sich das Gestein der Unterlage — hier Faxøkalk — allein in den unteren Lagen, gerade wie am Risebach in letzteren Orthocerenkalk auftritt.

Da der Faxøkalk nur von zwei einander nahe gelegenen Fundstätten bekannt (Faxø auf Seeland und Annetorp bei Malmø) und im Vergleich mit den übrigen Ablagerungen des Senon und Danien von geringer Ausdehnung ist, kann derselbe selbstverständlich nur selten als Geschiebe gefunden werden. Aber andererseits bedingt gerade diese Beschränkung anstehenden Gesteins auf ein kleines Gebiet, dass die Verbreitung solcher Geschiebe bei der Bestimmung der Transportrichtungen von hervorragender Bedeutung ist.

Abgerollte Stücke von Faxøkalk hat man in Dänemark in anstehenden Glacialbildungen bisher an

folgenden Punkten gefunden (wegen der ausgedehnten Verwertung dieses Kalkes verdienen an der Oberfläche gemachte Funde mit Misstrauen aufgenommen zu werden und sind in Folge dessen hier nicht mit verwertet worden):

Slagelse und Naestved auf Seeland,

Odense und Strib auf Fünen,

Kolding, Aarhus, Grenaa und Viborg in Jütland.

Diese Verbreitung stimmt ganz gut mit den bei Faxø gemessenen Richtungen der Schrammen überein; da jedoch Geschiebe von Faxøkalk ziemlich häufig in Holstein und Lauenburg¹⁾, sowie auch bei Berlin gefunden sind, ist derselbe über ein grösseres Areal verstreut, als man erwarten sollte.

Ferner wurden an drei ungefähr 4 km von Kjøge entfernten Punkten Gletscherschrammen beobachtet:

1) bei Aashøi mit der Richtung SO—NW.

2) bei Svansbjerg mit der gleichen Orientirung, sowie ausserdem einige ältere S—N. (oder N—S.) verlaufend.

An beiden Stellen besteht die geschrammte Unterlage aus Saltholmskalk, welcher 60—65' (20 m) über dem Meere liegt.

3) bei Lellinge, dem nördlichsten der drei Punkte, welcher 45' (14 m) hoch liegt, auf Grünsandkalkstein; hier finden sich allerdings nur auf einer kleinen Fläche (6' lang, 2' breit) ausserordentlich regelmässig verlaufende gröbere und feinere Schrammen mit der Richtung ONO—WSW.³⁾ Der Grünsandstein wird von einer 30' mächtigen Decke von unterem Geschiebemergel überlagert.

Der nördlichste Punkt endlich, wo ich in Dänemark Schrammen angetroffen habe, liegt bei dem Orte Hvissinge, 1½ Meilen (11 km) W. Kopenhagen. Hier wurde vor

¹⁾ C. Gottsche: Die Sedimentärgeschiebe der Provinz Schleswig-Holstein. Yokohama 1883.

²⁾ G. Berendt u. W. Dames: Geognost. Beschreibung der Gegend von Berlin 1880.

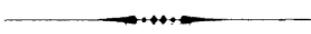
³⁾ Johnstrup, F. Om Grønsandet i Sjaelland. Vidensk. Medd. fra d. Naturf. Foren. i Kjöbenhavn 1876.

drei Jahren eine 46' (14 m) über dem Meeresspiegel liegende Fläche von Saltholmskalk entblösst unter einem 12' mächtigen Geschiebemergel, genau gleich demjenigen an den übrigen genannten Localitäten. Alle Schrammen verlaufen sehr regelmässig in der Richtung SSO—NNW. mit Ausnahme einiger wenigen sehr tiefen und breiten, rinnenförmigen Furchen, welche NO—SW. gerichtet sind.

Man ersieht daraus, dass in diesem Teile von Seeland während der Glacialperiode zwei der Richtung nach verschiedene Eisströme gleichsam mit einander kämpften, von denen der eine etwa aus der Ostsee, der andere aus dem südwestlichen Schonen kam.

Ich würde mich von der mir gestellten Aufgabe zu weit entfernen, wollte ich den Versuch machen, dies Glacialphänomen zu deuten, da es lediglich meine Absicht war, eine Orientirung über die geologischen Verhältnisse von Bornholm zu liefern.

Wenn ich trotzdem diese Fragen hier berührt habe, so geschah es nur, weil ich weiss, dass dieselben für die norddeutschen Geologen von besonderem Interesse sind.



Druckfehler und Berichtigungen.

(Die verhältnismässig grosse Zahl der Fehler erklärt sich dadurch, dass es sich nicht ermöglichen liess, Herrn Prof. Johnstrup eine Correctur zukommen zu lassen und das die Übersetzer des Manuscripts die Arbeit in kürzester Zeit erledigen mussten).

Die Redaction.

Pag.	Zeile.															
2	1 v. u.	30,000 liess 20,000.														
3	5 v. u.	Bobbedal l. Robbedal.														
4	5 v. o.	Halbygaard l. Kalbygaard.														
5	18 v. u.	höire l. höiere.														
6	6 v. o.	176 l. 776.														
7	1 v. o.	regelmässig l. unregelmässig.														
—	3 v. o.	NNO l. NNW.														
8	8 v. u.	NW — SO l. N. bis W — S bis O.														
11	15 v. o.	Fuse l. Fuss.														
—	8 v. u.	azoischen l. archäischen.														
14	10 v. o.	SSO oder SW. l. S, SO oder SW.														
17	1 v. o.	For. l. Tor.														
—	6 v. o.	Linn. l. Linrs.														
18	21 v. o.	regelmässigen l. unregelmässigen.														
—	7—8 v. u.	<table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="3" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding: 0 10px;">Agnostus nudus</td> <td style="padding: 0 10px;">Beyr. var.</td> <td rowspan="3" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding: 0 10px;">l. Agnostus nu-</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">—</td> <td style="padding: 0 10px;">scanicus</td> <td style="padding: 0 10px;">Tullb.</td> <td style="padding: 0 10px;">dus Beyr. var.</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="padding: 0 10px;">scanicus</td> <td style="padding: 0 10px;">Tullb.</td> </tr> </table>	{	Agnostus nudus	Beyr. var.	{	l. Agnostus nu-	—	scanicus	Tullb.	dus Beyr. var.				scanicus	Tullb.
{	Agnostus nudus	Beyr. var.		{	l. Agnostus nu-											
	—	scanicus			Tullb.		dus Beyr. var.									
					scanicus	Tullb.										
19	12 v. o.	Tessini l. Davidis.														
20	3 v. o.	suevicus l. suecicus.														
—	11 v. o.	ined. l. indet.														
21	3 v. u.	1885 l. 1858.														
22	13 v. u.	Hall l. Holl.														
24	19 v. o.	obersten l. untersten.														
26	1 v. u.	79 l. 19.														
27	14 v. u.	Ren. l. Rouault.														

Pag.	Zeile.	
29	18 v. o.	Sedimente l. jüngeren Sedimente.
30	18 v. o.	OSO l. ONO.
—	14 v. u.	mehrere überhängende l. stark einfallende.
31	2 v. u.	Linrs l. Lin.
—	1 v. u.	pusillus l. putillus.
32	1 v. u.	Letztere l. Sie.
33	3 v. o.	grauen l. grünen.
34	1 v. u.	hier l. im Hafen von Hasle.
35	9 v. o.	Sie sind . . . zerstückelt; doch l. und sind hier verworfen und zerstückelt. Doch etc.
—	13 v. o.	60 l. 16.
—	18 v. o.	10—19 l. 18—19 SO.
—	6 v. u.	östlichen Teilen l. östlicheren Flötzen.
36	16 v. u.	O 25° S l. 25° O bis S.
—	8 v. u.	und l. von.
39	6 v. o.	Piet l. Piet.
45	4 v. u.	Blykobbeaa l. Blykobbeaa bei Risholm.
51	19 v. o.	S—N l. N—S.
53	19 v. o.	höher l. etwas höher.
63	5 v. u.	besonders l. nämlich.
65	11 v. o.	Berlin l. Berlin ²).



Die Richtungen der Glacial-Schrammen
auf
BORNHOLM.

Niveaukurven im Vertikalabstand
von 100 zu 100 Fuss.

Granit - Grenze.

