

Danmarks Geologiske Undersøgelse.

II. Række. Nr. 62.

---

Die Gesteine  
des Unterkambriums von Bornholm

nebst

einigen Bemerkungen über die tektonischen  
Verhältnisse von Bornholm

von

Kaj Hansen

Mit 8 Tafeln und einer Karte

I Kommission hos  
C. A. Reitzels Forlag  
København  
1936.

Pris: 6 Kr.

Danmarks Geologiske Undersøgelse.

II. Række. Nr. 62.

---

---

Die Gesteine  
des Unterkambriums von Bornholm

nebst

einigen Bemerkungen über die tektonischen  
Verhältnisse von Bornholm

von

Kaj Hansen

Mit 8 Tafeln und einer Karte

I Kommission hos  
C. A. Reitzels Forlag  
København  
1936.



## Vorwort.

Die vorliegende Arbeit ist in erster Linie auf Geländearbeiten in den Jahren 1933, 1934 und 1935 aufgebaut. Von dem hierdurch zusammengetragenen Material wurden 350 Dünnschliffe hergestellt, die der näheren Untersuchung der Proben dienten. Diese Untersuchungen wurden im Mineralogischen Museum der Universität Kopenhagen vorgenommen, und ich bin Fräulein Dr. phil. KAREN CALLISEN, Inspektor am Mineralogisk Museum, zu großem Dank verpflichtet für die Bereitwilligkeit, mit der sie den erforderlichen Arbeitsplatz zu meiner Verfügung gestellt hat.

An älteren Untersuchungen habe ich außer dem, was in veröffentlichter Form vorliegt, die Tagebücher durchsehen können, welche GRÖNWALL bei der geologischen Kartierung von Bornholm geführt hat, sowie eine Reihe von Aufzeichnungen, welche sich in JOHNSTRUPS nachgelassenen Papieren fanden. Besonders GRÖNWALLS Tagebücher enthielten ein überaus reichhaltiges und wertvolles Material, da GRÖNWALL nicht nur sämtliche Aufschlüsse untersucht hat, sondern sich auch mit großer Sorgfalt über die Verhältnisse in Brunnen, Abfallgruben und ähnlichen Aushebungen Aufklärung zu verschaffen wußte. Diese Mitteilungen erwiesen sich als sehr bedeutungsvoll für die genaue Festlegung der Grenzen der verschiedenen Formationsunterabteilungen und in vielen Fällen auch für die Deutung der tektonischen Verhältnisse. Wenn im folgenden GRÖNWALL und JOHNSTRUP ohne weiteren Literaturhinweis zitiert werden, so stammen solche Mitteilungen aus diesen Archivstücken. Die Hinweise auf NATHORST beziehen sich ebenfalls auf eine Anzahl von Notizen, welche im Archiv des Mineralogisk Museum aufbewahrt werden. Weiterhin sind sämtliche Proben von Nexö-Sandstein und Grünen Schiefeln untersucht worden, welche sich in den Sammlungen des Mineralogisk Museum und der Danmarks Geologiske Undersøgelse vorfinden. Herrn Dr. phil. VICTOR MADSEN, Direktor der Danmarks Geologiske Undersøgelse, sowie Herrn Museumsinspektør J. P. J. RAVN schulde ich großen Dank für die Erlaubnis diese Sammlungen und Archive benutzen zu dürfen.

Auch Herrn Dr. phil. CHRISTIAN POULSEN, Mineralogisk Museum, gilt mein Dank für eine Reihe von Mitteilungen über Beobachtungen

an den Grünen Schiefeln, sowie für manchen guten Rat und viel Entgegenkommen.

Die im Text angewandten Abkürzungen »Slvg.« und »Vdg.« bedeuten »Selvejergaard« bzw. »Vornedgaard«. Es sind dies alte Ausdrücke, von denen der erste einen freien Bauernhof, der zweite einen unfreien Bauernhof bedeutet. Auf der Karte sind diese Höfe durch »S.« bzw. »V.« abgekürzt und nummeriert. Diese Nummerierung ist wegen des häufigen Vorkommens vieler Namen sehr angebracht.

Dem Abschnitt über die Geschichte des Frederiks-Steinbruchs liegt eine Anzahl von Zeitungsartikeln des verstorbenen Journalisten KURT PETERSEN zu Grunde, welche mir freundlichst von Fräulein INGEBORG PETERSEN in Nexö zur Verfügung gestellt wurden. Fräulein PETERSEN hat mir weiterhin die Photographie leihweise zur Verfügung gestellt, die hier in Fig. 26 abgebildet worden ist. Auch Herrn Steinbruchsverwalter V. LUND und Herrn Vorsteher A. JENSEN in Nexö sowie Herrn Direktor P. M. NIELSEN in Rønne und Herrn PETER THORSEN in Pedersker bin ich für verschiedene Mitteilungen und für freundliches Entgegenkommen während meiner Aufenthalte auf Bornholm zu Dank verpflichtet.

Die Übersetzung ins Deutsche hat Herr Dr. CURT TEICHERT vorgenommen.

Herr Assistent CHRISTIAN HALKIER hat mir äußerst wertvolle Hilfe bei der Herstellung der Photographien für Textfiguren und Tafeln geleistet.

Desweiteren möchte ich CARLSEN LANGE's Legatfond meinen herzlichsten Dank für einen Zuschuß zu den Druckkosten dieser Arbeit zum Ausdruck bringen.

Schließlich wünsche ich besonders an dieser Stelle dem Direktor von Danmarks Geologiske Undersøgelse, Herrn Dr. phil. VICTOR MADSEN meinen herzlichsten Dank dafür zum Ausdruck zu bringen, daß er diese Arbeit in die Veröffentlichungen seiner Institution aufgenommen hat, und daß er meinen Untersuchungen auch in anderer Weise sein Interesse und sein Wohlwollen hat zuteil werden lassen.

Kopenhagen, März 1936.

KAJ HANSEN.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung.....	7
1. Einige ausgewählte Gesteinstypen.....	9
A. Nexø-Sandstein.....	9
B. Die Grünen Schiefer.....	19
C. Rispebjerg-Sandstein.....	25
2. Lokalitätsbeschreibung.....	27
I. Das Gebiet westlich der Lilleaa.....	27
a. Westlicher Teil des Blemmelyng.....	27
b. Das Gebiet zwischen Uglegade und Lobbæk.....	28
c. Die Gegend von Vellengsby.....	31
d. Die Gegend zwischen Vellengsby und Lilleaa.....	33
II. Lilleaa.....	35
III. Das Gebiet zwischen Lilleaa und Læsaa.....	40
IV. Læsaa.....	45
V. Das Gebiet zwischen Læsaa und Grødby-Aa.....	58
VI. Grødby-Aa.....	69
VII. Das Gebiet zwischen Grødby-Aa und Øleaa.....	74
VIII. Øleaa.....	77
IX. Das Gebiet östlich der Linie Døvredal—Øleaa.....	83
3. Entstehung und Ablagerungsverhältnisse des Nexø-Sandsteins und der Grünen Schiefer.....	107
A. Nexø-Sandstein.....	107
I. Das Gebiet östlich der Linie Døvredal-Øleaa.....	109
II. Das Gebiet zwischen Øleaa und Grødby-Aa.....	118
III. Das Gebiet zwischen Grødby-Aa und Læsaa.....	118
IV. Das Gebiet westlich der Læsaa.....	128
B. Die Grünen Schiefer.....	130
4. Die tektonischen Verhältnisse des Unterkambriums von Bornholm.....	136
I. Das Gebiet östlich der Grødby-Aa.....	137
II. Das Gebiet zwischen Grødby-Aa und Læsaa.....	148
III. Das Gebiet westlich der Læsaa.....	157
5. Die praktische Verwendung der Gesteine.....	163
Zusammenfassung.....	169
Literaturverzeichnis.....	171
Résumé.....	173

## Einleitung.

In der älteren Literatur ist das Unterkambrium Bornholms nur in mehr oder weniger ausführlichen Übersichten behandelt worden (14, 15, 16, 23, 28, 37, 38, 48, 49). Diese stimmen beinahe alle in der Anschauung überein, daß der unterste Teil des Nexö-Sandsteins konglomeratisch ausgebildet ist und eine Flachwasserbildung darstellt, während der Rest der Serie mit dem Fortschreiten der kambrischen Transgression in zunehmend tieferem Wasser abgelagert wurde.

Der Nexö-Sandstein wird nach äußerlichen Gesichtspunkten in eine untere, eine mittlere und eine obere Abteilung gegliedert, je nach dem größeren oder geringeren Abstand des Vorkommens vom Granit. Die Grünen Schiefer dagegen sind, mit Ausnahme des allerobersten Teiles, des Rispebjerg-Sandsteins, immer als eine Einheit behandelt worden. Die einzige Spezialarbeit über das untere Kambrium von Bornholm, die bis heute vorliegt, ist diejenige von STEHMANN aus dem Jahre 1934 (40). Indessen stehen die Angaben in dieser Arbeit in bedauerlichem Widerspruch zu den wirklichen Verhältnissen, worauf z. T. schon früher aufmerksam gemacht worden ist (17), und was auch aus der vorliegenden Arbeit hervorgehen wird.

Auch bei STEHMANN ist die Einteilung der Schichtserie vorgenommen auf Grund des größeren oder geringeren Abstandes der einzelnen Vorkommen vom Granit. In einem Gebiet, das, wie Bornholm, von Verwerfungen durchsetzt ist, ist diese Methode aber sehr gefährlich und hat auch verschiedentlich zu Irrtümern geführt.

Bei der hier vorliegenden Untersuchung ist daher eine andere Arbeitsmethode angewandt worden, indem eine Reihe petrographischer Typen ausgewählt wurde, die makroskopisch charakteristisch und leicht voneinander zu unterscheiden sind. Daraufhin wurde das Sandsteingebiet in geeignete Abschnitte aufgeteilt, innerhalb deren die Schichtserie aus diesen Typen aufgebaut ist. Damit wird folgendes erreicht: 1) Gleichartige Gesteine von verschiedenen Lokalitäten erhalten dieselbe Bezeichnung. 2) Die Altersbestimmung wird nicht vorweggenommen. 3) Die Unterschiede im Aufbau der Schichtserie innerhalb der verschiedenen Abschnitte kommen voll zum Ausdruck, und schließlich

bekommt man einen ganz anderen Überblick über die Verbreitung und die gegenseitigen Lagerungsverhältnisse der einzelnen Typen.

Die petrographischen Typen sind fortlaufend nummeriert, so daß die Typen I—VII dem Nexö-Sandstein, die Typen VIII—XII den Grünen Schiefen und schließlich die Typen XIII und XIV dem Rispebjerg-Sandstein angehören.

Diese petrographischen Typen umfassen zusammen nicht die ganze Schichtserie, da sich besonders im Nexö-Sandstein eine Reihe von Gesteinen findet, welche Übergangsformen zwischen den verschiedenen Typen darstellen. Solche Abweichungen werden daher ausführlich bei der Beschreibung der betreffenden Lokalitäten besprochen werden.

Auf diese Weise sollte es möglich sein, einen ausreichenden Überblick über den Wechsel der Schichtserien innerhalb verschiedener Gebiete zu erhalten und Schlüsse ziehen zu können über die gegenseitigen Altersbeziehungen der einzelnen Vorkommen, ihre Entstehung und über die Prozesse, denen sie ihre heutige Beschaffenheit verdanken.

---

## I. Kapitel.

# Einige ausgewählte Gesteinstypen.

## A. Nexø-Sandstein.

### Type I.

Dunkelrote Arkose, hauptsächlich aus Quarz  
und Feldspat bestehend.

Der Quarz ist in sich selbst klar und farblos, und nur ausnahmsweise trifft man Körner mit undulöser Auslöschung. Einschlüsse im Quarz sind recht häufig, unter diesen Feldspat der häufigste. Auf der Oberfläche der Quarzkörner und in Ritzen und Spalten auf ihnen findet sich stets ein Pigment aus dunkelrotem Ferrioxyd-Staub, der den Körnern einen dunkelrötlichen Schimmer gibt. Die Form ist immer unregelmässig. Sie kann scharfkantig sein mit hervortretenden Spitzen, ist jedoch am häufigsten kantenrund mit einer Kontur, die sich in den Dünnschliffen als zipfelig und lappig, etwas kantengeschliffen, jedoch äußerst selten als richtig abgerollt erweist. Korngrößen von mehr als 1 mm Durchmesser sind selten außerhalb der dünnen Konglomeratschichten. Von 1 mm abwärts sind jedoch alle möglichen Korngrößen repräsentiert.

Feldspat kommt in recht bedeutender Menge vor (ca. 20% der gesamten Kornanzahl). Sowohl Mikroklin wie Plagioklas sind reichlich vertreten, in einem Mengenverhältnis, das von Ort zu Ort etwas variieren kann. Makroskopisch treten die Feldspatkörner in der Regel sehr wenig hervor; in den meisten Proben sind sie selbst mit der Lupe schwer zu sehen. Nur in einigen Proben der gröberen Schichten kann man einige größere Feldspatkörner oder -streifen sehen, die sich mit ihrer meist hellen fleischroten Farbe aus dem sonst dunkelroten oder violetten Gestein hervorheben. Die Feldspatkörner sind immer kantig, ohne nennenswerte Spuren von Abrundung. U. d. M. erweisen sie sich beinahe immer als frisch; man kann jedoch auch Körner finden, die stark gesprungen sind, und deren Sprünge und Spalten alle mit einer stark doppeltbrechenden, anscheinend serizitischen Substanz gefüllt sind (Taf. I, Fig. 3). Eine genauere Bestimmung der Zusammensetzung der verschiedenen Feldspäte kann nicht vorgenommen werden, da die Körner entweder ganz klein sind oder auch an den Schliffflächen von einem

undurchsichtigen Überzug von Verwitterungsprodukten bedeckt sind.

Glimmer kommt sowohl in Form von Biotit als auch von kleinen Muskovitschuppen vor. Der Biotit ist in beinahe allen Proben stark umgewandelt. In den Dünnschliffen erscheint er stark ausgebleicht und von fibröser, fächerförmiger Struktur, meistens jedoch noch etwas pleochroitisch. Die Menge des noch erkennbaren Biotits variiert stark von Ort zu Ort. Am größten ist er im westlichen Teil des Sandsteingebietes, wo man besonders auf dem Blemmelyng (Lok. 1) zentimeterlange Plättchen von beinahe frischem Biotit finden kann.

Der Muskovit kommt in diesem Gesteinstypus in Form von kleinen Schuppen vor, die besonders auf den Bankungsflächen außerordentlich häufig sein können.

Die Korngröße in Type I ist, wie schon oben erwähnt, außerordentlich uneinheitlich. Die Hauptmenge der Körner hat eine Größe, die alle Ausmaße von einem Millimeter abwärts bis zum allerfeinsten Staub umfaßt, ohne jede Spur von Sortierung. An einzelnen Stellen kann man jedoch dünne Konglomeratschichten oder vereinzelt Körner finden von einer Größe, die durchschnittlich um 2 bis 5 mm herum liegt, jedoch bis zu 1 cm betragen kann. Solche Körner bestehen entweder aus einem größeren Individuum von Quarz oder Feldspat oder auch aus kleinen Granitbruchstücken (Taf. I, Fig. 1 und 2). Die Dicke dieser Konglomeratschichten übersteigt selten 5 cm.

Außer diesen gröberen Schichten kann man auch zuweilen dünne, sehr feinkörnige Partien antreffen. In einigen Fällen scheint die Korngröße in diesen mehr einheitlich feinkörnig zu sein, aber in anderen Fällen fehlen nur die groben Bestandteile des Gesteins. Dagegen unterscheiden sich diese Schichten immer dadurch von dem normalen Typus, daß sie sich in dünne Blätter aufspalten, woraufhin diese Variation am ehesten als Sandsteinschiefer zu bezeichnen wäre.

Bindemittel und Matrix variieren etwas an den verschiedenen Stellen. Meistens liegen die Mineralkörner in einer rotbraunen oder rotvioletten Grundmasse von sehr gemischter Zusammensetzung, in welcher rote Ferrioxycide eine dominierende Rolle spielen, und deren Konsistenz in den verschiedenen Proben etwas verschieden ist. Meistens ist sie erdartig oder pulverig, kann jedoch auch mehr tonigen Charakter zeigen und hat in diesem Falle einen ziemlich bedeutenden Glimmergehalt. In den Proben, wo die Mineralkörner zahlreicher sind, besteht das Bindemittel aus Kieselsäure, indem die Quarzkörner an ihren Berührungstellen miteinander verwachsen sind. In den Poren findet sich außer der roten Masse noch etwas aggregatpolarisierter Quarz.

Die Farbe variiert von Ort zu Ort und ist von der Menge der roten Matrix abhängig. Wo diese in solcher Menge vorhanden ist, daß sie die Mineralkörner ganz verbirgt, ist die Farbe rotbraun oder rotviolett.

Wo jedoch die Mineralkörner über die rote Masse dominieren, wird die Farbe mehr grau mit rötlichem Ton.

Dies Gestein wird zum ersten Male von PINGEL (34) erwähnt, der einige Proben vom Dyndgab auf dem Blemmelyng (entspricht etwa Lok. 3) folgendermaßen beschreibt: »Es ist ein vollkommener Porphyrsandstein von dunkelroter Farbe und mit deutlichen, gelblichen oder rötlichen Feldspatrechtecken. In neuester Zeit hat man es für notwendig angesehen, diese vorher wenig bekannte Modifikation des Sandsteins als eine eigene Gesteinsart aufzustellen und Arkose zu nennen«. (Übersetzung aus dem Dänischen).

Diese Beschreibung charakterisiert dies Gestein eigentlich außerordentlich gut. Es wurde aber inzwischen später mit anderen Typen zu dem zusammengefaßt, was in der Literatur die Basisschicht des Nexö-Sandsteins genannt wird. GRÖNWALL bezeichnet diese als konglomeratisch oder brekzienartig (16), was ganz unberechtigt ist. Die Durchschnittskorngröße liegt durchweg unter den 2 mm, die die obere Grenze für die Bezeichnung Sand bilden.

STEHMANN'S Bezeichnung »Grundkonglomerat« für diese Type ist gänzlich irreführend (40). Diese Bezeichnung vermittelt den Eindruck, als ob die Serie durch die ganzen sieben Meter, die STEHMANN irrümlicherweise als ihre Mächtigkeit angibt, aus Konglomerat bestände und das ist unrichtig. GRÖNWALL spricht nur von konglomeratischen Teilen der Basisschicht. Das Gestein sollte zutreffender als rote Arkose bezeichnet werden, welche ganz dünne untergeordnete Konglomeratschichten besitzt.

## Type II.

Helle, graue, schwach rötliche Arkose.

Die Quarzkörner sind in sich klar und farblos und zeigen im übrigen dieselben Verhältnisse, wie sie bei Type I besprochen sind. Bei der Mehrzahl der Körner ist die Oberfläche mit einem rotem Pigment von Ferrioxyd versehen, während es den anderen fehlt; die Form ist immer kantig oder kantenrund, mit unregelmäßiger Kontur. Hervorstehende Spitzen kommen selten vor, dagegen zeigen mehrere der Körner in den Dünnschliffen spitze Winkel und gerade Kanten (Taf. I, Fig. 4). Die Körner zeigen demnach nur geringe Spuren von Abschleifung. Die Korngröße ist etwas uneinheitlich. Körner, die größer sind als 1 mm, sind äußerst selten. Die Hauptmenge der Körner hat eine Größe von 0,5 mm und abwärts.

Der Feldspat kommt überwiegend in Gestalt kleiner Körner vor, die man kaum mit bloßem Augen unterscheiden kann. Im Dünnschliff zeigen sich die Feldspatkörner ziemlich frisch und kantig. Sie sind oft von länglicher Form, und die Zwillingslammellen liegen quer zur Längs-

richtung. Die verhältnismäßig wenigen größeren Feldspatkörner sind dagegen in den Kanten oft etwas ausgefranst und von Rissen und Sprüngen durchsetzt (Taf. I, Fig. 6).

Glimmer findet sich in kleinen Schuppen, die beinahe ganz ausgeblühen, jedoch zuweilen noch pleochroitisch sind. Diese Glimmerschuppen sind besonders zahlreich auf den Bankungsflächen.

Die Zwischenräume zwischen den Mineralkörnern sind mit einem weißen Pulver angefüllt; oft in solcher Menge, daß es die Körner ganz verbirgt, so daß das Gestein vollkommen weiß und anscheinend ganz feinkörnig wird. Im Dünnschliff zeigt diese Masse sich als eine klare, gelbliche, etwas krümelige Substanz mit einem etwas größeren Lichtbrechungskoeffizienten als dem des Quarzes und mit einer ganz beträchtlichen Doppelbrechung. Dieses weiße Pulver ist bisher schlecht und recht Kaolin genannt worden, ist aber sicher von etwas komplizierterer Zusammensetzung. Die oben genannten Eigenschaften deuten am ehesten auf Glimmermineralien hin, genauer bestimmt Serizit. Ein Feldspatkorn, wie man es auf Taf. I, Fig. 6 sieht, würde man gewöhnlich als serizitisiert bezeichnen. In kleinen Poren zwischen den Quarzkörnern erweist sich die Doppelbrechung als nahezu die gleiche wie die des Quarzes, und hier muß man annehmen, daß man einen aggregatpolarisierten Quarz vor sich hat, der sekundär bei der Verfestigung des Gesteins ausgeschieden wurde. Verrührt man schließlich einen Teil des Pulvers in Wasser und legt es unter das Mikroskop, so sieht man außer einer Menge kleiner Quarzstücke und Feldspatkörner noch einige Klümpchen einer halb durchsichtigen Substanz, die nach Aussehen und optischem Verhalten ganz denen gleicht, die man in Präparaten ausgeschlammten Kaolins aus den Kaolinlagern bei Rönne findet. Desweiteren sieht man einzelne feine Serizitnadeln. Hiernach muß man annehmen, daß dies weiße Pulver in den Poren zwischen den Mineralkörnern der Arkose eine Mischung verschiedener Stoffe ist, die hauptsächlich durch Verwitterung des Feldspates entstanden ist, und daß sie u. a. sowohl Kaolin, Serizit, aggregatpolarisierten Quarz, als auch möglicherweise verschiedene kolloidale Verbindungen enthält. Es ist daher nicht angebracht, sie schlechtweg Kaolin zu nennen, wie das bisher geschehen ist. Da sie recht bedeutende Mengen von Kieselsäure enthält, wäre es wohl natürlicher, HARRASSOWITZ' Bezeichnung Siallit anzuwenden (18), die einen besseren und mehr neutralen Ausdruck für die zusammengesetzte Natur dieser Substanz gibt.

Das Bindemittel in der Arkose ist nur teilweise dieses weiße siallitische Pulver, überwiegend jedoch Kieselsäure, die entweder als Zuwachs zu den ursprünglichen Quarzkörnern ausgeschieden worden ist — mit derselben optischen Orientierung wie diese —, teils als aggregatpolarisierter Quarz in den Poren zwischen den Quarzkörnern. Das nicht

der Siallit das Hauptbindemittel ist, wie in der bisherigen Literatur angegeben, geht daraus hervor, daß selbst nach seiner Entfernung das Gestein doch seine Festigkeit behält, da die Körner hauptsächlich von der Kieselsäure zusammengehalten werden.

Die Type II steht am nächsten dem, was GRÖNWALL als den mittleren Teil des Nexö-Sandsteins bezeichnet und entspricht auch einem Teil von STEHMANNS grobkörnigem Nexö-Sandstein. Dieser letzte Begriff ist jedoch sehr unglücklich gewählt, da diese Serie aus mindestens 3 verschiedenen, wohlabgegrenzten petrographischen Typen besteht, wovon drei innerhalb desselben Gebietes vorkommen, nämlich Type I (auf dem Slamrebjerg), Type II (im Frederiks Steinbruch), und schließlich Type V (Gingham-Stein). Von diesen ist weiterhin Type I identisch mit STEHMANNS Grundkonglomerat. Die verschiedenen Horizonte greifen also bei STEHMANN ineinander über, wodurch natürlich die Verwirrung noch vergrößert wird. STEHMANNS Beschreibung des grobkörnigen Nexö-Sandsteins paßt im übrigen am besten auf Type I, und es zeigt sich denn auch, daß STEHMANN selbst keinen Unterschied zwischen diesen beiden Horizonten seiner Gliederung sehen kann, sodaß diese eher irreleitend als eigentlich anleitend ist. Dasselbe gilt von der Bezeichnung grobkörnig, da diese Typen in jedem Falle eher noch feinkörniger sind als die, die er selbst feinkörnigen Nexö-Sandstein nennt. Eine Einteilung nach der Korngröße ist im übrigen ganz unmöglich, da diese sowohl vertikal wie horizontal stark schwankt. STEHMANNS Begriff »grobkörniger Nexö-Sandstein« sollte daher, aufgegeben werden, und es sollten die ausgezeichnet unterscheidbaren petrographischen Typen an seine Stelle treten.

### Type III.

Weißer, schwach gelbliche Arkose.

Der Quarz ist fast immer klar und durchsichtig und ohne Spur einer Rotfärbung. Die Körner sind kantig oder rundkantig und zeigen im Dünnschliff unregelmäßige zackige und gelappte Konturen mit einspringenden Winkeln nach fortgewitterten Nachbarkörnern. Die Korngrößen sind sehr uneinheitlich.

Feldspat kommt beinahe ebenso häufig vor, wie in Type I und II. Die kleineren Körner sind oft recht frisch, die größeren dagegen immer stark verwittert und oft ganz weiß. In den Dünnschliffen sieht man, daß sie von Spalten durchsetzt sind und oft von einer grauen, etwas undurchsichtigen Substanz verdeckt werden. Die Form ist in der Regel langgestreckt und etwas abgerundet.

Glimmer findet sich in kleinen Schuppen, meist jedoch ziemlich spärlich. Das Gestein ist gelegentlich ganz locker, so daß man es mit

den Fingern zerbröckeln kann, es kann aber auch ganz außerordentlich hart und kompakt sein. In den loserer Partien liegen die Körner in einer Matrix, die aus ganz feinem Quarzpulver, sowie aus einer weißlichen oder gelblichen siallitischen Substanz besteht. In den harten und kompakten Partien findet sich nur wenig von dieser siallitischen Substanz. Das Bindemittel ist hier Kieselsäure, entweder als sekundärer Zuwachs an den ursprünglichen Körnern abgesondert, oder in Poren und Hohlräumen in Form von sekundärer, authigener kolloidaler Kieselsäure und neugebildetem Quarz ausgeschieden. Diese letzte Form besteht aus größeren oder kleineren Grüppchen mit undulöser Auslöschung und gezackten Rändern und mit Überdeckungsinterferenzen gleicher Art, wie sie STORZ als Einkieselungsphänomene geschildert hat (24, 39). (Taf. II, Fig. 3 und 5.) In vielen Fällen sieht man, wie die Risse und Spalten in den verwitterten Feldspatkörnern anstatt mit siallitischer Substanz, wie in Typus II, mit Kieselsäure gefüllt sind. Man kann in diesen Dünnschliffen alle Stadien finden von fast ganz frischem Feldspat, wo diese Verkieselung gerade begonnen hat, bis zum Schlußstadium, wo der Feldspat beinahe ganz verschwunden ist, und nur noch kleine Stückchen in einer Kieselsäuremasse liegen, die oft einen außerordentlich komplizierten Bau zeigt. Diese Masse erinnert etwas an einen erstarrten Gelee, in dem kleine auskristallisierte Partikel liegen. Fibröse Struktur, wie sie bei Chalzedon und Quarzin gefunden wird, wurde nicht beobachtet.

Als Folge dieser mehr oder minder fortgeschrittenen Verkieselung wird man alle möglichen Übergangsformen zwischen der ausgeprägten, lockeren Arkose der Type III bis zu den Quarziten der Type VI finden, und zwar in der Weise, daß es in vielen Fällen etwas schwierig ist, zu entscheiden, ob eine Probe der einen oder der anderen Type zuzuordnen ist.

Die Korngröße kann bedeutend variieren, jedoch in der Art, daß an beinahe allen Stellen mindestens 75% der Körner kleiner sind als 0,5 mm. Die Sortierung ist sehr schlecht und kann ganz fehlen. Das Gestein ist oft konglomeratisch und kann dann Quarzitbruchstücke von 3—5 cm Größe enthalten. Während die Quarzkörner in dem sandigen Teil des Gesteins immer klar und farblos sind, sind diese quarzitischen Bruchstücke in den Konglomeraten meistens rötlich, grau, oder beinahe ganz schwarz. Im Dünnschliff zeigen diese Bruchstücke einen etwas verschiedenen Bau. Einige bestehen aus einem einzigen Quarzindividuum, andere zeigen die Struktur eines ausgeprägt metamorphen Quarzits<sup>1)</sup> von derselben Art, wie er auf Taf. III, Fig. 5 zu sehen ist.

<sup>1)</sup> Unter metamorphem Quarzit wird hier ein stark gepresster und umgewandelter Quarzit verstanden, der aus dem Grundgebirge stammt, im Gegensatz zu einem Sedimentquarzit, der hier als quarzitischer Sandstein bezeichnet wird.

Andere wiederum weisen einen noch seltsameren Bau auf, wie z. B. das auf Taf. II, Fig. 6 abgebildete Stück. Dieses besteht aus einem großen Quarzkorn mit undulöser Auslöschung. An dieses Korn angrenzend liegt ein ganzer Wirrwarr von kleinen Quarzindividuen, die alle undulöse Auslöschung zeigen. Diese bewegt sich wie eine Welle über das ganze Feld, das sich also in diesem Falle wie eine Einheit verhält.

Zuweilen liegen diese Konglomerate in ausgeprägten Schichten (Lok. 89, 90 u. 107), in anderen Fällen jedoch sind die großen Bruchstücke gleichmäßig in einer sandigen Grundmasse verteilt (Lok. 91).

Die Farbe des Gesteins ist, abgesehen von den Quarzitbruchstücken, rein weiß oder schwach gelblich, und es fehlt gänzlich jede Spur von Rotfärbung oder Eisenoxyden.

#### Type IV.

Grobe, blaugraue Arkose.

Die Gesteinsart besteht ausschließlich aus Quarz und Feldspat.

Die Quarzkörner sind unregelmäßig, kantig oder kantenrund. Die Farbe kann etwas verschieden sein. Ein Teil von ihnen ist klar und farblos, während andere grau oder schwarz gefärbt sind durch das Vorhandensein eines dunklen Pigments sowohl auf der Oberfläche als auch in deren Spalten und Ritzen. Andere wiederum sind bläulich, ein Farbton, der nicht an die Oberfläche gebunden ist, sondern dem ganzen Korn eigen ist.

Der Feldspatgehalt kann recht bedeutend sein. Die Körner sind meist kantig, und besonders die großen sind stark verwittert. Sie sind immer vollkommen weiß. Ihr weißes, siallitisches Verwitterungsprodukt bildet unregelmäßige, weiße Schlieren in dem sonst dunklen Gestein. Ein lockeres, weißes, siallitisches Pulver, das wie in Type II und gewissen Teilen von Type III gleichmäßig im ganzen Gestein verteilt ist, findet sich in Type IV nicht.

Glimmer kann zuweilen als papierdünner Belag auf einzelnen Schichtenflächen vorkommen.

Das Bindemittel besteht aus Kieselsäure, das meist als sekundäre, authigene, kolloidale Kieselsäure auftritt, ausgefällt in Hohlräumen nach verwitterten Feldspatkörnern. Die Verkieselung scheint hier noch kräftiger zu sein als in Type III (Taf. III, Fig. 1).

Die Korngröße ist etwas uneinheitlich, die Sortierung ist jedoch etwas besser als in den Typen II und III, indem das ganz feine Material mit Körnern kleiner als 0.05 mm beinahe ganz fehlt. Die Hauptmenge der Körner hat Größen von 0.1—1 mm. Hierzu kommen noch einige konglomeratische Schichten mit Quarzitbruchstücken von Größen bis zu 3 cm. Diese Bruchstücke sind oft rötlich, schwarz oder grau.

Im Dünnschliff zeigen sie zuweilen sehr komplizierten Bau. Einige (Taf. III, Fig. 6) erweisen sich als Bruchstücke eines Quarzits, den man für einen Sandsteinquarzit anzusehen geneigt ist. Andere haben einen ähnlichen Bau, die Körner sind hier aber so groß und zeigen gelegentlich eine parallele Anordnung, daß es beinahe den Anschein hat, als ob es sich um metamorphen Quarzit handelt (Taf. III, Fig. 5). Noch andere wiederum bestehen aus einem großen Quarzindividuum, durchsetzt von einer Zone ganz feiner Quarzkörner (Taf. III, Fig. 2). Diese scheinen auch von einem metamorphen Gestein herzurühren. Schließlich findet man einige Körner, wie dasjenige, das auf Taf. III, Fig. 3 und 4 abgebildet ist. Dies ist zusammengesetzt aus einer Anzahl von größeren Quarzkörnern mit unregelmäßiger Kontur und einspringenden Winkeln nach fortgewitterten Nachbarkörnern. Diese Einbuchtungen und Zwischenräume zwischen den Körnern sind nun mit sekundärer, authigener Kieselsäure ausgefüllt. Derartige Körner entsprechen dem, was STORZ (39) Reliktquarz nennt und müssen sicher als Bruchstücke einer intern verwitterten und verkieselten Arkose aufgefasst werden, wo der fortgewitterte Feldspat durch ausgefällte, kolloidale Kieselsäure ersetzt wurde. Außer diesen quarzitischen Körnern kann man auch dünne Schollen eines feinkörnigen, rotbraunen Gesteins finden, das an die feinkörnigsten Partien von Type I erinnert, und wahrscheinlich auch Bruchstücke davon darstellt.

Die Farbe der Arkose ist blaugrau oder fast schwarz, gelegentlich weißfleckig infolge eines großen Gehalts an weißem, verwittertem Feldspat. Die dunkle Farbe wird verursacht durch das Pigment auf den Quarzkörnern im sandigen Teil des Gesteins.

#### Type V.

##### Der Gingham-Stein.

Dies ist ein rot und weiß gestreifter, feldspathaltiger Sandstein, der meist ziemlich stark verkieselte ist (Taf. IV, Fig. 2).

Der Quarz dominiert vollständig. Die Körner sind unregelmäßig, aber etwas abgerundet. Die Korngröße ist ungefähr von derselben Größenordnung wie in der Arkose vom Type II, doch mit dem Unterschied, daß in Type V das ganz feine Material beinahe vollständig verschwunden ist. Einige der Körner sind an der Oberfläche mit einem roten Pigment versehen, während es anderen fehlt. Der Feldspat kommt meist nur recht spärlich vor, und Feldspatkörner von einer Größe, daß man sie mit dem bloßen Augen sehen kann, sind außerordentlich selten. Die meisten Körner sind ganz frisch, ein Teil jedoch weist einen größeren oder geringeren Grad von Verwitterung auf. Die Körner sind meistens langgestreckt mit der Längsachse senkrecht zu den Zwi-

lingsstreifen. Die Ecken sind schwach abgerundet, die Kanten jedoch beinahe immer gerade.

Glimmer findet sich in kleinen Schüppchen, jedoch sehr spärlich.

Das Gestein hat gewöhnlich ein rot und weiß gestreiftes Aussehen, das daher rührt, daß die Quarzkörner in gewissen Schichten rot pigmentiert und die Poren zwischen ihnen mit einem roten Pulver von derselben Art wie in Type I ausgefüllt sind (Taf. IV, Fig. 3). In anderen Schichten fehlt dagegen sowohl Pigment wie Porenausfüllung, und sie erscheinen daher in rein weißer oder etwas gelblicher Farbe. Gelegentlich wechseln diese roten und weißen Schichten regelmäßig ab, in anderen Fällen dominieren die roten, und die weißen Schichten bilden dünne Streifen in dem sonst roten Gestein. Umgekehrt treffen wir auch rein weißes Gestein mit dünnen, roten Streifen. Es ist diese Streifung, welche dieser Type den Namen Gingham-Stein gegeben hat, nach dem indischen gestreiften Baumwollstoff, der als »Gingham« bekannt ist.

Das Bindemittel ist Kieselsäure, und das Gestein ist so stark verkieselt, daß es auf den Bruchflächen ein fast glasartiges Aussehen erhält. Die Kieselsäure findet sich zum Teil als sekundärer Zuwachs zu den ursprünglichen Quarzkörnern, aber die Verwachsung ergibt oft unregelmäßige Formen (Taf. IV, Fig. 4).

Die Korngröße ist etwas einheitlicher als in den Arkosen, und es fehlt besonders das ganz feine siallitische Material.

### Type VI.

#### Weißer, quarzitischer Sandstein.

Dieser Typus besteht ganz überwiegend aus Quarzkörnern, die in der Regel klar und farblos sind, und deren Oberfläche unpigmentiert ist. Ein geringer Teil der Körner zeigt undulöse Auslöschung. Die ursprüngliche Form der Körner ist schwierig zu erkennen. Meistens scheinen sie jedoch unregelmäßig kantenrund und nur ausnahmsweise abgerollt zu sein (Taf. IV, Fig. 5).

Feldspat kann vorkommen, wenn auch sehr spärlich. Dagegen trifft man einzelne gerollte Körner, die man als Bruchstücke einer verkieselten Arkose oder als Ausfüllung mit sekundärer, authigener Kieselsäure nach Feldspat auffassen muß (Taf. IV, Fig. 6 und Taf. V, Fig. 1).

Glaukonit findet sich nur an einer einzigen Lokalität (Lok. 226) bei Balka. Die Glaukonitkörner sind hier stark abgerollt und von gleicher Größe wie die Quarzkörner. Die Menge des Glaukonits ist ziemlich gering, jedoch groß genug, um dem sonst ganz weißen Gestein einen schwach grünlichen Schimmer zu verleihen.

Glimmer kommt im Gestein selbst nur spärlich vor, findet sich dagegen häufig als dünner Überzug auf den Schichtflächen.

Die Korngröße ist etwas uneinheitlich. Die Hauptmenge der Körner mißt zwischen 0,1 und 1 mm, Körner kleiner als 0,05 mm fehlen ganz. In den einzelnen Bänken ist die Korngröße meist ziemlich gleichartig, kann jedoch von Bank zu Bank etwas schwanken. Man trifft aber auch Vorkommen, wo die Korngröße innerhalb der einzelnen Bank etwas verschieden ist.

Das Bindemittel ist Kieselsäure, nahezu überwiegend als sekundärer Zuwachs zu den ursprünglichen Körnern ausgeschieden und meistens von derselben optischen Orientierung wie diese. Ausfällung kolloidaler Kieselsäure in Poren und Hohlräumen spielt eine sehr untergeordnete Rolle.

Die Farbe variiert von schneeweiß bis hellgrau in der Art, daß die rein weiße Farbe vorzugsweise bei den feinkörnigsten Typen zu finden ist und die graue bei den etwas gröberen. Dies beruht zum großen Teil auf einem rein optischen Phänomen, kann jedoch in gewissen Fällen auch in einer Pigmentierung der Quarzkörner seine Ursache haben.

### Type VII.

#### Schwarzer, quarzitischer Sandstein.

In seiner ausgeprägtesten Form ist dies ein rein schwarzer Quarzit mit klaren Quarzkörnern, die auf der Oberfläche mit einem schwarzen Pigment von etwas verschiedenartiger Beschaffenheit versehen sind. Die Körner sind meist stark gerollt (Taf. V, Fig. 3 und 4), können aber auch etwas unregelmäßig in der Form sein. Die Korngröße ist durchweg sehr einheitlich, kann aber von Schicht zu Schicht etwas variieren. Ebenso wie in dem weißen Quarzit gehört auch hier die Hauptmenge der Körner zur Größenordnung 0,1—1 mm. Man kann aber auch dünnen Schichten begegnen, wo sie bis zu 2—3 mm Durchmesser erreichen.

Die Farbe beruht zum Teil auf dem schwarzen Pigment der Quarzkörner, in einigen Fällen aber auch auf einer Ausfüllung der Poren mit feinem schwarzen Schlamm. Da der Sandstein beim Glühen fast ganz weiß wird und sich nur in geringem Grade rot färbt, so muß man annehmen, daß der schwarze Schlamm vorwiegend aus organischer Substanz besteht und nur zum geringen Teil aus Schwefeleisen, wenn dieses auch nicht ganz fehlt.

Das Bindemittel ist Kieselsäure, beinahe ausschließlich als sekundärer Zuwachs zu den ursprünglichen Quarzkörnern. Die Verkieselung kann so vollständig sein, daß sie die schwarze Masse vollständig durchdringt, sodaß das Gestein beim Glühen seine schwarze Farbe behält.

## B. Die Grünen Schiefer.

Die Untersuchung der Grünen Schiefer ist eine sehr undankbare Aufgabe. Der petrographische Habitus der Schichten ist so unregelmäßig, daß es beinahe unmöglich ist, einige auch nur einigermaßen gut abgegrenzte Typen zu unterscheiden. Auf der anderen Seite ist es ebenfalls schwierig, eine Beschreibung zu geben, welche das ganze Gestein erschöpfend umfaßt.

Die ältesten Beschreibungen von FORCHHAMMER (14), JESPERSEN (21) und JOHNSTRUP (22, 23) gründen sich nur auf makroskopische Beobachtungen und beschäftigen sich im wesentlichen mit der mehr oder weniger schiefrigen Struktur und der unebenen und unregelmäßigen Schichtung. Dagegen geben COHEN und DEECKE (10) eine besonders eingehende und vorzügliche Beschreibung, die hier vollständig zitiert werden soll.

Das Gestein wird folgendermaßen charakterisiert: »Ein feinkörniger, glimmerreicher, graugrüner Grauwackenschiefer. Die in sehr charakteristischer Weise mit einer dünnen, braunen Haut von Eisenhydroxyden und Glimmerblättchen bekleideten, sowie zuweilen von Wülsten bedeckten Schieferungsflächen sind in hohem Grade uneben, mannigfach gekrümmt und gewölbt. Der Querbruch ist graugrün und sandsteinartig. Unter dem Mikroskop ergibt sich Quarz in mannigfach gestalteten Körnern von annähernd gleichen Dimensionen als Hauptbestandteil. Daneben kommen vor in ziemlich reichlicher Menge Feldspath (Orthoklas, Plagioklas und Mikroklin), Biotit, chloritische und lichte, muscovitähnliche Blättchen, in geringer Menge Amphibol, Titanit, Zirkon. Außerdem trifft man in wechselnder Menge recht große, grüne Körner mit feiner Aggregatpolarisation, welche von Salzsäure im Dünnschliff nicht angegriffen werden und vielleicht glaukonitartiger Natur sind. Das Bindemittel besteht aus schmutzig gelblichen oder lichtgrünlichen, chloritisch aussehenden Blättchen und Fasern, begleitet von bräunlichen Häutchen (augenscheinlich aus Eisenhydroxyden bestehend) und von einem schlickähnlichen Material, welches große Ähnlichkeit zeigt mit dem feinen, auf Rissen und Hohlräumen der Präparate eindringenden Schleifmaterial.«

Im Jahre 1899 schreibt DEECKE (12): »Die zweite Stufe im Cambrium besteht aus graugrünen, Grauwacke-ähnlichen Sandsteinschiefern, von halbkristallinischem Habitus und rasch wechselndem Aussehen. Durch Aufnahme von Thon und Glimmer, durch Wulstigwerden der Schichtenflächen geht das Liegende allmählich in sie über, sodaß an der Basis kein scharfer Schnitt nachweisbar ist. Sie selbst sind in der unteren Hälfte Grauwacken, in der oberen wieder Sandsteinartig und nehmen gegen das Hangende thonige Zwischenmittel auf oder färben sich lokal

durch reichlichen Glaukonit, Phosphorit und organische Substanz dunkelgrau bis schwarz«.

RØRDAMS Beschreibung der Grünen Schiefer (38) ist teilweise irreführend. Er schreibt: »Sie bestehen zu mehr als der Hälfte aus feinem, weißen Quarzsand, gemischt mit etwas Feldspat und Blättchen von hellem Glimmer. Zwischen diesen Bestandteilen findet man nicht unbeträchtliche Mengen von grauem Ton. Alles ist durch ein glaukonitisches Bindemittel verkittet«. (Übersetzt aus dem Dänischen). RØRDAM teilt auch die Analyse einer Probe mit, die als Durchschnitt für das Gestein gelten soll. Danach soll die Zusammensetzung folgende sein:

SiO <sub>2</sub> .....	79,53 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9,88 -
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,11 -
CaO.....	0,10 -
MgO.....	0,32 -
K <sub>2</sub> O.....	4,02 -
Na <sub>2</sub> O.....	0,38 -
H <sub>2</sub> O.....	1,69 -
	Summe 99,03 %

RØRDAM errechnet danach die folgende mineralogische Zusammensetzung: 54,8 % Quarz, 20 % Feldspatkörner, gemischt mit Glimmerblättchen, und 23 % grauer Ton und Glaukonit. Diese Zusammensetzung dürfte kaum richtig sein, denn der Quarz macht ganz bestimmt bedeutend mehr als die Hälfte des Gesteins aus. Man dürfte kaum fehlgehen, wenn man ihn zu ungefähr 70 % ansetzt. Der Feldspatgehalt ist dafür allzu hoch angegeben und liegt in Wirklichkeit wohl kaum über 10 %. »Grauer Ton« ist eine schlecht gewählte Bezeichnung für das, was COHEN und DEECKE folgendermaßen definierten: »Chloritisches, glimmerhaltiges Material, gemischt mit etwas organischem Material.« Selbst wenn es auch etwas Ton enthält. Der Glaukonit bildet nicht das Bindemittel, sondern kommt jedenfalls im weit überwiegenden Teil der Schichtserie in vereinzelt Körner vor.

GRÖNWALL erwähnt in seiner Beschreibung des Kartenblattes (16) ebenfalls die großen Gesteinsunterschiede in den Grünen Schiefen, die, wie er sagt, von wenig tonigem, feinkörnigem Sandstein bis zu einem sandigen Tonschiefer wechseln. Im Übrigen scheint er im allgemeinen RØRDAMS Angaben zu folgen, jedoch mit dem Unterschied, daß er als Bindemittel grauen Ton mit etwas Glaukonitbeimischung angibt. Dies kommt den wahren Verhältnissen etwas näher als RØRDAMS Angaben, ist aber auch nicht ganz richtig.

Ein genaueres Studium des Gesteins zeigt nämlich, daß man inner-

halb der Grünen Schiefer vier Typen ausscheiden kann, deren jede für sich charakteristisch und makroskopisch leicht erkennbar ist. Es bleibt dann eine Gruppe zurück, deren einzelne Glieder sicher nicht ganz gleichartig sind, die jedoch durch so gleichmäßige Übergänge mit einander verbunden sind, daß eine weitergehende Unterteilung nicht möglich ist. Diese Gruppe wird als Type VIII zusammengefaßt.

### Type VIII.

#### Graugrüner Grauwackesandstein.

Der Quarz herrscht unter den Mineralkörnern bei weitem vor. Die Körner sind meist unregelmäßig und kantig, ohne Pigmentierung an der Oberfläche (Taf. VI, Fig. 1).

Der Feldspat findet sich sehr spärlich. Es können sowohl Plagioklas als auch Kalifeldspat vorkommen. Die Körner sind in der Regel etwas länglich, mit den Zwillingslamellen quer zur Längsrichtung. Sie sind meist etwas mehr abgerundet als die Quarzkörner.

Glaukonit findet sich in fast allen Proben, meist jedoch sehr spärlich und in kleinen Körnern, die zwischen den anderen Mineralkörnern etwas ausgezogen sind. Ihre Größe ist die gleiche wie die der anderen Körner.

Glimmer findet sich außerordentlich häufig in Form kleiner Schüppchen und bildet einen bedeutenden Teil der Matrix. Diese besteht im übrigen aus einer braunen, äußerst feinen Substanz, deren Zusammensetzung sich nur schwierig bestimmen läßt. Da sie bei der Verwitterung rotbraun wird, muß man annehmen, daß sie eine gewisse Menge Eisen enthält. Da die Farbe oft etwas grünlich ist, muß man weiterhin annehmen, daß dies Eisen sich in Form eines Gemischs von wasserhaltigen Ferro- und Ferriverbindungen vorfindet (27). Im Dünnschliff zeigt die Matrix eine bräunliche, etwas faserige Substanz, die möglicherweise organischen Ursprungs ist.

Die Korngröße der Mineralkörner ist recht einheitlich und liegt um 0,05 mm herum. Größere Körner sind äußerst selten, dagegen finden sich alle Größen von 0,05 mm abwärts bis zum allerfeinsten Schlamm.

Die Farbe ist meist grau in verschiedenen Abstufungen, gelegentlich jedoch beinahe olivgrün.

Das Bindemittel ist etwas verschiedenartig. In den lockeren Partien ist es der feine glimmerhaltige Schlamm, in den härteren Partien kann es entweder Kieselsäure oder Kalkspat sein. Im letzteren Falle liegen die Mineralkörner in einer Grundmasse von Kalkspat eingebettet.

Die Lagerungsverhältnisse sind sehr unregelmäßig, und das Gestein ist bald sandsteinartig, bald schiefrig. Das Letzte ist in der Regel mit einem vermehrten Glimmergehalt verbunden, besonders auf den Schicht-

flächen. Auf der Oberfläche finden sich häufig flache, wulstförmige Unebenheiten vom Typus des *Psammichnites gigas*.

### Type IX.

#### Dunkelgrüner Glaukonitsandstein.

Das Gestein besteht aus einer Grundmasse von gleicher Mineralzusammensetzung und Korngrößenverteilung wie in Type VIII. Darin eingebettet liegt eine Anzahl größerer Quarzkörner und Glaukonitkörner (Taf. VI, Fig. 3).

Die Quarzkörner sind von der Größenordnung 0,2—0,5 mm. Sie sind oft etwas abgerollt und ohne Pigment an der Oberfläche.

Der Glaukonit findet sich in Klümpchen von gleicher Größe wie die größeren Quarzkörner. Gelegentlich sind sie wurstförmig und abgerollt, wieder andere können unregelmäßig und etwas ausgezogen geformt sein. Sie sind wahrscheinlich in Form von recht weichen, gelatinösen Klümpchen abgesondert worden und können in so großer Menge vorkommen, daß sie ein beinahe zusammenhängendes Netzwerk bilden. Sie zeigen immer Aggregatpolarisation. Auch einzelne Körner kristallinen Glaukonits können vorkommen. Diese sind dann mehr kantig geformt.

Das Bindemittel kann auch hier etwas variieren. Bisweilen hält der Glaukonit oder die schlammartige Substanz in der Grundmasse die Körner zusammen, aber an anderen Stellen kann es ebensogut Kieselsäure wie Kalkspat sein.

Das Gestein ist weiterhin dadurch gekennzeichnet, daß es immer Phosphoritknollen und Hyolithen enthält. Die Phosphorite sind früher bereits von DEECKE beschrieben worden (II), und da seiner Beschreibung nichts wesentlich Neues hinzufügen ist, so kann an dieser Stelle darauf verwiesen werden. Bezgl. der in den Phosphoriten auftretende Fauna muß auf POULSENS Untersuchung derselben verwiesen werden, welche in nächster Zukunft publiziert werden wird.

### Type X.

Dichter, feinkörniger, grauer oder graugrüner, sehr harter Sandstein.

Der Quarz ist ganz vorherrschend. Die Körner sind recht unregelmäßig, kantig oder jedenfalls nur wenig abgerundet. Die Korngröße ist innerhalb der einzelnen Bänke sehr regelmäßig, kann aber von Bank zu Bank etwas schwanken. In den größten Bänken liegt die Korngröße zwischen 0,04 und 0,1 mm, in anderen aber ist sie etwas geringer (Taf. VI, Fig. 2). Die größten gemessenen Körner haben einen Durchmesser von 0,2 mm, jedoch kommt diese Größe nur selten vor.

Feldspat ist nur spärlich vertreten. Sowohl Mikroklin und Orthoklas als auch Plagioklas wurden beobachtet. Diese Körner sind durchweg regelmäßiger in der Form als die Quarzkörner, sind aber ebenso wie diese nur wenig abgerundet.

Glaukonit kommt nur spärlich vor und zwar in Form von unregelmäßigen Klümpchen zwischen den anderen Mineralkörnern. Die Form ist oft unregelmäßig und entspricht genau den Konturen der umliegenden Körner. Man muß daher annehmen, daß der Glaukonit an Ort und Stelle gebildet wurde oder zum Absatz gelangte, solange er noch weich und plastisch war.

Glimmer tritt in kleinen Schuppen auf. In einigen Proben ist er außerordentlich reichlich vorhanden, während er in anderen wieder ganz fehlt.

Weiterhin treten in den Zwischenräumen zwischen den Körnern verschiedene mehr oder weniger unbestimmbare Substanzen auf, welche wohl als schlammartige Massen bezeichnet werden können. Jedenfalls scheinen dieselben verschiedene gelbgrüne oder braune Eisenverbindungen zu enthalten. Diese geben dem Gestein seine graugrüne Farbe.

Das Bindemittel ist etwas verschiedenartig. Bisweilen ist es Kieselsäure, und das Gestein ist dann hart und kompakt. Es kann aber auch Kalkspat sein, und die Mineralkörner liegen dann in einer Grundmasse von Kalkschlamm. Das Gestein kann in einem solchen Falle so feinkörnig sein, daß die Struktur dicht wird und ganz der eines grauen Kalksteins gleicht. Da dieses Gestein im übrigen mit Säure braust, ist es verständlich, daß es früher oft für einen Kalkstein gehalten worden ist. Sowohl JOHNSTRUP wie GRÖNWALL sprechen an mehreren Stellen von einem grauen Kalkstein. Da man aber an den betreffenden Lokalitäten immer nur das hier gesprochene Gestein antrifft, so muß man annehmen, daß dieses mit Kalkstein verwechselt worden ist.

Wie aus der obigen Beschreibung hervorgeht, ist der Unterschied zwischen Type X und Type VIII außerordentlich gering. Das Sediment selbst ist praktisch das gleiche, und der Unterschied kommt eigentlich nur darin zum Ausdruck, daß Type X immer in wohl abgegrenzten Bänken von 5—8 cm Mächtigkeit auftritt, während Type VIII unregelmäßiger abgelagert worden ist, und daß die harten Schichten hier gleichmäßig in lockerere und schiefrige übergehen.

#### Type XI.

Heller, feinkörniger, harter, gestreifter Sandstein.

Die überwiegende Mehrzahl der Körner besteht aus Quarz. Ihre Form ist etwas weniger unregelmäßig als in Type X, und eine große

Anzahl von ihnen ist stark abgerundet oder abgerollt. Die Korngröße ist recht gleichmäßig und liegt in der Hauptsache in der Größenordnung 0,05—0,1 mm.

Feldspat ist nur spärlich vertreten. Plagioklas scheint am häufigsten zu sein.

Glaukonit tritt in bedeutender Menge auf, teils in vereinzelt Körnern, teils aber auch in einzelnen dünnen Lagen konzentriert, wodurch das Gestein sein charakteristisches gestreiftes Aussehen erhält. Diese Glaukonitschichten, deren Mächtigkeit im allgemeinen nur den Bruchteil eines Millimeters ausmacht, sind bisweilen eben und parallel, und der Sandstein bildet in einem solchen Falle deutliche, scharf abgegrenzte ca. 5 cm mächtige Bänke, wobei die Glaukonitschichten parallel den Bankungsflächen angeordnet sind. Häufig sind die Glaukonitschichten aber auch gebogen und wellig. (Taf. VIII, Fig. 2).

Im Dünnschliff zeigt sich der Glaukonit der Streifen als ein zusammenhängendes Netzwerk mit kleinen Ansammlungen von Quarzkörnern in den Maschen. Die einzelnen mehr verstreuten Glaukonitkörner außerhalb der Streifen passen sich genau den Konturen der Hohlräume an, in denen sie eingebettet liegen, so daß man auch in diesem Falle annehmen muß, daß der Glaukonit weich und plastisch war, als er zwischen den Quarzkörnern abgelagert wurde.

Glimmer kommt in kleinen Schüppchen vor und tritt vorzugsweise in den Glaukonitschichten auf, wo er in großer Menge zu finden ist. Die Glimmerschüppchen sind fast immer parallel mit den Schichtflächen angeordnet und bilden zusammen mit dem Glaukonit ebene oder gewellte Bänder.

Die tonige oder chloritische Substanz, welche einen charakteristischen Bestandteil der anderen Typen der Grünen Schiefer bildet, ist hier spärlicher vertreten. Dort, wo die Type XI wohl abgegrenzte Bänke mit ebenen Glaukonitschichten bildet, fehlt die tonige Substanz so gut wie ganz, und das Gestein zwischen den Glaukonitschichten ist daher fast immer weiß oder hellgrau. In den mehr unregelmäßig abgelagerten Partien tritt die tonige Substanz dagegen auf, wenn auch spärlicher als in Type VIII und Type X. Das Gestein zwischen den Glaukonitstreifen ist daher hier etwas grauer als in den regelmäßigen Bänken.

Das Bindemittel ist Kieselsäure, und das Gestein ist überaus hart.

## Type XII.

Heller, braungepunkteter Sandstein.

Der Quarz ist bei weitem vorherrschend. Die Körner sind durchweg stark abgerundet und gerollt (Taf. VI, Fig. 5). Die Korngröße ist

innerhalb der einzelnen Bänke außerordentlich gleichartig, kann aber von Bank zu Bank stark schwanken. Bei den gröberen Typen liegt sie zwischen 0,2 und 1 mm, anderen Orts um 0,05—0,1 mm herum. Die Oberfläche der Körner ist häufig mit einem dunklen Pigment versehen. Dieses ist jedoch so dünn, daß es den Farbton des Gesteins fast gar nicht beeinflußt.

Feldspat kann auftreten, ist aber äußerst spärlich. Auch die ganz kleinen Feldspatkörner sind stark abgerollt.

Glaukonit tritt in bedeutender Menge in kleinen abgerollten Körnern auf, die jedoch häufig zu Limonit verwittert sind, wodurch das Gestein sein charakteristisches braunepunktetes Aussehen erhält.

Der Glimmer findet sich stellenweise sehr häufig in Form kleiner Schüppchen, stellenweise fehlt er aber auch gänzlich.

Die Farbe variiert etwas. Abgesehen von den braunen Flecken kann sie ganz weiß sein (Taf. VIII, Fig. 2), ist aber häufig auch etwas grünlich. Dieses ist teils auf Glaukonitgehalt zurückzuführen, teils aber auch darauf, daß man in den intensivst grünen Typen einen recht beträchtlichen Gehalt an Glimmer und chloritischem Material antrifft.

Das Bindemittel ist Kieselsäure. Das Gestein ist immer sehr hart und kompakt und ist deutlich und sehr ausgeprägt gebankt.

### C. Rispebjerg-Sandstein.

JOHNSTRUP (23) erwähnt den Rispebjerg-Sandstein als einen schwefelkiesführenden Sandstein, der in losen Blöcken leicht an den durch Verwitterung des Schwefelkieses entstandenen Hohlräumen kenntlich ist.

DEECKE (12) bespricht ihn noch kürzer als eine 1—1½ m mächtige Bank eines braunfleckigen Tigersandsteins.

Ausführlicher behandelt ihn GRÖNWALL (16), der ihn als einen lockeren, grobkörnigen Sandstein beschreibt, der Eisenverbindungen in ziemlich großer Menge enthält. Deren Verwitterung verursacht einen Zerfall des Gesteins, welcher gewöhnlich von einem Zentrum seinen Ausgang nimmt, sodaß das Gestein ein gewissermaßen gesprenkeltes Aussehen erlangt. Der alleroberste Teil ist bis zu einer Tiefe von 40 cm mit schwarzem Phosphorit imprägniert, der vollständig die Zwischenräume zwischen den Quarzkörnern ausfüllt, so daß das Gestein beinahe einem Anthrakonit gleicht.

Im Rispebjerg-Sandstein kann man auf diese Weise zwei Typen unterscheiden und zwar einesteils einen grauen oder weißen Quarzit (Type XIII), andernteils einen dunkleren Phosphoritsandstein (Type XIV).

## Type XIII.

Grober, weißer oder grauer Quarzit.

Diese Type ist ein weißer oder grauer Quarzsandstein mit körnigem Bruch und unebener Oberfläche, der ausschließlich aus abgerollten Quarzkörnern besteht. Makroskopisch ist die Mehrzahl der Körner klar und durchsichtig, jedoch sind einige von mehr grauer Farbe, und man begegnet auch einigen Körnern von Blauquarz. Im Dünnschliff (Taf. VII, Fig. 4) ist die ursprüngliche Form der Körner fast immer deutlich zu erkennen, da ihre Oberfläche oft mit einem dunklen Pigment versehen ist. Die Korngröße ist recht gleichmäßig; der größte Teil der Körner hat eine Größe von 0,2—1 mm.

Das Bindemittel ist Kieselsäure, welche fast ausschließlich als Zuwachs zu den ursprünglichen Körnern ausgeschieden ist, und das Gestein ist meist hart und kompakt. Die Farbe variiert etwas, von beinahe ganz weiß bis stahlgrau, je nachdem, ob eine größere oder kleinere Anzahl der Quarzkörner klar oder dunkel pigmentiert ist. Besonders in der Læsaa sind gewisse Partien des Gesteins mehr oder weniger porös und enthalten eine Menge kleiner Kanäle oder Hohlräume, wovon die größten einen Durchmesser von 2—4 mm aufweisen. In diesen Hohlräumen und Kanälen befindet sich eine bräunliche, lose Masse von Limonit, welche dem Gestein den Namen Tigersandstein gegeben hat.

Dieser Limonitgehalt, der möglicherweise auf verwitterten Schwefelkies zurückzuführen ist, scheint besonders im obersten Teil der weißen Type aufzutreten und ist so charakteristisch für den Rispebjergsandstein, daß derselbe kaum mit irgend einer anderen Sandsteinart Bornholms verwechselt werden kann. Aber auch die rein weiße Type ist mit ihrem groben Korn und ihrem rauhen und unebenen Äußeren so charakteristisch, daß sie unter keinen Umständen z. B. mit dem Nexö-Sandstein oder mit den mesozoischen Sandsteinen verwechselt werden kann. STEHMANN'S Angabe, daß es sich beim dem Kaolinsandstein an der Mündung der Grødbyaa um Rispebjerg-Sandstein handelt, kann nur auf falscher oder mangelnder Beobachtung beruhen.

## Type XIV.

Schwarzer Phosphoritsandstein.

Diese Type ist makroskopisch ganz schwarz und von fast dichter Struktur. Im Dünnschliff zeigt es sich dagegen, daß das Gestein ganz aus abgerollten Quarzkörnern von etwas ungleichartiger Größe besteht, die in eine bräunliche Phosphoritmasse als Grundmasse eingebettet sind (Taf. VII, Fig. 6). Die Phosphoritmasse ist der bei weitem überwiegende Bestandteil des Gesteins, und die Mineralkörner spielen eine mehr untergeordnete Rolle.

## 2. Kapitel.

**Beschreibung der unterkambrischen Lokalitäten.**

## I

**Das Gebiet westlich der Lilleaa.****a. Der westliche Teil des Blemmelyng bis Uglegade.**

**Lok. 1.** Dort, wo sich der Weg gabelt, welcher von der Station Robbedale durch die Blemmelyng-Plantage führt, steht südlich der Abzweigung in einem Bachbett unter ca. 2 m Moränton die rote Arkose vom Typus I an. Die Mächtigkeit der Arkose ist ca. 4 m. Das Gestein weicht besonders im untersten Teil des Profils etwas von der normalen Type I ab und erinnert sehr an einen stark verwitterten Gneis, bei dem die dunklen Mineralien mehr oder weniger zu einer rotbraunen Masse umgewandelt sind, welche das ganze Gestein durchdringt. Von den ursprünglichen Mineralien des Rönne-Granits ist die Hornblende ganz verschwunden. Dagegen kann man beinahe unveränderte Biotitblätter bis zu ca. 1 cm Durchmesser finden. Quarz und Feldspat kann man nur im Dünnschliff erkennen, und der Feldspatgehalt erweist sich dann als etwas größer, als es für diese Type normal ist. Die Farbe ist die gewöhnliche rotbraune, und die Konsistenz ist am ehesten erdartig, mit Ausnahme der mehr glimmerreichen Partien, wo sie etwas tonig wird. Unmittelbar im Liegenden der Arkose kann man Brocken eines verwitterten Granits herauskratzen. Dieser zeigt fast frische Feldspatkörner, wogegen die dunklen Mineralien zu einer lockeren, fast zinnoberroten Masse umgewandelt sind. Unmittelbar vor dem Abhang hat sich der Bach tief in die lockeren Erdschichten eingeschnitten, und das feste Gestein wurde bei Bohrung mit dem Meterbohrer nicht erreicht. Vermutlich verläuft GRÖNWALLS Verwerfung hier längs dieses Abhanges.

**Lok. 2. Kjeldinghøj.** Hier konnte man früher im oberen Teil des Hanges die rote Arkose, Type I, sehen und weiter hangabwärts den Granit. Sowohl GRÖNWALL (16) wie JESPERSEN (21) geben an, daß sich auf der Höhe ein Steinbruch in der roten Arkose findet. GRÖNWALL gibt das Einfallen zu 7° nach O 30° S an. JESPERSEN teilt mit, daß der Sandstein in diesem Bruch viel Feldspat enthält, der die Bruchflächen weißfleckig macht, und daß man dünne Zwischenlagen von graugrünlichem, blätterigem, lockerem Schiefer findet, der dem gleicht, den man an der Landstraße bei der Vellengsby-Brücke antrifft. Im Jahre 1934 waren die Steinbrüche längst verlassen und zugewachsen, sodaß nichts zu sehen war. Ganz unten am Hang konnte man jedoch Brocken eines verwitterten Granits auflesen.

**Lok. 3. Dyngabet.** Hier steht die rote Arkose, Type I, in der Heide an. PINGEL erwähnt (34), daß sie hier gebrochen wurde; dies ist aber schon so lange her, daß selbst die ältesten Leute am Ort sich nicht mehr daran erinnern können.

Südlich von Lok. 3 kann man den Sandstein in den Brunnen verfolgen. So macht der Eigentümer des Hauses bei Lok. 3 die Angabe, daß sich in dem Graben, welcher vom Hause aus dem Abhang nach Südwesten folgt, jedenfalls zu oberst 1 m Ton findet, und daß man in 3 m Tiefe stark wasserführenden Mehlsand antrifft. Im Brunnen bei Paradishus und bei den Häusern an dem Wege, der von hier nach Süden führt, findet sich der Sandstein ebenfalls in einer Tiefe von ca. 4 m unter der Oberfläche. Für St. Ulegade-Hus gab der Eigentümer an, daß im Brunnen Mehlsand angetroffen, und daß das feste Gestein nicht erreicht worden war.

Im Blemmelyng findet man jetzt den Sandstein nirgends. GRÖNWALL gibt auf der geologischen Karte an, daß sich am Wege unmittelbar westlich von Lok. 1 Granit befinden soll, und daß Granit dort ansteht, wo der Weg von Paradishus auf den Weg trifft, der von Robbedale durch die Plantage führt. Bei Besuchen in den Jahren 1934 und 1935 war hier nirgends Anstehendes zu sehen. Dagegen lagen dort große Haufen von Feldsteinen, welche hier angehäuft worden waren, um zerschlagen zu werden. Auch die Arbeiter wußten nichts davon, daß hier anstehender Granit zu finden sein sollte. GRÖNWALL giebt desweiteren auf der Karte deutlich Sandstein in ein paar Gräben etwas nördlich hiervon an. Weder 1934 noch 1935 konnte irgendwo in der Blemmelyng-Plantage anstehender Sandstein konstatiert werden, außer den unter Lok. 1—3 angegebenen Vorkommen. Hingegen wurden an den meisten Stellen lose Blöcke von roter Arkose gefunden. Die Grenze zwischen dem Granit und dem Sandstein muß vermutlich in ungefähr ost-westlicher Richtung nördlich von den nördlichsten Sandsteinvorkommen GRÖNWALLS gezogen werden und ohne die Bögen nach Süden zu, welche auf der geologischen Karte angegeben sind.

#### b. Das Gebiet zwischen Ulegade und Lobbæk.

**Lok. 4.** Nördlich von Tophjem ist auf JOHNSTRUPS Karte (23) eine Sandsteinlokalität angegeben. Im Jahre 1935 war an dieser Stelle kein anstehender Sandstein zu finden, und alle größeren Steine auf den umliegenden Feldern bestanden aus Grundgebirge. Genau an der Stelle aber, welche JOHNSTRUP für diese Lokalität angibt, befand sich ein Steinhaufen, der hauptsächlich aus Blöcken eines weißen Quarzits bestand, während die dunkle, rotbraune Arkose der Type I vollständig fehlte.

**Lok. 5.** Auf JOHNSTRUPS Karte ist eine Sandsteinlokalität etwas NW von Langensgaard angegeben. Hier hat sich offenbar früher einmal ein Steinbruch befunden, aber dieser ist nun ganz zugefallen, und man kann nicht mit Sicherheit sagen, ob die großen Blöcke, die hier liegen, aus dem Anstehenden stammen, was jedoch recht wahrscheinlich ist. Die Blöcke stehen dem weißen Quarzit der Type VI am nächsten. Es scheint, daß man den Stein hier früher gebrochen hat, um ihn beim Wegebau zu verwenden, denn am Wege von Langensgaard herunter nach Klippen (Lok. 6) trifft man zahlreiche Blöcke dieses Gesteins an. JESPERSEN gibt hellen Sandstein von Langensgaard an (21).

**Lok. 6.** In dem Graben, der vom Hause Klippen nach NW führt, steht ein weißer quarzitischer Sandstein der Type VI an (Taf. V, Fig. 2). Er fällt ganz schwach nach S 40° O ein.

**Lok. 7.** Im Graben westlich von Lynggaard ist dieselbe rotbraune Arkose, Type I, sichtbar, die auch am Teiche beim Hof festzustellen ist. Die Schichten fallen flach nach Süden ein. GRÖNWALL gibt an, daß das Einfallen südwestlich ist. JOHNSTRUP bestimmte es zu 5—7° nach S 10° O. Weiterhin teilt JOHNSTRUP mit, daß der Sandstein im ganzen Gebiet zwischen Lynggaard und bis nördlich von Langensgaard überall in geringer Tiefe ansteht.

**Lok. 8.** GRÖNWALL gibt an, daß in der Südostecke der Plantage Sandstein zu finden ist, welcher 10—15° nach SW einfällt. Zwei Proben hiervon befinden sich in den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse. In beiden Fällen handelt es sich um »rote Arkose« der Type I.

**Lok. 9.** Südlich von Hjulggaard befindet sich ein kleiner Sandsteinbruch mit einer groben Arkose der Type IV. Die obersten Schichten sind etwas heller und erinnern ein wenig an Type III. Im Graben an der Nordseite des Weges unmittelbar neben dem Bruch findet sich dasselbe Gestein, wogegen ca. 40 m westlicher ein weißer Quarzit der Type VI ansteht. Dieser ist von der gleichen Art wie bei Lok. 6. Das Einfallen der Schichten im Bruch ist so gering, daß es schwer ist, dasselbe zu messen. GRÖNWALL gibt das Einfallen im Bruch zu S 50° W und im Graben zu S 40° O.

**Lok. 10.** In einem alten Steinbruch steht dunkelrote Arkose der Type I an. Das Gestein zeigt eine schwache, etwas undeutliche Schichtung, da in einigen Schichten das rote Pulver reichlicher vorhanden ist als in anderen.

Nördlich dieser Vorkommen tritt der Granit in einer Reihe von niedrigen Klippen bei Blemmemølle und südlich von Blemmegaard sowie bei Immingegaard zutage.

GRÖNWALL gibt an, dass sich bei 18 und 19 Slvg. in Vestermarie Granit in wechselnder Tiefe findet. Die Verhältnisse bei Smedegaard werden etwas verschieden dargestellt. GRÖNWALL teilt mit, daß sich hier Granit im Brunnen findet. Später gibt er indessen an, daß sich im Brunnen »Flisklippe« vorfindet und erklärt selbst, daß das Sandstein bedeutet. Nach JOHNSTRUP findet sich Sandstein bei der Schmiede am Wege zwischen Smedegaard und 19 Slvg. in Vestermarie.

Bei Besuchen an dieser Stelle in den Jahren 1934 und 1935 glückte es nicht, irgend eins von diesen Sandsteinvorkommen wiederzufinden. Zwar wurden Blöcke der roten Arkose sowohl im Graben bei Smedegaard als auch in dem Wasserloch am Wege östlich von Immingegaard gefunden, es konnte jedoch nicht sicher festgestellt werden, ob der Sandstein hier wirklich ansteht. ØRSTED und ESMARCK schreiben (54), daß sie festgestellt haben, daß der Bauneklint-Granit auf allen Seiten von Sandstein umgeben ist, daß aber der Sandsteinstreifen, der den Bauneklint-Granit vom übrigen Granitgebiet trennt, nur ganz schmal ist. Auch JESPERSEN (21) spricht vom Bauneklint-Granit als von einer von Sandstein umgebenen Granitinsel.

**Lok. 11.** Im Graben bei einem Hause N von 20 Slvg. beobachtet man die rote Arkose der Type I.

**Lok. 12.** In einem Steinbruch N von 20 Slvg. in Vestermarie findet sich eine harte, rotviolette, weißgepunktete und weißgestreifte Arkose, welche am meisten an die Arkose erinnert, die im Frederiks-Steinbruch bei Nexö als Basisschicht bezeichnet wird (Lok. 205). Sie besteht aus Quarz und Feldspat mit kantigen Körnern von ungleichmäßiger Größe. Einige der Körner können bis zu 1 cm Durchmesser erreichen. Ein Teil der Feldspatkörner ist frisch, während andere zu einer weißen Substanz von ganz bedeutender Doppelbrechung, vermutlich Serizit, umgewandelt sind. Die roten Eisenoxyde treten sowohl als Pigment an der Oberfläche der Quarzkörner wie auch als Porenfüllung auf. Das ganze Gestein ist im übrigen sehr stark verkieselt. Darüber folgt eine hellere Arkose der Type II, und zuoberst liegt eine grobe weiße Arkose der Type III. Das Einfallen wird sehr verschieden angegeben. Eigene Messungen zeigen ein schwaches Einfallen in Richtung S 60° O. GRÖNWALL gibt S 10° W an und später 10° nach S oder SSO. Nach JOHNSTRUP ist das Einfallen in einem Wasserloch S des Hofes 5° nach S 30° O und in einem Steinbruch nördlich des Hofes 4° nach SW.

**Lok. 13.** Westlich des Granits am Bauneklint befindet sich ein größerer Steinbruch, wo jedoch die Lagerungsverhältnisse nur schwierig festzustellen sind. Auch hier findet man zu unterst rote Arkose, welche der Type II und Type V am nächsten zu stehen scheint. Darüber folgt

eine grobe weiße Arkose der Type III. Die unterste rote Arkose ist auch hier stark verkieselt und sehr hart. Die Lagerungsverhältnisse sind außerordentlich unregelmäßig. Eigene Messungen ergaben ein Einfallen von  $5^\circ$  nach N  $60^\circ$  O. Nach GRÖNWALL scheint daß Einfallen östlich zu sein, und schließlich teilt JOHNSTRUP mit, daß der Sandstein mit  $7^\circ$  nach N  $30^\circ$  W einfällt, daß er aber in wellenförmigen Schichten liege, sodaß er auch um ebenso viel nach der anderen Richtung einfallen könnte.

GRÖNWALL gibt weiterhin an, daß der Sandstein am Wege N des Bruches zum Vorschein kommt, und daß der Brunnen bei dem Hause unmittelbar nördlich hiervon in den Sandstein hinabreicht.

Genau O von dieser Lokalität taucht der Granit auf, zunächst in einigen niedrigen Klippen und weiter nördlich in dem steil aufragenden Bauneklint. Weiter östlich findet sich nach GRÖNWALL im Brunnen bei Egelund Sandstein in einer Tiefe von 4 m. Außerdem findet sich der Sandstein auch im Brunnen am Hause östlich von dieser letzten Lokalität.

**Lok. 14.** Im westlichen Teil der Station Lobbæk beobachtet man in einem Graben blaugraue Arkose der Type IV. Die Schichten fallen mit  $10^\circ$  nach S  $50^\circ$  O. Die Bänke sind unregelmäßig und meistens ganz geringmächtig.

**Lok. 15.** Bei Hammershave findet man südlich der Eisenbahn einige Flächen mit weißem, grauem oder schwarzem Quarzit der Typen VI und VII.

### c. Die Gegend von Vellengsby.

GRÖNWALL teilt mit, das man beim Graben der Jauchegrube bei Hyldebrandsgaard in etwa 1 m Tiefe Nexö-Sandstein erreicht und etwa 4 m tief in demselben gebrochen hätte. Die Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse enthalten eine Gesteinsprobe von dieser Stelle. Es handelt sich um einen hellen, grauen, sehr siallitischen Quarzsandstein oder eine Arkose, am ehesten eine Zwischenform zwischen Type III und Type VI. Sie besteht aus kantenrunden oder runden Quarzkörnern. Feldspat fehlt oder kann jedenfalls selbst mit einer starken Lupe nicht erkannt werden. In den Poren befindet sich ein weißes, siallitisches Pulver in so großer Menge, daß es dem Gestein vollständig sein Gepräge gibt.

**Lok. 16.** Wo die Vellengsaa die Landstraße schneidet, sieht man N der Brücke einen hellen grauen Quarzit der Type VI von einer durchschnittlichen Korngröße von 0,2—0,5 mm. Die Schichten fallen schwach nach S  $8^\circ$  O ein.

**Lok. 17.** Südlich der Brücke stehen Bänke eines hellen Quarzits der Type VI an, die mit dünneren Bänken eines feinkörnigen, gelblichen, siallitischen Sandsteins wechsellagern.

Nach JOHNSTRUP findet man an der Straßenbrücke harten Quarzit, wechsellagernd mit dünnen Lagen eines schieferigen, glimmerhaltigen Sandsteins. Eine Probe dieses letzteren befindet sich in den Sammlungen des Mineralogisk Museum. Der Sandstein, schreibt JOHNSTRUP, erinnert an den von Munkegaard an der Læsaa, jedoch findet man an Stelle der Kaolinlage Schichten von glimmerreichem Sandstein. Ganz dasselbe teilt NATHORST mit. GRÖNWALL gibt an, daß man in der Südostecke von Ellesgaard eine Jauchegrube gegraben hat, die den Sandstein in einer Tiefe von etwa 1 m erreichte, während derselbe im Brunnen erst in einer Tiefe von ca. 3 m angetroffen wurde.

**Lok. 18.** Südlich des Weges nach Kjøllergaard steht im Bachbett ein weißer Quarzit der Type VI auf einer Strecke von ca. 100 m an. Nach GRÖNWALL ist das Einfallen hier  $5^\circ$  in Richtung N  $70^\circ$  O.

**Lok. 19.** Etwas südlich einer Hecke, die vom Bach nach SO führt, stehen dünne Bänke eines weißen, stark siallitischen Sandsteins an. Das Gestein muß zur Type VI gestellt werden, ist aber mehr siallitisch, als es für diese Type normal ist.

NATHORST schreibt: »Unterhalb Ellesgaard wird das Gestein lockerer und weißer und gleicht dadurch mehr dem an der Grødbyaa und Læsaa (Brogaard). Es zieht sich weiter zu den Vellengsbygaarde hin, wo es horizontal liegt. Es scheint aber plötzlich zu enden, ohne daß man eine weitere Fortsetzung finden konnte«.

Auch ØRSTED und ESMARCK (54) geben an, daß in der Vellengsaa bei der Brücke von Vellengsbygaard weißer Ton zwischen Sandstein lag, ganz wie an der Mündung der Grødbyaa.

**Lok. 20.** An dem Rücken W der Vellengsaa, beiderseits des Anfahrtsweges nach Hyssergaard, stehen dicke Bänke von weißem Quarzit mit Schichten von rotfarbenen Quarzkörnern an. Das Gestein muß wohl zur Type VI gestellt werden. Die Schichten liegen horizontal. Im Bach kann man den Sandstein bis zur Brücke verfolgen, auf der der Weg nach Hyssergaard den Bach überquert. Am Westende desselben Rückens wird weißer Sand in einer Tiefe gegraben, die bedeutend unter dem Sandstein von Lok. 20 liegt.

GRÖNWALL hat eine bedeutende Arbeit geleistet, um die Grenze zwischen dem Sandstein und den lockeren Juraschichten so genau als möglich festzulegen. Er teilt folgendes mit: »In dem südlichen Bach (S von Vellengsbygaard) wurde Juraton beobachtet. Der Eigentümer machte die Angabe, daß sich unter dem Ton in der Grube Gesteinssplinter vor-

fanden. Stücke hiervon waren aufs Feld geworfen. Es handelte sich um Grüne Schiefer. Im Brunnen fand man Sandstein, und gleichfalls Sandstein findet sich in einem Brunnen östlich des Hofes. Bei Hyssergaard ist der Untergrund sicher Sandstein, und der Brunnen ist in diesen hineingesprengt. Bei Kjøllergaard findet sich Sandstein im Brunnen. Der Eigentümer von Vellengsbygaard gibt an, daß sich östlich des Hofes, wenn man dem Wege nach Baasegaard folgt, unter 1—1½ m Moräne Robbedalkies findet. Weiterhin soll es bei Spagergaard Sandstein geben.

Südlich von Vellengsbygaard liegt ein Hünengrab. An dessen Fuß hat man in einer Mergelgrube Rhät-Lias-Tone gefunden«.

#### d. Die Gegend zwischen Vellengsby und Lilleaa.

Von dem Untergrund östlich von Vellengsby weiß man wenig, was über das hinausgeht, was GRÖNWALL mit gewöhnlicher Sorgfalt an Einzelheiten über Brunnen und ähnliche Ausgrabungen gesammelt hat.

Bei Baasegaard findet sich Sandstein im Brunnen in ca. 5 m Tiefe, und in einem Brunnen S des Wohnhauses wird der Sandstein in einer Tiefe von 8 m erreicht.

Tingfogedgaard. Die Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse enthalten eine Gesteinsprobe von dem Brunnen an dieser Stelle. Diese besteht aus einigen Bruchstücken eines grauen Quarzits und aus einem kleinen Stück eines lockeren, feinkörnigen und sehr siallitischen Sandsteins.

Bei Sellesborg hat der Jauchebehälter, der etwa 3 m tief ist, nicht den Sandstein erreicht. Bei dem einen Brunnen des Hofes fand sich der Sandstein in ca. 5 m Tiefe, bei dem anderen in ca. 11 m Tiefe. Weiterhin teilte der Eigentümer mit, daß in der Waldhöhe südlich des Hofes der Sandstein sehr nahe der Oberfläche zu finden ist. Mit dem Handbohrer wurde überall an der angegebenen Stelle in 40 cm Tiefe eine gleichartige Oberfläche angetroffen. Bei einer Quelle östlich der Waldhöhe findet sich der Sandstein in 3 m Tiefe.

Im Brunnen von Tornegaard findet sich Sandstein in 6 m Tiefe.

SW von Tornegaard tritt in einer Grube weißer, quarzitischer Sandstein auf, der schwach nach SW einfällt. Eine Probe hiervon in den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse zeigt, daß es sich um Type VI handelt.

Auf dem Grundstück von Brunsgaard hat man ONO des Hofes ungefähr bei Punkt 116 bei Entwässerungsarbeiten Sandstein in ca. 1 m Tiefe angetroffen.

Auch JESPERSEN (21) bespricht Sandstein von diesem Gebiet, wirft ihn aber mit den mesozoischen Ton- und Sandschichten zusammen.

**Lok. 21.** N und NO von St. Dalbygaard erhebt sich das Gelände zu einem steilen Abhang. Oberhalb des Abhangs liegt ein mit Steinen besätes Feld, in dessen nördlicher Ecke man Reste eines alten, jetzt wassergefüllten Steinbruches mit einem weißen Quarzit der Type VI findet.

**Lok. 22.** Unmittelbar südlich von Bækkegaard sieht man die Grünen Schiefer am obersten Ende der Schlucht. Am Hang in der Nähe des südlichen Ausstreichens der Schlucht ist die Erdoberfläche ganz mit Brocken von Grünen Schiefeln übersät.

**Lok. 23.** Im Gehege W von Smørmosegaard finden sich alte zugewachsene Steinbrüche mit Gesteinen derselben Type wie bei Lok. 24.

**Lok. 24.** N von Smørmosegaard befindet sich ein kleinerer Steinbruch, wo folgendes Profil zu sehen ist:

5. Grauer Sandstein.....	10 cm
4. Hellgelblicher Sandstein.....	5 -
3. Grauer Sandstein.....	37 -
2. Weißer Sandstein.....	8 -
1. Grauer und schwarzer Sandstein.....	7 -

Der unterste schwarze Sandstein (1) gehört zur Type VII. Die Farbe variiert von ganz schwarz bis grau oder weißgeflammt. Der Quarz hat bisweilen einen etwas bläulichen Schimmer. Die Körner sind abgerollt, und die Korngröße variiert etwas. Einzelne Körner können eine Größe von bis zu 2 mm erreichen; solche Größen sind jedoch selten.

(2) ist ein feinkörniger, weißer Quarzit der Type VI, welcher in seinen obersten Lagen eine dünne Kiesschicht mit Körnern von einem Durchmesser bis zu 5 mm enthält.

(3) ist ein weißer oder grauer Quarzit der Type VI mit etwas unregelmäßiger Korngröße und ganz vereinzelt Feldspatkörnern.

(4) gehört ebenfalls zur Type VI. Diese Schicht zeichnet sich durch ihre stark rotgelbe Farbe aus, die auf einen bedeutenden Gehalt an Limonit zurückzuführen ist. Hierbei kann es sich jedoch um eine spätere Infiltration von oben her handeln.

(5) ist ein grauer Quarzit mit etwas unregelmäßiger Korngröße und mit einzelnen Körnern von einem Durchmesser bis zu 2 mm.

Nach GRÖNWALL ist das Fallen  $6^\circ$  in Richtung S  $10^\circ$  W. Desweiteren gibt GRÖNWALL an, daß sich in einem Graben NO von Loftsgaard (23 Slvg. in Vestermarie) Sandstein unter ca. 1 m Moräne findet.

JOHNSTRUP teilt mit, daß am Wege S von Loftsgaard (3 Slvg. in Nylarsker) Sandstein ansteht und bemerkt weiterhin, daß sich Sandstein rings um Vingevangenegaard herum findet, wo folgende Werte für das Einfallen bestimmt wurden: N des Hofes  $4^\circ$  nach S  $25^\circ$  W und zwischen 24 und 25 Slvg.  $6^\circ$  nach S  $35^\circ$  W. Schließlich gibt JOHNSTRUP

an, daß sich an dem Wege, der in nord-südlicher Richtung O von Lok. 24 verläuft, unmittelbar südlich der Gemeindegrenze über eine größere Strecke Grüne Schiefer vorfinden.

STEHMANN schreibt (40), daß der Nexö-Sandstein bei Vingevængegaard im nördlichen Teil des Bruches bei Lok. 24 schwach nach N einfällt, darauf horizontal liegt und im südlichen Teil des Bruches schwach mit 5—10° nach N einfällt.

**Lok. 25.** Im Graben nördlich der Schule sieht man Grüne Schiefer am Wege. Desweiteren wurde in Erfahrung gebracht, daß Grüne Schiefer weiter nach Westen bis ungefähr nach Loftsgaard (23 Slvg. in Westermarie) zu finden sind, da man bei Entwässerungsarbeiten auf die Schiefer gestoßen war.

**Lok. 26.** Südlich von Smørengægaard liegen zwei alte Steinbrüche mit weißer Arkose der Type III. Die untersten Schichten sind feinkörnig, die oberen etwas gröber. Westlich hiervon hebt sich der Granit ziemlich steil zu einer Klippe SW von Gildesgaard und noch weiter westlich zu einem Abhang nach dem Klinteskov hin.

## II.

### Lilleaa.

**Lok. 27.** Südlich des Hauses an der Südseite der Landstraße sieht man Bänke eines feinkörnigen, grauen, sehr feldspathaltigen Sandsteins mit abgerundeten oder kantigen Körnern und einem Feldspatgehalt, der ungefähr ebenso groß ist, wie in der Arkose vom Typus II. Weiterhin kommt eine gewisse Menge Pyrit vor und eine braune, fibröse Masse mit starker Doppelbrechung, vermutlich glimmerartigen oder chloritischen Ursprungs. Das Bindemittel ist Kieselsäure, und das Gestein ist so hart und kompakt, daß es makroskopisch vollständig den quarzitischen Typen VI und VII gleicht. Erst unter dem Mikroskop offenbart sich die abweichende Zusammensetzung.

GRÖNWALL gibt das Einfallen zu 3—4° nach S an.

**Lok. 28.** (Fig.1). Auf der ganzen Strecke sieht man im Bachbett Bänke eines weißen Quarzits der Type VI.

**Lok. 29.** Südlich der Landstraße setzt sich der weiße Quarzit noch eine Strecke weiter fort und hat hier ein Einfallen von 4° nach S 20° W. Etwas westlicher, etwa bei der Wegbiegung, steht an den Bachufern ein schwarzer, stark brekziöser Quarzit der Type VII an. Unter dem Mikroskop sieht man ganz deutlich, wie das Gestein in eine Menge Quarzitbruchstücke geteilt ist, die durch schmale Trümmerzonen getrennt sind, welche mit ganz feinen Quarzkörnern erfüllt sind (Taf. V,

Fig. 5 und 6). Das Einfallen ist hier gleichzeitig etwas steiler und geht in mehr westlicher Richtung.

**Lok. 30.** Unmittelbar O des Feldweges, welcher in südlicher Richtung zum 1. Slyg. führt, sieht man im Bach dünne, sandsteinartige Bänke, die zu den Basalschichten der Grünen Schiefer gehören. Die Schichten fallen  $18^\circ$  nach S  $20^\circ$  W.

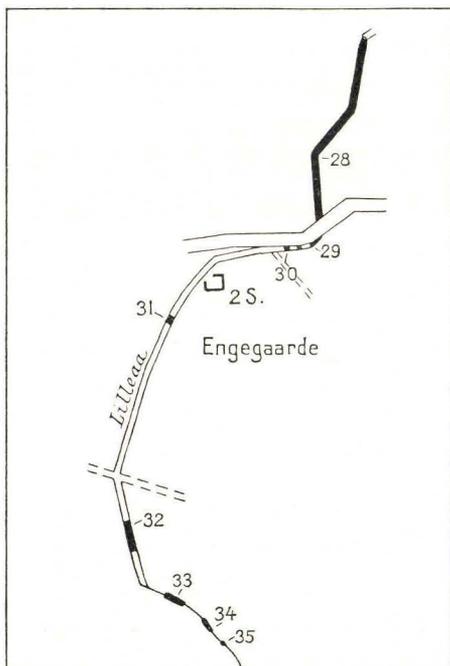


Fig. 1.

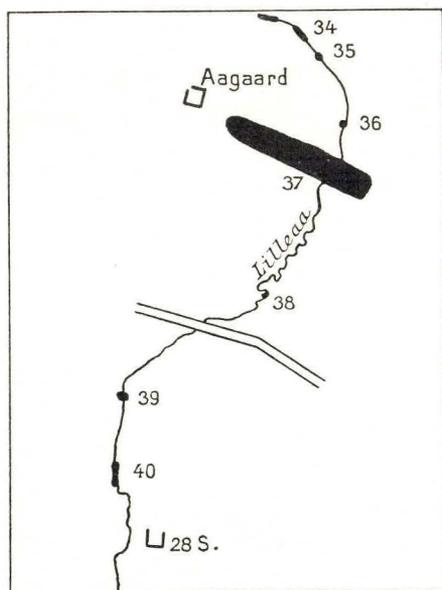


Fig. 2.

**Lok. 31.** Auf eine ganz kurze Strecke stehen hier im Bachbett Grüne Schiefer der Type VIII an.

**Lok. 32.** Etwas südlich des Feldweges kommen die Grünen Schiefer im Bachbett zum Vorschein. Das Gestein gehört zur Type VIII. Unmittelbar südlich des Feldweges fallen die Schichten in Richtung S  $30^\circ$  W, während sie südlich der Hecke in Richtung N  $70^\circ$  W einfallen.

**Lok. 33.** Im Bachbett stehen Grüne Schiefer der Type VIII an. Die Schichten fallen nach SO, und die ältesten Bänke liegen im Bache am weitesten westlich.

**Lok. 34.** Im Bachbett sieht man Grüne Schiefer der Type VIII. Die Schichten fallen nach Norden, und die ältesten Bänke liegen im Bach am weitesten östlich.

**Lok. 35.** Im Bachbett sieht man Grüne Schiefer der Type VIII.

**Lok. 36.** (Fig. 2) Hier sieht man Grüne Schiefer der Type VIII im Bachbett. Das Gestein ist stark verwittert und kann eben noch als Grüne Schiefer identifiziert werden. Dies ist der Punkt, wo die Grünen Schiefer den Sandsteinvorkommen im Süden am nächsten liegen.

**Lok. 37.** Beim Hause SO von Aagaard stehen im Bache Bänke eines schwarzen Quarzits auf eine längere Strecke an. Die Oberfläche der südlichsten Bänke ist uneben und bucklig. Im Norden fallen die Bänke  $8^\circ$  in Richtung S  $30^\circ$  W. Das Einfallen des südlichsten Vorkommens ist etwas geringer.

Der schwarze Quarzit tritt in dem ganzen Gebiet zwischen Lilleaa und Aagaard zu Tage.

**Lok. 38.** In einer Vindung des Baches, der hier fast zu einem unbedeutenden Graben geworden ist, sieht man einige Bänke schwarzer und grauer Quarzite.

**Lok. 39.** Auf der ganzen Strecke zwischen Lok. 38 und Lok. 40 ist vom Untergrunde nichts zu sehen. Jedoch kann man bei Lok. 39 durch Schürfung ein dunkles, dünnbankiges Gestein finden. Dieser hat abgerollte Quarzkörner, die in einer dunklen, grünen oder bräunlichen Grundmasse liegen. Das Bindemittel ist jedoch Kieselsäure, und das Gestein ist ziemlich hart und ganz kompakt. Es ist aber nicht ganz sicher, ob dies Gestein hier ansteht.

**Lok. 40.** Auf einer längeren Strecke des Bachbettes sieht man hier stark verwitterte Grüne Schiefer der Type VIII. Die Schichten sind durchweg stark geschiefert. Das Einfallen ist schwach nach Süden.

**Lok. 41.** (Fig. 4) Im Bachbett findet man Schiefer unmittelbar südlich der Gartenhecke bei 28 Slvg. Etwas südlicher befindet sich ein

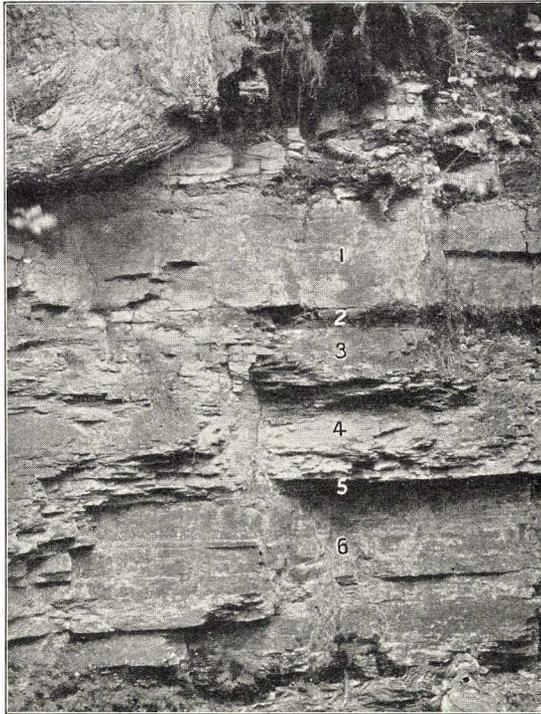


Fig. 3. Profil bei Lilleaa - Schlucht bei Lok. 41.

etwa 5 m hohes Profil in den Grünen Schiefen (Fig. 3). Die Schichtenfolge ist hier:

Zu oberst: Grüne Schiefer, verquetscht und bröcklig, näherer Untersuchung aber nicht zugänglich.....	100 cm
1. Eine Bank eines harten, grünen, glaukonithaltigen Gesteins.....	92 -
2. Drei dünne Bänke eines grauen oder grüngestreiften Sandsteins, Type XI, mit eingelagerten Schiefer-schichten.....	30 -
3. Feinkörniger Sandstein, Type VIII.....	49 -
4. Schieferiger, grauer Sandstein, Type VIII.....	43 -
5. Dünne Schicht von glimmerhaltigem Sandstein, Type VIII.....	5 -
6. Grüner, glaukonithaltiger Sandstein in dicken Bänken	140 -

Die glaukonithaltigen Gesteine dieses Profils sind zur Type VIII zu stellen. Sie sind sehr verschieden von der grünen Type IX.

Bei Lok. 41 beginnt die ansehnliche Schlucht, welche die Lilleaa in die Grünen Schiefer eingeschnitten hat, und welche zu den malerischsten und schönsten Naturerscheinungen gehört, welche Bornholm zu bieten hat. Nicht zum wenigsten beruht diese Wirkung auf dem scharfen Gegensatz zwischen der weiten, freundlichen, reichen Ebene an der Oberfläche bei 28 Slvg. und der stellenweise engen und düsteren Schlucht, die gelegentlich an die dunklen, tiefen Schluchten der mitteleuropäischen Gebirge erinnern kann.

**Lok. 42.** Hier befindet sich am linken Bachufer ein ca. 2 m hohes Profil mit ungefähr denselben Gesteinen wie bei Lok. 41.

- Zu oberst: 4. Dünne, kräftig grüne Bänke.  
 3. Schieferige, ziemlich grobe Schichten.  
 2. Bänke von Glaukonitsandstein.  
 1. Grünstreifiger Sandstein.

Die drei obersten Schichten enthalten sämtlich Gesteine, welche zu Type VIII zu stellen sind, wogegen das Gestein der untersten Bank der Type XI angehört.

**Lok. 43.** Hier treten auf eine längere Strecke im Bachbett graugrüne, glimmerreiche Schichten zutage, die stark einfallen. Dies ist jedoch kein echtes Einfallen, sondern ist auf die Bacherosion zurückzuführen. Am Südennde dieser Strecke sieht man ein Profil am linken Bachufer, während sich die Schichten am Fuße des Profils im Bachbett fortsetzen. Die Gesteine des Profils sind so stark verwittert, daß eine genaue Bestimmung der einzelnen Horizonte des Profils nicht möglich ist. Dasselbe

kann man im übrigen von den meisten anderen Profilen in der Lilleaa-Schlucht sagen.

**Lok. 44, 45, 46.** Lok. 44 ist ein hohes, stark zugewachsenes Profil am rechten Ufer, Lok. 45 gleichfalls ein hohes, stark zugewachsenes Profil mit stark verwitterten Gesteinen am linken Bachufer. Bei Lok. 46 stehen graugrüne, schiefrige Schichten im Bachbett an. Hier hat CHR. POULSEN Phosphoritknollen gefunden. An den Wänden sieht man stark verwitterte, moosbewachsene Profile, überwiegend Schiefer mit dünnen Schichten von ungleichmäßigem, feinkörnigem Sandstein der Type VIII.

Weiterhin kann man auf der Strecke von der Seitenschlucht herab zur Mündung der Hauptschlucht etwas von den Schiefen sehen.

**Lok. 47.** An der Mündung der Schlucht findet sich ein kleines Profil mit Grünen Schiefen an dem rechten Bachufer.

**Lok. 48.** In den Bächen N der Landstraße stehen vermutlich Grüne Schiefer an. Zwar kann man nicht mit Sicherheit Anstehendes nachweisen, aber die vielen losen Schieferblöcke auf den Feldern, sowie die vielen nackten Flecken in den Kornfeldern deuten an, daß die Schiefer hier dicht unter der Oberfläche zu finden sein muß.

An älteren Mitteilungen über die Verhältnisse in der Lilleaa-Schlucht haben wir eine Reihe von Messungen des Einfallens von JOHNSTRUP, welche ein Einfallen von  $2^\circ$  nach SO zeigen. Weiterhin gibt JOHNSTRUP an, daß er an einer Stelle in der Schlucht viele Kalkknollen mit *Theca* gefunden hat, sowie hohle Röhren. Diese Kalkknollen müssen indessen Phosphorite gewesen sein, was auch gut zu der Tatsache paßt, daß POULSEN Phosphoritknollen in den Schichten N der Seitenschlucht gefunden hat. Die Sammlungen des Mineralogisk Museum enthalten eine Probe mit Hyolithen von dieser Stelle.

JESPERSEN teilt mit (21), daß die Grünen Schiefer dünne Schichten eines graubraunen Sandsteins und bei 28 Slvg. eine 5 cm mächtige

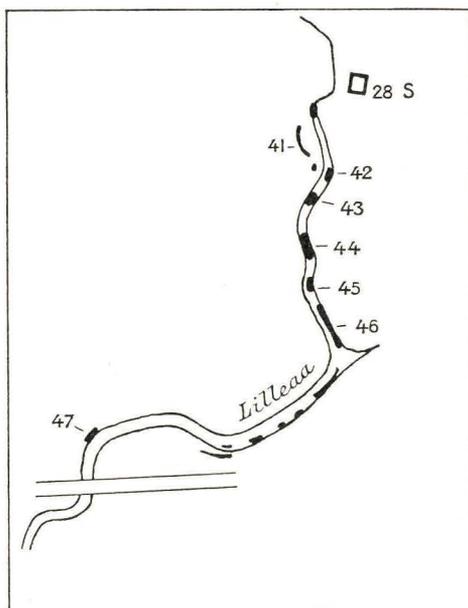


Fig. 4.

Schicht von unreinem, grauem Kalkstein enthalten. In Anmerkung 20 schreibt JESPERSEN: »Lilleaa, ungefähr 100 Ellen N der Landstraße, Grauwacke, Fallen 5° NO. Dicht südlich der Landstraße findet sich auch Grauwacke. Dieselbe findet sich auch in schönen Aufschlüssen weiter bachaufwärts und in der Seitenschlucht aufwärts nach NO. Genau S von 28 Slvg. hören die Abhänge auf. In der Nähe Grauwacke mit einer Schicht grauen Kalksteins mit splitterigem Bruch, horizontal. 200 Ellen oberhalb 28 Slvg. anstehende Grauwacke, Fallen 1° S. Etwa 100 Ellen unterhalb des Gemeindeweges befindet sich ein Teich mit Grauwacke.« (Übersetzung aus dem Dänischen).

Bei dem grauen Kalkstein, den JESPERSEN erwähnt, muß es sich um den grauen Sandstein der Type X handeln. In dem erwähnten Teich war im Jahre 1935 nichts zu sehen.

### III.

#### Das Gebiet zwischen Lilleaa und Læsa.

In diesem Gebiet ist der Granit sehr schlecht aufgeschlossen. Nach GRÖNWALL findet sich anstehender Granit in einer Grube bei der Eisenbahnlinie unmittelbar nördlich von 9 Slvg. in Westermarie. Desweiteren sieht man O von Tvillingsgaarde eine aufragende Granitklippe.

Auf JOHNSTRUPS Karte (23) ist Granit an der Landstraße fast unmittelbar S von Tvillingsgaarde eingetragen, und JESPERSEN gibt auf seiner Karte (20) an derselben Stelle nicht nur Granit, sondern auch Sandstein an. Keines von diesen Vorkommen wurde jedoch wiedergefunden.

Über das nördlichste Vorkommen des Sandsteins teilt GRÖNWALL mit, daß sich O der Schmiede, welche etwa 400 m westlich von Kæmpebro gelegen ist, ein stark zerklüfteter Sandstein in losen Stücken findet. Eine Probe des Gesteins von dieser Stelle zeigt, daß es sich hier um die rote Arkose, Type I, handelt. Weiterhin gibt GRÖNWALL an, daß im Brunnen beim Hause S der Landstraße, südlich von 9 Slvg., Sandstein zu finden ist.

**Lok. 49.** Hier liegen zwei teilweise mit Wasser gefüllte Steinbrüche. In dem Bruche westlich des Weges steht ein grauer, schwarzstreifiger Quarzit an, dessen dunkle Partien zur Type VII gehören. Die Streifung ist sehr unregelmäßig, bald dominieren die hellen Partien, bald die dunklen. Diese sind häufig auch in breiten Bändern entwickelt, oft aber auch als ganz dünne Lamellen, die schräggestellt sind oder auch häufig einen breiten, dunklen Gürtel durchsetzen. An anderen Stellen wieder vereinigen sich mehrere helle Streifen zu einem breiten, hellgrauen Band, um sich dann wieder zu verzweigen.

Im Bruche östlich des Weges findet man zu unterst das selbe schwarzstreifige Gestein und darüber weißen Quarzit der Type VI.

GRÖNWALL gibt das Einfallen zu  $5^\circ$  nach S  $5^\circ$  W an, macht aber über das Einfallen des Sandsteins in der Gegend N von Engegaarde (6 Vdg. in Vestermarie) auch andere Angaben, nämlich S  $15^\circ$  W und  $7^\circ$  nach S  $20^\circ$  W.

**Lok. 50.** In diesem Bruche steht ein schwarzer oder grauer Quarzit der Type VII an, der Bänke von 10—20 cm Mächtigkeit aufweist.

**Lok. 51.** Im Graben östlich von 6. Vdg. sieht man zu unterst einen dünnbankigen, grauen Quarzit und darüber einen schwarzen Quarzit, welchen man in Gräben und kleineren Steinbrüchen nach Westen bis zu dem Wege verfolgen kann, welcher unmittelbar westlich der Plantage entlang führt.

**Lok. 52.** Im Straßengraben steht hier ein ziemlich, grober schwarzer und grauer Quarzit an. Das Gestein ist sehr hart und splittert beim Schlag.

**Lok. 53.** Am Süden der Plantage befindet sich ein kleiner Steinbruch mit grauem und schwarzem Quarzit der gleichen Type wie an den nördlicheren Lokalitäten.

GRÖNWALL gibt das Einfallen der Sandsteinschichten in der Gegend S von Engegaarde zu  $10^\circ$  nach S  $10$ — $20^\circ$  O an und weiter nach S zu S  $10^\circ$  W an.

Desweiteren teilt GRÖNWALL mit, daß bei Lynggaard Sandstein im Brunnen ansteht.

**Lok. 54.** In Bodelyng treten die Grünen Schiefer an mehreren Stellen zu Tage. Das Gestein gehört überall zur Type VIII, und man kann sich keine Meinung darüber bilden, welche Teile der Grünen Schiefer hier anstehen.

GRÖNWALL teilt mit, daß die Grünen Schiefer sowohl nördlich wie auch westlich von Bodelyng zu sehen sind, und daß Grüne Schiefer, stellenweise mit Kriechspuren auf den Schichtflächen, sich im Graben am Wege nach Bodelyng finden.

Nach GRÖNWALL findet man in der Plantage N von Hallegaarde dunklen Sandstein mit Wellenfurchen und Kegeln auf den Schichtflächen. Die Kegel erscheinen auf der Oberfläche wie ein Ring mit einer erhobenen Partie in der Mitte. Das Einfallen wird zu  $7^\circ$  nach S  $20^\circ$  W angegeben.

Nach JOHNSTRUP ist das Einfallen  $6$ — $9^\circ$  nach S  $35^\circ$  W und länger östlich  $6^\circ$ .

**Lok. 55.** Im Bruche bei St. Hallegaard besteht das Gestein aus einem schwarzen Quarzit der Type VII, stellenweise mit helleren Partien eines etwas gröberen Materials. Auf den Oberflächen der untersten Bänke erkennt man Scolithus-ähnliche Löcher, jedoch kann man keine Röhren in dem darunterliegenden Sandstein verfolgen. In dem östlichen Teil des Bruches sieht man ein paar dünne, beinahe tonige Lagen. Diese sind jedenfalls feinkörniger als der Sandsteinschiefer, den man in den meisten anderen Steinbrüchen sieht. Im westlichen Teil des Bruches sind die Schichten stark gestört und von mehreren Nord—Süd-Verwerfungen durchsetzt.

GRÖNWALL erwähnt von dieser Stelle Kegel. Solche sind jedoch im Verlauf der vorliegenden Untersuchung nicht beobachtet worden. Das Einfallen wird im östlichen Teil des Bruches zu 3—5° nach S 40° W angegeben, wogegen es im westlichen Teil des Bruches bedeutend größer und mehr variabel ist: 22°, 30°, 35° nach S 50° W und nach S 15° W.

JOHNSTRUP schreibt, daß die Kluftflächen an zwei nur 2 Fuß voneinander entfernten Flächen 5° nach S 10° W bzw. 10° nach S 40° W einfielen.

Unmittelbar S von St. Hallegaard beginnen die Grünen Schiefer. GRÖNWALL gibt an, daß der Eigentümer ihm mitgeteilt hat, daß sich im südlichen Teil des Grundstückes Grüne Schiefer ganz dicht an der Oberfläche finden.

JOHNSTRUP schreibt, daß Grüne Schiefer in einem Entwässerungsgraben südwestlich von St. Hallegaard in großen Massen beobachtet worden sind, jedoch wurde kein Anstehendes angetroffen. Dieses trat dagegen in einem Graben in der Nähe von Stensgaard zu Tage. Von dem Felde S von Stensgaard werden Grüne Schiefer mit einem Einfallen von 12° nach S 25° W angegeben, und auf der Strecke zwischen Stensgaard und St. Bakkegaard und der Mühle von Sose sollen die Grünen Schiefer fast überall nahe an die Oberfläche herantreten.

**Lok. 56.** An dem Hügel südlich der Landstraße treten die Schiefer an mehreren Stellen zu Tage. Das Gestein muß überall zur Type VIII gerechnet werden, erinnert aber im übrigen stark an dasjenige, welches in der Lilleaaschlucht bei Lok. 41 zu beobachten ist.

GRÖNWALL teilt mit, daß man bei der Mühle von Sose eine Jauchegrube in den Grünen Schiefen angelegt hat und bis zu einer Phosphorit-schicht herunterkam, die jedoch keine Hyolithen enthielt.

In St. Bakkegaard traf man bei einer Brunnengrabung auf die Grünen Schiefer.

**Lok. 57.** Hier hat CHR. POULSEN folgendes Profil vermessen:

Zu oberst.	9. Schiefer.....	185 cm
	8. Hartes, kompaktes, hellgraues Gestein.....	10 -
	7. Schiefer.....	25 -
	6. Wechsellagerung von Schiefer und dünnbankigem Sandstein.....	15 -
	5. Dasselbe Gestein mit einer Reihe von flachen Konkretionen.....	10 -
	4. Wechsellagerung von Schiefer und Sandstein...	35 -
	3. Schiefer.....	10 -
	2. Dünnbankiger Sandstein mit wulstigen Schichtflächen.....	40 -
	1. Schiefer.....	70 -

POULSEN macht weiterhin die Angabe, daß nach seiner Meinung die Schicht 5 der obersten Schicht der Steilküste bei Julegaard (Lok. 58) entspricht.

**Lok. 58.** Steilküste SW von Julegaard. Die Grünen Schiefer bilden hier eine ca. 13 m hohe Wand. Die Entwicklung der Schichtserie zeigt das Profil Fig. 5.

Zu oberst wechsellagern harte, deutlich ausgeprägte Bänke mit lockeren, schiefrigen Schichten. Beide sind zur Type VIII zu stellen. In Bank II enthält das Bindemittel etwas Kalkspat. Die Mächtigkeit der harten Bänke schwankt ein wenig von Ort zu Ort. Das Einfallen scheint schwach östlich zu sein. Das Gestein von Bank IV ist etwas dunkler als das der darüberliegenden Bänke und bildet eigentlich einen Übergang zu den darunterliegenden Schichten. In dem Schiefer unter der Bank IV wurden 1933 einige große, flache, linsenförmige Knollen gefunden, welche stark an die Anthrakonitknollen des Alaunschiefers erinnerten. Es zeigte sich jedoch, daß sie nicht aus reinem Kalkstein bestanden, sondern aus einem stark kalkhaltigen, feinkörnigen Sandstein mit derselben Verteilung der Korngröße und mit demselben Mineralgehalt wie in dem umliegenden Gestein der Type VIII. Das Bindemittel bestand jedoch vollständig aus Kalkspat, welcher auch in kleinen Kalkspatadern ausgeschieden war. Die Linsen hatten eine größte Länge von ca. 10 cm und waren nur in einem einzigen Horizont angeordnet. Im Liegenden von Bank IV ist der Unterschied zwischen den harten Bänken und den etwas lockereren, schiefrigen Schichten nicht so stark ausgeprägt, und die Grenzziehung ist daher etwas zufällig. Das Gestein von Bank VI ist ein dunkelgrauer, fast schwarzer, feinkörniger Sandstein mit einem schwach grünlichen oder rötlichen Farbton. Dieses hängt damit zusammen, daß der Glaukonitgehalt etwas größer ist als in Type VIII, ohne daß deshalb der Glaukonit aber ein zusammenhängendes Netzwerk bildet wie in Type IX. Auch die Korngröße ist von der der

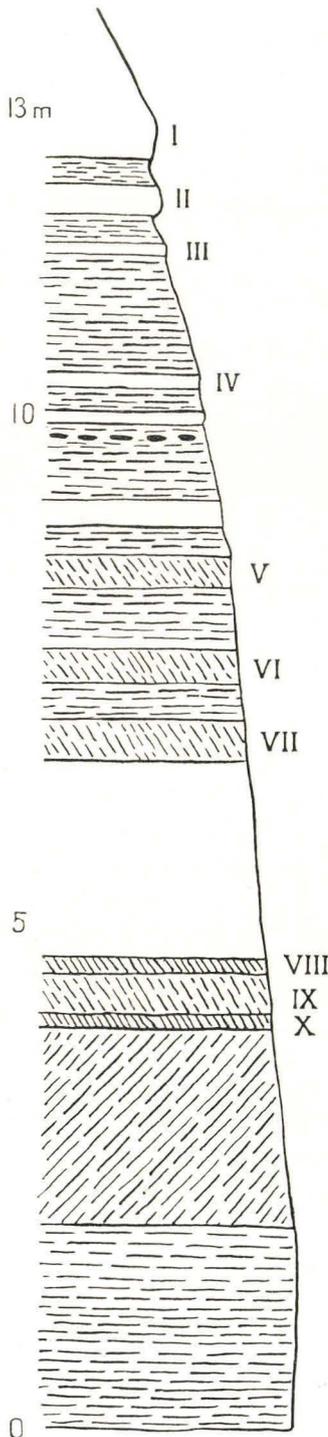


Fig. 5. Steilküste SV von Julegaard. Lok. 58.

Type VIII verschieden. In der im allgemeinen feinkörnigen Masse, wo der größte Teil der Mineralkörner einen Durchmesser von 0,01—0,05 mm aufweist, finden sich vereinzelt Quarzkörner mit Durchmessern bis zu 0,5 mm. Glaukonit erscheint in unregelmäßigen Klümpchen, ebenfalls von der Größenordnung 0,2—0,5 mm.

Die Schichten zwischen Bank VII und Bank VIII sind schwer zu sehen, da sie teilweise von abgerutschtem Material bedeckt sind. Sie scheinen aber aus dem selben dunklen Gestein zu bestehen, welches die Bänke VI—X bildet.

Im Liegenden von Bank X folgt dann ein stark grünes Gestein der Type IX, und ebenso, wie bei den sonstigen Vorkommen enthält es auch hier reichlich Phosphorite. Die untersten 2 m bestehen aus grauem, lockerem Schiefer der Type VIII. Der Fuß der Steilküste ist mit lockeren Erdschichten des Mesozoikums bedeckt.

Über die Verhältnisse in dieser Gegend macht desweiteren GRÖNWALL folgende Angaben: Bei einem Hause N von Søndre Landevej, westlich der Schmiede wurde ein Brunnen in die Grünen Schiefer gegraben. N von Julegaard treten die Grünen Schiefer an mehreren Stellen zu Tage. An einer Stelle fallen sie 5—8° nach S 20° O.

**Lok. 59.** Bei der Mühle von Limensgade steht ein kleines Profil mit Grünen Schiefen an. Das Gestein gehört hier zur Type IX und enthält eine Anzahl von Phosphoriten. Die Schichten fallen schwach nach SW ein.

Über die sonstigen Verhältnisse in dieser Gegend teilt GRÖNWALL mit, daß in dem Teich S von Soldatergaard sandsteinartige Grüne Schiefer anstehen. Auf den Feldern werden oft die Grünen Schiefer aufgepflügt, und unmittelbar S von Limensgade-Schieferbruchs sieht man in nordwestlicher Richtung die Grünen Schiefer auf dem Felde.

Der Brunnen in Hjulmagergaard geht bis

zum Anstehenden hinab. Wahrscheinlich handelt es sich um Grüne Schiefer. ONO des Hofes wurde auf dem Felde ein Brunnen gegraben, welcher die Grünen Schiefer erreicht.

In den beiden Brunnen bei L. und St. Duegaard findet sich Alaun-schiefer, in einem Brunnen etwa 200 m O von St. Duegaard wurden jedoch Grüne Schiefer angetroffen. Etwas SO des großen Bruches sind die Schiefer sehr dunkel und enthalten Phosphoritknollen und Fossilien.

#### IV.

#### Læsaa.

**Lok. 60.** Das nördlichste Vorkommen von Nexö-Sandstein in der Læsaa ist der Abflußkanal des Frostegaard-Sägewerks. Beim Hause unmittelbar südlich der Eisenbahn steht der Sandstein im Brunnen an.

**Lok. 61.** Bei der Einfahrt zu dem nördlichsten der beiden Häuser, welche unmittelbar südlich der Eisenbahn liegen, sieht man den verwitterten Granit im Bach. Die Verwitterung ist nicht besonders tiefgehend. In den untersten Lagen sieht man hellen, gestreiften Granit, in welchem die dunklen Mineralien zu einer gelbgrünen, chloritischen Masse umgewandelt sind. Gleichzeitig findet sich hier eine gewisse Menge Hämatit. In den hangenden Schichten ist das Gestein zu einer rotbraunen Arkose umgewandelt, die jedoch noch die Struktur des Granits bewahrt hat.

Am linken Ufer des Baches beobachtet man die rote Arkose der Type I, während der Granit das Bachbett bildet. Der Übergang zwischen dem Granit und der Arkose ist so gleichmäßig, daß es beinahe unmöglich ist, eine bestimmte Grenze zwischen den beiden Gesteinen zu ziehen. Ein Basalkonglomerat existiert jedenfalls nicht.

Auf der folgenden, etwa 300 m langen und fast geraden Strecke des Bachlaufs ist der feste Untergrund nirgends zu sehen. Zwar findet man an mehreren Stellen zwischen den Baumwurzeln am linken Bachufer Bruchstücke eines weißen Sandsteins, jedoch kann man nicht entscheiden, ob es sich hier um Anstehendes oder um Gerölle handelt.

**Lok. 62.** Auf dieser Strecke (Fig. 6) sieht man in allen westwärts gerichteten Windungen des Bachlaufes mehr oder weniger rot verwitterten Granit (b, c, f), während an den Lokalitäten a, d und e rote Arkose der Type I zu sehen ist. Auch hier ist der Übergang zwischen dem Granit und der Arkose fast unmerklich, und ein Basalkonglomerat findet sich auch hier nicht. Lok. 62 a zeigt ein etwa 0,5 m hohes und ca. 5 m langes Profil in der Arkose. Das Gestein ist überwiegend feinkörnig, kann aber auch dünne, gröbere Partien enthalten. Ebenso kann man

auch einzelne verstreute, ungefähr haselnußgroße Bruchstücke von verwittertem Granit finden. Auch hier sieht man keine eigentliche Konglomeratschicht. Das Einfallen schwankt von Ort zu Ort stark. Nach GRÖNWALL ist es bei Lok. 52 e  $12^\circ$  nach S  $70^\circ$  O und etwas nördlicher  $10^\circ$  nach S  $65^\circ$  O. Bei Lok. 62 a wurde ein Einfallen von  $10^\circ$  nach S  $60^\circ$  O gemessen, was ganz gut mit GRÖNWALLS Angaben übereinstimmt. Als Durchschnittswert für die gesamte Lokalität gibt JOHNSTRUP  $17^\circ$  O an.

Auf der Strecke zwischen dem Frostegaard-Sägewerk und Spidlegaard ist die Grenze also eine

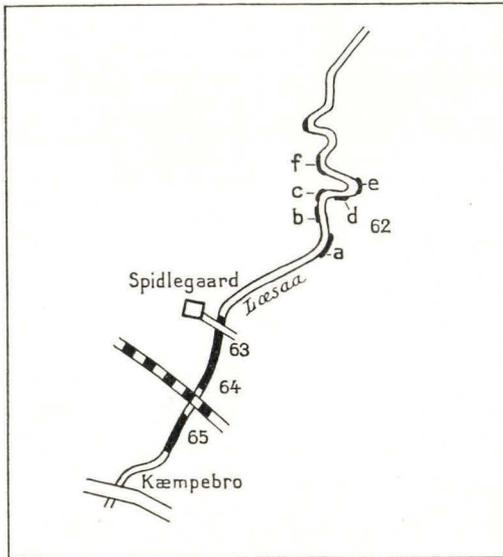


Fig. 6.

Erosionsgrenze, die ungefähr dem Bachbett folgt, ausgenommen bei Lok. 62 und südlich davon, wo dieselbe westlich des Baches gelegen ist. Der Sandstein kann demgemäß eine bedeutende Strecke weiter bachaufwärts verfolgt werden, als es auf der geologischen Karte (16) angegeben ist. Die Verhältnisse stimmen hier besser mit den Angaben überein, welche sich auf JESPERSENS (20) und JOHNSTRUPS (23) Karten finden.

**Der Bleigang.** Dieser Gang wurde von ØRSTED und ESMARCH gefunden, die hierüber

folgendes schreiben (54): »Der Gang, den wir entdeckt haben, liegt dicht bei Spidlegaard, nicht weit westlich von Aakirkeby. Sein Streichen war NNO—SSW, das Einfallen OSO, seine Mächtigkeit 1 Elle (ca. 60 cm). Er wird von dem Tal durchschnitten, worin die Læsaa fließt. Das Gestein ist Hornstein. Der Metallgehalt des Bleiglanzes ist  $86 \frac{2}{3}$  in 100 Teilen Erz. Wir haben einige hundert Pfund des Erzes brechen lassen, um uns von der Lage des Ganges ein richtiges Bild zu machen. Wie weit er sich erstreckt, können wir aber leider nicht sagen, da die Erdoberfläche in seiner Fortsetzung mit Humus bedeckt ist« (Übers. a. d. Dänischen).

In ØRSTEDS Tagebüchern (55) von seiner Reise im Jahre 1819 wird der Gang mehrere Male erwähnt, und es wurde mehrere Tage darin gebrochen. Umso merkwürdiger ist es daher, daß trotz eifrigen Suchens niemand imstande gewesen ist, ihn später zu finden. Die Sammlungen des Mineralogisk Museum enthalten einige Proben von diesem Bleigang.

Makroskopisch zeigt sich das Gestein als ein harter, weißer oder gelblicher Quarzit mit dickeren oder dünneren Schichten von blauschwarzer oder bleigrauer Farbe. Im Dünnschliff erweist es sich (Taf. II, Fig. 1, 2 und 4) als eine Brekzie, welche vollständig mit Bleiglanz imprägniert ist. Der bleiglanzführende Anteil selbst hat eine außerordentlich feine Grundmasse, worin sich eine größere oder geringere Anzahl von Quarzkörnern findet. Das Nebengestein besteht aus größeren Quarzindividuen, die dicht zusammengewachsen sind. Stellenweise ist der Übergang zwischen Brekzie und Nebengestein sehr scharf, an anderen Stellen setzt sich die brekziöse Struktur in der Weise in das Nebengestein fort, daß dessen Quarzkörner durch dünne Trümmerzonen geschieden sind. Hornstein, wie ØRSTED und ESMARCH es angeben, wurde jedoch nicht beobachtet.

**Lok. 63.** Unmittelbar oberhalb der Brücke bei der Einfahrt nach Spidlegaard stehen im Bachbett Bänke einer weißen, feinkörnigen Arkose der Type III an. Die Bänke fallen nach S 40° W ein.

Unterhalb der Brücke steht Sandstein bis herunter zur Eisenbahn im Bachbett an. Das Gestein ist hier ein weißer, arkoseartiger Sandstein, etwa eine Mittelform zwischen Type III und Type VI. Das Einfallen ist nach S 20° O.

**Lok. 64.** Unmittelbar oberhalb der Eisenbahnbrücke sieht man am linken Bachufer, etwa 2 m über dem Bachbett, einen sehr feinkörnigen, weißen Sandstein, der von einem weißen Konglomerat überlagert wird. Beide Gesteine gehören zu derselben Type wie der Sandstein bei Lok. 63. Die Grenze zwischen dem feinkörnigen Sandstein und dem Konglomerat ist sehr scharf. In dem letzteren sind alle Körner ausgeprägt kantig. Das Gestein ist stark verkieselt und sehr hart.

**Lok. 65.** Etwa bis zur Landstraße herab steht der weiße Sandstein im Bachbett an.

Das Einfallen ist auf der Strecke von Spidlegaard bis herab zu Kæmpebro etwas verschieden angegeben worden. Nach GRÖNWALL ist das Einfallen unregelmäßig, aber in Richtung nach S 50° O. JOHNSTRUP gibt 3° nach S 15° W, 6° nach S 25° W und 8° nach S 25° W an, und schließlich teilt NATHORST mit, daß das Einfallen 6° SW ist.

Nach GRÖNWALL ist der Sandstein südlich der Kæmpebro am Mühlen-  
teich bei Savskærergaard sichtbar. Das Einfallen wird als unregelmäßig, ungefähr südwestlich, beschrieben. Nach JOHNSTRUP ist das Einfallen 4° SSW. 1933 und 1934 war auf der ganzen Bachstrecke zwischen Kæmpebro und Hullegaard nichts zu sehen.

**Lok. 66.** Hier sieht man im Bachbett einige Bänke eines weißen,

lockeren Sandsteins oder einer Arkose, die im ersten Augenblick an Type III erinnert.

Die Struktur erinnert etwas an Type I, da die Mineralkörner in einer fast serizitischen Masse liegen. Der einzige Unterschied zwischen diesem Gestein und der Type I oder II liegt in der Farbe, da jede Spur einer Rotfärbung fehlt. Das weiße Pulver scheint keinen Kaolin zu enthalten.

**Lok. 67.** An der Biegung des Baches bei der Südwestecke des Gartens von Hullegaard steht im Bachbett eine rote Arkose der Type I an. Zu unterst ist diese sehr grob, mit Körnern von 3—5 mm Durchmesser. Nach oben zu wird sie dagegen feinkörniger. Diese rote Arkose kann man im Bachbett bis zu der Stelle verfolgen, wo die Gartenmauer endet.

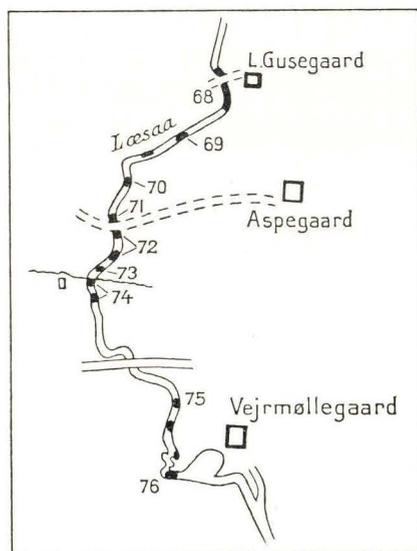


Fig. 7.

Die Angaben über das Einfallen sind folgende: GRÖNWALL:  $12^\circ$  nach S  $70^\circ$  O,  $15^\circ$  nach S  $55^\circ$  O und  $10^\circ$  nach S  $60^\circ$  O. JOHNSTRUP:  $10^\circ$  nach S  $70^\circ$  O. NATHORST:  $10^\circ$  nach S  $70^\circ$  O. Diese Zahlen sind aber wohl etwas zu groß.

**Lok. 68.** An beiden Seiten der Brücke bei Lille Gusegaard stehen im Bachbett Bänke von schwarzen, grauen und weißen Quarziten an.

Die grauen Quarzite zeigen auf der Oberfläche Flecken von Schwefelkies. Andere Teile der dunklen Partien sind auf organische Substanz zurückzuführen. Die Schichten fallen  $4^\circ$  S, was sowohl mit GRÖNWALLS wie mit NATHORSTS Angaben übereinstimmt.

**Lok. 69.** Hier stehen im Bachbett Bänke von schwarzem und grauem Quarzit an.

**Lok. 70.** Direkt unterhalb des Zaunes stehen im Bachbett Bänke von weißem Quarzit an. Auf einigen Schichtflächen zeigen sich schüsselförmige Vertiefungen, die etwas an Wurmtrichter erinnern.

Nach GRÖNWALL fallen die Schichten nach S  $10^\circ$  W ein.

**Lok. 71.** Unmittelbar oberhalb der Brücke am Wege nach Aspegaard stehen Bänke eines weißen Quarzits der Type VI an, die mit  $6^\circ$  nach S  $66^\circ$  O einfallen.

**Lok. 72.** Unmittelbar unterhalb der Brücke findet sich Anstehendes

und zwar zu unterst dunkler, grauer Quarzit, darüber weißer Quarzit der Type VI. Die Schichten fallen  $6^\circ$  nach S  $60^\circ$  O. Dasselbe Einfallen geben sowohl JOHNSTRUP wie NATHORST an.

Auf der Oberfläche der Bänke sieht man einige schüsselförmige Vertiefungen, die ca. 1 cm tief sind und einen Durchmesser von ca. 5 cm besitzen.

Nach JOHNSTRUP findet sich anstehender Sandstein mit Kegeln bei Aspegaard, und dünne Glimmerschichten beginnen sich vereinzelt im Sandstein zu zeigen. Auch GRÖNWALL erwähnt von hier Sandstein mit Kegeln.

Diese Gebilde haben jedoch wohl kaum etwas mit eigentlichen Kegelbildungen zu tun, da sie nicht, wie in dem Bruche bei Strøby (Lok. 94), von dem umgebenden Gestein zu trennen sind, sondern vollständig in diesem aufgehen. Das einzige, was tatsächlich zu sehen ist, sind nur die schüsselförmigen Vertiefungen.

**Lok. 73.** Die schwarzen und grauen Quarzite können noch eine Strecke weit bachabwärts bis etwas nördlich eines Zaunes verfolgt werden, welcher quer über den Bach führt. Unmittelbar südlich dieses Zaunes treten die Grünen Schiefer auf.

**Lok. 74.** Unmittelbar südlich des Zaunes sieht man im Bachbett die untersten Schichten der Grünen Schiefer. Wegen des hohen Wasserstandes war es unmöglich, an dieser Stelle eine nähere Untersuchung vorzunehmen; einige Stücke, welche losgeschlagen werden konnten, repräsentierten jedoch folgende Gesteinstypen:

1) Ein ziemlich lockerer, feinkörniger, stark verwitterter Sandsteinschiefer, am ähnlichsten der Type VIII, aber doch etwas glaukonithaltiger und auch etwas feldspatreicher, als es diese Type normalerweise ist.

2) Ein harter, graugrüner Sandstein, der identisch ist mit den grünen Teilen der Sandsteinbank, welche etwas südlicher zu sehen ist. Hier steht nämlich im Bachbett eine 13 cm mächtige Bank an, welche in der Mitte aus einem hellen, etwas rötlichen Sandstein besteht, wogegen im oberen und im unteren Teil der Bank dunkelgrüner Glaukonitsandstein auftritt.

Der rötliche Teil besteht aus abgerundeten oder abgerollten Quarzkörnern von recht gleichmäßiger Größe, die im allgemeinen zwischen 0,5 und 1 mm liegt. Gleichzeitig findet sich eine gewisse Menge von Glaukonit in Form von hellgrünen, ganz weichen und erdartigen Klümpchen, welche ebenfalls Größen zwischen 0,5 und 1 mm besitzen. Das Bindemittel ist Kalkspat, der in so großer Menge auftritt, daß die Körner ganz davon umgeben sind, ohne einander zu berühren. Beim Übergang zu den grünen Partien sieht man, daß mehrere der Quarzkörner durch

Kieselsäure verkittet sind, und diese kleinen Bruchstücke von Sandstein liegen dann ihrerseits in einer Grundmasse von Kalkspat.

In den grünen Partien werden die Verhältnisse verwickelter (s. Taf. VII, Fig. 1.). Hier trifft man gleichfalls auf abgerollte Quarzkörner und auf Glaukonit; die Körner liegen aber in einer Masse, in welcher Glaukonitsubstanz, sekundär ausgeschiedene Kieselsäure, kleine Quarz-

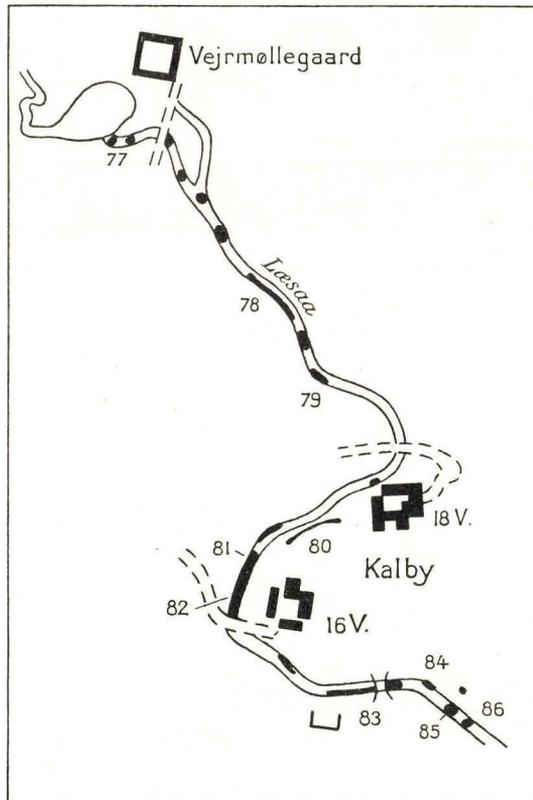


Fig. 8.

körner und Kalkspat so stark miteinander verbakken sind, daß sich schwer feststellen läßt, wie sich die einzelnen Bestandteile in genetischer Beziehung verhalten. Jedoch scheint es, daß der Glaukonit der älteste Bestandteil ist. Er tritt teils in abgerundeten und wohl abgegrenzten Körnern, teils in unregelmäßigeren Klümpchen auf. Der Kalkspat kommt teils in abgerollten Körnern vor, welche dieselbe Form und Größe haben, wie die abgerollten Glaukonitkörner, und teils als Füllmasse in den beim Trocknen des Glaukonits entstandenen Rissen. Zum Schluß scheint das Ganze mit Kieselsäure imprägniert worden zu sein. Man findet jedoch auch ganz kleine, abgerollte

Körner, die aus ganz feinen Quarzindividuen bestehen und als eine ursprüngliche Kieselsäureausfüllung anzusehen sind, die später losgerissen und anderswo hin transportiert worden ist.

Die Grenze zwischen den hellen, rötlichen und den grünen Partien ist an den meisten Stellen recht scharf, wenn auch etwas uneben und wellig. Man kann jedoch auch kleineren, hellen Partien in den dunkelgrünen Teilen begegnen, sowie dünnen Zonen von dem grünen Gestein in dem unteren, hellen Teil. Sowohl in den grünen, wie in den hellen Partien treten vereinzelt, dünne, flache Bruchstücke eines schwarzen oder dunkelgrauen Schiefers von derselben Art auf, wie der, welchen man in den dunklen Quarziten des Sandsteins beobachtet.

Diese Bank wird von einem feinkörnigen, dünnbankigen, etwas schiefrigen Sandstein überlagert. Die Schichten fallen  $6^\circ$  nach S  $26^\circ$  O ein.

**Lok. 75.** Am linken Bachufer etwas unterhalb der Straßenbrücke ist ein niedriges (0,5 m) Profil in den Grünen Schiefern sichtbar. Das Gestein gehört zur Type VIII und ist bald hart und sandsteinartig, bald lockerer und mehr schiefrig, je nach dem geringeren oder größeren Glimmergehalt. Stark grüne, glaukonitische Schichten treten auf, wenn auch ganz untergeordnet. In den hangenden Partien sieht man zwei dünne Bänke eines hellgrauen, dichten Quarzsandsteins der Type X.

**Lok. 76.** Unmittelbar oberhalb des Mühlenteiches bei Vejrmøllegaard finden sich am linken Bachufer zwei Bänke der grünen Type IX.

MOBERG (30) macht die Angabe, daß an der Südseite des Mühlenteiches zu unterst Grüne Schiefer mit Hyolithen anstehen und darüber ca. 1 m lockerer Schiefer mit 3 Bänken, welche sandsteinartige Konkretionen enthalten.

**Lok. 77.** (Fig. 8) Unmittelbar unterhalb des Mühlenteiches stehen im Bachbett Grüne Schiefer der Type IX mit Phosphoriten und Hyolithen an. Das Einfallen wird von GRÖNWALL zu  $5^\circ$  nach S  $15^\circ$  W angegeben.

Unmittelbar oberhalb der Stelle, wo der Mühlenbach sich wieder mit der Læsaa vereinigt, sind im Bachbett Grüne Schiefer der Type VIII sichtbar. Die Schichten sind hier zu unterst hart und sandsteinartig, zu oberst mehr schiefrig und lockerer. Das Einfallen ist  $8^\circ$  nach S  $20^\circ$  W. Sowohl GRÖNWALL wie POULSEN haben an dieser Stelle Hyolithen und Phosphoritknollen gefunden.

Etwas weiter abwärts sieht man schiefrige Schichten, welche von mehr sandsteinartigen Schichten überlagert sind. Beide gehören zur Type VIII. Das Einfallen wird von GRÖNWALL zu  $6^\circ$  nach S  $20^\circ$  O angegeben.

**Lok. 78.** Auf einer Strecke von ca. 10 m folgt hier eine regelmäßige Wechsellagerung von Schiefer und graugrünem Sandstein, die beide der Type VIII angehören. Die Schichten fallen  $8^\circ$  nach S  $20^\circ$  O ein. Die Sandsteinbänke haben eine durchschnittliche Mächtigkeit von 10 cm, während die Schieferlagen 15—20 cm dick sind. Auf der letzten Strecke bis an den Zaun heran tritt die Type VIII in dünnen Bänken am rechten Bachufer zu Tage.

**Lok. 79.** Unmittelbar unterhalb des Steinwalles folgen im Bachbett Bänke der Type VIII. Bei der Biegung des Bachlaufes findet man am rechten Ufer ein Profil mit folgender Schichtenserie (Fig. 9):

Zu oberst. 7. Grauer Sandstein, Type VIII..... 60 cm  
6. Helle, graue Quarzitbank, Type XII..... 17 -

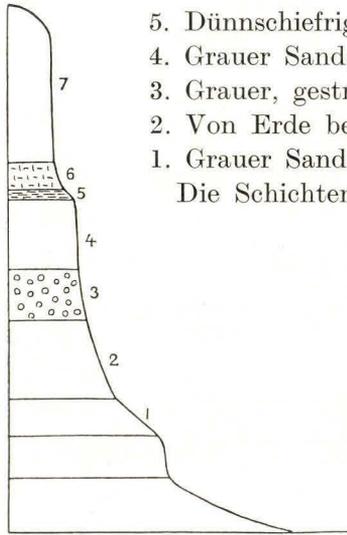


Fig. 9. Profil Lok. 79.

5. Dünnschiefrige Bank.....	5 cm
4. Grauer Sandstein, Type VIII.....	38 -
3. Grauer, gestreifter Sandstein, Type XI.....	30 -
2. Von Erde bedeckt, zu unterst Schiefer .....	50 -
1. Grauer Sandstein, Type VIII.....	20 -

Die Schichten fallen mit  $10^\circ$  nach S  $10^\circ$  O ein.

Oberhalb der Einfahrt zum nördlichen Kalbygaard findet sich am rechten Ufer ein niedriges Profil, dessen Gesteine ausschließlich der Type VIII angehören und nach oben zu schiefrig werden. Das Einfallen ist  $8^\circ$  nach S  $10^\circ$  O. Auf der Strecke zwischen Vejrmøllegaard und Kalby schwankt das Einfallen sehr stark. Außer den bereits erwähnten Werten können noch folgende Zahlen von JOHNSTRUP angeführt werden:  $7-8^\circ$  nach S  $10-15^\circ$  W,

$6^\circ$  nach S  $10^\circ$  O,  $10^\circ$  nach S  $8^\circ$  O,  $7-8^\circ$  nach S  $15^\circ$  O und  $8^\circ$  nach S  $40^\circ$  O.

Südlich der Einfahrt zum nördlichen Kalbygaard sind die Grünen Schiefer an mehreren Stellen im Bachbett sichtbar.

**Lok. 80.** Am linken Ufer stößt man auf eine Wand von Grünen Schiefen. Unmittelbar am SW Ende misst man folgendes Profil:

Zu oberst: Schiefer, Type VIII .....	20 cm
1. Gestreifter Sandstein, unregelmäßig abgelagert, Type XI	5 -
2. Sandstein, Type VIII .....	12 -
3. Sandstein, wulstig, Type VIII.....	5 -
4. Schieferiger Sandstein, Type VIII .....	28 -
5. Grauer, unregelmäßiger Sandstein, Type VIII.....	110 -

Am rechten Bachufer, unmittelbar oberhalb des Südendes dieses Profils, ist ein 1,20 m hoher Aufschluß zu sehen, wo die sandsteinartige Type VIII mit schiefrigen Lagen wechsellagert. GRÖNWALL gibt hier das Einfallen zu  $9^\circ$  nach S  $40^\circ$  O an. Auf der Strecke zwischen den beiden Kalbygaarde gibt JOHNSTRUP folgende Werte für das Einfallen an:  $6^\circ$  nach S  $10^\circ$  O,  $8^\circ$  nach S  $15^\circ$  O,  $6^\circ$  nach S  $40^\circ$  O.

**Lok. 81.** Im Steinbruch am rechten Bachufer ist folgendes Profil aufgeschlossen (Fig. 10):

1. Unregelmäßig geschichtete Schiefer, Type VIII.....	23 cm
2. Bänke von gestreiftem Sandstein, Type XI.....	4 -

3. Dünne, lockere Schieferlamellen, zu unterst eine dünne, graue Tonschicht 28 cm
4. Harter, unregelmäßig geschichteter Sandstein, Type VIII ..... 98 -
- 5—9. Wechsellagerung zwischen sandsteinartigen und schieferigen Horizonten, Type VIII ..... 50 -
10. Weiße Quarzitbank, Type XII ..... 19 -

Das Bachbett besteht aus dem grauen Sandstein der Type VIII. Die Schichten fallen mit  $10^\circ$  nach S  $50^\circ$  O ein.

In der ganzen Plantage westlich des Baches treten die Grünen Schiefer auf. Überall, wo sie gebrochen werden, sieht man etwa dieselbe Schichtserie wie im Profil am Bache. Dieses Profil erwähnt GRÖNWALL (16) als ein Beispiel für die Variation innerhalb der Grünen Schiefer. Wenn auch GRÖNWALLS Benennungen (s. S. 135) der einzelnen Unterabteilungen wesentlich von den hier gebrauchten abweichen, so herrscht doch zwischen den beiden Vermessungen eine gute Übereinstimmung.

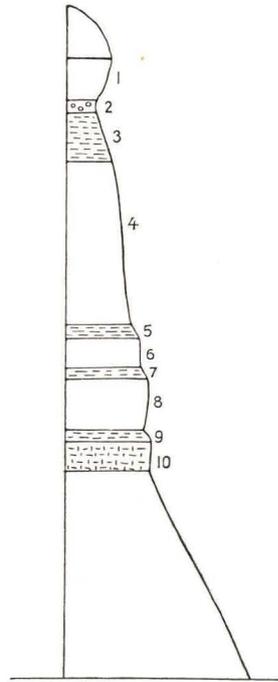


Fig. 10. Profil Lok. 81.

**Lok. 82.** Unmittelbar oberhalb der Einfahrt zu dem südlichen Kalbygaard sieht man im Bachbett einige senkrechte Bänke des grauen Kalksandsteins der Type X, welche auf eine ganz unerklärliche Art und Weise aufragen, wie es Fig. 11 zeigt.

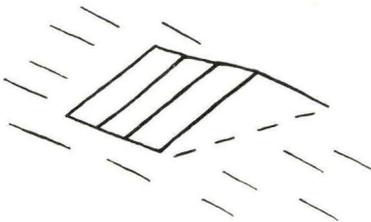


Fig. 11. Herausragende, senkrechte Bänke der Type X im Bett der Læsaa. Lok. 82.

MOBERG (30) teilt mit, daß er beim südlichen Kalbygaard am linken Bachufer hoch am Abhang in einer 15 cm mächtigen Schicht von grobem, z. T. ziemlich hartem Sandstein Hyolithen gefunden habe.

GRÖNWALL schreibt in seinem Tagebuch folgendes: »Unmittelbar SW von Lille Kalbygaard liegt in den Grünen Schiefen, die hier etwas sandiger sind als in ihrer gewöhnlichen Varietät, ein ca. 20 cm mächtiges Band eines grobkörnigen Sand-

steins mit verhältnismäßig großen, runden Quarzkörnern und Knollen von Phosphorit und Phosphoritsandstein. Am Wege liegt der Sandstein ungefähr 4 m über dem Spiegel des Baches. Das Einfallen ist  $5^\circ$  nach SO«.

Die Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse enthalten eine Gesteinsprobe von dieser Stelle, die völlig identisch ist mit dem Sandstein, welcher etwas weiter bachabwärts bei Lok. 84 zu Tage tritt.

**Lok. 83.** Am rechten Bachufer ist hier eine ca. 40 m lange Wand aufgeschlossen, die stark verwittert und daher nur schwer näherer Untersuchung zugänglich ist. Die meisten Schichten gehören zur Type VIII und sind überwiegend sandsteinartig mit unregelmäßigen Schichtungsverhältnissen. Unmittelbar oberhalb der kleinen Fußgängerbrücke erkennt man eine Bank des weißen Quarzits der Type XII. Diese kann ca. 20 m bachaufwärts zurückverfolgt werden, keilt aber dann allmählich aus. Weiter aufwärts sieht man auch zwei Bänke desselben Gesteins, die jedoch schnell nach beiden Seiten auskeilen. Desweiteren trifft man besonders am oberen Ende des Profils Bänke des grüngestreiften Sandsteins der Type XI. Unmittelbar unterhalb der kleinen Brücke sieht man am Unterende des Profils im Bachbett einige Bänke der Type VIII mit einer dünnen Bank des grauen Sandsteins von MOBERGS Lokalität.

**Lok. 84.** An der Biegung des Baches sieht man am linken Ufer ein kleines Profil mit stark steilgestellten Schichten. Auch hier besteht der größte Teil des Gesteins aus Type VIII, jedoch findet sich eine Sandsteinbank, welche von den übrigen Schichten abweicht und petrographisch mit dem Sandstein von MOBERGS Lokalität bei Kalby übereinstimmt. Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei diesem Gestein um einen graugrünen Sandstein, der in der Hauptsache aus denselben Elementen besteht wie die normale Type VIII, und der dieselbe Korngröße besitzt wie diese (Taf. VII, Fig. 2). In dieser Masse liegt jedoch eine große Anzahl von abgerollten Quarzkörnern mit Durchmesser von 0,2—1 mm. Stellenweise sind diese größeren Körner bei weitem vorherrschend, während sie an anderen Stellen nur eine mehr untergeordnete Rolle im Gestein spielen. Schließlich kann das Bindemittel stellenweise Kalkspat enthalten. Das Einfallen ist ganz bedeutend, nämlich  $10^{\circ}$  nach S  $34^{\circ}$  O.

Auch an dieser Lokalität hat MOBERG Fossilien gefunden (30). Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um dieselbe Bank, welche bei seiner Lokalität weiter oben bei Kalbygaard zu Tage tritt.

**Lok. 85.** Etwa 18 m oberhalb des Rispebjergsandsteins findet man im Bachbett einige Bänke der Grünen Schiefer. Die oberste von diesen besteht aus dem selben graugrünen Sandstein, welcher bei Lok. 84 zu sehen ist. Darunter folgt ein ziemlich ähnliches Gestein, welches bedeutend mehr Glaukonit enthält als das eben erwähnte (Taf. VII, Fig. 3), jedoch variiert die Korngröße darin in der Weise, daß Schichten mit Körnern von einem Durchmesser von 0,05 mm und abwärts mit Partien wechsellagern, wo die Korngröße zwischen 0,1 und 1,5 mm liegt. Die Übergänge zwischen den einzelnen Partien sind außerordentlich gleichmäßig, und ein gewisses Übergreifen findet statt. Im Liegenden dieser Bänke finden sich dann wiederum mehr schiefrige Schichten der Type VIII.

**Lok. 86.** Bei der Fußgängerbrücke beginnt der Rispebjergsandstein, der am rechten Bachufer in einer Wand bis zu einer Höhe von 2,50 m über dem Bachbett ansteht. Es handelt sich hier um den grauen Rispebjergsandstein der Type XIII. Das Gestein ist außerordentlich stark verwittert und voller Löcher, die mit einer braunen Limonitsubstanz gefüllt sind.

Unterhalb der Fußgängerbrücke folgt der phosphoritische Rispebjergsandstein der Type XIV, der hier im Bachbett auf einer Strecke von ca. 20 m ansteht und eine Mächtigkeit von 78 cm besitzt. Das Einfallen ist  $6^\circ$  nach S  $40^\circ$  O.

Unmittelbar östlich der Fußgängerbrücke sieht man am Hang einen Steinbruch im Rispebjergsandstein. Hier liegt zu unterst die helle, fast weiße Type XIII (Taf. VII, Fig. 4). Nach dem Hangenden zu wird das Gestein mehr porös, und die Poren sind mit einem ziemlich lockeren Limonitpulver erfüllt.

Auf der folgenden Strecke des Baches treten eine Reihe von Schichten auf, welche zum mittleren und oberen Kambrium sowie zu einem Teil des Silurs gehören. Erst bei Limensgade stoßen wir wieder auf die Grünen Schiefer.

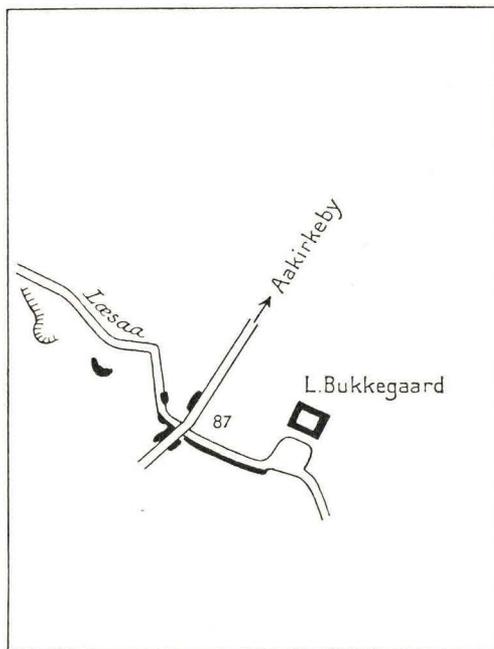


Fig. 12.

**Lok. 87.** (Fig. 12.) Dort, wo die Landstraße von Aakirkeby den Bach überquert, sieht man nördlich der Brücke an der westlichen Straßenseite ein Profil, welches auf Fig. 13 unten abgebildet ist. Im Liegenden finden sich hier Schichten der Type VIII, darüber folgen drei Bänke der Type X. Die unterste von diesen ist hart und kompakt, die mittlere zeigt etwas Schichtung, und die oberste schließlich ist etwas lockerer als die beiden anderen. Zwischen (2) und (3) befindet sich eine dünne Schieferlage.

Über diesen Bänken folgt wieder (4) lockerer, graugrüner, glimmerreicher Schiefer der Type VIII, welcher wiederum (5) von dem grauen Kalksandstein der Type X überlagert ist.

Zu oberst (6) folgen schließlich wieder lockerere, teils sandige, teils schiefrige Schichten der Type VIII.

Südlich der Brücke findet man Profile an beiden Seiten der Landstraße. Fig. 13 zu oberst zeigt das Profil an der westlichen Straßenseite.

Am Nordende treten mächtigere Bänke eines harten, graugrünen, gestreiften, etwas kalkhaltigen und unregelmäßig geschichteten Sandsteins der Type XI zu Tage. Bank 2 besteht aus dem weißen Quarzit der Type XII, darüber folgt wieder Type XI. Die Grenze zwischen diesen beiden ist scharf, aber unregelmäßig und gewellt (Taf. VIII, Fig. 2). Schicht 4 besteht ebenfalls aus Type XI. Darüber folgen vorwiegend

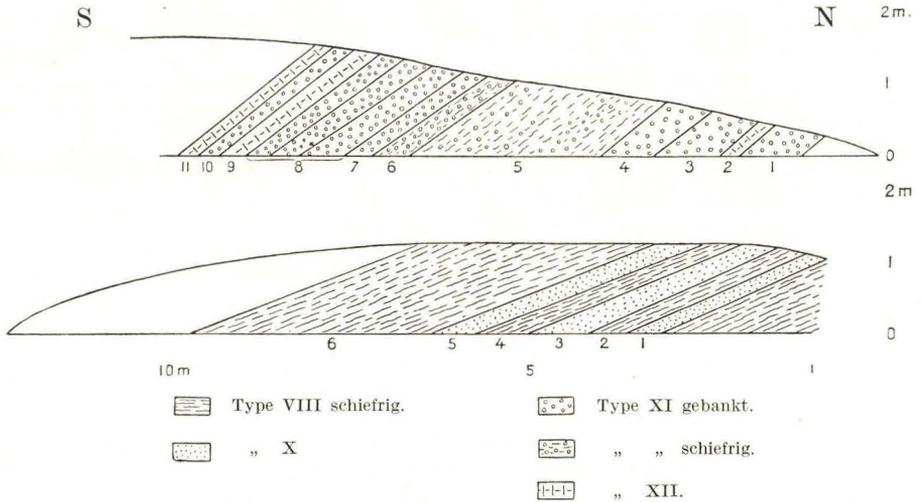


Fig. 13. Wegeinschnitt an der Læsaa. Lok. 87. Oben das Profil südlich der Brücke, unten das Profil nördlich der Brücke.\*)

schiefrige Schichten mit abgerundeten Partien der Type XI. In Schicht 6 nimmt der Schiefergehalt wieder ab, und die harten Partien der Type XI werden allmählich mächtiger, um schließlich die Bank 7, sowie die drei nächsten Bänke (8) zu bilden. Bank 9 besteht aus weißem Sandstein, Type XII, Bank 10 aus Type XI und Bank 11 wieder aus dem weißen Sandstein der Type XII. Bis zum Süden des Profils wechsel-lagern dann noch weiterhin die Typen XI und XII.

Im Profil nördlich der Brücke fallen die Schichten  $22^\circ$  nach S  $34^\circ$  W. Im Profil südlich der Brücke ist das Einfallen etwas stärker, nämlich  $32^\circ$  nach S  $40^\circ$  W.

Längs des Baches selbst kann man die Grünen Schiefer noch bis unterhalb des Hünengrabes verfolgen. Weiterhin sieht man sie im Abhang am rechten Ufer, eine kurze Strecke unterhalb des alten Kalk- und Schieferbruches.

\*) Die Signatur von Bank 2 im unteren Profil sollte diejenige von Type X sein.

GRÖNWALL teilt mit, daß am Bache westlich oder nordwestlich des Hünengrabes Phosphoritknollen und Hyolithen zu finden sind. Das Einfallen gibt er zu  $30\text{--}40^\circ$  nach S  $65^\circ$  W an, was auch mit JOHNSTRUPS Angaben übereinstimmt.

Südlich des Schieferbruches bei Limensgade ist das Einfallen nach GRÖNWALL  $4^\circ$  nach S  $70^\circ$  W, während JOHNSTRUP angibt, daß das Einfallen nach dem Alaunbruche zu  $46^\circ$  nach N  $80^\circ$  W beträgt.

Vom Wegeinschnitt gibt JOHNSTRUP folgendes Profil:

Zu oberst: Gewöhnliche Grüne Schiefer.

Eine gelbliche, nach Westen sandige Schicht mit Konkretionen aus blauem Kalk, der nach Osten zu die ganze Schicht bildet.

Eine oder mehrere Schichten desselben Kalks, die von dünnen Schichten Grünen Schiefers getrennt sind.

Bei den von JOHNSTRUP erwähnten Kalkschichten muß es sich um den grauen Kalksandstein der Type X handeln, welcher hier so dicht und kompakt ist, daß sein Sandsteincharakter erst unter dem Mikroskop ersichtlich ist.

Unterhalb der Straßenbrücke findet man Anstehendes der Grünen Schiefer am rechten Bachufer, wo sie in einem hohen Abhang zu Tage treten. Sie können ohne Schwierigkeit bis zum Mühlenteich bei Lille Bukkegaard verfolgt werden. Hier verschwinden sie jedoch vollständig, und die lockeren Erdschichten erreichen nun plötzlich eine bedeutende Mächtigkeit.

Hier bei Limensgade zeigen sich, wie bereits früher erwähnt (17), bedenkliche Folgen der Irrtümer in STEHMANN'S Untersuchungen. Er zieht nämlich die Grenze zwischen dem Nexö-Sandstein und den Grünen Schiefen südlich von Lille Bukkegaard und weiter nach SW bis zu einer von ihm gänzlich grundlos vermuteten Verwerfung (40). (Näheres hierüber im tektonischen Abschnitt, S. 153). Trotzdem die oben besprochenen Vorkommen am Straßeneinschnitt ganz unmöglich zu übersehen sind, gibt STEHMANN nördlich dieser Grenze Nexö-Sandstein an. Südlich davon, genau von der Stelle an, wo die Grünen Schiefer nicht mehr zu sehen sind, gibt er dann in dem ganzen Gebiet, welches von GRÖNWALL vollständig richtig als Mesozoikum kartiert worden ist, Grüne Schiefer an. Als Grundlage für diese Irrtümer teilt STEHMANN mit, daß es sich bei dem Vorkommen, welches GRÖNWALL in der Læsaa bei Lykkegaard erwähnt, nicht um Anstehendes handelt. Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß auf dem Meßtischblatt Aakirkeby (Nr. 5334) des Geodätischen Instituts überhaupt kein »Lykkegaard« an der Læsaa zu finden ist. Später gibt STEHMANN an (41), daß diese Schichten auf seiner Karte in seiner sogenannten »Læsaa-Mulde« liegen. Auch dies ist nicht richtig, denn

man sieht auf seiner Karte sehr deutlich, daß gerade die Strecke zwischen der Straßenbrücke und der Biegung des Bachlaufes bei Lille Bukkegaard außerhalb der Læsaa-Mulde liegt. Bezeichnend für die Arbeit ist im übrigen das Eingeständnis, daß die Formationsgrenzen schematisiert sind »und sich vielleicht nicht immer genau mit den tatsächlichen Befunden decken« (41). Dieses zeigt, daß STEHMANN sich nicht an die Tatsachen hält, wenn sie nicht mit seinen theoretischen Anschauungen übereinstimmen, eine Methode, die man natürlich nicht anerkennen kann, und die notwendigerweise das Vertrauen in seine Resultate ganz beträchtlich beeinträchtigen muß.

## V.

## Das Gebiet zwischen Læsaa und Grødby-Aa.

**Lok. 88.** Auf dem Felde etwa 200 m östlich von Lok. 62 in der Læsaa wurde 1934 eine Grube ausgehoben, an deren Boden eine lockere, gelbliche Arkose der Type III gefunden wurde. Das Gestein ist ziemlich feinkörnig und erinnert stark an dasjenige, welches bei Lok. 66 in der Læsaa ansteht. Die Schichten fallen nach SSO.

**Lok. 89.** Im nördlichen Straßengraben in unmittelbarer Nähe des Sägewerks sieht man eine helle, gelbliche Arkose der Type III.

**Lok. 90.** In einem Graben, etwas nördlich der Landstraße, sind Bänke einer weißen, stark verkieselten Arkose der Type III zu sehen, welche  $6^\circ$  nach S  $40^\circ$  W einfallen. Auf der ganzen, etwa 150 m langen Strecke wechsellagern gröbere und feinere Bänke. In den groben Bänken erreicht eine bedeutende Anzahl von Körnern einen Durchmesser von 2—5 mm, und das Gestein gehört zu den größten Typen, welche überhaupt auftreten. Schichtung ist dadurch angedeutet, daß die weißen Feldspatkörner in dünnen Streifen angeordnet liegen.

Die mehr feinkörnigen Lagen haben ebenfalls eine arkoseartige Zusammensetzung mit unregelmäßiger Korngröße und bedeutendem Feldspatgehalt.

Etwas weiter östlich sieht man in der Fortsetzung des Grabens Bänke von verwittertem Granit, und dieser tritt auch in einem Hügel unmittelbar nördlich des Ostendes von Lok. 90 zu Tage.

Südlich der Landstraße weiß man nur wenig über den Untergrund. Im Wald bei Kannikegaard tritt der Granit an mehreren Stellen zu Tage. GRÖNWALL hat eine Reihe von Angaben über weiter südlich gelegene Brunnen zusammengestellt. Diese zeigen, daß sich bei dem Hause direkt westlich von Kofodsminde Sandstein im Brunnen findet. Der Sandstein scheint hier horizontal zu liegen oder schwach nach SW einzufallen.

In einem Wasserloch südwestlich des Hauses ist der Sandstein früher gebrochen worden. Er war gelblich und enthielt große, klare Quarzkörner. Bei Kofodsminde hatte man den Brunnen in den Granit eingesprengt. Granit steht auch an der Südostecke von Kannikegaard und unmittelbar westlich davon an.

**Lok. 91.** Am Westende des Steilhanges südlich von Aakirkeby beobachtet man im westlichen Straßengraben eine Reihe von Sandsteinbänken, welche nach Süden einfallen. Am Nordende des Aufschlusses sieht man eine helle, gelbliche, ziemlich lockere, sehr grobe Arkose der Type III, welche Quarzitbrocken von Haselnußgröße enthält. Nach Süden hin nimmt die Korngröße ab, und man hat einen gleichmäßigen Übergang von der groben, konglomeratischen Arkose über mehr feinkörnige und verkieselte Arkose bis zu einem fast reinen Quarzit der Type VI vor sich.

GRÖNWALL macht über das Einfallen, vom Nordende des Aufschlusses angefangen, folgende Angaben:  $12^\circ$  nach S  $50^\circ$  W,  $12^\circ$  nach S  $40^\circ$  W,  $9^\circ$  nach S  $30^\circ$  O,  $15^\circ$  nach S  $40^\circ$  O. Diese letzte Zahl scheint aber doch etwas zu groß zu sein, jedenfalls so weit man nach den Beobachtungen des Sommers 1933 schließen konnte.

**Lok. 92.** Östlich des Weges liegt eine dreieckige Fläche, die nach Norden zu an den Granit grenzt und nach Süden von dem flachen Feld durch einen niedrigen, aber ziemlich steilen Abhang getrennt ist. Die Fläche selbst fällt ziemlich steil ab. Man sieht hier die helle Arkose der Type III, sie ist jedoch sehr stark verkieselt und außerordentlich hart. GRÖNWALL gibt von hier folgende Werte für das Einfallen an:  $25^\circ$  nach S  $25^\circ$  O,  $35^\circ$  nach S  $15^\circ$  O,  $25^\circ$  nach S  $20^\circ$  O. JOHNSTRUP gibt  $37^\circ$  nach SW und  $24^\circ$  nach S  $20^\circ$  W an. Diese Zahlen sind aber sicherlich durchweg zu hoch, da man zweifellos die Neigung der Fläche und nicht das Einfallen der Bänke gemessen hat. Die Bänke sind nämlich im Laufe der Zeit schräg abgeschliffen worden, und die ursprünglich treppenförmige Oberfläche ist allmählich zu einer gleichmäßig geneigten Fläche zurechtgeschliffen worden, welche mit einer sehr harten, stark verkieselten Kruste versehen ist. Schlägt man diese Kruste ab, so ist das darunter liegende Gestein bedeutend lockerer.

Unmittelbar östlich der Landstraße befindet sich am Süden dieser geneigten Fläche ein Brunnen. GRÖNWALL hat denselben untersucht und teilt mit (16), daß er darin eine Brekzie gefunden hat, welche ausschließlich aus Bruchstücken von quarzitischem Sandstein in einer Grundmasse von feinem Quarzmehl besteht. Eine Untersuchung von Proben dieser Brekzie, welche sich im Mineralogisk Museum befinden, hat in jeder Beziehung GRÖNWALLS Auffassung bestätigt.

**Lok. 93.** Im Steinbruch bei Aaker Fattiggaard steht ein weißer Quarzit der Type VI an. An mehreren Stellen begegnet man dünnen, auskeilenden Schichten eines grünen, glimmerreichen Sandsteinschiefers. Dieses Gestein ist bisweilen so feinkörnig, daß man es als einen hellgrünen Tonschiefer ansprechen kann. Die Oberflächen der Bänke zeigen oft einen papierdünnen Belag von kleinen Glimmerschüppchen. GRÖNWALL gibt das Einfallen an dieser Stelle zu  $4^\circ$  nach SW an und schreibt weiterhin, daß in der Wand des Steinbruches mehrere Verwerfungen zu sehen seien, wovon besonders diejenige an der Westwand sehr deutlich sei. Die Verwerfungen sollen in folgenden Richtungen streichen: N  $10^\circ$  W, N  $15^\circ$  W, N  $50^\circ$  W und S  $65^\circ$  W. Weder 1933 noch 1935 war es möglich, Anzeichen von diesen Verwerfungen zu finden, was aber darauf zurückzuführen sein kann, daß der Bruch jetzt eine bedeutend größere Ausdehnung hat als zu der Zeit, als GRÖNWALL ihn im Jahre 1898 besuchte.

**Lok. 94.** In diesem Steinbruch begegnet man demselben weißen Quarzit wie bei Lok. 93. Auf der Schichtfläche der Bänke erkennt man unregelmäßige Gruben und Furchen, und man findet auch hier die merkwürdigen, kegelförmigen Gebilde. Das Gestein in diesen ist ganz dasselbe wie in dem umgebenden Sandstein, jedoch sind sie von diesem durch ganz feine Glimmerhäutchen getrennt. JOHNSTRUP gibt das Einfallen zu  $3^\circ$  nach SW an.

STEHMANN teilt mit, daß es sich hier um denselben Sandstein handelt, wie südlich der Verwerfung im Süden von Myreby. Das würde bedeuten, daß es sich um dasselbe Gestein handelt wie bei Lok. 90. Dies ist jedoch nicht richtig. STEHMANN stellt nämlich die groben Arkosen von Lok. 89—92 mit den Quarziten von Lok. 93 und 94 gemeinsam zum Mittleren Nexö-Sandstein, der überdies nach seinen Angaben feinkörnig sein soll. Die Gesteine der Lok. 89—92 sind jedoch grobe, weiße Arkosen der Type III, während es sich bei dem Gestein der Lok. 93 und 94 um weißen Quarzit der Type VI handelt.

In dem Kapitel über die Eigenschaften des Nexö-Sandsteins stellt STEHMANN ebenfalls die Schichten mit Kegeln zum Mittleren Nexö-Sandstein und schreibt, daß bei diesem Kaolin als Bindemittel auftritt. Auch dieses ist nicht richtig. Überall, wo man Kegel beobachtet, ist das Gestein weißer, grauer oder schwarzer Quarzit, der zum Oberen Nexö-Sandstein STEHMANN'S gehört.

Unmittelbar nördlich von Lok. 94 liegt ein Haus. GRÖNWALL teilt mit, daß der Brunnen an dieser Stelle reichlich Wasser gibt und niemals versiegt. Der Brunnen ist in festen Sandstein gegraben, bei dem deutliche Schichtung zu erkennen ist. Früher war hier eine natürliche Quelle. GRÖNWALL betrachtet diesen Umstand als einen deutlichen Be-

weis dafür, daß hier nördlich der Quelle, deren Wasser von Norden her kommt, eine Verwerfung verläuft.

**Lok. 95.** Bei JOHNSTRUPS Papieren fand sich folgende Notiz: »Östlich des nördlichen Kalbygaard (18 Vdg.) in einem Graben, welcher in nord-südlicher Richtung auf die Allee zuläuft, die zum südlichen Kalbygaard führt, sowie nördlich von dieser Allee wurde ein interessanter Kontakt zwischen Sandstein und Grünen Schiefeln beobachtet, welcher  $4-8^\circ$  nach S einfällt. Dieser Punkt sollte nivelliert werden. Man erkennt hier gleichzeitig die Ähnlichkeit mit dem Vellingsaa-Sandstein. Das Gestein ist nämlich ein harter, vollkommener Quarzit und enthält Schichten mit verwitterten Feldspatkörnern; das Wichtigste ist jedoch, daß sich zwischen den Sandsteinschichten genau die selben glimmerhaltigen, fast tonigen Zwischenschichten finden, welche bei der Vellingsaa beobachtet wurden, und welche FORCHHAMMER als Beweis dafür anführt, daß es sich hier um Keuper handelt. Darüber folgt eine Schicht, welche einen Übergang zwischen dem Sandstein und den Grünen Schiefeln bildet. Sie enthält Ophiomorphen. Zu oberst reine Grüne Schiefer. Daß diese sich nicht bei Vellingsaa finden, liegt augenscheinlich daran, daß sie dort gestört sind. Das Einfallen im Graben war  $1^\circ$ . Die Länge des deutlichen Profils war 150 Fuß (50 m) und die Mächtigkeit der Grünen Schiefer schien 5—6 Fuß (ca. 2 m) zu betragen, wogegen der Sandstein natürlich nicht ausgemessen werden konnte«. (Übersetzung aus dem Dänischen).

Bei einem Besuch dieser Lokalität im Jahre 1935 konnte ich den weißen Quarzit und das Übergangsglied zwischen dem Sandstein und den Grünen Schiefeln wiederfinden. Dieses war stark verwittert, erinnerte aber im übrigen sehr an die Typen der Grünen Schiefer, welche bei Lok. 74 in der Læsaa geschlagen wurden, und welche auch in den Basalschichten der Grünen Schiefer, sowohl in der Grødby-Aa (Lok. 122) wie auch in der Øleaa (Lok. 170), beobachtet werden.

In den Sammlungen des Mineralogisk Museum finden sich jedoch die von JOHNSTRUP eingesammelten Handstücke, welche ganz frisch sind. Der weiße Quarzit gehört zur Type VI. Bei den erwähnten Tonschichten handelt es sich um einen hellen, gelblichgrauen Sandsteinschiefer, wie man ihn überall in den weißen Quarziten antrifft, und welcher mit den siallitischen Schichten in der Vellingsaa nicht übereinstimmt. Die Übergangsschicht besteht aus einem dunkelgrünen, braungestreiften Sandstein, der aus runden oder kantenrunden Quarzkörnern besteht oder aus Gruppen von Quarzkörnern, welche durch Kieselsäure zusammengebacken sind. Diese Körner oder Körnergruppen sind in eine glaukonitische Grundmasse eingebettet, welche zusammen mit etwas ausgeschiedener Kieselsäure das Bindemittel bildet. Stellenweise

ist diese glaukonitische Grundmasse zu einem lockeren Limonitpulver verwittert, und wo dieses später ausgewaschen ist, wird das Gestein stark porös.

**Lok. 96.** Im südlichen Teil der Ugleenge steht in einigen Gräben ein quarzitischer Sandstein an. Gleich weiter nach Süden folgt in den Gräben der grüne Ton, welchen GRÖNWALL für mesozoisch hält. STEHMANN (40, 41) schreibt, daß HÖHNE diesen Ton nicht für anstehend hält, und trägt deshalb an dieser Stelle Grüne Schiefer auf seiner Karte ein. Dies ist jedoch nicht richtig, und weder STEHMANN noch HÖHNE haben einen Beweis dafür geliefert, daß der grüne Ton hier nicht anstehend wäre. Man kann denselben vielmehr mit dem Handbohrer von Limensgaard ostwärts jedenfalls bis etwas östlich des Weges verfolgen, welcher von der Station Ugleenge südwärts führt. GRÖNWALL ist zweifellos im Recht, wenn er zwischen dem Sandstein und dem Ton eine Verwerfung zieht und auf seiner Karte das ganze Gebiet südlich dieser Verwerfung mit derselben Signatur versieht wie die kohleführenden Ablagerungen.

**Lok. 97.** Weiter nördlich in der Ugleenge existieren mehrere kleinere Steinbrüche in weißem, grauem oder schwarzem Quarzit der Typen VI und VII. Die Schichten fallen  $8^\circ$  nach S  $20^\circ$  O ein. GRÖNWALL macht von dem Gebiet bei der Ugleenge folgende Angaben: »In einem Steinbruch unmittelbar südlich der Landstraße, Einfallen  $2-4^\circ$  nach SSW oder SW. Unter 1 m gutem Gestein folgt Ton oder lockere Tonschiefer, 15 cm, darunter schlechter Stein. Ca. 200 m westlich von dieser Stelle S des Weges ein Steinbruch in quarzitischem Sandstein mit dicken Bänken, welche etwa mit  $8^\circ$  nach N  $55^\circ$  O einfallen.

Südöstlich vom Svendhøj liegt eine Quelle, welche Lille Bukkegaard mit Wasser versorgt. In der Nähe der Quelle verläuft die Leitung in Sandstein, sonst in Ton.

Im Brunnen beim Hause an der Landstraße östlich von Ugleenge findet man Sandstein und ebenso auf dem Felde westlich von dieser Stelle.

**Lok. 98.** In dem Graben, welcher von der Landstraße direkt nach Norden führt, kann man Bänke von weißem und grauem Quarzit ca. 200 m weit verfolgen. Dagegen gelang es nicht, GRÖNWALLS Lokalitäten längs der Eisenbahn und bei St. Klintegaard wiederzufinden.

**Lok. 99.** Hier beobachtet man im Graben eine helle, gelbliche Arkose oder vielleicht auch nur einen stark verwitterten und umgelagerten Granit. Die Quarzkörner sind unregelmäßig und kantig. Der Feldspat ist etwas verwittert und ausgebleicht, zeigt aber noch eine helle rötliche Farbe. Die dunklen Mineralien sind stark umgewandelt, sind aber noch in Form kleiner, gelbgrüner, chloritischer Partien angedeutet. An

vielen Stellen erkennt man, daß die Quarz- und Feldspatkörner noch in der selben Weise miteinander verwachsen sind, wie sie im Granit liegen; dagegen fehlt der Hämatit gänzlich. Bei dem Hofe unmittelbar nördlich dieser Stelle steht ein roter, feinkörniger Granit an.

Nach GRÖNWALL findet sich Sandstein im Brunnen bei den beiden Häusern unmittelbar östlich des Bahnüberganges.

**Lok. 100.** Im Graben neben der Bahnlinie beobachtet man an einigen Stellen eine weiße oder fast hellgraue, sehr lockere Arkose, welche fast ganz aus Quarzkörnern besteht. Diese sind mehr oder weniger abgerollt, und die Korngröße ist etwas ungleichmäßig. Die Mehrzahl der Körner hat Durchmesser zwischen 0,5 und 1 mm. Ein Teil der Quarzkörner ist klar und farblos, aber eine beträchtliche Anzahl ist doch dunkel pigmentiert. Die größeren Quarzkörner sind in eine Masse eingebettet, welche aus ganz feinem Quarzpulver nebst einer gewissen Menge von Glimmerschüppchen besteht.

Der Feldspat fehlt beinahe ganz, und wenn er vorhanden ist, so ist er stark verwittert und teilweise durch Kieselsäure ersetzt, ähnlich wie in Type III. Auch zusammengesetzte Quarzkörner, wie sie von den Typen III und IV bekannt sind, sind hier vorhanden. Die Farbe ist hellgrau, fast wie die hellsten Partien der Type IV.

Westlich der Eisenbahn steht der Granit mehrfach an dem Wege an, welcher durch Nyby führt.

**Lok. 101.** In diesem recht ansehnlichen Steinbruch beobachtet man eine helle, graue Arkose, welche teils gröber, teils feiner ist. Die groben Schichten bestehen aus Quarz und Feldspat, die in eine mehr feinkörnige Grundmasse eingebettet liegen. Die Mehrzahl der gröberen Körner hat Durchmesser zwischen 2 und 5 mm, jedoch können einzelne Körner auch einen Durchmesser von bis zu 10 mm erreichen. Die Form der Körner ist etwas unregelmäßig, kantenrund oder rund, jedoch nur selten vollständig abgerollt. Die Körner bestehen meistens aus einem einfachen Quarzindividuum, jedoch trifft man auch auf zusammengesetzte Körner von derselben Art, wie sie in den Arkosen der Typen III und IV zu finden sind. Auch Körner mit einer granophyrischen Verwachsung von Quarz und Feldspat können auftreten. Die Quarzkörner sind oft rötlich oder von grauem Farbton, selten klar und farblos.

Die Feldspatkörner sind immer ganz weiß und stark gespalten. Die Spalten und Risse sind mit einem weißen, siallitischen Pulver erfüllt.

Die Grundmasse, in welcher diese gröberen Mineralkörner eingebettet sind, besteht aus kleineren Quarz- und Feldspatkörnern, die ihrerseits wieder in einer weißen, siallitischen Masse liegen.

Die feinkörnigen Lagen der Arkose entsprechen vollständig der Grund-

masse in den größeren Partien. Das Gestein besteht also aus zwei Bestandteilen: 1) einer feinkörnigen, sandsteinartigen Arkose, die in ihrer Struktur stark an Type II erinnert, von der sie sich nur durch ihre graue Farbe und die starke Feldspatverwitterung unterscheidet, 2) aus einem Anteil von größerem Material mit rötlichen oder grauen Quarzkörnern und stark verwittertem Feldspat. Die Schichtungsverhältnisse sind unregelmäßig und erinnern etwas an diejenigen, welche man z. B. im Frederiks-Steinbruch bei Nexö beobachtet. An mehreren Stellen begegnet man Schichten eines grünen Sandsteinschiefers, welche höchstens ca. 5 cm mächtig werden und schnell nach beiden Seiten auskeilen.

GRÖNWALL schreibt über diese Stelle: »Steinbruch in grobem, quarzitischem Sandstein, oft konglomeratisch mit diskordanter Wechsellagerung und mit Wellenfurchen. Stellenweise stark schiefrige Schichten zwischen harten Schichten. Einfallen 5—8° nach O«.

**Lok. 102.** Im nördlichen Straßengraben sieht man Bänke einer roten Arkose der Type I.

**Lok. 103.** Im Graben sieht man rote Arkose der Type I, sowie helle, gelbliche Arkose der Type III.

GRÖNWALL teilt mit, daß bei dem Bahnübergang des Weges, an dem Lok. 103 gelegen ist, ein rötlicher, grober Sandstein ansteht.

**Lok. 104.** Im Straßengraben steht hier eine rote Arkose der Type I an. Die Bänke fallen nach O oder SO ein. Etwas weiter südlich tritt eine hellere Arkose auf, die derselben Type angehört wie diejenige von Lok. 99. Nach GRÖNWALL findet sich westlich von dieser Stelle Sandstein im Brunnen sowie in der Jauchegrube bei 23 Vdg. in Aaker. Die Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse enthalten eine Probe vom Brunnen. Es handelt sich hier um eine Arkose der Type I, wo gröbere und feinere Lagen wechseln. Westlich und südwestlich vom Hofe steht Granit an. Etwas südlich des Hofes hat man in dem nach Osten führenden Graben Arkose angetroffen. Das Einfallen der Schichten ist unregelmäßig, aber sicherlich nach SO.

63. Slvg. hat ebenfalls Sandstein im Brunnen, und auch westlich des Hofes steht Sandstein, eine helle, grobe Arkose, an.

Auch bei dem Hause westlich von dieser Stelle findet sich Sandstein im Brunnen, und es ist daher wahrscheinlich, daß der Sandstein den Untergrund der ganzen Niederung bis herüber zur Læsaa bildet, wo er ja beim Frostegaard-Sägwerk anstehend getroffen wird.

Nach GRÖNWALL findet sich auch etwas südlicher, im Brunnen bei 62 Slvg., Sandstein in einer Tiefe von 4 m, aber noch weiter südlich kommt der Granit wieder im Hügel hoch.

Nördlich dieser Vorkommen haben die lockeren Erdschichten eine

ganz bedeutende Mächtigkeit, und noch weiter nördlich tritt der Granit im Bavnebakke zu Tage. Das Gelände erhebt sich hier zu einem Steilhang, welchen man in südöstlicher Richtung bis nördlich von Kastelsgaard und Myremølle verfolgen kann.

**Lok. 105.** Nördlich von Plusenge hat das Wasserwerk Aakirkeby im Jahre 1933 eine Brunnengrabung und Bohrung vornehmen lassen, welche folgendes Profil ergab (Bohrarchiv von Danmarks Geologiske Undersøgelse, Bohrung Nr. 247.7).

Sandiger Ton.....	3 m
Verwittertes Gestein.....	2 -
Sandstein.....	12,5 m

Neben dem Brunnen, welcher im Juli 1934 mit Wasser gefüllt war, lag eine Menge ausgegrabenen Materials, welches durchweg aus einer sehr groben, roten Arkose von einem Typus bestand, welcher von anderen Lokalitäten nicht bekannt ist. Dieselbe enthält bis zu 3 cm große Brocken von Quarz, Feldspat und verwittertem Granit. Der Feldspat ist stark zersprungen, und in allen Spalten und Rissen findet man eine dunkelrote, tonige Substanz von derselben Art wie in Type I. Die ursprüngliche Form der Körner und die Spaltflächen sind jedoch noch immer deutlich. Der Biotit ist zu flachen Schmitzen einer dunkelgrünen, chloritischen Substanz umgewandelt, die noch die ursprüngliche, blätterige Struktur des Biotits aufweisen oder aber auch vollständig zu einem lockeren, hellgrünen Pulver umgewandelt sind.

Die Matrix besteht aus kleinen Quarz- und Feldspatkörnern nebst einem erdartigen, roten Pulver. Das Gestein kann kaum jemals umgelagert worden sein und ist sicher als eine stark verwitterte Verwerfungsbrekzie anzusprechen, eine Annahme, in der man dadurch bestärkt wird, daß sich gerade hier GRÖNWALLS Verwerfung zwischen dem Granit und dem Sandstein hinzieht.

Südlich von Østre Ellegaard und Stubbegaard tritt nach GRÖNWALL Granit in niedrigen, glatten Höckern zu Tage. Indessen gelang es nur am Wege südlich von Stubbegaard, dieses Vorkommen wiederzufinden. Bei Lille Myregaard soll nach GRÖNWALLS Angaben der Pflug fast immer den Sandstein erreichen.

**Lok. 106.** In dem alten Steinbruch beobachtet man hier zu unterst wechselweise gröbere und feinere Schichten. Die gröberen Schichten sind am ehesten als eine grobe, stark verkieselte Arkose der Type III zu betrachten. Der größte Teil der Körner hat einen Durchmesser von ca. 1 mm, aber in den konglomeratischen Lagen werden Korngrößen bis zu 1 cm erreicht. Darüber folgt ein feinkörnigerer, siallitischer Sandstein mit einer Korngröße zwischen 0,1 und 0,5 mm. Das Gestein erin-

nerst stark an dasjenige in der Vellingsaa bei Lok. 19 und in der Læsaa bei Lok. 64.

Die groben Schichten können so stark verkieselt sein, daß sie als ein reiner, grober, grauer Quarzit anzusprechen sind. Die Schichten fallen schwach nach S ein.

**Lok. 107.** In diesem Steinbruch steht gleichfalls eine weiße, stark verkieselte Arkose der Type III und Quarzit der Type VI an, der eine dünne konglomeratische Schicht enthält. Die Struktur ist sehr unregelmäßig. Es finden sich durcheinander gröbere und feinere Lagen, und auch dünne, auskeilende Schichten eines feinkörnigen, grünen, glimmerreichen Sandsteinschiefers werden beobachtet.

**Lok. 108.** Im Entwässerungskanal des Myregaard Myre steht beiderseits der Landstraße eine rote Arkose der Type I an. Südlich der Landstraße können die Schichten bis zur Biegung des Kanals verfolgt werden. Die Schichten fallen schwach nach SSO ein.

Nach GRÖNWALL findet sich anstehender Sandstein im Brunnen bei St. Myregaard in einer Tiefe von 4 m.

**Lok. 109.** Auch hier trifft man im Graben die rote Arkose der Type I an, die man bis unmittelbar nördlich von Bækkegaard weiter verfolgen kann.

**Lok. 110.** Unmittelbar südlich der Plantage befindet sich ein Steinbruch, in welchem zu unterst eine Arkose der Type III ansteht. Diese wird nach oben zu mehr und mehr verkieselt und ist schließlich vollständig quarzitisch. Das Gestein ist grob und nach oben zu fast konglomeratisch.

Weiter nördlich befindet sich in der Plantage ein Steinbruch in ganz genau demselben Gestein. Man findet hier einzelne rotgefärbte Quarzkörner und dünne Lagen von dunkelvioletten Eisenoxyden.

**Lok. 111.** Im Steinbruch nördlich der Landstraße auf der Südseite des Kastelsbakke steht zu unterst eine feinkörnige, weiße Arkose der Type III an, jedoch von einer etwas mehr einheitlichen Korngröße. Darüber folgt ein weißer Quarzit der Type VI, der jedoch vereinzelt stark verwitterte Feldspatkörner enthält. Im Dünnschliff gewahrt man, daß diese Feldspatkörner stellenweise durch sekundäre, authigene Kieselsäure ersetzt worden sind. Nach oben zu wird das Gestein etwas grau, und das Profil schließt mit einer weißen, groben Arkose der Type III ab, welche weiße Feldspatkörner und große, abgerollte, rötliche und schwarze Quarzkörner enthält. Die Schichten fallen  $8^\circ$  nach S. Nach GRÖNWALL ist das Einfallen  $6^\circ$  nach S  $50^\circ$  W.

**Lok. 112.** Im Steinbruch bei Myremølle, unmittelbar südlich der vorigen Lokalität steht zu unterst ein grober, weißer, etwas arkoseartiger Quarzit an, der sehr an die obersten Schichten im Bruche nördlich des Weges (Lok. 111) erinnert, es fehlen jedoch die groben, roten und schwarzen Quarzkörner.

Zu oberst folgt ein rein weißer Quarzit der Type VI, der aber einige kleine, weiße Feldspatkörner aufweist. Die liegendsten Bänke fallen  $24^\circ$  nach S  $70^\circ$  O, wogegen die hangenden Bänke nur  $8^\circ$  nach S  $26^\circ$  W einfallen. Nach GRÖNWALL ist das Einfallen  $15^\circ$  nach S  $20^\circ$  O.

JOHNSTRUP schreibt, daß sich im Graben beim Wege nach Kastelsgaard große Sandsteinplatten finden, welche  $5^\circ$  nach S  $30^\circ$  W einfallen.

Nach GRÖNWALL findet sich anstehender Sandstein im Brunnen bei der Schule und beim Hause unmittelbar westlich hiervon. Dagegen findet sich Granit im Brunnen beim Hause nördlich der Schule und im Brunnen an der Schmiede bei Skovbro.

**Lok. 113.** Im Steinbruch findet sich hier zu unterst eine blaugraue Arkose der Type IV. Nach oben zu wird dieselbe gröber und fast konglomeratisch. Die Schichtung ist unregelmäßig. Schräg- und Kreuzschichtung sind häufig. Auch dünne, auskeilende Schichten eines grünlichen, glimmerreichen Sandsteinschiefers treten stellenweise auf. Das Einfallen ist unregelmäßig.

**Lok. 114.** In der Plantage befinden sich 3 verlassene und zugewachsene, alte Steinbrüche in demselben Gestein wie bei Lok. 113.

**Lok. 115.** Der Steinbruch war teilweise mit Wasser gefüllt. An den Rändern des Wasserloches sieht man nur die blaugraue Arkose. Die Farbe schwankt etwas, kann aber beinahe ganz weiß werden. In der Umgebung des Wasserloches lagen Blöcke, die nach den Angaben der Bewohner der umliegenden Häuser auf dem Grunde des Wasserloches gebrochen waren. Mehrere dieser Blöcke bestanden aus einem groben, konglomeratischen Gestein, welches zu der blaugrauen Arkose der Type IV gehört. Das Konglomerat scheint im Graben weiter nördlich einen schwarzen Quarzit der Type VII zu überlagern. Die Schichten fallen  $8^\circ$  nach S  $50^\circ$  O ein. GRÖNWALL gibt an, daß die Schichten horizontal liegen.

**Lok. 116.** Der Steinbruch war teilweise mit Wasser gefüllt. Am Südostrande steht eine blaugraue Arkose der Type IV an. An der nordwestlichen Seite dagegen beobachtet man einen schwarzen oder grauen Quarzit der Type VII. Die Schichten fallen  $18^\circ$  nach S  $40^\circ$  O.

**Lok. 117.** An der Nordostecke der Plantage befindet sich ein Steinbruch mit folgender Schichtenfolge:

4. Blaugraue Arkose, Type, IV .....	40 cm
3. Dieselbe, etwas dunkler .....	50 -
2. Konglomeratzone.....	54 -
1. Dunkel-blaugraue Arkose, wie 3 .....	23 -

Das Einfallen ist  $8^\circ$  nach S  $50^\circ$  O, da aber die Schichtflächen sehr uneben sind, so ist das Einfallen schwer zu messen. In dem Graben, welcher zur Grødby-Aa herabführt, sieht man dasselbe Gestein wie im hangenden Teil des Profils im Steinbruch.

**Lok. 118.** Im Bruche nördlich des Weges stehen wechsellagernde schwarze, weiße und graue Quarzite der Typen VI und VII an. Die Schichten liegen etwa horizontal. Im Steinbruch S des Weges steht vorwiegend grauer Quarzit mit dünnen, schwarzen Streifen an.

Auf einer großen Schichtfläche erkennt man trichterförmige oder schüsselförmige Vertiefungen von der Art, wie sie JOHNSTRUP als Kegel bezeichnet. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 3 und 5 cm. Die Form ist kreisrund oder oval, die Tiefe recht gering. Das Einfallen der Schichten ist  $6^\circ$  nach S  $60^\circ$  O.

**Lok. 119.** In diesem Steinbruch beobachtet man folgende Schichtenserie:

- Zu oberst: Schwarzer Quarzit.
- Heller, grauer Quarzit.
- Dunkelgrauer Quarzit.

Der helle Quarzit ist von schwarzen Streifen durchsetzt, die auf Ausfällung von Schwefeleisen zwischen den Körnern zurückzuführen sind. Die Schichten fallen  $4^\circ$  nach S  $10^\circ$  W.

**Lok. 120.** An der Weggabelung südlich der Mühle von Hundshale befindet sich ein großer Steinbruch in einem weißen, quarzitischem Sandstein der Type VI. Die Schichtungsverhältnisse sind ungleichmäßig, indem gröbere und feinere Lagen miteinander abwechseln. Auch dünne, dunklere Streifen treten in dem weißen Quarzit auf. Am Nordende scheint der weiße Quarzit von schwarzem Quarzit der Type VII unterlagert zu werden.

Unmittelbar südlich dieser Stelle läuft die Grenze gegen die Grünen Schiefer, die sich nach GRÖNWALLS Angaben im Brunnen bei Dalegaard finden sollen.

Auf JOHNSTRUPS Karte findet man weiterhin ein Vorkommen von Grünen Schiefen unmittelbar westlich von St. Krusegaard. Diese Lokalität wurde jedoch nicht wiedergefunden.

Nach STEHMANN soll (40) N von Hundshale Mittlerer Nexö-Sandstein anstehen. Wie aber aus dem Obigen hervorgeht, ist dieses nicht richtig,

da man nämlich in diesem Gebiet die schwarzen Quarzite vor sich hat, welche STEHMANN selbst zu seinem Oberen Nexö-Sandstein stellt, und nördlich hiervon die blaugraue Arkose, welche einen Teil von STEHMANN'S Aakirkebykonglomerat bildet.

## VI. Grødby-Aa.

JOHNSTRUP gibt auf seiner Karte an, daß sich in der Grødby-Aa südlich der Straße Aakirkeby—Nexö etwa bis zur Schule Sandstein anstehend findet. Bei einem Besuch der Lokalität im Jahre 1935 gelang es jedoch nicht, irgendwelche Spuren von Anstehendem zu finden und zwar weder hier noch weiter abwärts bis Rundlykkehus.

**Lok. 121.** Fig. 14. Bei Rundlykkehus gewahrt man im Bache Bänke von weißem Quarzit, welche mit  $20^\circ$  nach S  $30^\circ$  W einfallen. Der Sandstein ist bis zur Nordostecke des Hofes zu verfolgen. Das Einfallen wird hier etwas geringer. Nach GRÖNWALL ist das Einfallen  $25^\circ$  nach S  $60^\circ$  W.

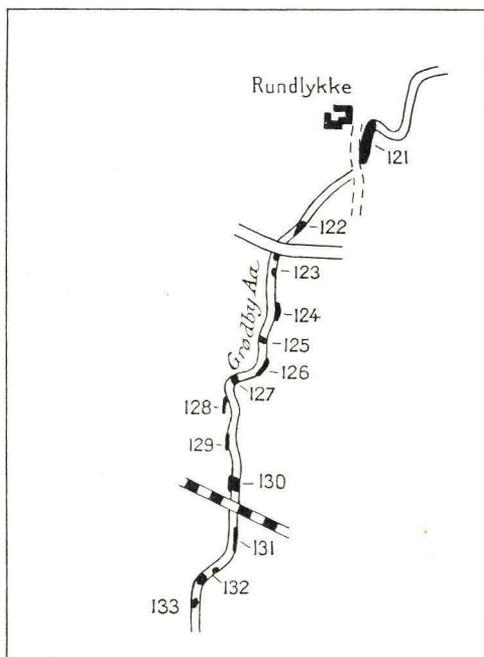


Fig. 14.

**Lok. 122.** Hier sieht man Wechsellagerung von etwa 2 cm mächtigen Bänken eines dunklen, grünen Sandsteins mit feinkörnigeren, bisweilen fast tonigen Schichten. Fig. 15 zeigt einen Dünnschliff des Gesteins. Zu oberst sieht man den Sandstein, der aus abgerollten Quarz- und Glaukonitkörnern mit Durchmessern zwischen 0,2 und 0,5 mm besteht. Diese Quarzkörner liegen in einer Grundmasse von ganz feinen Quarzkörnern eingebettet, und das ganze ist durch Kalkspat verkittet. Die dunklen Streifen bestehen aus ganz feinen Quarzkörnern, die in dünnen, von parallel eingelagerten Glimmerblättchen getrennten Lagen angeordnet sind. Jede dieser Schichten hat nur die Dicke eines Korndurchmessers. Man findet auch etwas organische Substanz und vielleicht auch etwas Schwefeleisen. Die Körner der Grundmasse sind kleiner als 0,05 mm.

Unter dem schwarzen Streifen finden sich wiederum die größeren Körner, welche jedoch gegenüber der vorherrschenden, feinkörnigen Grundmasse zurücktreten. Dieser Wechsel ist in dem gesamten Profil zu beobachten, welches jedoch nur eine Mächtigkeit von wenigen Zentimetern aufweist.

Das Einfallen ist schwach südöstlich.



Fig. 15. Mikrophotographie des Gesteins von Lok. 122.

**Lok. 123.** Am linken Ufer ist ein kleines Profil mit folgender Schichtenfolge entblößt:

Zu oberst:	7. Stark grüner, glimmerreicher Sandsteinschiefer..	12 cm
	6. Dunkelgrüner Glaukonitsandstein.....	6 -
	5. Grüner Sandsteinschiefer.....	2 -
	4. Dunkelgrüner Glaukonitsandstein.....	4 -
	3. Feinkörniger, dünnchiefriger Glaukonitschiefer..	10 -
	2. Dunkelgrauer Sandstein.....	5 -
	1. Blaugrauer, kalkhaltiger Sandstein.....	3 -

Die Sandsteinbänke 2, 4 und 6 bestehen aus demselben Gestein wie der dunkelgraue Sandstein bei Lok. 122 und bei Lok. 74 in der Læsaa. Die Schieferschichten 1, 3 und 5 sind bisweilen ganz schwarz und sehr hart.

Die Schichten liegen fast horizontal. Das Einfallen wurde zu  $2^\circ$  nach SO bestimmt, was mit GRÖNWALLS Angaben übereinstimmt.

**Lok. 124.** Im Bachbett stehen hier die selben Schichten an wie bei Lok. 123. Das Gestein ist aber stark rotverwittert. Die Schichten scheinen schwach nach Osten einzufallen. Nach GRÖNWALL steht auf der hier erwähnten Strecke im Bachbette eine 3 cm mächtige Kalksteinbank



Fig. 16. Profil durch die Grünen Schiefer in der Grodby-Aa bei Lok. 126.

an, welche in konstanter Mächtigkeit und vollständig horizontaler Lagerung über eine längere Strecke verfolgt werden kann. Es handelt sich hierbei offenbar um den untersten im Profil Lok. 123 erwähnten, schwarzen, kalkhaltigen Sandstein, den GRÖNWALL für eine Kalkbank gehalten hat, ein Irrtum, der insofern naheliegt, als das Gestein makroskopisch einem Kalkstein ähnelt und außerdem mit Salzsäure braust. Erst unter dem Mikroskop erweist es sich als ein Sandstein mit Körnern von einem Durchmesser von kleiner als 0,05 mm. Es ist dies der gleiche Irrtum, wie er auch bei Type X konstatiert werden konnte.

**Lok. 125.** Im Bachbett sieht man hier einen feinkörnigen, graugrünen Sandstein der Type VIII. Das Gestein erinnert in seiner Farbe etwas an die Type IX, unterscheidet sich jedoch von dieser durch seine gleichmäßige Korngröße, die zwischen 0,01 und 0,05 mm liegt.

**Lok. 126.** Am linken Bachufer gewahrt man das auf Fig. 16 dargestellte Profil:

Der größte Teil der Schichtserie besteht aus Type VIII. Es handelt sich teils um ziemlich harte, teils um mehr schiefrige Bänke. Dieser Unterschied ist jedoch nur äußerlich. Er macht sich nicht bemerkbar, wenn man das Gestein mit dem Hammer anschlägt.

Schicht 1 ist ein grauer, ausgeprägt schiefriger, feinkörniger Sandstein mit einer Korngröße von etwa 0,05 mm.

Schicht 2 ist eine harte Bank der Type X, die jedoch hier nicht kalkhaltig ist. Schicht 4 und 6 zeigen dasselbe Gestein, wie die hangenden und die liegenden Partien, sind aber anscheinend etwas gebankt. Die Schichten liegen horizontal.

**Lok. 127.** Hier kommen die Schichten von Lok. 122—124 wieder im Bachbett zum Vorschein. Das Einfallen ist hier  $2^\circ$  nach S  $10^\circ$  W.

An den **Lokalitäten 128, 129 und 130** beobachtet man am linken Ufer Profile der üblichen, graugrünen Type VIII. Die Schichtserie ist hier so einförmig, daß eine Ausmessung überhaupt nicht vorgenommen werden konnte. Bei Lok. 130 steht im Bachbett die grüne Type X mit Phosphoritknollen an.

**Lok. 131.** Südlich der Eisenbahn steht im Bachbett ein Sandstein an, der etwas an denjenigen erinnert, welcher von der Læsaa Lok. 84 beschrieben wurde, und in welchem MÖBERG Fossilien fand. Ebenso wie dieser besteht er aus einer feinkörnigen Grundmasse, in welcher große, abgerollte Quarz- und Glaukonitkörner in größerer oder geringerer Zahl eingebettet sind. Ein Teil der Glaukonitkörner ist mehr oder weniger von Kalkspat angegriffen. Etwas südlicher tritt ein ähnlicher Sandstein auf, jedoch ist hier der Unterschied zwischen den beiden Korngrößegruppen etwas geringer.

**Lok. 132.** Im Bachbett steht hier auf einer Strecke von ca. 10 m ein dunkelgrüner Glaukonitsandstein der Type IX mit Phosphoritknollen an. Die Schichten liegen ganz horizontal, und über die ganze Strecke kann man dieselbe Bank verfolgen.

**Lok. 133.** Im Bachbett beobachtet man einen graugrünen, glimmerreichen Sandstein.

Weiter abwärts ist vom Untergrunde nicht eher etwas zu sehen, als bis man die Brücke bei Grammegaard erreicht.

**Lok. 134.** (Fig. 17.) Im Bachbett sieht man einen graugrünen Schiefer, in welchem POULSEN einige Hyolithen gefunden hat.

**Lok. 135.** Unmittelbar westlich des Feldweges, der nach Grammegaard hinaufführt, steht ein graugrüner, etwas glaukonitischer, fein-

körniger Sandstein an, welcher jedoch zur Type VIII gestellt werden muß.

**Lok. 136.** Am linken Ufer des Baches beobachtet man ein kleines Profil mit folgender Schichtenserie:

Zu oberst:	4. Schiefrige Schichten, Type VIII.....	63 cm
	3. Wulstige, harte Bänke, Type VIII.....	45 -
	2. Glaukonithaltiger, feiner Sandstein.....	14 -
	1. Schiefer, Type VIII.....	48 -

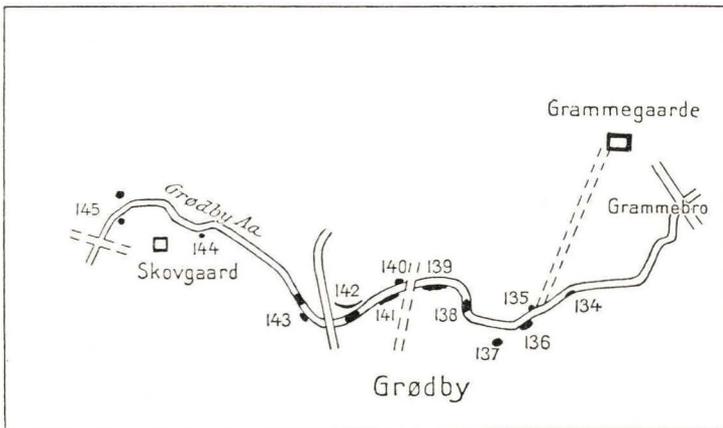


Fig. 17.

**Lok. 137.** Auf der Wiese südlich des Baches beobachtet man einige kleinere Vorkommen eines graugrünen, glimmerhaltigen Gesteins der Type VIII.

**Lok. 138.** Im Bachbett tritt eine Reihe von Bänken eines Gesteins zu Tage, das etwas an Type IX erinnert, jedoch etwas dunkler ist und einen mehr grauen Farbton aufweist. Es enthält vereinzelte Phosphoritknollen.

**Lok. 139.** Östlich des Feldweges, welcher nach 11 Vdg. in Grødby hinaufführt, findet sich ein etwa 2 m hohes Profil aus stark grünen, glaukonithaltigen Gesteinen der Type IX mit zahlreichen Phosphoritknollen und kleineren, phosphatisierten Partien, die jedoch gleichmäßig in das Nebengestein übergehen, ohne daß man sie herausschlagen kann, wie das bei den eigentlichen Phosphoritknollen möglich ist.

**Lok. 140.** Im Bachbett gewahrt man am rechten Ufer dünne Schichten eines lockeren, grauen, etwas schiefrigen Gesteins der Type VIII.

**Lok. 141.** Am linken Ufer befindet sich ein ca. 1,5 m hoher Aufschluß in grünem Gestein der Type IX, welches zahlreiche Phosphoritknollen enthält.

**Lok. 142.** Am rechten Ufer sieht man ein ca. 1,5 m hohes Profil in dem grünen Gestein der Type IX mit zahlreichen Phosphoritknollen. Im Bachbett erscheint ein graues Gestein der Type VIII. Auf der ganzen Strecke zwischen Lok. 134 und Lok. 142 scheinen die Schichten schwach nach W einzufallen.

**Lok. 143.** An der Böschung findet man ein Profil im grünen Sandstein der Type IX, und im Bachbett sieht man die graue, feinkörnige Type VIII.

**Lok. 144.** An der Böschung des linken Bachufers findet sich ein Profil in einem Gestein, das anscheinend mit dem von Lok. 143 übereinstimmt. Es ist jedoch stark verwittert und deshalb schwierig zu bestimmen.

**Lok. 145.** Nördlich von Skovgaard findet sich nach GRÖNWALL am rechten Bachufer folgendes Profil (16):

Zu oberst:	5. Schiefer, grünlich, von der gewöhnlichen Art....	60 cm
	4. Sandstein, grün, schiefrig.....	8 -
	3. Schiefer.....	50 -
	2. Sandstein, grau.....	20 -
	1. Schiefer, grün.....	80 -

Jetzt ist das Profil fast ganz zugewachsen, so daß nur der graue Sandstein (Nr. 2 in GRÖNWALLS Profil) zu erkennen ist. Dieser ist jedoch nicht grau, sondern eigentlich schwach gelbgrün infolge seines bedeutenden Glimmer- und des etwas geringeren Glaukonitgehalts. Das Gestein muß zur Type XII gestellt werden. An der Südseite des Baches beobachtet man die selbe Sandsteinsbank wie an der Nordseite, jedoch etwa 1½ m tiefer.

Weiter bachabwärts trifft man erst wieder bei Loftsgaard auf Anstehendes, wo der mesozoische Kaolinsandstein zu Tage tritt.

## VII.

### Das Gebiet zwischen Grødby-Aa und Øleaa.

**Lok. 146.** In der Umgebung von Brandsgaard befinden sich mehrere kleine Steinbrüche mit grauen und schwarzen Quarziten. Südlich des Hofes liegen einige alte, zugewachsene Steinbrüche, wo sich nach GRÖNWALLS Angaben weißer bis bläulicher, bisweilen etwas grobkörniger, quarzitischer Sandstein finden soll.

**Lok. 147.** Etwas südlich von Bjerregaard steht in einem Graben ein weißer Quarzit der Type VI an.

Nach GRÖNWALL findet sich in einer Mergelgrube südlich von Bjerregaard quarzitischer Sandstein in Bänken mit einem Einfallen von  $10^\circ$  nach SW oder SSW. 1934 war in der betreffenden Mergelgrube nichts zu sehen.

Beim Hause westlich der Mergelgrube findet sich nach GRÖNWALL blauer quarzitischer Sandstein.

**Lok. 148.** In dem unter Naturschutz stehenden Heidegebiet südlich der Egbygaarde treten schwarze und graue Quarzite beinahe überall zu Tage. Im Süden enthält das Gestein Kegel in weißem Quarzit der Type VI (44).

Weiterhin schreibt GRÖNWALL über die Verhältnisse in dieser Gegend folgendes: »Das nördlichste Vorkommen von Sandstein war die Jauchegrube in der Südwestecke von 7. Vdg. in Egby. Diese war in Sandstein eingesprengt, der in deutlichen, recht mächtigen Schichten angeordnet war; das selbe Gestein wie südwestlich von dieser Stelle. Im Hofe lagen Bruchstücke einer Sandsteinbrekzie. An der Nordostecke des selben Hofes Granit. Das Grundgebirge verläuft hier in einem Steilhang ungefähr in Richtung O  $15^\circ$  S—W  $15^\circ$  N und fällt ziemlich steil nach der Ebene hin ab. Dieser Steilhang markiert eine Verwerfung zwischen dem Sandstein und dem Granit. SW von Egby dunkler, quarzitischer Sandstein in zwei kleineren Steinbrüchen. Der Sandstein fällt schwach nach SO ein. Bei einem Teich am Hofe fällt dasselbe Gestein  $10^\circ$  nach S  $20^\circ$  W«.

**Lok. 149.** Hier sieht man beim Hause eine große Fläche schwarzen Quarzits der Type VII. Die Bänke fallen mit  $4^\circ$  nach S  $20^\circ$  O ein. Im Graben am Wege nach Egby steht ebenfalls schwarzer Quarzit an.

**Lok. 150.** Unmittelbar südlich des Waldes, etwa 600 m nördlich von Kjællingeby beobachtet man im Graben den schwarzen Quarzit der Type VII. Die Bänke fallen schwach nach S ein. Nach GRÖNWALL ist der Sandstein unregelmäßig geschichtet und zeigt starke Klüftung in O—W-Richtung. Das Einfallen ist  $15^\circ$  nach SO. Dieser Wert ist bedeutend größer als der, welcher 1934 festgestellt wurde. JOHNSTRUP teilt mit, daß die Schichten horizontal liegen. Weiter südlich ist der Sandstein am Feldwege nach Kjællingeby zu sehen.

**Lok. 151.** Im Graben unmittelbar östlich der Kjællingebygaarde sieht man den schwarzen Quarzit der Type VII, der hier schwach nach S einfällt.

**Lok. 152.** In dem Graben, welcher den Weg kreuzt, der von Kjællingeby nach Westen führt, ist folgende Schichtserie zu beobachten:

Zu oberst: Heller, gelblicher Quarzit.  
Schwarzer Quarzit, Type VII.  
Grauer, hellerer Quarzit.

Die Schichten fallen mit  $8^\circ$  nach S  $10^\circ$  O.

**Lok. 153.** In der Heide nördlich und südlich des Weges findet man wechsellagernde, hellere und dunklere Quarzite, die bisweilen sehr grobkörnig sein können und Körner mit einem Durchmesser bis zu 2 mm enthalten können. Das Einfallen ist  $4^\circ$  nach S  $10^\circ$  W.

**Lok. 154.** Im Steinbruch der Gemeinde Persker ist folgendes Profil zu beobachten:

Zu oberst: Weißer Quarzit, Type VI.  
Feine, auskeilende Lagen von Sandsteinschiefer.  
Schwarzer Quarzit, Type VII.  
Grauer Quarzit.

Das Einfallen ist  $2^\circ$  nach S  $10^\circ$  W. Die Schieferschicht ist sehr dünn und gehört zu der selben Type, wie sie z. B. aus dem Steinbruch des Fattiggaard bei Aakirkeby bekannt ist (Lok. 93). In der Südostecke des Bruches findet man eine Fläche mit schönen Kriechspuren und einander überkreuzenden Wellenfurchen. THORSEN (44) erwähnt von dieser Stelle konglomeratische Schichten sowie Verwerfungssprünge in Richtung OSO—WNW, längs welcher der Sandstein oft brekziös ist.

Weiter westlich findet sich anstehender Sandstein in einigen Steinbrüchen (**Lok. 155, 156 und 157**), wo überall Wechsellagerung zwischen helleren und dunkleren Quarziten der Typen VI und VII, sowie Zwischenformen zwischen diesen zu beobachten sind.

Bei Lok. 157 beobachtet man folgendes Profil:

Zu oberst: Grauer Sandstein.....	22 cm
Sandsteinschiefer.....	6 -
Weißer, zu unterst dunklerer Quarzit, Type VI...	20 -
Dunkelgrauer Quarzit, Type VII.....	30 -
Hellgrauer Quarzit.....	20 -
Schwarzer Quarzit, Type VII.....	23 -

In dem schwarzen Quarzit gewahrt man ähnliche Ton- oder Schieferlagen wie bei Snogebæk (Lok. 228).

Südlich von Lok. 156 steht der Sandstein nach GRÖNWALL im Brunnen beim Hause am Wege östlich von Lillemyregaard an. Ziemlich genau südlich hiervon verläuft die Grenze gegen die Grünen Schiefer, welche man jedoch so gut wie ausschließlich nur durch GRÖNWALLS Brunnenuntersuchungen kennt. GRÖNWALL macht hierüber folgende Mitteilungen:

»Südlich der oben erwähnten Lokalitäten (155, 156, 157) zieht sich eine ausgeprägte Geländekante in Richtung WNW—OSO hin, und südlich dieser Linie erreichen die lockeren Erdschichten eine bedeutende Mächtigkeit. Z. B. hat man bei Langemyregaard im Brunnen das feste Gestein in 8 m Tiefe noch nicht erreicht.

In den Brunnen bei Hjortegaard, Sommergaard, Nye Skole, Lynggaard, Slettegaard, bei der Persker-Meierei sowie bei den Trasehuse am Wege nach Aakirkeby steht überall Grüner Schiefer an.

Beim Konsumverein in Persker hat man einen Brunnen in die Grünen Schiefer gesprengt.

Östlich oder nordöstlich von Sommergaard treten am Zufahrtswege Grüne Schiefer mit einem Einfallen von  $4^\circ$  nach SO zu Tage.

Beim Hause am Wege östlich von Langerup hat man die Jauchegrube in Grünen Schiefeln angelegt, welche hier von 0,5 m Geschiebelehm bedeckt sind.

Nach JOHNSTRUP finden sich Grüne Schiefer bei Stenbaltregaard.

## VIII.

### Øleaa.

Zwischen der Südwestecke der Paradisbakker und dem Slamrebjerg sieht man an mehreren Stellen Granit im Bette der Øleaa.

Nach STEHMANN (40) soll sich Sandstein im Bach bei Ellegaard finden, eine Behauptung, die STEHMANN auch später (41) aufrecht erhält. Bei Untersuchungen in den Jahren 1933 und 1934 wurde im Bachbett bis zu Lok. 158 anstehender Granit gefunden, und auf dem Felde westlich dieser Strecke tritt derselbe an mehreren Stellen längs des Weges nach Ellegaard auf.

**Lok. 159.** Hier findet man im Bachbett anstehende, rote Arkose der Type I, welche von der Brücke an der Südostecke des Wäldchens Gryet etwa 150 m bachaufwärts verfolgt werden kann. Im Graben an der Ostseite des Wäldchens ist ebenfalls die rote Arkose der Type I zu sehen.

**Lok. 160.** Auf der langen Strecke zwischen Lok. 159 und Lok. 160 ist vom Untergrund nichts zu sehen. Erst an der Biegung des Bachlaufes etwas oberhalb der Faarebro tritt der Granit im Bachbett zu Tage.

**Lok. 161.** Im Bachbett beobachtet man stark verwitterten Schriftgranit. Am linken Bachufer sieht man die rote Arkose der Type I.

**Lok. 162.** Im Bachbett beobachtet man hier die rote Arkose der Type I. Das Gestein ist außerordentlich grobkörnig und enthält einige zentimetergroße Quarzkörner. Diese sind scharfkantig und lassen keine Spur von Beanspruchung oder Abschleifung erkennen. Das Gestein könnte auch als ein stark verwitterter Granit gekennzeichnet werden.

**Lok. 163.** Bei der Biegung des Baches etwas oberhalb der Hauptchaussee zweigt ein kleiner Graben nach NW in Richtung auf Katteslettegaard ab. In diesem Graben sieht man die rote Arkose der Type I, die man bis zu der Stelle verfolgen kann, wo der Graben eine Biegung nach Norden macht. In dieser Biegung ist Granit zu sehen.

**Lok. 164.** Auf der Strecke zwischen dem Graben und der Hauptchaussee beobachtet man die rote Arkose im Bachbett und an den Ufern. Die Schichten liegen fast horizontal. Auf der Gesamtstrecke zwischen Lok. 159 und der Hauptchaussee ist das Einfallen schwach (ca. 4°) südöstlich.

**Lok. 165.** Hier steht im Bachbett eine grobkörnige, rote Arkose der Type I an. Das Einfallen ist 4° nach S.

**Lok. 166.** Im Bachbett beobachtet man hier auf einer längeren Strecke die rote Arkose. Das Gestein ist recht feinkörnig. Einfallen schwach südlich.

**Lok. 167.** Im Hallegaard-Wald beobachtet man im Bachbett die rote Arkose der Type I. Die Schichten fallen 6° nach S.

**Lok. 168.** Unmittelbar oberhalb der Lyngvad-Brücke stehen im Bachbett Bänke der roten Arkose, Type I, an. Das Einfallen ist recht bedeutend, nämlich 12° nach S.

Im Hause etwas westlich der Brücke fand sich Sandstein im Brunnen, Es handelt sich um die rote Arkose.

Auf der Strecke zwischen der Lyngvad-Brücke und Kjællingeby ist vom Untergrund nichts zu sehen. Der Eigentümer von Nygaard teilte mit, daß hier im Brunnen Sandstein in einer Tiefe von 4 m angetroffen worden ist.

**Lok. 169.** Fig. 18. THORSEN schreibt (44), daß man hier im Bachbett bei Schürfungen den Übergang zwischen Nexö-Sandsten und Grünen Schiefer antreffen kann. Die Gesteine sind stark verwittert, gleichen aber im übrigen denen von Lok. 170. Es handelt sich jedoch durchweg um Grüne Schiefer, welche identisch sind mit den Gesteinen, die man von Lok. 170 kennt, sowie von den Lok. 122 und 123 in der Grødby-Aa.

**Lok. 170.** Im Bachbett steht hier ein dunkler, glaukonithaltiger

Sandstein an, der von einem stark grünen Glaukonitschiefer unterlagert wird. Der Sandstein gehört derselben Type an, wie der bei Lok. 74; in der Læsaa und bei Lok. 122 in der Grødby-Aa. Er besteht aus einer feinkörnigen Grundmasse von der für Type VIII normalen Zusammensetzung, in welcher größere, abgerollte Quarz-, Kalkspat- und Glau-

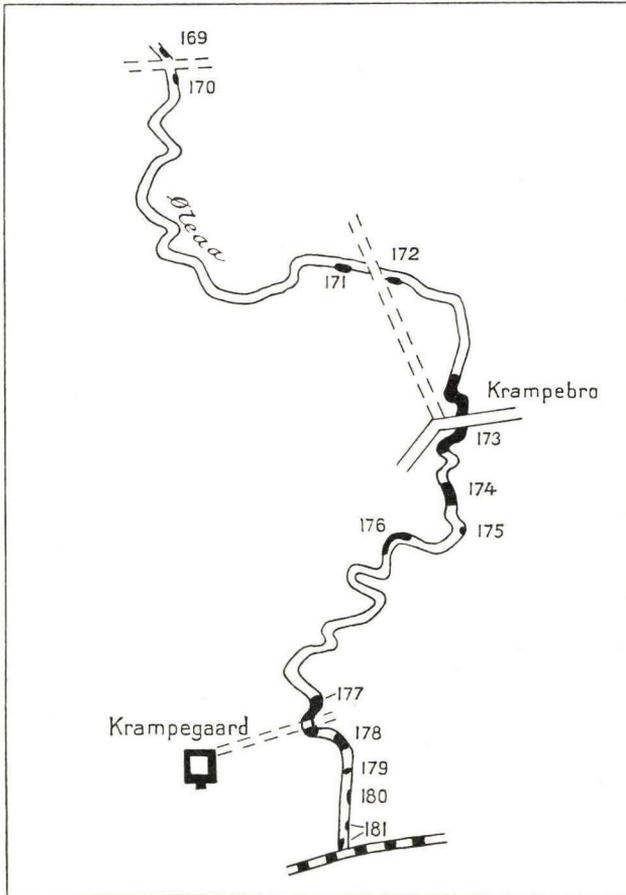


Fig. 18.

konitkörner eingebettet sind. Diese Körner haben einen Durchmesser von 0,1—1,5 mm (Taf. VI, Fig. 6, Taf. VII, Fig. 1). Das Gestein ist deutlich geschichtet, was im Dünnschliff in einer parallelen Anordnung der Glimmerblättchen und der bisweilen etwas länglichen Glaukonitklumpen zum Ausdruck kommt. In den liegenden Schiefnern ist das feinkörnige Material vorherrschend, jedoch treten auch hier vereinzelte größere Quarz- und Glaukonitkörner auf.

**Lok. 171.** Im Bachbett stehen ein paar Bänke eines grauen, fein-

körnigen Sandsteins an, die wohl zur Type VIII zu stellen sind. Das Gestein weist einige undeutliche Figuren auf, welche an *Diplocraterium*-Spreiten mit ihren U-in-U-förmigen Röhren erinnern.

**Lok. 172.** Unmittelbar östlich des Feldweges stehen im Bachbett einige Bänke eines weißen oder grauen Quarzits an, welcher vollständig den weißen oder grauen Quarziten des Nexö-Sandsteins gleicht. Das Gestein enthält einige flache Wurmröhren vom *Arenicoloides*-Typus. Die Schichten fallen nach S ein.

**Lok. 173.** Zu beiden Seiten der Krampebro tritt stark grüner, glaukonithaltiger Sandstein der Type IX mit zahlreichen Phosphoritknollen zu Tage. Etwas unterhalb der Brücke wird dieses Gestein von mehr gelbgrünen, schiefrigen Schichten überlagert. Die Schichten fallen 4° nach S.

**Lok. 174.** Im Bachbett finden sich anstehende, gelbgrüne, unregelmäßig geschichtete, stark verwitterte Schichten der Type VIII, die teils ein mehr sandsteinartiges, teils ein mehr schiefriges Gepräge aufweisen.

**Lok. 175.** In der Krümmung des Bachlaufes sieht man graugrüne, schiefrige Schichten der Type VIII. Das Einfallen ist 3° nach S 20° O.

**Lok. 176.** Im Bachbette findet sich Anstehendes in Form einiger unregelmäßiger, graugrüner Bänke der Type VIII.

**Lok. 177.** Im Bachbett treten hier Bänke eines grauen, sandsteinartigen, ziemlich harten Gesteins der Type VIII zu Tage, welches zahlreiche Phosphoritknollen enthält. Dasselbe Gestein beobachtet man auch unterhalb der Brücke bei Krampegaard. Das Gestein enthält zwar etwas mehr Glaukonit, als es für Type VIII gewöhnlich ist, jedoch nicht soviel wie Type IX.

**Lok. 178.** Bei der Biegung des Baches steht hier ein etwas glaukonitisches Gestein mit zahlreichen Phosphoritknollen an. Die Schichten fallen nach SW ein.

**Lok. 179—181.** Zwischen Lok. 179 und der Eisenbahn sind die Grünen Schiefer an mehreren Stellen im Bett und an den Ufern des Baches zu sehen. Das Gestein gehört überall der Type VIII an und ist bald etwas sandsteinartig, bald mehr schiefrig. Auch die Farbe kann von Ort zu Ort wechseln. Die Schichten fallen nach SW ein.

**Lok. 182.** (Fig. 19) Unmittelbar südlich der Eisenbahnbrücke findet sich im Bachbett eine harte Bank des gestreiften Sandsteins der Type XI, die von der gewöhnlichen Type VIII unterlagert wird.

**Lok. 183—184.** Weiter bachabwärts bis nach Aagaard steht dasselbe

Gestein an wie bei Lok. 182, wechellagernd mit dünnen, mehr schiefrigen Schichten.

**Lok. 185.** Zwischen dem Mühlenteich und dieser Lokalität beobachtet man gleichfalls eine Wechsellagerung der unregelmäßigen Type XI und der vorwiegend schiefrigen Type VIII.

**Lok. 186.** Auf der letzten Strecke bis zur Straßenbrücke treten härtere, blaugraue, schiefrige Schichten zu Tage, darunter ein paar Bänke, welche etwas an den feinkörnigen, grauen Sandstein der Type X erinnern. Das Einfallen schwankt nach GRÖNWALLS Angaben zwischen S 20° O und S. 20° W.

**Lok. 187.** Unmittelbar unterhalb der Straßenbrücke sieht man im Bachbett Bänke des grauen Sandsteins der Type VIII. Das Einfallen ist hier 4° nach S 12° W.

**Lok. 188.** Im Bachbett stehen hier einige Bänke eines dunklen Glaukonitsandsteins an. Das Gestein besteht aus einer Grundmasse der gewöhnlichen Type VIII, in welcher größere, abgerollte Quarz- und Glaukonitkörner eingebettet sind. Die

Quarzkörner haben einen Durchmesser von 0,2—1 mm; der Glaukonit tritt in langgezogenen Klümpchen auf, welche derselben Größenordnung angehören, wie die Körnern der Grundmasse, d. h. 0,02—0,1 mm.

**Lok. 189.** Im Bachbett finden sich anstehend dünne Bänke (0,5 cm) eines schwarzen Sandsteins, dessen Schichtflächen mit einer großen Anzahl von Glaukonitkörnern belegt sind und deshalb stark grün erscheinen. Im Vergleich mit dem Gestein von Lok. 188 sind hier die groben Körner gänzlich vorherrschend, während die feinkörnige Matrix zwar nicht ganz verschwunden ist, aber doch eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Zwischen den Quarzkörnern begegnet man langgezogenen Glaukonitklümpchen, im übrigen ist der Glaukonit jedoch auf der Oberfläche der dünnen Bänke konzentriert.

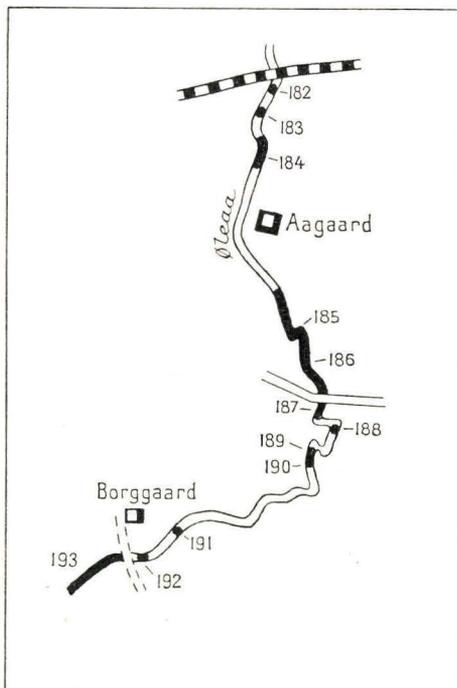


Fig. 19.

**Lok. 190.** Hier tritt im Bachbett der Rispebjerg-Sandstein in Bänken eines stahlgrauen, harten und kompakten Sandsteins der Type XIII zu Tage (Taf. VII Fig. 5). Die obersten 5 cm der Bänke bestehen aus dem schwarzen, phosphoritischen Sandstein der Type XIV. Vereinzelte Quarzkörner sitzen in einer dichten Phosphoritmasse. Die Oberfläche der Bänke ist unregelmäßig und weist ziemlich tiefe Gruben auf. Das Einfallen ist  $8^\circ$  nach S  $40^\circ$  O.

**Lok. 191.** An der Südostecke von Borggaard beobachtet man im Bache die obersten Schichten des Rispebjerg-Sandsteins und den Übergang zu der Paradoxides-Zone. Es handelt sich hier um einen dunkelgrauen, kalkhaltigen, teilweise phosphatisierten Sandstein. Weiter nach dem Hofe zu tritt wieder Rispebjerg-Sandstein in Gestalt des braunfleckigen Tigersandsteins zu Tage, und das Feld östlich des Hofes ist übersät mit Blöcken des glaukonitischen Gesteins von den Lok. 188 und 189.

**Lok. 192.** Gleich unterhalb der Lok. 191 tritt im Bachbett das Phosphoritkonglomerat und der Exulanskalk zu Tage. Der letztere kann abwärts bis zu der Stelle verfolgt werden, wo die Abflußrinne der Wassermühle des Hofes in den Bach ausmündet. In der Rinne selbst steht schwarzer Phosphoritsandstein an. Unterhalb der Mühlenrinne sieht man große Anthrakonitellipsoide im Bachbett, und am linken Ufer steht Alaunschiefer an.

**Lok. 193.** Unterhalb der Brücke nach Borggaard folgt der Bach genau der Grenze zwischen Rispebjerg-Sandstein und Paradoxides-Schichten in der Weise, daß bald die eine, bald die andere dieser Schichten im Bachbett ansteht, je nachdem der Bach sich mehr oder weniger tief eingeschnitten hat. Die Verhältnisse bleiben sich gleich bis zur Biegung des Baches unmittelbar unterhalb des Ostendes von Ringborg, von wo ab das Bachbett aus der Paradoxides-Stufe besteht. Das Einfallen ist schwach nach S  $20^\circ$  O.

Weiter abwärts bis nach Brogaard stehen ausschließlich Schichten der Paradoxides- und der Olenus-Stufe an.

**Lok. 194.** Südöstlich von Brogaard tritt im rechten Bachufer ein kleines Vorkommen von Grünen Schiefen zu Tage. Die Schichten fallen  $42^\circ$  nach N  $52^\circ$  O. Diese Lokalität wird bereits von JESPERSEN erwähnt (21), welcher folgendes schreibt: »Unterhalb von Brogaard Grauwacke und weißer Sandstein mit glänzendem Bruch, kalkhaltig. Fallen  $40^\circ$  nach NNW«. (Übersetzung aus dem Dänischen). Das Vorkommen ist auf JOHNSTRUPS Karte (23) eingetragen, ebenso wie auf dem unter der Karte eingezeichneten Profil der Schichtserie in der Oleaa. In NATHORSTS

Manuskript findet sich folgendes: »An der Wassermühle von Brogaard finden sich fast horizontale Alaunschiefer mit *Orthis*, welche auch etwas unterhalb dieser Stelle auftreten. Unterhalb dieser letztgenannten Stelle treten Grüne Schiefer auf, welche von dem schwarzen Sandstein überlagert sind, und welche 38° nach NW einfallen. Nach FORCHHAMMER und JESPERSEN soll sich hier ein weißer Sandstein finden; dieser konnte jedoch nicht nachgewiesen werden«. (Übersetzung aus dem Schwedischen).

Auch DEECKE erwähnt das Vorkommen und schreibt darüber (12): »Eine Verwerfung schneidet dies obere und mittlere Cambrium wahrscheinlich im Süden von Brogaard ab, so dass bei Kjøllegaard die Grünen Schiefer vorkommen«.

DEECKES Angaben sind indessen nicht ganz richtig, da die Schiefer näher nach Brogaard als nach Kjøllegaard zu auftreten. GRÖNWALL scheint dieses Vorkommen ganz übersehen zu haben, denn es ist weder auf seiner geologischen Karte noch auf seiner Arbeitskarte zu finden. Auch seine Tagebücher enthalten keine Bemerkung über diese Lokalität. Wahrscheinlich ist an dieser Lokalität nichts zu sehen gewesen, als er sie besuchte. Herr PETER THORSEN im Persker Smaalyng erzählte mir jedoch, daß die Grünen Schiefer nun (1934) wieder hier zu sehen sind. Bei einem Besuch an dieser Stelle fand ich einen recht festen, grauen Sandstein der Type VIII. Dagegen war weder von dem bei JESPERSEN erwähnten weißen Sandstein noch von dem von NATHORST besprochenen schwarzen Sandstein etwas zu sehen. Die Sammlungen des Mineralogisk Museum enthalten aber ein von JOHNSTRUP hier gesammeltes Stück, welches Hyolithen enthält. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß die verschiedenen Geologen gar nicht alle dieselbe Lokalität gesehen haben. Im Sommer 1935 fand desweiteren POULSEN etwas südlich von Lok. 194 eine anstehende Anthrakonitbank der Olenus-Zone, Dieser Fund zeigt, daß die Grünen Schiefer hier von den Graptolithenschiefern durch eine Strecke mit oberkambrischen Schichten getrennt sind, falls es sich hier tatsächlich um Anstehendes handelt (s. Näheres S. 148).

## IX.

### Das Gebiet östlich der Linie Døvredal-Øleaa.

**Lok. 195.** Im Gebiet zwischen der Øleaa und Døvre kommt der Sandstein an einigen Stellen zum Vorschein. Südlich des Weges, der nach 10 Slvg. in Døvre führt, liegt ein alter Steinbruch mit folgender Schichtserie:

- Zu oberst:
1. Grobe, rote Arkose mit bis zu 3 mm großen, kantigen Körnern.
  2. Feinkörniger, glimmerreicher Sandsteinschiefer.
  3. Feinkörnige, rote Arkose.

Die Gesteine der gesamten Schichtenfolge gehören zur Type I. Das Einfallen ist ungleichmäßig, in der Hauptsache aber nach SO. Nach JOHNSTRUP fallen die stark gebogenen Flächen 0—5° nach SO.

JOHNSTRUP hat vermutlich diese Lokalität im Auge, wenn er schreibt (22), daß sich im Døvredal Nexö-Sandstein findet.

Nach GRÖNWALL ist der Sandstein zwischen dem Hofe und dem Sandsteinbruch mit dem Pflug erreicht worden. Weiterhin teilt GRÖNWALL mit, daß sich Sandstein im Brunnen beim Hause SW der Lok. 195, sowie in einem Graben südlich dieses Hauses findet.

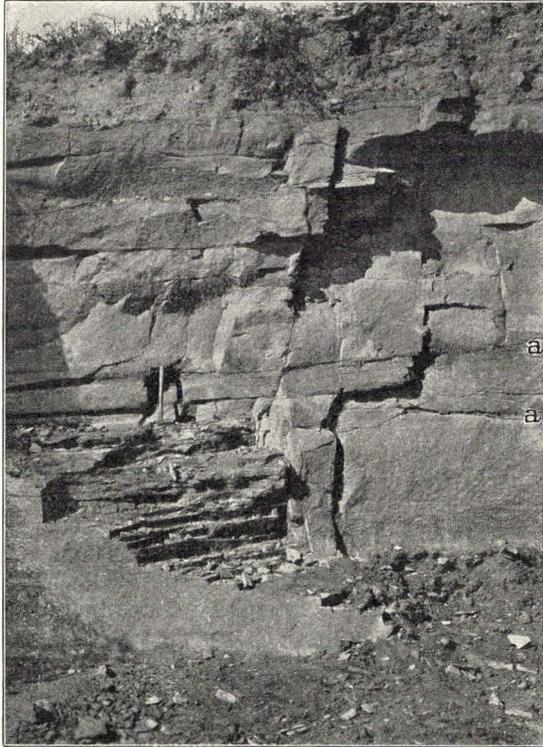


Fig. 20. Wand des Steinbruchs an der Westseite des Slamrebjerg, Lok. 196. Unten links erkennt man, wie die scheinbar dicken Sandsteinbänke beim Anschlagen in dünne Platten zerspringen. (a) dünne Schichten von Sandsteinschiefer.

GRÖNWALL schreibt weiterhin, daß sich an der Biegung des Weges nach 11 Slvg. in Døvre eine kleine Granitfläche findet.

Südöstlich von 11 Slvg. befindet sich östlich des Weges ein Haus, wo man bei der Aushebung der Jauchegrube unter 1,7 m Moränenkies einen dunklen, konglomeratischen Sandstein angetroffen hat. Das Gestein, von dem eine Probe in den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse aufbewahrt wird, ist eine rote Arkose der Type I oder vielleicht

eher ein stark rotverwitterter Granit. Die Grenze zwischen Sandstein und Granit läuft vermutlich gerade hier vorbei. Es handelt sich hier auf der ganzen Strecke sicherlich um eine Erosionsgrenze. Für STEHMANN'S Annahme einer Verwerfung im Bach besteht keinerlei Grundlage.

**Lok. 196.** Auf der Westseite des Slamrebjergs befindet sich in der Wegbiegung ein ziemlich großer Steinbruch in der roten Arkose. Fig. 20 zeigt die Nordwand dieses Steinbruchs. Zu unterst wechsellagert eine dunkle, rotviolette, feinkörnige Arkose der Type I mit einer etwas helleren, welche mehr an Type II erinnert. Nach dem Hangenden zu ent-

wickelt sich das Gestein in manchen Schichten etwas gröber, ist aber weiterhin dunkel rotviolett und gehört der Type I an.

Zwei dünne Schichten eines violetten oder gelbgrünen, feinkörnigen Sandsteinschiefers (a) können fast über die ganze Länge der Nordwand verfolgt werden. Dieser Sandsteinschiefer (s. Taf. I, Fig. 5) besteht aus kleinen, scharfkantigen Körnern von Quarz und Feldspat. Die Korngröße ist bedeutend gleichmäßiger als in der hangenden und liegenden Arkose. Der größte Teil der Körner gehört der Größenordnung 0,05—0,1 mm an. Die Schichtflächen sind sehr reich an Glimmerschüppchen. Die Mächtigkeit variiert etwas, übersteigt aber nicht 5 cm, und die Schichten keilen nach beiden Seiten aus. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist der Sandstein scheinbar in dicken Bänken abgesondert. Wenn man diese jedoch anschlägt, zerspalten sie in eine ganze Menge nur wenige Zentimeter dicke Platten.

Das Einfallen schwankt etwas. Es wurden folgende Werte für das Einfallen gemessen:  $4^\circ$  nach S  $86^\circ$  W und  $10^\circ$  nach S  $54^\circ$  W. GRÖNWALL gibt  $5^\circ$  nach S  $25^\circ$  W an, und JOHNSTRUP  $7^\circ$  nach S  $20^\circ$  W und  $10^\circ$  nach S  $40^\circ$  W.

**Lok. 197.** Weiter östlich stößt man auf einen alten Steinbruch. Das Gestein ist hier ein grauer, schwach rotgelber, dünnbankiger Sandstein, der aus kantigen oder kantenrunden Körnern von Quarz oder Feldspat besteht (Taf. IV Fig. 1). Nur einzelne der Quarzkörner sind rotgefärbt. Der Feldspat ist durchweg ganz frisch und gibt dem Gestein mit seiner fleischroten Farbe sein Gepräge. Weiterhin treten vereinzelte Glimmerkörnchen sowie kleine Klümpchen einer gelbgrünen, serpentinarartigen Substanz auf, wogegen das weiße, siallitische Pulver völlig fehlt. Das Bindemittel ist Kieselsäure, die als sekundärer Zuwachs zu den ursprünglichen Körnern gebildet worden ist. Die Korngröße ist etwas unregelmäßig. Der größte Teil der Körner liegt in der Größenordnung 0,1—0,5 mm, jedoch erreicht eine größere Anzahl von ihnen auch größere Durchmesser. Körner von mehr als 1 mm Durchmesser sind aber äußerst selten. Die Bänke fallen  $4^\circ$  nach S  $55^\circ$  W. Derselbe Wert wird auch von JOHNSTRUP angegeben.

**Lok. 198.** Bei N. Bjerregaard liegt ein kleiner Sandsteinbruch in einer hellen, rötlichen Arkose der Type II. Die Bänke sind gebogen, und das Einfallen ist unregelmäßig, jedoch immer westlich. 1933 wurde es zu  $4^\circ$  nach N  $66^\circ$  W bestimmt. Nach GRÖNWALL ist das Einfallen südwestlich und nach JOHNSTRUP in Richtung  $13^\circ$  nach W.

Der Granit tritt an mehreren Stellen unmittelbar östlich des Feldweges, der von N. Bjerregaard südwärts führt, zu Tage.

**199.** Bei dem Fußpfad, welcher von dem Landweg zu einem kleinen Hause führt, beobachtet man ein Gestein von derselben Art wie bei Lok. 197. Nach JOHNSTRUP ist das Einfallen  $6^\circ$  nach SW.

Etwas östlich des Hauses liegt ein Brunnen am Südhang des Slamrebjergs. Auch in diesem Brunnen steht Sandstein an, während der Granit erst weiter abwärts am Hange zu Tage tritt. Bei allen hier erwähnten Lokalitäten am Slamrebjerg lagert der Sandstein gänzlich ungestört und mit einem Einfallen, welches fast mit dem der Böschung des Slamrebjergs an den betreffenden Lokalitäten zusammenfällt, d. h. nach W oder nach SW.

Bei dem Hofe auf dem flachen Felde nördlich der Landstraße findet sich Sandstein im Brunnen.

Bei Elisegaard (südl. der Hauptstraße) wurde nach GRÖNWALLS Angaben bei der Anlage einer Jauchegrube unter ca. 4 m Geschiebelehm ein roter Sandstein angetroffen, welcher weniger als  $5^\circ$  nach S einfällt. Der Brunnen des Hofes ist ca. 7 m tief und liegt nur 35 m von der Jauchegrube entfernt, jedoch hat man hier keinen Sandstein angetroffen.

Über die Verhältnisse südlich und südwestlich des Slamrebjergs teilt GRÖNWALL mit, daß man bei Degnegaard eine Jauchegrube nördlich des Hofes gegraben hat. Hier hat man unter 0,6 m Geschiebelehm einen grauen, kaolinisierten, dünnschiefrigen Sandstein angetroffen, der horizontal lagerte. Eine Gesteinsprobe von dieser Stelle in den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse zeigte, daß wir es hier mit der normalen Type II zu tun haben.

Bei 8 Slvg. in Gadeby findet sich Sandstein unter einer Decke von 1,5 m Geschiebelehm.

**Lok. 200.** Östlich von Egesgaard wurde ein Wasserloch für das Vieh gegraben, und hier liegt unter der Oberfläche eine helle, rötliche Arkose, die der Type II angehört. Die Schichten fallen schwach nach S  $60^\circ$  O ein.

Nach GRÖNWALL liegt bei Julsgaard 6 m Geschiebelehm über dem Felsuntergrund, in einer Mergelgrube unterhalb der Anhöhe jedoch nur 5 m.

Bei Væggeløs steht der Sandstein in einer Tiefe von 3 m an; er fällt hier nach SO ein.

Auf der Ostseite des Slamrebjergs kennt man den Sandstein nur in Brunnen. Der höchste Punkt, wo er mit Sicherheit nachgewiesen ist, ist der Brunnen bei 21 Slvg. Hier findet er sich nach GRÖNWALLS An-

gaben in einer Tiefe von 6 m, d. h. 92 Fuß (29 m) über dem Meeresspiegel.

GRÖNWALL teilt mit, daß sich in Slamrehus (20 Slvg.) rötlicher Sandstein unter 5 m Geschiebelehm findet, d. h. 68 Fuß (21 m) über dem Meeresspiegel. Eine Probe von dieser Stelle in den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse zeigt, daß es sich um eine helle, rote Arkose der Type II handelt.

JOHNSTRUP schreibt, daß zwischen 18 und 19 Slvg. nichts zu sehen ist. Das Gelände steigt in der Mitte zwischen beiden Orten etwas an; man hat jedoch den Sandstein bis nach 18 Slvg. verfolgen können, wo man in 13 m Tiefe bei einer Brunnenbohrung das Quartär durchstoßen hat. Die Granitunterlage steigt westlich des Hofes unvermittelt an. Der Sandstein steht hier in 140 Fuß (42 m) über dem Meeresspiegel an.

**Lok. 201.** Bei N. Slamregaard beobachtet man den Sandstein in einem Wasserloch südlich des Hofes. Das Gestein ist ziemlich hart und kompakt und erinnert am meisten an den Ginghamstein, Type V.

Im Bache nördlich des Hofes findet sich nach GRÖNWALL Sandstein, welcher westlich des Weges in einer Tiefe von 2 m liegt, östlich des Weges jedoch zu Tage treten soll. Weder 1934 noch 1935 war hier irgend etwas zu sehen.

**Lok. 202.** In der Senke zwischen dem Slamrebjerg und der Südseite der Paradisbakker kommt der Granit an mehreren Stellen des Nordhanges zwischen Gamleborg und Klinteby zum Vorschein, ebenso ganz im Westen am Boden der Senke zwischen Lille Krusegaard und Ellesgaard. Schließlich ist der Granit an der Nordostecke des Slamrebjergs zu finden. In der Senke selbst findet man Sandstein. GRÖNWALL schreibt hierüber: »Südlich der Stelle, wo der Weg von Klinteby auf den Weg trifft, der über den Slamrebjerg führt, befindet sich eine Grube, in der ein dunkler, konglomeratischer und arkoseartiger Sandstein ansteht. Der Sandstein fällt mit 8° nach O«. Eine Gesteinsprobe findet sich in den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse. Sie läßt erkennen, daß wir es hier mit einem dunkelbraunen Sandstein oder vielleicht eher mit einem rotverwitterten Granit zu tun haben. Durch einen geringeren Gehalt an dem rotvioletten, lockeren Pulver unterscheidet er sich etwas von Type I.

»Bei einem Haus südlich von Kaasegaard findet sich Sandstein im Brunnen in ca. 5 m Tiefe«.

Schließlich fügt GRÖNWALL hinzu, daß sich südlich von Kaasegaard ein ganz verfallener Steinbruch in Arkose befindet. Das Einfallen ist unbeträchtlich, die Schichten liegen fast horizontal. Auch von dieser

Stelle enthalten die Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse Gesteinsproben, bei denen es sich um die helle, rötliche Arkose der Type II handelt.

JOHNSTRUP macht folgende Mitteilungen: »Auf dem Feld des Kaasegaard, etwas südwestlich des Hofes beginnt der Sandstein (vom Eigentümer in Menge gebrochen, von heller, fast weißer Farbe), sodaß die Grenze über seine Feld verläuft. Auf einem Felde westlich hiervon befindet sich ein offener Bruch in rotem Nexö-Sandstein, wo die Schichten  $4^\circ$  nach OSO einfallen«.

Im Mineralogisk Museum befindet sich eine Gesteinsprobe mit folgender Etikette: »Sandstein mit verwittertem Feldspat. SW von Kaasegaard, Nexö. JOHNSTRUP 1871«. Es ist dies eine dunkle, rotviolette Arkose der Type I.

1933 und 1934 war an keiner dieser Stellen etwas von einem Steinbruch zu sehen, und die drei Vorkommen sind auf der Karte Taf. IX nach GRÖNWALLS und JOHNSTRUPS Arbeitskarten eingetragen worden, welche sich in den Archiven der Danmarks Geologiske Undersøgelse und des Mineralogisk Museum befinden.

Die einzige Stelle, wo etwas Sandstein zu sehen war, war die Westmauer des Hauses südlich von Kaasegaard. Das Gestein war hier die helle Arkose der Type II. Der Bewohner des Hauses gab an, daß dieses Gestein auf dem Felde unmittelbar nördlich des Hauses gebrochen worden sei, was sich vollständig mit GRÖNWALLS und JOHNSTRUPS Angaben deckt.

Man kann den obigen Angaben entnehmen, daß sowohl GRÖNWALLS wie JOHNSTRUPS Angaben über die Sandsteinvorkommen so präzise sind, daß STEHMANN gänzlich im Unrecht ist, wenn er meint, daß diese Angabe von Sandstein auf der geologischen Karte auf einem Irrtum beruhen muß (40).

**Lok. 203.** Südöstlich von Klinteby tritt der Granit in einer Anhöhe zu Tage und zwar in einem Brunnen des Nexö-Wasserwerks am oberen Ende des Nørrebæk. Dies verhindert indessen STEHMANN nicht, die Grenze zwischen Granit und Sandstein nördlich dieses Vorkommens zu ziehen (40), sodaß sie in die Verlängerung der Südseite der Paradisbakker zu liegen kommt. Auch hier macht sich, wie bei der Betrachtung der Læsaa, STEHMANN'S Neigung geltend, theoretischen Betrachtung das Hauptgewicht beizulegen, gleichgültig, ob sie mit den Beobachtungen in Einklang stehen oder nicht.

**Lok. 204.** Im Nørrebæk sieht man hier am weitesten nach Norden die dunkle Arkose der Type I und nahe beim Wege eine hellere Arkose der Type II. Das Einfallen ist schwach nach S  $30^\circ$  O.

Über die Verhältnisse weiter nördlich macht GRÖNWALL folgende Angaben: Bei Kroggaard (17 Vdg. in Ibsker) wurde Granit im Brunnen beim Hofe angegeben. In der Anhöhe östlich des Hofes findet sich grobkörniger Granit.

Nach Angaben des Eigentümers von Kysgaard (26 Slvg. in Ibsker) trifft man im Brunnen sowohl im Hofe wie unmittelbar östlich davon auf Sandstein, aber etwa 200—250 m nördlich des Hofes hatte man den Granit gefunden, und nördlich oder nordöstlich des Hofes tritt der Granit in flachen Klippen zu Tage.

Bei 25 Slvg. ist in 6 m Tiefe der feste Untergrund nicht erreicht worden.

Bei Raageskovgaard hatte man im Brunnen in 2—2,5 m Tiefe verwitterten Granit erreicht.

Bei Dalegaard (16 Vdg.) gibt es zwei Brunnen; bei dem im Hofe wurde unter ca. 2 m Ton am Boden brauner Sandstein angetroffen, welcher nach SO einfiel.

#### Der Sandstein im Frederiks-Steinbruch bei Nexö.

Das größte und beste Profil, jedenfalls durch einen Teil des Nexö-Sandsteins, hat man im Frederiks-Steinbruch vor sich, der ganz an der Ostküste etwas nördlich von Nexö gelegen ist. Wenn trotzdem die Verhältnisse hier früher nur spärlich in der Literatur besprochen worden sind, so ist dies darauf zurückzuführen, daß der Steinbruch von November 1872 bis zum Herbst 1922 mit Wasser gefüllt und daher größtenteils der Untersuchung nicht zugänglich war.

Die einzige ausführliche Beschreibung der Sandsteinserie von dieser Stelle finden wir bei RAWERT und GARLIEB (36), welche folgendes Profil mitteilen:

Zu oberst: Erd- und Kiesschichten .....	4—5 Fuß
Sandsteinschichten, 2—3 Zoll mächtig (unbrauchbar)	3—5 -
Sandsteinschichten, 2—3 Zoll mächtig (Bodenplatten)	4 -
Sandsteinschichten, 3—5 Zoll mächtig (Astrakstein)	4 -
Sandsteinschichten, 5—12 Zoll mächtig (von wechselnder Mächtigkeit) .....	3—10 -
Basisschicht 12—18 Zoll mächtig, ziemlich fest	12—18 -
3 mächtige, vortreffliche Steinschichten.	

Desweiteren schreiben diese Verfasser: »Es wird jetzt nicht mehr bis zu größerer Tiefe gebrochen als bis zur Basisschicht, dagegen wird der Bruch mehr und mehr nach Osten ausgedehnt, wo sich die besten Schichten finden. Jedoch hat man die Basisschicht versuchsweise durch-

brochen. Sie ist 12—18 Zoll (31—46 cm) mächtig und sehr hart, und darunter ist man auf 3 Schichten von mächtigem, vortrefflichem Sandstein gestoßen, der besonders als Mühlstein sehr geeignet zu sein scheint. Bei dem Versuch ist man nicht weiter in die Tiefe vorgedrungen, man kann jedoch mit gutem Grund annehmen, daß die Schichten nach der Tiefe zu besser werden, da man wenigstens bis jetzt diese Erfahrung bestätigt gefunden hat«. (Übersetzung a. d. Dänischen).

Über die einzelnen Schichten schreiben RAWERT und GARLIEB weiterhin: »Eine Schicht ist nicht gleichartig in ihrer gesamten Erstreckung, sie wird schlechter, wenn sie sich der Oberfläche nähert, wo die Schichten entweder hart oder zerklüftet werden. Da nun der gesamte Sandsteinberg von NW nach SO abfällt, so ist es natürlich, daß der beste Stein sich am Südostende des Bruches findet.

Alle Schichten, jedenfalls diejenigen, welche über der Basisschicht liegen, sind von Klüften durchsetzt, die vermutlich zwei Hauptrichtungen folgen, nämlich WNW—OSO und NW—SO. Diese Klüfte durchsetzen die Schichten ziemlich geradlinig mit einem Einfallen von 75°—80°. Jedoch werden die Schichten nicht nur von diesen regelmäßigen Klüften durchsetzt, sondern man trifft auch häufig andre Klüfte an, welche die besten Hoffnungen der Steinmetze zuschanden machen. Sie werden daher »Schmutzrinnen« genannt. Alle Klüfte sind sehr schmal, so daß man sie erst gewahr wird, wenn der Stein losgebrochen ist. Außer diesen Klüften finden sich im Steinbruch zwei Stöcke von besonderer Art. Der eine befindet sich an der Nordwestseite des Bruches. Es handelt sich hier um ein etwa 6 Ellen (4 m) unter der Erdoberfläche beginnendes, 60 Fuß (ca. 20 m) breites Stück Sandstein von unbekannter Mächtigkeit. Dieser Stein ist nicht geschichtet, sondern in einer unordentlichen, wellenförmigen Masse aufgetürmt und bildet eine fast reine Quarzklippe. Selbst mit bewaffnetem Auge kann man die einzelnen Quarzkörner hier nicht unterscheiden; das Gestein erweist sich als eine homogene, schwach fleischrote, ins graue übergehende Quarzmasse, in der sich jedoch etwas Ton vorfindet. Ein anderes ähnliches Stück findet sich nicht weit von hier in der Basisschicht.

Nicht nur diese Stücke erweisen sich als unbrauchbar, sondern auch die Sandsteinschichten in ihrer Umgebung konnten im allgemeinen nicht bearbeitet werden, weil sie in allen Richtungen von Armen, die von den Stöcken ausgehen, durchsetzt werden, und man hat Beispiele dafür, daß die Keile, welche die Zwischenräume der Schichten ausfüllten, einstürzten, wenn diese gesprengt wurden, und mehrere der eingestürzten Schichten mit sich rissen«. (Übersetzung a. d. Dänischen).

Nachdem der Betrieb im Jahre 1922 wieder aufgenommen worden ist, ist hier reiche Gelegenheit, die Sandsteinschichten näher zu untersuchen.

Die tiefste Stelle des Bruches liegt an der nach der See zu gewandten Wand. Da diese indessen ziemlich steil und stellenweise senkrecht ist, sodaß man kein vollständiges Profil aufnehmen kann, so sind hier drei Profile an verschiedenen Stellen des Steinbruchs vermessen worden.

**Lok. 205.** Auf dem Bilde Fig. 21 sieht man die tiefste Stelle des Bruches. 1934 war man hier bis zu 10 m unter den Meeresspiegel gelangt. In der niedrigen Wand rechts von den beiden Loren findet man 0,5 m mächtige Bänke einer hellen, rötlichen Arkose der Type II. Zwischen den Bänken liegen ein paar auskeilende Schichten eines gelben Sandsteinschiefers, der aus kantigen Quarz- und Feldspatkörnern besteht, die in eine glimmerreiche, chloritische Matrix eingebettet sind (Taf. I. Fig. 5). Die Korngröße ist ziemlich gleichmäßig und liegt um 0,1 mm herum. Die Farbe der Arkose ist vorwiegend hell, beinahe ganz weiß mit dünnen Bändern einer violetten, weißgepunkteten Arkose

(Fig. 22). Die weißen Punkte verdanken verwitterten Feldspatkörnern ihren Ursprung; die violette Farbe ist auf Ausfällung von Ferrioxiden zwischen den Körnern zurückzuführen. Diese Bänder liegen bald dichter, bald weiter von einander. In einigen Fällen finden sie sich an den Schichtflächen um den Sandsteinschiefer herum, der vermutlich in flachen Vertiefungen zum Absatz gelangt ist. Der Charakter des Gesteins wechselt im

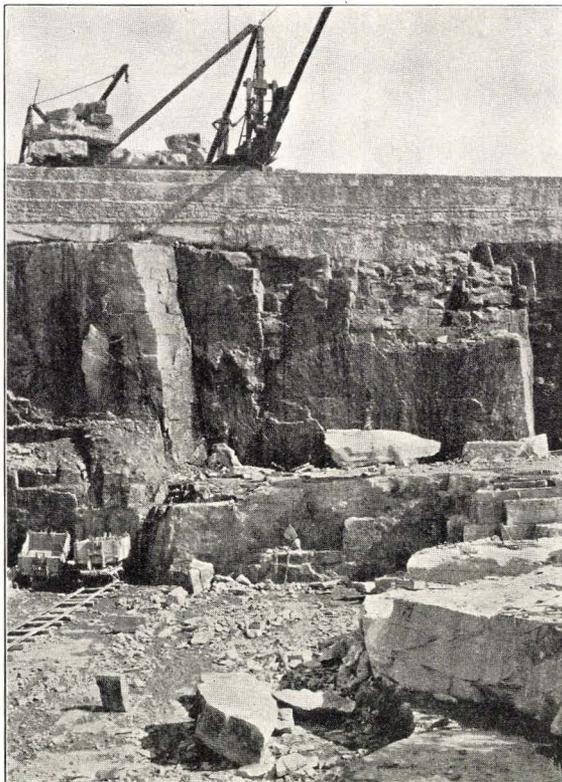


Fig. 21. Profil von Lok. 205 im Frederiks-Steinbruch, aufgenommen 1934. Die Wand im Hintergrunde des Bildes dämmt das Wasser der Ostsee ab, und die Sohle mit den beiden Loren des Steinbruchs liegt 10 m unter dem Meeresspiegel. Zu oberst sieht man eine Betonmauer, welche den Bruch vor Zerstörung durch das Meer schützt. Die Krone dieser Mauer liegt 2 m über Mittelwasser. Auf der Mauer die Kräne, mit welchen die gebrochenen Blöcke heraufgewunden werden. Ungefähr in der Mitte des Bildes sieht man einen solchen Block beim Transport.

übrigen außerordentlich stark, sowohl in vertikaler, wie in horizontaler Richtung. In der Zeit zwischen August 1933 und Juli 1934 hatte man die große Ecke herausgebrochen, die auf der rechten Bildseite am Boden des Bruches zu sehen ist, und es war unmöglich, im Jahre 1934 die Vermessungen mit denen von 1933 in Übereinstimmung zu bringen.

Die Bänke fallen  $4^\circ$  nach S  $40^\circ$  O ein.

Im Jahre 1935 war man noch 2 m tiefer unter die Fläche heruntergekommen, auf welcher die beiden Loren stehen. Die unterste Schicht auf dem Bilde Fig. 21 ist ein harter, roter, fleckiger Sandstein, der aus Quarz

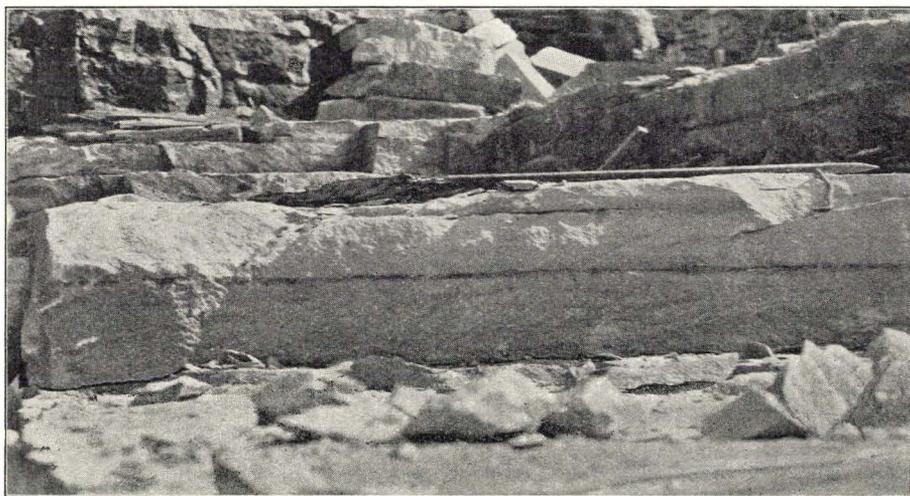


Fig. 22. Mächtige Sandsteinbänke der Type II mit dünnen, violetten Streifen. Frederiks-Steinbruch, Lok. 205. Dies ist das gewöhnliche, zu Bauzwecken verwandte Gestein.

und Feldspat besteht, jedoch ohne das siallitische Pulver. Anstatt dessen sind alle Poren mit Kieselsäure erfüllt, welche fast ausschließlich als sekundärer Zuwachs zu den ursprünglichen Körnern auftritt. Der Feldspat ist genau so frisch, wie in der normalen Arkose der Type II und besitzt eine helle, fleischrote Farbe. Dieses Gestein entspricht wahrscheinlich der Basisschicht von RAWERT und GARLIEB, da ihre Beschreibung sehr gut darauf paßt und auch die Tiefe ungefähr stimmt. Darunter folgt dann wieder die helle, rötliche Arkose der Type II, welche hier in diesen Schichten außerordentlich verwendungsfähig als Baustein ist.

**Lok. 206.** Diese Lokalität liegt in der Nordostecke des Bruches an der Wand nach der See zu. Hier wird augenblicklich nicht gebrochen. Die Basis des Profils liegt 5,35 m unter dem Meeresspiegel. Die untersten 4 m bestehen ausschließlich aus Type II. Die Schichtung ist unregelmäßig; gröbere und feinere Schichten finden sich regellos durcheinander.

In einem Horizont ca. 1,5 m über dem Boden beobachtet man deutliche Schrägschichtung, die sich jedoch nur über eine kürzere Erstreckung verfolgen läßt. Das Einfallen dieser Schrägschichtung ist  $20^\circ$  nach SO. Das Gestein ist scheinbar dickgebankt, schlägt man es aber an, so zerspaltet es in eine Anzahl nur wenige Zentimeter dicker Platten. Die Bänke fallen  $2^\circ$  nach SO ein.

Über der Arkose folgt eine dünne, auskeilende Schicht eines grauen Quarzits ohne eine Spur von Feldspat oder von rotem Pigment auf den Quarzkörnern. Die Schicht hat nur eine ganz geringe Mächtigkeit und keilt rasch nach NW aus, um dann am Westende der Wand wieder aufzutauchen. Zu oberst folgt eine Schicht von derselben Beschaffenheit wie die Basis-schicht bei Lok. 205.

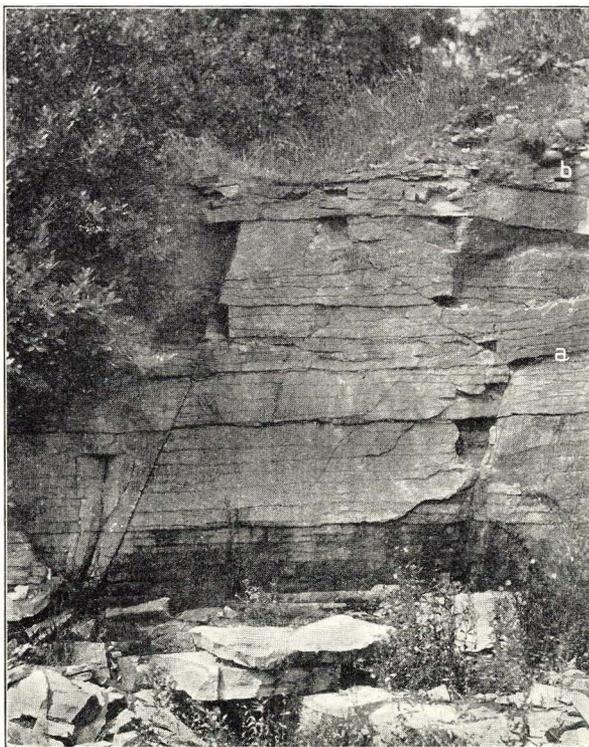


Fig. 23. Profil von Lok. 207 im Frederiks-Steinbruch.

**Lok. 207.** Diese Lokalität liegt in dem nach der Landstraße zu gelegenen Teil des Bruches. Fig. 23 zeigt die Wand des Steinbruches an dieser Stelle. Zu unterst finden

wir hier die gewöhnliche, helle Arkose der Type II, darüber eine dünne Schicht eines gelblichen Sandsteinschiefers (a). Darüber folgt wieder die helle Arkose der Type II, und diese wird wiederum von einer dünnen Schicht von Sandsteinschiefer (b) überlagert. Zu oberst liegt ein gelblicher Sandstein, der jedoch stark umgewandelt und von der Tätigkeit des Sickerwassers beeinflusst ist. Die Höhe des Profils ist 3,30 m. Auch in diesem Profil sind die Schichtungsverhältnisse unregelmäßig, und es findet sich Wechsellagerung von gröberen und feineren Schichten, die keinerlei Regelmäßigkeit verrät. Die Korngröße liegt meistens in der Größenordnung 0,05—1,1 mm, und nur sehr wenige Körner übersteigen dieses Maximum. Dagegen schwankt die Menge des ganz feinen Materials

außerordentlich stark innerhalb der verschiedenen Teile der Sandsteinbänke. Auch an dieser Stelle sind die Wände von horizontalen Spalten durchsetzt, welche die Schichtserie in dicke Bänke zerteilen, aber hier wie bei Lok. 206 zerspalten diese beim Anschlagen in dünne Platten. Die Schichten fallen  $4^\circ$  nach S  $30^\circ$  O.

Fig. 24 zeigt den südlichen Teil des Bruches. Auf der schrägen Fläche,

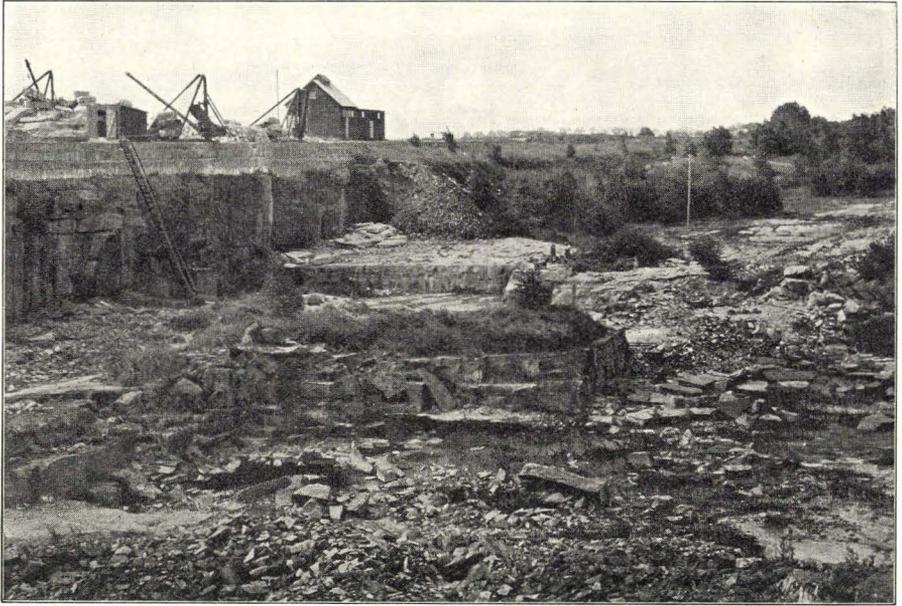


Fig. 24. Blick auf den südlichen Teil des Frederiks-Steinbruchs im Jahre 1934. Links Betonmauer und Stapelplatz. Rechts der langen Leiter liegt Lok. 205. Auf der schrägen Fläche im Hintergrund rechts vom Telefonmast findet man die auf Taf. VIII, Fig. 1 abgebildeten Erosionsfurchen.

welche von Lok. 205 nach dem Hintergrunde des Bildes zu verläuft, sieht man stellenweise einige unregelmäßige Furchen und Rinnen, welche auf Taf. VIII, Fig. 1 abgebildet sind. Eine nähere Erklärung derselben wird in Kapitel 4 (S. 114) gegeben. Außer diesen Furchen hat man stellenweise auch Wellenfurchen gefunden, wogegen Wurmrohren und Kriechspuren von diesen Schichten unbekannt sind.

Es war nicht möglich, den von RAWERT und GARLIEB erwähnten harten, quarzitäen Klumpen und die »Schmutzrinnen« wiederzufinden. Auch die Arbeiter im Steinbruch wußten nichts hierüber auszusagen. Eine Probe von diesem Klumpen im Mineralogisk Museum läßt erkennen, daß es sich um einen fast reinen, grauen oder schwach rötlichen Quarzit mit einem ganz geringen Gehalt an kleinen, rötlichen Feldspatkörnern und mit Kieselsäure-Bindemittel handelt.

Das Einfallen der Schichten im Frederiks-Steinbruch wird etwas verschieden angegeben.

Nach RAWERT und GARLIEB ist das Einfallen  $3^\circ$  nach OSO, jedoch ist Streichen und Fallen, sowie die Fallwinkel verschieden, und die genannte Bestimmung kann daher nicht als Hauptrichtung angesehen werden.

Nach JESPERSEN ist das Einfallen  $5^\circ$  nach SSO. JOHNSTRUP macht folgende Angaben:  $6^\circ$  nach S; dicht bei der Wassermühle (jetzt abge-

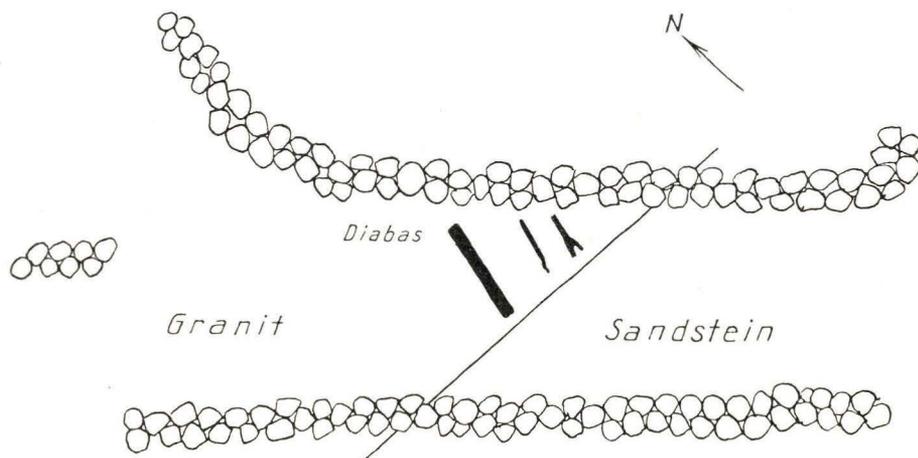


Fig. 25. Kartenskizze des Bootshafens mit der Grenze zwischen Granit und Sandstein nördlich des Frederiks-Steinbruchs. (Nach GRÖNWALL).

brochen)  $4^\circ$  nach S; etwas näher dem Granit  $7^\circ$ , aber gebogene, unregelmäßige Schichten; im nordöstlichen Teil des Bruches  $5^\circ$  nach SSO.

Die Grenze gegen den Granit ist nicht mehr zugänglich, da man hier am Nordende des Bruches den Betrieb vollständig eingestellt und die alten Löcher wieder zugefüllt hat. Jedoch hat GRÖNWALL hier die Verhältnisse während der Kartierung im Jahre 1898 untersuchen können und gibt folgende Beschreibung (16) (Übersetzung):

»Am Strande unmittelbar oberhalb des Frederiks-Steinbruches hat man einen kleinen Bootshafen für Fischerboote gebaut (Fig. 25), indem man die losen Steine entfernt hat, die in großer Anzahl das anstehende Gestein bedeckten. Es zeigte sich, daß man an dieser Stelle mit verhältnismäßig geringem Arbeitsaufwand eine Kenntnis von den Lagerungsverhältnissen erlangen konnte. Die Einfahrt des Bootshafens ist nach SO gerichtet, und hier, wie auch an einer Stelle etwas weiter westlich, war es möglich, die Grenze zwischen den verschiedenen Gesteinsarten zu beobachten. Diese verläuft in Richtung W  $5-7^\circ$  N — O  $5-7^\circ$  S, und die Grenze selbst ist scharf, ohne Brekzie; aber nördlich der Verwerfung ist der Svaneke-Granit stark verwittert, und südlich derselben ist der Nexö-

Sandstein stark zerklüftet und zerrissen, jedoch in einem Abstand von 2 m von der Verwerfungslinie ist der Sandstein fast ganz unbeeinflußt.

In seinem Tagebuch hat GRÖNWALL obige Skizze (Fig. 25) gezeichnet und folgende Bemerkungen hinzugefügt: »Längs der ganzen Grenze hat der Sandstein ungefähr dasselbe Aussehen. Zu oberst lag eine Konglomeratbank mit ziemlich großen Quarzkörnern und Feldspatstücken und darunter ein rotbrauner, ziemlich feinkörniger und wohlgeschichteter Sandstein. Eine eigentliche Brekzie war nicht zu beobachten. Der Sandstein war in der Nähe des Granits zerklüftet und zersprungen, aber 2 m vom Granit lag er beinahe ungestört«.

Die Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse enthalten mehrere Proben, welche GRÖNWALL beim Bootshafen gesammelt hat.

Von der Nordseite des Bootshafens liegen 4 Proben des Konglomerats vor. Es handelt sich hier um eine grobe Arkose mit kantigen Körnern, welche bisweilen fast einem stark verwitterten Svanekegranit gleicht. Der Feldspat ist fast vollkommen frisch, wogegen die dunklen Mineralien zu einer gelbgrünen, chloritischen Masse umgewandelt sind, welche das Bindemittel bildet.

Zwei Proben, ebenfalls von der Nordseite, entstammen dem Sandstein unter dem Konglomerat oder der Arkose. Er ist nicht rotbraun, wie GRÖNWALL angibt, sondern ausgeprägt dunkelgrün. Das Gestein besteht aus kantigen Quarz- und Feldspatkörnern und zeigt dieselbe Verteilung der Korngröße, wie die Arkose der Type II. Das Bindemittel ist dagegen von etwas anderer Art, nämlich eine gelbgrüne, glimmerreiche, chloritische Masse.

Drei Proben tragen auf der Etikette die Bemerkung: »Rämnan S des Sandsteins«. Was hiermit eigentlich gemeint ist, scheint aus GRÖNWALLS Tagebuch nicht hervorzugehen. Das Gestein ist eine stark verwitterte, graue Arkose mit rötlichen Quarzkörnern und ganz weißem, siallisiertem Feldspat. Das Gestein scheint durch eine starke Verwitterung des roten, weißgepunkteten Gesteins entstanden zu sein, welches RAWERT und GARLIEB Basisschicht nennen, und welches auch zu oberst im Profil bei Lok. 206 zu beobachten ist.

Zwei Proben entstammen dem Sandstein nahe beim Granit. Sie bestehen aus einer groben, stark verwitterten Arkose mit einem gelbgrünen, tonigen Bindemittel und vorwiegend frischem Feldspat.

Schließlich finden sich drei Proben von »Sandstein außerhalb« (wahrscheinlich außerhalb des Bootshafens) vor, welche aus dem harten, roten, gefleckten Gestein bestehen, welches der Basisschicht von RAWERT und GARLIEB entspricht.

Auf der Strecke zwischen dem Frederiks-Steinbruch und Nexö befindet sich eine Anzahl von alten, heute ganz zugefallenen Steinbrüchen.

RAWERT und GARLIEB (36) schreiben über die Verhältnisse auf dieser Strecke: »Je weiter sich die Schichten südwärts nach Nexö zu erstrecken, desto härter und also unbrauchbarer werden sie. Man hat daher bis in die neuere Zeit die ganze Strecke zwischen dem Steinbruch und Nexö für gänzlich ungeeignet zur Bearbeitung angesehen. Bei genauerer Untersuchung hat sich dagegen jetzt herausgestellt, daß im südöstlichen Teil dieser Strecke eine sehr harte Schicht aus dem Meere auftaucht und bald wieder unter der Erdoberfläche verschwindet. Vergleicht man das Streichen und Fallen dieser Schicht mit dem der sogenannten Basisschicht, und vergleicht man die beiden Sandsteinarten mit einander, so gelangt man vollkommen zu der Überzeugung, daß die eine Schicht die Fortsetzung der anderen ist, und daß diese Schicht gerade deshalb die oberste zwischen Nexö und dem Steinbruch ist, weil das Meer sie wegen ihrer Härte nicht zu durchbrechen vermochte. Dort, wo sich der Steinbruch befindet, wurde der obere, lockere Sandstein nicht nur durch seine große Tiefe geschützt, sondern auch durch die in die See vorspringenden Granitklippen, welche den an dieser Küste so gewaltigen Wellenschlag bei Ostwind abwehren. Untersuchungen, die von Professor RAWERT und Bergmeister STEENSTRUP vorgenommen wurden, haben diese Meinung vollkommen bestätigt. Diese haben unter diesen festen Schichten zwischen Nexö und dem Steinbruch mehrere ganz ebene und sehr brauchbare Sandsteinschichten gefunden«. (Übersetzung a. d. Dänischen).

Zu dieser Darstellung ist jedoch zu sagen, daß es sich bei der harten Schicht, von der auf der Strecke zwischen dem Steinbruch und Nexö die Rede ist, nicht um die eigentliche Basisschicht handelt, sondern um die harte Bank des selben Gesteins, welches sich zu oberst in dem Profil bei Lok. 206 vorfindet.

Im Hafen von Nexö sieht man den Sandstein in dem Trockendock, welches in diesen eingesprengt ist. Zu oberst steht hier der harte Sandstein an, welchen wir vom Frederiks-Steinbruch kennen (Basisschicht), und darunter folgt die normale Type II. Das Einfallen wird von JOHNSTRUP mit 3° nach S angegeben. Nach GRÖNWALL ist das Einfallen der Schichten am Boden des Trockendocks unregelmäßig 4° nach S 60° O.

GRÖNWALL schreibt desweiteren, daß das ganze Eisenbahngelände auf Sandstein, der ursprünglich 1,3 m tief unter Wasser lag, aufgeschüttet ist.

**Lok. 208.** Beim Piledam ließ das Wasserwerk Nexö im März 1918 einen Brunnen graben, wobei unter 3 m gelbem Ton Sandstein gefunden wurde. (Bohrarchiv der Danmarks Geologiske Undersøgelse Nr. 247<sub>2</sub>). Unter den nachgelassenen Papieren des verstorbenen Journalisten KURT PETERSEN in Nexö fand sich eine Photographie dieser Ausgrabungsstelle, welche auf Fig. 26 wiedergegeben ist.

Das Gestein ist ein dünnbankiger, grauer Quarzit mit eingelagerten,

dünnen Schichten eines schwarzen Tonschiefers. Unter dem grauen Quarzit folgt ein lockerer, gelblicher Sandstein. Wie aus dem Bilde ersichtlich, fallen die Schichten ziemlich stark.



Fig. 26. Die steilgestellten Schichten dünnen, quarzitischen Sandsteins in dem Brunnen des Wasserwerks Nexö bei Piledam, Lok. 208.

**Lok. 209.** Bei dem Sportplatz an dem neuen Kirchhof hat die Gemeinde Nexö einen großen Steinbruch zur Beschaffung von Wegmaterial angelegt. Der Bruch ist etwa 1,5 m tief. Das Gestein ist hier ein vorwiegend heller, schwach gelblicher Quarzit mit dünnen, schwach rötlichen Streifen. Nur in diesen letzteren ist die Oberfläche der Quarzkörnern rot pigmentiert, wenn auch in weit geringerem Maße als in den Schichten längs der Küste oder im Frederiks-Steinbruch. Das Bindemittel ist Kieselsäure. Die Korngröße schwankt etwas von Schicht zu Schicht.

Etwas westlich von dieser Stelle steht bei 24 Slvg. schwarzer Quarzit dicht unter der Oberfläche an.

**Lok. 210.** In Langede By befindet sich südöstlich von 7 Slvg. ein kleiner Steinbruch, wo unten grauer und darüber schwarzer Quarzit ansteht. Der schwarze Quarzit ist etwas feldspathaltig und ziemlich grob. Das Einfallen ist schwach östlich.

**Lok. 211.** An der Südostecke von 8 Vdg. findet sich ein Wasserloch

mit weißem und grauem Quarzit. Die Bänke fallen schwach nach S 80° O ein.

**Lok. 212.** Am Nordende des kleinen Waldes steht in einer Bachrinne schwarzer und grauer Quarzit an. Die Bänke fallen schwach nach S 20° W ein. GRÖNWALL gibt, an, daß das Einfallen schwach südöstlich ist.

Desweiteren teilt GRÖNWALL mit, daß man beim Hause nördlich dieser Stelle in einem Brunnen den festen Untergrund in 2 m Tiefe erreicht hat.

**Lok. 213.** Nach GRÖNWALL steht nordwestlich von Gadegaard am Wege nach Kirkebogaard in einem Graben Sandstein an. Die Lagerungsverhältnisse waren nicht festzustellen, aber das Gestein fiel beträchtlich nach SO ein, in derselben Richtung wie das Gelände. Im Jahre 1934 war mitten auf dem Wege eine Fläche von weißem Quarzit der Type VI entblößt.

**Lok. 214.** Im Køllergaard Moor ließ das Wasserwerk Nexö im Mai 1934 30 kleine Probebohrungen auf einem Areal von etwa 5,5 ha vornehmen und desweiteren 2 Brunnen graben. In den Brunnen fanden sich folgende Profile (Bohrarchiv der Danmarks Geologiske Undersøgelse, Bohrung Nr. 247<sub>5</sub>):

Brunnen Nr. 1.	Brunnen Nr. 2.
	150 m südwestlich von Nr. 1.
Blauer Ton . . . . . 4 m	Blauer Ton . . . . . 4 m
Sandstein in 52-75 cm mächtigen Schichten . . . . . 4,8 -	Moränenfüllung in einer Felsspalte . . . . . 4,75 -
Weiterhin wurden 4 Löcher bis zu einer Tiefe von weiteren 5 m gebohrt.	In Sandstein gesprengt . . . 2 - 3 Bohrlöcher weitere 6,5 m in den Sandstein hinein.

Beim Brunnen 2 lag ein Teil des ausgebrochenen Materiales. Dieses bestand vorwiegend aus dem rotgestreiften Ginghamstein, Type V, war aber überaus stark verkieselt und mehr oder weniger brekziös.

Über die Verhältnisse bei Kannikegaard hat früher einige Unklarheit geherrscht. JESPERSEN (21) gibt bei der Brücke bei Graanakkestue Tonschiefer (Alaunschiefer) an.

JOHNSTRUP ließ verschiedene Schürfungen vornehmen, wobei im Bachbett an der Brücke 9 Zoll (23,5 cm) mächtige, schwarze Schiefer angetroffen wurden, welche er als ein Glied des Sandsteins oder als einen Übergang zu den Grünen Schiefen betrachtete. Unter dem Schiefer fand er Sandstein.

GRÖNWALL fand bei der Brücke einen rotbraunen, sandigen Schiefer, der ziemlich zerklüftet war und nach SO einfiel. Er betrachtete es aber als ganz sicher, daß es sich hier um den Sandstein und nicht um Alaunschiefer handelt, wie JESPERSEN geglaubt hatte. Die Sammlungen

der Danmarks Geologiske Undersøgelse enthalten eine Probe von dieser Stelle, welche sich als ein überaus feiner Tonschiefer von derselben Art erweist, wie er im Steinbruch am Südende der Hundsemyre (Lok. 228) zu beobachten ist, und die im übrigen eigentlich vollständig wie Alaunschiefer aussieht.

**Lok. 215.** Östlich von dem nördlichsten Vorkommen der Grünen Schiefer in der Oleaa sieht man auf einem Hügel einen hellen Quarzit, der stark an den erinnert, welcher im Bache unmittelbar südlich davon bei Lok. 172 zu sehen ist.

**Lok. 216.** In einem alten Sandsteinbruch steht hier ein rötlicher, feldspathaltiger, harter Sandstein von der selben Art an wie die Basischicht im Frederiks-Steinbruch. Das Bindemittel ist Kieselsäure, und das allerfeinste Material ist ausgewaschen.

**Lok. 217.** Auf dem Feld bei Balke befindet sich innerhalb der Strandwälle ein kleiner Steinbruch in dunkelrotem Ginghamstein, Type V. Die Schichten liegen hier im großen und ganzen horizontal, sind aber von ganz schwachen Störungen in Form von Faltungen, Überschiebungen und Sprüngen beeinflusst. Diese Störungen sind jedoch nur ganz minimal, und die Sprunghöhen übersteigen selten 10 cm. Sie sind wohl kaum auf tektonische Ursachen zurückzuführen, sondern eher auf lokale Druckwirkungen infolge von Volumenveränderungen während der Diagenese.

**Lok. 218.** Am Strande sieht man anstehende, dünne Bänke eines dunklen, rötlichen und grauen Quarzits. Die Farbe schwankt etwas und kann auch beinahe ganz schwarz oder stark rotbraun sein. Der Wechsel zwischen den roten und den dunklen Partien ist außerordentlich unregelmäßig, da dieselben nicht nur in verschiedenen Bänken übereinander, sondern auch in ein und derselben Bank nebeneinander auftreten können. Die Übergänge sind allmählich, aber unregelmäßig. Die Oberfläche ist fast immer hell, schwach rötlich, auch bei den schwarzen Bänken.

Das Gestein ist ein harter Sandstein mit Quarz und Feldspat. Die Körner sind abgerundet und von ziemlich gleichmäßiger Größe. Der Feldspat ist ziemlich frisch. Das Bindemittel ist Kieselsäure. Einige der Körner sind an der Oberfläche pigmentiert, andere nicht. Das Pigment ist entweder rot oder schwarz.

**Lok. 219.** Beim Schießstand findet man am Strand einige flache Bänke eines dunklen, bisweilen rötlichen Sandsteins, der stark verkieselt ist. Das Gestein muß wohl als ein stark verkieselter Ginghamstein, Type V, betrachtet werden, bei dem ein Teil des roten Pigments mehr

oder weniger zu dunklen Ferroverbindungen reduziert worden ist. Die Schichten fallen  $4^\circ$  nach S  $20^\circ$  O ein.

**Lok. 220.** Am Nordende der Langeskanse finden sich am Strande flache, anstehende Bänke eines grauen Sandsteins mit kleinen, violetten Flecken. Die Korngröße ist ungefähr die gleiche wie bei Type II. Die Feldspatkörner sind recht zahlreich, aber so winzig, daß sie kaum mit der Lupe zu erkennen sind und erst unter dem Mikroskop festgestellt werden können.

**Lok. 221.** Hier beobachtet man am Strand ein paar dünne Bänke einer sehr groben, stark roten Arkose.

Die Quarzkörner dieser Arkose sind etwas unregelmäßig, aber meist abgerundet. Die Korngröße ist ungleichartig, ungefähr wie in Type I.

Der Feldspat ist meist ziemlich frisch und von heller, fleischroter Farbe, jedoch immer stark von Rissen durchsetzt und etwas zerbröckelt. Diese Mineralkörner liegen in einer rotbraunen Matrix, die jedoch stark mit Kieselsäure imprägniert ist, welche also das Bindemittel bildet. In dieser Arkose ist desweiteren eine Anzahl von größeren, quarzitäischen Bruchstücken eingebettet, wie man sie von den Typen III und IV kennt (Taf. IV, Fig. 6 und Taf. III, Fig. 3 und 4). Neben diesen finden sich einige große Feldspatkörner, vereinzelt große Quarzindividuen und endlich kleine Granitbruchstücke von der Art, wie man ihnen in Type I begegnet. Diese Körner können bis zu 1,5 cm Durchmesser erreichen. Die Mächtigkeit dieses Konglomerats übersteigt nicht 3 cm. In den Schichten unter dem Konglomerat bilden helle, bisweilen etwas zerbröckelte Feldspatkörner dünne, helle Streifen.

**Lok. 222.** Hier steht am Strand wieder ein Sandstein an, welcher vollständig der Basisschicht im Frederiks-Steinbruch gleicht. Die Schichten fallen  $4^\circ$  nach S  $20^\circ$  O.

**Lok. 223.** Hier begegnet man ähnlichen Gesteinen wie bei Lok. 218 mit dauernder, unregelmäßiger Wechsellagerung von hellen, dunkelroten und fast schwarzen, quarzitäischen Sandsteinschichten. Der größte Teil der Körner liegt in der Größenordnung 0,1—0,5 mm.

**Lok. 224.** In dieser Gegend beobachtet man den rot und weiß gestreiften Ginghamstein, Type V. Es ist für dieses Vorkommen charakteristisch, daß die Bänke immer nach der See zu einfallen, während die Streifen zuweilen einwärts nach dem Lande zu einfallen, wodurch auf der Oberfläche der Bänke unregelmäßige, gewellte Muster entstehen. Ihre Erklärung findet diese Erscheinung wahrscheinlich in den vielen kleinen Faltungen und Störungen, welche bei Lok. 217 besprochen wurden, wo man dieselben besser im Profil sehen kann.

Zwischen dieser Lokalität und Lok. 221 wird das Einfallen etwas verschieden angegeben. Nach GRÖNWALL ist es höchstens  $5^\circ$  nach SO, nach JOHNSTRUP  $3^\circ$  nach S  $20^\circ$  W.

**Lok. 225.** Unmittelbar nördlich des kleinen Bootshafens bei Balka sieht man sowohl stark rotbraunen als auch ganz schwarzen, quarzitären Sandstein nebeneinander, wobei von dem einen zum anderen gleichmäßige Übergänge existieren. Darüber folgt ein grauer Quarzit und zu oberst ein ganz weißer Quarzit der Type VI. In diesem obersten, weißen Quarzit findet man hübsche Quarz- und Amethystkristalle auf schmalen Spalten.

**Lok. 226.** Südlich des Bootshafens beobachtet man einen weißen Quarzit der Type VI, welcher kleine, abgerollte Glaukonitkörnchen enthält. In den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse findet sich eine Probe desselben Gesteins aus dem Steinbruch der Eisenbahn, welcher auf dem Felde bei Balke gelegen ist. Am Strande beobachtet man den weißen Quarzit bis zu der Stelle, wo der Weg von der Station »Balka Badestrand« den Strand erreicht. Von hier ab bis Snogebæk ist der Boden von Flugsand bedeckt.

Nach JESPERSEN (21) findet sich Grauwacke (Grüne Schiefer) an der Mündung der Mælaa oder eher nördlich hiervon, und dasselbe Gestein soll nach seinen Angaben 500 Ellen südöstlich der Mühle bei Balke zu finden sein. Weiterhin meint er, daß der Torf in der Hundsemyre auf Grauwacke ruht, da Tonschiefer (Alaunschiefer) sowohl bei Kannikegaard als auch südlicher bei Hullegaard anzutreffen ist. Daß die vermeintlichen Alaunschiefer bei Kannikegaard Einlagerungen im Sandstein sind, ist oben besprochen worden. An der Mündung der Mælaa ist heute nichts Anstehendes zu sehen, aber sowohl JOHNSTRUP wie GRÖNWALL haben die Verhältnisse behandelt.

GRÖNWALL gibt an, daß an der Biegung des östlichen Ablaufkanals der Hundsemyre im Kanalbett dunkler, quarzitischer Sandstein ansteht. Die übrigen von JESPERSEN erwähnten Vorkommen konnte er nicht finden.

JOHNSTRUP schreibt, daß das, was JESPERSEN Grauwacke nennt, ein grünlicher, mit schwarzen Schichten durchsetzter Sandstein ist, eine Übergangsform zwischen Sandstein und Grünen Schiefen. Die von JESPERSEN angegebenen Vorkommen von Tonschiefer (Alaunschiefer) bei Hullegaard konnte er nicht wiederfinden.

Im Mineralogisk Museum liegt eine Reihe von Proben von der Mündung der Mælaa oder nördlich davon, die von JOHNSTRUP 1871 gesammelt worden sind.

Probe Nr. 680 ist ein weißer oder grauer Quarzit mit vereinzelt Glaukonitkörnern. Er ist von der selben Art, wie der Quarzit bei Lok. 226. An der Oberfläche ist er wegen eines dünnen Belags mit Schlamm ganz

schwarz. Dicht unter der Oberfläche sieht man einen ähnlichen schwarzen Streifen, der dadurch zustande kommt, daß hier zwischen den Sandkörnern eine dünne Schicht von schwarzem Schlamm abgelagert ist.

Probe Nr. 681 ist von einer Etikette begleitet mit der Aufschrift: »JESPERSENS Grüne Schiefer N der Mündung der Mælaa«. Die Probe ist von der selben Art wie Nr. 680, nur finden sich hier mehrere dünne, schwarze Schichten. Auch die Oberfläche dieses Stückes ist ganz schwarz, da sie mit einer millimeterdicken Schicht von feinem, schwarzem, sehr glimmerhaltigem Schlamm bedeckt ist.

Probe. Nr. 682. Auf der Etikette steht: »Glimmerschiefer in untergeordneten Schichten im Sandstein N der Mündung der Mælaa«. Das Gestein ist ein feinkörniger, schwarzer, glimmerreicher Sandsteinschiefer, der jedoch feinkörniger ist als die Sandsteinschiefer, denen man sonst im Nexö-Sandstein begegnet.

**Lok. 227.** In der Nordwestecke der Hundsemyre befindet sich ein Steinbruch, wo weiße, graue und schwarze Quarzite unregelmäßig wechsellagern.

**Lok. 228.** In der Südostecke der Hundsemyre befindet sich ein anderer Steinbruch mit folgender Schichtserie:

Zu oberst: 6. Zwei Bänke eines hellen Quarzits. . . . .	23	cm
5. Drei Bänke eines grauen, schwarzfleckigen Quarzits	42	-
4. Schwarzer Quarzit. . . . .	27	-
3. Heller Quarzit mit Wurmrohren und schwarzen Schlammkuchen. . . . .	63	-
2. Schwarzer Quarzit. . . . .	46	-
1. Heller Quarzit mit Wurmrohren und Schlamm- kuchen. . . . .	16	-

Der schwarze Quarzit der Zonen 2 und 4 gehört zur Type VII. Bisweilen enthält er kleinere Partien, welche stärker mit organischem Material imprägniert sind als das übrige Gestein. Diese Partien können verschiedene Form besitzen. Bald sind sie eiförmig, bald mehr langgezogen, bald röhren- oder spaltenförmig. Der gefleckte oder schwarz-bunte Quarzit der Zonen 1 und 3 ist ein sehr eigentümliches Gestein. Der Sandstein selbst ist ein weißer Quarzit der Type VI, auf dessen Bankungsflächen sich dickere oder dünnere Fladen von schwarzem, bituminösem und sulfidhaltigem Schlamm befinden. Diese Bankungsflächen sind sehr unregelmäßig und stark gebogen, sodaß der Sandstein beim Anschlagen in kleinere Stücke von ganz unregelmäßiger Dicke zerbröckelt. Das Gestein enthält desweiteren verschiedene Wurmbauten vom Typus *Arenicoloides* und *Scolithus errans* (Taf. VIII, Fig. 3 og 4). Der schwarze Sandstein der Zone 2 ist nicht ganz so bituminös, wie

der der Zone 3, zeigt aber im übrigen dieselbe petrographische Zusammensetzung. Die oberste Zone 6 besteht aus einem weißen Quarzit der Type VI, der von dünnen Röhren vom Typus des *Scolithus errans* durchsetzt ist. Zwischen den Sandsteinbänken begegnet man dünnen Schichten eines feinkörnigen, schwarzen Sandsteinschiefers, die besonders auf den Oberflächen von einem schwarzen, glänzenden, bituminösen und sulfidhaltigen Schlamm bedeckt sind.

In der Westwand des Bruches bilden die Schichten einen schwachen



Fig. 27. Die flachen Sandsteinklippen bei der Salthammer Odde, Lok. 229. Man erkennt hier deutlich, daß der Sandstein von zwei aufeinander fast senkrecht stehenden Spaltensystemen durchsetzt ist.

Bogen, und zwar derart, daß sie am Nordende der Wand schwach nach Norden fallen und am Südende schwach nach Süden.

**Lok. 229.** Bei der Salthammer Odde unmittelbar nördlich des Hafens von Snogebæk ragen einige flache Klippen über das Wasser (Fig. 27). Das Gestein ist hier ein teils hellerer, teils dunklerer, grauer Quarzit mit meist abgerollten Körnern. Das Bindemittel ist Kieselsäure. Die Körner sind genau an den Stellen verwachsen, wo sie sich berühren. Das Gestein ist daher etwas porös. Die graue Farbe ist auf ein dünnes, dunkles Pigment und auf etwas organisches Material in den Poren zurückzuführen. Die Korngröße ist innerhalb der einzelnen Schichten ziemlich gleichmäßig, kann aber von Schicht zu Schicht etwas schwanken. Die meisten Körner liegen in der Größenklasse 0,05—1 mm. Diese Sandsteinbänke sind von einer Reihe von Klüften durchsetzt, die in zwei zu ein-

ander senkrechten Richtungen angeordnet sind, und zwar NW—SO und NO—SW. Auf diese Weise werden die Bänke in eine Anzahl vierkantiger Blöcke mit quadratischer Grundfläche zerteilt. Da die untersten Schichten gegenüber der Erosion weniger widerstandskräftig sind als die oberen, so ragen diese über die unteren vor. Auf diese Weise erhalten die Blöcke bisweilen ein beinahe sackförmiges Aussehen. Auf der Oberfläche der Blöcke befinden sich einige große, flache Vertiefungen. Das Einfallen gibt GRÖNWALL als südwestlich an.

**Lok. 230.** Südlich der Brücke zum Hafen stehen ein paar flache Klippen am Strande und am Meeresboden an. Das Gestein ist hier das selbe wie bei der Salthammer Odde. Das Einfallen ist schwach südlich.

**Lok. 231.** Ungefähr beim Telegraphenhouse stehen die Grünen Schiefer am Meeresboden an. Das Gestein repräsentiert hier die grüne, glaukonitische Type IX mit zahlreichen Phosphoritknollen. Die Schichten fallen schwach nach S ein. DEECKE (12), GRÖNWALL (16) und andere haben behauptet, daß man an dieser Stelle den Übergang vom Nexö-Sandstein zu den Grünen Schiefen beobachten kann. Dies kann jedoch nicht zutreffen, denn, wie später nachzuweisen sein wird (S. 147), ist die Grenze hier eine Verwerfung.

**Lok. 232.** Bei der Broens Odde treten die Grünen Schiefer zu Tage und bilden ähnliche sackförmige Klippen wie der Sandstein bei der Salthammer Odde (Fig. 28). Das Gestein ist hier der grüne Sandstein, Type IX, mit zahlreichen Phosphoritknollen. In seiner Beschreibung der geologischen Karte (16) hat GRÖNWALL die Ursachen für diese eigentümlichen Verwitterungsformen erklärt. Das Einfallen gibt GRÖNWALL zu  $5^\circ$  nach SSW an.

Westlich dieser zuletzt erwähnten Vorkommen weiß man vom Untergrund nur sehr wenig, und alles, was aus dieser Gegend im folgenden angeführt wird, ist GRÖNWALLS Tagebüchern entnommen.

Bei Pæregaard (27 Slvg. in Bodilsker) findet sich grauer, quarzitischer Nexö-Sandstein, der nach SSW einfällt.

Am Südennde der Hundsemyre ist das Moor von etwas Flugsand bedeckt. Eine Sandsteinklippe mit einem Einfallen von  $5^\circ$  nach SSO tritt hier zu Tage. Dies ist ein grober, harter Sandstein mit einer Anzahl von Eindrücken, welcher sehr der obersten Sandsteinbank unter den Grünen Schiefen bei Snogebæk ähnelt.

In Gadegaard (17 Slvg. in Poulsker) stieß man bei der Anlage der Jauchegrube auf Sandstein.

Etwa 1 km westlich der Meierei Bodilsker liegt ein neues Haus, Parzelle von St. Pilegaard in Bodilsker. Hier stieß man im Brunnen auf graues, hartes Gestein, wahrscheinlich Nexö-Sandstein. Eine Probe in

den Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse zeigt, daß es sich hier um einen schwarzen Quarzit der Type VII handelt.

Südlich der Landstraße liegt ein kleines Haus. Hier stieß man im Brunnen auf ein dunkles, braunes, sehr hartes Gestein, in dem das Werkzeug wirkungslos war. Wahrscheinlich handelte sich bei diesem Gestein um Grüne Schiefer.

Bei der Meierei Bodilsker wurde ein Brunnen 5 m tief in den Sand-



Fig. 28. Die Grünen Schiefer bei der Broens Odde, Lok. 232. Auch hier sieht man, daß die Schichten von zwei Spaltensystemen durchsetzt sind.

stein eingesprengt, nachdem man 2 m in Ton gegraben hatte. Das Gestein ist blau, quarzitisch.

In der Nähe von L. Vibegaard in Poulsker liegt eine Mergelgrube auf dem Gelände des Hullegaard. Hier stehen am Boden Grüne Schiefer an, welche  $5^\circ$  nach S einfallen.

Bei einem Haus südlich der südlichen Schule von Bodilsker stehen Grüne Schiefer an, die schwach nach SSO einfallen.

In Tornegaard (3 Vdg. in Poulsker) finden sich in dem 6 m tiefen Brunnen Grüne Schiefer, welche nach S einfallen.

Südlich von Stenseby stehen Grüne Schiefer in einigen Mergelgruben an.

Bei Nordbakkegaard (20 Slvg. in Poulsker) besteht das Ufer ausschließlich aus Grünen Schiefeln.

Am Boden des Grabens an dem Wege, welcher von Nordbakkegaard längs des Strandes in nördlicher Richtung führt, stehen Grüne Schiefer mit Phosphoritknollen an, die ziemlich verwittert sind und horizontal liegen.

Bei Pilegaard (33 Slvg. in Bodilsker) hat man einen Brunnen in Grüne Schiefer eingesprengt.

An der Biegung des Feldweges, welcher nach Kroggaard führt, findet sich eine kleine Tongrube, an deren Boden Grüne Schiefer anstehen, die anscheinend horizontal liegen. Die Moränendecke ist 1 m mächtig.

In einer Mergelgrube östlich von Pilegaard und bei einem Hause östlich von der Stelle stehen Grüne Schiefer in einer Tiefe von 1,3 m an.

Nördlich von Munkegaard (28—29 Slvg. in Poulsker) wurde westlich eines Feldweges, welcher zu einem Hünengrab führt, ein Brunnen gegraben. Hier fand man Grüne Schiefer unter 2,7 m Ton. An anderen Stellen fand man kein festes Gestein.

An der Südseite der Anhöhe Gildeshøj treten Grüne Schiefer zu Tage. Sie sind hier stark zerklüftet und fallen 25° nach W. Hier muß es sich sicher um einen erratischen Block in der Moräne handeln.

Bei der nördlichen Schmiede, nördlich der Kirche Poulsker, finden sich Grüne Schiefer im Brunnen in einer Tiefe von 7,3 m.

Beim Hause südlich des Ringelshøj (Rispebjerg) soll der Brunnen 8 m tief sein, jedoch wurde das feste Gestein nicht erreicht.

Der Wärter des südlichen Leuchtturms teilte mit, daß ursprünglich geplant gewesen war, den Hauptleuchtturm südlicher zu errichten, und daß man daher eine Tiefbohrung vorgenommen habe. Dabei durchstieß man ausschließlich Sand bis zu einer Teufe von 150 m. Die Stelle war 80—100 m OSO des Sirenenhauses gelegen.

Bei Duegaard in Poulsker wurden bei der Anlage des Jauchebehälters Grüne Schiefer gebrochen, welche besonders arm an Phosphorknollen waren. Die Sammlungen der Danmarks Geologiske Undersøgelse enthalten einige Proben von dieser Lokalität sowie von einem Steinbruch nördlich von Duegaard. Es handelt sich hier um den grünen glaukonitischen Sandstein der Type X.

### 3. Kapitel.

## Entstehung und Sedimentationsverhältnisse des Nexö-Sandsteins und der Grünen Schiefer.

### A. Nexö-Sandstein.

In der Literatur ist das Sandsteingebiet immer als eine Einheit behandelt worden und eine einheitliche Entwicklung über ganz Bornholm vorausgesetzt worden. Bezgl. dieser Entwicklung finden sich in fast allen Arbeiten (14, 15, 16, 28, 37, 38, 48, 49) folgende Angaben:

Zu unterst liegt ein grobkörniges, unregelmäßig geschichtetes Gestein, welches aus den Verwitterungsprodukten des Granits besteht, ohne daß eine weitere Sortierung stattgefunden hat. Das Gestein besteht oft aus kantigen Quarz- und Feldspatstücken, welche durch ein bräunliches Bindemittel verkittet sind.

Weiter aufwärts verändert sich das Bindemittel und wird mehr kaolinitisch und kieselsäurehaltig. Die Körner sind besser abgerollt, und eine bessere Sortierung macht sich bemerkbar.

Zu oberst folgt dann ein reiner Quarzit.

Eine etwas abweichende Einteilung hat STEHMANN versucht (40), der den Nexö-Sandstein folgendermaßen gliedert:

Oberer	6.	Heller Quarzit mit <i>Monocraterion</i>	2 m
	5.	Dunkler Quarzit mit verkohlten, linsenförmig eingelagerten Tanganschwemmungen, dünnen, tonigen Lagen von graugrüner und hellvioletter Farbe und <i>Lepocraterion</i>	4 m
Mittlerer	4.	Feinkörniger Sandstein mit Wellenfurchen und anorganischen Kegeln	2 m
	3.	Feinkörniger Sandstein ohne besondere Einschlüsse, gut geschichtet	5 m
Unterer	2.	Grobkörniger Sandstein mit dünnen, tonigen Lagen von graugrüner und hellvioletter Farbe und großem Gehalt an hauptsächlich zersetzten Feldspäten	15 m
	1.	Konglomerat von Aakirkeby Grundkonglomerat.	7 m

Von diesen beiden Gliederungen vermittelt diejenige STEHMANNS ein vollkommen falsches Bild der Schichtserie, was im folgenden näher behandelt werden soll.

Die ältere Gliederung, wie sie zuletzt von GRÖNWALL vertreten worden ist, stimmt dagegen im großen und ganzen mit den tatsächlichen Verhältnissen überein, wenn sie auch in vielen Einzelheiten davon abweicht. Wie man bereits dem Kapitel über die Lokalitätsbeschreibungen entnehmen kann, ist die Entwicklung der Sandsteinserie in den verschiedenen Teilen des Sandsteingebiets etwas verschieden. Es ist deshalb notwendig, jeden dieser Abschnitte für sich zu behandeln.

## I.

## Das Gebiet östlich einer Linie zwischen Døvredal und dem Mittellauf der Øleaa.

In diesem Gebiet ist folgende Schichtserie entwickelt:

- Zu oberst: 4. Wechsellagerung von weißen, grauen und schwarzen Quarziten, Type VI und VII.  
 3. Rot und weiß gestreifter Ginghamstein, Type V.  
 2. Helle, rötliche Arkose, Type II.  
 1. Dunkle, rote Arkose, Type I.

Die Auflagerung der Type I auf dem Granit ist in der Øleaa an mehreren Stellen (Lok. 161—164) zu beobachten. Der Zusammenhang von Type I und Type II ist aus den Verhältnissen um den Slamreberg herum (Lok. 196, 197, 198, 202) und in Nørrebæk (Lok. 204) zu entnehmen.

Der Zusammenhang zwischen Type I und Type II einerseits und den Typen V—VII andererseits ergibt sich aus der Beobachtung der Verhältnisse in dem Gebiet zwischen dem Frederiks-Steinbruch und Nexö, sowie weiter südlich nach Balka zu (Lok. 218—225). Wie weiter unten näher dargelegt werden soll, ähneln diese Schichten den Gesteinen des Frederiks-Steinbruchs so sehr, daß anzunehmen ist, daß es sich bei ihnen um die unmittelbare Fortsetzung der letzteren handelt. Im südlichen Teil der Stadt Nexö zieht sich zwar eine Verwerfung durch diese Schichten, die Sprunghöhe derselben ist aber nur ganz gering (s. S. 147).

Die Auflagerung der Type VI auf Type V ist bei Lok. 225 zu beobachten, und der enge Zusammenhang zwischen den schwarzen und den weißen Quarziten ist an fast allen Lokalitäten im quarzitischen Teil des Sandsteinsgebiets ersichtlich (s. Karte Fig. 31 S. 143).

Diese Schichtserie stimmt gut mit GRÖNWALLS Angaben überein, wogegen ein Vergleich mit STEHMANN größere Unstimmigkeiten zeigt.

Die drei untersten Glieder entsprechen STEHMANNS Unterem Nexö-Sandstein. Abgesehen davon, daß einzelne Partien von dem, was STEHMANN »grobkörniger Nexö-Sandstein« nennt, petrographisch mit seinem »Grundkonglomerat« identisch sind, welches in Wirklichkeit gar kein Konglomerat ist, so stimmt dieser Teil seines Schemas einigermaßen. STEHMANNS Mittlerer Nexö-Sandstein fehlt hier gänzlich, und zwar nicht, weil er nicht aufgeschlossen ist, sondern weil er hier garnicht entwickelt ist. Die Zone 4 entspricht STEHMANNS Oberem Nexö-Sandstein, jedoch ist es hier nicht möglich, eine untere Abteilung mit vorwiegend schwarzen Quarziten von einer oberen Abteilung mit vorwiegend weißen Quarziten zu trennen, was STEHMANN im übrigen auch selbst später erkannt hat

(41). Diese Abteilung beginnt mit einem weißen Quarzit, welcher am Strande bei Balka zu sehen ist (Lok. 226) und nicht zu STEHMANN'S Mittlerem Nexö-Sandstein gestellt werden kann, da er weder ein kaolinisches Bindemittel aufweist, noch feinkörnig ist. Die Verhältnisse nach Westen zu in der Grødby-Aa, Læsaa und Lilleaa zeigen, daß der Sandstein im Hangenden stellenweise mit hellen Quarziten, stellenweise mit dunkleren, grauen Quarziten abschließt.

Es ergibt sich nun die Frage, unter welchen Verhältnissen diese Schichtenserie abgelagert worden ist.

In der älteren Literatur ist die gesamte Sandsteinserie stets als marin betrachtet worden. So schreibt JOHNSTRUP (23): »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 . . .« Später schreibt er bei der Besprechung des starken Einfallens an dem Steilhang südlich von Aakirkeby: »Dieses 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 . . .«

Im Jahre 1910 schreibt USSING (48): »Die Reihe wird eröffnet von dem fossilfreien Nexö-Sandstein, dessen unterste, arkosenartige Schichten die Abrasionsfläche des Granits unmittelbar bedecken.« Auch in seiner »Geologie von Dänemark« (49) erwähnt USSING den Nexö-Sandstein in seiner gesamten Mächtigkeit als eine marine Bildung.

1916 schreibt GRÖNWALL (16) (Übersetzung): »Der Nexö-Sandstein ist in flachem Wasser in der Nähe einer Granitküste zum Absatz gelangt.«

Ein eigentlicher Versuch, die Richtigkeit dieser Auffassung zu beweisen, ist niemals gemacht worden. Mit Ausnahme von STEHMANN, welcher ganz richtig den untersten Teil für kontinental ansieht, haben es alle Autoren für ganz selbstverständlich gehalten, daß der ganze Nexö-Sandstein ein Meeressediment ist.

Die Ursache hierfür ist vielleicht darin zu suchen, daß man früher allgemein im Meere das einzige Sedimentationsgebiet und in den Festländern ausschließlich Denudationsgebiete gesehen hat. Jedoch schon zu Anfang dieses Jahrhunderts findet man bei verschiedenen Autoren, so z. B. bei WALTHER (50), BARREL (3, 4, 5) und TOMLINGSON (45) eindringliche Warnungen gegen eine allzu schematische Betrachtungsweise, sowie den Nachweis, daß verschiedene arkoseartige Sedimente kontinentaler Herkunft sein müssen, und daß sie in Inlandsbecken zum Absatz gelangt sein müssen oder in Deltas, wie BARREL es nennt, — ein Begriff, der jedoch in seinem Munde sehr umfassend ist.

Ein Vergleich der untersten Schichten der Sandsteinserie, also der Typen I und II, mit den marinen, unterkambrischen Sandsteinen, z. B. in Schonen, oder mit rezenten Strandsedimenten ergibt sehr augenfällige Unterschiede.

Die marinen, sandigen Ablagerungen sind fast alle von grauer Farbe und bestehen so gut wie ausschließlich aus Quarzkörnern. Feldspat kann zwar auftreten, spielt aber eine ganz untergeordnete Rolle. Die Körner sind fast immer abgerundet und abgerollt, und schließlich ist die Korngröße sehr gleichmäßig, jedenfalls innerhalb einzelner Schichten. Die Schichtung ist meist recht ausgeprägt und deutlich.

Keine dieser charakteristischen Eigenschaften findet sich bei den beiden Arkosen der Typen I und II. Die Farbe ist nicht grau, sondern mehr oder weniger rot. Feldspat tritt in bedeutender Menge auf, die Körner sind meist kantig und weisen keine oder nur schwache Spuren von Abrundung oder Beanspruchung auf, und schließlich ist die Korngröße sehr ungleichmäßig. Körner mit einem Durchmesser von 1—2 cm finden sich neben dem feinsten Schlamm. Schichtung fehlt oder ist, wenn vorhanden, sehr unregelmäßig, sodaß gröbere und feinere Partien mit einander vermenget sind, ohne daß eine größere Regelmäßigkeit zu erkennen wäre. Es ist ganz unwahrscheinlich, daß das feine, weiße, lockere Pulver, welches sich in allen Poren und Zwischenräumen zwischen den Körnern in Type II befindet, der Auswaschung und Entfernung entgangen sein könnte, wenn diese Arkose im Meere abgelagert worden wäre. Es ist auch ganz unwahrscheinlich, daß die bisweilen stark zersprungenen und bröckeligen Feldspatkörner in Type II nicht vollständig zermahlen worden wären, wenn sie auf dem Meeresboden abgelagert worden wären, wo das Material immer wieder aufgewirbelt und die Körner hin und her gerollt werden. Auch würde in diesem Falle das weiße Pulver ausgewaschen und entfernt worden sein, um erst in tieferem und ruhigerem Wasser zum Absatz zu gelangen.

Es ist ganz klar, daß das feine Material nicht zusammen mit dem groben Material transportiert und abgelagert worden sein kann. Dagegen ist es denkbar, daß das feine Material ursprünglich in Form von Feldspatkörnern sedimentiert worden ist, die dann später verwittert sind. Im Hinblick auf solche Verhältnisse schreibt VAN HISE (19): »When the material once gets permanently below the surface of the water, it passes to a considerable extent from conditions of the belt of weathering to those of cementation. While oxygen and living organisms may still act upon the material, they are not nearly so effective as under the condition of the belt of weathering, hence the process of decomposition is much retarded.«

Es ist also nicht sehr wahrscheinlich, daß solche Vorgänge stattgefunden

den haben, und selbst wenn der Feldspat etwas umgewandelt worden ist, so würden, wie erwähnt, die Produkte sicher schnell entfernt worden sein.

Auch die roten Oberflächenhäute der Quarzkörner würden bei dem beständigen Rollen der Körner auf dem Meeresboden unzweifelhaft ziemlich schnell abgeschabt worden sein; bei den vorliegenden Gesteinen sind diese Häute jedoch so gut erhalten, daß sie mitunter den Körnern einen tief dunklen Farbton verleihen. Schon allein die rote Farbe der Arkosen deutet darauf hin, daß diese Gesteine nicht marin sind. Rote Meeressedimente sind eine große Seltenheit (1). Abgesehen vom Roten Tiefseeton, der hier ja nicht in Betracht kommen kann, kennt man rote Sedimente nur von Küsten, wo Ströme, welche Lateritgegenden durchfließen, ins Meer münden. Der transportierte rote Schlamm wird dann vom Meere noch ein Stück längs der Küste verfrachtet und allmählich als Rotschlick sedimentiert. Die rote Farbe bleibt jedoch nur dann erhalten, wenn keine größeren Mengen von organischem Material vorhanden sind, welches die roten Ferriverbindungen zu den dunklen Ferroverbindungen reduzieren kann.

Es ergibt sich also aus dem Gesagten, daß die Arkosen Type I und Type II nur eine äußerst geringe Ähnlichkeit mit marinen Sedimenten aufweisen, und es kann eine Reihe von Einwänden gegen die Auffassung von ihrer marinen Natur erhoben werden. Es lohnt sich daher, zu untersuchen, ob unter den kontinentalen Sedimenten Typen zu finden sind, welche eine größere petrographische Übereinstimmung mit den beiden erwähnten Typen des Nexö-Sandsteins aufzuweisen haben.

TWENHOFEL (47) bespricht auf der Grundlage von BARTONS Untersuchungen eine Reihe von Arkosetypen verschiedenen Ursprungs. Von diesen haben in dem vorliegenden Falle Arkosen, die auf dem Festlande unter semiariden Verhältnissen gebildet worden sind, das größte Interesse.

Eine terrestrische Arkose, unter semiariden Klimaeinflüssen entstanden, wird folgendermaßen beschrieben:

»It has a reddish colour and is composed of subangular, iron-stained grains of quartz and feldspar. The deposits are coarsely stratified, cross-laminated, have much out-fill bedding, mudcracks, raindrop impressions and foot prints.«

BARTON beschreibt (6) »Deposits laid down under semiarid conditions« wie folgt: »Arkose reddish, composed of subangular iron-stained grains of quartz and partially decomposed felspar deeply in an iron-stained matrix of fine-grained quartz and argillaceous material.«

Auch WETZEL (51) hält solche Arkosen für terrestrische Bildungen abflußloser Gebiete, wo sie unter Mitwirkung gelegentlich auftretender Wasserläufe sedimentiert worden sind.

Die beiden rötlichen Arkosen des Nexö-Sandsteins scheinen in weit höheren Maße Ablagerungen dieser Art zu ähneln als marinen Ablagerungen. Wenn man desweiteren die Beschreibungen liest, welche WALTHER (50), PENCK (33) und KAISER (24) von den Sedimenten gewisser Wüstengebiete geben, so erhält man ebenfalls ein Bild, daß in mannigfacher Weise an das erinnert, was man bei Betrachtung der Wände im Frederiks-Steinbruch bei Nexö sieht.

Es kann also kaum ein Zweifel herrschen, daß der Teil des Nexö-Sandsteins, welcher durch die Arkosen Type I und Type II repräsentiert wird, kontinentalen Ursprungs oder, genauer gesagt, eine Wüstenbildung ist, größtenteils gebildet unter Mitwirkung mehr oder weniger periodisch fließender Gewässer.

Hiergegen würde vielleicht einzuwenden sein, daß im Nexö-Sandstein jede Spur von Winderosion, Trockenrissen, Regentropfeneindrücken und Salzausscheidungen fehlt, Kennzeichen, die alle als sichere Anzeichen für Wüsten angesehen werden. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß Wüsten der unterkambrischen Zeit sich sehr wohl in klimatischer Beziehung von denen der Jetztzeit unterschieden haben können. Unter Wüsten verstehen wir solche Gebiete, in denen die Vegetation äußerst spärlich ist oder gänzlich fehlt, und solche Gebiete treffen wir heutzutage außer im Hochgebirge fast ausschließlich in sehr warmen und sehr trockenen Gegenden an. Zu unterkambrischer Zeit existierten ja aber überhaupt keine Landpflanzen, und das Festland wird deshalb damals im allgemeinen einen Wüstencharakter besessen haben. Für die Sparagmite stellt VOGT ähnliche Überlegungen an (52). Um über eventuelle klimatische Verhältnisse Klarheit zu gewinnen, müssen wir daher unterscheiden zwischen den Erscheinungen, welche in dem Vorhandensein oder dem Fehlen der Vegetation ihre Ursache haben, und zwischen denen, welche auf ausgeprägt trockene Klimaverhältnisse zurückzuführen sind.

Als Indikatoren für Trockenklima sind Salzausscheidungen, Regentropfeneindrücke und Trockenrisse zu betrachten. Keine dieser Erscheinungen findet sich im Nexö-Sandstein. Die Abwesenheit von Trockenrissen und Regentropfeneindrücken ist dadurch erklärlich, daß das Sediment zu grob ist, als daß solche Spuren darin erhalten bleiben könnten und sagt also in klimatischer Beziehung nichts aus. Das Fehlen von Salzausscheidungen deutet aber jedenfalls darauf hin, daß das Klima nicht ausgeprägt arid gewesen ist.

Die Eigenschaften der Wüstensedimente, welche auf das Fehlen der Vegetation zurückzuführen sind, zeigen sich teils in ihrem Aufbau, teils in ihrer chemischen Zusammensetzung.

In vegetationsreichen Gebieten versickert das Regenwasser teils im Boden, teils läuft es oberflächlich ab. Die dichte Vegetationsdecke wird jedoch die darunterliegenden Erdschichten dagegen beschützen, vom

Wasser mitgerissen zu werden. In vegetationslosen Gebieten fehlt jedoch eine solche schützende Decke, und gleichzeitig wird die Wasserführung etwas unregelmäßiger. Nach einem Regenguß verwandeln sich alte, trockene Flußbetten in reißende Ströme, die alles lockere Material mit sich führen und große Gebiete überschwemmen. Steigt das Wasser über die Ufer des Flußbettes und breitet sich über die umliegenden Ebenen aus, so nimmt die Transportkraft des Wassers ab, und ein Teil des Materials wird ziemlich rasch sedimentiert, ohne daß es irgendwie sortiert wird. Auf diese Weise entsteht die Struktur mit regellos ineinander geschachtelten gröberen und feineren Lagen, wie sie in den Profilen des Frederik-Steinbruchs so deutlich zu beobachten ist. Bahnt sich das Wasser dann später einen Weg zurück zum Hauptstrom, so entstehen auf der Oberfläche solche Strömungsrinnen, wie sie auf dem Bilde Taf. VIII Fig. 1 zu erkennen sind. Auch die Schrägschichtung findet auf diese Weise ihre Erklärung. Die übrigens recht seltenen Fälle von Wellenfurchen, die ab und zu auf den Schichtflächen im Frederiks-Steinbruch auftreten, können sowohl fluviatiler wie mariner Entstehung sein. Ein Teil des Wassers sammelt sich in flachen Becken an der Oberfläche, und hier bilden sich dann die Sandsteinschiefer, die ebenfalls recht häufig in den Arkosen auftreten.

In chemischer Beziehung ist die Vegetation in verschiedener Weise für die Verwitterungsprozesse von Bedeutung.

Die Anwesenheit der Vegetationsdecke hat zur Folge, daß die Luft im Erdboden erheblich reicher an  $\text{CO}_2$  ist als die Atmosphäre. In den Verwitterungsprodukten äußert sich dies in der Bildung von Karbonaten. Diese fehlen jedoch in den betreffenden Sandsteintypen gänzlich, wogegen Oxyde und Eisen- und Aluminiumhydrate eine bedeutende Rolle spielen.

Weiterhin wirken die organischen Stoffe in der Weise reduzierend, daß die roten Ferriverbindungen zu dunklen Ferroverbindungen reduziert werden; in den Arkosen der Typen I und II sind gerade die roten Ferriverbindungen sehr auffallend.

Schließlich wirkt Rohhumus als Schutzkolloid gegenüber Eisen und Aluminium in der Weise, daß diese Stoffe in Lösung bleiben und daher wandern. Sie werden dagegen ausgefällt, wenn die Humusstoffe entfernt werden oder fehlen. Da gerade Eisen und Aluminium in den erwähnten Gesteinen eine große Rolle spielen, so deutet auch dieses auf eine vegetationslose Oberfläche hin (2, 8).

Wir begegnen also in den roten Arkosen von Bornholm einer Reihe von sicheren Anzeichen dafür, daß sie auf einer Landoberfläche ohne Vegetation zum Absatz gekommen sind. Da solche Verhältnisse aber für das Untere Kambrium überall gelten, so kann dieses nichts zur Aufklärung der klimatischen Verhältnisse beitragen.

Der ziemlich große Gehalt an frischen Feldspäten deutet darauf hin, daß der mechanische Zerfall gegenüber der chemischen Verwitterung vorherrschend gewesen ist; daß aber auch eine solche nicht vollständig gefehlt hat, beweist der mitunter recht bedeutende Gehalt an Siallit, sowie die starke Umwandlung jedenfalls eines Teils der Feldspatkörner. GRÖNWALL (16) spricht ständig von einer Kaolinisierung der Feldspäte und behauptet, daß diese Kaolinisierung der Feldspäte vor ihrer Sedimentation stattgefunden hat, also während sie noch ein Bestandteil des Granits gewesen sind. Dies kann jedoch nicht richtig sein. An vielen Stellen beobachtet man nämlich Feldspatkörner, die ganz zersetzt und mürbe sind und trotzdem die ursprüngliche, kantige Form bewahrt haben. Dies wäre undenkbar, wenn sie in ihrem jetzigen Zustand einem Transport unterworfen gewesen wären. Sie würden dann sicherlich aufgeweicht und völlig zerfallen sein. Ein Teil des Materials der Arkosen ist sicher in Form von Granitbruchstücken transportiert worden, welche dann nach ihrer Sedimentation durch mechanischen Zerfall, sowie durch chemische Verwitterung weiter zerteilt wurden und zwar in ähnlicher Weise, wie es WALTHER und ERICH KAISER aus rezenten Wüstengebieten beschrieben haben (24, 50).

Die Verwitterung des Granites selbst gibt keine besonderen Aufschlüsse über die klimatischen Verhältnisse. Die Ausfällung der roten Eisenoxyde scheint jedoch das Vorhandensein von tropischem oder subtropischem Klima anzuzeigen. Wenn diese roten Eisenoxyde auch in gemäßigten Breiten vorkommen, so sind sie doch jedenfalls hier seltener.

Vereinigt man diese verschiedenen Anzeichen zu einem einheitlichen Bilde, so gelangt man zu dem Ergebnis, daß die Arkosen der Typen I und II auf einer vegetationslosen Landoberfläche, wahrscheinlich in warmem und möglicherweise semiaridem Klima zum Absatz gelangt sein müssen.

Diese Landoberfläche besaß ursprünglich ein kräftiges Relief, von welchem einige Reste noch erhalten sind.

Aus später anzuführenden Gründen (S. 139) ist GRÖNWALLS Verwerfung zwischen dem Granit und dem Sandstein an der Westseite des Slamrebjerg aufzugeben, desgleichen die Verwerfungen, welche nach GRÖNWALL das Sandsteingebiet zwischen dem Slamrebjerg und der Südseite der Paradisbakker abgrenzen.

Die Senke zwischen Døvre im Westen und dem Slamrebjerg im Osten, in welcher die Øleaa verläuft, ist sicherlich präkambrisch angelegt und allmählich mit Nexö-Sandstein aufgefüllt worden, und dasselbe gilt auch für die Senke zwischen dem Slamrebjerg und der Südseite der Paradisbakker. Bei der Ausfüllung dieser Senken spielt noch ein weiterer Faktor eine Rolle. Der Schutt an den Böschungen wird nämlich, da er ständigem Zerfall ausgesetzt ist, allmählich mehr und mehr feinkörnig und setzt sich

schließlich unter dem Einfluß der Schwerkraft in Bewegung. Es entsteht auf diese Weise ein Transport durch Trockenbewegung (50), welche ihrerseits weiterhin zur Entstehung von unsortierten und ungeschichteten Sedimenten beiträgt.

Während diese Teile des Nexö-Sandsteins sedimentiert wurden, fand eine Landsenkung und schließlich eine Transgression statt. Schon die Schichten im Frederiks-Steinbruch müssen in so geringer Höhe über dem Meere gebildet worden sein, daß dasselbe unter gewissen Umständen in das Land einbrechen konnte. Spuren solcher kurzdauernden Überschwemmungen haben wir im Frederiks-Steinbruch in der sogen. Basisschicht und in der obersten Schicht bei Lok. 206. In diesen beiden Schichten ist alles siallitische Pulver ausgewaschen, und die am stärksten verwitterten Feldspatkörner sind ebenfalls verschwunden. Im übrigen weisen jedoch die Körner dieselbe Form und Größe auf, wie man sie in der hangenden und liegenden Arkose beobachtet.

Genau die gleichen Gesteine treffen wir am Strande südlich von Nexö (Lok. 218—220). Auch hier weist das Gestein starke Beziehungen zu der Arkose, Type II, auf, unterscheidet sich aber von dieser durch die Abwesenheit des weißen Pulvers und der bröckeligsten, größeren Feldspatkörner. Diese Schichten sind offenbar als eine Litoralbildung im strengsten Sinne aufzufassen, indem sie in der Zone zwischen Hoch- und Niedrigwasser gebildet worden sind. Das stellenweise Auftreten von schwarzen Sandsteinbänken, in denen die roten Ferrioxycide mehr oder weniger zu dunklen Ferroverbindungen reduziert worden sind, steht wahrscheinlich mit der Anwesenheit von verfaulenden, organischen Stoffen in Gestalt von angespülten Algen oder anderen Organismen in Verbindung.

Daß die Landsenkung außerordentlich langsam vor sich gegangen sein muß, geht aus der Tatsache hervor, daß die Materialzufuhr vom Lande nach der Küstenzone bisweilen so groß gewesen ist, daß das Meer nicht imstande war, das zugeführte Material umzulagern und zu entfernen. Dies zeigt sich z. B. bei der Arkose und dem Konglomerat bei Lok. 221. Soweit hier die großen, frischen Feldspatkörner und die großen, vereinzelt auftretenden Quarzindividuen in Frage kommen, scheint das Material dieses Konglomerats direkt dem Granit zu entstammen; ein anderer Teil des Materials aber entstammt intern verwitterten, unterkambrischen Arkosen. Es ist bemerkenswert, daß man im Konglomerat Bruchstücke findet, welche schwerlich anders als als Arkose gedeutet werden können, in welcher der Feldspat fortgewittert und durch sekundäre, authigene Kieselsäure ersetzt worden ist. Die Verkieselung der Arkose muß also verhältnismäßig schnell begonnen haben. Solche Körner sind auch in den schwarzen Quarziten zu finden, wo sie jedoch spärlicher auftreten.

Auch der Ginghamstein muß unter Verhältnissen sedimentiert worden

sein, wo der Meeresboden teilweise trocken lag, da man sich schwer vorstellen kann, wie das feine, rote Pulver sonst vor der Auswaschung bewahrt worden sein könnte. In den weißen Lagen müssen die Körner vermutlich Einwirkungen ausgesetzt gewesen sein, durch welche das rote Pigment entweder abgeschliffen oder reduziert und aufgelöst wurde.

Mit dem weißen Quarzit am Strande nördlich von Balka (Lok. 226) haben wir den sicher marinen Teil der Schichtenserie erreicht. Der verhältnismäßig große Glaukonitgehalt zeigt, daß diese Schichten am Meeresboden außerhalb der Litoralzone zum Absatz gelangt sind. Diese abgerollten Glaukonitkörner sind sicherlich aus größeren Tiefen heraufgespült worden. Nach Ablagerung dieser Schichten muß dann wieder eine Hebung eingetreten sein, denn die hangenden, schwarzen und weißen Quarzite mit ihren besonders hübschen Wurmröhren und Linsen von fettem, schwarzem Schlamm sind sicherlich Lagunenbildungen. Der ständige Wechsel von rein weißen und ganz schwarzen Quarziten scheint anzudeuten, daß diese Lagunen vom Meere durch Nehrungen abgesperrt gewesen sind. Diese Nehrungen sind ab und zu durchbrochen worden, und der weiße Seesand wurde über die dunklen, stark bituminösen Lagunensedimente herübergespült, so daß diese aufgewirbelt und teilweise mit dem eingespülten Material gemischt wurden. Die Wirkung dieser unruhigen Verhältnisse erkennt man ausgezeichnet im Steinbruch bei Snogebæk (Lok. 228). Auf Taf. VIII Fig. 4 sieht man, wie die schlammgefüllten, schwarzen Röhren gebrochen und gebogen sind, und wie die schwarzen Schlammlinsen schräge Flächen bilden, welche die Schichten durchsetzen.

Die allerjüngsten Schichten des Sandsteins sind in dieser Gegend nirgends anzutreffen, da die Grenze gegen die Grünen Schiefer bei Snogebæk durch eine Verwerfung gebildet wird (S. 147.). Die Sedimentationsverhältnisse des marinen Teils des Nexö-Sandsteins stimmen sicher am besten mit denjenigen überein, welche wir heutzutage längs der Ostküste Nordamerikas zwischen Cape Cod und Florida vorfinden.

Die Mächtigkeit des Nexö-Sandsteins kann nirgends direkt gemessen werden. In der Senke zwischen Døvre und dem Slamrebjerg kann man dieselbe zu etwa 20 m ansetzen; hierzu kommen mindestens 15 m im Frederiks-Steinbruch. Für den quarzitischen Teil der Schichtenserie muß man mit ca. 30 m rechnen, was dem Vertikalabstand zwischen Lok. 226 und 213 entspricht. Die Schichten zwischen Balka und Gadeby liegen nämlich ungefähr horizontal (näheres S. 144), sodaß die jüngeren Schichten nördlich gelegen sind und die älteren etwas südlicher. (Fig. 32, S. 142). Hierzu kommt schließlich die Mächtigkeit der Schichten am Strande zwischen Balka und Nexö. Da die Schichten hier aber ungefähr parallel der Küste streichen, so kann die Mächtigkeit kaum sehr groß sein. Man gelangt auf diese Weise zu einer Gesamtmächtigkeit von ca.

70 m, ein Wert, der auch recht gut mit den älteren Angaben übereinstimmt, welche von JOHNSTRUP stammen, der 60 m annahm. Dagegen ist STEHMANN'S Mächtigkeitsangabe von 35 m eine völlige Unmöglichkeit. STEHMANN'S Zahlen sind alle als Minimalwerte aufzufassen, welche durch Messungen in ganz zufälligen Steinbrüchen zustande gekommen sind, wo man überhaupt nichts darüber weiß, wie große oder geringe Teile der Schichtenserie man vor sich hat.

## II.

### Das Gebiet zwischen Øleaa und Grødby-Aa.

Von der Granitgrenze bis zu den Grünen Schiefen sieht man in diesem Abschnitt ausschließlich die quarzitischen Schichten des Nexö-Sandsteins. Auch hier wechseln schwarze, graue und weiße Quarzite so unregelmäßig miteinander ab, daß es ganz unmöglich ist, zwei nahe bei-einander gelegene Lokalitäten miteinander zu parallelisieren.

Die zahlreichen Kegel, Kriechspuren und ähnliche Gebilde zeigen an, daß wir hier eine Flachwasserbildung vor uns haben.

In der Grødby-Aa bilden die weißen Quarzite die obersten Bänke bei Rundlykkehus. Sie sind außerhalb der eigentlichen Litoralzone mehr nach den etwas größeren Tiefen zu abgelagert worden, in denen die Grünen Schiefer zum Absatz gelangten.

## III.

### Das Gebiet zwischen Grødby-Aa und Læsaa.

In diesem Gebiet ist die Entwicklung der Sandsteinserien sehr verschieden von derjenigen, die wir aus dem östlichen Gebiet kennen. Im W, N und O von Aakirkeby finden wir folgendes Profil:

- Zu oberst: 3. Weißer Quarzit.  
 2. Weiße Arkose, Type III.  
 1. Rote Arkose, Type I.

Diese Schichtserie finden wir jedoch nur in zwei Senken in voller Ausbildung, nämlich zwischen Aakirkebybakke und Læsaa einerseits und zwischen dem Aakirkebybakke und dem Granitgebiet bei Faareby andererseits. An den Böschungen des Aakirkebybakke fehlt die rote Arkose, und die weiße lagert hier direkt dem Granit auf. An einer Stelle zwischen der Læsaa und Faareby fehlen die beiden obersten Horizonte, und wir haben hier nur die rote Arkose, Type I.

Seit ØRSTEDS und ESMARCKS Zeiten hat man diese Schichtserie hier

zum unteren und mittleren Teil des unterkambrischen Sandsteins gestellt, und einen Zweifel an dieser Zeitbestimmung hat man niemals für notwendig erachtet, obwohl niemals ein eigentlicher Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung geführt worden ist. Dies ist umso erstaunlicher, als bereits eine oberflächliche Betrachtung des Gesteins in Type III einen bedeutenden Unterschied gegenüber den unteren und mittleren Schichten des kambrischen Sandsteins, den Arkosen der Type I und II, zeigt. Bei näherer Untersuchung zeigt sich überdies, daß dieser Unterschied so tiefgreifend ist, daß die Frage berechtigt ist, ob man es bei dieser weißen Arkose der Type III überhaupt mit einer Bildung aus kambrischer Zeit zu tun hat.

Ein Vergleich zwischen den Typen I und II einerseits und der Type III andererseits ergibt eine ganze Reihe von Unterschieden:

1) Ein Charakteristikum der Typen I und II ist ihre rote Farbe, hervorgerufen durch einen beträchtlichen Gehalt an roten Ferrioxiden, die entweder als Pigment an der Oberfläche der Körner sitzen oder auch Matrix und Bindemittel bilden.

In Type III fehlt jede Spur von Rotfärbung und von Eisen überhaupt.

2) In den Type I und II finden wir einen bedeutenden Gehalt an frischen, schwach fleischfarbenen Feldspäten.

In Type III ist der Feldspat fast immer stark verwittert und ganz weiß.

3) Bei den Typen I und II sind Poren und Hohlräume mit einer weißen, serizithaltigen, siallitischen Substanz gefüllt, welche auf frischen Bruchflächen gänzlich die Mineralkörner bedeckt.

Bei der Type III spielt diese serizitische Substanz meistens nur eine äußerst geringe Rolle, und statt dessen sind die von den fortgewitterten Feldspatkörnern hinterlassenen Hohlräume mit sekundärer, authigener Kieselsäure erfüllt.

4) In Type I bestehen die groben Körner aus einzelnen Quarz- und Feldspatindividuen oder aus Granitbruchstücken, wo man Quarz und Feldspat in ursprünglichem Verbande mit einander sieht (Taf. I Fig 1 und 2).

In Type III sind die größeren Körner fast immer quarzitisch und bestehen entweder aus einheitlichen Quarzindividuen oder aus Bruchstücken metamorphen Quarzits (Taf. II Fig. 6 und Taf. III Fig. 5).

5) Die Type I und II sind meist ziemlich locker und wenig verkieselt. Type III ist meist stark verkieselt, hart und kompakt.

Ähnliche Unterschiede wie diejenigen, die hier für die Arkosen hervorgehoben worden sind, sind auch bei dem darunterliegenden, verwitterten Granit zu bemerken.

Unter der roten Arkose, Type I, sind im wesentlichen die dunklen Mineralien des Granits angegriffen und zu einer roten Masse umgewan-

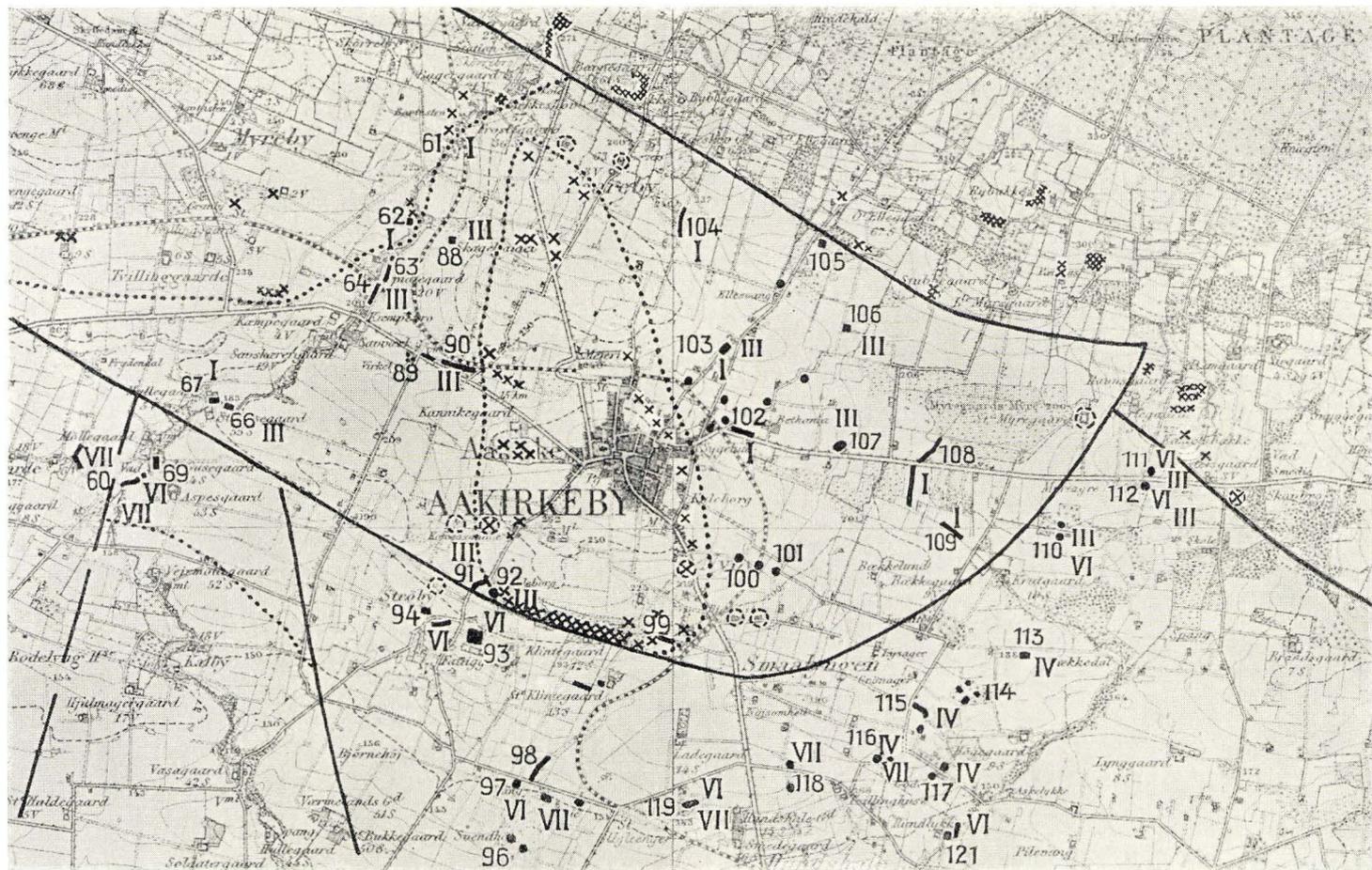


Fig. 29. Karte der Umgebung von Aakirkeby. Die arabischen Ziffern bezeichnen Lokalitätsnummern, die römischen Ziffern die betreffenden Sandsteintypen. ××× bedeutet Granit, Ringe bedeuten Brunnenbeobachtungen. Die voll ausgezogenen Linien markieren Verwerfungen, die punktierten Linien Formationsgrenzen in normaler Überlagerung.

delt. Der Feldspat ist dagegen meist ganz frisch, wenn auch zersprungen und mürbe.

Unter der weißen Arkose ist der Granit dagegen gebleicht (Lok. 99 und 104). Die dunklen Mineralien sind auch hier völlig verschwunden, jedoch findet sich kein rotes Ferrioxypulver. Auch sind die Quarzkörner nicht rot pigmentiert, und schließlich sind auch die Feldspäte etwas ausgebleicht.

Im ersten Fall ist also die Umwandlung des Granits auf einen Rotverwitterungsprozeß zurückzuführen, wo der mechanische Zerfall gegenüber dem chemischen vorgeherrscht hat, und wo das Eisen am Orte ausgefällt worden ist. Im zweiten Falle haben wir es mit einer Bleichung oder, wie man früher zu sagen pflegte, mit einer Kaolinverwitterung zu tun.

Wir haben früher auseinandergesetzt, unter welchen Verhältnissen die rote Arkose gebildet worden ist, und wir wollen nun etwas näher auf die Bedingungen der Kaolinverwitterung eingehen.

STREMME (42) betrachtet die Humusstoffe als den für den Bleichungsprozeß wichtigsten Faktor, da durch diese das Eisen zu Ferroverbindungen reduziert wird und darauf in Lösung geht und entfernt wird. Er stellt das Produkt der Kaolinverwitterung zur Grauerde oder zum Podsolboden in RAMANNS System. Auch WÜST (53) rechnet die Produkte der Kaolinverwitterung zur Grauerde und fügt hinzu, daß diese durch Kaolinisierung des Feldspats und Bleichung wegen Auslaugung der Eisenverbindungen gekennzeichnet sind. Desweiteren meint er, daß sie für Gegenden mit feuchtem Klima und vorherrschender Humusverwitterung charakteristisch sind. RAMANN (35) selbst benutzt das Wort »Bleicherde« als eine Sammelbezeichnung für gebleichte Böden, aus denen das Eisen entfernt ist. Die Bleichung, d. h. die Enteisenung, ist durch den bedeutenden Gehalt an ungesättigten Humuskolloiden bedingt, welcher zusammen mit einem Gehalt an Kaolingel für Podsolböden charakteristisch ist. Bleicherden sind in humiden Klimaten verbreitet. Als Faktoren, welche den Transport von zweiwertigem Eisen ermöglichen, zieht weiterhin NOLL (31) Kohlensäure in wässriger Lösung, Humussäure und Schwefelsäure in Betracht.

Wir sehen also, daß in der älteren Literatur Podsolierung und Kaolinisierung als ein und derselbe Prozeß betrachtet wird, der unter Einwirkung von Humusstoffen zustande kommt, was wiederum in jedem Fall eine nicht allzu geringe Vegetationsdecke und feuchtes Klima voraussetzt.

Abweichende Anschauungen in Bezug auf die Einteilung der Verwitterungsprozesse vertritt demgegenüber HARRASSOWITZ (18). Während man früher völlig kritiklos jedes durch Feldspatverwitterung entstandene weiße Pulver als Kaolin bezeichnete, ohne dasselbe näher zu untersuchen,

legt HARRASSOWITZ großes Gewicht auf die chemische Zusammensetzung und benutzt das Verhältnis zwischen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{SiO}_2$  als Grundlage für seine Einteilung. Demzufolge erblickt er in der Podsolverwitterung einen Vorgang, bei dem Kieselsäure angereichert wird, während die Basen, sowie  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und das Eisen entfernt werden. Im Gegensatz hierzu steht die Lateritverwitterung, bei der die Kieselsäure entfernt und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besonders angereichert wird.

Wie aus der Beschreibung der verschiedenen Gesteinstypen in Kapitel I hervorgeht, ist das weiße Pulver in der Arkose des Nexö-Sandsteins, das man früher schlechtweg Kaolin nannte, von komplexer Natur, und da es durch Feldspatverwitterung entstanden ist, so ist es hier in Übereinstimmung mit HARRASSOWITZ's Nomenklatur Siallit genannt worden. Da jedoch keine Analysen davon vorliegen, so läßt sich nicht entscheiden, ob es sich bei dem Prozeß, der zur seiner Bildung führte, um eine Laterit- oder um eine Podsolverwitterung in dem Sinne handelt, in dem HARRASSOWITZ diese Benennungen anwendet. Für das hier vorliegende Problem spielt diese Frage jedoch keine so große Rolle, denn das Entscheidende ist hier die Bleichung, d. h. die Entfernung des Eisens, und diese wird in beiden Fällen, bei der Laterit- wie bei der Podsolverwitterung, durch Humusstoffe bewirkt, deren Vorhandensein einer gewissen Pflanzen- decke und feuchtem Klima zuzuschreiben ist.

Es besteht daher Grund zu der Annahme, daß die Verwitterung des Granits unter der weißen Arkose, Type III, stattgefunden haben muß, während eine gewisse Vegetationsdecke vorhanden war und der Erdboden einen gewissen Humusgehalt aufwies. Die natürliche Schlußfolgerung hieraus ist, daß die weiße Arkose und die rote Arkose nicht beide unterkambrisch sein können, und daß die weiße Arkose bedeutend jünger sein muß.

Betrachten wir nun die Lagerungsverhältnisse der weißen Arkose, und versuchen wir, ein Bild von ihren Sedimentationsbedingungen zu erhalten, so ist das Ergebnis bei den verschiedenen Lokalitäten etwas verschieden (Fig. 29, S. 120).

Im Steinbruch bei Nyby, Lok. 101, ähnelt die Arkose sehr stark der Type II des Frederiks-Steinbruchs bei Nexö und zeigt ganz ähnliche Sedimentationsverhältnisse, nur ist bei Nyby das Pigment der Quarzkörner nicht rot, sondern grau oder schwarz. Es scheint, daß wir hier eine normale Type II vor uns haben, die später chemisch etwas umgewandelt worden ist, indem ein Teil der roten Ferrioxyde zu dunklen Ferroverbindungen reduziert wurde. Desweiteren ist auch der Feldspat einer gewissen Umwandlung unterworfen gewesen und ist ganz ausgebleicht. Auch bei Lok. 66 in der Læsaa bemerkt man eine solche genetische Verbindung zwischen den roten, unterkambrischen Arkosen und der Type III. Man hat es hier mit einem Bleichungsvorgang der oben beschriebenen

Art zu tun, und es scheint daher, daß zu irgend einem Zeitpunkt eine Landoberfläche bestanden haben muß, welche an der Stelle des heutigen Aakirkebybakke aus Granit und in dessen Umgebung aus unterkambrischer Arkose der Type II bestanden haben muß. Diese Landoberfläche ist dann einer Bleichungsverwitterung ausgesetzt gewesen.

In dem Gebiet zwischen Aakirkeby und Læsaa liegen die Verhältnisse etwas anders. Bei den Lokalitäten 89 und 90, sowie in der Læsaa auf der Strecke zwischen Spidlegaard und Kæmpebro (Lok. 63—65), beobachten wir eine etwas bessere Sortierung, da gröbere und feinere Schichten hier wechsellagern. In der Læsaa herrschen die feineren Lagen vor; hier hat man nur eine einzige grobe, konglomeratische Schicht angetroffen. Dies deutet darauf hin, daß man es hier mit einem Material zu tun hat, welches ursprünglich einem gewissen Transport unterworfen gewesen ist und daher fluviatiler, limnischer oder möglicherweise mariner Entstehung sein muß. Nach seiner Sedimentation muß es dann einem Verwitterungsvorgang ausgesetzt gewesen sein, denn die weißen, außerordentlich mürben Feldspatkörner würden in ihrem jetzigen Zustand unter keinen Umständen einen Transport haben überstehen können. Diese Schichten überlagern in der Læsaa die rote Arkose, Type I, welche nördlich von Spidlegaard sowie bei Hullegaard ansteht (Lok. 67).

In der Læsaa scheint das Material vorzugsweise vom Granit abzustammen, jedoch findet man auch einige Körner einer verkieselten Arkose, in der Feldspat durch sekundäre, authigene Kieselsäure ersetzt worden ist (Taf. II Fig. 5). Bei Lok. 89 und 90 scheint jedenfalls ein Teil der größeren Körner von einem metamorphosierten, quarzitischem Gestein herzurühren.

Am Steilhang südlich von Aakirkeby (Lok. 91) haben wir einen allmählichen Übergang von einer groben, lockeren, weißen Arkose der Type III mit Körnern von Haselnußgröße und ohne Anzeichen von Sortierung zu einem rein weißen Quarzit der Type VI. Bemerkenswert ist es auch, daß ein Teil der großen Körner in der Arkose aus einem metamorphen Quarzit besteht (Taf. II Fig. 6). Dessen Herkunft ist ziemlich rätselhaft, da solche Gesteine aus dem Bornholmer Granitgebiet nicht bekannt sind. Aus denselben Gründen, die für die Type I angeführt wurden, kann auch diese Arkose nicht marin sein. Es handelt sich hier wahrscheinlich um eine Kiesablagerung, welche einem späteren Verwitterungsprozeß unterworfen wurde. Hierauf deuten die stark verwitterten Feldspatkörner und der stellenweise ziemlich beträchtliche Gehalt an feinem, weißem, siallitischem Pulver. Die südlichsten weißen, rein quarzitischem Bänke sind dagegen wahrscheinlich marin.

Am Boden der Senke zwischen Aakirkeby und den Faarebybakker begegnen wir der roten Arkose, Type I. Diese ist bei Lok. 104 sichtbar und steht im Bachbett bis zum Abflußkanal der Myregaard Myre an (Lok.

108 und 109). Sie wird von der weißen Arkose, Type III, überlagert, welche bei den Lokalitäten 106 und 107 zu Tage tritt. Die Ausbildung ist hier ungefähr die gleiche wie westlich von Aakirkeby. Bei Lok. 106 finden wir zu unterst eine fast rein quarzitische Bank, die im übrigen in Bezug auf die Korngrößenverteilung völlig mit Type III übereinstimmt. Auch hier begegnen wir unter den großen Körnern Bruchstücken von verkieselter Arkose sowie von metamorphem Quarzit, und wir müssen uns vorstellen, daß das Gestein nach seiner Sedimentierung einer ziemlich intensiven Verwitterung ausgesetzt gewesen ist.

Wie oben erwähnt, bereitet die Herkunftsbestimmung der metamorphen Quarzite einige Schwierigkeiten. Die Tatsache, daß dieselben vorwiegend in der Gegend von Aakirkeby auftreten, wo die Grenze von Granit und Sandstein durch die von GRÖNWALL nachgewiesene Verwerfung gebildet wird, könnte darauf hindeuten, daß diese stark tektonisch beeinflussten Gesteine einer labilen Zone längs des südlichen Granitrandes entstammen. Diese Annahme liefert zugleich eine relative Altersbestimmung der weißen Arkose im Aakirkebygebiet, da diese dann jünger sein muß als die Verwerfung, durch welche der Niveauunterschied zwischen dem Granit im Norden und dem Sandsteingebiet im Süden hervorgerufen worden ist.

Die Verwerfung nördlich von Aakirkeby (Egby-Verwerfung) ist ein Glied der großen Verwerfungszone, welche von der Ostseite des Oslofjords längs der schwedischen Kattegattküste über Schonen nach Bornholm verläuft.

Das Nordende dieser Zone hält STÖRMER (43) für permischen Alters. Nun brauchen zwar die Verwerfungen in dieser Zone nicht überall gleichzeitig gebildet worden zu sein, für Schonen nimmt jedoch TROEDSSON (46) an, daß die Verwerfung längs des Söderåsen ebenfalls permisch ist. Es besteht also auch durchaus die Möglichkeit, daß der Bornholmer Anteil dieses Verwerfungssystems in spätpaläozoischer Zeit in Bewegung gewesen ist. Unter dieser Voraussetzung kommen wir für das Aakirkebygebiet zu einer ähnlichen Anschauung von der Entwicklung, wie sie TROEDSSON für die Kägeröd-Formation Schonens angedeutet hat: Zunächst hat eine tektonische Bewegung stattgefunden, durch die ein Niveauunterschied zwischen dem heutigen Granitgebiet und dem heutigen Sandsteingebiet hervorgerufen wurde, darauf Ablagerung von grobem Material südlich der Verwerfung und schließlich starke Bleichungsverwitterung des letzteren. Nehmen wir für die Verwerfung ein permisches Alter an, und berücksichtigen wir, daß vermutlich ein recht beträchtlicher Zeitraum vergangen ist, bevor das abgelagerte Material den Verwitterungsgrad erreicht hat, in welchem wir es jetzt vorfinden, so nähern wir uns zeitlich bereits bedeutend den rhätischen Ablagerungen, welche wir von der Südküste Bornholms kennen. Jedenfalls kommen wir nahe an die

Perioden heran, in denen Bornholm mit Vegetation bedeckt gewesen ist und die Bedingungen für eine Humusverwitterung oder Bleichung also vorhanden gewesen sind.

Diesen Betrachtungen ist natürlich nur ein rein theoretischer Wert beizumessen. Da wir keinerlei Versteinerungen haben, so muss die Lösung der Altersfrage vorläufig noch dahingestellt bleiben. Die weiße Arkose, Type III, des Aakirkebygebiets erinnert aber weit mehr an einen mesozoischen Sandstein, wie z. B. an den Hör-Sandstein in Schonen, als an irgend eine der unterkambrischen Sandsteinablagerungen im südlichen Skandinavien, und man kann wohl jedenfalls mit ziemlicher Sicherheit soviel aussagen, daß die weiße Arkose, Type III, nicht unterkambrisch ist und nicht dem Nexö-Sandstein angehört.

Auf dem Aaker Smaalyng beobachten wir an der Grødby-Aa ein anderes Profil und zwar:

- Zu oberst: 3. Weißer Quarzit bei Myremølle und bei Lok. 110,
- 2. Blaugraue Arkose, Type IV,
- 1. Schwarzer Quarzit, Type VII.

Das Material in der blaugrauen Arkose scheint ziemlich heterogener Herkunft zu sein. Die Körner in dem sandigen Teil stammen möglicherweise von einem schwarzen Quarzit her. Hierauf deuten jedenfalls die ziemlich zahlreichen Körner von bläulichem Quarz, die man nur in den schwarzen Quarziten des Nexö-Sandsteins beobachtet. Es besteht jedoch die Möglichkeit, daß das schwarze Oberflächenpigment der Quarzkörner ursprünglich ein rotes Ferrioxyd gewesen ist, welches später zu schwarzen Ferroverbindungen reduziert worden ist. Von den größeren Körnern kann ein solches, wie es auf Taf. III Fig. 6 abgebildet ist, einem Sedimentquarzit entstammen, während andere, wie z. B. das auf Taf. III Fig. 3 und 4 abgebildete, zweifellos von einer intern verwitterten Arkose stammen, wo der Feldspat fortgewittert und durch sekundäre, authigene Kieselsäure ersetzt worden ist. Schließlich beobachtet man Brocken von metamorphen Quarziten (Taf. III Fig. 2 und 5), welche ebenso wie die entsprechenden Brocken in der Type III vermutlich aus der südlichen Randzone des Granits stammen. Das Vorhandensein dieser groben Körner in Verbindung mit den stark gebleichten Feldspäten und der möglicherweise eingetretenen späteren Reduktion des roten Pigments der Quarzkörner zeigt uns, daß Type IV mit der weißen Arkose, Type III, in sehr naher Verbindung steht. Ihre Lage über dem schwarzen Quarzit zeigt desweiteren, daß sie jünger sein muß als dieser, und die Zusammensetzung der Konglomerate beweist, daß sie jünger sein muß als die Verwerfung an der Grenze zwischen Granit und Sandstein. Weiterhin kann man schließen, daß zur Zeit der Sedimentierung von Type IV der Granit nördlich der Verwerfung zu Tage getreten ist, so daß er von den

denudierenden Kräften angegriffen werden konnte. Alles dies scheint darauf hinzuweisen, daß auch die blaugraue Arkose, Type IV, nicht zum Nexö-Sandstein gehört, sondern jünger ist als dieser und möglicherweise postsilurischen Alters. Aus Gründen, die im tektonischen Kapitel dieser Abhandlung näher beleuchtet werden sollen, ist sie jedoch wahrscheinlich als etwas älter als die weiße Arkose, Type III, anzusehen. Die Brocken der Arkose, Type IV, entstammen also einer älteren, intern verwitterten Arkose, welche verkieselt und darauf abgetragen wurde.

Die blaugraue Arkose wird vermutlich von den weißen, arkoseartigen und quarzitischen Schichten bei Lok. 110 überlagert. Die Schichten im Smaalyng liegen nämlich an den meisten Lokalitäten fast horizontal oder fallen in östlicher Richtung ein. Bereits im oberen Teil bei Lok. 115 ist die Arkose sehr hell, fast weiß, und da die Schichten bei Lok. 110 etwa 10 m höher liegen als die bei Lok. 113—116, und da weiterhin alle diese fünf Vorkommen ungefähr in der Streichrichtung der Schichten angeordnet sind, so muß man annehmen, daß die Schichten der Lok. 110 das Hangende der Schichten bilden, welche bei den vier anderen Lokalitäten beobachtet werden (vergl. Fig. 35, S. 156).

STEHMANN erwähnt ein Konglomerat von Aakirkeby (40) und stellt es zum Unteren Nexö-Sandstein. S. 26 teilt er eine Reihe von Vorkommen mit, an denen er das Konglomerat gesehen hat. Es handelt sich hierbei um unsere Lokalitäten 101, 107, 111, 112, 113 und 115—117. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß STEHMANN hier eine Reihe von ganz verschiedenen Schichten zusammengeworfen hat, und es kann deshalb nicht Wunder nehmen, daß seine Beschreibung zu keiner dieser Schichten paßt. Am sonderbarsten ist es, wenn er schreibt: »Das Bindemittel ist von derselben Beschaffenheit wie beim Grundkonglomerat«, denn das ist gänzlich unrichtig. Nirgends findet man in den Typen III, IV und VI die rotbraune, tonige Substanz, welche Bindemittel und Matrix in Type I bildet, und es ist geradezu charakteristisch für die weißen Typen, daß in ihnen jede Spur von Eisen fehlt, während in Type IV die roten Ferrioxysubstanzen zu grauen und schwarzen Ferroverbindungen reduziert sind. Dagegen sind die großen, quarzitischen Körner zwar oft rot, aber niemals an der Oberfläche. Die rote Farbe ist vielmehr auf ihren inneren Aufbau zurückzuführen. Da dieselben teilweise von rötlichen Arkosen herkommen, so ist es nur natürlich, daß die einzelnen Quarzkörner in einem solchen Bruchstück auch ihr rötliches Oberflächenpigment bewahrt haben, da sie ja durch eine kräftige Verkieselung gegen äußere Einflüsse geschützt waren. Bei den von STEHMANN erwähnten grünen und violetten Zwischenschichten handelt es sich offenbar um Bassinausfüllungen von Sandsteinschiefer, wie sie bei Lok. 101 und 113 zu beobachten sind, und wie man sie im übrigen von allen Abteilungen

der Sandsteinserie, von den Arkosen wie von den Quarziten, kennt.

Daß dieses Gesteine nicht zum Unteren Nexö-Sandstein gehört und wahrscheinlich überhaupt nicht zum Nexö-Sandstein, wurde oben begründet. Die Auflagerung der Type IV auf dem schwarzen Quarzit kann bei Lok. 116 direkt beobachtet werden, und die Auflagerung der Schichten bei Lok. 107 auf der roten Arkose ist ganz sicher, da man diese bei Lok. 108 und 109 beobachten kann. Wenn STEHMANN also immer noch daran festhält (41), daß sein Aakirkeby-Konglomerat direkt dem Granit auflagert, so müssen seine Geländeuntersuchungen offenbar unzureichend sein. Außerdem rechnet er die Arkose bei Lok. 101 mit zum Konglomerat, obgleich sie im wesentlichen feinkörnig ist.

S. 12 teilt STEHMANN mit, daß dieses Konglomerat östlich von Aakirkeby auftritt, macht aber gleichzeitig die Angabe, daß die Mächtigkeit im Steinbruch bei Myreby mindestens 4 m ausmacht. Dieses ist recht verwunderlich, da Myreby weit drinnen im Granitgebiet NW der Læsaa gelegen ist. Hier ist westlich des Baches keine Spur von Nexö-Sandstein zu sehen.

Im Gebiet westlich von Aakirkeby rechnet STEHMANN die weiße Arkose bei Lok. 89 und 90 sowie in der Læsaa bei Lok. 63—65 zum Mittleren Nexö-Sandstein. Dies ist unverständlich, da er diese Abteilung als sehr feinkörnig beschreibt. Die Schichten bei Lok. 89 und 90 sind jedoch mindestens ebenso konglomeratisch wie z. B. diejenigen bei Lok. 107, welche STEHMANN zum Aakirkeby-Konglomerat stellt. Sie sind jedenfalls bedeutend gröber als das Gestein, welches STEHMANN Grundkonglomerat nennt, so daß man sie doch wohl unter keinen Umständen als »feinkörnigen Sandstein« bezeichnen kann. Es kann deshalb nicht wundernehmen, daß die Arkose am Steilhang südlich von Aakirkeby bei Lok. 91 und 92, welche Körner von Haselnußgröße enthält, auch zum »Mittleren, feinkörnigen Nexö-Sandstein« gestellt wird.

Südlich des Aakirkebybakke begegnet man ausschließlich den quarzitäen Abteilungen des Sandsteins: Im Osten Wechsellagerung zwischen schwarzen, grauen und weißen Quarziten, in der Mitte weiße Quarzite und im Westen wiederum Wechsellagerung zwischen schwarzen, grauen und weißen Quarziten. In diesen Schichten findet man merkwürdige, kegelförmige Gebilde, deren Entstehung immer noch ein ungelöstes Problem darstellt. Es scheint, daß DEECKES Erklärung (13) nicht richtig für diese Bornholmer Kegel anwendbar ist, aber andererseits ist es nicht möglich gewesen, eine andere befriedigende Erklärung zu finden.

Nach STEHMANN gehören die Kegel zum »Mittleren Nexö-Sandstein«, der nicht nur feinkörnig sein soll, sondern auch Kaolin als Bindemittel enthalten soll. Demgegenüber ist zu sagen, daß die Kegel nur in rein quarzitäen Gesteinen auftreten, und wenn STEHMANN dagegen anführen wollte, daß ja der »Mittlere Nexö-Sandstein« nach seiner Beschreibung

auch kieselig sein kann, so kann man dann nur die Frage aufwerfen, wie man denn diese mittlere Abteilung überhaupt von den oberen, quarzitästischen Teilen des Nexö-Sandsteins unterscheiden soll. Die Kegel erscheinen nämlich sowohl in den schwarzen wie auch in den grauen und weißen Quarziten, und da sie in der Læsaa bei Lok. 72 beobachtet werden, so müssen sie jedenfalls hier auch in Schichten auftreten, die nach STEHMANN zum »Oberen Nexö-Sandstein« gehören, denn die Lok. 72 grenzt nahe an die Grünen Schiefer. Daß sie tatsächlich zum oberen Teil des Nexö-Sandsteins gehören, findet weiterhin auch darin eine Bestätigung, daß sie auch in den Quarziten südlich von Egby bei Lok. 148 auftreten (44), also in Schichten, welche STEHMANN selbst zum Oberen Nexö-Sandstein rechnet.

## IV.

**Das Gebiet westlich der Læsaa.**

Im westlichen Teil dieses Gebiets begegnen wir südlich der Landstraße Rønne—Aakirkeby ausschließlich der quarzitästischen Abteilung des Nexö-Sandsteins, mit weißen, grauen und schwarzen Quarziten.

STEHMANN stellt die Vorkommen bei Engegaard zum Mittleren Nexö-Sandstein (40). Da aber an allen Lokalitäten dieser Gegend (49—53) und in der Læsaa (Lok. 68—73) weiße, graue und schwarze Quarzite anstehen, die STEHMANN selbst zum Oberen Nexö-Sandstein rechnet, und da weiterhin in der Lilleaa bei Lok. 29 und 30 die Überlagerung von Grünen Schiefen auf quarzitästischem Sandstein zu beobachten ist, so fragt man sich, weshalb diese Vorkommen alle zum Mittleren und nicht zum Oberen Nexö-Sandstein gehören sollen.

Von diesen Sedimenten ist im übrigen nichts anderes auszusagen, als was bereits bei der Besprechung des östlichen Gebiets angeführt worden ist. Es handelt sich auch hier um Flachwasserbildungen, welche in verhältnismäßig geringem Küstenabstand, möglicherweise in Lagunen, zum Absatz gelangt sind. Hierauf deuten die häufigen groben Lagen und die — wenn auch spärlichen — Spuren von Organismen hin, die besonders im Steinbruch bei St. Hallegaard, Lok. 55, zu beobachten sind. Hier bemerkt man auf der Schichtfläche einiger Bänke helle Flecken, welche an Röhrenmündungen von *Scolithus linearis* erinnern; man kann dieselben jedoch nicht sehr weit unter die Oberfläche verfolgen.

Es gelang nicht, die von STEHMANN erwähnten *Lepocraterion*-Röhren zu finden.

Das Material dieser Quarzite muß wahrscheinlich aus den unteren Teilen des Nexö-Sandsteins stammen, da man ab und zu, wenn auch nur selten, Körner findet, die als verwitterte und darauf eingekieselte Feldspatkörner gedeutet werden können.

Von größerem Interesse sind die Verhältnisse um den Bauneklint herum. Bei Lok. 12 beobachten wir folgendes Profil:

3. Weiße Arkose, Type III.
2. Schwach rötliche Arkose, Type II.
1. Stark verkieselte, rotviolette Arkose.

Die unterste Schicht 1 ist mit der Basisschicht im Frederiks-Steinbruch bei Nexö petrographisch völlig identisch, ist jedoch etwas gröber. Der Übergang von 2 zu 3 ist ziemlich gleichmäßig, was vermutlich in der Weise zustande gekommen ist, daß die Wirkungen des Bleichungsvorgangs bis in den oberen Teil der älteren Arkose (Type II) herabgereicht haben, wie es in ähnlicher Weise oben bei Lok. 101 erwähnt wurde.

Bei Lok. 13 begegnen wir folgender Schichtserie:

2. Weiße Arkose, Type III.
1. Ginghamstein, Type V.

Schicht 1 besteht teils aus typischem Ginghamstein, teils aus Gesteinen, wie man sie am Strande südlich von Nexö bei den Lokalitäten 218—222 findet.

An diesen beiden Lokalitäten (12 und 13) finden wir also die weiße Arkose auf zwei verschiedenen Horizonten des Nexö-Sandsteins auflagernd, und haben demnach eine deutliche Diskordanz zwischen den kambrischen Arkosen, Type I und II, und der Arkose Type III. Da diese überdies hier auf Horizonten auflagert, welche jünger sind als die Horizonte unter der weißen Arkose im Aakirkeby-Gebiet, so kann die weiße Arkose unmöglich ein Bestandteil des unterkambrischen Nexö-Sandsteins sein.

Die blaugraue Arkose bei der Station Lobbæk (Lok. 14) scheint ebenso wie im Aaker Smaalng auf schwarzem Quarzit zu liegen, der etwas weiter westlich bei Lok. 15 zu Tage tritt.

Weiter westlich begegnen wir der blaugrauen Arkose, Type IV, wieder bei Lok. 9 und weißen, etwas arkoseartigen Quarziten bei Lok. 5 und 6 und im westlichen Teil von Lok. 9. Die Gesteine dieser Lokalitäten scheinen stärkere Beziehung zu Type III als zu den quarzitischen Gesteinen des Nexö-Sandsteins zu zeigen. Die Verhältnisse sind daher hier wahrscheinlich die gleichen wie östlich von Aakirkeby, indem die blaugraue Arkose von weißen, arkoseartigen Quarziten überlagert wird, sodaß auch diese Schichten hier nicht zum Nexö-Sandstein gehören. Die Deutung der Verhältnisse ist hier jedoch weit unsicherer als im Aakirkeby-Gebiet.

Die größten Schwierigkeiten bereitet die Deutung des Profils in der Vellengsaa. Dieses ist auf ØRSTEDS und ESMARCKS Karte zum Nexö-Sandstein gerechnet. Später haben es FORCHHAMMER und JESPERSEN

wegen seiner Schichten von weißem Ton zu den kohleführenden Bildungen gestellt. DEECKE, JOHNSTRUP und GRÖNWALL rechnen es dagegen zum Nexö-Sandstein, und dasselbe tut auch STEHMANN. Eine Untersuchung der Gesteine in der Vellengsaa führt zu dem Resultat, daß sie in petrographischer Beziehung den weißen Arkosen und Quarziten des Aakirkeby-Gebiets näher stehen als der quarzitischen Abteilung des Nexö-Sandsteins. Die Gesteine von Lok. 16 erinnern auffallend an die von Lok. 106. Ein Gestein mit einem so bedeutenden Gehalt an feinem, siallitischem Pulver, wie das von Lok. 19, ist den marinen Quarziten des unterkambrischen Sandsteins völlig fremd. Tatsächlich herrscht eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der Schichtserie in der Vellengsaa, dem Kaolinsandstein im Unterlauf der Grødby-Aa und dem Sandstein an der Mündung der Bobbeaa westlich von Gudhjem. Es besteht die Möglichkeit, daß der Vellengsby-Sandstein, die weißen und graublauen Arkosen von Aakirkeby und vom Bauneklint, der Kaolinsandstein vom Unterlauf der Grødby-Aa und der Læsaa, sowie der Sandstein in der Salenebucht bei Gudhjem alle zum selben Schichtenkomplex gehören und möglicherweise mit dem Kaolin von Rønne gleichaltrig sind. Dieser Schichtenkomplex soll hier unter der Bezeichnung »Aaker-Formation« zusammengefaßt werden, und es ist möglich, daß er der Kågerød-Formation Schonens zur Seite zu stellen ist. Alle diese erwähnten Schichten wären dann Reste einer permischen oder triassischen Siallitdecke, die also damals eine bedeutend größere Verbreitung gehabt hat als heute, wie es bereits USSING vermutet und K. CALLISEN (9) später angedeutet hat. Eine nähere Altersbestimmung des Vellengsby-Sandsteins muß aber doch zurückgestellt werden, bis neuere Untersuchungen der Sandsteine in der Grødby-Aa und von Gudhjem vorliegen. In Anbetracht der bisher vorliegenden, recht unzusammenhängenden Beobachtungen aus der Gegend östlich von Vellengsby kann man nichts darüber aussagen, wo die kambrischen Quarzite hier aufhören und vielleicht die jüngeren Schichten anfangen. Da die Altersbestimmung sowohl für die Vellingsaa als auch für die Lokalitäten 5 und 6 so außerordentlich unsicher ist, so ist das ganze Gebiet auf der Karte vorläufig in Übereinstimmung mit GRÖNWALLS Anschauungen als Nexö-Sandstein eingetragen worden.

## B. Die Grünen Schiefer.

Die Grünen Schiefer sind bisher in der Literatur als eine Einheit behandelt worden, ohne daß man jemals eine genaue Unterteilung der Schichtserie versucht hat.

Die meisten Verfasser begnügen sich damit, die Grünen Schiefer als eine Ablagerung zu beschreiben, in der sandige Schichten mit tonigen wechsellagern. Nur DEECKE (12) teilt mit, daß die untere Hälfte mehr grauwackeähnlich und die obere mehr sandsteinartig ist, was auch ganz gut mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmt.

Bereits ein flüchtiges Studium der Schichtserien in den drei Bächen Læsaa, Grødby-Aa und Øleaa zeigt, daß die stark grüne, glaukonitische Type IX mit Phosphoritknollen und Hyolithen nur in einem ganz bestimmten Niveau zu finden ist, und zwar in der Læsaa bei Vejrmøllegaard (Lok. 76 und 77), in der Øleaa bei Krampebro (Lok. 173).

In diesem Niveau kann man also die Grenze zwischen einer unteren und einer oberen Abteilung der Grünen Schiefer ziehen. Da es sich nun gezeigt hat, daß Phosphorite und Hyolithen außer in diesem Horizont nur noch in einem einzigen anderen Horizont vorkommen, welcher etwas höher liegt, so kann man diese beiden Horizonte zusammen mit dem dazwischen liegenden Teil der Schichtserie als eine besondere Abteilung ausscheiden, die man »Zone mit Phosphoritknollen und Hyolithen« nennen kann.

Desweiteren zeichnet sich das Gestein im untersten und im obersten Teil der Grünen Schiefer u. a. durch einen beträchtlichen Glaukonitgehalt aus und ist auch in anderer Beziehung recht charakteristisch, sodaß man also auch diese Teile als zwei besondere Zonen abtrennen kann, nämlich als eine Untere Übergangszone und eine Obere Übergangszone. Diese beiden Zonen bilden die Übergänge zwischen dem Nexö-Sandstein und den Grünen Schiefen einerseits und den Grünen Schiefen und dem Rispebjerg-Sandstein andererseits. Schließlich haben die beiden Horizonte zwischen der Unteren und Oberen Übergangszone und der Phosphorit- und Hyolithenzone den Namen Untere und Obere Grau- wackenzonen erhalten, da die Bezeichnung Grau- wacke in Skandinavien seit alters her auf Gesteine angewandt wird, die den petrographischen Habitus der Grünen Schiefer der Type VIII besitzen.

Man gelangt auf diese Weise zu folgender Einteilung der Grünen Schiefer:

Rispebjerg-Sandstein.	
5. Obere Übergangszone.....	2,5 m
4. Obere Grau- wackenzonen .....	28 -
3. Zone mit Phosphoritknollen und Hyolithen...	15 -
2. Untere Grau- wackenzonen.....	19 -
1. Untere Übergangszonen.....	3 -
Nexö-Sandstein.	

Die Trennung dieser Zonen ist natürlich nicht völlig scharf, wie etwa die der Zonen im fossilführenden Kambrosilur. Sie können nur als ein

Hilfsmittel zur Kennzeichnung der verschiedenen Abteilungen der Schichtserie betrachtet werden und dienen einer relativen Altersbestimmung derjenigen Vorkommen, welche außerhalb der drei Bachläufe gelegen sind. Wie es sich zeigen wird, ist eine solche Altersbestimmung für die Festlegung der Verwerfungen von großer Bedeutung.

Die angegebenen Mächtigkeiten haben keinen Anspruch auf größere Genauigkeit. Ihre Berechnung stößt auf Schwierigkeiten, da die in Kapitel 2 angegebenen Werte für das Einfallen der Schichten wegen der sehr unregelmäßig verlaufenden Schichtflächen mit ganz bedeutenden Fehlern behaftet sein können und durchweg als etwas zu groß anzusehen sind. Die Mächtigkeitsangaben im obigen Schema sind Interpolationswerte aus Berechnungen für die einzelnen Zonen in den drei Bachläufen.

Der Wert für die Gesamtmächtigkeit von 67,5 m, welche gut mit JOHNSTRUPS Angabe von 60 m übereinstimmt, ist sicherlich eher zu klein als zu groß.

**Die Untere Übergangszone** ist in der Læsaa bei Lok. 74, in der Grødby-Aa bei Lok. 122, 123, 124 und 127 und in der Øleaa bei Lok. 169 und 170 aufgeschlossen. Sie bildet einen Übergang vom Nexö-Sandstein zu den Grünen Schiefeln. Die sandige Sedimentation hält an, aber gleichzeitig wird der Gehalt an feinerem Material ständig größer. Bisweilen ist gröberes und feineres Material miteinander vermengt, jedoch begegnet man auch einer Wechsellagerung von Sandsteinbänken mit Korngrößen von 0,2—1 mm und mehr feinkörnigen, etwas schiefrigen und lockeren Lagen mit Korngrößen von 0,05 mm und weniger. Charakteristisch für diese Zone ist der bedeutende Gehalt an Glaukonit und in einigen Sandsteinbänken auch an Kalkspat (s. Fig. 15, S. 70 und Taf. VII Fig. 1). Der Glaukonit erscheint häufig in abgerollten, weichen, erdartigen Klümpchen, die zuweilen durch die umliegenden Mineralkörner etwas ausgewalzt sind (Taf. VI Fig. 6).

**Die Untere Grauwackenzone** steht in der Læsaa bei Lok. 75 und in der Grødbyaa bei Lok. 125 und 126 an. Das Gestein gehört vorwiegend zur Type VIII, jedoch treten einige Bänke von Type X auf. Die Korngröße in dieser Zone ist außerordentlich gleichartig und beinahe überall geringer als 0,2 mm. Der Unterschied zwischen den harten, sandsteinartigen und den lockereren, schiefrigen Lagen ist nicht sehr ausgeprägt. Nur die dünnen Bänke der Type X sind deutlich von der angrenzenden Grauwacke verschieden (Fig. 16, S. 71).

**Die Zone mit Phosphoritknollen und Hyolithen** beobachtet man in der Læsaa bei Lok. 76 und 77, sowie am Einfluß des Mühlenbachs in die Læsaa unterhalb des Vejrmøllegaard, weiterhin in der Grødby-Aa bei Lok. 130, 131 und 132 und in der Øleaa bei Lok. 173—178. Die Hyolithen und die Phosphoritknollen treten in zwei Horizonten auf, nämlich nahe der Basis und nahe dem Dach der Zone. Das Gestein in dem unter-

sten Teil dieser Zone ist die grüne, glaukonitische Type IX, im oberen Teil der Zone dagegen Type VIII. Das Gestein der Type IX ist charakteristisch für den untersten Teil der Phosphoritzone und kommt sonst nirgends vor. Die Phosphorite sind früher schon von DEECKE (II) ausführlich beschrieben worden, sodaß hier kaum wesentlich Neues hinzuzufügen ist. In Bezug auf die Fauna der Phosphoritknollen kann auf CHR. POULSENS Untersuchungen verwiesen werden, welche demnächst erscheinen werden.

**Die Obere Grauwackenzone** tritt in der Læsaa bei Lok. 78—83 und in der Øleaa bei Lok. 179—187 zu Tage. Der größte Teil der Zone besteht aus Gestein der Type VIII, jedoch gesellt sich hierzu sowohl Type XI wie Type XII, von denen besonders die letztere für diese Zone charakteristisch ist. In manchen Teilen der Zone scheint innerhalb der Type VIII eine scharfe Trennung zwischen harten, sandsteinartigen Partien und lockeren, schiefrigen Lagen zu bestehen. Dies wird besonders deutlich in der Læsaa oberhalb und unterhalb Kalby.

**Die Obere Übergangszone** findet sich in der Øleaa bei Lok. 188 und 189. Die Zone ist hier in ungefähr der gleichen Weise ausgebildet, wie die untere Übergangszone. Die Verhältnisse in der Læsaa sind etwas schwieriger zu erklären. Die Zone tritt auf jeden Fall bei Lok. 85 zu Tage, und die von MOBERG gefundene Sandsteinbank beim südlichen Kalbygaard und auf Lok. 84 zeigt einen allmählichen Übergang von der oberen Grauwackenzone zur oberen Übergangszone, da sowohl das Hangende wie das Liegende dieser Sandsteinbank, welche petrographisch völlig mit dem Gestein der Übergangszonen übereinstimmt, aus Type VIII besteht.

Versuchen wir nun, die stratigraphische Stellung der Vorkommen zu bestimmen, welche außerhalb dieser eben erwähnten Strecken in den drei Bachläufen gelegen sind, so erkennen wir, daß an der Ostküste sowohl das Vorkommen von Snogebæk (Lok. 231) wie auch das von Broens Rev (Lok. 232) zum unteren Teil der Phosphorit- und Hyolithenzone gehören. Derselbe Horizont findet sich desweiteren in den Brunnen bei Nordbakkegaard und St. Duegaard. Den anderen Vorkommen im Gebiet zwischen der Øleaa und der Ostküste kann kein bestimmter Platz in der Schichtserie angewiesen werden.

Das Vorkommen in der Øleaa bei Brogaard gehört zum unteren Teil der Phosphorit- und Hyolithenzone; wie jedoch auf S. 148 ausgeführt werden wird, ist es nicht unwahrscheinlich, daß es sich hier um ein Moränengeschlebe handelt.

Aus dem Gebiet zwischen Øleaa und Grødby-Aa liegen keine Beobachtungen vor, welche es gestatten, die stratigraphische Stellung der Schichten in diesem Gebiet festzulegen.

In dem Teil der Grødby-Aa, welcher nördlich von Grødby in ost-west-

licher Richtung verläuft, begegnet man nach Osten zu dem untersten Teil der Phosphorit- und Hyolithenzone (Lok. 134—142). Die Schichten fallen schwach nach Westen ein. Hierzu paßt die Tatsache, daß wir nördlich von Skovgaard (Lok. 145) eine Sandsteinbank der Type XII beobachten, die der Oberen Grauwackenzone angehört.

Die Schichten bei Limensgade in Wegeinschnitt nördlich der Brücke über die Læsaa (Lok. 87) gehören der Unteren Grauwackenzone an, da wir hier nämlich Bänke des grauen, kalkhaltigen Sandsteins der Type X finden. Südlich der Brücke begegnet man dagegen den Typen XI und XII, sodaß wir uns hier also in der Oberen Grauwackenzone befinden. In diesen beiden Profilen hat man also ungefähr die gesamte Schichtserie vor sich. Diese Auffassung kann auf den ersten Anblick vielleicht überraschend wirken, wird aber durch eine Berechnung der Mächtigkeit gestützt. Weiterhin wird diese Ansicht dadurch bestätigt, daß man im Bache selbst Hyolithen gefunden hat, und daß wir also am Fuß des Steilhanges am rechten Bachufer die Phosphorit- und Hyolithenzone vor uns haben. Die Schichten bei der Mühle von Limensgade (Lok. 59) gehören zum unteren Teil der Phosphorit- und Hyolithenzone.

In der Lilleaa begegnen wir im nördlichen Gebiet bei Lok. 30 Gesteinen der Unteren Übergangszone, während an den anderen Lokalitäten überall nur Type VIII ansteht. Es ist also keine Entscheidung darüber möglich, ein wie großer Teil der Schichtserie hier vorhanden ist. Auch vom Bodelyng gibt es keine Beobachtung, welche eine stratigraphische Einordnung der Vorkommen gestatten.

Im südlichen Gebiet finden wir bei Lok. 39 ein Gestein, welches wahrscheinlich der Oberen Übergangszone angehört, und in dem Profil in der Schlucht (Lok. 41) finden wir Gesteine der Oberen Grauwackenzone. Da wir weiter unterhalb auf die Phosphorit- und Hyolithenzone stoßen, so sind die Verhältnisse hier umgekehrt wie in den anderen Bächen. Der Bach hat sich nämlich so steil in die Schichten eingeschnitten, daß wir auf immer ältere Lagen treffen, wenn wir uns bachabwärts bewegen.

An der Steilküste südwestlich von Julegaard (Lok. 58) beobachten wir zu unterst den unteren Teil der Phosphoritzone mit Gesteinen der Type IX. Die Schichten weiter oben mit den großen Kalksandsteinlinsen entsprechen wahrscheinlich dem oberen Phosphorithorizont der Phosphoritzone, der also hier etwas anders ausgebildet ist als in der Læsaa und in der Øleaa. Der Abstand der oberen Bank von dem unteren, phosphorit-haltigen Horizont entspricht ziemlich genau der Mächtigkeit der Phosphorit- und Hyolithenzone. Das ganze Gebiet zwischen dem Nordende der Lilleaaschlucht und der Küste bildet also eine Einheit, wo die Schichten mit schwachem Einfallen nach S gelagert sind.

Über die Sedimentationsverhältnisse der Grünen Schiefer schreibt GRÖNWALL (16), daß diese aus sandigem Tonschlamm gebildet sind,

welcher in etwas tieferem Wasser zum Absatz gelangte als der darunter liegende Nexö-Sandstein, jedoch muß die Wassertiefe auch während der gesamten Bildungszeit der Grünen Schiefer ziemlich stark geschwankt haben. Dies entspricht auch sicherlich den Tatsachen. STEHMANN'S Ansicht, daß die Phosphoritknollen ein gelegentliches Auftauchen des Meeresbodens anzeigen, kann nicht richtig sein, denn die Phosphoritknollen spiegeln genau das Sediment wieder, in dem sie eingelagert sind. Der untere Phosphorithorizont liegt, wie erwähnt, in grünem Sandstein der Type IX, wo man außer der gewöhnlichen Grundmasse auch eine Menge größerer Quarz- und Glaukonitkörner findet, und genau dieselbe Struktur zeigen auch die Phosphoritknollen dieser Zone. Die Abbildungen auf Taf. VI Fig. 3 und 4 zeigen die genaue Übereinstimmung zwischen Type IX und den Phosphoritknollen. Der obere Phosphorithorizont besteht demgegenüber aus Gestein der Type VIII, mit einer gleichmäßigeren Korngröße und ohne nennenswerten Glaukonitgehalt, und dasselbe gilt auch für die in dieser Zone auftretenden Phosphoritknollen. Die Phosphoritknollen sind phosphatisierte Partien des Meeresbodens. Auf ihre sonstigen Bildungsbedingungen soll hier nicht näher eingegangen werden.

GRÖNWALL (16) teilt von Lok. 81 folgendes Profil mit:

Schiefer, grau, wohlgeschichtet in dickeren Bänken . . . . .	0,50 m
— wie der vorige, aber dünn-schiefrig . . . . .	0,20 -
Sandstein mit untergeordneten Lagen von Grünem Schiefer..	0,60 -
Grüner Schiefer . . . . .	0,10 -
Sandstein, teilweise geschiefert und unregelmäßig geschichtet.	0,70 -
Tonschiefer, hell, locker . . . . .	0,12 -
Grüner Schiefer . . . . .	0,65 -

Von diesem Profil schreibt KLÄHN: »Das Profil kann wohl nur so verstanden werden, daß ruckweise epirogenetische Bewegungen stattfanden, wobei vielleicht der nördliche Teil Bornholms nicht ständig sank, sondern sich oszillatorisch verhielt.«

Auch dies dürfte kaum richtig sein. Die Grünen Schiefer sind sicher in der Zone des Meeresbodens sedimentiert worden, welche MARR (29) »the belt of variables« nennt, und in Tiefen, die nahe der unteren Grenze der Einwirkungen des Wellenschlages liegen. Die verschiedenen Schwankungen in der Zusammensetzung des Sediments sind sicher auf Veränderungen der Wasserbewegung zurückzuführen und häufige, kurz andauernde epirogene Hebungen und Senkungen haben wohl kaum stattgefunden.

Die Schichten der unteren Übergangszone sind vermutlich während einer Senkungsperiode sedimentiert worden (Fig. 30) und unter etwas un-

ruhigen Verhältnissen, wobei Schwankungen in Strömung und Wellenschlag eingetreten sind. Der Senkungsvorgang kulminierte während der Sedimentation der unteren Grauwackenzone, die in sehr ruhigem Wasser zum Absatz gelangt ist. In der Phosphorit- und Hyolithenzone finden wir einen Einschlag von gröberem Sedimenten und von Glaukonit. Diese Zone ist also wieder unter unruhigeren Verhältnissen sedimentiert worden und deutet daher wohl eine Hebung geringeren Umfangs an, die jedoch bald wieder von einer erneuten Senkung abgelöst wurde. Diese neue Absenkung erfolgte jedoch nur zu geringerer Tiefe als zur Zeit der Unteren Übergangszone. Die Obere Grauwackenzone mit ihren verhältnismäßig großen Unterschieden in der Zusammensetzung ihrer Sedimente

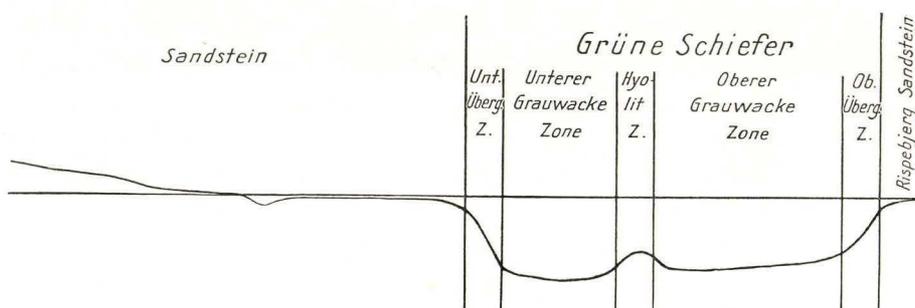


Fig. 30. Epirogenetische Kurve des Unterkambriums von Bornholm.

und den vielen Bänken von hellem, bisweilen recht grobem, quarzitischem Sandstein muß wieder in flacherem Wasser und unter unruhigeren Verhältnissen abgelagert worden sein. Die Sandsteinbänke sind wahrscheinlich als unregelmäßig auf dem Meeresboden verteilte Sandbänke zu deuten. Während der Sedimentation dieser Zone hat sich der Meeresboden offenbar langsam gehoben. In der Oberen Übergangszone hat sich dieser Hebungsvorgang weiter beschleunigt, und die weißen, groben Quarzite des Rispebjerg-Sandsteins müssen ganz in der Nähe der Litoralzone gebildet worden sein.

#### 4. Kapitel.

### Die tektonischen Verhältnisse im Gebiet des Nexö-Sandsteins und der Grünen Schiefer.

Die Grenze zwischen dem Granit und dem Sandstein wurde von den älteren Autoren bis JOHNSTRUP im allgemeinen als eine Denudationsgrenze betrachtet. Ebenso glaubte man auch, daß überall längs dieser

Grenze eine normale Auflagerung des Sandsteins auf Granit zu finden wäre. Im Gegensatz zu diesen Anschauungen behauptete GRÖNWALL bereits 1899 in einer vorläufigen Arbeit (15) und später in der Beschreibung zur geologischen Karte (16), daß es sich hier teilweise um tektonische Grenzen handelt, indem der Sandstein längs Verwerfungen am Granit abgesunken sein müsse.

Die Untersuchungen, welche die Grundlage der vorliegenden Arbeit bilden, haben jedoch nicht überall zu einer Bestätigung von GRÖNWALLS Ansichten geführt, wenn sich diese auch in vieler Beziehung als richtig erwiesen haben. Der Verf. ist zu dem Ergebnis gelangt, daß jedenfalls ein Teil von GRÖNWALLS Verwerfungen nicht existiert oder doch nicht genügend begründet erscheint, und daß die tektonischen Verhältnisse des Sandsteingebiets sich überhaupt etwas anders gestalten, als sie von GRÖNWALL dargestellt wurden.

Der Übersichtlichkeit halber sollen die einzelnen Abschnitte des Gebiets gesondert behandelt werden; wir beginnen mit dem östlichen Teil.

## I.

### Das Gebiet zwischen Grødby-Aa und Ostküste.

Auf der geologischen Karte hat GRÖNWALL (16) eine Zickzack-Verwerfung an der West- und Südseite des Slamrebjerg eingezeichnet. Sucht man nach einer Begründung hierfür im Text, so findet man auf S. 54 folgende Äußerung: »Es ist oben näher auseinandergesetzt worden, daß die Granitgrenze östlich von Katteslettegaard eine Erosionsgrenze darstellt, und daß der Slamrebjerg nach Westen zu durch Verwerfungen begrenzt wird.« (Übersetzung aus dem Dänischen). Blättert man nun in der Arbeit zurück, so findet man bei der Besprechung der untersten Schichten des Sandsteins auf S. 45 folgendes: »Der Ort, wo man die ältesten Teile des Nexö-Sandsteins am besten studieren kann, ist das Gebiet zwischen Katteslettegaard und Døvre im Westen und die Westseite des Slamrebjerg im Osten. Im Westen überlagert hier der Sandstein normal den Granit, und im Osten grenzt er an den Granit mit einer etwa N—S verlaufenden Verwerfung.« Wie man sieht, findet sich hier keine Begründung, geschweige denn ein Beweis für die Anwesenheit dieser Verwerfung. Dasselbe gilt für GRÖNWALLS Arbeit aus dem Jahre 1899 (15), wo die Theorie von diesen Verwerfungen zum ersten Mal aufgestellt wurde. GRÖNWALL teilt mit, daß die N—S verlaufenden Verwerfungen nicht im Gelände zu beobachten sind, daß er aber ihre Anwesenheit mit Sicherheit festgestellt hat, und daß der Sandstein im Verhältnis zum Granit abgesunken ist. Jedoch findet man auch hier keine nähere Begründung. Erst ein Studium der Tagebücher, welche GRÖNWALL während der geologischen

Kartierung geführt hat, gibt eine ungefähre Vorstellung davon, welche Tatsachen GRÖNWALLS Annahme von dem Vorhandensein dieser Verwerfungen zu Grunde liegen.

Zum ersten Mal besuchte GRÖNWALL den Slamrebjerg zusammen mit Professor USSING am 6. Juni 1898. Hierüber schreibt GRÖNWALL in seinem Tagebuch: »An der Westseite des Slamrebjergs bei der Wegbiegung NO der Bodilsker Kirche ein Steinbruch in Sandstein, rote Arkose, die 7—8° nach SW einfällt. Weiter aufwärts an der Böschung ein Steinbruch in Sandstein; etwas östlich dieser Stelle Granit in flachen Klippen am Wege in etwas größerer Höhe. Der Sandstein fällt nicht sehr stark, weshalb also die Grenze zwischen den beiden Gesteinen aus einer Verwerfung besteht.« (Übersetzung aus dem Dänischen).

Dies ist die einzige Begründung, welche für diese Verwerfung gefunden werden konnte. Anlässlich einer näheren Untersuchung des Gebiets im Jahre 1901 werden nur die einzelnen Sandsteinvorkommen, nicht aber die Tektonik besprochen.

Die Schwierigkeit, GRÖNWALLS Verwerfungen zu übernehmen, liegt darin, daß wir oft zwei verschiedene Horizonte ohne Trennung dicht beieinander haben, wie es z. B. an der Südostecke des Slamrebjergs der Fall ist. Hier beobachtet man nämlich normale Auflagerung, d. h. also die basalen Lagen des Sandsteins, und unmittelbar südlich hiervon haben wir abgesunkenen Sandstein, ohne daß diese beiden Horizonte durch irgend eine Verwerfung von einander geschieden sind. Wenn GRÖNWALLS Verwerfung an der Südseite des Slamrebjerg überhaupt vorhanden ist, so muß sie unter allen Umständen weiter nach Osten bis zur Küste verlängert werden. Hierfür fehlt jedoch bis jetzt noch jede Grundlage.

Desweiteren zeigt eine Untersuchung der Verhältnisse in der Senke zwischen Døvre und Slamrebjerg, daß gegen GRÖNWALLS Annahme von Verwerfungen am Slamrebjerg verschiedene Einwände erhoben werden können.

GRÖNWALL betrachtet dieses Gebiet etwa als eine »Kippscholle«, deren westliches Ende ungestört lagert, während der östliche Teil abgesenkt ist. Dieselbe ist mit anderen Worten um eine etwa N—S verlaufende Achse gedreht worden, welche unmittelbar östlich des Døvredeal gelegen ist. Man sollte nun natürlich erwarten, daß der Sandstein in diesem schiefgestellten Block überall ein östliches Einfallen zeigt, jedoch ist dies keineswegs der Fall. Ein östliches Einfallen beobachten wir zwar in der Oleaa und westlich davon, und diese Tatsache wird von GRÖNWALL auch zur Unterstützung seiner Theorie angeführt. GRÖNWALL übersieht aber hierbei, daß der Sandstein am Slamrebjerg nicht mehr nach Osten, sondern nach Westen oder Südwesten einfällt, also in derselben Richtung wie die Geländeoberfläche selbst. GRÖNWALL will diese Verhältnisse wohl

durch Nachschleppung an der Verwerfung beim Absinken des Granits erklären, aber selbst wenn man eine solche Erklärung für die Lokalitäten nahe der Granitgrenze gelten lassen könnte, so könnte sich das doch kaum in so weitem Abstand von der Granitgrenze bemerkbar machen wie in dem Steinbruch Lok. 196, der 300 m vom Granit entfernt liegt, und wo man ein Einfallen in westlicher Richtung bemerkt und nicht in östlicher.

Auch die stratigraphischen Verhältnisse sprechen gegen das Vorhandensein einer Verwerfung an der Westseite des Slamrebjergs, denn wenn der Sandstein am Granit abgesunken wäre, so müßte man hier das Auftreten von Typen aus dem obersten Teil der Sandsteinserie erwarten, was jedoch nicht der Fall ist. Im Gegenteil beobachtet man bei den Lok. 196, 197 und 198 Sandsteintypen, welche zu den Typen I oder II zu stellen sind und daher dem Teil der Sandsteinserie angehören, den GRÖNWALL selbst zum unteren Drittel des Profils rechnet. Ein Versuch, die Mächtigkeit des Sandsteins unmittelbar westlich der Granitgrenze am Slamrebjerg zu berechnen, führt zu folgendem Ergebnis: Wenn GRÖNWALLS Auffassung richtig sein soll, dann muß jedenfalls die Granitoberfläche, auf der der Sandstein ruht, überall nach Osten einfallen, wie es auch im Bett der Øleaa der Fall ist. Rechnen wir nun damit, daß das Einfallen weiter nach Osten gleich bleibt, so bedeutet dies, daß die Mächtigkeit des Sandsteins bei Lok. 197 unmittelbar an der Granitgrenze zu rund 100 m angesetzt werden muß. Da GRÖNWALL selbst für die Gesamtmächtigkeit der Sandsteinserie nur 60 m annimmt, und da der Gesteinscharakter erkennen läßt, daß wir uns am Slamrebjerg immer noch in den unteren Arkosen befinden, so ist es einleuchtend, daß hier irgend etwas nicht stimmt.

Die Annahme einer Verwerfung längs der Südseite des Slamrebjergs scheint von vornherein eine nicht geringe Wahrscheinlichkeit für sich zu haben. Der Granit ragt steil empor, was GRÖNWALL stets als sicheres Anzeichen für das Vorhandensein von Verwerfungen deutet. Diese Auffassung ist jedoch nicht richtig, denn es gibt z. B. in der Læsa mehrere Stellen, wo unmittelbar an der Grenze zwischen Granit und Sandstein solche steil aufragenden Granitklippen existieren, und wo man doch gleichzeitig mit Sicherheit nachweisen kann, daß es sich dort um eine Denudationsgrenze und keineswegs um eine Verwerfung handelt. Für die Annahme einer Verwerfung südlich des Slamrebjergs erheben sich also dieselben Schwierigkeiten wie bei der anderen Verwerfung; man müßte erwarten, Gesteine aus den obersten Teilen der Sandsteinserie zu finden und beobachtet in Wirklichkeit rote Arkosen, also die untersten Glieder der Serie.

GRÖNWALLS Annahme von Verwerfungen hier am Slamrebjerg sind sicher aufzugeben, und JOHNSTRUP ist im Recht, wenn er schreibt, daß

der Slamrebjerg wohl durch das Eis herauspräpariert ist, welches den lockeren Sandstein im Westen und Süden entfernt hat, wogegen es auf den harten Granit nur eine geringere Wirkung ausüben konnte, so daß dieser jetzt über die Umgebung herausragt. Wenn der Sandstein an der Westseite des Slamrebjergs höher hinaufreicht als an der Ostseite, so liegt das daran, daß die Westseite in Lee des von Osten heranrückenden Eisstromes gelegen hat.

Wie bereits auf S. 115 ausgeführt wurde, besteht Grund zu der Annahme, daß die Senke zwischen Døvre und dem Slamrebjerg ein Stück des präkambrischen Reliefs von Bornholm repräsentiert, welches durch unterkambrischen Sandstein angefüllt wurde, der unter Wüstenverhältnissen und unter Mitwirkung gelegentlicher Wasserläufe zum Absatz gelangte, und daß der Slamrebjerg allmählich in seinem eigenen Verwitterungsmaterial begraben wurde. Bei Zugrundelegung einer solchen Auffassung verschwinden alle die Unstimmigkeiten, welche sich aus der Annahme von GRÖNWALLS Verwerfungen ergeben, und wir erhalten für den Sandstein eine Mächtigkeit von 20 m, eine Zahl, welche erheblich mehr innerhalb der Grenzen der Wahrscheinlichkeit liegt.

In der Senke nördlich des Slamrebjergs hat GRÖNWALL ein isoliertes Sandsteinvorkommen eingetragen, worüber er (16) folgendes mitteilt: »Nördlich des Slamrebjerg treten die ältesten Schichten des den Granit überlagernden Sandsteins zu Tage. Kleinere Steinbrüche finden sich südlich von Kaasegaard in Ibsker und an der Kreuzung des Weges von Klinteby mit dem Slamrebjerg-Weg. Der Sandstein lagert hier fast horizontal, und auf Grund der Geländeverhältnisse kann man schließen, daß er nach Westen zu den Granit normal überlagert, während er nach Norden und nach Süden von WNW—OSO verlaufenden Verwerfungen begrenzt wird. Von diesen ist die nördliche mit derjenigen identisch, welche die Südgrenze der Paradis- und Helvedesbakker bildet. Im Osten ist das Sandsteingebiet durch eine NNO-Verwerfung begrenzt, und östlich von dieser tritt der Granit an mehreren Stellen zu Tage.« (Übersetzung aus dem Dänischen).

Vergleicht man das hier Gesagte mit den Mitteilungen, welche in dem Kapitel über die Lokalitätsbeschreibungen zusammengetragen worden sind (Lok. 202), so erheben sich auch hier verschiedene Einwände gegen GRÖNWALLS Auffassung. Aus diesen Mitteilungen geht hervor, daß der Sandstein im Westen mit  $8^\circ$  nach O einfällt und weiter östlich, d. h. in der Mitte der Senke, horizontal liegt. Von der dritten Lokalität, die etwas nördlich von GRÖNWALLS westlichster Lokalität liegt, teilt JOHNSTRUP ein Einfallen von  $4^\circ$  nach SSO mit. Wenn GRÖNWALLS Anschauung von einer normalen Auflagerung im Westen und von dem Vorhandensein von Verwerfungen im Osten den Tatsachen entsprechen würde, so müßten die Schichten überall ungefähr das gleiche östliche Einfallen zeigen. Dies

ist jedoch, wie hier gezeigt, nicht der Fall. Die Verhältnisse lassen sich weit besser durch die Annahme erklären, daß der Sandstein hier in einer Senke abgelagert worden ist, wodurch die Schichten, die unmittelbar dem Granit aufliegen, dasselbe ziemlich beträchtliche Einfallen haben, wie die Oberfläche des Granits, während die Schichten in der Mitte der Senke eine mehr horizontale Lage einnehmen. Das Schichteneinfallen stimmt auch recht gut mit dem Einfallen der Oberfläche des Granituntergrundes überein.

Die ziemlich geradlinige und recht steile Böschung an der Südseite der Paradisbakker bezeichnet wahrscheinlich eine Verwerfung, die aber sicher älter ist als der Sandstein, d. h. also präkambrischen Alters. Südlich der Sandsteinvorkommen finden sich jedoch nach Ansicht des Verf. keinerlei Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Verwerfungen, und dasselbe gilt auch für die vermutete östliche Verwerfung. Das Gelände dacht sich ganz gleichmäßig von der Oleaa nach Osten bis südlich von Klinteby ab, wo dann eine steilere Böschung in ungefähr NO—SW-Richtung und mit Abdachung nach O zu folgt.

Zwar findet man südlich von Klinteby zwei Granitbuckel, aber in dem ganzen Gebiet südlich einer Linie von Kaasegaard bis zu diesen Granitvorkommen ist der Untergrund vollständig unbekannt.

Der Sandstein in der Senke zwischen dem Slamrebjerg und den Paradisbakker ist wahrscheinlich auf dieselbe Weise gebildet worden wie der Sandstein in der Senke zwischen dem Slamrebjerg und Døvre. Er ist keinen tektonischen Störungen ausgesetzt gewesen und muß als ein Erosionsrest betrachtet werden, wie es bereits JOHNSTRUP getan hat.

Schließlich hat GRÖNWALL hier im Osten noch zwei Verwerfungen in NNW—OSO-Richtung eingetragen, von denen die eine die Grenze zwischen Granit und Sandstein südlich von Klinteby bildet und die andere die Grenze zwischen Granit und Sandstein nördlich des Frederiks-Steinbruchs. Dieses ist zweifellos richtig.

Eine Reihe von deutschen Geologen hat im Laufe der Jahre der Tektonik Bornholms ein großes Interesse entgegengebracht, ohne jedoch wesentlich neue Tatsachen anzuführen. Die älteren dieser Autoren, DEECKE (12) und KLÄHN (25), bauen ohne weiteres auf GRÖNWALLS Ergebnissen auf, ohne dieselben einer Kritik zu unterziehen. Auch STEHMANN (40) übernimmt GRÖNWALLS Verwerfungen, hat aber zugleich eine ganze Menge neuer Verwerfungen eingeführt und zerteilt das ganze südliche Bornholm in eine Anzahl von Blöcken. Auch in Bezug auf die Tektonik leidet STEHMANNS Arbeit an dem Mangel, daß die Schlußfolgerungen immer wieder mit den tatsächlichen Verhältnissen in Konflikt geraten. In dem hier behandelte Gebiet hat STEHMANN GRÖNWALLS Verwerfung nördlich des Frederiks-Steinbruchs übernommen und dieselbe nach NW verlängert, was sicher richtig ist. GRÖNWALLS Verwerfung süd-

lich von Klinteby hat STEHMANN dagegen nach Norden verschoben, sodaß sie in die Verlängerung der Südseite der Paradisbakker zu liegen kommt. Dies ist jedoch, wie später zu zeigen sein wird, nicht angängig. Noch abwegiger ist es, wenn STEHMANN die Grenze zwischen Sandstein und Granit mitverschiebt, obgleich sich anstehender Granit unmittelbar nördlich von GRÖNWALLS Verwerfung findet, was ja gerade GRÖNWALL dazu veranlasste, die Verwerfung an dieser Stelle zu ziehen. Zwischen dieser Verwerfung und GRÖNWALLS Verwerfung längs der Südseite des Slamrebjergs, welche er weiter ostwärts verlängert, erhält STEHMANN

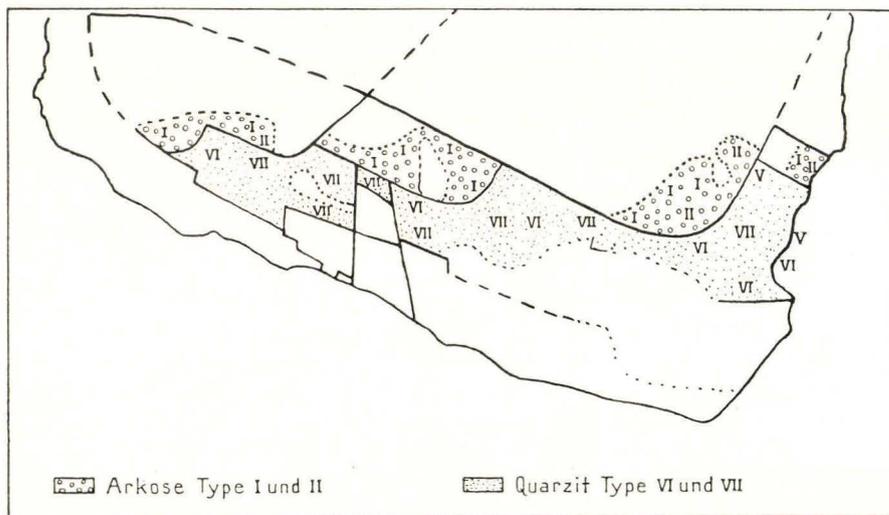


Fig. 31. Übersichtskarte der Verbreitung der Arkosen und Quarzite des Nexö-Sandsteins.

dann eine Scholle, die er Slamrebjerg-Scholle nennt, und die einen höchst eigentümlichen Bau besitzt. Die beiden Verwerfungen, welche sie im Norden und Süden begrenzen, läßt STEHMANN nach Osten ausklingen und die nördliche auch nach Westen. Die Scholle würde dann also eine verbogene, zylinderförmige Senke bilden, wofür jedoch tatsächlich garnichts spricht. Weiterhin ist nach STEHMANN, in geradem Gegensatz zu GRÖNWALLS Anschauung, das Gebiet südlich und westlich des Slamrebjerg nach Westen abgesunken und von einer Verwerfung begrenzt, die ziemlich genau dem Lauf der Øleaa in der Senke zwischen dem Slamrebjerg und Døvre folgt. Eine solche Verwerfung existiert jedoch nicht, da man in der Øleaa deutlich die Auflagerung des Sandsteins auf den Granit verfolgen kann, außerdem fallen die Schichten überall nach Osten ein, nicht nach Westen, wie man es erwarten sollte, wenn STEHMANN'S Erklärung zutreffend wäre. STEHMANN'S Øleaa-Linie ist darauf basiert, daß er auf der einen Seite Grundkonglomerat angibt und auf der anderen Seite grobkörnigen Nexö-Sandstein. Diese beiden Gesteine sind jedoch an dieser Stelle völlig

identisch, und STEHMANN kann sie auch selbst nicht unterscheiden. Es existiert also keinerlei Grundlage für die Aufrechterhaltung von STEHMANN'S Öleaa-Linie.

Nach dieser mehr negativen Kritik der früheren Anschauungen erhebt sich nun die Frage: Finden sich überhaupt Anzeichen tektonischer Störungen, und, wenn ja, auf welche Weise treten diese in Erscheinung? Die Antwort auf die erste Frage ist unbedingt bejahend, jedoch liegen

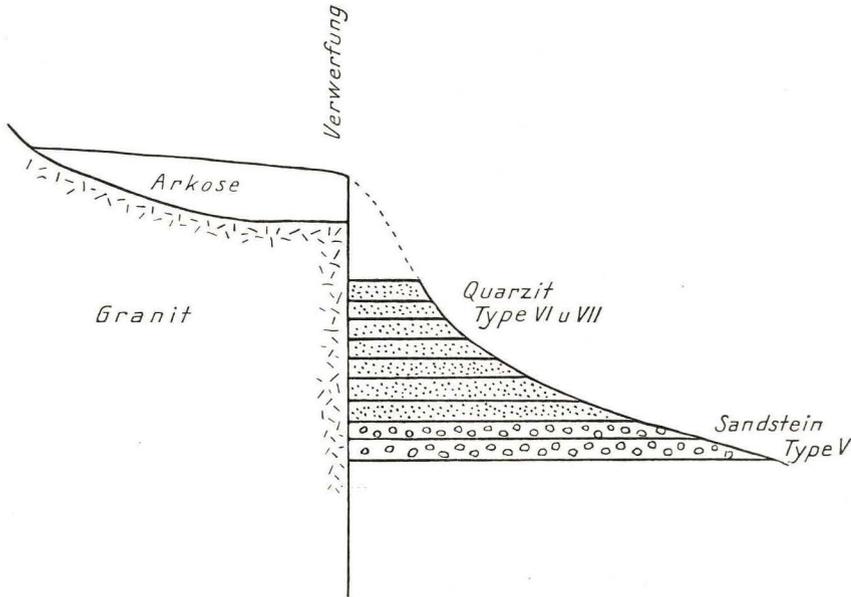


Fig. 32. Schematisches Profil durch das Gebiet südöstlich des Slamreberg.

die Verwerfungen nicht an der Grenze von Granit und Sandstein, sondern im Sandsteingebiet selbst.

Ungefähr südwestlich der Bodilsker-Kirche neigt sich das Gelände ziemlich stark nach SO. Diese Abdachung ist von St. Krusegaard (36 Slvg. in Bodilsker) ostwärts nördlich an Kjøllergaard und Gadegaard vorbei in nordöstlicher Richtung über Elisegaard in Richtung auf Slamre zu verfolgen. Oberhalb dieser Böschung findet man überall Sandstein der Type I und II, der also zu den untersten Gliedern der Sandsteinserie gehört. Dies ist an mehreren Stellen in der Senke zwischen dem Slamreberg und Døvre festzustellen (Lok. 195—199), sowie im Bett der Öleaa bis zur Lyngvad-Brücke (Lok. 159—168) und bei Egesgaard, 6 Slvg. in Gadeby (Lok. 200). Fig. 31.

Unmittelbar unterhalb des Abhanges und bisweilen auch am unteren Teil des Hanges selbst begegnet man dagegen überall weißen und schwarzen Quarziten, d. h. Sandsteintypen, welche zu den jüngsten Gliedern der Sandsteinserie gehören. Diese beobachtet man am Wege

von Gadegaard nach Kirkebogaard (Lok. 213), im Walde nordwestlich von Kannikegaard (Lok. 212) und an mehreren Lokalitäten in Langede By (Lok. 210—211) bis nach 24 Slvg. Die Schichten liegen fast überall horizontal. Weiter östlich am Strande südlich von Nexö haben wir dann den etwas älteren Ginghamstein.

Wir erhalten also von den Verhältnissen folgendes Bild (Fig. 32): Im Norden existiert ein Granithorst mit einer unregelmäßigen Oberfläche, der nach Süden zu von einer dünneren oder dickeren Schicht von unterkambrischem Sandstein überlagert wird. Außerhalb des Granithorstes haben wir dann ein abgesunkenes Gebiet mit kambro-silurischen und jüngeren Sedimenten, das seinerseits auch wieder von Verwerfungen durchsetzt ist.

Die Lage der Verwerfung, welche den Horst im Süden begrenzt, kann nur ganz ungefähr angegeben werden, da nur wenige und weit auseinanderliegenden Beobachtungen vorliegen. In vorliegender Arbeit wird die Verwerfung unmittelbar südlich von Elisegaard gezogen. GRÖNWALL teilt nämlich von dieser Stelle mit, daß man den Sandstein in einem Brunnen in einer Tiefe von 4 m angetroffen hat, und daß man 60 m weiter südlich die lockeren Erdschichten selbst in doppelter Tiefe nicht durchstossen hat. Es besteht also Grund zu der Annahme, daß die Südgrenze des Blockes hier verläuft.

Die Grenzen des Blockes sind dann weiter nach Südwesten längs der Oberkante des Abhanges nach St. Krusegaard gezogen worden, wo sie sich an GRÖNWALLS Egby-Verwerfung anschließen. Daß diese nämlich nicht bei Egby aufhören kann, geht aus den Betrachtungen hervor, die oben geltend gemacht wurden.

Bei Egby tritt der Granit in einem Steilhang zu Tage, und nur wenige Meter davon entfernt steht das jüngste Glied der Sandsteinserie, der schwarze Quarzit, an. Diesem begegnet man auch weiter östlich auf dem Hügel 600 m nördlich von Kjællingby (Lok. 150) Östlich von dieser Lokalität steht Sandstein der Type I in der Øleaa an, wo er bis zur Lyngvad-Brücke zu verfolgen ist (Lok. 168). Wir haben hier also an dicht beieinander liegenden Lokalitäten im selben Niveau die jüngsten und die ältesten Teile der Sandsteinserie sowie den Granit vor uns. Das Vorhandensein von Verwerfungen an dieser Stelle ist also anzunehmen.

Schwieriger ist die Entscheidung, wie die Grenze des Granithorstes östlich und nordöstlich des Slamrebjerg zu ziehen ist. Der Sandstein bei N. Slamregaard (Lok. 201) ist ziemlich schwierig in das Profil einzuordnen. Er scheint jedoch der Type V (Ginghamstein) anzugehören und liegt wahrscheinlich außerhalb des Horstes. Die Verwerfung wurde hier in der Weise gezogen, daß sie der ziemlich stark ausgeprägten Böschung südlich von Klinteby folgt. Sie trifft an der Westseite der Paradisbakker auf ein Spaltental und folgt diesem, bis sie auf die Fort-

setzung von GRÖNWALLS Verwerfung nördlich des Frederiks-Steinbruchs stößt.

Die Frage, ob es sich bei dieser Grenze zwischen Granit und Sandstein nördlich des Frederiks-Steinbruchs um eine Verwerfung handelt, ist mehrmals erörtert worden. ØRSTED und ESMARCK schreiben bei Besprechung des Kupferganges im Granit nördlich der Sandsteingrenze folgendes (54): »Es ist merkwürdig, daß der Sandstein einen kleinen Teil des Kupferganges durchsetzt, wahrscheinlich füllt er eine Spalte darin aus. Diesen Umstand entdeckten wir erst, als wir einen Schacht hinunterzutreiben begannen. Auf der einen Seite ging dieser einige Fuß durch den Sandstein, während der Rest der Wand aus dem kupferhaltigen Gestein bestand. Nach unten zu verschwand der Sandstein gänzlich.« (Übersetzung aus dem Dänischen).

VARGAS BEDEMAR (7) schreibt, daß er Gesteine gefunden habe, welche einen Übergang zwischen dem Granit und dem Sandstein im Bruche bilden. Diese Mitteilung muß wohl dahin gedeutet werden, daß von einer normalen Auflagerung von Sandstein auf Granit die Rede ist. Auf der anderen Seite behauptet GRÖNWALL mit großer Bestimmtheit, daß hier eine Verwerfung vorliegt und daß die Grenze zwischen Granit und Sandstein sehr scharf ist. K. CALLISEN erwähnt (9) bei der Besprechung des Kupferganges, daß der Granit zwischen der Sandsteingrenze und dem Kupfergang stark brekziös ist und faßt überdies den Kupfergang als eine Brekzie auf, deren Bildung mit den Verwerfungen in Verbindung steht. Der Gesteinscharakter selbst im nördlichsten Teil des Bruches, sowie die Gesteine vom ehemaligen Bootshafen, die vermutlich als Reibungsbrekzien zu deuten sind, dienen jedoch zur Bestätigung der Ansicht, daß die von GRÖNWALL angenommene Verwerfung hier wirklich vorhanden ist.

Vom Frederiks-Steinbruch läßt GRÖNWALL seine Verwerfung weiter nach NW bis Knorregaard verlaufen, wo sie ausklingen soll. Die Sandsteingrenze wird von hier aus in südwestlicher Richtung als eine Erosionsgrenze angegeben und zwar bis zur nächsten Verwerfung, welche von einer Stelle nördlich von N. Slamregaard nach Nexö verläuft. Diese Annahme ist zweifellos richtig und findet ihre Bestätigung in den Verhältnissen im Nørrebæk. Es ist auch möglich, daß die Verwerfung bei Knorregaard ausklingt, und daß die Sandsteinfläche in der Weise gekippt ist, daß der östliche Teil gegenüber dem Granit abgesunken ist. Wahrscheinlicher ist es aber, daß sich die Verwerfung längs der Südostseite der Paradisbakker fortsetzt, bis sie auf die große, zentrale Scholle auftrifft. Dank GRÖNWALLS Brunnenbeobachtungen läßt sich die Richtung dieser Verwerfung mit großer Genauigkeit bestimmen; verlängert man sie weiter nach NW, so zeigt es sich, daß sie innerhalb des Granitgebiets genau auf das Grydedal an der Südseite der Helvedesbakker auftrifft.

Wie bereits erwähnt, nimmt GRÖNWALL eine weitere Verwerfung in Richtung WNW—OSO an der Grenze zwischen Granit und Sandstein nördlich von N. Slamregaard an. GRÖNWALL zeichnet dieselbe jedoch nur soweit, als sie der Granitgrenze folgt, und läßt sie dann plötzlich aufhören. Dies erscheint von vornherein wenig wahrscheinlich, und die Verwerfung kann auch tatsächlich weiter nach Südosten bis Nexö verfolgt werden. Daß diese

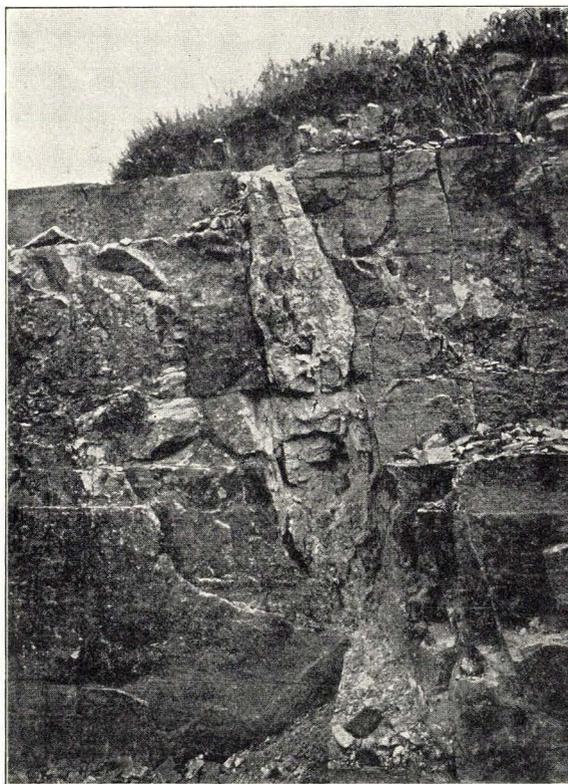


Fig. 33. Verwerfung in der Wand des Frederiks-Steinbruchs.

Verwerfung wirklich existiert, ergibt sich aus den Verhältnissen bei N. Slamregaard, da hier Ginghamstein ansteht, während in nur geringer Entfernung davon der Granit aufragt. Da der Ginghamstein (Type V) höher liegt als der Sandstein des Frederiks-Steinbruchs und also dem oberen Teil des Profils angehört, so kann man mit Sicherheit damit rechnen, daß nördlich von N. Slamregaard der Granit durch eine Verwerfung vom Sandstein getrennt ist.

Am Westrande von Nexö befindet sich beim Piledam (Lok. 208) der Brunnen mit den steilgestellten, schwarzen

Sandsteinen. Dies scheint anzudeuten, daß ungefähr hier eine Verwerfung verlaufen muß, und die Annahme ist wahrscheinlich, daß GRÖNWALLS Verwerfung sich von N. Slamregaard bis hierher erstreckt.

Die Richtigkeit dieser Annahme ergibt sich auch aus der Betrachtung der Schichtenfolge nördlich und südlich dieser durch den Piledam verlaufenden Linie.

Nördlich derselben begegnen wir nämlich den jüngsten Schichten an der Küste und den älteren näher nach dem Granit zu, z. B. im Nørrebæk (Lok. 204). Die Schichten fallen also nach SO, ungefähr parallel zu der Verwerfung. Südlich derselben treffen wir indessen die jüngsten Schich-

ten beim Granithorst und die ältesten an der Küste, und die Schichten fallen hier mehr nach S oder SSO.

Bezüglich der tektonischen Verhältnisse im abgesunkenen Vorland lassen sich keine Einzelheiten aussagen, da die Schichten, besonders im Gebiet der Grünen Schiefer, sehr schlecht aufgeschlossen sind.

Im Frederiks-Steinbruch finden sich ein paar N—S verlaufende Verwerfungen (Fig. 33), aber eine Verschiebung der Schichten zu beiden Seiten ist nicht zu beobachten.

Bei Snogebæk muß an der Grenze zwischen Nexö-Sandstein und Grünen Schiefen eine Verwerfung verlaufen, da hier die Phosphorit- und Hyolithenzone dicht am Sandstein aufgeschlossen ist, nicht aber »Unterer Grüner Schiefer«, wie STEHMANN schreibt. Diese Verwerfung setzt sich vermutlich nach Westen in die Grünen Schiefer fort, kann aber in ihrem Verlauf nicht genauer bestimmt werden. STEHMANN'S Kurven für das Einfallen der Schichten in diesem Gebiet sind außerordentlich unsicher, da keinerlei Aufschlüsse existieren, in denen das Einfallen mit größerer Genauigkeit gemessen werden könnte.

An der Øleaa muß vermutlich eine N—S-Verwerfung südlich von Kjællingeby verlaufen, welche die Untere Übergangszone der Grünen Schiefer unten im Bach (Lok. 169 und 170) von dem weißen Quarzit oben an der Böschung (Lok. 215) trennt.

Ebenso zieht sich wahrscheinlich eine O—W-Verwerfung unmittelbar nördlich der Krampebro hin, da wir hier bei Lok. 173 die Phosphorit- und Hyolithenzone beobachten, während bei Lok. 172 ein weißer Quarzit von derselben Art wie der Quarzit an der Salthammer Odde ansteht, der wahrscheinlich dem Nexö-Sandstein angehört. Auch die Fortsetzung dieser Verwerfungen kann nicht festgelegt werden. Es wurde in der Lokalitätsbeschreibung angegeben, daß das Gestein von Lok. 171 zur Type VIII gehört. Dementsprechend sollte es also zu den Grünen Schiefen zu stellen sein. Es ist jedoch in diesem Falle sehr schwer, es in die Schichtserie einzuordnen, und es muß daher als nicht unwahrscheinlich betrachtet werden, daß es in Wirklichkeit zu den grauen Quarziten des Nexö-Sandsteins zu rechnen ist, und daß es nur lockerer ist, als es diese Quarzite normaler Weise sind.

Wenn die Grünen Schiefer bei Brogaard (Lok. 194) anstehend sind, dann müssen sie sowohl im Norden wie im Süden vom Olenusschiefer durch eine Verwerfung getrennt sein. Nach POULSENS Untersuchungen gehört indessen das neuentdeckte Olenus-Vorkommen südlich von Lok. 194 einer Zone an, die jünger ist als die bisher bekannten Olenus-Lokalitäten, und zwar gerade soviel jünger, daß sie unter der Voraussetzung ungestörter Lagerungsverhältnisse dort liegen müsste, wo POULSEN sie auch tatsächlich gefunden hat. Infolgedessen neigt POULSEN der Ansicht

zu, daß die Grünen Schiefer bei Lok. 194 nicht anstehend sind, sondern daß es sich nur um eine Scholle in der Moräne handelt. Es ist deshalb das Beste, die Betrachtung der tektonischen Verhältnisse dieser Gegend zurückzustellen, bis neuere Untersuchungen mehr Klarheit über diese Frage gebracht haben.

Bei der Dueodde im Süden muß eine Verwerfung etwas südlich von St. Duegaard angenommen werden, da man aber nur einen Beobachtungspunkt dafür hat, so kann der Verlauf der Verwerfung nicht näher angegeben werden.

GRÖNWALL hat eine Verwerfung in WNW—OSO-Richtung nördlich der Pedersker-Kirche angedeutet. Die Begründung für diese Annahme ist allerdings schwach, denn GRÖNWALL schreibt, daß längs dieser Grenze eine Geländekante verläuft, und daß südlich derselben die lockeren Erdschichten eine ganz bedeutende Mächtigkeit zu erreichen scheinen. Es spricht jedoch für die Annahme einer solchen Verwerfung, daß sie eine natürliche Fortsetzung der Verwerfung zwischen dem Kambrium und Gotlandium an der Øleaa bilden würde, und daß sie die Grünen Schiefer in der Grødby-Aa von dem Kaolinsandstein bei Loftegaard abgrenzt. Wenn STEHMANN diese Linie aufgegeben hat, so steht dies damit in Verbindung, daß er ganz irrtümlicherweise den Kaolinsandstein der Grødby-Aa für Rispebjergsandstein und dementsprechend für einen Bestandteil der Grünen Schiefer hält.

## II.

### Das Gebiet zwischen Grødby-Aa und Læsaa.

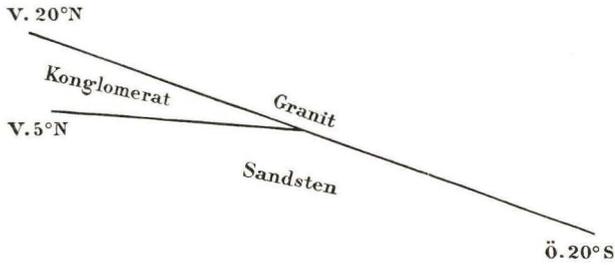
Von Egby aus hat GRÖNWALL seine große Verwerfung weiter nach Nordwesten an der Grenze von Granit und Sandstein gezogen, und dies ist auch zweifellos richtig. Wie bereits erwähnt (S. 124), scheint es, daß verschiedene Umstände innerhalb des Sedimentgebiets südlich dieser Linie nur dann eine natürliche Erklärung finden können, wenn man das Vorhandensein der Egby-Verwerfung in Rechnung stellt. Dies gilt z. B. für die konglomeratischen Lagen in den weißen und blaugrauen Arkosen. Auch die Beobachtungen bei der Ausgrabung des Wasserwerks Aakirkeby südlich von Østre Ellegaard (Lok. 105) sprechen für das Vorhandensein einer Verwerfung an der Grenze von Granit und Sandstein, da das Gestein hier als eine Reibungsbrekzie anzusehen ist.

Außer der Egbylinie hat GRÖNWALL auch an der Süd- und Westseite des Granithügels, auf welchem Aakirkeby gelegen ist, Verwerfungen eingetragen, jedoch können sicherlich gegen einige derselben verschiedene Einwände erhoben werden.

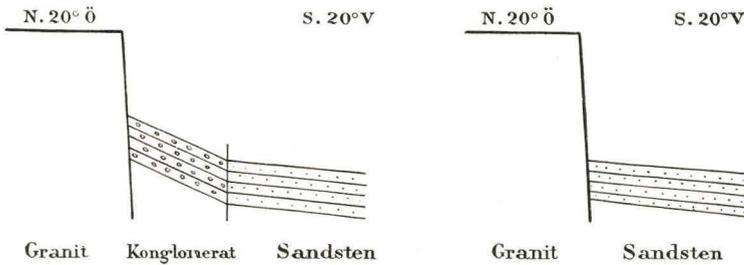
Man kann kaum einen Zweifel hegen, daß der senkrechte Granithang

südlich von Aakirkeby von dem davor liegenden, fast horizontal gelagerten Sandstein durch eine Verwerfung geschieden ist, da hier die jüngsten quarzitischen Glieder der Sandsteinserie unmittelbar an den Granit angrenzen. Wenn GRÖNWALL aber meint, daß am Westende des Steilhanges zwei Verwerfungen liegen, die einander in spitzem Winkel schneiden, so dürfte dies kaum seine Richtigkeit haben.

Sowohl in seiner vorläufigen Mitteilung als auch in der Beschreibung



Horizontalprojektion der Verbreitung der Gesteine in der Umgebung des Steilhanges bei Aakirkeby. Lok. 92. (Nach GRÖNWALL).



Schematische Profile durch den Steilhang bei Aakirkeby. Lok. 92. (Nach GRÖNWALL).

Fig. 34.

Konglomerat = Arkose Type III.

Sandsten = Weisser Quarzit Type VI.

zu der geologischen Karte setzt GRÖNWALL ausführlich die Gründe für seine Auffassung der Verhältnisse an dieser Stelle auseinander. (Lok. 92, Fig. 29).

Wie man aus der Skizze (Fig. 34) ersehen kann, läßt GRÖNWALL die eine dieser Verwerfungen der Grenze zwischen Granit und Sandstein folgen, während die andere die Grenze zwischen der ziemlich steilen dreieckigen Fläche und dem angrenzenden flachen Felde bildet. Von diesen beiden Verwerfungen ist die südliche sicher vorhanden. Sie bildet die natürliche Fortsetzung der Verwerfung zwischen Granit und Sandstein weiter östlich, und GRÖNWALL schreibt weiterhin, daß er in einem Brunnen östlich des Weges von Aakirkeby nach Limensgade unmittelbar an der Kante der Terrasse eine Reibungsbrekzie gefunden hat. Diese ist auch tatsächlich vorhanden.

GRÖNWALLS Skizze stimmt jedoch hier nicht ganz mit den tatsächlichen Verhältnissen überein, da in Wirklichkeit die südliche Verwerfung die Fortsetzung des Granitsteilhanges im Osten bildet.

Die andere Verwerfung zwischen dem Granit und der Terrasse scheint dagegen weniger gesichert zu sein.

Im westlichen Straßengraben ist der Sandstein an mehreren Stellen aufgeschlossen (Lok. 91), und man kann hier einen ganz allmählichen Übergang von der groben, zuweilen fast konglomeratischen, weißen Arkose, Type III, im Norden zu dem fast reinen Quarzit der Type VI im Süden beobachten. In diesem Quarzit erkennt man unter dem Mikroskop dünne Zonen, in denen die Quarzkörner zerbrochen sind, was für die Annahme tektonischer Störungen an diesem Ende des Profils spricht. Dagegen ist am nördlichen Ende des Profils keine Spur von Störungen zu entdecken.

Wenn die lockere Arkose auf der erwähnten dreieckigen Fläche erhalten geblieben ist, so ist das sicher darauf zurückzuführen, daß die Granitgrenze hier nach Norden abbiegt, so daß die Arkose in Lee des von Osten heranrückenden Eisstromes zu liegen kam. GRÖNWALL läßt die Verwerfung südlich von Aakirkeby im Osten ungefähr bei Klintegaard aufhören. Diese Auffassung hat von vornherein wenig Wahrscheinlichkeit für sich, und es ist in der Tat auch möglich, die östliche Fortsetzung dieser Verwerfung mit einiger Sicherheit zu erkennen. Während wir nämlich in der Senke nordöstlich von Aakirkeby überall die rote Arkose verfolgen können und zwar bis etwas nördlich von Bækkegaard (Lok. 109), so begegnen wir an allen Lokalitäten weiter südlich dem schwarzen Quarzit oder jüngeren Schichten. Irgendwo zwischen dem südlichsten Vorkommen der roten Arkose und dem nördlichsten Vorkommen des schwarzen Quarzits muß deshalb wahrscheinlich eine Verwerfung verlaufen, die sicherlich die Fortsetzung der Verwerfung im Süden des Aakirkebybakke bilden muß. Auf unserer Karte ist dieselbe in der Weise gezogen worden, daß sie an der Westseite des Kastelsbakke auf die Egbyverwerfung trifft, da es scheint, daß an den Lokalitäten 113—110 und 112—111 eine normale Schichtenfolge mit normaler Auflagerung vorliegt (S. 126).

Auch STEHMANN sucht ein abgeschlossenes Verwerfungssystem zu konstruieren, sodaß er auf diese Weise eine Reihe von Schollen erhält. Dies könnte an und für sich ganz einleuchtend erscheinen, aber leider beruhen diese Schlußfolgerungen mehr auf theoretischen Erwägungen als auf sorgfältigen Geländeuntersuchungen. Er verlängert die durch den Steilhang markierte Verwerfung fast bis zur Grødby-Aa nördlich von Rundlykkehus und zieht dann eine Verwerfung längs der Grødby-Aa von der Egbylinie bis Rundlykkehus. Es ist indessen einleuchtend, daß diese beiden

Verwerfungen in der Natur nicht vorhanden sind, da beide Verwerfungen Vorkommen von schwarzem Quarzit und von blaugrauer Arkose voneinander trennen, d. h. also Vorkommen, die zum selben stratigraphischen Niveau gehören, und die daher gegeneinander nicht verschoben sein können. Eine Verwerfung in dieser Gegend muß unter allen Umständen so verlaufen, daß sie verschiedene stratigraphische Horizonte, die jetzt im selben Niveau liegen, von einander trennt. Warum STEHMANN eine Verwerfung längs der Grødby-Aa annimmt, ist überhaupt nicht einzusehen, da weder die Verhältnisse des Untergrundes noch auch die Betrachtung der Geländeformen zu einer solchen Annahme berechtigen. Vermutlich steht STEHMANNS Hypothese mit der Annahme in Verbindung, daß die blaugraue Arkose unmittelbar dem Granit auflagern soll. Dies ist jedoch nicht der Fall, wie man bei Lok. 116 feststellen kann.

Westlich des Aakirkebybakke hat GRÖNWALL an der Grenze zwischen Granit und Sandstein eine zickzackförmige Verwerfung eingetragen und meint, daß der Sandstein hier in ähnlicher Weise wie an der Westseite des Slamrebjerg am Granit abgesunken ist.

Eine Reihe von Tatsachen sprechen hier für GRÖNWALLS Auffassung. Betrachten wir nämlich die Verhältnisse nördlich von Spidlegaard an der Læsaa, so begegnen wir hier im Westen der roten Arkose, welche im Bache den Granit überlagert (Lok. 62), und östlich dieser Stelle (Lok. 88) steht eine weiße Arkose der Type III oder vielleicht eher eine Übergangsform zwischen Type III und Type VI an. An beiden Lokalitäten fallen die Schichten nach Osten ein, also in Richtung auf den Granit. Diese Verhältnisse sprechen entschieden für GRÖNWALLS Auffassung.

Das Gegenteil ist jedoch der Fall, wenn wir uns den Verhältnissen weiter im Süden zuwenden. In der Læsaa findet sich weiße Arkose und Sandstein (Typen III und VI) unterhalb von Spidlegaard. GRÖNWALL schreibt, daß die Schichten nach Osten einfallen, aus seinen Tagebüchern geht jedoch hervor, daß zur Zeit seines Besuches an dieser Lokalität nicht viel vom Sandstein zu sehen gewesen ist. Als JOHNSTRUP diese Stelle aufsuchte, müssen die Verhältnisse offenbar günstiger gewesen sein. Er teilt eine Reihe von Messungen mit, die alle ein Einfallen in westlicher Richtung zeigen. Dasselbe gilt für die Vorkommen unmittelbar nördlich der Hauptstraße zwischen der Læsaa und der Stadt. (Lok. 89 und 90).

Auf der Strecke zwischen der Landstraße und dem Steilabfall ist die Grenze zwischen Granit und Sandstein ausschließlich durch Brunnenbeobachtungen festgelegt. Hier bilden die Niveauunterschiede zwischen den Granit- und Sandsteinvorkommen die Grundlage für GRÖNWALLS Annahme einer Verwerfung. Die tatsächlichen Verhältnisse bestätigen hier indessen GRÖNWALLS Auffassung nicht, da sich die Lagerungsver-

hältnisse auch gut erklären lassen, ohne daß man zu der Annahme von tektonischen Störungen greift.

Es ist für mich entscheidend gewesen, daß wir in der Læsaa eine Verwerfung haben zwischen Hullegaard (Lok. 67), wo sich rote Arkose, Type I, findet, und Lille Gusegaard (Lok. 68), wo die grauen und dunklen Quarzite aufgeschlossen sind. Es ist daher das Wahrscheinlichste, daß diese Verwerfung mit der Verwerfung am Steilhang südlich von Aakirkeby in Verbindung steht.

Wir erhalten also zusammenfassend folgendes Bild von den tektonischen Verhältnissen der Umgebung von Aakirkeby:

Im Norden haben wir dieselbe Granitscholle, der wir auch weiter östlich im Gebiet von Nexö begegnen. Sie wird nach S zu von der Egby-Verwerfung begrenzt, welche in der direkten Fortsetzung der südlichen Begrenzung der Scholle weiter im Osten gelegen ist.

Während aber im Gebiet von Nexö dieser Scholle ein abgesunkenes Sedimentgebiet vorgelagert ist, haben wir hier im Gebiet von Aakirkeby eine neue Granitscholle, die teilweise von Sedimenten bedeckt ist. Diese Scholle (Aakirkeby-Scholle) wird durch eine Verwerfung abgegrenzt, welche vom Kastelsbakke nach Süden und Südwesten längs des Steilhanges südlich von Aakirkeby und weiter quer über die Læsaa zwischen Hullegaard und Lille Gusegaard verläuft.

Diese südliche Begrenzung der Scholle kann an drei Stellen mit Sicherheit nachgewiesen werden, nämlich im Aaker Smaalung, längs der Steilstufe südlich von Aakirkeby und in der Læsaa unterhalb von Hullegaard, während der Verlauf der Verwerfung auf den dazwischenliegenden Strecken auf Extrapolation beruht.

Im Gebiet dieser Scholle begegnen wir überall in den tiefsten Teilen der Senken den ältesten Gliedern des Nexö-Sandsteins, nämlich der roten Arkose, Type I, überlagert von weißer Arkose der Type III und quarzitischem Sandstein der Type VI. Die beiden letzten Typen gehören der Aakerformation an, und an den höchsten Stellen durchragt der Granit die Sedimente, wie es in dem Abschnitt über die Sedimentationsverhältnisse näher ausgeführt worden ist.

Die tektonischen Verhältnisse im sedimentären Vorland sind etwas schwieriger zu erklären, jedenfalls stellenweise. Jedoch dürfte an GRÖNWALLS Auffassungen hier wenig zu ändern sein.

Die Schichten in der Læsaa liegen in einer Grabensenke, wie es auf GRÖNWALLS geologischer Karte zum Ausdruck kommt. Dies steht ganz zweifellos fest, und die beiden N—S-Verwerfungen, welche den Læsaa-Graben begrenzen, sind völlig gesichert. Die westliche von diesen Verwerfungen muß im Süden an der Küste westlich von Pæregaard verlaufen, da man hier im Brunnen Dichellograptusschiefer angetroffen hat. Weiter nördlich muß sie sich östlich von Lok. 53 hinziehen, und desweiteren muß

sie sich westlich der Læsaa bei den Lok. 73 und 74 fortsetzen. Es bleibt also für eine Verschiebung der Verwerfung weder nach der einen noch nach der anderen Seite ein größerer Spielraum.

Die Lage der östlichen Verwerfung ist gleichfalls völlig gesichert und festgelegt. Im Süden muß sie in der Læsaa zwischen Munkegaard und Kuregaard die Grenze zwischen dem Kaolinsandstein und dem Cyrtograptusschiefer bilden. Der Abstand zwischen dem nördlichsten Vorkommen des Graptolithenschiefers und dem südlichsten Vorkommen des Kaolinsandsteins ist nur gerade so groß, daß auf einer Karte im Maßstabe 1 : 20000 zwischen diesen beiden Lokalitäten Platz für einen dicken Tuschestrich bleibt. Dieser Punkt ist also außerordentlich gut festgelegt. Ein anderer ebenfalls sehr sicher fixierter Punkt der Verwerfungslinie liegt am Mühlenteich bei L. Bukkegaard unmittelbar östlich von Lok. 87. Von der Straßenbrücke aus lassen sich hier die Grünen Schiefer an der südlichen Böschung bis zum Mühlenteich verfolgen, wo sie verschwinden, und wo man plötzlich lockeren Erdschichten von bedeutender Mächtigkeit, sowohl im Bach als auch zu beiden Seiten desselben begegnet. Es besteht also eine große Wahrscheinlichkeit dafür, daß wir es an dieser Stelle mit einer Verwerfung zwischen den Grünen Schiefen und den westlich und nordwestlich von Limensgaard aufgeschlossenen mesozoischen Tonschichten zu tun haben.

Verbindet man die beiden erwähnten Punkte mit einer geraden Linie und verlängert dieselbe nach beiden Seiten über diese Punkte hinaus, wie GRÖNWALL es getan hat, so zeigt es sich, daß die sonstigen Beobachtungen bezüglich des Untergrundes nirgends gegen die Annahme einer solchen Verwerfungslinie sprechen, sondern im Gegenteil eher deren Richtigkeit bestätigen. An der Küste bildet diese Verwerfung die Grenze zwischen dem Cyrtograptusschiefer an der Steilküste bei Boderne und dem zur Aaker-Formation gehörigen Kaolinsandstein im Unterlauf der Grødby-Aa. Nördlich der Brücke von Limensgade verläuft sie östlich von St. Bukkegaard und Værmelandsgaard, wo GRÖNWALL in den Brunnen Dicellograptusschiefer gefunden hat. Beide Lokalitäten liegen also im Bereich des Læsaagrabens. Weiter nördlich verfügen wir über eine geringere Anzahl von Beobachtungspunkten, und GRÖNWALL läßt seine Verwerfung etwa in der Gegend von Kalby ausklingen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß sie sich weiter nach Norden fortsetzt, bis sie auf die Aakirkeby-Scholle auftrifft.

STEHMANN ist also im Irrtum, wenn er GRÖNWALLS Læsaa-Verwerfungen für unwahrscheinlich hält. Unwahrscheinlich ist vielmehr STEHMANNS Aakirkebylinie, welche ganz im Gegensatz zu den Ergebnissen der Geländebeobachtungen steht.

Diese »Aakirkebylinie« beginnt westlich von Aakirkeby und fällt hier mit einem Teil von GRÖNWALLS Verwerfungen an dieser Stelle zusam-

men. Dieser Teil wird jedoch nur darauf begründet, daß der Sandstein in dem einen Brunnen etwas tiefer liegt als der Granit in einem anderen, in kurzer Entfernung davon gelegenen, ohne daß man weiß, ob die betreffenden Sandsteinschichten der oberen oder der unteren Abteilung der Sandsteinserie angehören. Die Grundlagen für die Annahme einer Verwerfung an dieser Stelle sind also nur sehr schwach, und eine Untersuchung der verschiedenen Sandsteinvorkommen um den Aakirkebybakke herum gibt keinerlei Anhaltspunkte für die Vermutung, daß einige von ihnen dem Granit normal auflagern, während andere vom Granit durch eine Verwerfung getrennt sind. Aus diesem Grunde ist die Annahme von Verwerfungen an der Westseite des Aakirkebybakke hier fallen gelassen worden. Das nächste Stück von STEHMANN'S Aakirkebylinie, nämlich die Strecke vom Steilhang südlich von Aakirkeby bis zur Læsaa ist rein theoretisch, da man von hier nicht einen einzigen Beobachtungspunkt besitzt. Bei Limensgade soll die Aakirkebylinie nach STEHMANN die Læsaa unmittelbar östlich der Straßenbrücke schneiden, und nach den Angaben auf STEHMANN'S Karte Taf. III soll sie hier die Grenze zwischen Nexö-Sandstein und Grünen Schiefen bilden. Es ist bereits weiter oben nachgewiesen worden, daß eine solche Annahme den Geländebeobachtungen zuwiderläuft, die sich ohne Schwierigkeiten an dieser Stelle anstellen lassen (17). Die Linie verläuft dann weiter an der Grenze zwischen einem Gebiet, dessen Untergrundsverhältnisse bekannt sind, und einem Gebiet, aus welchem man keine Beobachtungen zur Verfügung hat, bevor man an die Læsaa kommt. Auch hier fehlt also jede Grundlage für STEHMANN'S Annahme einer Verwerfung. Betrachtet man dann die Verhältnisse an der Küste, so sind auch hier wieder STEHMANN'S Annahmen mit den tatsächlichen Beobachtungen unvereinbar. Auf seiner Karte Taf. III gibt STEHMANN an, daß der rote Ton den Colonusschiefer etwas westlich der Læsaa-Mündung überlagert. Dies ist nicht richtig. Erstens liegt die Grenze nicht westlich, sondern östlich der Læsaa, zweitens gibt es hier gar keinen Colonusschiefer, und drittens haben wir hier gar keine normale Auflagerung, sondern die Cyrtograptusschiefer sind von dem roten Ton durch eine Verwerfung geschieden, wie es bereits GRÖNWALL angegeben hat. Da wir weiterhin zu beiden Seiten von STEHMANN'S Aakirkebylinie dieselbe Schichtenfolge des roten Tons und der damit in Zusammenhang stehenden Gesteine feststellen können, so besteht keinerlei Wahrscheinlichkeit für die Annahme, daß diese Linie tatsächlich hier an der Küste austreicht. Ebenso unbegründet, wie STEHMANN'S Annahme von der Existenz einer solchen »Aakirkebylinie«, ist seine Behauptung, daß dieselbe Bornholm in zwei Teile teilen soll, von denen der westliche tiefer läge als der östliche. Die Unhaltbarkeit einer solchen Annahme geht sehr deutlich aus einer Betrachtung der Grenze

zwischen Nexö-Sandstein und Grünen Schiefen hervor. Diese liegt nämlich an den verschiedenen Lokalitäten in folgenden Meereshöhen:

Lilleaa (Lok. 30).....	175	Fuß	(55 m)	ü. M.
Læsaa (Lok. 72).....	165	—	(52—)	—
Grødby-Aa (Lok. 122).....	138	—	(43—)	—
Øleaa (Lok. 169).....	115	—	(36—)	—

Am Strand bei Sognebæk (Lok. 231) liegt diese Grenze ca. 90 Fuß (28 m) unter dem Meeresspiegel.

Es geht hieraus hervor, daß die Grenze zwischen dem Nexö-Sandstein und den Grünen Schiefen westlich von STEHMANN'S Aakirkebylinie am höchsten liegt, also gerade in dem Gebiet, welches nach STEHMANN'S Meinung tiefer liegen soll. Die Grenze fällt ab in Richtung auf das Gebiet, welches nach STEHMANN'S Auffassung höher liegen sollte, um schießlich an der Ostküste 28 m unter dem Meeresspiegel zu verlaufen.

Soweit das fossilführende Kambro-Silur in Frage kommt, ist bereits früher gezeigt worden (17), daß die Schichten des Læsaagrabens nicht in einer Mulde angeordnet sind, wie es STEHMANN behauptet, sondern daß sie durch Verwerfungen voneinander getrennt sind, wie es bereits GRÖNWALL festgestellt hatte. Bezüglich der Lagerung der unterkambrischen Schichten erweisen sich jedoch einige kleinere Veränderungen in GRÖNWALL'S Anschauungen als notwendig.

GRÖNWALL läßt die Grenzen zwischen den Grünen Schiefen und den Paradoxidesschichten von der Læsaa in einem Bogen nach Norden bis zur Höhe von Nordre Kalbygaard verlaufen und gibt auf der geologischen Karte an, daß östlich von Kalby Überlagerung von Nexö-Sandstein durch Paradoxidesschichten zu beobachten ist. Dies ist nicht richtig, was u.a. daraus hervorgeht, daß wir in dem Gebiet, wo GRÖNWALL Alaunschiefer angibt, bei Lok. 95 Auflagerung Grüner Schiefer auf Nexö-Sandstein beobachten, wie es bereits JOHNSTRUP angegeben hat (23). Weiterhin müssen wir annehmen, daß unterhalb Kalby in der Læsaa eine Verwerfung verläuft, da wir hier an der Nordseite des Baches eine Sandsteinbank haben, in der MOBERG Fossilien gesammelt hat, und an der Südseite in dem hohen Profil (Lok. 83) eine andere und wahrscheinlich etwas ältere Schichtserie. Ob die Alaunschiefer sich hier wirklich bis südlich von Hjulmagergaard erstrecken, wie GRÖNWALL es in die Karte eingetragen hat, oder ob die Grenze zwischen den Alaunschiefern und den Grünen Schiefen so verläuft, wie ich sie gezeichnet habe, läßt sich nicht entscheiden, da sie nur im Bache selbst zu sehen ist.

Bei Limensgade müssen die Grünen Schiefer in der Læsaa von denen bei der Mühle von Limensgade durch eine Verwerfung geschieden sein. Die südlichsten Schichten im Wegeinschnitt (Lok. 87) gehören nämlich

der Oberen Grauwackenzone an und fallen stark nach SW ein, während die Schichten bei der Mühle von Limensgade fast horizontal lagern und zur Zone mit Phosphoriten und Hyolithen zu stellen sind. Sie sind also älter als die bei Lok. 87. Dies läßt sich jedoch sehr leicht erklären, wenn man sich GRÖNWALLS Verwerfung an der Grenze zwischen dem mittleren Vorkommen mit Orthoceratitenkalk und den Grünen Schiefen südlich davon verlängert denkt, bis sie die östliche Læsaa-Verwerfung schneidet.

Da die Schichten bei der Mühle von Limensgade horizontal lagern, so können sie auch nicht bei Duegaard von Alaunschiefer überlagert

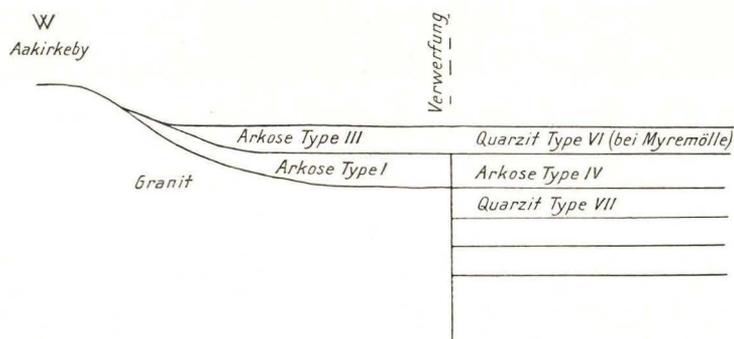


Fig. 35. Schematisches Profil durch das Gebiet zwischen Aakirkeby und der Grødby-Aa.

sein, sondern müssen hiervon durch eine Verwerfung geschieden sein.

Östlich der Læsaa hat GRÖNWALL eine Verwerfung zwischen dem Sandstein in der Ugleenge und dem südlich davon anstehenden mesozoischen Ton angenommen. Das ist sicherlich richtig, und wenn STEHMANN und HÖHNE meinen (40, 41), daß die Tonschichten hier nicht anstehend sind, so bleiben sie, wie oben erwähnt (S. 57), den Beweis für eine solche Behauptung schuldig. Wenn STEHMANN desweiteren auf seiner Karte in dem ganzen Gebiet südlich des Sandsteins in der Ugleenge Grüne Schiefer einträgt und angibt (40, 41), daß anstehendes Mesozoikum erst dicht bei der Küste westlich der Læsaa zu finden sei, so beruht dieses nicht nur auf unvollständigen Beobachtungen, sondern auch auf mangelnder Literaturkenntnis.

Die geologische Entwicklung des Gebiets zwischen Grødby-Aa und Læsaa kann in großen Zügen folgendermaßen skizziert werden (Fig. 35):

Zu einem Zeitpunkt nach der Ablagerung der jüngsten silurischen Schichten hebt sich das Land über den Meeresspiegel und wird der Erosion ausgesetzt. In der Folgezeit setzt eine Reihe tektonischer Störungen ein. Die Schichten des Læsaa-Grabens sinken ab und geraten dadurch in eine geschützte Lage. In der Gegend von Aakirkeby wird durch fort-

gesetzte Erosion das gesamte über den schwarzen Quarziten des Nexö-Sandsteins liegende Kambro-Silur abgetragen. Es bildet sich dann die Verwerfung südlich des Aakirkebybakke heraus, sodaß die Schichten im Smaalyng absinken. Möglicherweise ist auch die Entstehung des östlich von Myremølle verlaufenden Teils der Egbyverwerfung in dieser Zeit anzusetzen. Die Scholle von Aakirkeby, sowie die nördliche Scholle unterliegen weiterhin fortgesetzter Erosion, und das Material wird in Gestalt der blaugrauen Arkose (Type IV) auf dem abgesunkenen Vorlande sedimentiert. Als das Erosionsniveau in der Gegend nördlich von Aakirkeby die rote Arkose, Type I, erreicht hatte, entstand die Egby-Verwerfung, und das ganze Gebiet von Aakirkeby verwandelt sich aus einem Erosionsgebiet zu einem Sedimentationsgebiet. Hier kommen nun die Kies- und Sandablagerungen zum Absatz, welche später durch Bleichungsverwitterung unter Einfluß von Humusstoffen die weiße Arkose, Type III, und den weißen Quarzit bei Myremølle ergibt.

### III.

#### Das Gebiet westlich der Læsaa.

Über die Tektonik in diesem Teil des Sandsteingebiets können nur in einigen Punkten einigermaßen sichere Angaben gemacht werden.

GRÖNWALL hat an der Grenze von Granit und Sandstein eine Verwerfung angedeutet, welche von der Kæmpebro bis südlich von Smørengegaarde verläuft. Er meint, daß der Sandstein hier am Granit abgesunken ist. Zur Begründung führt er an, daß unmittelbar westlich der Kæmpebro ein paar Granitklippen steil aufragen, während im Straßengraben unmittelbar südlich dieser Stelle Sandstein aufgeschlossen ist. Dieses ist zwar richtig, GRÖNWALL zieht aber nicht in Betracht, daß es sich hier um die rote Arkose, also um das unterste Glied der Sandsteinserie handelt, und daß wir hier demgemäß die gleichen Verhältnisse haben, wie etwas weiter nördlich im Westen von Frostegaard. Auch hier sehen wir einen isoliert aufragenden Granithügel, und unterhalb desselben kann man in der Læsaa beobachten, daß der Sandstein den Granit überlagert, ohne daß hier von einer Verwerfung die Rede sein könnte. Aus Gründen, die weiter unten näher auseinandergesetzt werden sollen, sind wir genötigt, GRÖNWALLS Annahme einer Verwerfung auf der Strecke Kæmpebro — Smørengegaarde aufzugeben.

Da es möglich gewesen ist, das ganze Gebiet zwischen Nexö und der Læsaa durch ein geschlossenes Verwerfungssystem in eine Reihe von tektonischen Schollen aufzulösen, so liegt der Gedanke nahe, nach einem ähnlichen Bau auch im Gebiet westlich der Læsaa zu suchen. Wie bereits erwähnt, bildet die Egby-Verwerfung und ihre östliche Fortsetzung

die Südgrenze einer nördlichen Granitscholle. GRÖNWALL deutet nun auf seiner Karte an, daß die Egbylinie sich vielleicht unterhalb des südlichen Steilabfalls des Rytterknægt nach WNW in das Granitgebiet hinein fortsetzt, und wenn man auch nicht in der Lage ist, einen eigentlichen Beweis für eine solche Annahme zu führen, so ist sie doch stillschweigend als richtig anerkannt worden, und es läßt sich nicht leugnen, daß der Gedanke ganz einleuchtend ist. Wenn aber GRÖNWALL die Egbyverwerfung nördlich der Vestermarie-Kirche aufhören oder ausklingen läßt, so fragt es sich, ob nicht größere Wahrscheinlichkeit dafür besteht, daß dieselbe sich weiter fortsetzt bis zu dem Winkel, der aus den beiden Verwerfungen gebildet wird, welche das Mesozoikum der Nykerslette vom Granit scheiden.

Dies ist zwar eine rein theoretische Überlegung, aber man erhält doch auf diese Weise eine zusammenhängende Begrenzung der nördlichen Granitscholle. Diese verläuft dann von Nexö im Osten südlich des Slamrebjergs über Egby und nördlich von Aakirkeby längs der Ostseite der Nykerslette, um schließlich die Westküste nördlich von Hasle zu erreichen.

Diese Grenze kann mit großer Sicherheit zwischen Nexö und der Gegend nördlich von Aakirkeby und weiterhin in der Gegend nördlich von Hasle bis Ringeby Bro nachgewiesen werden. Das dazwischenliegende, intrapolierte Stück bildet eine natürliche Fortsetzung der Egbylinie und verläuft längs der steilen Südseite des Rytterknægt, so daß man mit gutem Grund damit rechnen kann, daß auch hier eine Verwerfung existiert, welche zwei Schollen trennt, die im Verhältnis zueinander verschoben sind.

Wie bereits erwähnt, liegt in der Gegend von Aakirkeby und westlich davon vor der großen, zentralen Granitscholle eine zweite Granitscholle, welche man Aakirkeby-Scholle nennen kann. Wie bereits an anderer Stelle gezeigt wurde, können deren Grenzen innerhalb des Sandsteingebietes mit ziemlicher Sicherheit festgelegt werden. Die Grenze verläuft vom Kastelsbakke im Osten in südwestlicher Richtung und zieht sich südlich des Steilhangs von Aakirkeby hin und weiter bis zur Læsaa unterhalb von Hullegaard. Eine eventuelle weitere Fortsetzung muß man hier suchen und nicht weiter nördlich bei Kæmpebro, wie es GRÖNWALL annahm. Über die genauere Richtung kann man jedoch nichts aussagen, außer daß sie nördlich der Vorkommen von dunklen Quarziten im Gebiet von Engegaarde verlaufen muß (Lok. 49). Dagegen läßt sich nicht entscheiden, ob die Grenze nördlich oder südlich des Sandsteinbruchs südlich von Smørengaaarde (Lok. 26) zu ziehen ist. In dieser Arbeit ist sie auf der Karte als unmittelbare Verlängerung der Strecke zwischen dem Steilhang von Aakirkeby und der Læsaa eingetragen worden.

Indem GRÖNWALL von den Verhältnissen bei den beiden anderen Granithügeln auf den Bauneklint schließt, nimmt er an, daß auf der Ostseite des letzteren eine normale Auflagerung des Sandsteins auf Granit vorliegt, während an der Westseite eine Verwerfung die Grenze zwischen Sandstein und Granit bilden soll. Zur Begründung führt er hier dasselbe an, wie an anderen Stellen, nämlich daß der Granit in Form eines Hügels oder eines Steilhangs aufragt. Die Verhältnisse liegen jedoch so, daß der Granit des Bauneklint an der Westseite und besonders an der Ostseite steil aufragt. So stehen westlich von Smørengaaarde ähnliche Granitsteilwände an, wie z. B. südlich von Aakirkeby. Zieht man nun eine Linie längs des Fußes dieser Granithügel nordöstlich von Klinteskov und verlängert dieselbe in nordöstlicher Richtung, so zeigt es sich, daß eine solche Linie genau durch das Ekkodal verläuft, welches man ja ebenfalls als eine Verwerfungsspalte betrachtet. Ein Ausblick von dem Hügel südlich von Aakirkeby nach Westen vermittelt unwillkürlich den Eindruck, daß das ganze Gebiet westlich von Aakirkeby eine breite Senke bildet, die sich bis zum Granit östlich des Bauneklint hinzieht. Hier steigt das Gelände wieder steil an und zwar gerade an der oben erwähnten Böschung westlich von Smørengaaarde (Lok. 26). Es spricht also Verschiedenes dafür, diese Linie von der Ostseite des Bauneklintplateaus bis zum Ekkodal als eine Verwerfung zu betrachten, welche die Aakirkeby-Scholle von einem westlichen, höher gelegenen Knudsker-Plateau scheidet. Hiermit ist zugleich der Ring von Verwerfungen geschlossen, welcher die Aakirkeby-Scholle umgrenzt.

Bis hierhin können die tektonischen Verhältnisse als einigermaßen geklärt gelten, und man kann annehmen, daß die erzielten Ergebnisse der Wirklichkeit recht nahe kommen. Weit schwieriger liegen die Verhältnisse jedoch in Bezug auf die übrigen Grenzen des Knudskerplateaus, und es muß hervorgehoben werden, daß die hier skizzierte Lösung nur als ein Versuch zur Aufstellung eines natürlichen und mit den Tatsachen möglichst übereinstimmenden, tektonischen Systems betrachtet werden kann.

Südlich des Bauneklint haben wir die blaugraue Arkose (Type IV) bei der Station Lobbæk (Lok. 14) und den schwarzen Quarzit südwestlich hiervon bei Lok. 15. Diese Vorkommen gehören wahrscheinlich zum sedimentären Vorland und sind wahrscheinlich vom Granit und Sandstein der Lok. 13 durch eine Verwerfung geschieden. Da wir jedoch an dieser letztgenannten Lokalität im Liegenden der weißen Arkose Ginghamstein (Type V) antreffen, so ist der Altersunterschied zwischen den Schichten von Lok. 13 und Lok. 15 nicht größer, als daß man auch hier eine ungestörte Schichtenfolge anzunehmen in der Lage wäre. Die roten Sandsteinschichten von Lok. 13 zeigen jedoch deutliche Anzeichen tektonischer Störungen. Bereits GRÖNWALL hat darauf hingewiesen, daß die

beiden Granitpartien des Bauneklint durch eine Verwerfung getrennt sind.

Dagegen kann man keine sichere Entscheidung treffen, ob, wie GRÖNWALL meint, die Sandsteinvorkommen bei Lok. 11 und 12 vom Granit durch eine Verwerfung geschieden sind, oder ob wir es hier mit einer alten Senke zu tun haben, die, ähnlich wie die Senke zwischen Døvre und dem Slamrebjerg und die Senke südlich der Paradisbakker, mit unterkambrischem Sandstein erfüllt ist.

Es ist sicher, daß die Verwerfung, welche die südliche Begrenzung der Knudsker-Scholle bildet, südlich von Lok. 10 verlaufen muß, da wir hier die rote Arkose der Type I vor uns haben. Der weitere Verlauf dieser Verwerfung nach Westen ist dagegen wieder etwas zweifelhaft. Nimmt man an, daß die weißen, arkoseartigen Quarzite von Lok. 5, 6 und 9 die blaugraue Arkose von Lok. 9 überlagern, so haben wir hier ähnliche Verhältnisse wie bei Myremølle östlich von Aakirkeby, und in diesem Falle liegen die genannten Lokalitäten vermutlich außerhalb der Scholle, jedoch sind die Verhältnisse auch hier recht unklar. Stellt man die erwähnten weißen, arkoseartigen Quarzite dagegen zu den unterkambrischen Quarziten, so haben wir hier eine Verwerfung zwischen diesen Quarziten und der nördlich davon gelegenen roten Arkose der Type I anzunehmen.

Bei Dødningegab (Lok. 3) haben wir wieder bessere Grundlagen für unsere Schlußfolgerungen. Hier steht die rote Arkose der Type I auf dem Hügel in der Plantage an und kann von hier westlich von Paradishus bis zu der Verwerfung verfolgt werden, die nach GRÖNWALL an der Nordseite des Robbedal verläuft. Hier bildet diese Verwerfung die Grenze zwischen dem Unterkambrium im Norden und dem Rhät-Lias im Süden.

Betrachten wir nun das sedimentäre Vorland westlich der Læsaa, so finden wir, daß GRÖNWALL hier eine Verwerfung zwischen dem Kambrium und den Rhät-Lias-Bildungen angibt. Dies ist auch unzweifelhaft richtig, denn diese Verwerfung läßt sich fast Schritt für Schritt verfolgen, außer längs einer Strecke südöstlich von Vellengsby, wo nur wenige Beobachtungspunkte vorliegen.

Beginnen wir im Westen, so sehen wir die Verwerfung äußerst deutlich bei Lok. 1, da hier am Hang der Granit von Sandstein überlagert wird, und unmittelbar unterhalb des Hanges lockere Ton- und Sandschichten von bedeutender Mächtigkeit auftreten. Beim Kjeldingehøj (Lok. 2) haben wir die gleichen Verhältnisse. Bei Uglegade steht der Sandstein im Brunnen nördlich des Weges an, dagegen findet sich in St. Uglégadehus südlich des Weges Feinsand bis zu bedeutender Tiefe. Bei Vellengsbygaard finden wir Sandstein am Ostende des Hügels (Lok. 20), und am Westende desselben Hügels wird der feine, weiße Sand in Tiefen gegraben, welche unter dem Niveau der Sandsteinoberfläche liegen. Die Ver-

werfung verläuft hier in Richtung N—S, bis sie westlich von Ellesgaard auf die Verwerfung trifft, welche vom Robbedal her kommt. Diese letztere muß südlich von Hyldebrandsgaard verlaufen, da man hier Sandstein im Brunnen gefunden hat. Von Vellengsby zieht sich die Verwerfung in südöstlicher Richtung hin, und ihre Lage kann südlich von Lok. 21 ziemlich genau bestimmt werden, da sie hier zwischen dem Sandstein



Fig. 36. GRÖNWALLS Verwerfung an der Grenze zwischen den Grünen Schiefen und dem Mesozoikum an der Lilleaa, von Westen gesehen. Der Rücken im Hintergrund verläuft in N-S-Richtung und besteht aus Grünen Schiefen. Lok. 48 liegt an der Stelle, wo die Landstraße den Rücken überquert. Die Bäume unterhalb des Rückens bezeichnen den Lauf der Lilleaa, und Lok. 47 liegt ganz links bei dem Einschnitt am Waldrand, welcher gleichzeitig den südlichen Eingang der Lilleaa-Schlucht bezeichnet. Die Verwerfung verläuft am Fuß des Hügels im Hintergrund und trifft beim Eingang zur Schlucht auf eine andere, senkrecht dazu verlaufende Verwerfung.

und der großen Tongrube unmittelbar südlich davon verlaufen muß.

Westlich der Lilleaa folgt die Verwerfung einem Abhang mit Grünen Schiefen in WNW—OSO-Richtung, welcher unmittelbar östlich der Lilleaa mit einem N—S verlaufenden Abhang, ebenfalls aus Grünen Schiefen, zusammentrifft (Lok. 47 und 48, Fig. 36). Auch südlich der Landstraße ist die Verwerfung an einem Abhang kenntlich, wo die Grünen Schiefer an mehreren Stellen aufgeschlossen sind, und sie verläuft dann in dem kleinen Tal, welches nach Lok. 57 führt. An dem Hügel südlich des Tales, sowie auf dem Talboden findet man feinen, weißen Sand, während die Grünen Schiefer an der Nordseite des Tales anstehen.

Von Lok. 57 aus kreuzt die Verwerfung den Hügel, und die Grünen Schiefer sind an der Steilküste südlich von Lille Bakkegaard und Julegaard zu sehen, von wo die Verwerfung sich bis zur Læsaaverwerfung westlich Pæregaard fortsetzt.

Nördlich von diesen Verwerfungen verfügt man nur im Gebiet der Lilleaa über eine genügende Anzahl von Beobachtungspunkten, die zur Klärung der Untergrundstektonik ausreichen. STEHMANN beschreibt aus dieser Gegend ein System von Synklinalen und Antiklinalen (40) und meint, daß die Schichten nur etwas verbogen oder schwach gefaltet sind. Diese Auffassung hängt wahrscheinlich mit der Ansicht zusammen, daß die Schichten im südlichen Teil des Gebiets der Grünen Schiefer dem unteren und mittleren Teil dieser Serie angehören sollen, so daß die ältesten Schichten am weitesten nördlich liegen, jedoch haben weder STEHMANN noch andere Autoren vor ihm eine Klärung der stratigraphischen Verhältnisse der Grünen Schiefer versucht. Die obige Auffassung erweist sich denn auch in der Tat als nicht stichhaltig. Wie bereits früher erwähnt (S. 134), besteht dieses Gebiet aus dem oberen Teil der Grünen Schiefer und bildet eine Scholle, welche gegenüber dem Sandsteingebiet im Norden eingesunken ist. Hier zeigt sich die Wichtigkeit einer guten stratigraphischen Grundlage für tektonische Betrachtungen, die nicht allein auf Grund von Klufmessungen angestellt werden können, wie es STEHMANN versucht hat. Eine solche Methode kann nur zu fehlerhaften Resultaten führen.

Das nördliche Gebiet der Grünen Schiefer in der Gegend von Engegaarde und Bodelyng ist wahrscheinlich als eine kleine Mulde aufzufassen, wo die ziemlich lockeren Grünen Schiefer etwas verbogen und gepresst worden sind, während der härtere Sandstein nur von kleineren Verwerfungen und Brüchen durchsetzt ist. Sowohl im Norden bei Lok. 30 als auch im Süden bei Lok. 37 stehen hochgepresste Sandsteinbänke mit einem Einfallen von ca.  $20^\circ$  an, während dieselben im übrigen etwa horizontal liegen. Desweiteren ist der Sandstein bei Lok. 30 stark brekziös (Taf. V, Fig. 5 und 6), und auch im Steinbruch von St. Hallegaard (Lok. 55) sind starke tektonische Störungen zu beobachten. Man kann vielleicht einigen Zweifel hegen, ob die Grünen Schiefer bei Engegaarde und Bodelyng wirklich die Verbreitung haben, die GRÖNWALL angibt. Es wäre vielleicht natürlicher, zu vermuten, daß sie in einer trogförmigen Mulde angeordnet sind; da wir aber über keine Beobachtungen aus der Gegend östlich von Bodelyng verfügen, so läßt sich nicht entscheiden, ob hier Nexö-Sandstein oder Grüne Schiefer vorkommen. Ich habe mich deshalb hier GRÖNWALLS Auffassung von der Verbreitung der Grünen Schiefer in dieser Gegend angeschlossen.

## 5. Kapitel.

**Praktische Anwendung des Nexö-Sandsteins.**

Seit Alters her hat man den Nexö-Sandstein zu verschiedenen Zwecken verwendet, wovon die vielen kleineren und größeren, z. T. wieder aufgelassenen Steinbrüche ein Zeugnis ablegen, die überall im Sandsteingebiet zu finden sind. Im Chor der Aa-Kirche findet man Sandsteinblöcke, welche bereits Jahre 1200 gebrochen worden sind. Für das Dach der jetzt abgebrochenen Østermarie-Kirche, sowie für Türeinfassungen, Schornsteine, Fußböden und Dach von Schloß Hammershus ist Nexö-Sandstein gebraucht worden. Aus späterer Zeit sind uns große, schön behauene Grabsteine und Brunneneinfassungen überliefert, sowie die riesigen Bornholmer Steintische, für welche besonders der Ginghamstein bereits 1658 Verwendung fand.

Mühlsteine wurden etwa um das Jahr 1700 herum in der Gegend des trockengelegten Ferskesø, südwestlich von Nexö, gebrochen. Zu diesem Zwecke brach man jedoch nur den Sandstein, der dicht an der Oberfläche lag, und erst bei der Anlage des königl. Frederiks-Steinbruchs begann man, auch in die Tiefe zu gehen.

1744 fanden zwei Arbeiter aus Nexö zum ersten Mal Sandsteinschichten nördlich von Nexö und begannen einen Steinbruchbetrieb an der Stelle, wo jetzt der Frederiks-Steinbruch gelegen ist. Aus den Steinen stellten sie Senf- und andere Handmühlen her. 1753 kehrte der Steinmetz PEDER MOGENSEN nach Bornholm zurück, nachdem er während eines längeren Auslandsaufenthaltes für viele Kirchen Bildhauer- und Steinmetzarbeiten ausgeführt hatte. Er fand den Stein nördlich von Nexö zur Bearbeitung sehr geeignet und sparte kein Geld und keine Mühe, um die tieferen Schichten, die mächtiger und besser waren, ans Tageslicht zu bringen. Er unterrichtete den damaligen königl. Baumeister, Generalmajor DE THURA, von seinen Funden, und dieser setzte sich dafür ein, daß an dieser Stelle im Jahre 1754 für königliche Rechnung ein Steinbruch angelegt wurde, der nach König Frederik V. »Frederiks-Steinbruch« genannt wurde.

Eine der ersten Bauunternehmungen, bei welchem der Sandstein des Frederiks-Steinbruchs Verwendung fand, war das Königl. Frederiks-Hospital in Kopenhagen, das am 30. März 1757 eingeweiht wurde. Später wurde die Kirche von Nexö mit einem Flügel erweitert, welcher aus Sandstein gebaut wurde. Auch für die Chirurgische Akademie in der Bredgade im Jahre 1787 und für die »Frihedsstøtte« in Vesterbro (1792—1797) wurde Nexö-Sandstein aus dem Frederiks-Steinbruch verwendet.

1773 wurde der für die damaligen Verhältnisse recht ansehnliche Stein-

bruchshof mit Wohnungen für den Inspektor, für den Steinmetzmeister und für den Schmiedemeister errichtet. Die höheren Angestellten waren alle in Uniform, und besonders der Inspektor soll in seiner goldbetressten Uniform mit dreikantigem Hut und langem Degen einen sehr stattlichen Eindruck gemacht haben. Der Betrieb beschäftigte 50—60 Arbeiter, und der Stein wurde mit dem Meißel gesprengt. Pulver wurde nur dann angewandt, wenn man auf harte Schichten stieß, die unbrauchbar waren und beseitigt werden sollten.

Das Gestein wurde nach der Mächtigkeit der Bänke in verschiedene Gruppen eingeteilt:

Bodenplatten.....	2"	(5,2 cm) mächtig
Astrakstein (wird als Fassadenbelag verwendet).....	3— 5"	( 7,8—13 cm) —
Strakstein .....	6— 8"	(15,7—21 cm) —
Blockstein.....	9—16"	(23 —42 cm) —
Mühlstein, nicht unter.....	7"	(18,3 cm) —
Grabstein, nicht unter 72" (188 cm) lang, 36" (94 cm) breit und 4" (10,5 cm) dick.		

In den Jahren 1772—73 lieferte der Frederiks-Steinbruch 1940 Kubikfuß (58 m<sup>3</sup>) Sandstein nach Lübeck und 1776—84 nicht weniger als 58 134 Kubikfuß (1744 m<sup>3</sup>) zur Neuanlage des schleswig-holsteinischen Kanals, eine Lieferung, die die Summe von 24 222 Rdlr. einbrachte.

In dem Jahre 1754—1789 betrug die Ausbeute 284 168 Kubikfuß (8525 m<sup>3</sup>) Gestein aller Größen und repräsentierte einen Wert von 128 343 Rdlr.

Die Ausgaben beliefen sich im gleichen Zeitraum auf 125 551 Rdlr. so daß das Werk in diesen Jahren einen Überschuß von 2792 Rdlr. aufwies. Da jedoch der Steinbruch Ende 1789 über ein Lager von 46 766 Kubikfuß (1403 m<sup>3</sup>) Gestein in einem Werte von 14 179 Rdlr. verfügte, so war ein tatsächliches Minus von 11 387 Rdlr. vorhanden. Im großen und ganzen deckten die Einnahmen nur in wenigen Jahren die Ausgaben, jedoch war der Verlust niemals sehr groß.

Im Jahre 1802 gingen 825 Kubikfuß (ca. 25 m<sup>3</sup>) nach Danzig, und 1806—07 wurden viele Ladungen Bruchstein für die Seebefestigungen in Kopenhagen verschifft. Auch zu den Arbeiten am Hafen von Rönne im Jahre 1793, sowie bei der Aufführung des Nordflügels der Kirche von Rönne wurde Nexö-Sandstein verwendet. Desweiteren verschaffte der Wiederaufbau des 1795 niedergebrannten und 1807 zerschossenen Kopenhagen dem Baustein Absatz, da u. a. beim Bau des Gerichts am Nytorv, beim zweiten Kristiansborgschloß und bei der Frue-Kirche Sandstein vom Frederiks-Steinbruch benutzt wurde.

Als der Frederiks-Steinbruch im Jahre 1754 angelegt wurde, war die Strecke zwischen dem Steinbruch und dem Meere ganz niedrig und flach, und bei auflandigen Stürmen mußte die Arbeit oft unterbrochen werden, da die Grube sich dann mit Wasser füllte. Man errichtete daraufhin hier einen Damm, indem man Erde und abgeräumte Sandsteinblöcke aufschüttete. Im Jahre 1815 hatte man zu unterst einen niedrigen Damm aus Lehm aufgeschüttet und darauf nach der See zu einen 5 m hohen Bewurf aus Steinen. Die ganze Anlage war ca. 5 m hoch und 3 m breit, aber nichtsdestoweniger brach das Meer fast jedes Jahr durch.

Ein Nachteil des Nexö-Sandsteins war es, daß manche Lagen zum Zerfallen neigten, während andere besonders widerstandskräftig gegen die Atmosphärien waren, ohne daß man doch vorher hätte entscheiden können, ob ein bestimmter Block zu der einen oder zu der anderen Type gehörte. Die Blöcke mußten deshalb zwei Jahre lang gelagert werden, ehe man sie verkaufen konnte, um einigermaßen der Haltbarkeit des Materials sicher zu sein. Fast alle Bau- und Treppensteine, Bodenplatten, Grabsteine und Mühlsteine wurden auf dem Marmorkirke-Platz in Kopenhagen zum Verkauf ausgeben.

In den ersten 50 Jahren hielten sich Einnahmen und Ausgaben ungefähr die Waage. Es gab Jahre, in denen man daran dachte, den Betrieb ganz einzustellen, und den Steinbruch zu einem Hafenbassin umzubauen, aber in anderen Jahren wieder, einmal sogar während einer Periode von 30 Jahren, warf der Betrieb auch Überschüsse ab. Dann aber gingen die Einnahmen wieder zurück, wohl weil der Abbau von Granit, mit dem im Jahre 1819 begonnen worden war, und der in der Folgezeit einen großen Aufschwung nahm, allmählich den Sandstein in der Konkurrenz überflügelte.

Schließlich stellte der Staat im Jahre 1852 den Betrieb ein. Die Grube füllte sich mit Wasser, und das ganze Steinbruchsgelände wurde an Private verkauft. In den ersten Jahren wechselte das Grundstück mehrmals den Eigentümer, und der Bruch lag stille. Erst 1872 entschloß man sich zur Wiederaufnahme des Betriebes. Der damalige Eigentümer OTTO HANSEN begründete ein Unternehmen zusammen mit zwei Eigentümern von Granitbrüchen, Kapitän SONNE und PETER SODE. Man reparierte den Damm und begann eine Windmühle zum Auspumpen des Steinbruchs aufzustellen, aber noch ehe die Aufstellung vollendet war, zerstörte eine Sturmflut die Arbeit und spülte einen Teil des Materials weg. Man begann jedoch von neuem und verwandte nun eine Pumpe mit Dampftrieb, und es gelang, den Bruch trocken zu legen und den Damm auszubessern, sowie mit großen Sandsteinblöcken zu befestigen. Der Abbau war bereits recht gut im Gang, als die berühmte Sturmflut in der Nacht zum 13. November 1872 einbrach, alle Sicherheitseinrichtungen zerstörte und den ganzen Bruch wieder mit Wasser füllte.

Nun gab man es auf, und der Steinbruch bildete fast 50 Jahre lang einen stillen und überaus idyllischen See.

Etwa 1918 begannen drei Unternehmer, V. LUND, FUNCH und die Firma MAAG & MÜLLER, den Betrieb wieder aufzunehmen, kamen aber bald zu dem Resultat, daß es eine Vorbedingung für die Rentabilität des Unternehmens war, den Steinbruch auszupumpen und an der Sohle des Bruches abzubauen, wo die best geeigneten Schichten zu finden waren. 1922 wurde deshalb der Steinbruch an die »Forenede Granitbrud« in Rønne verkauft. Mit teilweiser Staatsunterstützung wurde nun der Damm gegen das Meer ausgebessert und verstärkt, u. a. dadurch, daß eine Zementmauer in 2 m Höhe über Mittelwasser aufgeführt wurde. Darauf wurde der Bruch wieder entleert, und am 50. Jahrestage der Katastrophe von 1872 wurde der Betrieb aufs neue aufgenommen.

Gegenwärtig wird vorzugsweise an zwei Stellen gebrochen, nämlich in der Nordwestecke des Bruches (Lok. 207) und unmittelbar an der Wand nach dem Meere zu (Lok. 205), wo man 1935 eine Tiefe von 12 m unter Mittelwasser erreichte (Fig. 21). Der Betrieb beschäftigte 1935 25 Arbeiter, und die Produktion war 130 Kubikmeter im Jahr. Hierzu müssen jedoch noch Platten und Bruchstücke aller Art gerechnet werden, sodaß sich die Zahl nicht unbeträchtlich vergrößert. Die Schwierigkeit, welche in der Bestimmung der Haltbarkeit der Blöcke lag, ist nun überwunden, und die Leitung des Steinbruchsbetriebes behauptet, daß der Nexö-Sandstein mindestens ebenso wetterbeständig ist wie andere Sandsteinsorten, die im Baugewerbe Verwendung finden.

Unter den Gebäuden in Kopenhagen, bei denen in neuerer Zeit Nexö-Sandstein aus dem Frederiks-Steinbruch verwandt worden ist, nennt NØRREGAARD (32) u. a. die Pfeiler der Einfriedigung von Kongens Have, die Eliaskirche am Vesterbro Torv, das Haus der Unitarier in der Østerbrogade und das Postgebäude an der Øster Allee beim Eingang zum Fælledpark.

Als »De forenede Granitbrud« im Jahre 1922 an die Errichtung der über 300 m langen Betonmauer längs des Gestades herangingen, gab es viele Zweifler, und alle waren sich darüber klar, daß mit dem Unternehmen ein recht bedeutendes Risiko verbunden war. Es gelang indessen, den Bau auszuführen, ohne daß besonders große Angriffe der Ostsee stattfanden, worauf man den großen See trockenulegen begann, indem man gleichzeitig die von dem alten Steinbruchsbetrieb zurückgebliebenen Steine heraufholte und als Bewurf außen an der Mauer aufschüttete. Auf diese Weise sind große Areale entstanden, auf denen sich jetzt der Lagerplatz, der Arbeitsschuppen und die Maschinen befinden. Es ist anzunehmen, daß der Damm jetzt jedem Angriff der Ostsee Widerstand leisten kann.

Die Gesellschaft hat etwa 100 000 Kronen für die Instandsetzung des Bruches geopfert und macht dauernd Aufwendungen zu Untersuchungen

über die Mächtigkeit und die Verbreitung der besten Lagen. Diese Untersuchungen haben gezeigt, daß praktisch unerschöpfliche Vorräte an guten mächtigen Blöcken vorhanden sind, und bis jetzt hat man die Produktionsmöglichkeiten noch nicht ausgeschöpft. Aus den angeführten Gründen war in den ersten Jahren kein eigentlicher Betriebsüberschuß zu erzielen; in den letzten Jahren haben jedoch die modernen Anlagen und die steigende Nachfrage nach dem schönen Stein zu einem äußerst zufriedenstellenden wirtschaftlichen Resultat geführt. Der Wert der Produktion beträgt ungefähr 100 000 Kronen jährlich.

Auf Veranlassung des Akademischen Architektenvereins ließ der Staat im Jahre 1916 unter Leitung des Herrn Staatsgeologen V. MILTHERS eine Untersuchung des Sandsteingebiets vornehmen, um zu Bauzwecken brauchbaren Sandstein zu finden. Die Untersuchung ging in der Weise vor sich, daß man Sprengungen im festen Gestein bis zu einigen Metern Tiefe vornahm, um die Beschaffenheit der tiefern Lagen untersuchen zu können. Derartige Versuchssprengungen wurden bei Aakirkeby, in Pedersker und bei Nexö vorgenommen und führten zu dem Resultat, daß bei Aakirkeby und in Pedersker kein verwertbarer Stein zu finden war. Auch im Gebiet von Nexö, wo Versuchssprengungen auf der Langeskanse und der Balkemark vorgenommen wurden, war das Resultat negativ. Die Untersuchungen wurden im Jahre 1917 fortgesetzt. Man nahm nun Sprengungen auf dem Gelände von Krogsgaard in Ibsker vor und fand hier ein Gestein von der selben Beschaffenheit wie im Frederiks-Steinbruch, welches also anwendbar war.

Diese Ergebnisse entsprechen vollständig den Erwartungen, welche man auf Grund der in dieser Arbeit dargelegten Resultate bezüglich der Verbreitung der verschiedenen Sandsteintypen hegen konnte (Fig. 31, S. 142). Der Sandstein des Frederiks-Steinbruchs gehört zur Type II, und diese Type findet man in größerer Menge nur im östlichen Gebiet. Dicht unter der Oberfläche kann man sie innerhalb der Scholle erwarten, welche von den WNW—OSO-Verwerfungen begrenzt ist, die an der Grenze von Granit und Sandstein nördlich des Frederiks-Steinbruchs bzw. von Piledam in Richtung auf Slamre verlaufen. Innerhalb dieser Scholle lagert der Sandstein direkt dem Granit auf, sodaß die Bassischicht, Type I, am weitesten im Westen ansteht, und die Type II also den Untergrund weiter östlich bilden muß. Da die Schichten nach Osten einfallen, so steht zu erwarten, daß dieselben Schichten, welche im Frederiks-Steinbruch 10 m unter dem Meeresniveau liegen, westlich der Landstraße bedeutend näher der Oberfläche anstehen müssen. Hiermit stimmt überein, daß man bei Krogsgaard in Ibsker einen ausgezeichnet brauchbaren Stein gefunden hat. Bis jetzt hat jedoch noch niemand einen Versuch zur Ausnutzung dieses Vorkommens unternommen, obwohl das Areal zum Verkauf ausgebaut war. Dies liegt wahrscheinlich daran, daß es zweifel-

haft erscheint, ob ein Abbau sich bezahlt machen kann, denn die erwähnten Probesprengungen, deren Spuren noch zu sehen sind, zeigen, daß erst viele Meter Abraum und dünne Lagen entfernt werden müssen, ehe man an die mächtigeren Lagen gelangt.

Andere Stellen, wo die Möglichkeit vorzuliegen scheint, ein ähnliches Gestein zu finden, sind die Gegend nördlich und östlich des Slamrebjerg und vielleicht auch westlich des Bauneklint in Nylarsker, aber die Mächtigkeit dürfte im letzten Gebiete geringer sein als im Gebiet von Nexö, und die Schichten sind wahrscheinlich stark von tektonischen Störungen beeinflusst.

Außer im Frederiks-Steinbruch wird der Sandstein auch an mehreren anderen Stellen gebrochen, jedoch nur zu Wegebauzwecken, da die quarzitischen Typen des Nexö-Sandsteins zu hart sind, um als Baustein dienen zu können. Eine Ausnahme bildet jedoch eine Bank eines schwarzen Quarzits, die im Steinbruch der Gemeinde Pedersker (Lok. 154) und im Steinbruch bei Snogebæk (Lok. 228) ansteht, und die sich in regelmäßige Blöcke zerschlagen läßt. Der Stein zeichnet sich durch eine außerordentlich hübsche, schwarze Farbe aus, besitzt aber zwei Fehler. Er findet sich nämlich nur in einer ca. 15—20 cm mächtigen Bank, und wenn man auch erwarten kann, ihn überall im Gebiet der schwarzen Quarzite zwischen Egby und Pedersker zu finden, so wird sich ein Abbau kaum lohnen. Ein anderer Nachteil ist der, daß man nicht ganz sicher sein kann, ob die schwarze Farbe gegen Lichteinfluß widerstandsfähig ist. Dieselbe beruht zum großen Teil auf der Anwesenheit von organischen Stoffen, und man muß darauf gefasst sein, daß sie mit der Zeit ausbleicht und in eine helle, schokoladenbraune Farbe übergeht. THORSEN (44) teilt jedoch mit, daß Sandstein aus diesem Bruch beim Bau des Postgebäudes in Rønne verwendet worden ist.

Daß es möglich sein sollte, aus den Grünen Schiefen irgend ein Baumaterial zu gewinnen, würde man von vornherein für wenig wahrscheinlich halten. Indessen ist der ganze östlich des Waffenhauses gelegene Teil der Aa-Kirche, sowie ein großer Teil der jetzt abgerissenen Østermarie-Kirche aus einem graugrünen Sandstein errichtet, welchen THORSEN für identisch hält mit dem, der in der Grødby-Aa bei Skovgaard (Lok. 145) aufgeschlossen ist. Die Proben des Sandsteins von Østermarie, welche ich habe untersuchen können, stimmen in der Tat petrographisch völlig mit den Sandsteinbänken der Type XII überein, welche man bei Lok. 145 beobachten kann. Wenn dieser Umstand auch zur Bestätigung von THORSENS Meinung beitragen könnte, so scheint es mir andererseits schwierig vorstellbar, daß in der Grødby-Aa genügend Material zum Bau zweier so ansehnlicher Kirchengebäude vorhanden gewesen sein sollte. Jedoch muß man mit der Möglichkeit rechnen, daß auch Gestein der Type XII von anderen Lokalitäten Verwendung gefunden hat.

## Zusammenfassung.

Die unterkambrischen Sedimente Bornholms sind während einer Periode langsamer Senkung sedimentiert worden, die ohne größere Unterbrechungen, aber mit verschiedener Intensität vor sich gegangen ist (s. Fig. 30, S. 136). Die Schichtserie beginnt zu unterst mit kontinentalen Ablagerungen, die nach oben in Strand- oder Litoralbildungen übergehen. Darauf folgen marine Schichten, welche vorwiegend in flachem Wasser oder in Lagunen zum Absatz gelangt sind. Den Abschluß bilden die Grünen Schiefer, die in größeren Tiefen, jedoch nicht tiefer als 20—50 m, gebildet worden sind. Die Senkung erreicht ihren größten Betrag zur Zeit der Bildung der Unteren Grauwackezone. Hierauf beginnt eine Periode zunächst langsamer Hebung; das Tempo der Hebung nimmt jedoch in der Zeit der Sedimentation der Oberen Übergangszone zu und der Rispebjerg-Sandstein ist wieder eine Flachwasserbildung. Der phosphoritische Teil des Rispebjerg-Sandsteins scheint nähere Beziehungen zu den mittelkambrischen Schichten zu haben. Seine nähere Behandlung muß deshalb aufgeschoben werden, bis diese Schichten näher untersucht sind.

Die hier vorgenommene Untersuchung hat weiterhin zu dem Ergebnis geführt, daß die blaugraue und die weiße Arkose aus der Aakirkeby-Gegend und vom Bauneklint, sowie von Nylarsker und vielleicht auch die Schichten in der Vellengs-Aa nur mit großen Schwierigkeiten der unterkambrischen Schichtenserie angegliedert werden können. Diese Bildungen müssen deshalb jedenfalls vom Unterkambrium abgetrennt werden und mögen unter der Bezeichnung Aaker-Formation zusammengefaßt werden. Das Alter dieser Formation ist als noch nicht völlig geklärt zu betrachten, jedoch sind im Vorstehenden Beziehungen zu der Kägeröd-Formation Schonens in Erwägung gezogen worden, sodaß man, wenn auch mit sehr großem Vorbehalt, vielleicht mit einem permo-triassischen Alter der Aaker-Formation rechnen kan.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen führen desweiteren zu einem Bilde der tektonischen Verhältnisse, welches in vieler Beziehung von dem abweicht, das GRÖNWALL einst gegeben hat. Im Norden haben wir eine große Granitscholle, die vielleicht noch in eine Reihe von kleineren Schollen unterteilt werden kann. Der südliche Teil dieser Scholle ist östlich der Grødby-Aa mit einer verhältnismäßig dünnen Schicht kambrischen Sandsteins bedeckt (s. Fig. 31, S. 142). Die südliche Umrandung der Scholle beginnt an der Ostseite der Paradisbakker und verläuft südlich des Slamrebjerg und der Bodilsker-Kirche weiter in westlicher Richtung nach Egby. Von dort erstreckt sie sich weiter nach WNW nördlich von Aakirkeby und weiter längs der Südseite des Rytterknægt,

um sich dann an der Ostseite der Nykerslette fortzusetzen, bis sie nördlich von Hasle das Meer erreicht. Im Gebiet östlich der Grødby-Aa stößt an diese Scholle ein abgesunkenes, sedimentäres Vorland, welches wahrscheinlich von Verwerfungen durchsetzt ist, deren Verlauf jedoch immer nur über kurze Strecken verfolgt werden kan. Westlich der Grødby-Aa liegen vor der nördlichen Granitscholle zwei kleinere Granitschollen, nämlich die Aakirkeby-Scholle im Osten und die etwas höher gelegene Knudsker-Scholle westlich davon. Die erste erstreckt sich vom Aaker Smaalyng im Osten bis zur Linie Klinteskov — Ekkodal im Westen, die andere Scholle zieht sich von hier aus bis zur Gegend östlich von Rønne hin. Beide Schollen sind besonders in ihren südlichen Teilen teilweise von Sedimenten bedeckt. Vor diesen Schollen liegt dann im Süden das sedimentäre Vorland, welches ebenfalls von Verwerfungen durchsetzt ist und bedeutende, tektonische Störungen aufweist.

---

## Litteraturverzeichnis.

1. ANDREE, K.: Geologie des Meeresbodens. II. Leipzig 1920.
2. ATKINS, V. R. G.: Some geochemical applications of measurements of hydrogen ion concentration. Proc. Royal. Soc. Dublin 1930.
3. BARREL, J.: Relative geological importance of continental, littoral and marine sedimentation. Journ. of Geology. 14. Chicago 1906.
4. — Criteria for the recognition of ancient delta deposits. Bull. of the Geol. Soc. of America. 23. 1912.
5. — Dominantly fluviatile origin under seasonal rainfall of the old red sandstone. Bull. of the Geol. Soc. of Amerika. 27. 1916.
6. BARTON, S. C.: The geological significance and genetic classification of arkosic deposits. Journ. of Geology. 24. Chicago 1916.
7. BEDEMAR, VARGAS: Die Insel Bornholm in geognostischer Hinsicht. Leonhards mineralogisches Taschenbuch. 14. 1820.
8. BLANCK, E.: Die mediterrane Roterde. Blanck: Handbuch der Bodenlehre. III. Berlin 1930.
9. CALLISEN, K.: Beiträge zur Kenntnis des Grundgebirges von Bornholm. Danmarks geologiske Undersøgelse, II Række, Nr. 50. 1934.
10. COHEN, E. und W. DEECKE: Über Geschiebe aus Neu-Vorpommern und Rügen. I, II. Mitt. d. naturwiss. Ver. f. Neu-Vorpommern und Rügen 1891 und 1896.
11. DEECKE, W.: Die phosphoritführenden Schichten Bornholms. Mitt. d. naturwiss. Ver. f. Neu-Vorpommern und Rügen 1897.
12. — Geologischer Führer durch Bornholm. Berlin 1899.
13. — Einige Beobachtungen am Sandstrande. Centrbl. f. Min. etc. 1906.
14. FORCHHAMMER, G.: Danmarks geognostiske Forhold. København 1835.
15. GRÖNWALL, K. A.: Bemærkninger over de sedimentære Dannelser paa Bornholm og deres tektoniske Forhold. Danmarks geologiske Undersøgelse, II Række, Nr. 10. 1899.
16. — og V. MILTHERS: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Danmarks geologiske Undersøgelse, I Række, Nr. 13. 1916.
17. HANSEN, K.: Einige Bemerkungen zu STEHMANN'S Abhandlung über das Unterkambrium und die Tektonik des Paläozoikums auf Bornholm. Centrbl. f. Min. etc. 1935, Abt. B.
18. HARRASSOWITZ, H.: Laterit. Fortschr. d. Geol. u. Pal. Bd. IV. Heft. 14. Berlin 1926.
19. HISE, C. R. VAN: A treatise on metamorphism. U. S. Geol. Surv. Monographs, Vol. 47. 1904.
20. JESPERSEN, M.: Bidrag til Bornholms Geotektonik II. Naturhistorisk Tidsskr. 3. Række, 1869.
21. — Liden geognostisk Vejviser paa Bornholm. Anden Udgave ved K. A. GRÖNWALL. Rønne 1913.
22. JOHNSTRUP, F.: Oversigt over de palæozoiske Dannelser paa Bornholm. Beretning om det 11. skand. Naturforskermode. København 1873.
23. — Abriss der Geologie von Bornholm, als Führer zu der Excursion der Deutschen Geol. Ges. nach der Insel Bornholm im Anschluss an die allgem. Versammlung in Greifswald 1889. 1891.
24. KAISER, E.: Die Diamantenwüste Südwestafrikas. II. Berlin 1926.

25. KLÄHN, H.: Die oro- und epirogenetischen Bewegungen der Insel Bornholm. Sitzber. und Abh. d. Naturforschenden Ges. zu Rostock. III. Folge. Bd. I. 1925—26.
26. KRÜNINE, P.: Arkose deposits in humid tropics. Amer. Journ. of Science. 29. 1935.
27. MAC CARTHY, G.: Colors produced by iron in minerals. Amer. Journ. of Science. 12. 1926.
28. MADSEN, V. med flere: Oversigt over Danmarks Geologi. Danmarks geologiske Undersøgelse, V Række, Nr. 4. 1928.
29. MARR, J. E.: Deposition of the sedimentary rocks. Cambridge 1929.
30. MOBERG, J. C.: Om Olenellusledet i sydlige Skandinavien. Forh. ved det 14. skand. Naturforsker møde. København 1892.
31. NOLL, W.: Mineralbildung im System  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . Neues Jahrb. f. Min. etc. BB. 70, Abt. A. 1935.
32. NØRREGAARD, E. M.: Oversigt over naturlige Bygningssten anvendt i København. Medd. fra Dansk geologisk Forening Nr. 17. 1911 und Bd. 8. Hefte 3. 1933.
33. PENCK, W.: Der Südrand der Puna de Atacama. Abh. d. mat-phys. Klasse d. sächs. Akademie d. Wissensch. Bd. 37. Nr. 1. 1920.
34. PINGEL, C.: Om Overgangsformationen paa Bornholm. Tidsskr. f. Naturvidenskab. IV. 1828.
35. RAMANN, E.: Bodenkunde. 3 Auflage. Berlin 1911.
36. RAVERT og GARLIEB: Bornholm beskrevet paa en Rejse i Aaret 1815. København 1819.
37. ROSENKRANTZ, A.: Oversigt over Danmarks Geologi. København 1933.
38. RØRDAM, K.: Geologi og Jordbundslære. II. København 1909.
39. STORZ, M.: Die sekundäre, authigene Kieselsäure in ihrer petrogenetisch-geologischen Bedeutung. I. Monogr. z. Geol. u. Pal. Berlin 1928.
40. STEHMANN, E.: Das Unterkambrium und die Tektonik des Paläozoikums auf Bornholm. Abh. aus d. geol.-paläont. Inst. d. Univ. Greifswald. 14. 1934.
41. — Entgegnung auf KAJ HANSENS Bemærkninger zu meinen Untersuchungen auf Bornholm. Centrbl. f. Min. etc. 1935, Abt. B.
42. STREMMER, H.: Über Kaolinbildung. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 16. 1908.
43. STØRMER, L.: Contribution to the geology of the southern part of the Oslofjord. Norsk geol. Tidsskr. XV. 1935.
44. THORSEN, P.: Vor Hjemstavn. Aakirkeby 1931.
45. TOMLINGSO, C. W.: The origin of red beds. Journ. of Geology. 24. Chicago 1916.
46. TROEDSSON, G.: Bemærkninger i Anledning af VICTOR MADSENS Referat af HOLTHE-DAHLS Opdagelse af permiske Lag i Oslofeltet. Med. fra Dansk geologisk Forening Bd. 8. Hefte 1. 1931.
47. TWENHOFEL, W.: Treatise of sedimentation. Baltimore 1926.
48. USSING, N. V.: Dänemark. Handbuch d. reg. Geologie. Bd. 1, 2. Abt. Heidelberg 1910.
49. — Danmarks Geologi. Danmarks geologiske Undersøgelse, III Række, Nr. 2. Tredie Udgave ved POUL HARDER. 1913.
50. WALTHER, J.: Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. 4. Auflage. Leipzig 1924.
51. WETZEL, W.: Sedimentpetrographie. Fortschr. d. Min., Krist. u. Petr. 8. 1923.
52. VOGT, T.: Forholdet mellem Sparagmitsystemet og det marine Unterkambrium ved Mjøsen. Norsk geol. Tidsskr. VII. 1924.
53. WÜST, E.: Die Entstehung der Kaolinerden der Gegend von Halle a. d. Saale. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 15. 1907.
54. ØRSTED, H. C. og ESMARCK, L.: Beretning om en Undersøgelse over Bornholms Mineralrige. I og II. København 1819 og 1820.
55. — Dagbøger ført paa Rejserne i 1818 og 1819. Udgivet af AD. CLEMENT. København 1927.

## Résumé.

### Indledning.

Efter en kort Oversigt over de tidligere Arbejder om Nexø-Sandstenen og de Grønne Skifre følger en Redegørelse for den i dette Arbejde anvendte Arbejdsmetode. Denne har været følgende. Først udvalgte af det indsamlede Materiale en Række karakteristiske og makroskopisk let kendelige petrografiske Typer. Disse er nummererede fortløbende saaledes, at Nr. I—VII hører til Nexø-Sandstenen, Nr. VIII—XII til de Grønne Skifre og Nr. XIII og XIV til Rispebjerg-Sandstenen. Yderligere er under Beskrivelsen af de forskellige Lokalteter nærmere beskrevet adskillige lokalt optrædende Bjergarter eller Overgangsformer mellem Hovedtyperne.

Dernæst er Sandstensområdet inddelt i en Række mindre Afsnit, og Lagserien indenfor hvert af disse er bygget op af de der forekommende Hovedtyper. Derved skulde man lettere faa Overblik over Lagseriens forskelligartede Udvikling og de enkelte Forekomsters indbyrdes Aldersforhold.

#### 1. Kapitel.

### Nogle udvalgte Bjergartstyper.

#### A. Nexø-Sandstenen.

##### Type I.

Denne er en mørk, rødbrun Arkose, der bestaar af uregelmæssige, kantede Korn af Kvarts og Feldspat. Kvartskornene har alle paa Overfladen et rødt Pigment af Ferrioxyd. Feldspaten er som Regel frisk, men kan ogsaa være mere eller mindre sericitiseret. Biotit findes, men stærkt omdannet. Kornstørrelsen er meget uensartet uden Spor af Sortering. Hovedmængden af Kornene naar fra 1 mm og ned til det allerfineste Støv. Undertiden træffer man tynde Konglomeratlag eller spredte større Korn op til 1 cm store. Disse bestaar altid af et enkelt Individ af Kvarts eller Feldspat eller af smaa Brudstykker af Granit. (Tvl. Fig. 1 og 2.) Mineralkornene ligger i en rødbrun Matrix, for det meste af en jordagtig eller pulverformig Konsistens.

Medens Type I allerede hos PINGEL (34) benævnes som en Arkose, er den senere af GRÖNWALL betegnet som konglomeratisk og af STEHMANN som Grundkonglomerat.

Da Gennemsnitskornstørrelsen i denne Type imidlertid ligger under de 2 mm, der er øvre Grænse for Betegnelsen Sand, maa Betegnelsen Konglomerat siges at være uheldig, og Bjergarten bør retteligen kaldes en rød Arkose med tynde underordnede Konglomeratlag.

## Type II.

Denne Type er en lys, graa, svagt rødlig Arkose, der bestaar af kantetrunde, uregelmæssige Korn af Kvarts og Feldspat. (Tvl. I. Fig. 4.) Ogsaa her er Kvartskornene rødpigmenterede; Feldspaten er gerne noget sericitiseret. (Tvl. I. Fig. 6.) Kornstørrelsen er ogsaa her noget uensartet og spænder fra 1 mm og nedefter.

I Mellemrummene mellem Mineralkornene findes et hvidt Pulver, der tidligere slet og ret er kaldet Kaolin, men som ved en nærmere Undersøgelse viser en mere kompliceret Sammensætning. Da det, foruden glimmerlignende Stoffer, samt Kaolin, synes at indeholde betydelige Mængder af Kiselsyre, er der her i Stedet for Betegnelsen Kaolin anvendt HARRASSOWITZS bedre og mere neutrale Betegnelse Siallit for denne hvide Substans (18). Bindemidlet i Arkosen er dels den siallitiske Substans, dels men dog overvejende Kiselsyre.

Type II svarer nærmest til GRÖNWALLS mellemste Del af Nexö-Sandstenen. Den udgør et Led i det, STEHMANN kalder grovkornet Nexö-Sandsten. Da denne imidlertid er en Sammenblanding af mindst 3 forskellige, hver for sig karakteristiske Typer, hvoraf den ene er ganske petrografisk identisk med hans Grundkonglomerat, maa denne Betegnelse mildest talt siges at være noget uheldig; den bør derfor opgives og opløses i de vel adskilte Typer, den bestaar af.

## Type III.

Denne er en hvid, gullig Arkose, der ligeledes bestaar af kantede eller kantetrunde Korn af Kvarts og Feldspat. Kvartskornene mangler her ethvert Spor af Rødfarvning, og Feldspaten er oftest stærkt forvitret og altid helt hvid. I de løsere Partier ligger Kornene i en Matrix af fint Kvartspulver og en hvid siallitiske Substans. Denne sidste spiller dog næsten overalt kun en underordnet Rolle. Bindemidlet er Kiselsyre, udskilt dels som Tilvækst til de oprindelige Korn, dels som Udfældning af sekundær, authigen, kolloid Kiselsyre og nydannet Kvarts. (24, 39). Denne kolloide Kiselsyre viser sig som uregelmæssige Klumper med unduløs Udslukning, takkede Rande og Overgribningsinterferenser. (Tvl. II. Fig. 3 og 5.). I mange Tilfælde er de forvitrede Feldspatkorn ligeledes erstattede af kolloid Kiselsyre, og man kan i Tyndsnittene finde alle Overgange fra næsten ganske frisk Feldspat, hvor der i Revner og Sprækker er udskilt Kiselsyre, og til Slutstadiet, hvor smaa Splinter af Feldspat ligger i en Kiselsyreklump.

Kornstørrelsen er uensartet og Sorteringen daarlig. Hovedmængden af Kornene er mindre end 0,5 mm. Bjergarten er ofte konglomeratisk med Kvartsitumper af Størrelser mellem 3—5 cm. Disse har undertiden en sammensat Struktur (Tvl. II. Fig. 6 og Tvl. III. Fig. 5), som viser, at de stammer fra metamorphe Kvartsiter, hvorved forstaas en stærkt presset og omdannet Kvartsit, hjemmehørende i Grundfjeldet, i Modsætning til Sedimentkvartsit, der er en kvartsitisk Sandsten.

## Type IV.

Denne Type er en grov, blaagraa Arkose, der overvejende bestaar af Kvarts og Feldspat. Kvartskornene er uregelmæssige og kantetrunde, dels klare og farveløse, dels og hyppigst forsynet med et mørkt Pigment. Feldspaten er oftest stærkt forvitret og helt hvid. De hvide siallitiske Forvittringsprodukter danner uregelmæssige, hvide Smører i den ellers mørke Bjergart. Bindemidlet er

Kiselsyre, hyppigt i Form af sekundær, authigen Kiselsyre. (Tvl. III. Fig. 1). Kornstørrelsen er noget uensartet, men Sorteringen er noget bedre end i Type II og III, idet det ganske fine Materiale med Korn mindre end 0,05 mm mangler. Hovedmængden af Kornene ligger mellem 0,1—1 mm. Hertil kommer tynde Konglomeratlag med Kvartskorn op til en Størrelse af 3 cm. Disse sidste viser ofte en kompliceret Bygning. Nogle synes at stamme fra en Sedimentkvartsit (Tvl. III. Fig. 6), andre fra en metamorph Kvartsit (Tvl. III. Fig. 2 og 5), og atter andre (Tvl. III. Fig. 3 og 4) synes at stamme fra en intern forvitret og forkislet Arkose. (39). Foruden disse finder man ogsaa Stumper af den røde Arkose Type I.

Arkosens Farve er blaa-graa eller næsten sort, undertiden hvidspættet. Farven skyldes det mørke Pigment paa Kvartskornene i de sandede Bestanddele.

#### Type V.

##### Ginghamstenen.

Denne er en rød og hvidstribet, feldspathoidig Sandsten, ofte stærkt forkislet. (Tvl. IV. Fig. 2).

Kvartsen og Feldspaten forholder sig omtrent som i Type II, dog mangler undertiden det røde Pigment. Bjergartens rød- og hvidstribede Udseende hidrører fra, at i visse Partier er Kvartskornene rødpigmenterede og Porer og Hulrum fyldt med et rødt Pulver af Ferrioxyd (Tvl. IV. Fig. 3), medens dette mangler andre Steder. Undertiden veksler de røde og hvide Partier regelmæssigt, men til andre Tider dominerer enten de røde eller de hvide Partier. Kornstørrelsen er mere ensartet end i Arkoserne. Bindemidlet er Kiselsyre, og Bjergarten er haard og kompakt.

Navnet Ginghamsten skyldes Ligheden med visse sribede indiske Bomuldstøjer, der kaldes Ginghamtøjer.

#### Type VI.

Hvid kvartsitisk Sandsten, næsten udelukkende bestaaende af mere eller mindre rullede Kvartskorn uden Pigment paa Overfladen (Tvl. IV, Fig. 5). Feldspat kan forekomme, men yderst sparsomt; derimod træffer man af og til Stumper af forkislet Feldspat og Arkose (Tvl. IV. Fig. 6 og Tvl. V. Fig. 1). Et enkelt Sted (Lok. 226) træffer man spredte, stærkt rullede Glauconitkorn i Kvartsiten. Kornstørrelsen er temmelig ensartet og ligger mellem 0,1—1 mm, men kan dog variere noget fra Lag til Lag.

#### Type VII.

Sort, kvartsitisk Sandsten, bestaaende af rullede, mørktpigmenterede Kvartskorn (Tvl. V. Fig. 3 og 4) af Størrelse mellem 0,1—1 mm. Undertiden findes i Porerne et sort Slam, overvejende af organisk Oprindelse. Bindemidlet er Kiselsyre, og Bjergarten er meget haard og kompakt.

## B. De Grønne Skifre.

Af de ældre Beskrivelser er det kun COHEN og DEECKES (10), der er nogenlunde udførlige, og som giver en nogenlunde rigtig Karakteristik af denne

Lagserie, hvorimod især RØRDAMS (38) Beskrivelse paa visse Punkter er noget misvisende. Et nærmere Studium af Bjergarterne har vist, at man ogsaa her kan udskille en Række karakteristiske og makroskopisk forholdsvis let gendelige Typer.

#### Type VIII.

Denne Type kan nærmest karakteriseres som det, der bliver tilbage, efter at de andre 4 Typer er skilt fra. Bjergarten er en finkornet, graagrøn Sandsten med smaa kantede Korn af Kvarts og Feldspat, smaa Glimmerskæl og enkelte spredte Glauconitkorn (Tvl. VI. Fig. 1). Kornstørrelsen er ret ensartet og ligger omkring 0,05 mm. Disse Korn ligger i en Matrix af et graagrønt, jernholdigt, kloritisk Slam, blandet med noget organisk Materiale. Bindemidlet varierer noget. I de haarde, sandstensagtige Partier er det enten Kiselsyre eller Kalkspat, i de løsere, mere skifrede Partier er det den graagrønne Matrix, der holder Kornene sammen. Lejringsforholdene er meget uensartede.

#### Type IX.

Denne Bjergart bestaar af en Grundmasse med samme Mineralsammensætning og Kornstørrelsefordeling som i Type VIII. I denne ligger der saa en større eller mindre Mængde af rullede Korn af Kvarts og Glauconit med Størrelser fra 0,2—0,5 mm (Tvl. VI. Fig. 3). Glauconiten findes som rullede, ret bløde Klumper, der næsten altid viser Aggregatpolarisation, og undertiden er saa talrige, at de danner et helt Netværk. Denne Type er let kendelig paa sin stærkt mørkegrønne Farve, der skyldes det store Glauconitindhold. Yderligere kendes den paa, at den altid indeholder Fosforitknolde og Hyolither. Om Fosforiterne maa henvises til DEECKES Beskrivelse (11), og om Faunaen i Fosforiterne maa henvises til CHR. POULSENS Undersøgelser, hvis Resultater vil blive publicerede i nær Fremtid.

#### Type X.

Denne er en haard, graa, finkornet Sandsten (Tvl. VI. Fig. 2), der egentlig kun adskiller sig fra Type VIII ved, at den altid danner skarpt afgrænsede Bænke, og ved en indenfor de enkelte Bænke overmaade ensartet Kornstørrelse, der ligger mellem 0,04—0,1 mm. Den er undertiden kalkholdig og kan være saa finkornet, at Strukturen næsten er tæt. Dens Karakter af Sandsten ses da først under Mikroskopet. Den er da ogsaa tidligere baade af JOHNSTRUP og GRÖNWALL fejlagtig betegnet som en graa Kalksten.

#### Type XI.

Denne er en graalig, haard, stribet Sandsten, overvejende bestaaende af Kvarts og lidt Feldspat med Størrelser mellem 0,05—0,1 mm. Glauconit forekommer i betydelig Mængde, dels som spredte Korn, dels i tynde Lag. Disse tynde Glauconitlag er undertiden plane og parallelle, og Bjergarten danner da skarpt afgrænsede Bænke; men de er ogsaa undertiden bøjede og bølgede. Bjergartens Lejringsforhold bliver da mere uregelmæssige, og den indeholder samtidig mere af den sædvanlige lerede, kloritiske Substans, saaledes at Farven

bliver mere graagrøn, og nærmer sig en Del til Type VIII. (Tvl. VIII. Fig. 2). Bindemidlet er Kiselsyre.

#### Type XII.

Brunprikket, svagt grønlig Sandsten, næsten udelukkende bestaaende af rullede Kvartskorn, hvis Størrelse kan variere noget fra Sted til Sted. I de groveste Partier ligger Kornstørrelsen mellem 0,2—1 mm, men hyppigst ligger den mellem 0,05—0,1 mm. (Tvl. VI. Fig. 5). Den grønlige Tone skyldes enten Glimmer eller Glauconit. Den sidste er som Regel stærkt forvitret, hvorved Bjergarten faar sit brunprikkede Udseende. Bindemidlet er Kiselsyre, og Bjergarten danner altid skarpt markerede Bænke. (Tvl. VIII. Fig. 2).

### Rispebjerg-Sandsten.

Rispebjerg-Sandstenen omtales af JOHNSTRUP (22), DEECKE (12) og GRÖNWALL (16) som en grov løs Tigersandsten, hvis øverste 40 cm er imprægneret med Fosforit. Man kan dog udskille 2 ret karakteristiske Typer i den.

#### Type XIII.

Denne er en hvid eller graa Kvartsit med kornet Brud og ujævn Overflade, opbygget næsten udelukkende af Kvartskorn af Størrelser mellem 0,2—1 mm. (Tvl. VII. Fig. 4), Bindemidlet er Kiselsyre. Bjergarten er ofte noget porøs og indeholder smalle Kanaler og Hulrum, der undertiden er fyldt med en løs, limonitisk Masse, som muligvis stammer fra forvitret Svovlkis.

#### Type XIV.

Sort, undertiden tæt Fosforitsandsten med rullede Kvartskorn i en Grundmasse af tæt Fosforitsubstans (Tvl. VII, Fig. 6) Kornstørrelsen er meget uensartet, og Mineralkornene spiller en ret underordnet Rolle.

## 2. Kapitel.

Lokalitetsbeskrivelsen omfatter Iagttagelser paa de 232 Lokaliteter, samt yderligere Oplysninger, hentede fra Litteraturen og fra GRÖNWALLS Dagbøger og andre Arkivsager, samt Undersøgelse af Bjergartsprøver i Danmarks geologiske Undersøgelser og Mineralogisk Museums Samlinger.

Forholdene paa de vigtigste Lokaliteter vil blive nærmere gennemgaaet i det følgende Afsnit.

## 3. Kapitel.

# Nexø-Sandstenens og de Grønne Skifres Oprindelse og Aflejningsforhold.

## A. Nexø-Sandstenen.

Af de tidligere i Litteraturen fremkomne Inddelinger af Sandstensserien har det vist sig, at den fra gammel Tid antagne og sidst af GRÖNWALL frem-

førte (16), mere summariske Behandling nogenlunde stemmer med de faktiske Forhold, medens STEHMANN'S (40) mere detaillerede Inddeling giver et ganske galt Billede af Forholdene. Da Lagserien imidlertid er ret forskelligt udviklet indenfor forskellige Omraader, vil det være rigtigst at behandle disse hver for sig.

## I.

**Omraadet Ø. f. en Linie gennem Døvredal og Øleaa mellemste Løb.**

Her har vi følgende Udvikling.

- Øverst 4. Vexlen mellem hvide, graa og sorte Kvartsiter. Type VI og VII.
3. Rød og hvidstribet Ginghamsten, Type V.
2. Lys, rødlig Arkose, Type II.
1. Mørk rød Arkose, Type I.

Overlejringen af Sandstenen paa Graniten ses i Øleaa paa Lok. 161 og 163. Yderligere ses den mørkerøde Arkose paa alle Lokalteter i og Vest for Aaen ned til Lok. 168, samt paa Vestsiden af Slamrebjerg (Lok. 196), og i Nørrebæk NV. f. Nexø paa Lok. 204.

Type II ses først og fremmest i Frederiks Stenbrud (Lok. 205, 206 og 207), samt yderligere paa Vestsiden af Slamrebjerg (Lok. 198), og længere mod Syd-vest paa Lok. 200.

Ginghamstenen Type V ses langs Stranden Syd for Nexø paa Lok. 224 og paa Lok. 217, samt ved Nørre Slamregaard (Lok. 201).

Den hvide Kvartsit ses langs Stranden paa Lok. 226 og ved 229 og 230, samt inde i Landet paa Lok. 213 og 215.

Den sorte Kvartsit ses paa Lok. 210 og 212.

Paa Lokalteterne 211, 227 og 228 ses Vexlen mellem hvide, graa og sorte Kvartsiter.

I den ældre Litteratur har Sandstenen altid været anset for marin fra Basis til Top, men dette er næppe rigtigt. Marine Sandaflejringer er gerne hvide eller graa af Farve, bestaar næsten udelukkende af Kvarts, har afrundede Korn og ensartet Kornstørrelse, samt ofte en ret tydelig Lagdeling.

Ingen af disse Karaktertræk finder vi hos Nexø-Sandstenens Arkoser af Type I og Type II. Det er tillige overordentlig usandsynligt, at de til Tider ganske møre Feldspatkorn og det hvide siallitiske Pulver vilde være i Behold, dersom disse Lag var afsat i Havet og saaledes udsat for stadig Omlejring og Rullen frem og tilbage.

En Sammenligning mellem de to Arkoser og kontinentale Aflejringer, afsat under Ørkenforhold, saaledes som de beskrives af BARTON (6), TWENHOFEL (47), WETZEL (51), WALTHER (50), PENCK (33) og KAISER (24), viser derimod saa stor Overensstemmelse, at man maa antage, at disse to Arkoser er af kontinental Oprindelse, afsat under ørkenagtige Forhold, for en stor Del under Medvirken af mere eller mindre periodiske Vandløb. Ved Betragtninger over de klimatiske Forhold maa man imidlertid erindre, at i nedrekambrisk Tid, hvor Landplanter ikke eksisterede, var enhver Landoverflade en Ørken, og man maa derfor skelne mellem de Karaktertræk hos de nedrekambriske Sedimenter, der skyldes Manglen paa Vegetation, og de, der skyldes meget tørre Klimaforhold. Til disse sidste hører Saltudskillelser, Tørspækker og Regndraabeindtryk, og da saadanne mangler i Nexø-Sandstenens Arkoser, siger

disse saaledes ikke ret meget om Klimaforholdene, ud over, at de i hvert Fald næppe har været udpræget tørre.

Manglen paa Vegetation viser sig dels i de stærkt uregelmæssige Aflejningsforhold og Materialets ringe Sortering, og dels i den kemiske Forvittrings Forløb. Da Humusstofferne i Jordbunden virker som Beskyttelseskolloider over for Jernet, saa det holdes opløst og kan udvandre i Opløsning, peger det store Indhold af røde Jernilte i Nexø-Sandstenens Arkoser atter paa, at disse er dannet paa en vegetationsløs Landoverflade. Ogsaa det store Indhold af relativt frisk Feldspat peger i samme Retning. Arkoserne er sandsynligvis oprindelig transporteret og aflejret som Granitgrus eller Sand, der saa efter Aflejringen yderligere har været udsat for nogen saavel mekanisk Smuldren som kemisk Forvitring. Alt i alt maa man antage, at Klimaet har været varmt, men ikke udpræget tørt. Arkoserne er saaledes dannet paa en vegetationsløs Landoverflade, antageligt i et varmt og muligvis semiarid Klima.

Denne Landoverflade har oprindelig haft et ret kraftigt Relief, af hvilket der endnu er bevaret enkelte Rester. Saaledes er Lavningen mellem Slamrebjerg og Døvre, hvori Øleaa løber, sikkert en gammel prækambrisk Lavning, der efterhaanden er blevet udfyldt af Vejrsmuldringsmateriale fra de omgivende Højder.

Samtidig med, at disse Dele af Nexø-Sandstenen aflejredes, sænkede Landet sig, og tilsidst trængte Havet ind over det. Allerede Lagene i Frederiks Stenbrud maa være afsat i saa ringe Højde over Havet, at dette under Stormfloder er brudt ind over Landet. Spor af saadanne kortvarige Oversvømmelser har man nemlig i Frederiks Stenbrud i en Bænk nederst i Lok. 205, og i en anden omtrent i Overkanten af Profilet paa Lok. 206. Bjergarterne her maa opfattes som en normal Type II, hvor de møreste Feldspatkorn og det fine hvide sialliske Pulver er blevet fjernet, og Bjergarten underkastet en bedre Sortering end i Arkoserne.

Lignende Bjergarter finder vi i Nexø Havn og langs Stranden videre mod Syd paa Lok. 218—222. Disse Lag maa være en Littoraldannelse i strengeste Forstand, afsat i Bæltet mellem højeste Flod og laveste Ebbe. Ogsaa Ginghamstenen maa være afsat paa en Havbund, der i hvert Fald til Tider har ligget tør.

Med den hvide Kvartsit paa Lok. 226 er vi inde i de sikre marine Afdelinger af Nexø-Sandstenen. Indholdet af Glauconit viser, at den er aflejret paa en Havbund ud for en aaben Kyst, idet disse rullede Glauconitkorn maa være skyllet ind udefra. Efter Aflejringen af disse Lag maa Sænkningen være standset; thi vi faar nu udprægede Lagunedannelser med sorte, hvide og graa Kvartsiter med Kager af fedt, sort Slam og Ormerør. (Tvl. VIII. Fig. 3 og 4). Særlig smukt er dette at se i Stenbruddet ved Snogebæk Lok. 228. Sandstenens alleryngste Lag er ikke synlige i dette Omraade, men man maa dog antage, at Sænkningen atter er fortsat, og at vi ved Overgangen til de Grønne Skifre efterhaanden naar ud paa noget større Dybder.

Mægtigheden kan ingen Steder maales direkte, men forskellige Beregninger viser, at den gamle Angivelse af 60 m, der stammer fra JOHNSTRUP, ligger meget nær det rigtige Tal, hvorimod STEHMANN'S Opgivelse af 35 m hviler paa et saa løst Grundlag, at man ikke kan tage den alvorligt.

Mellem Øleaa og Grødby Aa ses kun Sandstenens kvartsitiske Del paa alle Lokaliteter lige fra Graniten og ned til de Grønne Skifre.

## II.

**Omraadet mellem Grødby Aa og Læsaa.**

I dette Omraade er Sandstensseriens Udvikling ganske forskellig fra den i det østlige Omraade. (Se Kortet Fig. 29 S. 120).

I Egnen Vest, Nord og Øst for Aakirkebybakken træffer man følgende Lagserie.

- Øverst. 3. Hvid Kvartsit, Type VI.
2. Hvid Arkose, Type III.
1. Rød Arkose, Type I.

Fuldt udviklet forekommer Lagserien dog kun i de to Lavninger mellem Aakirkebybakken og Læsaa, og mellem Aakirkebybakken og Graniterrænet ved Faareby.

Paa Aakirkebybakkens Skraaninger mangler den røde Arkose, og paa en Strækning mellem Læsaa og Faareby mangler de to øverste Horisonter.

Størst Interesse har her den hvide Arkose, Type III, der fra gammel Tid har været regnet til Nexø-Sandstensens nederste og mellemste Del. En nærmere Betragtning af den viser imidlertid en saa betydelig Række Forskelle mellem Type III paa den ene Side og Typerne I og II paa den anden Side, at det maa være berettiget at rejse Spørgsmaalet, om Type III overhovedet er Nexø-Sandsten.

1) Det karakteristiske Træk ved Typerne I og II er deres røde Farve som Følge af et betydeligt Indhold af røde Ferrioxyder.

I Type III mangler ethvert Spor af Rødfarvning og af Jern i det hele taget.

2) I Typerne I og II findes et betydeligt Indhold af frisk, svagt kødød Feldspat.

I Type III er Feldspaten næsten altid stærkt forvitret og helt hvid.

3) I Typerne I og II er Porer og Hulrum fyldt med en hvid, glimmerholdig, siallitisk Substans, der paa friske Brudflader ofte helt skjuler Mineralkornene.

I Type III spiller denne glimmerholdige Substans de fleste Steder en ringe Rolle, og i Stedet for finder man ofte Porer og Hulrum efter bortforvitrede Feldspatkorn fyldt med sekundær, authigen Kiselsyre.

4) I Type I og II bestaar de grovere Korn altid af enkelte Kvarts- og Feldspatindivider eller af Brudstykker af Granit. (Tvl. I. Fig. 1 og 2).

I Type III er de grove Korn altid kvartsitiske og bestaar enten af enkelte Kvartsindivider eller af Brudstykker af metamorph Kvartsit. (Tvl. II, Fig. 6 og Tvl. III, Fig. 5).

5) Type I og II er ofte løse og lidet silicificerede.

Type III er oftest stærkt forkislet og haard og kompakt.

Lignende Forskelle som ovenfor anført for Sedimenterne kan ogsaa spores i den underliggende forvitrede Granit. Under de nedrekambriske Arkoser, Type I og II, er Granitens Omdannelse sket ved en Rødforvittringsproces, hvor den mekaniske Smuldren har været overvejende over den kemiske Forvitring, og hvor Jernet er blevet udfældet paa Stedet.

Den hvide Arkose, Type III, er derimod dannet ved en Blegningsforvitring eller, som man tidligere kaldte det, en Kaolinforvitring.

Om Kaolinforvittringens Natur hersker der noget forskellige Meninger, idet nogle Forfattere som STREMMER (42) og WÜST (53) regner den til Podsoleringsprocessen, medens andre som HARRASSOWITZ (18) regner den som et Led i Lateritforvittringen. Som det fremgaar af Kapitel I, er det hvide Pulver i Ar-

koserne, der tidligere slet og ret blev kaldt Kaolin, en Substans af en noget sammensat Natur, og da det er opstaaet ved Forvitring af Feldspaten, er det her kaldt Siallit i Overensstemmelse med HARRASSOWITZ's Nomenklatur. Da der imidlertid ingen Analyser haves af det, kan der intet siges om, hvorvidt den Forvittringsproces, hvorved det er dannet, er en Podsolering eller en Lateritforvitring i den Forstand, HARRASSOWITZ anvender disse Betegnelser, men dette spiller heller ikke nogen Rolle for det foreliggende Problem, thi det afgørende her er Blegningen, d. v. s. Fjernelsen af Jernet, og den henføres baade for Laterit og Podsolering til Virkningen af Humusstoffer, som Følge af et ikke helt ringe Plantedække og et fugtigt Klima.

Da saaledes den hvide Arkose, Type III, antagelig er dannet ved Forvittringsprocesser under Medvirken af ikke helt ringe Mængde af Humusstoffer i Jordbunden, kan den aabenbart ikke være samtidig med de røde nedrekambriske Arkoser, men maa følgelig være betydelig yngre.

En Hjælp til en nærmere Bestemmelse af Alderen faar man ved Betragtning af de groveste Korn i Arkosens Konglomerater, thi disse bestaar som før omtalt for en stor Del af Brudstykker af metamorphe Kvartsiter. Disses Hjemsted er ukendt, men da de fortrinsvis forekommer i Egnen omkring Aakirkeby, hvor vi langs Grænsen mellem Graniten og Sandstenen har GRÖNWALLS Egbyforkastning, kunde det tyde paa, at disse af tektoniske Kræfter stærkt paavirkede Bjergarter stammede fra en labil Zone i Granitens sydlige Randomraade. Derved faar man tillige en relativ Aldersbestemmelse for den hvide Arkose, idet denne da maa være yngre end Forkastningen. Denne er imidlertid et Led i det Forkastningsstrøg, der fra Østsiden af Oslo Fjord strækker sig mod Syd langs den svenske Kattégatkyst, ind gennem Skaane og videre ned over Bornholm. Den nordlige Ende af denne Forkastning angives af STÖRMER (43) at være permisk, og for den skaanske Del antager TRÖEDSSON (46) ligeledes en permisk Alder. Der er da nogen Sandsynlighed for, at dette ogsaa er Tilfældet med Egbyforkastningen paa Bornholm. Vi faar saaledes i Aakirkeby Egnen en lignende Udvikling, som den, TRÖEDSSON har antydet for Kågerød-Formationen i Skåne, nemlig først en tektonisk Bevægelse, hvorved der opstaar en Niveauforskel mellem Graniten og Sandstenen, dernæst en Aflejring af groft Grusmateriale Syd for Forkastningen og endelig en Blegningsforvitring af dette.

Paa Aaker Smaalng, ned mod Grødby Aa, træffer vi igen en anden Lagfølge, nemlig:

- Øverst. 3. Hvid Kvartsit ved Myremølle og paa Lok. 110.
2. Blaagraa Arkose, Type IV.
1. Sort Kvartsit, Type VII.

Materialet i den blaagraa Arkose er af en noget heterogen Oprindelse. De mørke Korn i den sandede Bestanddel kan stamme fra en ældre sort Kvartsit. De grove Korn i dens konglomeratiske Partier bestaar dels som i Type III af metamorphe Kvartsitbrudstykker (Tvl. III, Fig. 5), dels stammer de fra en Sedimentkvartsit (Tvl. III, Fig. 6) eller ogsaa fra en intern forvitret og forkislet Arkose (Tvl. III, Fig. 3 og 4).

Den blaagraa Arkoses Placering oven paa den sorte Kvartsit viser, at den maa være yngre end denne, og dens Konglomerater viser, at den ligesom Type III er yngre end Egbyforkastningen og saaledes ikke hører til Nexø-Sandstenen, men antagelig er postsilurisk.

Syd for Aakirkeby træffer man allevegne hvide, graa og sorte Kvartsiter,

hørende til Nexø-Sandstenens yngste Led. Paa Lok. 71, 94 og 118 indeholder de mærkelige, kegleformede Dannelser, hvis Oprindelse stadig er et uløst Problem.

## III.

**Omraadet Vest for Læsaa.**

Syd for Rønne—Aakirkeby Landevej træffes udelukkende Nexø-Sandstenens kvartsitiske Afdeling. Nord for Landevejen træffer man den røde Arkose Type I lige Vest for Læsaa. Ved Smørengegaarde (Lok. 26) staar derimod hvid Arkose, Type III. Størst Interesse har Forholdene V. og SV. f. Bauneklint.

Paa Lok. 12 ses følgende Profil:

- Øverst. 3. Hvid Arkose, Type III.
2. Svagt rødlig Arkose, Type II.
1. Stærkt forkislet, rødviolet Arkose.

Paa Lok. 13 finder vi:

- Øverst. 2. Hvid Arkose, Type III.
1. Ginghamsten, Type V.

Paa disse to Lokalteter har vi saaledes den hvide Arkose overlejrende Horisonter i Nexø-Sandstenen, der er yngre end de, hvorpaa den hviler i Aakirkebyegnen, hvilket yderligere bekræfter Antagelsen af, at Type III ikke er et Led i Nexø-Sandstenen.

Ved Lobbæk Station (Lok. 14) staar den blaagraa Arkose, Type IV, der her antagelig ligesom paa Aaker Smaalng hviler paa sort Kvartsit, der ses noget længere mod Vest paa Lok. 15.

Nordvest for Nylars Kirke træffer vi længst mod Nord den røde Arkose, Type I, paa Lok. 7, 8 og 10. Paa Lok. 9 ses i Vejrhjørnet et gammelt Stenbrud med den blaagraa Arkose, Type IV, og lidt vestligere i Grøften kommer hvide Kvartsiter, der ogsaa ses længere mod Vest paa Lok. 5 og 6. Disse Kvartsiter synes at have nærmere Tilknytning til den postsiluriske Arkose, Type III's, Kvartsiter end til Nexø-Sandstenens marine Kvartsiter og skal antagelig side-stilles med Lagene ved Myremølle paa Lok. 111 og 112. Videre mod Vest kommer den røde Arkose, Type I, frem paa Blemmelyng paa Lok. 1, 2 og 3.

Størst Vanskelighed byder Tydningen af Lagserien i Vellengsaa. Den henførtes af FÖRCHHAMMER og JESPERSEN til Rhæt-Lias Dannelserne, da den indeholder Lag af hvidt Ler. DEECKE, JOHNSTRUP og GRÖNWALL regner den derimod til Nexø-Sandstenen. En Betragtning af Bjergarterne viser, at disse staar nærmere ved de postsiluriske hvide Arkoser og Kvartsiter end ved Nexø-Sandstenens. En Bjergart som den paa Lok. 19 med et betydeligt Indhold af hvidt, siallitisk Pulver, er absolut ganske fremmed for Nexø-Sandstenens marine Kvartsiter.

Den Mulighed foreligger da, at Vellengsby Sandstenen, de hvide og blaagraa Arkoser ved Aakirkeby og Bauneklint, Kaolinsandstenen ved Grødby Aa og Læsaa's nedre Løb, samt Sandstenen i Salenebugten ved Gudhjem hører til samme Lagkomplex og kan sammenfattes under Betegnelsen Aaker-Formationen, denne svarer antagelig til Kägerød-Formationen i Skåne. Da imidlertid Aldersbestemmelsen af Sandstenen i Vellengsaa og paa Lok. 5 og 6 er saa overordentlig usikker, er den paa Kortet henført til Nexø-Sandstenen i Overensstemmelse med GRÖNWALLS Opfattelse.

## B. De Grønne Skifre.

Lagserien i de Grønne Skifre kan inddeles i 5 Zoner, saaledes at man faar følgende Inddelingskema.

Rispebjerg-Sandstenen.	
5.	Øvre Overgangszone.
4.	— Graavakkezone.
3.	Zonen med Hyolither og Fosforiter.
2.	Nedre Graavakkezone.
1.	— Overgangszone.
Nexø-Sandstenen.	

Nedre Overgangszone ses i Læsaa paa Lok. 74, i Grødby Aa paa Lok. 122—124 og 127 og i Øleaa paa Lok. 169 og 170. Den danner Overgangen fra Nexø-Sandstenen til de Grønne Skifre. Aflejringen af Sand fortsættes, men samtidig bliver Indholdet af finere Materiale efterhaanden større. Undertiden ligger større og mindre Korn blandet ind mellem hinanden (Tvl. VI, Fig. 6), men andre Steder vexler grovere og finere Lag med hinanden (Fig. 15, S. 70). Karakteristisk for Zonen er yderligere et betydeligt Indhold af Glauconit og undertiden af Kalkspat.

Nedre Graavakkezone ses i Læsaa paa Lok. 75, i Grødby Aa paa Lok. 125 og 126. Bjergarten er meget ensartet gennem hele Zonen og bestaar overvejende af Type VIII med enkelte tynde Bænke af Type X (Fig. 16, S. 71).

Zonen med Hyolither og Fosforiter ses i Læsaa paa Lok. 76 og 77, samt ved Møllebækkens Sammenløb med Aaen neden for Vejrmøllegaard. I Grødby Aa ses den paa Lok. 131 og 132 og i Øleaa paa Lok. 173—178. Hyolitherne og Fosforitknoldene forekommer i to Horisonter, den ene ved Zonens Basis og den anden ved dens Top. Bjergarten er nederst den grønne, glauconitiske Type IX, i den øvrige Del derimod Type VIII. Bjergarten Type IX er karakteristisk for Zonen og forekommer ikke uden for denne. Om Faunaen maa henvises til CHR. POULSENS Undersøgelser, der vil blive publiceret i den nærmeste Fremtid.

Øvre Graavakkezone ses i Læsaa paa Lok. 78—83 og i Øleaa paa Lok. 179—187. Hovedmængden af Bjergarten bestaar af Type VIII, men hertil kommer saa baade Type XI og Type XII. Af disse er den sidste karakteristisk for Zonen og findes ikke uden for denne.

Øvre Overgangszone ses i Øleaa paa Lok. 188 og 189. Zonen er her udviklet omtrent som den nedre Overgangszone, dog med Glauconiten koncentreret paa Lagfladerne. I Læsaa findes Zonen paa Lok. 85. Den er her stærkt glauconitisk.

Vender vi os saa til de Forekomster, der ligger uden for de tre Aaer, og søger at bestemme deres Plads i Lagrækken, viser det sig, at Forekomsterne paa Østkysten ved Snøgebæk (Lok. 231) og Broens Odde (Lok. 232) hører til Hyolith- og Fosforitzonens nedre Del, og samme Horisont findes yderligere i Brøndene ved Nordbakkegaard og St. Duegaard.

I den Del af Grødby Aa, der løber i Retning Ø—V. lige Nord for Grødby, har man længst mod Øst Hyolithzonens nederste Del paa Lok. 134—142, og længere mod Vest ses den Øvre Graavakkezone med Bænke af Type XII paa Lok. 145.

Ved Limensgade, Lok. 87 (Fig. 13, S. 56), hører Lagene i Vejgennemskæ-

ringen N. f. Broen over Læsaa til Nedre Graavakkezone, medens de Syd for Broen hører til den Øvre Graavakkezone, hvilket stemmer med, at JOHNSTRUP og GRÖNWALL har fundet Fossiler i selve Aaen.

Lagene ved Limensgade Mølle (Lok.59) hører til Hyolith- og Fosforitzonens nedre Del.

I Lilleaa kan man se Overlejringen af de Grønne Skifre paa Sandstenen paa Lok. 29 og 30, men hvor højt op i Lagserien de Grønne Skifre i dette Omraade naar, kan ikke afgøres.

I det sydlige Omraade træffer man den Øvre Overgangszone i Lilleaa paa Lok. 39, og længere nede ad Aaen træffer man den Øvre Graavakkezone og Hyolithzonen (Fig. 3, S. 37). Forekomsterne Syd for Søndre Landevej maa alle henføres til den Øvre Graavakkezone. I Strandklinten ved Julegaard (Lok. 58) har man nederst Hyolith- og Fosforitzonens nederste Del med den stærkt grønne Type IX. Den øvre Fosforithorizont ligger noget under Bænk IV paa Fig. 5, S. 44. Her fandtes i 1933 en Række flade Linser af en mørk, glauconitholdig Kalksandsten. Over denne kommer saa den Øvre Graavakkezone, der naar op til Klintens Top. Lagene paa Lok. 57, omtrent lige Nord herfor, danner efter CHR. POULSENS Anskuelse en Fortsættelse af Strandklintens Lagrække.

Om de Forhold, hvorunder de Grønne Skifre er aflejret, skriver GRÖNWALL, at de er dannet af sandet Lerslam, der er ført ud paa lidt dybere Vand, end det hvorunder den underliggende Nexø-Sandsten er aflejret, men at Havdybden ogsaa under deres Aflejningsperiode maa have varieret i temmelig høj Grad. Dette er sikkert ogsaa rigtigt. Lagene i den Nedre Overgangszone er antagelig afsat under en Sænkingsperiode og under noget urolige Forhold, hvor Strømme og Bølgeslag har skiftet noget i Styrke. Sænkningen kulminerer under Tiden for Aflejringen af den Nedre Graavakkezone, der er afsat i meget roligt Vand. I Fosforit- og Hyolithzonen har vi et Indslag af grovere Kvartskorn og af Glauconit, og denne Zone maa derfor antagelig atter være afsat under noget uroligere Forhold paa Havbunden og betegner derfor antagelig en mindre Hævning, der dog forholdsvis hurtig standser og afløses af en ny Sænkning til en noget ringere Dybde end den Nedre Overgangszones. Den Øvre Graavakkezone med dens relativt forskelligartede Sedimenter og med de mange Bænke af lys, undertiden ret grov, kvartsitisk Sandsten, maa igen være afsat paa lavere Vand og under mere urolige Forhold paa Havbunden. Sandstensbænkene med Type XII maa antagelig opfattes som Sandbanker, liggende spredt paa Havbunden, der nu har befundet sig i en langsomt forløbende Hævningsperiode. I Øvre Overgangszone tager Hævningen yderligere Fart, og vi naar da op til Rispebjerg-Sandstenens hvide, grove Kvartsit, der maa være afsat temmelig tæt ved Littoralzonen.

Den epirogenetiske Kurve for Bornholms nedre Kambrium kommer da til at se ud, som vist paa Fig. 30 S. 136. Lagserien er afsat under en langsomt forløbende Sænkingsperiode uden større Afbrydelser, men med noget varierende Intensitet. Lagserien begynder nederst med kontinentale Aflejringer, der opadtil gaar jævnt over i Strand- og Littoraldannelser. Derpaa følger marine Lag, overvejende afsat paa lavt Vand og i Laguner. Endelig kommer vi med de Grønne Skifre ud paa noget større Dybder, der dog næppe gaar længere ned end til Grænsen for Bølgeslagets Virkning, d. v. s. 20—50 m. Sænkningen naar sit Maximum under Tiden for Aflejringen af den Nedre Graavakkezone. Herefter indledes en Hævningsperiode, der først forløber langsommere og senere i Tiden for Aflejringen af den Øvre Overgangszone tager stærkere Fart, hvorefter vi i Rispebjerg-Sandstenen atter har en Lavvandsdannelse for os.

Undersøgelsen har yderligere givet det Resultat, at de hvide og blaagraa Arkoser omkring Aakirkeby og i Nylars maa udskilles fra Nexø-Sandstenen og danner en særlig Formation, der her kaldes Aaker-Formationen; denne kan antagelig sidestilles med Kågerød-Formationen i Skåne, og hører antagelig hjemme i Tidsrummet Perm-Trias.

#### 4. Kapitel.

## De tektoniske Forhold inden for Nexø-Sandstenens og de Grønne Skifres Omraade.

Medens man oprindelig antog, at Grænsen mellem Graniten og Sandstenen overalt var en Denudationsgrænse, og at der alle Vegne fandtes normal Overlejrning af Sandstenen paa Graniten, hævdede GRÖNWALL (15, 16), at denne Grænse for en stor Del skyldes Forkastninger, hvor Sandstenen er sænket i Forhold til Graniten, ligesom han ogsaa paaviste en Række andre Forkastninger indenfor det sydbornholmske Sedimentomraade. At en stor Del af disse Forkastninger virkelig forefindes, er ganske utvivlsomt, hvorimod andre er mindre vel motiverede og derfor maa opgives, saaledes at de tektoniske Forhold inden for Sandstensomraadet bliver noget anderledes, end GRÖNWALL har angivet.

Det vil ogsaa her være det mest anskuelige at behandle de enkelte Afsnit hver for sig og da at begynde med det østligste.

### I.

#### Omraadet Øst for Grødby Aa.

Paa det geologiske Kortblad tegner GRÖNWALL en zigzakformet Forkastning langs Slamrebjergs Vest- og Sydside. Som Begrundelse for denne angiver GRÖNWALL i sin Dagbog blot dette, at Sandstenen (paa Lok. 197) ikke hælder særlig stærkt, og at Graniten kommer frem lige Øst herfor i et noget højere Niveau.

En Svaghed ved GRÖNWALLS Forkastninger er dette, at de saa at sige ender blindt i begge Ender, saa at man faar normalt overlejrende Lag til at ligge Side om Side med nedsænkede Lag, der altsaa maa tilhøre en højere Horizont i Lagrækken. Der kan imidlertid ogsaa rettes en Del andre Indvendinger mod GRÖNWALLS Tydning af Forholdene her.

GRÖNWALL opfatter Omraadet Vest for Slamrebjerg som en »Kipscholle«, der er drejet om en N—S gaaende Akse, der maa ligge omtrent lige Øst for Døvredalen, saaledes, at Flagens østlige Del er sænket. Man skulde da vente, at Lagene alle Vegne vilde hælde mod Øst. Dette er ogsaa Tilfældet længst mod Vest i Øleaa og Vest for denne, men paa Slamrebjergs Skraaninger er Hældningen alle Vegne vestlig og falder meget nær sammen med Terrænets Hældning. Yderligere skulde man vente tæt ind til Graniten at finde Sandstentypen, der hørte hjemme højt oppe i Lagserien, men dette er heller ikke Tilfældet. Paa Lok. 196 træffer man den røde Arkose Type I, paa Lok. 197, 198 og 199 Bjergarter, der maa henføres til Type II og altsaa hører hjemme i den nederste Del af Lagserien. Prøver man endelig at beregne Mægtigheden

paa Lok. 198 under Forudsætning af, at Granitundergrundens Hældning hele Vejen er den samme som i Øleaa, nemlig  $4^\circ$  mod SØ, saa faar man en Mægtighed paa ca. 100 m. Da GRÖNWALL selv sætter hele Sandstensseriens Mægtighed til 60 m, og vi her har Lag, der hører til den nederste Trediedel, er det indlysende, at GRÖNWALLS Forkastning her maa opgives. Lavningen mellem Slamrebjerg og Døvre repræsenterer sikkert et Stykke af Bornholms prækambriske Relief og er senere blevet helt udfyldt af Nexø-Sandsten, saaledes at Slamrebjerg efterhaanden er blevet begravet i sit eget Forvittringsmateriale. Herved forsvinder alle de Urimeligheder, som GRÖNWALLS Forkastning giver Anledning til, og vi faar en Mægtighed af Sandstenen her paa 20 m, et Tal, der ligger betydelig mere indenfor Sandsynlighedens Grænser.

Mellem Slamrebjerg og Paradisbakkernes Nordside (Lok. 202) har GRÖNWALL indtegnet et isoleret Sandstensomraade og angiver, at dette er begrænset af Forkastninger mod Nord, Øst og Syd. Ogsaa mod denne Opfattelse kan der rettes lignende Indvendinger som i forrige Tilfælde. I alt kendes der tre Forekomster i dette Omraade. Disse er alle angivet paa Kortet (Tvl. IX) og stammer fra GRÖNWALLS og JOHNSTRUPS Undersøgelser. Den ene ligger, hvor Vejen over Slamrebjerg støder til Vejen fra Klinteby. Bjergarten her hører til Type I, og Lagene hælder  $8^\circ$  mod Ø. Den andet ligger midt i Lavningen lige Syd for Kaasegaarden. Her findes Type II liggende vandret. Den tredje ligger Sydvest for Kaasegaarden. Bjergarten her er Type I, og Lagene hælder  $4^\circ$  mod ØSØ. Ogsaa disse Forhold stemmer bedst med den Opfattelse, at det er en gammel Lavning, der efterhaanden er blevet udfyldt med Nexø-Sandsten, og GRÖNWALLS Forkastninger her maa ogsaa opgives.

Imidlertid findes der i dette Omraade andre Spor af Forkastninger, blot ligger de ikke paa Grænsen mellem Graniten og Sandstenen, men ude i Sandstenen. Omtrent lige Sydvest for Bodilsker Kirke falder Terrænet temmelig stejlt mod SØ, og denne Skraaning kan følges fra St. Krusegaard (36 Slvg. i Bodilsker) østpaa, Nord om Kjøllegaard og Gadegaard, og derpaa mod Nordøst over Elisegaard og i Retning af Slamre. Oven for denne Skraaning træffer man altid Sandsten, hørende til Type I eller II (Fig. 31, S. 142), altsaa Typer, der hører til Sandstensens nederste Led. De kan ses i Lavningen mellem Slamrebjerg og Døvre (Lok. 195 og 199), i Bunden af Øleaa, saa langt ned som til Lyngvad Bro (Lok. 159—168), samt ved Egesgaard (Lok. 200). Umiddelbart neden for Skraaning og et Stykke op ad denne træffer man derimod alle Vegne de hvide og sorte Kvartsiter, der hører til Sandstensens yngste Led. Disse ses paa Lok. 210—213, samt saa langt østpaa som til 24 Slvg. i Langedeby. Lagene ligger omtrent vandret. Længere østpaa ved Stranden kommer saa den noget ældre Ginghamsten paa Lok. 224.

Dette giver følgende Billede af Forholdene (Fig. 32, S. 143): I Nord har vi en Granithorst med en ujævn Overflade, som paa sin sydligste Del er dækket af et tykkere eller tyndere Lag af Nexø-Sandsten. Udenfor denne Granithorst har vi saa et nedsænket Omraade med kambro-siluriske Sedimenter, yderligere gennemsat af Forkastninger.

Grænsen for Horsten kan trækkes fra Elisegaard mod Sydvest, følgende Overkanten af Skraaning ned til St. Krusegaard, hvor den slutter sig til Egbyforkastningen. Ved Egby har vi paa Lok. 148 og 150 de sorte Kvartsiter gaaende helt op til Graniten, og de maa derfor være skilt fra denne ved en Forkastning. Øst og Nordøst for Slamrebjerg er Grænsen for Granithorsten trukket saaledes, at den gaar Vest om Lok. 201 og følger den stærkt markerede Skraaning i Terrænet her saaledes, at den rammer Sprækkedalen langs Øst-

siden af Paradisbakkerne, gennem hvilken den er trukket, til den rammer Forlængelsen af GRÖNWALLS Forkastning Nord for Frederiks Stenbrud.

Denne sidste Forkastning maa anses for at være sikkert paavist, og det samme gælder den, GRÖNWALL har tegnet langs Grænsen mellem Graniten og Sandstenen mellem Lok. 201 og 203; blot skal denne Forkastning forlænges videre, til den rammer Lok. 208, idet man her i Vandværkets Brønd har ret betydelige Forstyrrelser i Lagene (Fig. 26, S. 98). Man faar da en ny Blok Nord for Nexø, hvor Lagene hælder mod SØ, og som længst mod Nordvest bestaar af Granit, der i Nørrebæk overlejres af Sandsten, saaledes at man faar de yngste Lag liggende helt ude ved Kysten i Frederiks Stenbrud. Syd for Forkastningen gennem Nexø ligger Lagene derimod næsten vandret eller hælder mod SSØ og saaledes, at de ældste Lag ligger ude ved Kysten og de yngste inde ved Granitblokken. Indenfor dette Omraade findes sikkert yderligere adskillige tektoniske Forstyrrelser, hvoraf dog kun enkelte kan paavises med Sikkerhed. Ved Snogebæk maa der være en Forkastning mellem de yngste Sandstenslag paa Lok. 230 og de Grønne Skifre paa Lok. 231, idet vi her har de Grønne Skifres Hyolith- og Fosforitzone for os. Denne Forkastning fortsættes antagelig videre mod Vest, men dens Forløb kan dog ikke nærmere angives, da Observationerne er for spredte og usikre.

Ved Øleaa maa der sandsynligvis ligge to Forkastninger, der skiller Sandstenslagene i Bakken paa Lok. 215 fra de Grønne Skifre nede i Aaen paa Lok. 169 og 170, samt Sandstenslagene paa Lok. 171 og 172 fra de Grønne Skifres Hyolith- og Fosforitzone paa Lok. 173. Heller ikke disse Forkastningers videre Forløb kan nærmere angives. Endelig er der Grund til at antage, at GRÖNWALLS Forkastning paa Strækningen mellem Pedersker og Grødby virkelig forefindes.

## II.

### Omraadet mellem Grødby Aa og Læsaa.

Fra Egby har GRÖNWALL trukket sin Forkastning videre mod VNV langs Grænsen mellem Graniten og Sandstenen, og dette er sikkert rigtigt.

Foruden denne Egbylinie har GRÖNWALL ogsaa tegnet Forkastninger langs Vest og Sydsiden af Aakirkebybakken, men mod i hvert Fald nogle af disse kan der dog rejses forskellige Indvendinger.

At den næsten lodrette Granitklint Syd for Aakirkeby er skilt fra den foran liggende, kvartsitiske Sandsten ved en Forkastning, er der næppe Tvivl om, idet vi her har Sandstens yngste Led direkte op mod Graniten. Naar GRÖNWALL imidlertid lader denne Forkastning standse mod Øst ved Klintegaard, synes dette paa Forhaand lidet sandsynligt, idet vi da faar Overvejning og nedsænkede Lag til at ligge Side om Side. Forkastningen kan da ogsaa med nogen Sikkerhed trækkes videre mod Nordøst, idet den røde Arkose paa Lok. 109, der jo hører til Nexø-Sandstensens ældste Led, maa være skilt fra Lagene paa Lok. 110—116 ved en Forkastning, (se Kortet Fig. 29 S. 120), da disse jo hviler paa de sorte Kvartsiter, der hører til Sandstensens yngste Led. Det vil da være rimeligt at trække en Forkastning i Fortsættelse af GRÖNWALLS langs Klinten Syd for Aakirkeby, videre mod Nordøst og Nord, til den rammer Egbyforkastningen langs Vestsiden af Kastelsbakke.

GRÖNWALLS Forkastning langs Vestsiden af Aakirkebybakken er baseret paa, at Graniten i en Brønd ligger noget højere end Sandstenen i en anden

Brønd tæt ved, og selv om der ikke her, saaledes som det var Tilfældet ved Slamrebjerg, kan føres et direkte Bevis for, at GRÖNWALLS Forkastning langs Vestsiden af Aakirkebybakken ikke findes, saa er GRÖNWALLS Bevis for dens Tilstedeværelse paa den anden Side heller ikke absolut fyldestgørende.

Nu er Forholdet imidlertid dette, at vi i Læsaa har en Forkastning mellem Lok. 67, hvor vi har den røde Arkose Type I, og Lok. 68, hvor vi har de hvide, graa og sorte Kvartsiter. Det synes da rimeligere at forlænge GRÖNWALLS Forkastning fra Klinten Syd for Aakirkeby videre mod Nordvest, til den skærer Læsaa mellem Lok. 67 og 68. Vi faar da følgende Billede af de tektoniske Forhold i Egnen omkring Aakirkeby:

Længst mod Nord har vi den samme nordlige Granitblok, som vi traf i det østlige Omraade, men medens vi i Nexø Egnen umiddelbart foran denne har et nedsænket, sedimentært Forland, har vi i Aakirkeby Egnen en ny Granitblok, delvis dækket af Sedimenter. Denne Blok, Aakirkebyblokken, begrænses af en Forkastning, der gaar fra Kastelbakke i Øst, mod Syd og Sydvest, langs Klinten Syd for Aakirkeby og videre til Læsaa mellem Hullegaard og Lille Gusegaard. Denne Sydgrænse kan med Sikkerhed paavises paa tre Steder, nemlig paa Aaker Smaalyng, langs Klinten Syd for Aakirkeby og i Læsaa, hvorimod de øvrige Strækninger er mere hypotetiske og fremkommet ved at forbinde de ovenfornævnte tre mere sikre Strækninger.

De tektoniske Forhold i det sedimentære Forland er i det store og hele saaledes, som GRÖNWALL har angivet dem, dog med enkelte Tilføjelser. Saaledes synes det rimeligt at lade de to Læsaaforkastninger fortsætte sig mod Nord, til de træffer Forkastningen, der begrænser Aakirkebyblokken. Indenfor de Grønne Skifre i Læsaa maa der antagelig lægges en Forkastning ned gennem Aaen neden for Kalby, idet Lagene paa Nordsiden af Aaen synes at være noget yngre end dem paa Sydsiden.

Ved Limensgade maa de Grønne Skifre ved Limensgade Mølle, Lok. 59, være skilt fra dem paa Lok. 87 ved en Forkastning. Dette opnaas ved at forlænge GRÖNWALLS Forkastning paa Grænsen mellem de Grønne Skifre og den mellemste Orthoceratitkalkflage, til den skærer den østlige Læsaaforkastning ved L. Bukkegaard. Ogsaa mellem de Grønne Skifre paa Lok. 59 og Alunskifrene ved Duegaardene maa der ligge en Forkastning.

Den geologiske Udvikling i Omraadet mellem Grødby Aa og Læsaa kan da skitseres saaledes (Fig. 35, S. 156): Paa et eller andet Tidspunkt efter Aflejringen af Siluret hæves Landet op over Havet, og Denudationen tager fat. Dernæst indtræder der en Række tektoniske Forstyrrelser, hvorved Lagene i Læsaagraven nedsænkes, saa at de kommer til at ligge beskyttede mod yderligere Denudation. I det øvrige Omraade fortsættes denne, til den i Egnen omkring Aakirkeby har fjernet hele den Del af det aflejrte Kambro-Silur, der ligger over Nexø-Sandstenens sorte Kvartsiter. Derpaa træder Forkastningen Syd om Aakirkebyblokken i Funktion, saaledes at Lagene paa Smaalyngen bliver sænkede, og muligvis virker samtidig den Del af Egbyforkastning, der ligger Øst for Myremølle (Lok. 112). Paa Aakirkebyblokken og den nordlige Blok fortsættes Denudationen videre, og Materialet aflejres paa det nedsænkede Omraade i Form af den blaagraa Arkose Type IV. Naar Denudationen i Egnen Nordvest for Aakirkeby derpaa er naaet ned til den røde Arkose Type I, træder Egbyforkastningen i Funktion, og hele Aakirkebyblokken forvandles nu fra et Denudationsomraade til et Akkumulationsomraade, i hvilket der aflejres en Sedimentserie, som senere ved en Blegningsforvitring, under Indflydelse af Humusstoffer, bliver til den hvide Arkose og de hvide Kvartsiter ved Myremølle.

## III.

## Omraadet Vest for Læsaa.

GRÖNWALL lader Egbyforkastningen fortsætte sig mod Vest ind i Granitterænet og lader den derpaa klinge ud omtrent lige Nord for Vestermarie Kirke. Det synes dog rimeligere at fortsætte den, til den træffer Vinklen mellem de to Forkastninger, der skiller Nykerslettens Mesozoikum fra Graniten. Man faar nemlig derved for den nordlige Granitblok en sammenhængende Grænse, der forløber fra Paradisbakkernes Østside, Syd om Slamrebjerg, videre over Egby, Nord om Aakirkeby, Syd om Rytterknægtpartiet og endelig langs den østlige Side af Nykersletten, til den atter naar Kysten lidt Nord for Hasle. Denne Blokgrænse kan med stor Sikkerhed paavises paa hele Strækningen fra Paradisbakkernes Østside til Nord for Aakirkeby og endvidere fra Kysten Nord for Hasle mod Syd til Ringeby Bro. Det mellemliggende, mere teoretiske Stykke ligger i Fortsættelse af Egbyforkastningen og forløber yderligere langs Rytterknægts stejle Sydskraaning, saa der er dog nogen Grund til her at regne med en Forkastning, der skiller den nordlige Blok fra en sydligere. Som ovenfor omtalt ligger der nemlig her en ny Blok Syd for Egbylinien og dens Fortsættelse. Denne Bloks Sydgrænse gaar, som tidligere vist, fra Kastelsbakken i Øst, Syd om Klinten ved Aakirkeby og videre hen til Læsaa neden for Hullegaard. Dens Fortsættelse Vest for Læsaa maa da udgaa fra dette Punkt og ikke nordligere langs Grænsen mellem Graniten og Sandstenen, saaledes som GRÖNWALL tegner den. Dens videre Forløb er noget vanskeligere at bestemme. Den maa gaa Nord om den nordligste af Kvartsitforekomsterne i Engegaarde Egnen (Lok. 49), men om den skal gaa Nord eller Syd for Lok. 26, kan derimod ikke afgøres. Den er paa Kortet trukket i umiddelbart Forlængelse af Strækningen fra Klinten ved Aakirkeby til Læsaa.

Vest for Lok. 26 danner Graniten en temmelig stejl Skrænt med Retning NNV—SSØ. Fortsættelsen af denne Skrænt gaar midt gennem Ekkodalen, og der kunde derfor være nogen Grund til at betragte denne Linie som en Forkastning, der skiller Aakirkebyblokken fra en vestligere og noget højere liggende Knudskerblok. Derved faar vi tillige sluttet Ringen af de Forkastninger, der begrænser Aakirkebyblokken.

Forkastningen, der begrænser Knudskerblokken mod Syd, er noget vanskeligere at bestemme. Den maa sandsynligvis gaa Nord om den blaagraa Arkose paa Lok. 14 og den sorte Kvartsit paa Lok. 15, samt Syd om den røde Arkose paa Lok. 13. Yderligere maa den gaa Syd om Lok. 10, hvor vi har den røde Arkose Type I; videre mod Vest maa den gaa Nord om den blaagraa Arkose paa Lok. 9 og den hvide Kvartsit paa Lok. 5 og 6. Herfra maa den bøje mod Syd, thi paa Lok. 3 har vi den røde Arkose Type I, og Forkastningen støder saa til GRÖNWALLS Forkastning paa Grænsen mellem Kambrium og Rhæt-Lias langs Nordsiden af Robbedale.

Vender vi os saa til det sedimentære Forland i Egnen Vest for Læsaa, saa har GRÖNWALL her angivet, at Grænsen mellem Kambrium og Rhæt-Lias hele Vejen udgøres af en Forkastning, og dette er utvivlsomt rigtigt. I Omraadet Nord for denne Forkastning er det kun i Egnen omkring Lilleaa, at man har tilstrækkelige Observationspunkter til at skønne over de tektoniske Forhold.

Det nordlige Omraade med Grønne Skifre omkring Engegaarde og Bodelyng maa antagelig opfattes som en lille Synklinal, hvor de ret løse og bløde Grønne Skifre er blevet sammenpressede og bøjede, medens den haardere Sandsten er blevet gennemsat af Forkastninger og Brud. Baade mod Nord paa Lok. 30

og mod Syd paa Lok. 37 staar Sandstensbænkene med meget stejlere Hældning end ellers. Paa Lok. 30 er Sandstenen yderligere breccieret (Tvl. V. Fig. 5 og 6). Ogsaa i St. Hallegaards Brud, Lok. 55, ses tektoniske Forstyrrelser.

Det sydlige Omraade med de Grønne Skifre er derimod mod Nord begrænset af en Forkastning og udgør en Blok, der er sænket i Forhold til Sandstenen. Springhøjden kan meget nær sættes til 70 m, nemlig hele Mægtigheden af de Grønne Skifre.

Det Billede, vi efter disse Undersøgelser faar af de tektoniske Forhold paa det sydlige Bornholm, bliver da noget anderledes end det, GRÖNWALL har opridset. Længst mod Nord har vi den store nordlige Granitblok, der strækker sig fra Paradisbakkernes Østside Syd om Slamrebjerg, over Egby, Syd om Rytterknægten og videre langs Nykerslettens Østside, til den naar Kysten Nord for Hasle. Længst mod Øst grænser denne Blok umiddelbart til et nedsænket sedimentært Forland, men Vest for Grødby Aa ligger der Syd for den to mindre Blokke, nemlig Aakirkebyblokken i Øst, og Vest for denne Knudskerblokken, der strækker sig helt hen til Egnen Øst for Rønne. Syd for disse to Blokke kommer saa det nedsænkede sedimentære Forland, der yderligere er gennemsat af Forkastninger og viser store tektoniske Forstyrrelser.

## 5. Kapitel.

### Nexø-Sandstensens praktiske Anvendelse.

Fra gammel Tid har Nexø-Sandstenen fundet Anvendelse til forskellige Formaal. Herom vidner de mange større og mindre, tildels atter forladte Stenbrud, der findes spredt rundt over hele Sandstensomraadet. I Koret i Aa Kirke findes Sandstensblokke, brudt saa langt tilbage som siden Aar 1200. I Tagdækket paa den nu nedbrudte Østermarie Kirke, i Karme og Skorstene, i Gulve og som Tagfliser paa Hammershus er Nexø-Sandstenen taget i Brug. Fra senere Tid findes store, smukt udhuggede Ligsten og Brøndkarmfliser, og de mægtige bornholmske Stenborde, hvortil især Ginghamstenen fandt Anvendelse, kendes saa langt tilbage i Tiden som til 1658.

Møllesten toges omkring Aar 1700 fra Egnen omkring den nu tørlagte Ferskesø, SV. f. Nexø. Til disse Formaal har man dog kun brudt den Sandsten, der laa nærmest tilgængelig ved Jordoverfladen, og først ved Anlægget af det kgl. Frederiks Stenbrud N. f. Nexø begyndte man at gaa i Dybden.

1744 fandt to Arbejdere fra Nexø første Gang Sandstenslagene N. f. Nexø og begyndte Brydningen netop paa det Sted, hvor nu Frederiks Stenbrud ligger. Af Stenene tildannede de Senneps- og andre Haandkværne. 1753 vendte Stenhuggeren PEDER MOGENSEN Nexø tilbage til Bornholm efter et længere Ophold i fremmede Lande, hvor han for mange Kirker havde udført Billed- og Stenhuggerarbejder. Han fandt Stenen N. f. Nexø meget tjenlig til Bearbejdning og sparede hverken Penge eller Arbejde for at bringe de dybere Lag, som var tykkere og bedre, frem i Dagen. Han underrettede Generalmajor DE THURA, der dengang var kongelig Bygmester herom, og denne udvirkede, at der 1754 for kongelig Regning blev anlagt et Stenbrud, som efter Kong Frederik den femte fik Navnet »Frederiks Stenbrud«.

Et af de første Byggeforetagender, hvortil der anvendtes Sandsten fra Frederiks Stenbrud, var ved det kgl. Frederiks Hospital i København, der ind-

viedes d. 30. Marts 1757. Senere udvidedes Nexø Kirke med en Fløj, bygget af Sandsten. Ogsaa til Kirurgisk Akademi i Bredgade fra 1787 og til Frihedsstøtten paa Vesterbro fra 1792—97 anvendtes Nexø-Sandsten fra Frederiks Stenbrud.

1773 opførtes den efter de daværende Forhold anselige Stenbrudsgaard med Lejligheder til Inspektøren, Stenhuggermesteren og Smedemesteren. De overordnede Funktionærer var alle uniformerede, og særlig Inspektøren i sin guldgallonerede Uniform med trekantet Hat og lang Kaarde skal have virket meget imponerende. I Bruddet beskæftigedes 50—60 Mand. Stenen sprængtes med Kiler. Kruddt brugtes kun, hvor der forekom haarde Lag, der ikke var brugbare, men kun skulde bortskaffes.

Stenene inddeltes efter deres Tykkelse i forskellige Grupper:

Gulvfliser.....	2" tykke
Astraksten (til Facadebekl.) .....	3— 5" —
Straksten.....	6— 8" —
Bloksten.....	9—16" —
Møllesten, ikke under.....	7" —
Ligsten, ikke under 72" lange, 36" brede og 4" tykke.	

I Aarene 1772—73 leverede Frederiks Stenbrud 1940 Kubikfod (58 m<sup>3</sup>) Sandsten til Lybæk og 1776—84 ikke mindre end 58 134 Kubikfod (1744 m<sup>3</sup>) til Nyanlægget af den slesvig-holstenske Kanal, en Levering, der indbragte en Sum af 24 222 Rdlr.

I Aarene fra 1754—1789 blev der i alt udvundet 284 168 Kubikfod (8525 m<sup>3</sup>) Sten af alle Størrelser til en Værdi af 128 343 Rdlr. Udgifterne i samme Tidsrum beløb sig til 125 551 Rdlr., saa at Værket i de Aar havde et Overskud paa 2792 Rdlr. Da Bruddet imidlertid ved Udgangen af Aaret 1789 laa inde med 46 766 Kubikfod (1403 m<sup>3</sup>) Sten til en Værdi af 14 179 Rdlr. var der et reelt Underskud paa 11 387 Rdlr. I det hele taget var det kun faa Aar, at Indtægterne dækkede Udgifterne, men Underskuddet var dog aldrig særlig stort.

I 1802 gik 825 Kubikfod (ca. 25 m<sup>3</sup>) til Danzig og 1806—07 mange Ladninger Broksten til Søbatterierne ved København; ogsaa til Arbejder ved Rønne Havn i 1793 benyttedes Nexø-Sandsten, samt til Opmuring af Rønne Kirkes Nordfløj. Til det i 1795 nedbrændte og i 1807 nedskudte København blev der ogsaa Afsætning for Bygningssten, idet der blandt andet ved Opførelsen af Domhuset paa Nytorv, det andet Kristiansborg og Frue Kirke anvendtes Sandsten fra Frederiks Stenbrud.

Da man i 1754 anlagde Frederiks Stenbrud, var Strækningen mellem Bruddet og Havet ganske lav og flad, og under Paalandsstorm maatte Arbejdet ofte standses, da Gruben fyldtes med Vand. Man byggede da her en Dæmning ved at aflæsse Jord og afrømmede Sandstensblokke. I 1815 havde man bygget en lav Lerdæmning i Bunden og paa denne en 5 m høj Stenforkastning ud mod Havet. Hele Anlægget var godt 5 m højt og ca. 3 m bredt, ikke desto mindre brød Havet næsten hvert Aar Hul i det.

En Ulempe ved Nexø-Sandstenen var, at visse af dens Lag var meget tilbøjelige til at smuldre, medens andre var særdeles modstandsdygtige mod Vejr og Vind, men man kunde desværre ikke paa Forhaand afgøre, om en udhugget Blok hørte til den ene eller den anden Type. Man maatte derfor oplagre Blokkene i to Aar, inden man turde sælge dem, for at være nogenlunde sikker paa, at de holdt sig. Næsten alle Bygnings- og Trappesten, Gulvfliser, Gravsten og Møllesten førtes til et Salgsoplag paa Marmorkirkepladsen i København.

I de første 50 Aar svarede Indtægterne saa nogenlunde til Udgifterne. Der var dog Aar, hvor man tænkte paa helt at nedlægge Foretagendet og om-danne Bruddet til Havnebassin, men der var ogsaa andre Aar, en Periode endda paa 30 Aar, hvor der var Overskud. Derefter gik det atter tilbage, vistnok fordi Granitbrydningen, der var begyndt 1819 og tog et stærkt Opsving omkring Aarene derefter, nu ganske tog Overhaand i Konkurrencen.

Endelig standsede Staten Driften helt i 1852. Bruddet løb fuld af Vand, og man solgte da hele Bruddet med dets anselige Jordtilliggende til private. I de første 12 Aar skiftede Ejendommen nu Ejere flere Gange, og Bruddet laa stille. Først i 1872 besluttede man sig til at genoptage Brydningen. Den da-værende Ejer OTTO HANSEN gik i Kompagni med to andre Mænd, nemlig de to Granitbrudejere Kapt. SONNE og PETER SODE. Man udbedrede Dæmningen og begyndte at opstille en Vindmølle til at pumpe Vandet ud af Kulen, men allerede inden man var færdig med Opstillingen, kom der en Stormflod, som ødelagde en Del af Arbejdet og bortskyllede en Del af Materialet. Man tog saa fat igen og anvendte nu en Pumpe, drevet af en Dampmaskine, fik endelig Bruddet tømt for Vand, udbedret Dæmningen, samt forstærket den med store Sandstensblokke og var kommet ret godt i Gang med Brydningen, da den berømte Stormflod Natten til den 13. November samme Aar, brød ind og ødelagde alle Sikringsforanstaltninger og atter fyldte hele Bruddet med Vand. Saa gav man op, og Bruddet laa de næste 50 Aar som en stille og saare idyllisk Sø.

Omkring 1918 begyndte saa igen 3 Mænd, V. LUND, FUNCH og Firmaet MAAG & MÜLLER, at genoptage Brydningen, men de kom snart til det Resultat, at skulde Foretagendet rigtig kunne betale sig, var det nødvendigt at faa Bruddet tømt, og at komme til at bryde nede i Bunden, hvor de bedst egnede Lag fandtes. I 1922 solgte de saa Bruddet til de forenede Granitbrud i Rønne. Man fik nu med delvis Støtte fra Staten udbedret og forstærket Dæmningen ud mod Havet, bl. a. med en Cementmur, der førtes op til en Højde af ca. 2 m over daglig Vande. Derpaa tømtes Bruddet atter for Vand og paa 50-Aars Dagen for Katastrofen i 1872 paabegyndtes Brydningen paany.

Der brydes nu fortrinsvis to Steder, nemlig i Bruddets nordvestlige Hjørne, (Lok. 207) og umiddelbart op til Væggen ud mod Havet (Lok. 205), hvor man i 1935 var nede i en Dybde af 12 m under daglig Vande. Ved Bruddet beskæftigedes i 1935 25 Mand, og Produktionen var 130 Kubikmeter om Aaret. Dertil kommer saa Fliser, Brokker etc., der udgør et meget betydeligt Tillæg til dette Tal. Man er nu kommet ud over det vanskelige Punkt at bestemme Blokkenes Holdbarhed, og Bruddets Ledelse hævder, at Nexø-Sandstenen er mindst lige saa vejrbestandig som andre Sandstensarter, der anvendes til Bygninger.

Af Bygninger i København, hvortil der i nyere Tid er anvendt Nexø-Sandsten fra Frederiks Stenbrud, nævner NØRREGAARD bl. a. (32) Pillerne i Stakittet omkring Kongens Have, Eliaskirken paa Vesterbros Torv, Unitarernes Hus paa Østerbrogade og Posthuset i Øster Allé ved Indgangen til Fælledparken.

Da »De forenede Granitbrud« i 1922 paabegyndte Opførelsen af den 300 m lange Betonmur i Havstokken, var der mange, som rystede paa Hovedet; at der var en ret betydelig Risiko forbundet med Foretagendet, var alle paa det rene med. Det lykkedes imidlertid at faa Dæmningen opført uden særlig store Angreb fra Østersøen, og derefter gav man sig til at tømme den flere Tønder Land store Sø for Vand samtidig med, at man tog alle de fra tidligere

Brydning ubrugelige Sten op af Bruddet og anbragte dem som Forkastning uden for Muren. Efterhaanden er der derved fremkommet store Arealer, hvorpaa der nu findes Oplagsplads, Huggeskure og Maskiner. Dæmningen maa nu antages at kunne modstaa ethvert Angreb fra Østersøen.

Selskabet ofrede omkring 100 000 Kr. paa at sætte Bruddet i Stand og har stadig anvendt betydelige Beløb til at undersøge, hvor mægtige Lagene er, og hvor de bedste findes. Undersøgelserne har vist, at der er praktisk talt udtømmelige Mængder af gode tykke Blokke, og endda er man ikke naaet Bunden. I de første Aar var der af de antydede Grunde ikke noget egentlig Overskud af Driften, men i de senere Aar har de moderne Anlæg og den stigende Efterspørgsel efter den smukke Sten bevirket, at det økonomiske Udbytte af Driften har været særdeles tilfredsstillende. Værdien af Produktionen ligger omkring 100 000 Kr. aarlig.

I 1916 foretog Staten paa Foranledning af Akademisk Arkitektforening og under Ledelse af Statsgeolog V. MILTHERS en Undersøgelse af Sandstensomraadet for at finde en Sandsten, der var tjenlig til Bygningssten. Undersøgelsen blev foretaget paa den Maade, at man sprængte sig nogle Meter ned i Klippen for at undersøge de underliggende Lags Beskaffenhed. Saadanne Forsøgssprængninger blev foretaget ved Aakirkeby, i Pedersker og ved Nexø. Undersøgelsen gav det Resultat, at der ved Aakirkeby og i Pedersker ikke fandtes brugbar Sten. I Nexø Egnen sprængtes der Forsøgshuller indenfor Langeskanse og paa Balkemark. Heller ikke her fandtes brugbare Sten. Undersøgelsen fortsattes i 1917, hvor man sprængte paa Krogsgaards Grund i Ibsker, og her fandt man en Sten, der var anvendelig og af samme Beskaffenhed som den i Frederiks Stenbrud. Disse Resultater falder ganske i Traad med, hvad man kunde vente efter de ved mine Undersøgelser vundne Resultater om de forskellige Sandstentypers Udbredelse. Thi Sandstenen i Frederiks Stenbrud hører til Type II, og denne findes kun i det østlige Omraade i større Mængde. Tæt under Jordoverfladen kan man kun vente at finde denne Type i den tektoniske Blok, der begrænses af de to VNV—ØSØ gaaende Forkastninger, der ligger henholdsvis langs Grænsen mellem Graniten og Sandstenen N. f. Frederiks Stenbrud, og fra Piledam i Retning mod Slamre. I denne Blok har vi Sandstenen lejret direkte paa Graniten, saaledes at Bundlaget, Type I, staar længst mod Vest, og Type II maa da danne Undergrunden i Terrænet Øst herfor. Da Lagene hælder mod Øst, maa man saaledes vente, at de samme Lag, som i Frederiks Stenbrud ligger i en Dybde af 10 m under Havoverfladen, Vest for Landevejen maa kunne brydes betydeligt nærmere ved Overfladen, hvilket stemmer med, at man har fundet en udmærket brugbar Sten ved Krogsgaard i Ibsker.

Hidtil er der dog ingen, der har prøvet paa at udnytte denne Sten, skønt Arealet har været udbudt til Salg, antagelig fordi det er tvivlsomt, om Udnyttelsen kan betale sig, idet den foran nævnte Prøvebrydning, der endnu kan paavises, viser, at man først skal fjerne mange Meter Afrømning og tynde Lag, inden man kommer til tykkere Lag.

Et andet Sted, hvor der synes at være nogen Mulighed for at finde en lignende Sten, er N. og Ø. for Slamrebjerg og maaske Vest for Bauneklint i Nylarsker, men Mægtigheden her er sandsynligvis ringere end i Nexø Egnen, og Lagene ved Bauneklint er sandsynligvis stærkt paavirkede af tektoniske Forstyrrelser.

Foruden i Frederiks Stenbrud brydes Sandstenen ogsaa flere andre Steder, dog kun til Vejmateriale, idet de kvartsitiske Typer af Nexø-Sandstenen er for

haarde til at kunne tildannes til Bygningssten. En Undtagelse danner dog en Bænk af en sort Kvartsit, der forekommer i Pedersker Kommunes Brud, Lok. 154 og i Bruddet ved Snøgebæk, Lok. 228, idet denne lader sig kløve i regelmæssige Blokke. Stenen er tillige af en overmaade smuk sort Farve, men lider dog af to Fejl. Den findes nemlig kun i en enkelt ca. 15—20 cm tyk Bænk, og selv om denne maa ventes at kunne findes i hele Omraadet med sorte Kvartsiter mellem Egby og Pedersker, vil det vanskeligt kunne betale sig at bryde den. Et andet Minus ved den er dette, at det ikke er helt sikkert, at den sorte Farve er holdbar i Lyset. Den sorte Farve skyldes for en stor Del bituminøse Stoffer, og man maa være forberedt paa, at den med Tiden afbleges og faar en lys chokoladebrun Farve. THORSEN (44) oplyser dog, at Sten fra Bruddet i Pedersker er anvendt ved Opførelsen af Posthuset i Rønne.

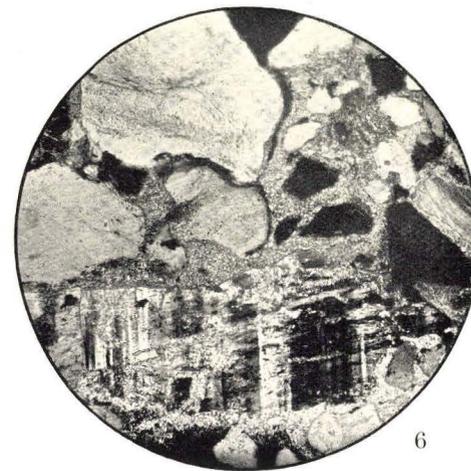
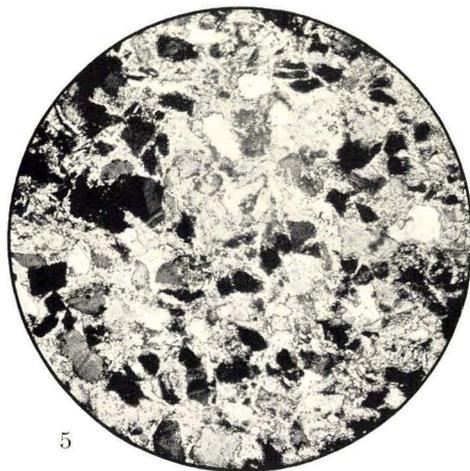
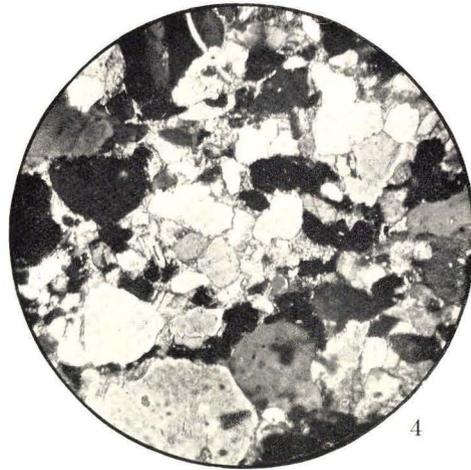
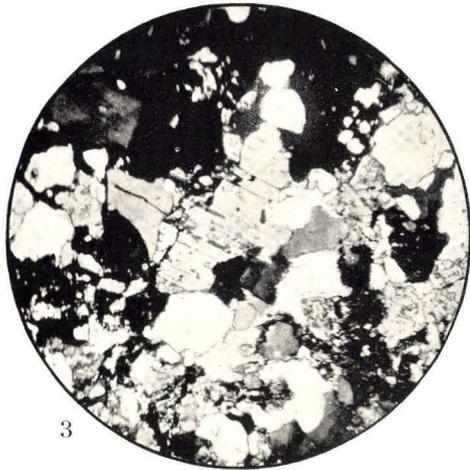
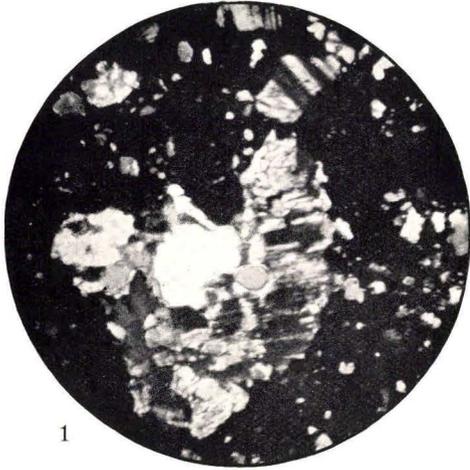
At de Grønne Skifre skulde kunne levere noget Bygningsmateriale, vilde man paa Forhaand anse for lidet sandsynligt. Imidlertid er hele den Del af Aa Kirke, der ligger Øst for Vaabenhuset, samt store Dele af den nu nedrevne Østermarie Kirke opført af en graagrøn Sandsten, som efter THORSENS Anskuelse er den samme som den, der ses i Grødby Aa ved Skovgaard (Lok. 145). De Prøver, jeg har haft Lejlighed til at se af Sandstenen fra Østermarie, er faktisk ganske petrografisk identiske med den Bænk af Sandsten Type XII, der ses paa Lok. 145, saa der er derfor nogen Mulighed for, at THORSENS Antagelse er rigtig. Dog synes det mig vanskeligt at tænke sig, at der ved Grødby Aa har været tilstrækkeligt Materiale til Opførelsen af to saa anseelige Kirkebygninger, men man har muligvis ogsaa anvendt Type XII fra andre Lokalteter.

# TAFELN

## Tafel I.

---

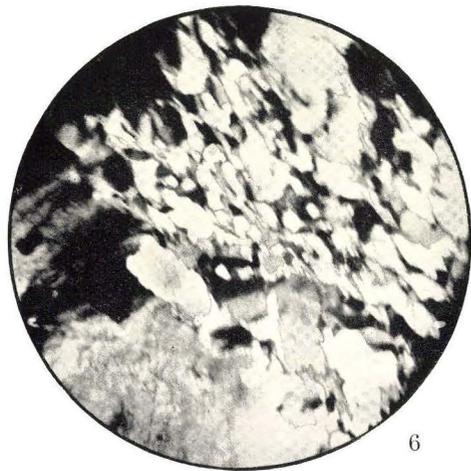
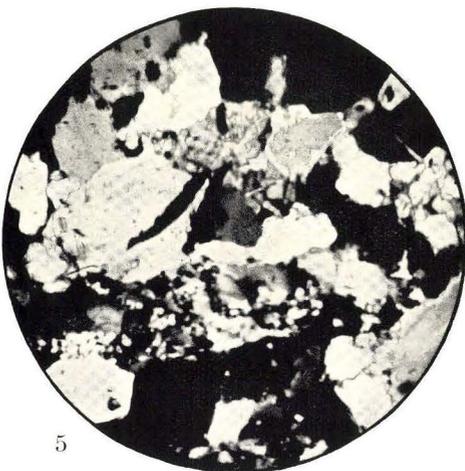
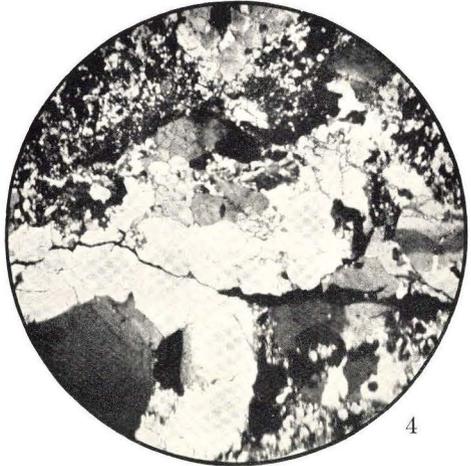
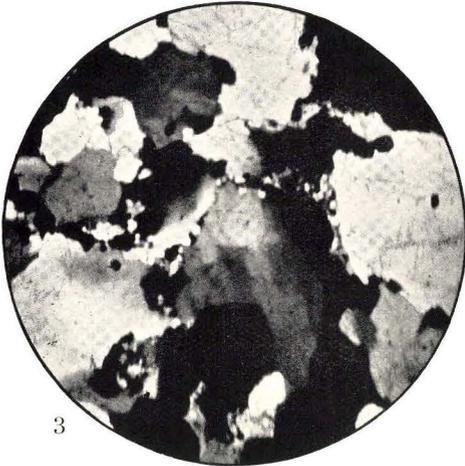
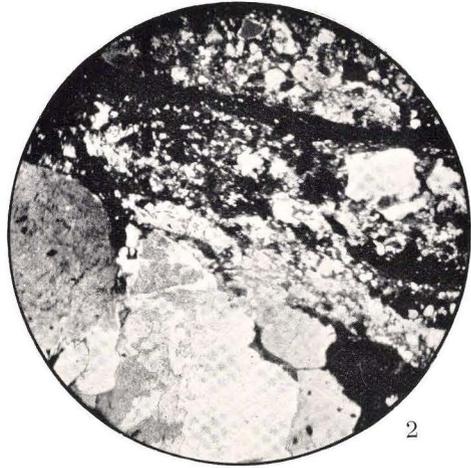
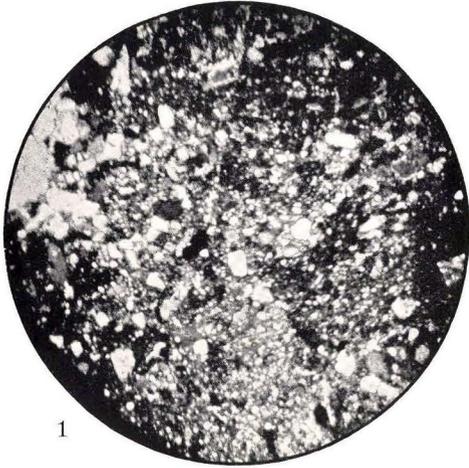
- Fig. 1. Granitbrocken in der roten Arkose, Type I. Læsaa, Lok. 62. Präp. 215. 10 ×. Nicol +.
- Fig. 2. Bruchstück von Granit mit granophyrischer Verwachsung von Quarz und Feldspat aus der roten Arkose, Type I. Læsaa, Lok. 62. Präp. 216. 10 ×. Nicol +.
- Fig. 3. Rote Arkose, Type I. Kantige Körner von Quarz und stark serizitiertem Feldspat in einer dunklen, undurchsichtigen Grundmasse. Blemmelyng, Lok. 1. Präp. 364. 15 ×. Nicol +.
- Fig. 4. Arkose, Type II, mit kantigen und kantenrunden Quarz- und Feldspatkörnern, Porenfüllungen von serizitischem Siallit und aggregatpolarisiertem Quarz. Frederiks-Steinbruch, Lok. 206. Präp. 287. 15 ×. Nicol +.
- Fig. 5. Graugrüner Sandsteinschiefer mit kleinen Quarz- und Feldspatkörnern in einer sehr glimmerreichen Grundmasse. Frederiks-Steinbruch, Lok. 207. Präp. 300. 30 ×. Nicol +.
- Fig. 6. Stark serizitisiertes Feldspatkorn aus der Arkose, Type II. Frederiks-Steinbruch, Lok. 205. Präp. 282. 50 ×. Nicol +.
-



## Tafel II.

---

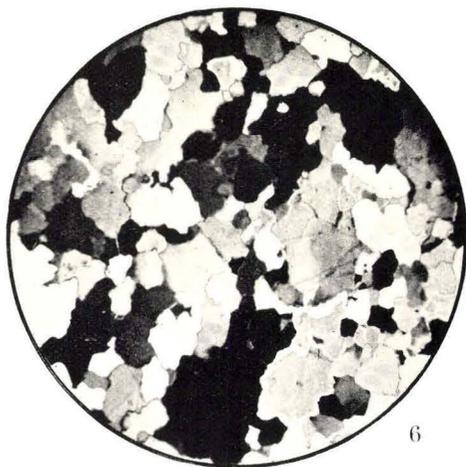
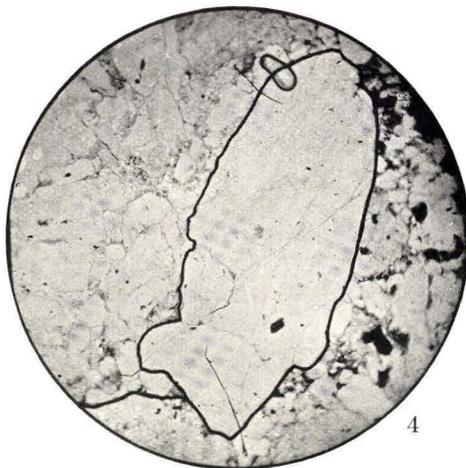
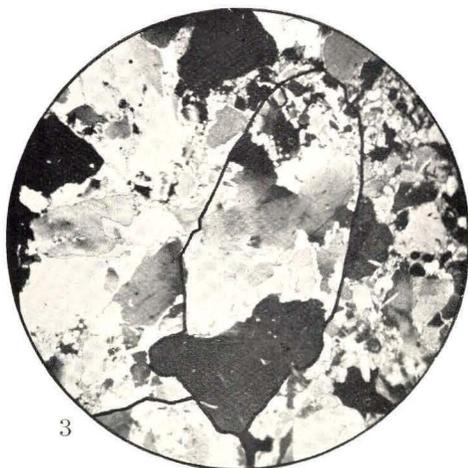
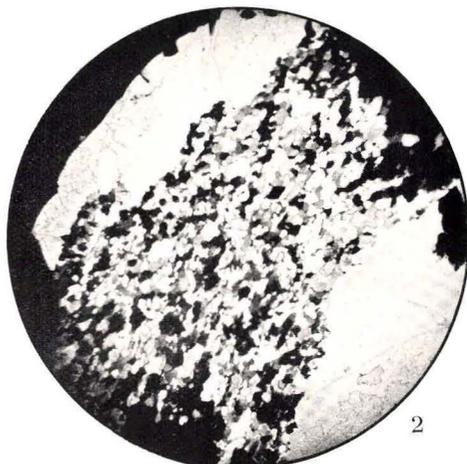
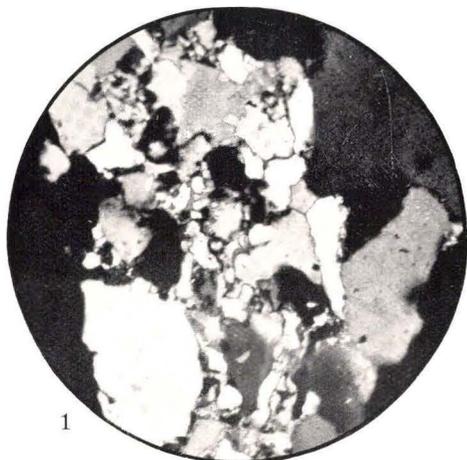
- Fig. 1. Der Bleigang in der Læsaa bei Spidlegaard. Feinkörnige Brekzie, imprägniert mit Bleiglanz. Lok. 63. Präp. 567. 25 ×. Nicol +.
- Fig. 2. Bleigang in der Læsaa bei Spidlegaard. Zu oberst sieht man das mit Bleiglanz imprägnierte Gestein, darunter das Nebengestein. Die Grenze ist hier recht scharf. Lok. 63. Präp. 568. 25 ×. Nicol +.
- Fig. 3. Quarzit mit undulöser Auslöschung und Überdeckungsinterferenzen. Weiße Arkose, Type III.  
Lok. 90. Präp. 444. 25 ×. Nicol +.
- Fig. 4. Gestein vom Bleigang in der Læsaa bei Spidlegaard. Hier ist auch das Nebengestein etwas brekziös und läßt dünne Trümmerzonen erkennen. Lok. 63. Präp. 569. 25 ×. Nicol +.
- Fig. 5. Weißer, arkoseartiger Sandstein mit authigener, sekundärer Kieselsäure und neugebildetem Quarz. Læsaa, Lok. 63. Präp. 217. 25 ×. Nicol +.
- Fig. 6. Brocken eines metamorphen Quarzits im konglomeratischer, weißer Arkose, Type III. Die kleinen Quarzindividuen zeigen fast alle undulöse Auslöschung.  
Steilhang bei Aakirkeby, Lok. 91. Präp. 576. 18 ×. Nicol +.
-



## Tafel III.

---

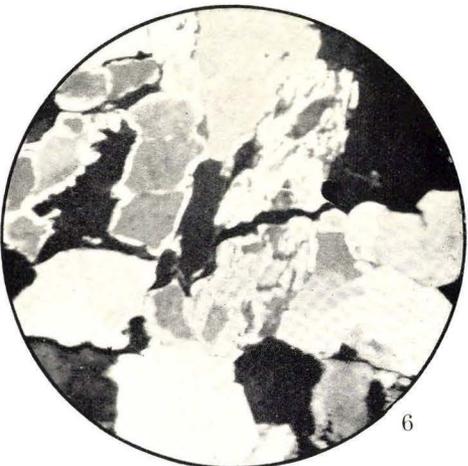
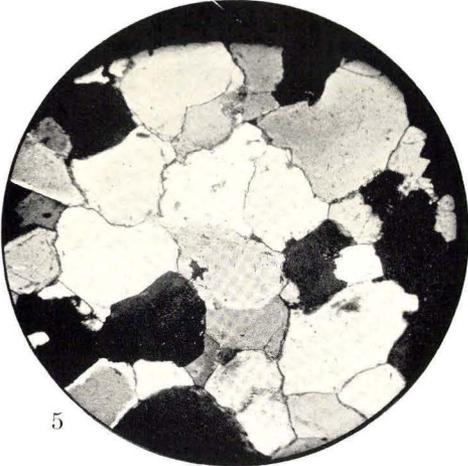
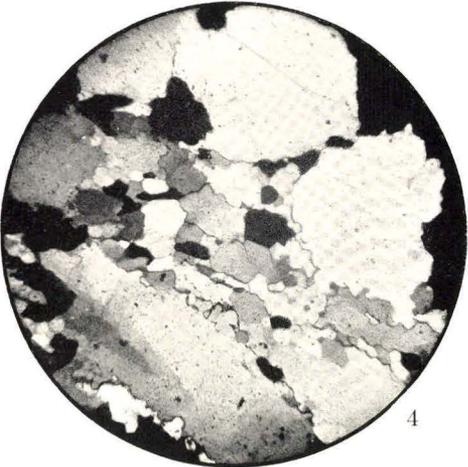
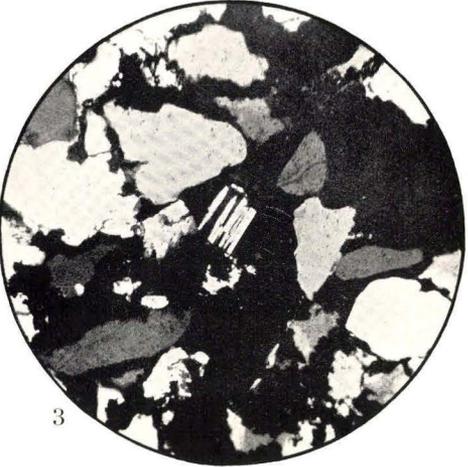
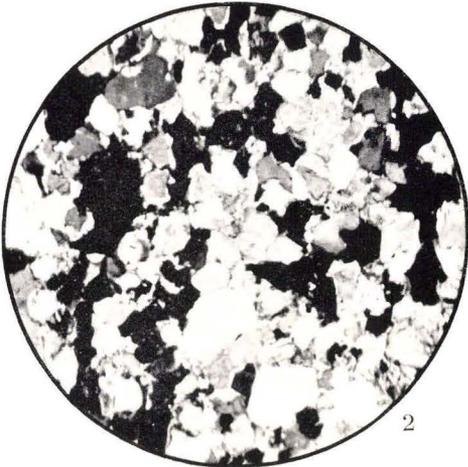
- Fig. 1. Sekundäre, authigene Kieselsäure und neugebildeter Quarz, ausgeschieden in blaugrauer Arkose, Type IV.  
Aaker Smaalyng, Lok. 116. Präp. 440. 60 ×. Nicol +.
- Fig. 2. Brocken von metamorphem Quarzit im Konglomerat der blaugrauen Arkose, Type IV. Die beiden weißen Felder sind Teile desselben Quarzkorns. Sie zeigen gleichzeitige, etwas undulöse Auslöschung und scheinen auch eine komplexe Struktur zu besitzen.  
Aaker Smaalyng, Lok. 117. Präp. 548. 15 ×. Nicol +.
- Fig. 3. Blaugraue Arkose, Type IV. Das große Quarzkorn zeigt einen sehr komplizierten Bau, was darauf hinzuweisen scheint, daß wir es hier mit einer intern verwitterten Arkose zu tun haben.  
Aaker Smaalyng, Lok. 117. Präp. 545. 10 ×. Nicol +.
- Fig. 4. Dasselbe Präparat wie Fig. 3. 1 Nicol.
- Fig. 5. Brocken von metamorphem Quarzit im Konglomerat der blaugrauen Arkose, Type IV.  
Aaker Smaalyng, Lok. 117. Präp. 546. 15 ×. Nicol +.
- Fig. 6. Quarzitbrocken im Konglomerat der blaugrauen Arkose, Type IV.  
Aaker Smaalyng, Lok. 117. Präp. 549. 15 ×. Nicol +.
-



## Tafel IV.

---

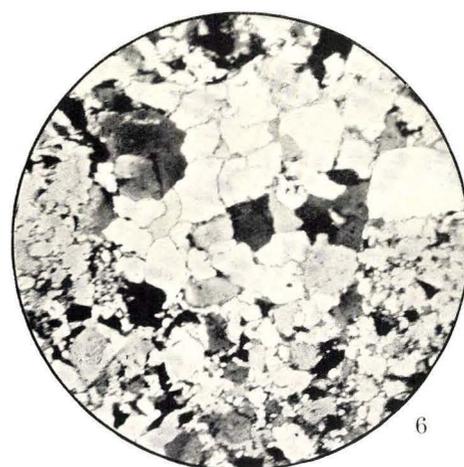
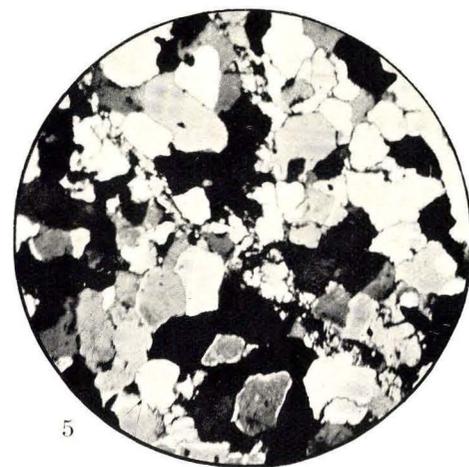
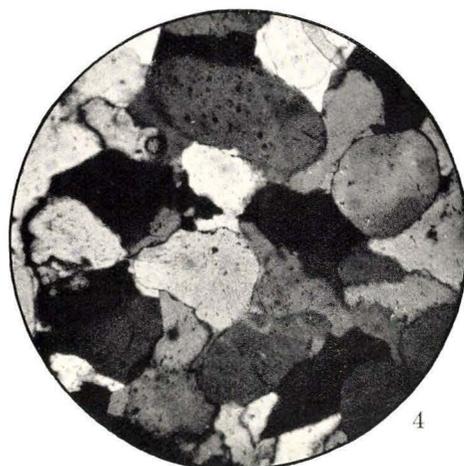
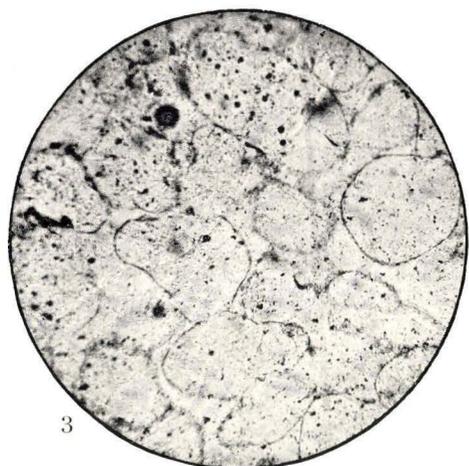
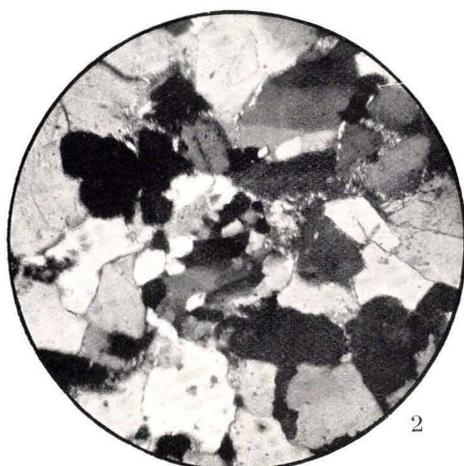
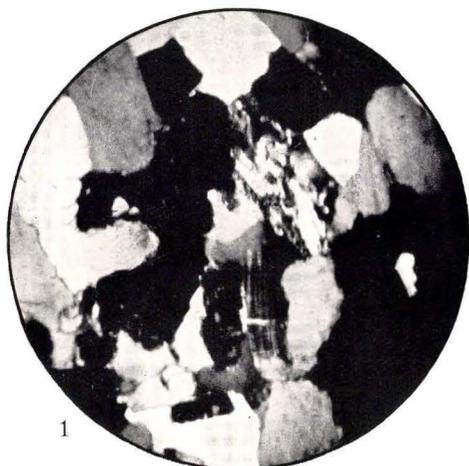
- Fig. 1. Sandstein der Lok. 197 am Slamrebjerg. Das Gestein weist dieselbe Mineralzusammensetzung und dieselbe Korngrößenverteilung auf wie Type II, jedoch fehlt das feine siallitische Pulver, und das Gestein ist stärker verkieselt.  
Präp. 331. 28 ×. Nicol +.
- Fig. 2. Gingham-Stein, Type V. Küste südlich von Nexö, Lok. 224.  
Präp. 310. 14 ×. Nicol +.
- Fig. 3. Gingham-Stein. Balkemark, Lok. 217. Die Mineralkörner liegen hier in einer roten, hämatitischen Grundmasse, die sehr stark verkieselt ist.  
Präp. 395. 50 ×. Nicol +.
- Fig. 4. Unregelmäßige Verwachsung und Ausscheidung sekundärer Kieselsäure in quarzitischem Sandstein. Küste südlich von Nexö, Lok. 223.  
Präp. 307. 60 ×. Nicol. +.
- Fig. 5. Weißer Quarzit, Type VI. Snogebæk, Lok. 230. Präp. 315. 30 ×. Nicol +.
- Fig. 6. Weißer Quarzit, Type VI. Balka, Lok. 226. Außer dem Quarz erkennt man ein abgerolltes Bruchstück eines verwitterten und stark verkieselten Feldspatkornes. Präp. 319. 25 ×. Nicol +.
-



## Tafel V.

---

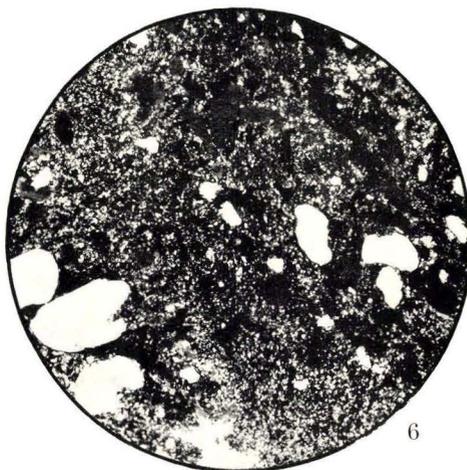
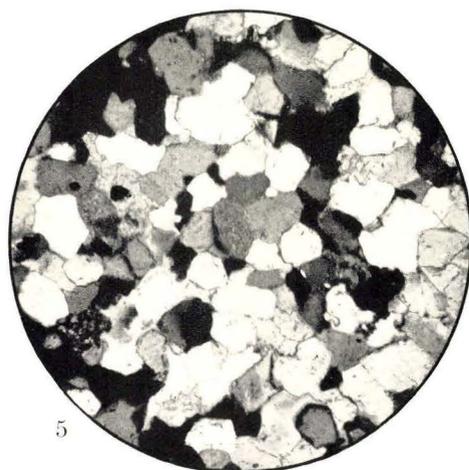
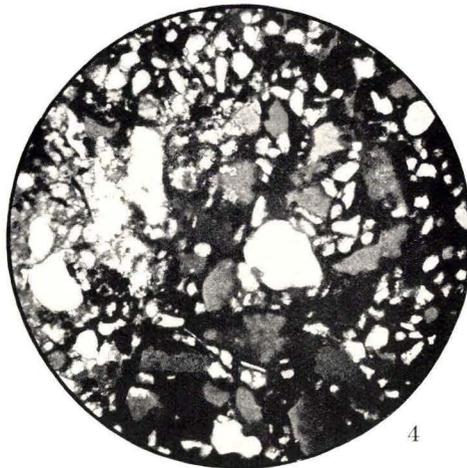
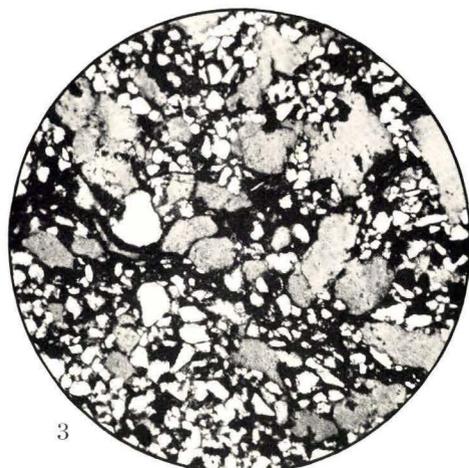
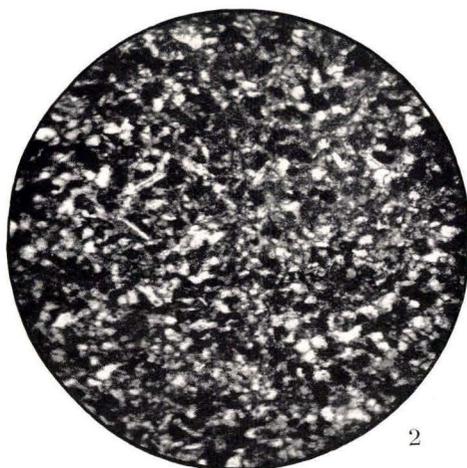
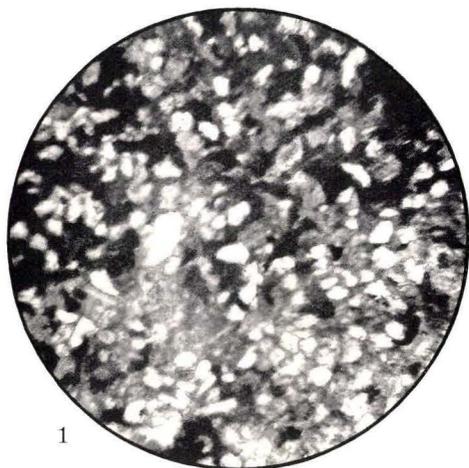
- Fig. 1. Weißer Quarzit, Type VI, mit Feldspatkörnern und sekundärer, authigener Kieselsäure.  
Langedeby, Lok. 211. Präp. 399. 25 ×. Nicol +.
- Fig. 2. Weißer Quarzit von unregelmäßiger Korngröße mit einem geringen Gehalt an einer feinen, siallitischen Substanz, sowie sekundärer, authigener Kieselsäure.  
Klippen, Nylarsker, Lok. 6. Präp. 410. 55 ×. Nicol +.
- Fig. 3. Schwarzer Quarzit, Type VII.  
Persker Smaalyng, Lok. 154. Präp. 407. 50 ×. 1 Nicol.
- Fig. 4. Das gleiche Präparat wie Fig. 3. Nicol +.
- Fig. 5. Schwarzer Quarzit, Type VII. Das Gestein ist etwas brekziös. Man erkennt die Trümmerzonen zwischen den größeren Körnern. Lilleaa, Lok. 29. Präp. 353. 20 ×. Nicol +.
- Fig. 6. Das gleiche Präparat wie Fig. 5. Die Trümmerzonen sind hier noch stärker ausgeprägt. 20 ×. Nicol +.
-



## Tafel VI.

---

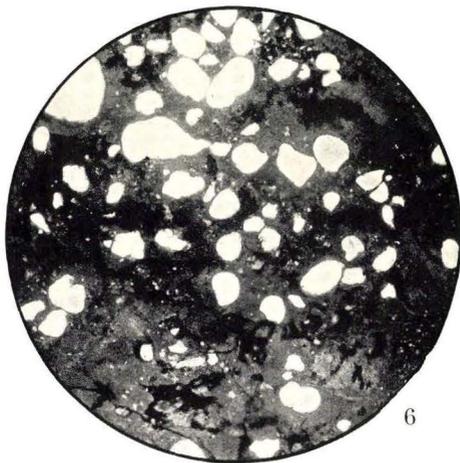
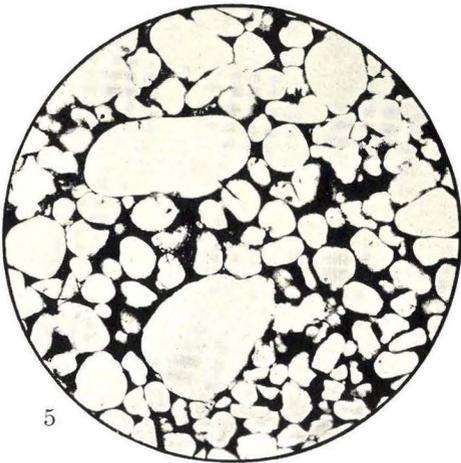
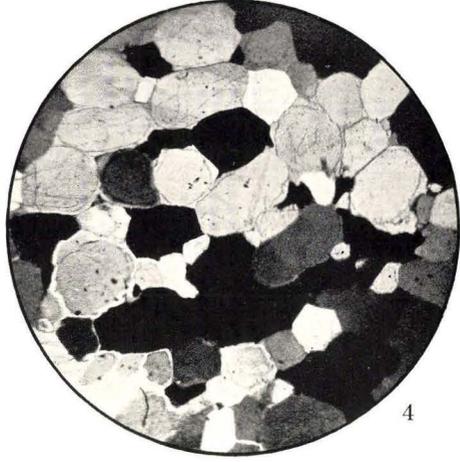
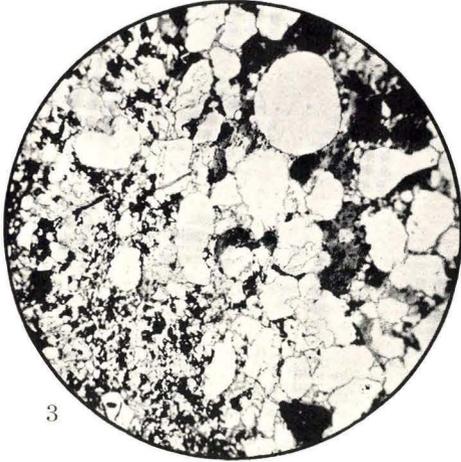
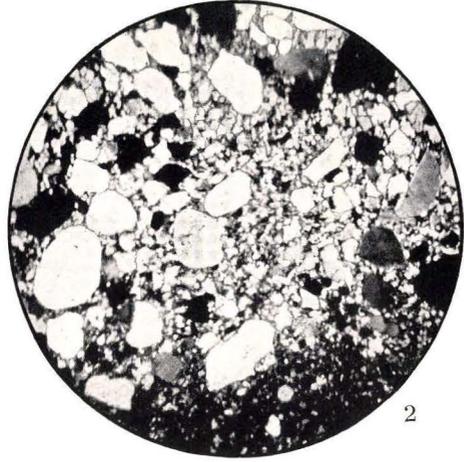
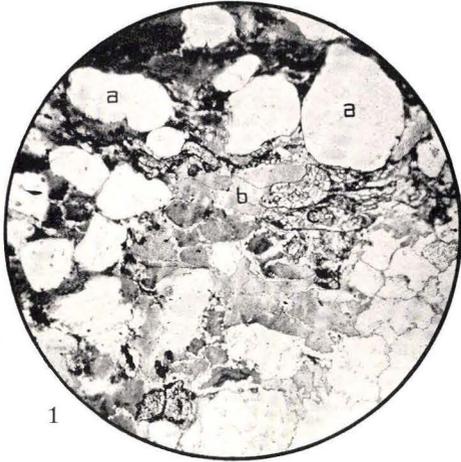
- Fig. 1. Grüne Schiefer, Type VIII, mit Kalkspat-Bindemittel. Julegaard Klint, Lok. 58. Präp. 357. ca. 50 ×. Nicol +.
- Fig. 2. Feinkörniger, grauer Sandstein, Type X. Der größte Teil der Körner ist kleiner als 0,02 mm.  
Grødbyaa, Lok. 126. Präp. 525. 40 ×. Nicol +.
- Fig. 3. Grüne Schiefer, Type IX. Die großen, grauen Körner bestehen aus Glaukonit.  
Øleaa, Lok. 173. Präp. 264. ca. 30 ×. Nicol +.
- Fig. 4. Phosphorit von der gleichen Lokalität wie der Schiefer auf Fig. 3. Die dunklen, grauen Körner bestehen auch hier aus Glaukonit.  
Präp. 527. ca. 30 ×. Nicol +.
- Fig. 5. Quarzitischer Sandstein, Type XII.  
Læsaa, Lok. 83. Präp. 536. 40 ×. Nicol +.
- Fig. 6. Die Untere Übergangszone der Grünen Schiefer. Einzelne größere Körner in feinkörnigem Schlamm; die schwarzen Partien sind Glaukonit.  
Øleaa, Lok. 170. Präp. 466. 10 ×. Nicol +.
-



## Tafel VII.

---

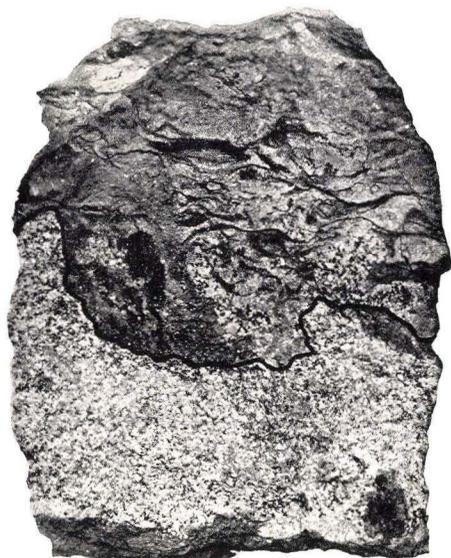
- Fig. 1. Die Untere Übergangszone der Grünen Schiefer. a. Quarzkörner. b. Glaukonitkorn. c. Kalkspatkörner, jedes aus mehreren Kalkspatindividuen zusammengesetzt.  
Øleaa, Lok. 170. Präp. 485. 20 ×. Nicol +.
- Fig. 2. Obere Übergangszone der Grünen Schiefer. Probe aus der Sandsteinbank, in welcher MOBERG Fossilien gefunden hat.  
Læsaa, Lok. 84. Präp. 538. 16 ×. Nicol +.
- Fig. 3. Obere Übergangszone der Grünen Schiefer. Die grauen Körner sind Glaukonitkörner.  
Læsaa, Lok. 85. Präp. 539. 16 ×. Nicol +.
- Fig. 4. Rispebjerg-Sandstein, Type XIII.  
Læsaa, Lok. 86. Präp. 451. 6 ×. Nicol +.
- Fig. 5. Rispebjerg-Sandstein. Phosphoritsandstein.  
Øleaa, Lok. 190. Präp. 272. 10 ×. 1 Nicol.
- Fig. 6. Rispebjerg-Sandstein, Type XIV. Phosphoritsandstein.  
Læsaa, Lok. 85. Präp. 245. 8 ×. 1 Nicol.
-



## Tafel VIII.

---

- Fig. 1. Oberfläche des Nexö-Sandsteins, Type II, im Frederiks-Steinbruch. Die Schichtfläche ist von einer Anzahl von unregelmäßigen Furchen durchsetzt, die vielleicht als alte Erosionsrinnen (Priele) aufzufassen sind. Das Material am Boden dieser Rinnen ist etwas gröber als außerhalb derselben.
- Fig. 2. Sandsteinbank aus den Grünen Schiefeln bei Limensgade, Lok. 87, von dem Wegeinschnitt südlich der Brücke. Im oberen Teil sieht man Gestein der Type XI mit unregelmäßiger, gewellter Streifung, im unteren Teil weißen Quarzit der Type XII. Die Grenze zwischen beiden Gesteinsarten ist scharf, aber im Verlauf unregelmäßig.
- Fig. 3. Weißer, quarzitischer Sandstein mit Wurmrohren und schwarzen Schlammfladen auf der Oberfläche. Steinbruch bei Snogebæk, Lok. 228.
- Fig. 4. Dasselbe Handstück von der Seite gesehen. Rechts zwei senkrechte Wurmrohren mit trichterförmiger Mündung. Die anderen Röhren sind teilweise zerstört.
-



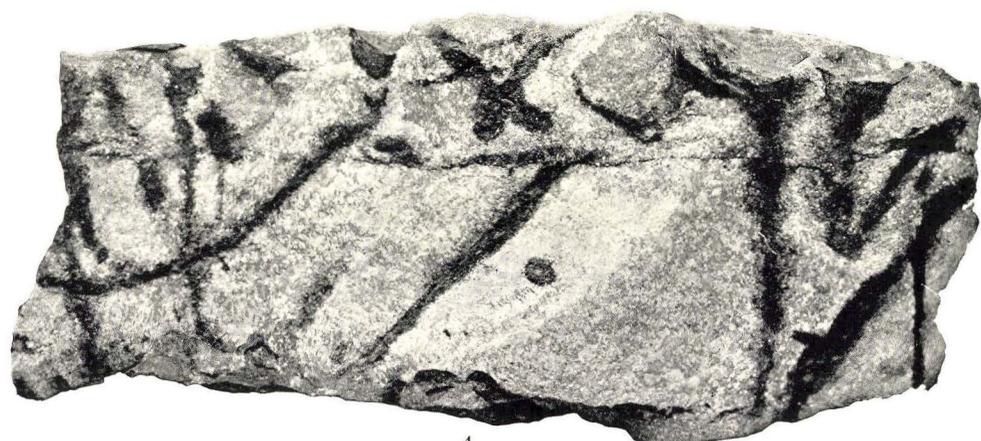
2



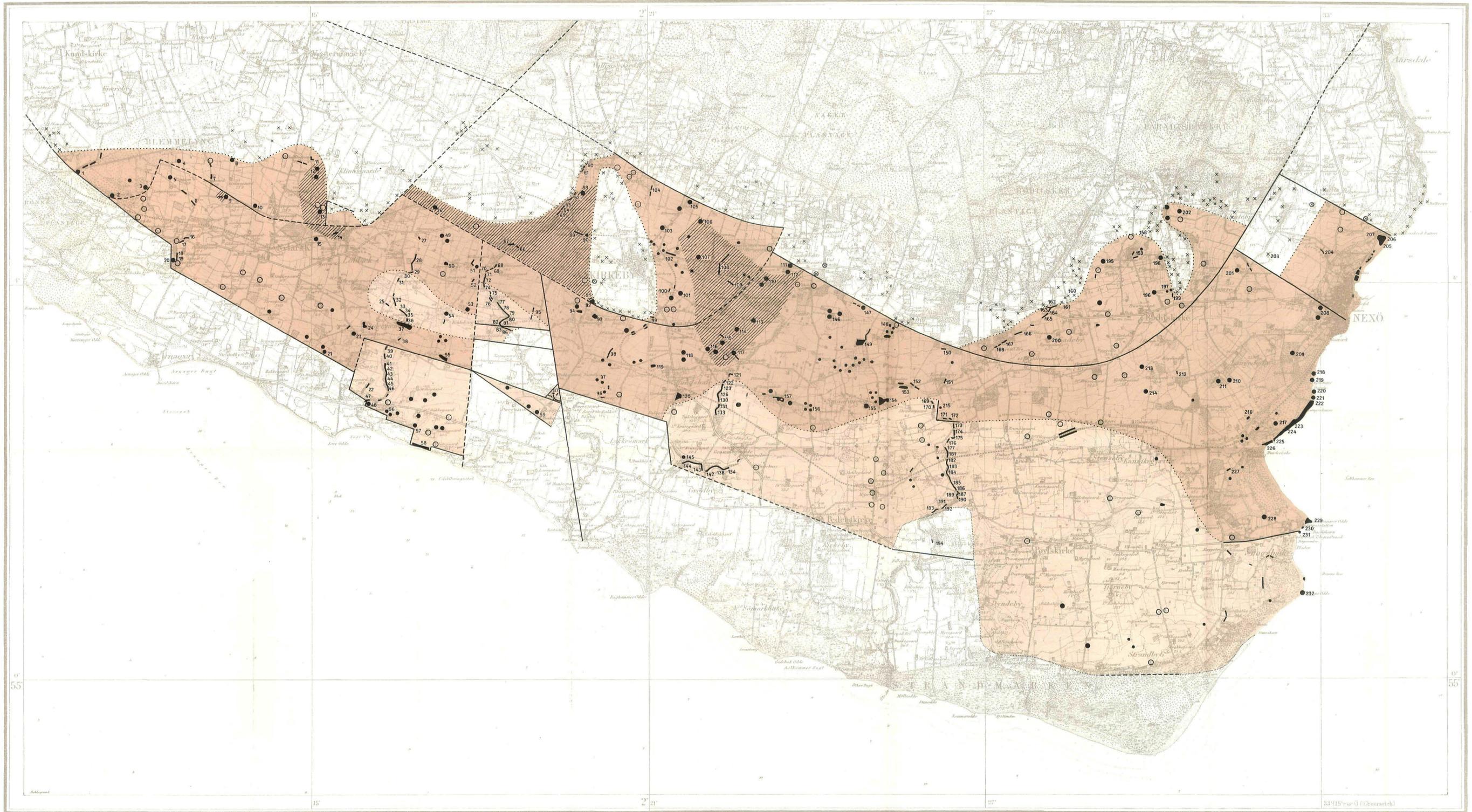
1



3



4



**Zeichenerklärung**

● Aufschlüsse	■ Nævø-Sandstein
○ Brunnen	■ Grüner Schiefer
× Granitufschlüsse	■ Nævø Sandstein
⊗ Granit in Brunnen	■ Nævø Sandstein
∨ Versenkungen	■ Nævø Sandstein
	■ Nævø Sandstein

1:40000

1000 m      0      1      2      3 km

Figur og tegning af Geologisk Institut, København 1929.