Sitzungsberichte
der
Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-physikalische Klasse
Jahrgang 1910, 15. Abhandlung

Meine Beobachtungen über den Sparagmit und Birikalk am Mjösen in Norwegen

von

A. Rothpletz

Mit 2 Tafeln

Vorgetragen am 3. Dezember 1910

München 1910
Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

DRUCKSCHRIFTEN

der

KGL. BAYER. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

(mathematisch-physikalische Klasse)

Die mit * bezeichneten Schriften sind zwar nicht in Sonderabdrücken erschienen, es kann aber das Heft der Sitzungsberichte, in dem sie gedruckt sind, zu 1 Mark 20 Pfg. bezogen werden.

In dem nachfolgenden Verzeichnisse ist A. = Abhandlungen, Sb. = Sitzungsberichte.

Bergeat, Alfr. Die äolischen Inseln. XX,1 1899 — 16 ℳ

Egger, Jos. G. Foraminiferen und Ostrakoden der Kreidebildungen in den bayerischen Alpen. XXI,1 1899 — 14 ℳ

Fraunhofer, Jos. Gesammelte Schriften. 1888 — 12 ℳ

Fuchs, J. Nep. Chemie und Mineralogie. Rede. 1824 — 60 ₰

— Theoretische Bemerkungen über die Gestaltungszustände des Eisens. VII, 1 1852 — 60 ₰

Glungler G., Das Eruptivgebiet zwischen Weiden und Tirschenreut und seine kristalline Umgebung 1905, 2. — 1 ℳ

Groth, Paul. Ueber die Molekularbeschaffenheit der Krystalle. Festrede. 1888 — 80 ₰

— Führer durch die Mineraliensammlung des bayerischen Staates. 1891. 8⁰ — 1 ℳ

*Gümbel, Karl Wilh. Ueber das Vorkommen des Antozon-haltigen Flussspathes bei Wölsenberg. 1863 I S. 301.

* — Ueber das fränkische Knochenbett des Keupers und seine Pflanzenschichten. 1864 I S. 215.

* — Vorkommen von unteren Triasschichten in Hochasien. 1865 II S. 348.

* — Ueber neue Funde von Gosauschichten und Vilserkalk. 1866 II S. 158.

* — Weitere Mitteilungen über das Vorkommen von Phosphorsäure in Schichtgesteinen Bayerns. 1867 II S. 147.

* — Ueber die geognostischen Verhältnisse des Montblanc nach Favre. 1867 II S. 603.

* — Ueber Pyrophyllit als Versteinerungsmittel. 1868 I S. 498.

— Ueber Gliederung der Procänschichten in Böhmen. X, 2 1868 S. 501 — 2 ℳ 60 ₰

* — Der Riesvulkan. 1870 I S. 153.

* — Ueber die Foraminiferen der Gosau- und Belemnitellen-Schichten. 1870 II S. 278.

* — Geognostische Verhältnisse des Ulmer Cementmergels und über seine Foraminiferen. 1871 S. 38.

— Sogenannte Nulliporen, I. Abtlg. Nulliporen des Pflanzenreichs (Litihothamnium). XI, 1 1871 S. 1 — 1 ℳ 50 ₰

— Desgl. II. Abtlg. Nullporen des Thierreichs (Dactyloporen). XI, 1 1871 S. 60 — 2 ℳ 40 ₰

* — Gletschererscheinungen aus der Eiszeit. 1872 S. 223.

Sitzungsberichte
der
Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-physikalische Klasse
Jahrgang 1910, 15. Abhandlung

Meine Beobachtungen über den Sparagmit und Birikalk am Mjösen in Norwegen

von

A. Rothpletz

Mit 2 Tafeln

Vorgetragen am 3. Dezember 1910

München 1910
Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

Einleitung.

Was soll man unter Sparagmit verstehen, hat das Wort einen rein petrographischen Sinn oder umfaßt es als stratigraphische Einheit eine Reihe verschiedenartiger Gesteine? Auf diese Frage wollte ich mir vor fünf Jahren in der Heimat des Sparagmites eine Antwort suchen, die ich bis dahin weder in den Lehrbüchern noch in den Museen hatte finden können. Da jedoch mein damaliger Besuch Norwegens in der Hauptsache andere Ziele verfolgte, so blieb für die Sparagmitfrage nicht mehr Zeit als zwei Tage übrig. Auf den Rat Prof. Bröggers ging ich an den Mjösen, wo nach Münsters geologischer Karte zwei verschiedenalterige Sparagmite und der sie trennende Birikalk zu sehen sein sollten, darüber der fossilfreie Quarzsandstein und die untercambrischen Olenellusschichten. Zuerst durchwanderte ich die Strecke Bröttum-Ring und sah in guten Aufschlüssen die zwei Sparagmitstufen und den Birikalk, aber für ihre Altersfolge fand ich keine Beweise. Das war am 16. August. Am 11. September stattete ich der gegenüberliegenden Seeseite einen Besuch ab und glaubte wahrzunehmen, daß der Birikalk dort nicht zwischen den zwei Sparagmiten, sondern konkordant auf dem Quarzsandstein liege und nur durch eine Schieferlage von diesem getrennt sei. Meine Beobachtungen waren mit der Münsterschen Auffassung nicht in Einklang zu bringen und ich verhehlte, nach Kristiania zurückgekehrt, meine Bedenken den Herrn Brögger, Reusch und Vogt nicht.

In dem Sparagmitconglomerat südlich von Bröttum hatte ich Kalksteingerölle mit Oolithen gefunden, die auf die Existenz

von Organismen hinweisen, die jedenfalls vor Ablagerung des Sparagmites gelebt haben müssen. Wenn dieser Sparagmit hier, wie Münster meint, wirklich die älteste Sedimentdecke über dem archäischen Grundgebirge ist, dann müssen jene Oolithe ein sehr hohes präcambrisches Alter haben und für den Paläontologen, der die Vorläufer der cambrischen Tiere und Pflanzen sucht, von ganz besonderem Wert sein. Gerade in diesem Punkte war ich aber sehr unsicher geworden und so kam es mir sehr erwünscht, daß Victor Moriz Goldschmidt im Auftrage der norwegischen geologischen Landesuntersuchung von diesem Gebiete eine neue Detailuntersuchung unternahm, die 1908 im Jahrbuch der Norges geologiske undersögelse veröffentlicht wurde. Dieser Arbeit ist eine geologische Spezialkarte im Maßstab von 1 : 60000 beigegeben, die gegenüber der Münsterschen Karte einen bedeutenden Fortschritt bedeutet. Leider aber bezieht sie sich fast nur auf die Ostseite des Mjösen und berührt die Westseite sehr wenig, wo nach meinen Erfahrungen der Schlüssel für die Stratigraphie und Tektonik verborgen lag.

Goldschmidt hat jedoch an der Münsterschen Stratigraphie keine wesentlichen Veränderungen vorgenommen, obwohl er einige Beobachtungen machte, die nicht mit ihr übereinstimmen, und obschon er, um sie dennoch aufrecht halten zu können, seine Zuflucht zu mehreren Verwerfungen nehmen mußte, die aber als solche nicht zu sehen sind. Meine Zweifel waren somit nicht beseitigt und gerne ergriff ich die günstige Gelegenheit, die der internationale Geologenkongreß in Stockholm mir in diesem Jahre gab, zu einem erneuten Besuche des Mjösen. Am 4. September traf ich in Gjövik ein in Begleitung des Bergbaustudierenden Kjörstad, mit dem ich dreizehn Tage lang beide Ufer des Mjösen bei Biri und Ring durchstreifte. Dem Professor Reusch und dem Direktor der Norges geographiske opmaaling verdanke ich die topographischen Karten 1 : 50000. Auf die Empfehlung des Prof. J. H. L. Vogt erhielt ich freundliche Unterstützung durch die Herren Dr. med. Markussen in Gjövik und Dr. Töning in Biri, durch dessen Ver-

mittelung ich Unterkunft in Biri im Hause der Frau von Enzberg fand. Ihnen allen, sowie dem Prof. Brögger und Herrn Goldschmidt spreche ich für das Interesse, das sie an meinen Untersuchungen genommen haben, meinen herzlichen Dank aus.

Zum besseren Verständnis des Lesers glaubte ich auf die Beigabe des geologischen Kärtchens 1 : 50000 nicht verzichten zu sollen, obwohl es ja in so kurzer Zeit nicht möglich war, eine Spezialkarte von diesem Umfange anzufertigen. Die Karte macht deshalb auch keinen Anspruch auf eine geologische Spezialkarte und auf Vollständigkeit der Eintragungen. Von vornherein habe ich darauf verzichtet, die Moränen der Glacialzeit und die postglacialen Seeterrassen, die meist bis über 60 m über den heutigen Seespiegel heraufgehen, zu kartieren. Diese Gebiete sind also weiß geblieben, aber ebenso auch diejenigen der älteren zutage gehenden Gesteine, die ich nicht selbst besucht habe. Die Karte gibt somit genau das Tatsachenmaterial an, auf die sich meine nachfolgenden Ausführungen stützen. Indessen habe ich aus der Goldschmidtschen Karte manche Eintragungen übernommen, die mir zur Ergänzung des Kartenbildes notwendig erscheinen. Diese Teile sind jedoch von den anderen durch Anwendung punktierter Grenzlinien deutlich unterscheidbar gemacht. Die topographische Unterlage ist zum Teil veraltet und auch der Verlauf der Höhenkurven ist an manchen Stellen unrichtig. Eine kleine Veränderung des Seeufers bei Moelven und, wo es recht unentbehrlich erschien, auch Eintragungen neuer Wege habe ich freihändig vorgenommen. Aber mit Bezug auf Lage und Anzahl der Häuser ist alles unverändert geblieben, obschon seit der topographischen Aufnahme dieses Blattes sich hierin sehr viel geändert hat.

I. Mein Reiseweg.

Ehe ich meine Ergebnisse in sachlicher Anordnung entwickle, möchte ich in Kürze den Weg schildern, auf dem ich jene in zeitlicher Aufeinanderfolge gewonnen habe. Wer nicht im Lande lebt, nicht in der Lage ist, Jahre hindurch Beob-

achtungen zu machen, und auch die vorhandene fremdsprachige Literatur nicht wie ein Einheimischer beherrscht, dem passiert es leicht, daß er leichtfertig oder rücksichtslos mit den Verdiensten Anderer umzugehen scheint und daß er Entdeckungen als die seinigen beschreibt, die in Wirklichkeit vielleicht schon uralt sind. Die vorhandenen geologischen Karten hatte ich mit mir und sie habe ich als den allgemein verständlichen Ausdruck des zurzeit vorhandenen stratigraphischen und tektonischen Wissens stets zu Rate gezogen. Von der Literatur hingegen konnte ich der Kürze der Zeit halber vor und während meiner Reise nur teilweise Einsicht nehmen. Ich beklage dies einerseits, aber anderseits glaube ich, daß, wenn man ausrückt um die Natur zu beobachten, ein allzugroßes literarisches Gepäck der Beobachtung leicht hinderlich werden kann. Nachträglich habe ich meine Literaturkenntnis zu vervollständigen gesucht und dabei vieles hinzugelernt. Wenn es gleichwohl so erscheinen mag, daß ich ältere Verdienste durch Unterlassung von Zitaten nicht genügend würdige oder manche wohlbekannte Dinge so erzähle, als ob ich sie zum erstenmal gesehen hätte, so bitte ich im Auge zu behalten, daß ich mir als Zweck dieses Aufsatzes nicht eine erschöpfende Behandlung der Sparagmitfrage gesetzt habe, sondern nur mitteilen will, was ich gesehen und zu welchen Schlußfolgerungen ich dabei gekommen bin.

Die Eisenbahn brachte mich mittags den 4. September nach Gjövik. Ich benutzte den Nachmittag zu einem Besuche der Vardaler Silurmulde, die nach Kjerulfs Karte von Ost nach West streicht, im Süden von Gneiß und Quarzit, im Norden aber von Sparagmit begrenzt wird. Das Auffällige dabei ist das Fehlen des Cambriums auf beiden Seiten und das Fehlen auch des Quarzites im Norden dieser Mulde, wodurch der ältere Sparagmit direkt an das Silur herantritt.

An der Fahrstraße von Gjövik nach Moelum steht zwischen Sogstad und Overby und bei Mashus Gneiß an, der von Granitgängen durchsetzt ist. Zwischen Jemtland und Mashus liegt an der Straße ein kleiner Aufschluß von schwarzem Tonschiefer

(wahrscheinlich cambrischer Alaunschiefer) und bei Oedegaard, wo die Karte schon silurischen Kalk angibt, steht der cambrische Quarzsandstein an (str. N 80° O, f. 20—30° N). Hier von der Straße nach Nord vorgehend fand ich zuerst noch Quarzsandstein, dann Moräne. Aber einige herumliegende Kalkblöcke machen es wahrscheinlich, daß der silurische Kalk unter der Moräne ausstreicht. Sobald man jedoch hinter den Hütten den Wald erreicht hat, trifft man da, wo die Karte bereits den Sparagmit angibt, Rundhöcker von Quarzsandstein und Quarzconglomerat, die sich von den feinkörnigen Quarzsandsteinen an der Straße petrographisch unterscheiden lassen, wennschon ich nicht sicher bin, ob man das Gestein wirklich als Sparagmit bezeichnen darf. Die Bankung tritt nicht deutlich hervor, doch glaubte ich ein ganz schwaches nördliches Einfallen wahrzunehmen. Unter Sumpf und Moränen verschwinden diese Rundhöcker allmählich ganz (Taf. II Fig. 7).

Folgt man dem Quarzsandstein an der Straße gegen Moelum, so stellt sich alsbald in dessen Hangenden der silurische Orthocerenkalk ein (str. N 70° O, f. mäßig nach N). Wir sind somit im flachfallenden Südflügel der Vardalmulde. Von hier ging ich quer zum Streichen gegen Norden am Gehänge herauf nach dem Gute Hage. In einer Breite von beinahe 500 m steht nur Orthocerenkalk an, der im Süden, wie schon erwähnt, flach nach N bzw. NW einfällt, rings um das Gut Hage aber völlig saiger steht. Wir hatten somit den Silurkern einer Mulde durchquert, deren Nordflügel vertikal, deren Südflügel flach nach N geneigt ist. Doch stellt sich letzterer gegen Westen steiler und fällt beim Gute Moelum bereits mit 70° nach N (str. N 80° W), wobei an der Straße im Liegenden des Kalkes noch etwas dunkle Tonschiefer zum Vorschein kommen (Graptolithenschiefer?). Die Kalksteine sind alle von Drucksuturen und Gleitflächen so stark durchsetzt, daß sie an Versteinerungen, die auf dem Querbruch deutlich sichtbar sind, keine brauchbare Ausbeute lieferten. Kjerulfs Karte gibt bei Moelum Silur, aber bei Hage schon den Sparagmit an, was sicher unrichtig ist, denn geht man von Hage noch weiter

auf dem von Moränen bedeckten flachen Bergrücken nach Norden vor, so stößt man alsbald von neuem auf saigeren Orthocerenkalk, der Rundhöcker bildet und ohne Zweifel die Existenz einer zweiten Silurmulde anzeigt.

Das Ergebnis dieses Ausfluges war somit erstens, daß bei Vardal statt einer zwei Silurmulden liegen, die zwar von West nach Ost streichen, aber trotzdem das Ufer des Mjösen nicht erreichen, zweitens, daß das Liegende dieser Mulden im Süden wahrscheinlich aus wenig mächtigem Alaunschiefer und Quarzsandstein, die direkt auf dem archäischen Gneiß aufliegen, besteht, während der „Sparagmit" im Norden anscheinend diskordant auf jenen zwei Silurmulden liegt. Die Ausdehnung dieser Decke gegen Westen ist auf Kjerulfs Karte sicher nicht richtig angegeben und bedarf einer erneuten Untersuchung.

Am 5. September fuhren wir von Gjövik nach Biri.

Die Fahrstraße läuft auf der alten Seeterrasse hin und schneidet nur ab und zu ältere Gesteine an. Der Braastadelv, den man überschreitet, hat sich tief in Sparagmit eingeschnitten, der flußaufwärts sich aus seiner horizontalen Lagerung flexurartig nach NW senkt. Sparagmit und mit ihm wechsellagernd feinstückiges Quarzconglomerat steht auch bei Braastadbakke an. Er streicht N 70° O und f. 25° nach Nord, ist aber von kleinen Verwerfungen stark durchsetzt. Von Kolberge und Fyristuen an stellt sich der Quarzsandstein ein mit erheblich steilerem Einfallen (50—60° NNW). Die feinsandigen quarzitischen Bänke zeigen ausgezeichnete Driftstruktur. Bei Slettum stehen diese Schichten schon senkrecht (str. N 70° O) und schließen noch Zwischenlager von stark verbogenen schwarzen Schiefern ein. Meine Beobachtungen stimmen hier mit den Angaben der Kjerulfschen Karte vollständig überein. Bemerkenswert ist aber die flache Lagerung des Sparagmites gegenüber der steilen Schichtstellung im Quarzsandsteingebiet, als ob ersterer wirklich wie eine Decke über letzterem liege. Der Stokkeelven hat sich in schwarze Tonschiefer eingeschnitten, die dunkle, von Trilobitenfragmenten erfüllte Kalkbänke und Kalkknollen einschließen, die dem Cambrium angehören. 500 m

hinter Sven steht grünlich-grauer, wahrscheinlich untersilurischer Schiefer an der Straßenböschung an, der in saigerer Stellung N 55° O streicht. In seinem Hangenden ragen, aber höher oben am Gehänge, wo die alte Straße liegt, die Orthocerenkalkbänke (N 50° O, f. 80° W) auf und sind durch einen großen jetzt verlassenen Steinbruch aufgeschlossen. Auch hier sind die festen Kalkbänke von Drucksuturen und Gleitflächen ähnlich wie bei Vardal netzförmig durchzogen, was auf starke mechanische Inanspruchnahme bei der Faltung und Aufrichtung hinweist. Bei Bäkkemellem folgt wieder steil NW fallender Quarzsandstein, der weiterhin am Skulhus nur noch mit 15—20° nach NNO geneigt ist. Die zwei in den See vorspringenden Felspartien bei Skulhusodden und nördlich von Skulhus bestehen aus denselben Schichten, die nun aber mit 70° nach SSW einfallen und zwischen sich eine flachere Landspitze mit Birikalk einschließen, der sich von da in weitem Bogen, den Höhenzug von Klundbyberget krönend, bis Krämmerodden hinzieht, wo er wieder an den See herabkommt, von dem liegenden Quarzsandstein nur durch eine ziemlich mächtige Schieferlage getrennt, die zuoberst zum Teil dolomitische Kalklagen und Linsen einschließt.

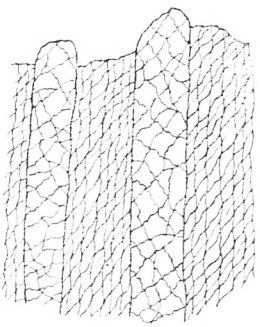


Fig 1. Orthocerenkalk im Kalkbruch bei Liers oberhalb Sven. Zwei bis 0,1 m dicke Bänke tonarmen Kalkes von netzförmig angeordneten Drucksuturen durchzogen. Die tonreicheren Kalkschichten durch nach zwei Richtungen verlaufende Tonhäute gemasert.

Dieser Tag bestätigte somit die Eindrücke, die ich 5 Jahre früher erhalten hatte, daß der Birikalk wie eine jüngere Formation konkordant auf dem älteren Quarzsandstein liegt.

Der folgende Tag war dem Klundbyberget und seiner Westseite gewidmet und ergab, daß im Birikalk recht verschiedenartige Gesteine zu unterscheiden sind, und daß der feste, zum Teil aber breccienartig verdrückte Bänderkalk von Krämmerodden als ein jüngeres Glied sich ausscheiden läßt, das von dem älteren eigentlichen und stark bituminösen Birikalkschiefer als Muldenkern eingeschlossen wird.

Das Gehänge nördlich von Biri und Vismundelven besuchte ich am Mittwoch und dabei fand ich, daß der eigentliche Birikalk zu zahlreichen, meist nach Süden überkippten, von O nach W streichenden Sättel und Mulden zusammengeschoben ist, im Höhenzug des Heggehaugen aber vollständig senkrecht aufgerichtet und auf der Nordseite von dem sog. älteren Sparagmit mit seinem großstückigen Conglomerat begrenzt ist, der das gleiche Streichen und Fallen zeigt, so daß er als die Unterlage des Birikalkes erscheint, wenn schon hier nirgends der unmittelbare Kontakt beider Gesteinsarten zu sehen ist.

Dem Studium des sog. jüngeren Sparagmites war der nächste Tag gewidmet. Es ergab sich dabei mit völliger Sicherheit, daß dieser mit sehr flacher, oft ganz horizontaler Lagerung auf den steil aufgerichteten Schichten des Birikalkes und des Quarzsandsteines am Lundeberget, Melbyaasen und Klundbystuen liegt, was zu der Schlußfolgerung zwingt, daß dieser Sparagmit entweder ursprünglich als ein viel jüngerer Absatz diskordant über jenen älteren und bereits gefalteten Schichten zur Ablagerung gekommen, oder daß er gleichen Alters wie der ältere Sparagmit ist und erst nachträglich durch tektonische Bewegungen über jene Schichten heraufgeschoben wurde.

Da nach der Karte von Björlykke im westlichen Gausdal alle diese Schichten viel flacher und ungestörter als bei Biri liegen, so daß ihre Aufeinanderfolge mit größerer Leichtigkeit festzustellen ist, und da dort das Silur in einer ganz anderen Facies wie bei Gjövik entwickelt ist, machte ich einen zweitägigen Abstecher nach Veisten. Die Reihenfolge, die ich hier am Evenvoldkampen, auf Högbrenna und nördlich von Bö antraf, war von unten nach oben: Sparagmit mit dem großstükkigen Conglomerat wie bei Biri, darüber Birikalk, etwas Quarzsandstein und Schiefer und dann völlig kalkfreie silurische Tonschiefer, die zuoberst viele Quarzsandschiefer einschließen. Ein jüngerer Sparagmit existiert hier also nicht und mit Ausnahme des Sparagmites besitzen alle stratigraphischen Horizonte eine ganz andere petrographische Beschaffenheit als weiter im Süden. Wir müssen somit darauf gefaßt sein, daß

auch am Mjösen ein und derselbe stratigraphische Horizont an verschiedenen Orten petrographisch verschieden entwickelt sein kann und daß aus petrographischer nicht ohne weiteres auch auf stratigraphische Verschiedenheit geschlossen werden darf.

Von Veisten verlegte ich mein Standquartier für fünf Tage nach Moelven auf der Ostseite des Mjösen. Mein erster Besuch galt dem Biskopaasen. Die Schichten des Sparagmites und seines Conglomerates, das im Haviker Eisenbahneinschnitt die Kalkstein- und Oolithgerölle enthält, sind zwischen Bröttum und Nordberg am Fuße dieses Berges steil aufgerichtet, während von halber Bergeshöhe an bis zum Gipfel des 400 m über den Seespiegel aufragenden Höhenzuges dieselben Sparagmite und Conglomerate ganz flach-muldenförmig ausgebreitet sind, ähnlich wie auf der anderen Seeseite bei Lundeberget und Melbyaasen, nur daß dort die Unterlage nicht auch aus Sparagmit sondern aus Birikalk besteht. Die nächsten Tage führten mich zum Syljuaasen und Lundshögda. Da fand ich wiederum den Sparagmit die oberen Teile dieser Höhenzüge aufbauend, aber die Unterlage besteht aus steil aufgerichtetem und gefaltetem Birikalk, während der Sparagmit der Höhe flachmuldenförmig gelagert ist und als Muldenkern Quarzsandstein trägt. Damit war mir bewiesen, daß erstens dieser Sparagmit nicht jünger sein kann als der andere bei Bröttum und zweitens daß die Diskordanz zwischen ihm und seiner Unterlage als eine Folge späterer Überschiebung zu deuten ist. Die Untersuchung der Umgebung von Moelven zeigte weiterhin, daß dort der Sparagmit und der Quarzsandstein in Wechsellagerung auftreten, wenn schon die Hauptmasse des Sparagmites in tieferem Horizonte liegt.

Ich war an diese dreizehntägige Untersuchung mit keinem bestimmten Programm herangetreten. Ich hatte zuerst immer den Maßstab der überlieferten stratigraphischen Gliederung angelegt und, nur dem Zwange der beobachteten Tatsachen nachgebend, habe ich diese Gliederung verändert. Das tiefste Glied der Sedimente ist eine mächtige Anhäufung von Sand und Geröllen, die im Norden neben Quarz auch sehr viel Feldspat

führen, gegen Süden immer feldspatärmer werden. Je nachdem können sie als Sparagmit und Quarzsandstein unterschieden werden. Darüber liegen im Süden die versteinerungsführenden cambrischen Schichten der Olenellus-, Paradoxides- und Olenus-Horizonte, auf denen das Silur ruht. Im Norden hingegen liegen auf jener eocambrischen Sand- und Gerölleablagerung direkt teils Tonschiefer teils die Birischiefer und zuoberst die Krämmeroddenkalke, aber alle drei Gesteine ohne bestimmbare Versteinerungen. Noch weiter im Norden endlich im Gausdal liegt über dem Eocambrium der Birikalk und Tonschiefer, der aber in seinen unteren und obersten Teilen viel Quarzsandablagerungen einschließt, während er in der Mitte frei davon ist und untersilurische Graptolithen führt.

Wo ein scheinbar jüngerer Sparagmit über dem Birikalk liegt, existiert eine konkordante Auflagerung nicht, sondern eine scharf ausgeprägte Diskordanz, die aber nicht als ein Beweis für das jüngere Alter dieses Sparagmites aufgefaßt werden kann, denn auch er ist von eocambrischem Quarzsandstein konkordant überdeckt. Sie ist vielmehr durch Überschiebung des eocambrischen Sparagmites über den jüngeren Birikalk erzeugt worden. Der Mangel deutlicher Versteinerungen im Birikalk kann ebensowenig für dessen präcambrisches als gegen sein cambrisches Alter sprechen, während die vollkommene Konkordanz der ganzen Schichtenreihe diesem Kalke entschieden seine Stellung im Cambrium anweist.

II. Zur Stratigraphie.

Auf den Entwickelungsgang, den die wechselnden Anschauungen über die Gliederung der Sedimentgesteine am Mjösen genommen haben, kann ich aus den in der Einleitung angeführten Gründen hier nicht eingehen. Es ist dies übrigens bereits durch Björlykke 1905 in Det centrale Norges Fjeldbygning geschehen. Als Ausgangspunkt für meine Erörterungen will ich nur die Gliederung anführen, die Münster und Goldschmidt ihren geologischen Karten zu Grunde gelegt haben.

Nach Münster		Nach Goldschmidt
Etage 4—3	4—3	Untersilurische Schiefer mit dem Orthocerenkalk (3 c γ)
Schichten der Primordialfauna	2—1 c	Cambrische Alaunschiefer
	1 b β 2	Olenellus-Schiefer
	1 b β 1	Sandsteinschiefer mit Kriechspuren
Quarzsandsteinformation	1 b α 2	Quarzsandstein
	1 b α 1	Roter und grüner Schiefer
Jüngerer Sparagmit	1 a γ	Jüngerer Sparagmit mit Conglomeraten
Birikalk	1 a β	Birikalk
Älterer Sparagmit im oberen Teil mit Conglomerat	1 a α 2'	Grobes Conglomerat („Biriconglomerat")
	1 a α 2	Rother Schiefer und Kalk
	1 a α 1	Älterer Sparagmit mit dunklen Schiefern

Mit Brögger kann man 1 a und 1 b α als Eocambrium, mit Björlykke auch als Präcambrium bezeichnen, während 1 b β—2 das Cambrium umfaßt. In 2 ist die Paradoxides- und Olenusstufe enthalten.

Im Süden unseres Gebietes liegt das ganze Cambrium normal und konkordant auf 1 b α. Nordwärts reicht es bis Evjeviken im Osten und Sven im Westen des Mjösen, Sven fällt aber nicht mehr auf unser Kartenblatt, das somit fast ganz von Eocambrium aufgebaut wäre. Im Norden dieser Karte fehlt nach Björlykkes Karte das Cambrium ebenfalls gänzlich, und das Untersilur müßte somit direkt auf dem Eocambrium liegen. Björlykke gibt von dort folgende Gliederung:

	Sandsteinschiefer und graue Tonschiefer
Etage 3—4	Dunkle Graptolithenschiefer
Quarzitformation	Grünliche Tonschiefer Blauquarz und heller Quarzit Grünlicher Tonschiefer Sparagmitsandstein Grauer und grünlicher Tonschiefer
	Birikalk
	Sparagmitformation

Wenn man Björlykkes Quarzitformation mit 1aγ und 1bα bei Goldschmidt und Münster identifiziert, so fehlt 1b—c und 2 im Norden vollständig und man muß eine Transgression des Untersilurs über das Eocambrium annehmen. Es ist aber weder eine Diskordanz noch ein Grundconglomerat zwischen Etage 3—4 und der Quarzitformation bisher beobachtet worden und bei Veisten habe ich nicht die geringste Andeutung einer solchen Transgression entdecken können. Es erscheint mir deshalb viel wahrscheinlicher, daß die Quarzitformation Björlykkes als eine besondere Facies das Cambrium vertritt und daß der der dort wenig mächtige Birikalk auch noch dazu gehört. Es ist nicht einzusehen, weshalb die reichen Einschwemmungen von Sand, Ton und Geröllen, welche das Eocambrium auszeichnen, mit Beginn des Cambriums plötzlich und überall gleichzeitig gänzlich aufgehört haben sollen. Wasser und Wind, welche diesen Transport vom Festland aus ins Meer besorgten, können ebensowenig wie das Festland mit einem Schlag allerorten verschwunden sein. Wohl begründet erscheint die Vermutung Bröggers, daß die allerdings sehr wenig mächtigen Sandablagerungen an der Basis der Paradoxidesstufe im Kristianiagebiet trotz mangels an Versteinerungen die Olenelluszone vertreten. Bei Evjeviken hingegen, wo die Olenellusschiefer vorhanden sind und auf Sandstein liegen, ist es klar, daß letzterer älter und als prä- oder eocambrisch aufzufassen ist, solange wenigstens als der Olenellushorizont als das tiefste Glied des Cambriums gilt. Wenn hingegen im Gausdal unter dem silurischen Graptolithenschiefer konkordant Tonschiefer in Wechsellagerung mit Sandstein liegen, dann darf uns der Mangel an Versteinerungen nicht abhalten, diese Schiefer und Sandsteine als die den Graptolithenschiefern zeitlich unmittelbar vorausgegangenen Ablagerungen anzusprechen, die somit entweder noch in der allerersten Silurperiode oder schon in der cambrischen Zeit zum Absatz gekommen sind. Und nur darüber bleibt Unsicherheit bestehen, wieviel von diesen fossilfreien präsilurischen Sedimenten noch zum Cambrium gehören und wohin die Grenze gegen das Eocambrium zu legen ist.

Wenn wir also die Entwickelung von Evjeviken und von Gausdal durch ein schematisches Profil miteinander in Verbindung bringen wollen, so würde das etwa so ausfallen:

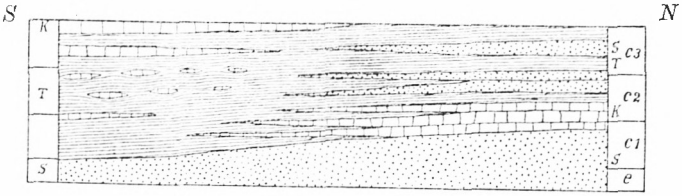


Fig. 2. Schematische Darstellung der obersten eocambrischen und der cambrischen Horizonte zwischen Gausdal und Evjeviken. e Eocambrium, c1 Olenellus-, c2 Paradoxides-, c3 Olenus-Stufe. S Sand-, T Ton-, K Kalkablagerung.

Hierbei kommt durch den Abstand der horizontalen Linien die Gleichheit der Zeiträume zum Ausdruck. Wenn man aber die Mächtigkeit der verschiedenen Sedimente veranschaulichen will, so würde dies etwa nach Art der Figur 3 darzustellen sein, weil die klastischen Elemente von Nord gegen Süden eingeschwemmt wurden und deshalb im Norden eine größere

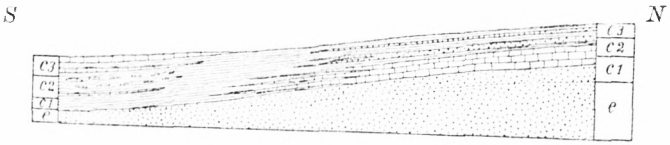


Fig. 3. Schematische Darstellung der Mächtigkeiten der Sand-, Ton- und Kalkfacies im Gebiet der Fig. 2. Bedeutung der Buchstaben wie oben.

Mächtigkeit erlangten als im Süden. Ein ähnliches Bild gäbe auch die profilmässige Darstellung des Untersilurs, wobei im Norden mächtige Tonschiefer und Sandschiefer, im Süden aber weniger Schiefer, dafür jedoch mächtige Kalke liegen, die sich gegen Norden auskeilen.

Daß eine solche Auffassung des Untersilurs nicht eine nur hypothetische ist, sondern den Tatsachen entspricht, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man die geologischen Karten von Kjerulf, Münster und Björlykke betrachtet und das Untersilur mit seinen mächtigen Kalkbänken vom süd-

lichen Mjösen westwärts und dann nordwärts über Torpen im Dokkatal nach Gausdal verfolgt, wobei die blauen, den Silurkalk anzeigenden Striche immer schmäler und seltner werden und bei Gausdal ganz verschwinden.

Schwieriger ist der Facieswechsel im Cambrium zu verfolgen. Münster hat es zwar im Dokkatal als Alaunschiefer unter dem Untersilur und über der Quarzsandsteinformation nachgewiesen, aber sobald man nach Gausdal herübergeht, fehlen diese cambrischen Schiefer mit einem Schlag und es treten die schon erwähnten fossilfreien Sandsteine und Schiefer an ihre Stelle. Dieser plötzliche Wechsel hängt vielleicht mit tektonischen Störungen zusammen. Ich ziehe es deshalb vor, den Facieswechsel nur in dem von mir untersuchten Gebiete darzustellen, weil mir da die tektonischen Verhältnisse besser bekannt sind. Bei Evjeviken liegt das Cambrium mit seinen drei Stufen ziemlich fossilreich über dem Quarzsandstein des großen Moelvengewölbes. Auf der entgegengesetzten Seite hingegen im Norden fehlen diese Schichten und statt dessen liegen über dem Quarzsandstein die Birikalke, die zwar mit den cambrischen Kalksteinen in Farbe und Bitumengehalt große Ähnlichkeit besitzen, aber doch krystalliner sind und des charakteristischen Alaunschiefers entbehren. Während im Süden die Kalke gegenüber den Alaunschiefern stark zurücktreten, herrschen im Norden die Kalke vor und kalkfreie Schiefer sind verhältnismäßig nur selten darin eingelagert. Das Merkwürdigste aber ist, daß hier bestimmbare Versteinerungen ganz fehlen, während solche im Süden nicht selten sind.

Hierin ist ohne Zweifel der Grund zu sehen, weshalb man dem Birikalk ein präcambrisches Alter gegeben hat und Kjerulf seine anfängliche, instinktiv das Richtige treffende Ansicht später geändert hat. Würde es gelingen cambrische Versteinerungen im Birikalk nachzuweisen, dann bräuchte man nicht mehr überall da, wo er in konkordanter Lage über eocambrischem Quarzsandstein liegt, eine Verwerfung anzunehmen, wozu Goldschmidt sich bei seiner Kartierung genötigt sah.

In Wirklichkeit hat dieser Mangel an Versteinerungen an

sich gar keine Beweiskraft für das Alter des Birikalkes. Kennen wir doch Kalksedimente genug in jüngeren Formationen, deren Zugehörigkeit durch die Untersuchung der Lagerungsverhältnisse völlig sichergestellt ist, ohne daß es bis jetzt gelang, diesen Nachweis durch Versteinerungen zu erhärten. Es steht aber fest, daß einerseits der so bitumenreiche Birikalk nicht ohne die Mitwirkung der Organismen zustande gekommen sein kann und anderseits, daß er seine jetzige kristallinische Struktur erst infolge späterer Umwandlung erhalten hat. Dabei sind wahrscheinlich die Versteinerungen undeutlich geworden oder verschwunden. Doch kann man Spuren derselben an geeigneten Stücken noch recht gut nachweisen, nur sind sie zu undeutlich, um eine spezifische Bestimmung zu ermöglichen. Gleichwohl ist es Goldschmidt gelungen bei Smedstadviken einen Olenellus Kjerulfi, nicht allerdings im Birikalk selbst, aber in einem grünlichen Tonschiefer nachzuweisen, der zwar nicht anstand, sondern nur einen großen Block bildete, der aber in seiner Lage nahe der Grenze zwischen Quarzsandstein und Birikalk weder durch Menschenhand noch durch Gletschertransport gekommen sein kann. Jedenfalls wurde er an einer Stelle gefunden, wo die Olenellusschiefer zu erwarten sind, wenn der Birikalk wirklich dem mittleren und oberen Cambrium angehört.

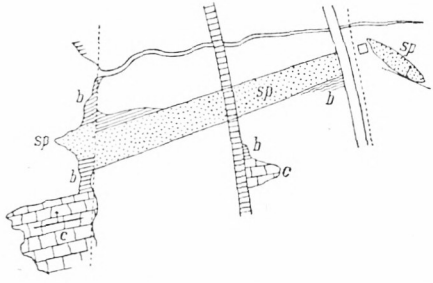


Fig. 4. Links das Seeufer, rechts die Fahrstrasse Moelven-Ring, in der Mitte die Eisenbahnlinie, im Norden der Smedstadelven. sp Sparagmit, c Quarzsandstein, b Birikalk. Die zwei N—S gerichteten punktierten Linien Querverwerfungen.

Die Schichtfolge ist am Seestrand bei Smedstadviken gut aufgeschlossen und läßt sich ostwärts über den Eisenbahneinschnitt bis zur Landstraße verfolgen. Alle Schichten streichen N 70° O. Im Süden liegt der Quarzsandstein, der am Ufer mit 45°, an der Eisenbahn mit 70—80° nach Norden einfällt. Darüber folgt am Ufer eine 50 m breite Zone von schiefrigem Birikalk, der in einer Breite von 10 m auch an der Bahnlinie aufgeschlossen ist und dort zunächst am Kontakt mit dem Quarzsandstein ebenfalls wie dieser steil nach Nord geneigt ist, dann aber vertikale Stellung annimmt. Im Norden dieses Kalkschiefers folgt ein etwa 50 m breites Sparagmitlager. Sein Kontakt mit dem Birikalk im Süden ist nicht aufgeschlossen, so daß es ebensowohl ein normaler als ein durch eine Verwerfung bedingter sein kann. Überlagert wird dieser Sparagmit konkordant von Birikalk, der sich von da bis zur Halbinsel Helgeberget ohne Unterbrechung verfolgen läßt, wo er dann von dem Krämmeroddenkalk überlagert wird, der muldenförmig in ihn eingefaltet ist. Er streicht in den See hinein und auf der gegenüberliegenden Seite bei Krämmerodden kommt er wieder zum Vorschein. Hier liegt er aber nicht auf dem Birikalk sondern auf schwarzem alaunschieferartigem Tonschiefer, der nur in den obersten Lagen dünne Kalklagen und rundliche Kalklinsen einschließt, so daß diese Schichten, obwohl Versteinerungen nicht darin zu finden waren, doch vollkommen an die petrographische Entwickelung des Cambriums bei Sten erinnern. Aber zugleich haben sie auch Beziehungen zu dem Birikalk, der bei Helgeberget unmittelbar im Liegenden der Krämmeroddenkalke ebenfalls rundliche Kalklinsen enthält. Es hat den Anschein, als ob die Birikalkfacies gerade im Mjösen in die Alaunschieferfacies übergehe.

Diese Alaunschieferfacies von Krämmerodden läßt sich auf der ganzen Ostseite des Klundbyberget bis Skulhus ohne Unterbrechung verfolgen. Sie bildet die Zwischenlage zwischen dem eocambrischen Quarzsandstein und dem hellbankigen Krämmeroddenkalk. Ihre Mächtigkeit ist nicht mit vollkommener Sicherheit festzustellen, beträgt aber jedenfalls bis zu 100 m, vielleicht auch mehr. Der Krämmeroddenkalk bildet bei Skulhus

eine deutliche, etwa 150 m breite Mulde, dementsprechend kommen dort die liegenden schwarzen Schiefer zweimal zum

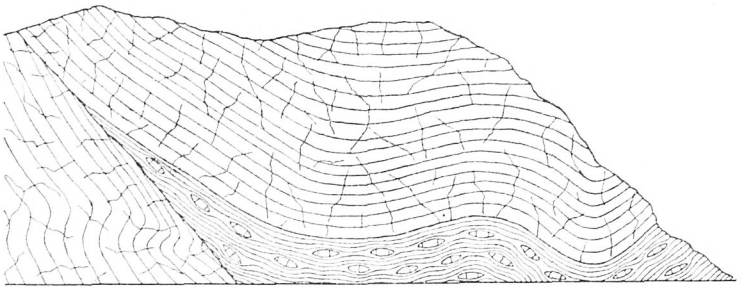


Fig. 5. Uferfelsen auf der Südseite des Helgeberget. Birikalkschiefer mit rundlichen Kalklinsen ist von festen Bänken des Krämmeroddenkalkes überlagert.

Ausstrich, einmal als Fortsetzung des Krämmeroddenflügels im Nordosten, das andere Mal als Gegenflügel im SW des Skulhus. Dieser Gegenflügel verschwindet jedoch alsbald unter der Sparagmitdecke von Klundbystuen und da, wo er weiter im NW unter dieser Decke wieder zum Vorschein kommt, hat er sich bereits in die Birikalkfacies umgewandelt, die nun ausschließlich auf der Westseite der Mulde vorherrscht und nur bei Horne wieder der Alaunschieferfacies Platz macht. Weiter im Norden beiderseits des Mjösen herrscht ausschließlich die Birikalkfacies, wenn schon untergeordnet zwischen den dunklen bituminösen Kalkbänken und -schiefern auch Schieferlagen vorkommen, die ganz oder fast ganz kalkfrei sind und somit wieder an die Alaunschiefer erinnern. Die Mächtigkeit dieses Birikalkes läßt sich nicht bestimmen, weil jüngere Schichten in den engen Falten nicht miteingeschlossen sind und er selbst in der vielfältigsten Weise zusammengestaucht ist. Nur bei Helgeberget und Klundbyberget ist der jüngere Krämmeroddenkalk miteingefaltet, aber da fehlt uns das Liegende des Birikalkes. Im Norden aber, wo als Liegendes bei Biskopaasen und Heggehaugen der Sparagmit unter dem Birikalk liegt, fehlen die jüngeren Ablagerungen über diesem. Gleichwohl habe ich den Eindruck gewonnen, daß dieser Kalk wohl mindestens 200 m mächtig sein muß.

Von Biri zieht sich diese Facies nach der Münsterschen Karte nordwestwärts fort bis Gausdal, aber dort ist ihre Mächtigkeit schon um über die Hälfte geringer geworden. Dafür stellen sich darüber Quarzsandsteine ein, ganz vom Charakter der eocambrischen, die im Süden unter dem Birikalk liegen. Im westlichen Gausdal ist deren Mächtigkeit noch recht gering, aber nach der Karte von Björlykke nehmen sie gegen Norden immer mehr an Dicke zu, während der Kalk an Mächtigkeit abnimmt.

Fig. 6. Schematische Darstellung der Mächtigkeiten der Sand-, Ton- und Kalkfacies im Eocambrium, Cambrium und unteren Silur.

Wir können uns diese Faciesverhältnisse in einem Profil etwa durch Fig. 6 veranschaulichen. Die eocambrischen, von Norden her eingeschwemmten Schuttmassen nehmen an Mächtigkeit gegen Süden ab. Mit Beginn des Cambriums wird die Zufuhr viel geringer, im Süden setzen sich vorwiegend nur Tone mit Kalkstein, in einer mittleren Zone vorwiegend Kalksteine ab, die aber stets einen nicht unerheblichen Zusatz von Quarzsand haben und gegen Norden an Mächtigkeit abnehmen. Im Norden hingegen bleibt die Zufuhr von Sand und Ton bedeutend, die zur Bildung von Sandstein und Tonschiefer führen, sich gegen Süden aber im Gebiet der Kalkfacies allmählich verlieren. In früher Silurzeit blieben die Verhältnisse ähnlich. Im Süden herrschen Kalksedimente, in der Mitte Ton und im Norden Sand vor.

Die hier entwickelte stratigraphische Auffassung beruht nicht auf theoretischen Spekulationen, sondern gibt nur das Bild wieder, das ich bei meinen Aufnahmen im Felde gewonnen habe durch das Studium und die Zusammenstellung der Einzelprofile. So wenig Rücksicht habe ich dabei auf theoretische Spekulation genommen, daß ich es wohl begreifen

könnte, wenn gerade von spekulativer Seite aus meiner Auffassung ein Widerstand erwüchse. Es kann nemlich ein solcher darin gesucht werden, daß während im Silur die Kalkfacies reich, die Tonfacies arm und die Sandfacies leer an Versteinerungen ist, umgekehrt im Cambrium der Fossilreichtum an die Tonfacies, die Armut an die Birikalkfacies gebunden sein soll. Allein dieser Widerspruch ist doch nur ein scheinbarer. Ein Unterschied zwischen Silurkalk und Birikalk besteht allerdings in der Fossilführung, aber zugleich auch darin, daß jener stets sandfrei ist, während der Birikalk meist Quarzsandkörner führt, häufig sogar in solchen Mengen, daß man oft versucht sein könnte von kalkigem Sandstein zu sprechen. Der hohe Bitumengehalt des Birikalkes beweist zwar ein reiches organisches Leben im Birikalkmeere, aber der viele Sand scheint versteinerungsfähige Organismen teils nicht begünstigt teils deren Reste zerstört zu haben, so daß sie jetzt nur noch als undeutliche Fragmente erhalten geblieben sind, deren Erkennbarkeit durch die starke mechanische Inanspruchnahme, welche gerade diese Kalke später erfahren haben, außerdem noch gelitten hat. Doch wäre es ein Irrtum, wenn man glauben wollte, daß die Alaunschiefer mit Bezug auf Versteinerungsreichtum sich sehr von den Birikalken unterscheiden. Es ist ja bekannt, daß man in ihnen meistenteils gar keine Fossilien findet und daß sich dieselben erst da einstellen, wo innerhalb des Schiefers Kalklager oder Linsen auftreten. Doch auch diesen Kalken, welche also als eine lokal entwickelte Kalkfacies zu gelten haben, die frei von Quarzsand ist, fehlen in vielen Lagen die Versteinerungen ganz oder sie sind doch recht selten. Und gerade diese Kalke haben mit dem echten Birikalk petrographisch eine recht große Ähnlichkeit, so daß man einzelne Handstücke derselben ganz gut mit solchen des Birikalkes verwechseln könnte.

Den Krämmeroddenkalk habe ich als eine Bildung bezeichnet, die jünger ist als der eigentliche Birikalk, weil man seine Auflagerung auf diesem sehr deutlich wahrnehmen kann. Petrographisch unterscheiden sich beide so auffallend, daß ihre Trennung sehr leicht fällt.

Der Krämmeroddenkalk ist hellfarbiger als der Birikalk, zum Teil sogar rötlich, ganz dicht, fest gebankt und führt niemals Quarzsandkörner. Er ist auch nicht bituminös. Eine gewisse Ähnlichkeit hat er hingegen mit dem Orthocerenkalk und jedenfalls sieht er ihm ähnlicher als irgend einem anderen Kalkstein in der Umgebung des Mjösen. Da er außerdem entweder auf den Alaunschiefern oder auf dem Birikalk liegt, so ist schon dadurch eine Altersbeziehung zum Silur gegeben und ich bin geneigt in ihm, wenn auch nicht gerade einen Vertreter des Orthocerenkalkes, so doch eine Ablagerung der Silurzeit zu sehen.

Es bleibt nun noch die Gliederung im Eocambrium und die Altersbeziehungen des Quarzsandsteines zum Sparagmit zu besprechen übrig. Bei dem vollständigen Mangel an Versteinerungen kann es sich hierbei nur um eine petrographische Gliederung handeln. Die Gesteine bestehen aus Schiefern, Sandsteinen und Conglomeraten, die aber ziemlich regellos miteinander wechsellagern. Das sog. Biriconglomerat scheint allerdings nördlich von Biri, wo es bis zu 120 m mächtig ist, und bei Bröttum, sowie im Gausdal einen gleichen Horizont unterhalb des Birikalkes einzunehmen, aber andere Conglomerate liegen entschieden tiefer, manche sogar zuunterst d. h. so tief als die Aufschlüsse überhaupt in den Sparagmit herabreichen. Innerhalb der Sandsteine besteht wohl der Unterschied zwischen den feldspatfreien Quarzsandsteinen und den feldspatreichen Sparagmiten, aber man trifft gar oft feldspatarme Sandsteine, bei denen es unsicher bleibt, in welche der beiden Abteilungen sie zu stellen sind.

Im allgemeinen läßt sich feststellen, daß der Sparagmit im Norden, der Quarzsandstein im Süden unseres Gebietes vorherrscht. Bei Gausdal ist der Sparagmit in einer Mächtigkeit von mindestens 300 m aufgeschlossen. Er besteht vorwiegend aus Sandstein. Ein mächtiges Conglomerat ist in seiner oberen Partie, aber nicht ganz zu oberst eingeschaltet. Schiefer kommen auch vor, aber durchaus in kleinen Mengen. Ob alle Sandsteine Sparagmite sind, habe ich festzustellen keine Zeit ge-

habt, aber an von den Wänden herabgebrochenen Blöcken glaubte ich auch einige so feldspatarme zu sehen, daß sie kaum noch den Namen Sparagmit verdienen. Ganz sicherer Quarzsandstein stellt sich dort aber erst über dem Birikalk ein und er gehört deshalb nicht mehr zum Eocambrium. Bei Moelven hingegen ist die Wechsellagerung der einen mit der anderen Gesteinsart recht gut wahrzunehmen. Der Kern des dortigen Gewölbes ist Sparagmit mit vielen und zum Teil über kopfgroßen Geröllen von Quarz, Quarzit und Granitgneis. Auf ihm ist die Ortschaft Moelven erbaut. Nach Norden ist er von Quarzsandstein überlagert, dessen Ausstrichzone etwa 6—700 m breit ist. Dann folgt wieder eine ungefähr 800 m breite Sparagmitzone und zuletzt in einer Breite von 500 m nochmals Quarzsandstein. Die Gesamtmächtigkeit dieser Schichten läßt sich demnach auf jedenfalls 900 m berechnen unter der Voraussetzung, daß keine oder mindestens keine erheblichen Längsverwerfungen da sind, die eine Wiederholung der Schichten hervorbringen könnten. Von der circa 50 m mächtigen Sparagmitlage, die bei Smedstadviken noch über dem obersten Quarzsandstein, aber schon im Birikalk liegt, ist dabei abgesehen, weil die Aufschlüsse nicht genügend sind, um erkennen zu lassen, ob es sich hier um eine normale Wechsellagerung oder um ein Auftreten des älteren Sparagmites längs einer Verwerfung handelt. Auf der Westseite des Mjösen südlich vom Biri bei Gjövik habe ich Einlagerungen vom echtem Sparagmit in den Quarzsandsteinen nicht beobachten können, wohl aber nimmt letzterer in einzelnen Lagen z. B. am Skulhus-Elv etwas Feldspat auf, aber doch so wenig, daß man dem Gestein noch nicht den Namen Sparagmit geben möchte. Zwischen Braastadbakke und Braastadelv steht allerdings wieder echter Sparagmit an, doch seine flache Lagerung und eigentümliche horizontale Ausbreitung macht es, wie eingangs erwähnt, wahrscheinlich, daß dieser Sparagmit keinen normalen Verband mit dem Quarzsandstein im Norden hat. Es ergibt sich daraus, daß innerhalb der mächtigen eocambrischen Sandsteinformation keine durchgehende petrographische Gliederung

in vertikaler Richtung durchgeführt werden kann, daß aber wo die beiderlei Gesteinsvarietäten zusammen vorkommen, der Sparagmit zu unterst, der Quarzsandstein zu oberst vorherrscht, was besonders deutlich auch bei Varde-Aasen in die Augen fällt, wo das mächtige Sparagmitlager von Syljuaasen und Lundehögda von dem Quarzsandstein des Varberget und von Kjölen überlagert wird. Sparagmit und Quarzsandstein stellen innerhalb der eocambrischen Ablagerungen zweierlei Facies dar, die man als nördliche und südliche voneinander trennen könnte, wenn sie nicht bei Moelven durch Ineinandergreifen miteinander verbunden wären.

Münster hat in seinem älteren Sparagmit am Südfuß des Biskopaasen einen mit Unterbrechungen ostwärts bis zum Naerensjöen verfolgbaren Kalkzug eingezeichnet. Nach seiner Beschreibung ist es ein Zug von rotem bis grauem Tonschiefer mit rötlichem oder hellgrau violettem Kalkstein, der immer im oberen Teil des Sparagmites aber unter dem Biriconglomerat liegen soll. Über den Hütten von Traetsveen ist dieser Schiefer am Waldgehänge entblöst. Er fällt mit 20° nach Norden ein und wird von dem Conglomerat überlagert. Es ist ein unreiner sandiger Schiefer durch Eisenoxyd zum Teil rötlich gefärbt, aber Kalklagen habe ich darin nicht finden können. Auch die Waldvegetation ergab keine Anzeigen von Kalkgehalt des Bodens. Einige Kalkstücke, die Herr Kjörstad weiter im Westen gegen Havik zu auf dem Waldgehänge lose fand, waren echter dunkler bituminöser Birikalk und können keinenfalls mit diesen Schiefern in Verbindung gebracht werden. Die Aufschlüsse bei Byen und am Naerensjöen konnte ich nicht mehr besuchen. Aber ähnliche Schiefer kommen noch anderwärts mit dem Sparagmit zusammen vor und werden im tektonischen Teil zu besprechen sein. Ich habe aber nie Kalksteine in ihnen eingelagert gefunden.

III. Zum Gebirgsbau.

Es ist längst bekannt, daß die paläozoischen Schichten aus Mjösen stark gefaltet sind. Die Profile, die Kjerulf (1879) und Münster (1901) von dieser Gegend gegeben haben, zeigen das deutlich an, wenn schon zwischen beiden im einzelnen große Differenzen bestehen. Daß auch Verwerfungen vorkommen, haben beide Autoren ebenfalls angenommen, eigentlich aber nur eine größere Längsverwerfung nachgewiesen. Goldschmidt hat dann 1908 versucht, die stratigraphischen Schwierigkeiten durch die Annahme einer größeren Anzahl solcher Verwerfungen verständlich zu machen. Schiötz hingegen hatte schon 1903 weiter im Osten von Glommen bis herüber zum Tryssilelven den Beweis zu erbringen versucht, daß es nur eine Sparagmit-Quarzformation gibt, die die Unterlage des Cambriums bildet und daß dieselbe durch eine große starke Überschiebung auf das Cambrium im Süden zu liegen gekommen ist. Den Glomstadkalk Münsters, dem eine ähnliche Rolle wie dem Birikalk zugeschrieben worden war, erklärte er trotz des Mangels an Versteinerungen für Silur, das in den Sparagmit eingefaltet sei. Goldschmidt lehnte diese Auffassung für den Mjösen ab, weil im Birikalk noch keine Versteinerungen zu finden waren und späterer Dynamometamorphose das Verschwinden derselben nicht zugeschrieben werden könne. Aus dem Abschnitt I wird der Leser bereits entnommen haben, daß meine Untersuchungen mit denen von Schiötz am meisten übereinstimmen, und daß nach diesen die eigentlichen Verwerfungen zwar durchaus nicht ganz fehlen, aber an Bedeutung gegenüber den Faltungen und Überschiebungen doch weit zurücktreten. Diese drei tektonischen Phänomene wollen wir nun der Reihe nach besprechen.

I. Der Faltenwurf.

Alle paläozoischen Gesteine ohne Ausnahme sind in Falten gelegt, aber die Stärke der Faltung ist nicht überall gleich groß. Ihre Streichrichtung ist in der Hauptsache eine ostwest-

liche, doch gibt es auch Ausnahmen, zu denen besonders die Klundbybergetmulde gehört. Es scheint als ob neben den Ostwestfalten auch Nordsüdfaltungen eingetreten seien, die aber nicht so bedeutend wie jene waren. Man muß jedoch die großen Falten, an denen alle Schichten vom Eocambrium bis zum Silur teilgenommen haben, von den engen Fältelungen wohl unterscheiden, bei denen nur ein verhältnismäßig wenig mächtiger Komplex von Schichten zu Mulden und Sätteln zusammengeschoben worden sind, wie das besonders beim Birikalk der Fall ist.

Der Mjösen liegt in einem stark abgeflachten Gebirgsland mit wenig tief eingeschnittenen Erosionstälern. Sein Wasserspiegel in einer Höhe von 124 m über Meer gibt uns das Maximum der Tiefe an, bis zu welcher die dem See tributären Täler uns die Erdkruste aufgeschlossen haben. Die höchsten Höhen gehen ganz selten mehr als 400 m über den Seespiegel herauf. In Fig. 5 auf Taf. II habe ich durch zwei Linien, die in Abständen von $1^1/_2$ bis 2 m nebeneinander herlaufen, bei einem Maßstabe von 1:200000 diese Breite der erschlossenen Erdkruste anzudeuten gesucht. Wenn man auf diesen Streifen die Falten einträgt durch eine Wellenlinie, die der Lage der gefalteten Grenzfläche zwischen Eocambrium und Cambrium entspricht, dann erkennt man sofort, daß die Sattelkämme und Muldentiefen meist außerhalb dieses Streifens fallen, teils nur die einen teils beide zugleich. Im Süden von Gjövik (d) liegt diese Wellenlinie durchaus unter der Oberflächenlinie, von Gjövik bis Skulhus reicht sie darüber hinaus (c), um bei Biri wieder unterzutauchen (b) und erst bei Bröttum wieder an der Oberfläche zu erscheinen (a).

Diese Wellen liegen somit auf einer Mittellinie, die selbst wieder, aber ganz schwach, gewellt ist. In d sind es stehende, in c nach Süden überkippte Falten, bei b sind es ebenso überkippte, aber ganz enge Falten, die erst in a wieder zu stehenden werden.

Sehr auffällig ist der starke Zusammenschub des Birikalkes in b, wo man leicht erkennt, daß das ältere Cambrium

in den Sätteln als Kern nicht vorhanden sein kann, weil die festen und massigen Bänke des Sparagmites einer solchen Fältelung gar nicht fähig sind und weil die Sättel im Birikalk ganz geschlossen sind, so daß für etwas anderes darin gar kein Platz mehr vorhanden ist. Leider geht nirgends ein Aufschluß in solche Tiefe herab, daß wir das Eocambrium unter dem gefältelten Birikalk beobachten können, und wir sind deshalb nur auf Vermutungen angewiesen. Indessen geben uns für diese die Krämmeroddenkalke, welche in den Mulden als Kerne auftreten, doch einige Anhaltspunkte.

a) Die Faltung des Biri- und Krämmeroddenkalkes.

Der Birikalk ist durch das vollständige Fehlen dicker Bänke ausgezeichnet. Soweit er als eigentlicher Kalkstein entwickelt ist, ist er stets dünnplattig, aber meist ist er ein sehr unreiner Kalk, der von glimmerigen und tonigen Häuten durchsetzt wird, die ihm eine deutliche Schieferung verleihen, so daß alsdann die Bezeichnung Kalkschiefer vorzuziehen ist. Beimengungen von Quarzsandkörnern sind ganz gewöhnlich, nehmen aber oft so zu, daß die Bezeichnung als kalkiger Sandstein zuweilen zutreffender wird. Auch tritt gegen die tonig-glimmerigen Bestandteile der Kalkgehalt nicht selten so stark zurück, daß man höchstens von kalkigem Schiefer sprechen kann und zuweilen bleibt die Salzsäurereaktion sogar ganz resultatlos. Es wechsellagern diese verschiedenen Varietäten miteinander, indem bald die einen bald die anderen vorherrschen. Zuweilen schwellen die reineren Kalklagen linsenförmig an und nehmen Formen an, die lebhaft an die „Kalkboller" der cambrischen Alaunschiefer erinnern. Als ursprünglich wahrscheinlich ebenfalls klastische Bestandteile stellen sich neben den Quarzkörnern kleine Kaliglimmerblättchen besonders in den kalkarmen oder -freien Schiefern ein und bieten durch ihre Anwesenheit einen weiteren Anhaltspunkt zum Vergleich mit den Alaunschiefern.

Wo kalkige mit schiefrigen Partien oft nur in millimeter dicken Lagen wechseln, da zeigen jene häufig eine stengelige

Anordnung der Calcitkristalle und zwar so, daß die stengeligen Kristalle senkrecht zu den Schichtstöcken stehen, ähnlich wie das von Gyps- oder Coelestinlagen bekannt ist.

Calcitadern durchschwärmen diese Schichten gewöhnlich in großer Zahl und sind um so häufiger, je stärker das Gestein gefaltet ist, so daß man sich des Eindrucks kaum erwehren kann, daß zwischen diesen beiden Erscheinungen ein gewisser genetischer Zusammenhang bestehe. Doch scheint es, daß manche der Calcitgänge schon vor der Faltung vorhanden waren, während andere vielleicht während der Faltung und auch nachher erst entstanden sind. Dieses Altersverhältnisz erdiente eine sorgfältige Untersuchung.

Da wo der Birikalk auf dem Sparagmit des Heggehaugen im Norden von Biri aufliegt und beider Schichten zu vertikaler Stellung aufgerichtet sind, zeigt er diesen Grad von Fältelung nicht und ist er auch viel ärmer an Calcitgängen. Dahingegen kann man da beobachten, daß einzelne seiner Lagen in eigentümlicher Weise verbogen sind, ohne daß die hangenden und liegenden Schichten daran teilnehmen. Es sieht so aus als wenn sie bei der Aufrichtung nicht genug Stabilität be-

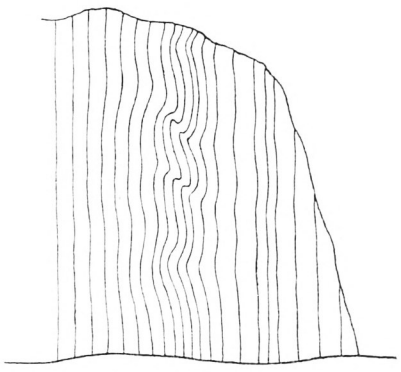


Fig. 7. Birikalk in einem Steinbruch bei Storsletten östlich vom Heggehaugen.

sessen hätten und in sich zusammengesunken wären, also zwischen den stabileren Lagen eine Bewegung ausführten, an der die sie umgebenden Lagen nicht teilnahmen.

In den stark gefältelten Lagen sind Drucksuturen eine ganz gewöhnliche Erscheinung, die sich teils schon mit blosem Auge leicht wahrnehmen läßt, teils als solche erst unter dem Mikroskop, dann aber in ungeheurer Häufigkeit zu bemerken ist. An ihrem schwärzlichen Überzug sind diese Suturen auf den Spaltungsflächen des Gesteines leicht zu erkennen. Daneben treten aber auch schwärzlich glänzende Rutschflächen auf, die zu kleineren und größeren Verschiebungen geführt haben, die jedoch zum größten Teil nicht als eigentliche Verwerfungen, sondern nur als lokalisierte innere Verschiebungen aufzufassen sind.

An den Umbiegungsstellen der steilen und isoklinalen Falten werden die Schichten sehr häufig von zahlreichen unter sich und mit der isoklinalen Richtung parallelen Klüften

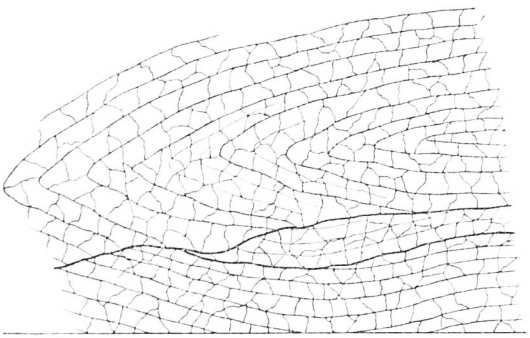


Fig. 8. Birikalk an dem Weg nördlich des Vismundelv an der Brücke von Naeperud. Ein gegen den Zuschauer überkipptes Gewölbe ist annähernd im Streichen der Bänke angeschnitten. Zahllose Drucksuturen durchziehen in allen Richtungen den Kalkstein. Zwei Verschiebungen sind durch breitere Linien angedeutet. 1:20 nat. Grösse.

durchsetzt, die zum Teil so enge stehen, daß das ganze Gestein transversal geschiefert ist und griffelartig zerfällt.

Dem starken mechanischen Drucke gegenüber, der solchergestalt den Birikalk verändert hat, haben sich die Krämmeroddenkalke ganz anders verhalten. Sie zeigen keine so enge Fältelung und keine transversale Schieferung. Verbiegungen sind zwar stets nachweisbar und sind ebenfalls von zahlreichen

Drucksuturen begleitet, aber sehr häufig sind die einzelnen dichten Kalklagen in einzelne kleinere oder größere Stücke zerbrochen und diese Stücke dann nach verschiedenen Richtungen verschoben worden, so daß das ganze Gestein zu einer richtigen Breccie umgewandelt ist. Dies ist besonders da geschehen, wo die Kalkbänke mit tonigen dunklen Schieferlagen wechsellagern, welche wegen ihrer größeren Plastizität nicht zerbrochen sondern zwischen die Kalkbruchstücke hineingepreßt wurden. Die Folge ist eine helle Kalkbreccie mit schwärzlichem Bindemittel. Solche Breccie ist besonders auffällig in der Klundbyberget-Mulde entwickelt, wo die jüngeren Krämmeroddenkalke zu einer engen überkippten Mulde zusammengepreßt worden sind durch Druckkräfte, die sowohl in nordsüdlicher als auch in ostwestlicher Richtung tätig waren. Durch eine Felsgrabung im Gut Horne etwas unterhalb des Wohnhauses war diese Breccie ganz frisch aufgeschlossen worden und es liegen davon viele Stücke auf einer Halde, wo sie bequem zu studieren sind. Joh. Walther ist in seiner Studie über algonkische Sedimente (Z. d. D. Geol. Ges. 1909 S. 295) zu einer anderen Deutung dieser Breccie gekommen. Er glaubt, daß schon während des Absatzes dieses Krämmeroddenkalkes verhärtete Oberflächenschichten zerbrachen und deren Stücke regellos in den darunterliegenden noch weichen Schlamm hinabsanken. Das Zerbrechen erklärt er sich so, daß diese Sedimente in flachem Wasser entstanden und vorübergehend trockengelegt wurden, wobei sich Trockenrisse bildeten, die die 2 mm bis 8 cm dicken, nur wenig verhärteten Kalklagen in Einzelstücke zerlegten.

Mir scheint, daß das Herumschwimmen von Stücken wenig verhärteten Kalkes und ihr Untertauchen in den tieferen Schlamm mit der Scharfkantigkeit nicht gut in Einklang zu bringen ist, die diese Stücke heute noch zur Schau tragen, wenigstens in denjenigen Breccien, die ich gesehen habe und die ich als eine tektonische Breccienbildung deute. Ob allerdings die von Walther untersuchten Breccien mit diesen von mir untersuchten tektonischen Breccien identisch sind, kann ich nicht mit Sicher-

heit sagen. Nach der von ihm gegebenen Abbildung (l. c. Fig. 4) halte ich dies nicht für ganz ausgeschlossen.

Auf Helgeberget, wo mehrere kleine Muldenkerne von Krämmeroddenkalk im Birikalk eingefaltet sind, ist diese Breccienstruktur nicht oder doch nur in sehr geringfügiger Weise entwickelt. Statt dessen sieht man eigentümliche Einpressungen des Birikalkes in den hangenden Krämmeroddenkalk, wie sie Fig. 5 zeigt.

Der festere, härtere und jüngere Kalk war nicht so biegsam wie der echte Birikalk und so ist er schließlich zerrissen, hat sich auf den Zerreissungsflächen verschoben und der Kalkschiefer ist zwischen die sich bewegenden Massen hineingepreßt worden.

Es ergibt sich aus diesen Beobachtungen, daß bei der Faltung des Birikalkes die minder plastischen jüngeren Kalke die Bewegungen der liegenden schiefrigen Kalke nicht getreulich mitgemacht haben, daß sie sich nicht ebenso stark bogen, sondern bald zerbrachen und zu Breccie wurden, während an anderen Stellen sich ganz große Schollen auf Gleitflächen fortbewegt haben anstatt sich bruchlos zu verbiegen und auf diese Weise sich den veränderten Oberflächenformen des liegenden Kalkschiefers anpaßten.

b) Die Faltung des Sparagmites und Quarzsandsteines.

Daß auch diese festen und dickbankigen Massen durch horizontal wirkende Druckkräfte verbogen werden konnten, dafür gibt die Umgebung des Mjösen die besten Beweise. Ich brauche bloß auf das Gewölbe von Moelven und die Mulde von Lundehögda-Syljuaasen zu verweisen. Hierbei handelt es sich jedoch um sehr breite und weit gespannte Falten. Man versteht es leicht, daß Schichten von 1000 m Mächtigkeit, auch wenn sie recht spröde sind, zu Mulden und Sättel verbogen werden, deren Spannweite 3000 und mehr Meter beträgt. Aber daß es auch hierbei nicht ohne zahlreiche Zerreissungen und Schollenverschiebungen abgegangen ist, davon kann man sich an manchen Aufschlüssen überzeugen, die durch Menschenhand

geschaffen sind. Besonders mache ich in dieser Hinsicht auf den Eisenbahneinschnitt bei Havik aufmerksam, von dem Björlykke (1905 S. 28) eine Abbildung gegeben hat. Auch S. 30 findet man dort ein gutes Bild des gefalteten Sparagmites zwischen Bröttum und Bergseng mit seinen inneren Zerreissungen und Verschiebungen.

Darnach können wir uns eine Vorstellung zu machen versuchen, wie etwa der Sparagmit den großen horizontalen Zusammenschub mitgemacht hat, der in seinen hangenden Birikalken zu den zahlreichen engen Falten führte, die wir im vorhergehenden beschrieben haben. Die horizontale Ausdehnung des ganzen Sparagmitlagers ist wahrscheinlich durch zahlreiche flache, kleine Über- und Unterschiebungen verkürzt, aber ebendadurch seine vertikale Ausdehnung vergrößert worden. Diese Schubflächen drangen aber nicht durch den oberen biegsamen Birikalk hindurch bis zur Oberfläche, sondern sie erstarben in demselben und der hangende Kalkschiefer erreichte die horizontale Kürzung hauptsächlich durch Faltung, wobei selbstverständlich auf der Grenzfläche eine Art von Ablösung des Kalkes von dem Sparagmit eingetreten sein muß, ähnlich wie wir es ja auch auf Helgeberget zwischen Krämmeroddenkalk und Birikalk in kleinem Maßstabe wahrgenommen haben (Fig. 4).

Die beigegebene Figur soll nur ganz schematisch den Vorgang illustrieren, da bestimmte Anhaltspunkte über Anzahl und Richtung der größeren und kleineren Thrusts ja fehlen. Vielleicht jedoch ließe sich das Profil am Smedstadviken in diesem Sinne ausdeuten, daß dort nicht der Birikalk eine Einlagerung zwischen Quarzsandstein und Sparagmit bildet, sondern daß das obere Sparagmitlager durch eine solche kleine Überschiebung in die Höhe gebracht worden ist.

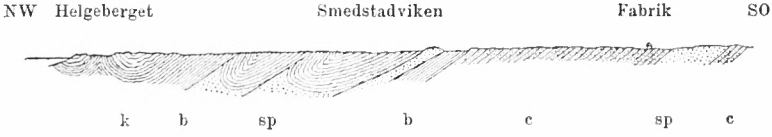


Fig. 9. Schematisches Profil in Anwendung auf die Gegend zwischen Helgeberget und der Fa rik von Moelven. sp Sparagmit, c Quarzsandstein, b Birikalk, k Krämmeroddenkalk. 1:2000.

c) Die Klundbyberget-Mulde.

Das Streichen der Schichten und der Falten ist innerhalb unseres Kartengebietes entweder ein fast rein ost-westliches oder es schwankt zwischen WNW und WSW. Man kann dem entnehmen, daß der Druck, welcher die Falten erzeugt, in der Hauptsache eine nord-südliche Richtung gehabt hat.

Eine merkwürdige Ausnahme von dieser Regel macht jedoch die Klundbyberget-Mulde, die im Süden die normale WNW-Richtung hat, bei Klundby jedoch in eine nord-südliche Richtung umbiegt, um bei Krämmerodden wieder die normale zu gewinnen. Hier muß also offenbar lokal auch noch ein ost-westlicher neben dem nord-südlichen Druck gewirkt haben, und zwar scheint er von West gegen Ost geschoben zu haben. Eine Erklärung für diese Tatsache kann ich nicht geben, aber vielleicht wird es späteren Untersuchungen gelingen eine ähnliche Faltungsrichtung auch noch in benachbarten Gebieten nachzuweisen und damit die jetztige Ausnahmestellung, die die Klundby-Falte einnimmt, aufzuheben.

Die Ursache aber dafür, daß gerade in dieser Mulde die Krämmeroddenkalke eine so starke Breccienbildung zeigen, bin ich geneigt in dieser Faltung nach zwei Richtungen zu suchen, durch die die Schichten zum Teil in eine drehende Bewegung geraten sein müssen.

2. Die Überschiebungen.

In dem Faltenschema der Fig. 5 der Taf. II sind die Sparagmitlager und der Quarzsandstein von Biskopaasen, Syljuaasen, Lundehögda, Jöraasen, Storsvepladse, Klevestuen, Melbyaasen und Lundeberget nicht miteinbegriffen worden. Sie zeigen zum Teil zwar auch Faltung, aber die ist sehr gering und jedenfalls immer viel geringer als bei den Schichten, die darunter liegen. Fast überall läßt sich der Nachweis erbringen, daß diese Massen diskordant auf dem Faltengebirge liegen, das wir im vorhergehenden Abschnitte besprochen haben. Da jedoch der Sparagmit samt dem daraufliegenden Quarzsandstein keine

jüngere Formation ist und mithin dem Eocambrium angehört, so kann man jene diskordante Lagerung auf dem cambrischen Birikalke und den eocambrischen Quarzsandsteinen und Sparagmiten nur durch die Annahme von Überschiebungen erklären.

a) Die Sparagmitdecke von Lundeberget und Melbyaasen.

Münster hat auf seiner Karte diese Sparagmitmasse als eine zusammenhängende Decke über beide Berge gezogen und noch erheblich weiter nach Westen ausgedehnt. Ich habe ihre Grenze gegen Westen und Osten nicht begangen, aber gesehen, daß zwischen Lundeberget und Melbyaasen die Sparagmitdecke nur noch stellenweise erhalten ist und daß in diesem Zwischenraum der Birikalk in der flachen Senke, in der die Fahrstraße von Biri nach Stenberg und Vestby heraufführt, an drei Stellen zum Vorschein kommt.

Der Sparagmit liegt bei Lunde am Waldrand, wo er in schönen Felsen ansteht, vollkommen horizontal und seine Verbreitung bis zum Skulhuselven beweist, daß er überhaupt im allgemeinen horizontal liegen muß. Auf der Südostseite des Lundeberget heben sich seine Bänke allerdings aus der Horizontalen in die Höhe und fallen nordwärts, aber dort ist es auch, wo der Birikalk bei Stenberg, in Rundhöckern anstehend, zum Vorschein kommt, jedoch nicht mit horizontaler sondern mit ganz vertikaler Schichtenstellung. Das Streichen wechselt zwischen N 20° und 55° W. Obschon die unmittelbare Auflagerung nicht zu sehen ist, so ist die diskordante Lage des Sparagmites auf dem topographisch tiefer liegenden Birikalk doch damit zweifellos festgestellt (Taf. II Fig. 3).

Weiter im Süden unweit Langset bei der zerfallenen Mühle am Skulhuselven wird als Unterlage des feldspatreichen Sparagmites, welcher dort als Felsbarriere das Tälchen sperrt und den Bach gezwungen hat, sich eine schmale und tiefe klammartige Rinne einzuschneiden, Quarzsandstein sichtbar. Dieser liegt aber nicht wie der Sparagmit horizontal, sondern streicht N 75 O und fällt steil nach Süden ein. Leider ist auch hier

die Überlagerungsstelle auf mehrere Meter Breite durch die Bachalluvionen verhüllt. Aber da der Sparagmit sowohl im Westen wie im Norden von jenem Quarzsandstein und zwar jedesmal in der für eine Überlagerung erforderlichen größeren Höhenlage ansteht, so kann seine Zugehörigkeit zu der Melbyaasen-Schubdecke keinem Zweifel unterliegen. Der eocambrische Quarzsandstein unterscheidet sich sehr deutlich von jenem Sparagmit, wennschon

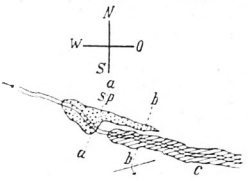


Fig. 10. Kartenskizze der Überschiebungsstelle am Skulhuselven. sp Sparagmit. c Quarzsandstein. a—a und b—b Schnittlinien der Profile in Fig. 11.

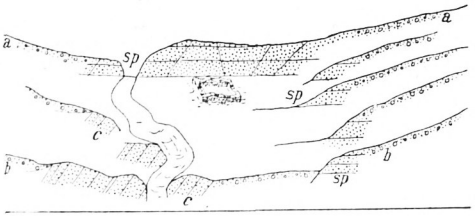


Fig. 11. Perspektivisch angeordnete Querschnitte durch die Zone a—a bis b—b in Fig. 10. Von oben nach unten quert der Skulhus-Bach in kleinen Windungen die Profile. In der Mitte oben sieht man die Mauerüberreste der zerfallenen Mühle am Fusse der Sparagmitwand. Die mit Ringelchen versehene Signatur bedeutet Moränen- und Bachschutt.

er auch etwas Feldspat führt. Er ist viel feinkörniger und die Feldspatkörner erheblich kleiner und seltener, zum Teil auch kaolinisch zersetzt.

b) Die Sparagmitdecke von Klundbystuen.

Wenn man von Klundby gegen Süden fortschreitet, gelangt man aus dem Birikalk in den Sparagmit und aus diesem in den Quarzsandstein. Münster sah darin eine normale Aufeinanderfolge des „jüngeren“ Sparagmites auf dem Birikalk und des Quarzsandsteines auf dem Sparagmit. Er war aber überrascht, daß sich diese Gesteinsfolge nicht ostwärts bis zum Seeufer fortsetzt, sondern daß dort der Quarzsandstein direkt auf den Birikalk folgt und der Sparagmit ganz fehlt. Zur Erklärung dieser unerwarteten Tatsache nahm er eine von Ost

nach West streichende Verwerfung zu Hilfe, die er jedoch als solche nicht beobachtet und darum in seinen Profilen III und IV eingezeichnet, aber mit einem Fragezeichen versehen hat. Auch Goldschmidt hat auf seinem Kärtchen dies Fragezeichen eingesetzt.[1])

In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse anders. Der Sparagmit von Klundbystuen bildet die deckenförmige Krönung des Hügels, der nach drei Seiten unter einen Böschungswinkel von bis zu 20° abfällt, aber gegen Norden sich an den Höhenzug des Klundbyberget anlehnt, von dem ihn nur eine ebene und ziemlich breite Talfurche trennt, in der die Fahrstraße von Skulhus heraufkommt. Sobald man jedoch von der Höhe des Hügels abwärts geht, läßt man die Sparagmitfelsen alsbald über sich zurück, denn sie reichen nur wenig tiefer als die 270 Meterkurve der Karte herab. An dem tieferen Gehänge ist allerdings anstehendes Gestein meist nicht aufgeschlossen. Waldboden, Gehängeschutt, von oben herabgefallene Sparagmitblöcke bedecken dasselbe und nur an einigen Stellen schaut es darunter hervor. Im Süden sind es senkrecht aufgestellte Quarzsandsteinbänke, die N 75 W streichen und neben Quarzkörnern nur sehr wenige und kleine Feldspatkörner führen. Die Schichtköpfe gehen nicht viel über die 240 Meterkurve herauf. Darüber am Gehänge, aber von dem Quarzsandstein durch eine wenig breite, ganz flach ansteigende von Schutt überdeckte Terrasse getrennt, folgt der grobkörnige und feldspatreiche Sparagmit in horizontaler Lagerung. Das kleine Terrassenband zieht von da um den ganzen Hügel herum bis auf dessen Nordwestseite und über demselben steht der Sparagmit in kleinen Wänden an, während tiefer am Gehänge die Aufschlüsse fehlen bis zu jener NW-Ecke, wo feinschiefriger Birikalk zum Vorschein kommt, saiger bis steil südfallend und N 75 O streichend. Auch er setzt wie der Quarzsandstein nicht über das Terrassenband herauf. Geht man dann von

[1]) Kartbladet Lillehammer 1900 Tafel I in Norges geologiske undersögelse Nr. 30.

Klundby nach Skulhus, so bedeckt Sand und Lehm das wahrscheinlich in glazialer Zeit entstandene kleine, von West nach Ost ziehende und Klundbyberget von Klundbystuen trennende Hochtälchen, an dessen nördlichem Talgehänge die Krämmeroddenkalke mit teils nördlichem Einfallen teils in saigerer Stellung anstehen, während am südlichen Gehänge der Sparagmit liegt, der besonders am östlichen Ausgang des Hochtälchens Felsen bildet, an denen man die horizontale Lagerung erkennen kann. Aber gleich unterhalb dieser Felsen schneidet das Fahrsträßchen die schwarzen alaunschieferähnlichen Vertreter des Birikalkes an und im Norden am jenseitigen Gehänge steigen die saigeren Bänke des Krämmeroddenkalkes, mit Streichen N 80 W, in hohen Felsen auf, die auch auf ihrer Nordseite von einem Zug jener dunklen Schiefer unterlagert sind. Hieraus ergibt sich, daß diese Kalke muldenförmig in jenem älteren Schiefer eingelagert sind und daß der Schiefer an dem Fahrsträßchen der Südflügel dieser Mulde ist, der aber oben von der Sparagmitdecke diskordant überlagert wird und sich unter dieser Decke jedenfalls noch weiter gegen Westen fortsetzt. Als diese Fortsetzung fasse ich den Birikalk auf, der an der Nordwestecke des Klundbystuenhügels, wie wir sahen, zum Vorschein kommt. Unter dem Sparagmit hat sich der Übergang der kalkarmen Schieferfacies in die kalkreiche des Birikalkes vollzogen, wie ich das im stratigraphischen Teil geschildert habe. Mit dieser Auffassung in vollstem Einklang steht das Auftreten des Quarzsandsteines im Süden unter dem Sparagmit, er bildet das Liegendste jener Mulde, die man als Skulhusmulde bezeichnen kann und die bei Klundby dann jene merkwürdige Umbiegung in die Süd-Nord streichende Klundbymulde erfährt.

Die Auflagerungsfläche des Sparagmites auf den Schichtköpfen dieser Mulde ist nicht aufgeschlossen. Überall wo ihr Ausstrich zu erwarten wäre, wird sie von Gehängeschutt, Moräne oder Waldboden verdeckt, gleichwohl tritt ihre Lage orographisch sehr deutlich markiert hervor und es kann an ihrer Existenz nicht gezweifelt werden.

Daß diese kleine Sparagmitdecke mit der größeren von Melbyaasen keinen Zusammenhang mehr hat, ist Folge der Erosion, welche das breite Tal von Skjönsby zur Glazialzeit ausgehobelt hat. Diese Talfurche läuft zum Mjösen parallel, hat aber in ihrer Mitte eine Wasserscheide. Der kleine See sendet seinen Ablauf in den Skulhuselv nach Süden, während die Wasser von Nysveen an nach Norden in den Vismundelven laufen. Wir werden im nächsten Abschnitt sehen, daß die Erosion des Gletschereises hier wahrscheinlich einer tektonischen Linie gefolgt ist (s. Taf. II Fig. 2 und 4).

c) Die Sparagmitdecke von Biskopaasen.

Daß der Sparagmit von Biskopaasen eine flache Mulde bildet, darüber kann ein Zweifel nicht bestehen. Münster hat dies durch die Art, wie er das Gipfelkonglomerat auf seiner Karte und in den Profilen eingezeichnet hat, deutlich bekundet und Goldschmidts Karte stimmt damit überein. Nur ist das Konglomerat selbst zu mächtig angegeben, es bildet bloß die Unterlage und zuoberst trifft man den gewöhnlichen Sparagmit. Ich habe den Bergrücken von Klövstad bis über Haakenaasstuen hinaus zweimal abgelaufen und dabei weder das Konglomerat noch den rötlichen Schiefer und Kalk gefunden, von dem Goldschmidt eine kleine Partie bei Haakenaasen eingezeichnet hat. Das Konglomerat liegt tiefer im Süden von Haakenaasen und der Fahrstraße, auf der Terrasse von Klövstad.

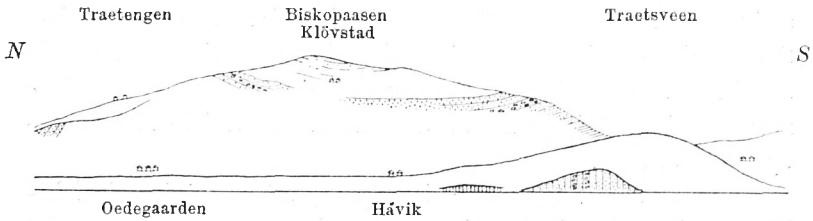


Fig. 12. Anblick des Biskopaasen von Westen.

Es fällt im Süden nach Norden, im Norden nach Süden ein, hat also eine ausgesprochen flachmuldenförmige Lage. Unter ihm liegen in einer Meereshöhe von 300 m konkordant bei

Trätsveen die schon erwähnten unreinen und zum Teil rötlichen Schiefer, in denen ich aber Kalkeinlagerungen nicht habe finden können. Der Sparagmit mit dem Konglomerat darüber bildet am südlichen und westlichen Gehänge unter der Klövstadterrasse Steilwände, die besonders von Biri aus deutlich in ihrem Verlauf zu erkennen sind. Sie ziehen sich durch den Berghang hin und steigen dabei gegen Norden in die Höhe, so daß sie zwischen Trätengen und Klövstad die Terrasse bei etwa 420 m Meereshöhe überschneiden, dort aber orographisch wegen der Moränenüberdeckung als Steilwände nicht mehr deutlich hervortreten.

Sobald man unter diese Steilwände herabsteigt, ändert sich das tektonische Bild vollkommen. Der Fuß der Wände ist zwar stets stark überschüttet, aber wo immer Felsen hervorschauen, zeigen sie steiles Einfallen der Bänke oder völlig saigere Stellung. Letzteres gilt insbesondere für den Höhenzug südlich von Traetsveen, in dem der Haviker Eisenbahneinschnitt liegt und für die Bahneinschnitte zwischen Havik und Frengstuen. Am Fußsteig, der von Trätengen direkt nach der Station Bröttum herabführt, sah ich unterhalb des Gutes im Walde Sparagmitbänke, die N 80 W streichen und mit 65° nach Norden einfallen. Nirgends reichen diese steiler gestellten Schichten in das Niveau der flachmuldenförmig liegenden Schichten der Klövstad-Terrasse herauf und nirgends sind Andeutungen einer Umbiegung in die flacheren Schichten zu bemerken. Münsters Versuch diese Lagerungsverhältnisse durch die Annahme eines Doppelsattels mit zwischenliegender Mulde und Überkippung des südlichen Sattels gegen Süden zu erklären, muß als mißglückt angesehen werden. Er war dadurch gezwungen (s. sein Profil II Pl. 1) zwischen Havik und Frengstuen unten am See söhlige Lagerung der Schichten anzunehmen. Die Aufschlüsse an der Bahnlinie zeigen statt dessen steile Stellung derselben. Von den sattelförmigen Umbiegungen bei Frengstuen und bei Havik ist ebenfalls nichts zu beobachten. Sodann hat er eine Kalkbank bei Trätsveen eingezeichnet, die er durch den Biskopaasen bis auf dessen Nordseite durchzieht und im Liegen-

den des Haviker Konglomerates also südlich von Traetsveen nochmals in saigerer Stellung erscheinen läßt. Zu sehen ist von alledem nichts sowohl in der Natur als auch auf der Münsterschen Karte, die ja nur den Kalkstein einmal nördlich von Traetsveen angibt an einer Stelle, wo ich sie trotz eifrigen Suchens nicht finden konnte. Das Münstersche Profil mischt somit das wirklich Beobachtete mit dem nur Vermuteten in einer Weise, daß man das Sichere von dem Unsicheren zu unterscheiden nicht imstande ist. Es hat somit keine Beweiskraft, sondern kann nur als eine Versinnbildlichung seiner Auffassung angesehen werden, durch welche der in ihr liegende Widerspruch mit dem wirklichen geologischen Befund deutlich zu Tage tritt.

In Anbetracht der Unvollständigkeit der Aufschlüsse läßt sich über den Bau des Biskopaasen nur soviel, dies aber mit Bestimmtheit aussagen, daß dieser Sparagmitberg aus einem unteren Sockelteil und aus einem oberen Gipfelteil besteht, von denen jeder seinen eigenen Bauplan besitzt. Im unteren Teil stehen die Schichten alle steil aufgerichtet, im Süden vollständig senkrecht, im Norden mit steiler Neigung nach Nord. Wenn auch vielleicht diese Schichten Teile eines Gewölbes sind und früher einmal nach oben durch sattelförmiges Umbiegen ineinander übergingen, so ist davon jetzt doch nichts mehr erhalten.

Im Gipfelteil hingegen liegen die Schichten flach und biegen sich auf der Nordseite und Südseite in die Höhe bis zu Neigungen von 35°. Die Muldentiefe liegt ungefähr da, wo im basalen Teil der Gewölbefirst zu erwarten wäre.

Es besteht also eine ausgesprochene Diskordanz zwischen der Schichtlage oben und unten, und sie kann bei der Gleichalterigkeit der Schichten nur als durch eine Überschiebung zu stande gekommen erklärt werden. Die Überschiebungsfläche ist allerdings nicht sichtbar, aber sie dürfte bei Traetsveen wenig unterhalb der dort aufgeschlossenen Schiefer zu suchen sein (Taf. II Fig. 1).

d) Die Sparagmitdecke von Syljuaasen und Lundehögda.

Hier wiederholen sich die Verhältnisse von Biskopaasen insofern, als auch da der Sparagmit in flach muldenförmiger Anordnung den oberen Teil des Gebirges aufbaut, während die Schichten des basalen Teiles sich alle in steiler Stellung befinden, was natürlich auch hier zur Annahme einer Überschiebung führen muß.

Es bestehen aber auch erhebliche Unterschiede gegenüber dem Biskopaasen. Der basale Teil wird hier nemlich nicht von Sparagmit sondern ausschließlich von Birikalk aufgebaut, dessen Schichten alle ein mehr oder minder genau ostwestliches Streichen und stets steile bis saigere Stellung haben, abgesehen von den Stellen, wo kleine Faltenumbiegungen vorkommen, aber da ist dann eine enge transversale Klüftung, die sich zum Teil bis zur Schieferung steigert, vorhanden, die ebenfalls Ost-Weststreichen und steiles Einfallen zeigt.

Solange man den Birikalk als eine Einlagerung zwischen zwei großen Sparagmitstufen auffassen zu müssen glaubte, mußte man den Sparagmit von Syljuaasen und Lundehögda als den jüngeren ansehen, der hier ganz normal auf seiner Unterlage von Birikalk liege. Das hat auch Münster getan und auf seinen Profilen I und II Taf. I sieht man, wie der Birikalk den flachmuldenförmigen Biegungen des Sparagmites genau konkordant folgt. Das ist aber in Wirklichkeit gar nicht der Fall, das habe ich schon 1905 gesehen und Goldschmidt hat das Verdienst auf einige Punkte aufmerksam gemacht zu haben, die sich mit den Münsterschen Profilen nicht in Übereinstimmung bringen lassen. Man kann sagen, er war nahe daran den Hauptfehler Münsters aufzudecken. Dadurch jedoch, daß er an dessen Stratigraphie festhielt, obschon er deren Schwäche wohl erkannt hatte, war er gezwungen zu kleinen Verwerfungen seine Zuflucht zu nehmen, die zwar nicht zu sehen sind, durch deren Annahme jedoch die vorhandene Diskordanz zwischen Birikalk und Sparagmit als eine nur scheinbare gedeutet werden konnte.

Von großer Bedeutung ist der Nachweis, den Goldschmidt erbracht hat, daß in der Sparagmitmulde als innerer Kern noch eine ziemlich mächtige Lage von Quarzsandstein liegt. Ich kann diese Beobachtung vollständig bestätigen. Damit sind zwei zur Erklärung der Tektonik mögliche Hypothesen beseitigt. Der Sparagmit kann keine jüngere, etwa devonische Ablagerung sein, die sich ursprünglich diskordant auf dem schon gefalteten Birikalk abgesetzt hat, denn er wird ja von dem eocambrischen Sandstein überlagert. Ebensowenig kann er in seine jetzige Lage durch eine große Überfaltung von Norden her gekommen sein, weil er nicht in verkehrter, sondern in ganz normaler Lagerung sich befindet. Es bleibt also nur die Erklärung durch einfache Überschiebung übrig.

Am Weg, der den Syljuaasen im Westen umgeht, steht Sparagmit flach südfallend an. Man erreicht gegen Norden fortschreitend einige kleine Häuser. Die Wegeinzeichnung auf der Karte ist hier nicht genau, es dürften die Häuser von Gullikstuen sein. Sie stehen noch auf dem Sparagmit, aber wenige Meter darunter geht der Birikalk mit ostwestlichem Streichen in Saigerstellung zutage. Der Kontakt ist verhüllt. Die untere Grenze des Sparagmites senkt sich von da gegen Südwest schräg am Gehänge herab. Hagen steht noch ganz auf dem Sparagmit, während nördlich davon das in gleicher Meereshöhe liegende Gut Kusveen auf saigerem Birikalk erbaut ist. Von Gullikstuen bis Sveum senkt sich die Untergrenze des Sparagmites um etwa 120 m; sie ist stets durch kleine, von Wald bedeckte Steilwände markiert, in denen die Sparagmitbänke oberhalb Sveum bereits ganz horizontal liegen ebenso wie in dem östlich davon und 100 m höher gelegenen Gute Hauger. Unterhalb der Steilwände, an der Grenze zwischen Wald und Feld steht der Birikalk saiger und O—W streichend an. Die von Goldschmidt hier eingezeichnete Verwerfung konnte ich nicht finden. Jedenfalls aber geht aus diesen Beobachtungen hervor, daß das Münstersche Profil hier ganz unrichtig ist, weil es zwischen Birikalk und Sparagmit konkordante Lagerung angibt, die unmöglich beobachtet sein kann.

Ich habe die Grenze des Sparagmites von dort bis zum Oksenbak nicht weiter verfolgt und glaube auch nicht, daß dies gut möglich ist, weil Feldbau und Moränen sie verhüllen. Jedenfalls senkt sie sich auf der Südseite jenes Baches rasch um über 100 m bis zum See herab. Ob es notwendig ist eine Verwerfung dafür zu Hilfe zu nehmen, bleibt zweifelhaft. Es ist ganz gut möglich, daß nur eine starke Neigung der Überschiebungsfläche gegen Westen vorliegt.

Am Ufer von Bergsviken bis Bergsodden steht nur Birikalk an, in dem Bahneinschnitt bei Kjosberget hingegen ist der Sparagmit angeschnitten. Bei Kilometer 161 beginnen die Aufschlüsse mit einem schwarzen Schiefer, der ganz kalkfrei zu sein scheint. Wenigstens konnte ich mit Salzsäure keine Reaktion bekommen. Er ist auf eine Erstreckung von 75 m aufgeschlossen. Zuerst steht er ganz saiger, zeigt sogar anfangs steile Neigung nach Norden. Dann aber biegt er sich in horizontale Lagerung rasch um, wobei er von kleinen Sprüngen durchsetzt wird. Kleine Flexuren stören die horizontale Lagerung gegen Süden nur wenig. Die Auflagerung des Sparagmites ist nicht aufgeschlossen, aber an der Bahnlinie steht dieser nach kurzer Unterbrechung des Aufschlusses an und hebt sich aus seiner horizontalen Lage weiter gegen Süden nur allmählich in die Höhe, so daß er schwach nach Norden einfällt und mitsamt seinen liegenden Schiefern auch hier eine flach muldenförmige Lagerung hat. Leider konnte ich den Bahneinschnitt von da noch weiter bis zur Station Ring nicht begehen wegen der Gefahr von dem Aufsichtspersonal bemerkt zu werden. Aber Björlykke hat diesen Teil beschrieben (l. c. 1905 S. 27). Er gibt ein Profil, wonach der Sparagmit mit 30° nach Norden geneigt ist und eine Einlagerung von grünlichem Schiefer einschließt. Eine steile Verwerfung schneidet diese Schichten ab und es folgt von neuem Sparagmit mit einer Lage von grünem und chokoladefarbigem sandigem Schiefer im Liegenden, von dem er meint, er könne wohl das Hangende des Birikalkes sein. Doch liegt dieser Schiefer nicht ganz konkordant zum Sparagmit sondern ist von ihm durch eine flache nordfallende

Kontaktfläche getrennt, die Goldschmidt (S. 22 Fig. 6) photographiert und mit Recht als eine Verschiebungsfläche bezeichnet hat. Goldschmidt bezeichnet diesen kalkfreien Schiefer kurzweg als Birikalk, während Björlykke ihn mit dem oben erwähnten Schiefer bei Kilometer 161 identifizierte und nur die Vermutung ausspricht, es möchten beide demselben Horizont des Birikalkes angehören. Ein Beweis für diese Annahme ist jedoch nicht erbracht und ich halte diese Annahme auch nicht für wahrscheinlich, weil der wirkliche Birikalk im Norden des Einschnittes nach den Mitteilungen von Björlykke zumeist nach Norden einfällt, zu kleinen Falten zusammengeschoben ist und aus einer Wechsellagerung von dunklen Kalk- und Tonschiefern besteht, die auch bis 3 m lange Kalklinsen einschließen. Daraus ergibt sich, dass eine konkordante Auflagerung der kalkfreien, den Sparagmit unterlagernden sandigen Schiefer auf dem Birikalk nicht beobachtet ist.

Anderseits ist es recht auffallend, daß nicht nur in diesem Eisenbahneinschnitt zu beiden Seiten, sondern, wie wir früher gesehen haben, auch bei Trätsveen die Sparagmitdecke zuunterst oder wenigstens in dem untersten Teil, der sich beobachten läßt, eine ziemlich mächtige Schieferlage besitzt, die anscheinend zur Sparagmitformation selbst gehört und alle tektonischen Bewegungen mit dieser durchgemacht hat. Solange ein stratigraphischer Zusammenhang mit dem Birikalk nicht ganz sicher nachgewiesen ist, darf man diesen Schiefer nicht als eine obere Lage des Birikalkes ansprechen. Derselbe Schiefer kommt auch bei Kjos und Herberg am Südgehänge des Lundehögda in konkordanter Lage unter dem Sparagmit vor, wo er von Goldschmidt ebenfalls als Birikalk kartiert worden ist, obschon er ganz kalkfrei ist.

Geht man von Kjos die neu angelegte Straße nach Kjetsberget herauf, so sieht man, kurz bevor die Sparagmitfelsen an die Straße herantreten, in einer kleinen Grube die Birikalke aufgeschlossen unter einer Decke von Gehängeschutt. Sie fallen nach Norden ein, sind aber stark zerrüttet und verwittert, so daß ein genaues Streichen und Fallen sich nicht

messen läßt. Ob dies nur der Verwitterung und dem Gehängedruck zuzuschreiben ist, oder ob die Überschiebung der Sparagmitdecke den Kalkschiefer so zerrüttet hat, mag dahingestellt bleiben. Dann folgt eine kurze Strecke nur Gehängeschutt bis zum Sparagmit, dessen dicke Bänke deutlich unter etwa 45° nach Norden einfallen. Zuunterst aber treten unter denselben noch grünliche, im frischen Bruch schwärzliche, ganz kalkfreie Schiefer hervor, die dünne Lagen von sandigem Schiefer einschließen und petrographisch den Schiefern im Eisenbahneinschnitt bei Kilometer 161 sehr ähnlich sehen und auch den-

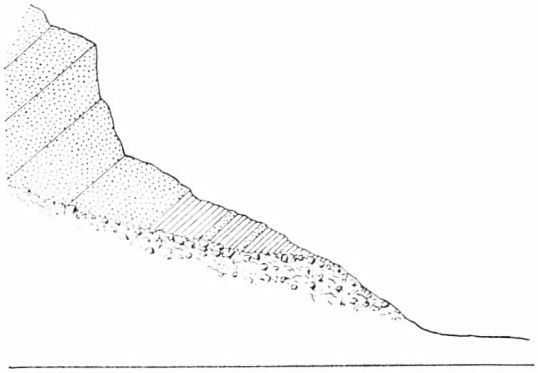


Fig. 13. Sparagmit mit seiner Unterlage von kalkfreien Schiefern am Wege von Kjos nach Kjetsberget.

jenigen bei Traetsveen. Sie liegen mit den Sparagmitbänken völlig konform und haben genau dasselbe Streichen und Einfallen, so daß sie als zur Sparagmitformation gehörig betrachtet werden müssen. Ihre stratigraphische und tektonische Beziehung zu den weiter unten anstehenden Birikalken ist jedoch nicht zu erkennen.

Über dem Gute Herberg, das auf echtem kalkreichem Birikalk erbaut ist, führt ein Fußweg über den Berg nach Svartungstad. Da wo ein kleines Bächlein neben dem Weg herabkommt, steht an der unteren Waldgrenze ein kalkfreier dunkler, grünlich anwitternder Schiefer an, der N 75° O streicht und steil nach Norden einfällt. Weiter oben sind ihm einige bis fußdicke, sehr harte, quarzitische graue Bänke eingelagert und

dann folgt darüber der Sparagmit, der, wie man sich auf der Paßhöhe überzeugen kann, ebenfalls deutlich nach Nord geneigt ist.

Die Überschiebungsfläche liegt jedenfalls unter diesen Schiefern, die nicht als die tiefste Lage des Sparagmites, sondern nur als eine Einlagerung in demselben aufzufassen sind, wie es solche an anderen Stellen gar viele in der Sparagmitformation gibt, wovon man sich leicht zwischen Havik und Bröttum oder bei Hellerud an der Fahrstraße nördlich von Biri überzeugen kann.

Aus alledem geht hervor, daß die Sparagmit- und Quarzsandsteinmasse von Lundehögda, Vardeaasen und Syljuaasen eine große Decke darstellt, die über die Ost-West streichenden Falten des Birikalkes herübergeschoben worden ist. Mit der Decke von Biskopaasen hängt sie wahrscheinlich auch heute noch zusammen, denn die Schiefer, Konglomerate und Sparagmite von Persveen, Byen und Mjösund am Nörensjöen sind höchstwahrscheinlich die noch stehengebliebenen und von Moränen nicht bedeckten Teile des Verbindungsstückes.

e) Die Sparagmitdecken von Jöraasen und Storsvepladse.

Steigt man von Ring aus ostwärts am Berggelände herauf gegen Huleberg, so kann man unter der mächtigen Moränendecke an vielen Stellen den Birikalk hervortreten sehen mit steilen, west-ostwärts streichenden Falten. Das geht so bis zu einer Höhe von etwas mehr als 300 m, dann aber ist dieser Kalk verschwunden und an seine Stelle tritt Sparagmit. Er bildet scheinbar keine zusammenhängende Decke wie bei Lundehögda, sondern ragt nur in kleinen Hügeln oder noch kleineren Rundhöckern unter der Moräne hervor, aber unzweifelhaft hängen sie alle unter dieser Moränendecke auch heute noch zusammen. Auf meinem Kärtchen habe ich nach Goldschmidts und meinen Beobachtungen eine Anzahl dieser Vorkommnisse eingetragen, ich glaube aber, daß eine ganz sorgfältige Untersuchung noch viel mehr Aufschlüsse ergeben würde. Gegen

Südwest senkt sich diese Decke besonders tief bis auf etwa 220 m Meereshöhe herab und hier liegt bei Kamperud ein wichtiger Aufschluß, der schon von Kjerulf beschrieben worden ist.

Von Nordost gegen Südwest folgen hier Aufschlüsse von Sparagmit, Birikalk und Quarzsandstein und zwar in solcher Weise, daß man glauben könnte, der Quarzsandstein sei das älteste und der Sparagmit das jüngste. Münster ist dieser

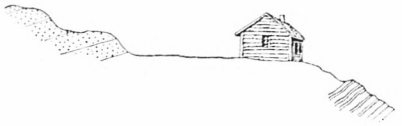


Fig. 14. Aufschluss bei Kamperud. Links Sparagmit, rechts Birikalk.

Schwierigkeit dadurch aus dem Wege gegangen, daß er die Stelle auf seiner Karte weiß ließ, als ob da nichts wie Moräne zu sehen wäre. Kjerulf hatte geglaubt, daß bei Kamperud der Birikalk in normaler Weise von Sparagmit unter und überlagert werde, aber Goldschmidt hat ganz richtig festgestellt, daß der untere Sparagmit Kjerulfs hier eocambrischer Quarzsandstein ist. Da er aber aus dieser Beobachtung den Schluß nicht ziehen zu dürfen glaubte, daß der Birikalk jünger als der Quarzsandstein, also cambrisch sein müsse, hat er in das kleine Tälchen, welches den Kalk von dem Sandstein trennt, eine Verwerfung gelegt (s. l. c. Fig. 5 S. 20). Es ist jedoch sehr gut möglich, daß hier der Birikalk wirklich ganz normal auf dem Quarzsandstein ruht, denn zwischen beiden liegt nach Goldschmidts Angaben noch eine grünliche Schieferlage, die jenem Olenellusschiefer petrographisch sehr ähnlich sieht, in dem Goldschmidt bei Smedstadviken den Olenellus Kjerulfi gefunden hat. Außerdem habe ich mich davon überzeugt, daß der „obere“ Sparagmit den Birikalk nicht konkordant überlagert.

Aus der nebenstehenden Figur ersieht man, daß auch hier der Kontakt beider Gesteine, die sich einander bis auf wenige Meter nähern, nicht aufgeschlossen ist. Aber während der Birikalk, auf dem die Hütte steht, N 70° O streicht und mit

35° nach NW einfällt, liegt der Sparagmit viel flacher und fällt nur unter etwa 15° nach Norden ein. Also besteht Diskordanz sowohl im Streichen wie im Fallen. Die Sparagmitfelsen liegen orographisch höher und ihre Grenze gegen den Birikalk läuft von NW nach SO, mithin muß der Birikalk mit seinem nordöstlichen Streichen unter den Sparagmit in den Berg hineinstreichen und damit ist die Deckennatur des letzteren hinreichend charakterisiert.

Die 340 Meter-Waldhöhe des Storsvepladsen konnte ich nicht mehr besuchen und ich muß mich deshalb mit Bezug auf sie ganz an die Beschreibung halten, die Goldschmidt gegeben hat. Ich entnehme derselben (l. c. S. 16—17), daß zwischen Forstuen, Storsvepladse und Olstad Sparagmit mit viel Geröllen die Höhen bedeckt, ohne daß deutliche Bankung wahrzunehmen ist. Da bei horizontaler Lagerung die Bankung im Sparagmit gewöhnlich nur schwer zu erkennen ist, besonders wenn er nur in Rundhöckern ansteht, und da ferner dieser Sparagmit eine so große horizontale Ausbreitung besitzt, so schließe ich daraus, daß es sich hier wirklich um eine flache Decke handelt, die über das aus Sparagmit und Quarzsandstein bestehende Moelven-Gewölbe geschoben ist.

Diese Decke würde dann wohl als die südliche Fortsetzung der großen Decke aufzufassen sein, die wir bereits kennen gelernt haben und die sich von Kamperud nordwärts bis zum Biskopaasen erstreckt.

f) Die Sparagmitdecke von Braastad.

Der Sparagmit, den Münster im Norden von Gjövik eingetragen hat und der sich ebenfalls durch seine starke Lagerung auszeichnet (s. S. 8), gehört möglicherweise auch einer Decke an, die diskordant über den Silurmulden von Vardal ausgebreitet liegt. Dafür sprechen wenigstens die Beobachtungen, die ich in dortiger Gegend machen konnte und über die ich eingangs berichtet habe. Um darüber völlige Sicherheit zu erlangen, sind allerdings noch eingehendere Untersuchungen erforderlich und ich will mich deshalb hier nur auf

diese Vermutung beschränken, um damit anzudeuten, daß die Südgrenze der Überschiebungen von Lundeberget und Melbyaasen möglicherweise so weit nach Süden vorspringt.

3. Die Verwerfungen.

Bisher haben uns nur die Faltungen und Überschiebungen beschäftigt und es stellte sich dabei heraus, daß die meisten der von Goldschmidt zur Erklärung der Tektonik zu Hilfe genommenen Längsverwerfungen, soweit sie nicht auf sicherer Beobachtung der Verwerfung selbst beruhen, unnötig geworden sind. Damit soll jedoch die Existenz von Längsverwerfungen in unserem Gebiete durchaus nicht in Abrede gestellt werden, nur scheint es mir, daß sie keine sehr große tektonische Bedeutung haben. Verschiebungen auf Zerreißungsflächen sind wohl in Menge und besonders in dem Sparagmit zu sehen, und auch in dem stark gefältelten Birikalk sind sie eine gewöhnliche Erscheinung, aber meist lassen sie sich nur auf kurze Erstreckung hin verfolgen, wahrscheinlich weil sie nicht weiter fortsetzen und nur zu kleinen Verschiebungen geführt haben.

Die Längsverwerfung bei Smedstadviken zwischen dem Sparagmitlager und dem Birikalk erscheint vielleicht nur als eine solche und dürfte eher zur Gruppe der Überschiebungen gehören. Eine kleine Querverwerfung hat Goldschmidt von ebenda beschrieben (Fig. 12). Sie ist sehr deutlich zu sehen aber von geringer tektonischer Bedeutung.

Ich habe sie auf dem geologischen Kärtchen (Tafel I) anzudeuten versucht, obwohl der Maßstab dazu eigentlich zu klein ist. Auf nachstehender Figur ist sie und eine östlich von ihr liegende in größerem Maßstab eingetragen. Über dem im Süden anstehenden Quarzsandstein, der am Seeufer die Strandfelsen bildet und dessen Bänke, N 60—80° streichend, mit 45° nach N einfallen, folgt der alte schiefrige Birikalk. Etwa 200 m ostwärts davon ist in einem Eisenbahneinschnitt dieselbe Aufeinanderfolge sehr gut aufgeschlossen, nur stehen die Schichten

dort ganz steil. Der Quarzsandstein, mit Schiefer und kleinstückigem Quarzkonglomerat wechsellagernd, streicht N 60° O und fällt mit 70° nach Norden. Er ist in einer Breite von

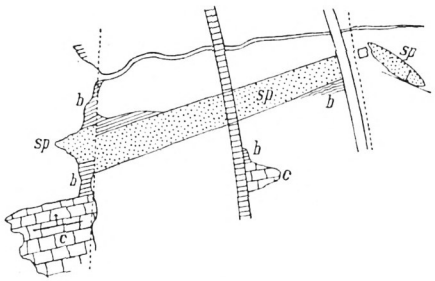


Fig. 12. Links das Seeufer, rechts die Fahrstrasse Moelven-Ring, in der Mitte die Eisenbahnlinie, im Norden der Smedstadelven. sp Sparagmit, c Quarzsandstein, b Birikalk. Die zwei N—S gerichteten punktierten Linien Querverwerfungen.

35 m aufgeschlossen und stellt sich gegen seine Hangendgrenze steiler, worauf konkordant auf eine Erstreckung von 10 m der Birikalk folgt, der gegen Norden hin sich langsam noch steiler stellt.

Am Seeufer ist dieser Birikalk nur etwa 50 m mächtig und wird im Hangenden von einem ebenfalls etwa 50 m breiten Streifen von Sparagmit abgelöst, aber der Kontakt beider Gesteinsarten ist nicht aufgeschlossen, so daß es ungewiß bleibt, ob sie konkordant gelagert sind oder ob eine Störungsfläche dazwischen liegt. Letzteres ist aber das Wahrscheinlichere, weil sonst überall der Sparagmit älter als der Birikalk ist. An der Fahrstraße im Osten der Eisenbahn ist der Kontakt nochmals zu sehen, aber auch nicht gut aufgeschlossen. Gleichwohl zeigt sich der Birikalk dort recht verdrückt, was vielleicht als die Folge einer Verwerfung oder Überschiebung aufzufassen ist.

Am Seeufer liegt jedoch zweifellos über diesem Sparagmit konkordant echter Birikalk, der sich von da mit wenigen Unterbrechungen, die durch die Sandablagerungen auf der alten Seeterrasse bedingt sind, bis zur Helgeberg-Halbinsel verfolgen läßt.

Geht man die Hangend-Grenze des Sparagmites von West gegen Ost ab, so gewahrt man alsbald eine Querverwerfung, die N 5° O streicht und mit 45° nach Osten geneigt ist. Auf dieser Spalte ist der Sparagmit im Osten um 10 m nach Süden zurückgeschoben. Folgt man diesem Sparagmitzug, der das Südgehänge des Tälchens bildet, ostwärts herauf bis zur Fahrstraße, dann hört er dort auf und zeigt nur in seinem Liegenden den schon erwähnten Birikalk. Auf der anderen Seite der Straße hingegen erhebt sich hinter einer Hütte ein kleiner Felszug von Sparagmit da, wo eigentlich die Fortsetzung des Birikalkes zu erwarten wäre. Seine Bänke streichen N 60° W und sind mit nur 20° nach NO geneigt. Dieser plötzliche Wechsel spricht für eine Querverwerfung, die mit der Straße zusammenfällt und vielleicht wie diejenige von Smedstadviken Nord-Südrichtung besitzt.

Eine ähnliche Störung macht sich weiter im Süden bei Sten bemerkbar. Die Silurmulde von Skarpsno, deren Nordflügel steil steht, während der Südflügel gegen Norden einfällt, setzt sich mit ihrem Kern von Orthocerenkalk über die Fahrstraße nach Sten fort. Im Westen dieses Gutes rückt sie aber plötzlich um einen kleinen Betrag nach Norden vor, was auf eine ebenfalls nordsüdliche Querverwerfung hinweist. Verlängert man diese gegen Norden über Moelven hinaus, dann fällt sie mit der östlichen Verwerfung von Smedstadviken zusammen. Es ist dieser Zusammenhang natürlich nur eine Vermutung, aber es liegen keine Beobachtungen vor, die gegen dieselbe sprechen. Sehr bedeutend können die Gebirgsbewegungen, die auf ihr erfolgten, nicht gewesen sein, aber immerhin gilt dies mit Sicherheit nur für den Betrag der horizontalen Verschiebung, während für die Größe einer in vertikaler Richtung erfolgten Absenkung keinerlei Anhaltungspunkte gegeben sind.

Für die von Goldschmidt angenommenen Längsverwerfungen von Skotta und von Ekredalen habe ich keine Beweise gefunden, doch will ich besonders letztere keineswegs in Abrede stellen, da ich die für sie entscheidenden Punkte am Hoiberget

nicht besucht habe. Auf der Westseite des Mjösen hat Münster eine Ost—West streichende Verwerfung im Süden von Shulhus eingezeichnet, doch hat er sie auf seinen Profilen (l. c. Pl. I, Fig. 3 u. 4) mit einem ? versehen. Sie ist nicht beobachtet, und ihre Annahme sollte nur, wie schon (S. 40) erwähnt, das plötzliche Abschneiden des Sparagmites oberhalb Skulhus erklären, das für Münster natürlich sonst ganz unverständlich geblieben wäre, da er die Deckennatur dieses Sparagmites ja nicht erkannt hatte. Auch Goldschmidt hat auf seiner Karte diese Verwerfung mit einem ? eingetragen, fügte jedoch noch eine Querverwerfung hinzu, die von Skulhus über Onset nach Krämmerodden läuft und die den Quarzsandstein im Osten von dem Birikalk im Westen trennt. Er korrigierte damit die Münstersche Karte insoferne mit vollem Recht, als er deren „älteren Sparagmit" als Quarzsandstein eintrug, was er auch ohne Zweifel ist. Aber er übersah, was Münster in seiner Karte ganz richtig eingetragen hatte, daß der Birikalk von Klundbyberget nicht nur zwischen Krämmerodden und Skulhus regelrecht über dem Quarzsandstein liegt, sondern daß er sich auch vom Skulhus weg bis ans Seeufer herabzieht, wodurch jene Querverwerfung ganz unmöglich wird. Eine wirkliche Querverwerfung, deren horizontale Verschiebung zwischen Berg und Jolökken im Norden von Biri ungefähr 600 m beträgt, macht sich hingegen sehr deutlich bemerkbar, sobald man der Grenze zwischen Sparagmit und Birikalk nachgeht. Das Streichen der senkrecht aufgerichteten Schichten ist hier durchweg ein ostwestliches; der bogenförmige Grenzverlauf, wie ihn Münsters Karte angibt, somit von vornherein ganz unwahrscheinlich.

Wegen der mächtigen Überdeckung durch Moräne und postglaziale Seeabsätze ist die südliche Fortsetzung dieser Querverschiebung leider nicht genau festzulegen. Wahrscheinlich verläuft sie in NNW—SSO Richtung, dem Mjösen parallel, über Biri und Nysveen in das Hochtal zwischen Melbyaasen und Klundbyberget und hat zu dessen Entstehung eine genetische Beziehung.

Allen drei von mir beschriebenen Querverwerfungen ist es gemeinsam, daß sie wenigstens annähernd dem Mjösen parallel laufen und daß sie sicher jünger als die Gesteinsfaltungen und Überschiebungen sind. Ob sie auf die Entstehung und Ausgestaltung des Sees einen maßgebenden Einfluß ausgeübt haben, ist möglich, doch reichen meine Beobachtungen nicht aus, um dies festzustellen.

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Sparagmit und Quarzsandstein bilden eine gleichalterige mächtige Ablagerung, auf der das Cambrium liegt. Sie können somit als eocambrisch oder praecambrisch bezeichnet werden. Der Sparagmit herrscht im Norden, der Quarzsandstein im Süden vor und beide sind durch Wechsellagerungen mit einander verbunden.

2. Das Cambrium beginnt im Süden über dem Quarzsandstein mit den Olenellusschiefern, und darüber liegen die Schiefer und Kalksteine der Paradoxides- und Olenusstufe. Im Norden des Ringsaker-Biri-Kartenblattes tritt an deren Stelle der Birikalk, der teils auf Quarzsandstein, teils auf Sparagmit liegt. Er ist als eine besondere Facies des Cambriums aufzufassen.

3. Im Süden wird das Cambrium von untersilurischen Schiefern und den Orthocerenkalken überlagert, während im Norden über dem Birikalk der Krämmeroddenkalk folgt, der somit das Silur vertritt. Ob die Grenze zwischen diesen Beiden genau mit derjenigen zwischen Cambrium und Silur zusammenfällt, bleibt ungewiß.

4. Noch weiter im Norden, außerhalb unseres Kartenblattes, im Gausdal liegt der Birikalk ebenfalls auf Sparagmit, aber über ihm folgt kein Krämmeroddenkalk, sondern zunächst noch eine Lage von Quarzsandstein und Tonschiefer und dann erst der graptolithenführende untersilurische Tonschiefer, der in seinen höheren fossilfreien Schichten schieferige Quarzsandlager aufnimmt. Das Silur ist somit hier in einer kalkfreien Facies entwickelt und die Grenze gegen das Cambrium muß

über dem oder in dem Quarzsandstein über dem Birikalk gesucht werden.

5. Alle Stufen vom Eocambrium herauf bis ins Silur zeigen innerhalb des untersuchten Gebietes einen bedeutenden Facieswechsel, der sich in der Richtung von Nord nach Süd vollzieht. Auch der Fossilreichtum wechselt und nimmt von Süden gegen Norden Hand in Hand mit dem sich vollziehenden Gesteinswechsel rasch ab.

5. Die Konglomerate des eocambrischen Sandsteines führen im Süden fast nur Quarzgerölle, im Norden werden die Gerölle nicht nur größer, sondern es stellen sich darunter viele ein, die aus Granit, Gneiß, Quarzsandstein, Quarzit, Kalkstein und Oolithen bestehen. Diese polygenen Konglomerate kommen nur im Sparagmit vor und sind besonders mächtig in den oberen Horizonten entwickelt („Birikonglomerat").

7. Daraus geht hervor, daß es in Skandinavien präcambrische Sandstein- und Kalksteinlager gegeben hat, die noch älter als der eocambrische Sparagmit sind und auf das Vorhandensein einer präcambrischen Fauna und Flora hinweisen.

8. Nach Ablagerung dieser ganzen Serie sind alle Schichten gefaltet worden — im Norden bei Gausdal zu großen weitgespannten Mulden und Sätteln, im Süden bei Biri und Ringsaker zu vielen kleineren Falten. Im allgemeinen streichen diese Falten ost-westlich, doch gibt es im einzelnen auch Ausnahmen unter denen besonders die Klundbybergfalte auffällt.

9. Die Faltungsbewegungen haben im Sparagmit und Quarzsandstein teils nur zu Verbiegungen der Gesteinsbänke geführt, deren Spannungsweite, der Sprödigkeit und Mächtigkeit der Gesteinsmasse entsprechend, eine sehr große und nach Hunderten bis Tausenden von Metern messende ist, teils sind wohl infolge forcierter Pressung zahlreiche Zerreissungsflächen entstanden, auf denen Verschiebungen eintraten. Die hangenden, an sich biegsameren Schiefer und Kalksteine des Cambriums und Silurs folgten im ersteren Falle ziemlich gleichmässig den Verbiegungen ihrer Unterlage, im zweiten Falle jedoch bildete sich eine Art von Diskordanz in der Weise

heraus, daß die hangenden Schichten durch enge Faltung und Fältelung den Schollenverschiebungen der Unterlage sich anpaßten, solange es möglich war.

10. Fortgesetzter horizontaler Schub führte gegen Süden in der eocambrischen Unterlage zu großen, schräg aufsteigenden Bruchflächen, auf denen sich die nördliche Gebirgsmasse über die südliche heraufschob. So entstand die Schubdecke von Sparagmit und Quarzsandstein, welche im Bereiche unseres Kartenblattes auf eine Erstreckung von wenigstens 11 km über dem basalen Faltengebirge liegt.

11. Da diese Überschiebung sehr alt ist, hat die Erosion seither Zeit genug gefunden, große Teile der überschobenen Massen wieder verschwinden zu machen. Nur im Osten unseres Kartenblattes ist noch ein größeres zusammenhängendes Stück erhalten geblieben, während im Westen nur einzelne inselförmige Reste als Zeugen ihrer ehemaligen weiten Ausdehnung stehengeblieben sind. Aber auch von den erhaltenen Teilen wurden die obersten Schichten — das Silur und Cambrium — ganz und von den eocambrischen Quarzsandsteinen das meiste entfernt, so daß zumeist nur noch der Sparagmit übrigblieb.

12. Diese ungeheuere Massenbewegung hat auf ihre Unterlage einen starken Einfluß ausgeübt, der zur Herausbildung von Druckschieferung, von zahllosen Drucksuturen und Gleitflächen in den Schiefern und Kalksteinen des Cambriums und Silurs, sowie wahrscheinlich auch zur Überkippung der Falten nach Süden und zur Breccienbildung im Krämmeroddenkalk führte.

13. Die Oberfläche des basalen Gebirges, auf der die Schubmasse ruht, ist nicht eben, sie zeigt aber auch keine einheitliche Neigung nach irgend einer Himmelsrichtung hin. Zur Entscheidung, ob die heutige Form der Schubfläche noch die ursprüngliche ist oder ob spätere Gebirgsbewegungen sie wesentlich verändert hat, fehlen vorerst Anhaltspunkte.

14. Kleine nachträgliche Veränderungen sind jedoch nachweisbar und bestehen in den Verschiebungen, die auf nordsüdlich streichenden Verwerfungsspalten, wahrscheinlich in sehr

viel jüngerer Zeit, eingetreten sind und durch die die Orographie des Landes, vielleicht auch die Tal- oder Seenbildung des Mjösen beeinflußt worden sind.

V. Tektonischer Ausblick.

Die vorliegende Arbeit hatte ich nur in der Absicht begonnen, mir über die Altersverhältnisse des Sparagmites und Birikalkes Klarheit zu verschaffen. Ich kam dabei zu der unerwarteten Überzeugung, daß in der Umgebung von Biri und Ringsaker eine große Überschiebung vorhanden ist, deren Ausdehnung weit über die Grenzen meines Untersuchungsgebietes übergreift.

Da wäre es nun sehr wünschenswert zu wissen, wo denn die Wurzel dieser Überschiebung liegt, welche Ausbreitung sie hat und wo ihr Stirnrand zu suchen ist.

Zwar ergab sich, daß sie von irgendwoher aus Norden gekommen sein muß und daß der Sparagmit bei Gjövik möglichermeise noch zu dieser Schubdecke gehört, in welchem Falle ihr Stirnrand sehr weit im Süden läge. Aber diesem Ergebnis haften noch soviele Unsicherheiten an, daß manche vielleicht sagen werden, die ganze Sache sei noch nicht spruchreif und man könne erst dann an die Existenz einer Überschiebung bei Biri und Ringsaker glauben, wenn erst jene erwähnten dunklen Punkte völlig aufgeklärt sein werden.

Einer solchen Stellungnahme könnte ich nur dann Berechtigung zusprechen, wenn anderweitige Tatsachen bekannt wären, die gegen eine Überschiebung überhaupt sprechen. Dies ist aber nicht nur nicht der Fall, sondern es läßt sich im Gegenteil nachweisen, daß schon längst Tatsachen bekannt sind, die die Annahme einer Überschiebung geradezu herausfordern.

In dieser Hinsicht möchte ich zunächst an die Arbeit von Goldschmidt erinnern, der zu dem Ergebnis kam, daß der Sparagmit von Syljuaasen bis Kamperud eine überschobene Scholle sein müsste, falls der Birikalk wirklich cambrischen und untersilurischen Alters sein sollte (l. c. S. 40). Der Tatsache, daß

bis jetzt keine Fossilien im Birikalk gefunden worden sind, legte er allerdings ein so großes Gewicht bei, daß er daraus einen Ablehnungsgrund gegen die Überschiebung ableitet. Und doch hatte er selbst festgestellt, daß der untere Birikalk bei Eriksrud wie cambrischer Alaunschiefer aussieht und nicht, wie Münster angab, auf älterem Sparagmit liegt, sondern daß dieser Sparagmit eocambrischer Quarzsandstein ist.

Dieses zu Gunsten einer Überschiebung sprechende Argument hat er allerdings durch die Annahme einer Verwerfung, die er zwischen den Birikalk und Quarzsandstein legt, entwertet, ich habe mich aber davon überzeugt, daß diese Verwerfung nicht existiert. Man kann also wohl behaupten, daß Goldschmidt wichtiges Material gesammelt hat, das nicht gegen sondern für die Überschiebung spricht.

Schon vor 8 Jahren hat in viel bestimmterer Weise, wenn auch nicht für die Umgebung des Mjösen, so doch für ein sehr großes Gebiet weiter im Osten Schiötz[1]) Tatsachen zusammengetragen und den Schluß daraus gezogen, daß dort eine große Überschiebung existieren müsse, durch welche der Sparagmit auf eine Erstreckung von 20 km über das Silur und Cambrium geschoben worden sei. Wenn seine Auffassung begründet ist, dann ergibt es sich ganz von selbst, daß die Überschiebung am Mjösen die westliche Fortsetzung von jener ist.

Erst nachdem ich meine Aufnahmen vollendet, Karten und Profile gezeichnet hatte und der Überschiebung sicher war, bin ich an das Studium der Erläuterungen gegangen, die Schiötz seiner Karte beigegeben hat. Die Karte hatte ich schon vor 5 Jahren betrachtet, aber aus ihr allein war es mir nicht möglich geworden ein klares Bild von der Tektonik zu gewinnen. Der Grund liegt darin, daß die „overskjövene partier“ ringsum von einer in sich zurücklaufenden Grenzlinie umgeben sind, als ob die ganze Decke nur eine auf dem basalen Gebirge ruhende Insel sei. Man kann also aus der Karte allein gar nicht erraten, woher der Schub eigentlich gekommen sein soll. Auch nur ein einziges geo-

[1]) O. E. Schiötz, Den sydöstlige del op Sparagmit-Kvarts-Fjeldet i Norge. Nr. 35 Norges geologiske undersögelske. 1903.

logisches Profil hätte genügt um Klarheit zu bekommen und den Fehler zu entdecken, der darin liegt, daß Schiötz die Schubdecke von ihrer nördlichen Wurzel ebenso abgegrenzt hat als da, wo sie gegen Süden überhaupt endet. Aber leider ist der Arbeit kein solches Profil beigegeben und deshalb habe ich es versucht in Fig. 6 der Taf. II ein solches zu zeichnen auf Grund der Karte und des Textes, selbst auf die Gefahr hin, dabei die Meinung des Verfassers nicht ganz erraten und zu schematisch gezeichnet zu haben. Ich habe mich in den norwegischen Text zu vertiefen gesucht, soweit es mir meine mangelhafte Kenntnis der norwegischen Sprache gestattete, und war erstaunt zu sehen, daß Schiötz auch in stratigraphischer Beziehung zu ganz ähnlichen Ergebnissen, wie ich selbst, schon vor 8 Jahren gelangt ist. Das war für mich eine sehr angenehme Entdeckung.

Allerdings hat sich K. O. Björlykke[1]) in seinem bekannten Werke über den geologischen Bau Zentral-Norwegens vor 6 Jahren entschieden gegen die Schiötzsche Stratigraphie und die Überschiebung ausgesprochen, und das mag auch der Grund sein, weshalb die Auffassung von Schiötz keinen Anklang gefunden und sich mir deren Bedeutung nicht schon früher aufgedrängt hat.

Die auch von Björlykke nicht in Abrede gestellte Tatsache, daß in dem Gebiete zwischen Glommen und Tryssilelven der Sparagmit an zahlreichen Stellen orographisch höher liegt als die angrenzenden und versteinerungsführenden cambrischen Schichten, hat er durch Zuhilfenahme von gewöhnlichen Verwerfungsspalten zu erklären versucht, auf denen die letzteren in das Niveau des älteren Sparagmites eingesunken seien. Gesehen hatte er diese Spalten aber nicht, wenn anders ich seine Ausführungen richtig verstanden habe, während Schiötz wenigstens in einem Fall die Überlagerung wirklich nachgewiesen hat (l. c. S. 39 Fig. 10). Der Mangel an Beobachtungen des Kontaktes ist bedingt durch die Ungunst

[1]) Det Centrale Norges fjeldbygning. Norges geologiske undersögelse Nr. 39. 1905.

des Geländes, dem tiefe Einschnitte fehlen und das von Moränen und Sumpf meist überdeckt ist. Wenn man aber den unregelmässig bogenartigen Verlauf der Sparagmitgrenzen, wie ihn die Karte darstellt, und die Verteilung der an den Sparagmit anstoßenden cambrischen Gesteine ins Auge faßt, dann wird es klar, daß man fast für jede Kontaktstelle eine neue Verwerfungsspalte zu konstruieren hätte und daß diese Spalten kreuz und quer das Gebiet durchziehen müßten. Das ist aber höchst unwahrscheinlich, und es erscheint mir deshalb Björlykkes Erklärung, solange es nicht gelingt, die Existenz dieser Spalten direkt nachzuweisen, nicht genügend begründet.

Da ich jedoch das Gebiet nicht selbst untersucht habe, so will ich auf diese Kontroverse nicht weiter eingehen und nur vom Standpunkte Schiötz' aus die Beziehungen erörtern, die vielleicht zwischen seiner Überschiebung und derjenigen am Mjösen existieren.

Nach Schiötz liegt im SO einer Linie, die Aasta am Glommen mit Tryssil verbindet, das Cambrium direkt auf dem archäischen Gneiß und Granit und befindet sich auch heute noch in annähernd horizontaler Lagerung. Im Nordwesten jener Linie hingegen ist die archäische Unterlage von einer mächtigen Anhäufung von Sparagmit und Quarzsandstein bedeckt, über der zunächst das Cambrium und dann das Silur folgt.

Verlängert man diese Linie gegen SW mit einer nur schwachen Ablenkung nach Süden, so trifft man auf die Stelle bei Gjövik, wo die mächtige Quarzsandsteinformation des Mjösen sich bereits ganz erheblich verringert hat, um wenig weiter im Süden vollständig auszukeilen, so daß das Cambrium unmittelbar auf Gneiß und Granit zu liegen kommt.

Die Linie Gjövik—Aasta—Tryssil bezeichnet also die Südgrenze der Quarzsandstein- und Sparagmit-Ablagerung und Schiötz nimmt an, daß zu jener Zeit im Norden dieser Linie ein tiefes Meeresbecken lag, das allmählich durch Einschwemmungen von Sand und Geröllen eingefüllt wurde, während das Gebiet im Süden jener Küstenlinie absatzfreies Festland blieb. Erst in der cambrischen Zeit habe dann das Meer auch das

Festland überdeckt und so sei es gekommen, daß die Olenellusschiefer hier unmittelbar auf dem Gneiß, dort auf dem Quarzsandstein abgesetzt wurden. Als nun später nach Absatz der silurischen Sedimente ein horizontaler Schub, der im NNW entstand, alle diese Sedimente in Bewegung setzte, sei zunächst im Norden des archäischen Festlandblockes, der dieser Bewegung einen unüberwindlichen Widerstand entgegensetzte, eine große faltenförmige Aufwölbung entstanden. Die Massen bäumten sich an diesem Hemmnis auf, bis der Gewölbebogen barst und sein Nordflügel, mit der normalen Aufeinanderfolge seiner Schichten, sich über den abgebrochenen und überkippten Südflügel hinweg auf das alte Festland hinüberschob, auf dem es sich dann noch 20 km landeinwärts fortbewegte. Der sich steigernde Reibungswiderstand hinderte zwar schließlich ein weiteres Vordringen der Schubmasse nach SSO, aber da die Schubkraft noch immer nicht erloschen war, so begannen sich nun die Sedimentmassen weiter im Norden in Falten zu legen und so entstanden der Reihe nach die nach Nord überkippten Falten von Kletten, Brensaeter und Brumundkamp.

Der Stirnrand dieser Überschiebung verläuft nach Schiötz von Tryssil über das Südende des Ossjöen und Grundset am Glommen nach Brumunsdalen am Furnesfjord. Von hier läßt er sich auf Grund der älteren geologischen Karten ohne Mühe weiter verfolgen, zunächst in nördlicher Richtung über Björgeberget und Mariendalen bis Tanga und von da in westlicher Richtung über Kompaasen, Smedbakken und Rustad nach Skyalle, wo er sich mit dem von mir beschriebenen Südrand der Mjösen-Schubdecke am Storsvepladsen vereinigt.

Somit hat sich ergeben, daß die Untersuchungen von Schiötz nicht nur mit der Annahme einer Überschiebung am Mjösen in vollem Einklang stehen, sondern daß sie deren Existenz geradezu verlangen und daß sie mit Bezug auf den tatsächlichen Befund mit meinen Untersuchungen sehr gut übereinstimmen.

Diese Übereinstimmung verschwindet jedoch bei der theoretischen Ausdeutung der Tatsachen. Schiötz sieht in dem

Widerstand jenes Festlandblockes gegen horizontale Krustenbewegung die Ursache der in der Schubdecke entstandenen Faltenbildung und zugleich die Ursache der Überschiebung. Am Mjösen ist diese Annahme unmöglich, weil dort das Festlandufer nicht bis zur Wurzel der Schubmasse, ja nicht einmal bis zu deren Stirnrand heranreicht und weil das basale Gebirge, über welches die Schubmasse sich fortbewegt hat, selbst in viele und enge Falten gelegt ist. Das Faltungs- und Überschiebungsphänomen muß deshalb an sich von jenem Festland ganz unabhängig gewesen sein, wennschon eingeräumt werden kann, daß es im Gebiete von Schiötz auf die Form der Falten und der Überschiebung einen modifizierenden Einfluß ausgeübt haben mag.

VI. Der jüngere Sparagmit Björlykkes.

Als ein Ergebnis meiner Arbeit habe ich bezeichnet, daß es am Mjösen zwei altersverschiedene und durch den Birikalk von einander getrennte Sparagmitstufen nicht gibt. Daß dies auch für die Gegend weiter nach Nordosten gilt, hat Schiötz bewiesen.

Björlykke hält zwar an der Zweiteilung für diese Gegend fest, aber er hat selbst nachgewiesen, daß der obere Sparagmit gegen Norden hin verschwinde und über dem Birikalk nicht mehr vorkommt. Dadurch verliert für ihn der jüngere Sparagmit an Wichtigkeit und er hat nur noch eine lokale Bedeutung. Er bezeichnet ihn deshalb auch bloß als eine „obere Sparagmitabteilung“ des Praecambriums, im Gegensatz zu dem eigentlichen jüngeren Sparagmit, dem er devonisches Alter zuschreibt und der, von dem älteren Sparagmit räumlich ganz getrennt, erheblich weiter im Norden und Westen in deutlicher Lagerung über dem Silur vorkommt.

Die Grenze seiner Verbreitung gegen Süden und Osten verläuft vom Hardangerfjord in nordöstlicher Richtung zwischen Storskavl und Hardangerjökel hindurch nach Slidre in Valdres und zum Dok Vand westlich von Gausdal, biegt von da gegen

Norden um nach Espedal und endet bei Vaage. Längs dieser vielfach und ganz unregelmäßig ausgebuchteten Grenzlinie liegt er auf Schiefern, deren silurisches Alter an vielen Stellen nachgewiesen werden konnte und deren Unterlage aus cambrischen Schichten, praecambrischem Sparagmit und archäischen Gneissen, Graniten u. s. w. besteht.

Die Auflagerungsfläche dieses oberen Sparagmites liegt häufig diskordant auf den Schichten der Unterlage. Björlykke schließt daraus auf ein jüngeres, devonisches Alter dieses Sparagmites, während Törnebohm die Überlagerung als Folge einer Überschiebung deutet, die mithin für das jüngere Alter des Sparagmites nichts beweist. Versteinerungen sind auch in diesem Sparagmit bisher nicht gefunden worden.

Vor fünf Jahren habe ich sein Verbreitungsgebiet an zwei Stellen durchquert, einmal von Voss nach Stalheim und dann von Laerdal nach Valdres. Dem Sparagmit habe ich damals eine besondere Aufmerksamkeit nicht gewidmet, dahingegen habe ich die Überzeugung gewonnen, daß hier große und sehr starke Überschiebungen vorkommen, durch die ganz alte Granite und Gneiße über die cambro-silurischen Gesteine hinübergeschoben worden sind.

Bei Laerdal beobachtete ich zu beiden Seiten des in den Fjord einmündenden Tales und ebenso bei Erdalen eine mit 30° gegen NW geneigte Überschiebungsfläche, über der Grundgebirg und Labradorfels und unter der Schiefer liegen, die nach der Auffassung Bröggers ins Cambrium gestellt werden müssen und die bei einer Mächtigkeit von kaum mehr als 30 m unmittelbar auf dem Grundgebirg liegen. Wo die Schubfläche nicht von Schutt bedeckt ist, zeigen die Gesteine in ihrem Hangenden starke Zerklüftung und Merkmale innerer Pressung, wie das nach der Schilderung von Brögger in ähnlicher Weise auch im Hardangervidda der Fall ist.

Bei Borgund sah ich dieselbe Überschiebungsfläche in flacher Lagerung oben durch den Berghang hindurchziehen, während unten die Straße über cambro-silurische Schichten hinläuft, ebenso am Bleia bei Maristuen.

Bei Nystuen ist gerade hinter dem Hotel ein schönes Profil sichtbar. Unten an der Straße steht das Grundfjeld an, darüber liegen, ohne daß jedoch die unmittelbare Auflagerung zu sehen wäre, schwarze glänzende Schiefer mit Kalkeinlagerungen, dann Bänke eines dichten Quarzites. Erstere identifiziere ich mit Bröggers Alaunschieferphyllit, wofür insbesondere die Kalkeinlagerungen sprechen, der Quarzit entspricht dann selbstverständlich dem Blauquarz. Statt der silurischen „Phyllitabteilung", die darüber zu erwarten wäre, sieht man unmittelbar über dem Quarzit ein gneißartiges Gestein mit Adern von rötlichem Feldspat und Quarz, das ursprünglich wohl ein Granit gewesen sein kann, aber in Folge innerer Zertrümmerung ein grauwackenartiges Aussehen und eine Art von Schieferung erlangt hat.

Wo immer ich dieses Deckgebirge zu beobachten Gelegenheit hatte, fand ich Bröggers Angabe bestätigt, daß die Umwandlungen, die es nachweislich erfahren hat, sich nicht ausschließlich durch Druckmetamorphose erklären lassen, sondern daß die in demselben auftretenden Tiefengesteine auf die Sedimentgesteine eine „Regionalmetamorphose" ausgeübt haben, durch die Kalksteine, Tonschiefer und Quarzsandsteine in Marmor, Glimmerschiefer und Quarzitschiefer umgewandelt worden sind. Da diese Art von Umwandlung aber immer nur auf das Deckgebirge beschränkt bleibt, so schließe ich daraus, daß sie älter ist als die Überschiebung; und daß die Druckmetamorphosen erst nachher während des Schubes eingetreten sind und sich deshalb nicht nur im Deckgebirge, sondern in der Nähe der Schubflächen auch im basalen Gebirge zeigen, wo sie oftmals zu Mylonitbildungen geführt haben.

Auch Björlykke, der aus dieser Gegend mehrere Profile beschrieben hat, wonach über den cambro-silurischen Schichten eine mächtige Lage von Sparagmit und darüber eine Decke von Gabbro und Amphibolith ausgebreitet sind, gibt an, daß auf der Grenze zwischen den unteren Schiefern und dem hangenden Sparagmit die Gesteine stark gepreßt und gefältelt sind, also Mylonitbildung zeigen. Es ist das aber schwer ver-

ständlich, wenn man die Überschiebung läugnet und den Sparagmit als eine devonische Ablagerung auffassen will, die sich ursprünglich so auf ihrer jetzigen Unterlage abgesetzt habe.

VII. Die Beziehungen der Mjösenüberschiebung zu der von Hardanger-Valdres.

Wenn schon die Stirnränder dieser beiden Überschiebungen um beinahe 100 km von einander entfernt liegen, so wäre es doch möglich, beide als Erscheinungsformen einer einzigen Schubdecke aufzufassen, in der Meinung, daß die Mjösendecke nur der äußerste, aber durch Erosion von seiner Wurzel abgetrennte Teil der Hardanger-Valdresdecke sei. Und da die letztere offenbar nichts anderes als der südwestliche Teil der großen schwedischen Schubdecke ist, so würde man auf diesem Wege zu einer sehr einfachen Auffassung des großartigen tektonischen Vorganges gelangen.

So verlockend und bequem dies auch erscheinen mag, so glaube ich doch, daß man damit auf einen Irrweg käme. Soweit mir die schwedische Überschiebung aus eigner Anschauung bekannt geworden ist, scheint sie mir aus einer Reihe von übereinander geschobenen Decken zusammengesetzt zu sein. Das mag auch für die Schubdecke in Norwegen gelten. Der Umstand, daß längs der Linie Hardanger-Valdres sehr häufig das Urgebirg nicht direkt auf dem basalen Cambro-Silur liegt, sondern daß sich streckenweise eine oft sehr mächtige Lage von Sparagmit dazwischen schiebt, spricht dafür, daß auch hier wenigstens zwei Decken schuppenförmig übereinander aufgestaut worden sind.

Für die Sparagmitüberschiebung an unteren Glommen und an Osensjö hat Schiötz nachgewiesen, daß sich die Decke in einer Entfernung von etwa 20 km im NW des Stirnrandes in die Tiefe senkt und es liegen keine Anhaltspunkte dafür vor, daß sie weiter nordwärts etwa wieder auftauche. Im Gegenteil hat Björlykke (l. c. S. 106) nachgewiesen, daß bei Hierjöaasen und Storfjeldet bei Sollien also ungefähr 80 km nördlich

des Stirnrandes der Mjösendecke und 40 km südlich des Stirnrandes der Hardanger-Valdres Schubdecke eine weitere Überschiebung vorkommt, durch die der Sparagmit gegen Süden über Silur und Cambrium geschoben worden ist, welch letztere wahrscheinlich der Mjösenschubdecke angehören. Es scheint somit, daß im Osten von Gudbrandsdalen mindestens drei Schubdecken dachziegelartig übereinander liegen.

Für die am Mjösen von mir nachgewiesene Schubdecke bin ich allerdings nicht im Stande zu sagen, wo deren Wurzel zu suchen ist, weil ich das Gebiet des oberen Mjösen daraufhin zu untersuchen keine Zeit mehr hatte, aber die Untersuchungen von Schiötz machen es sehr wahrscheinlich, daß sie irgendwo zwischen Gausdal und Biri liegt und daß sie mit der Wurzel der Hardanger-Valdres-Schubdecke nicht zusammenfällt.

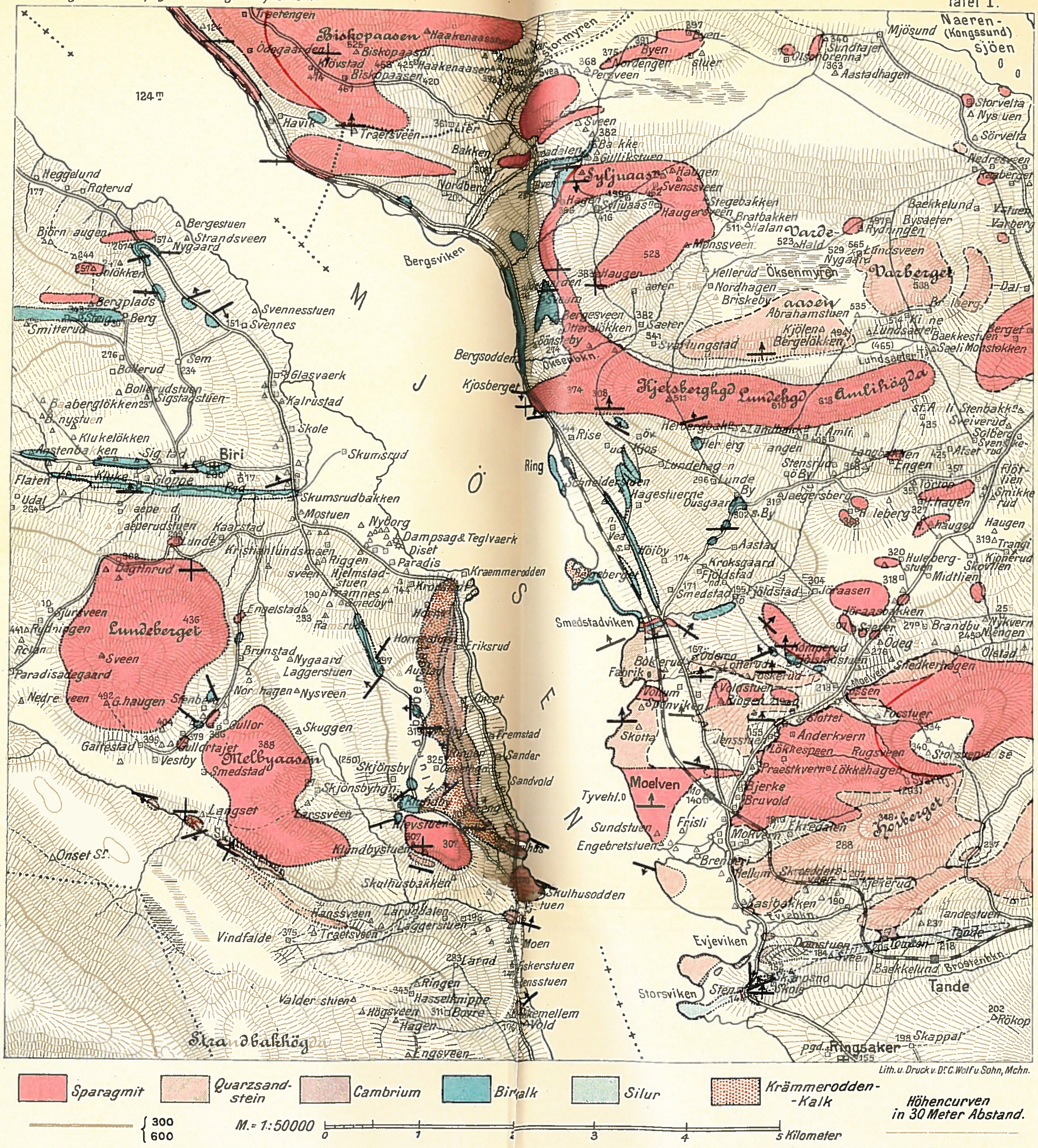
Inhaltsverzeichnis.

Seite

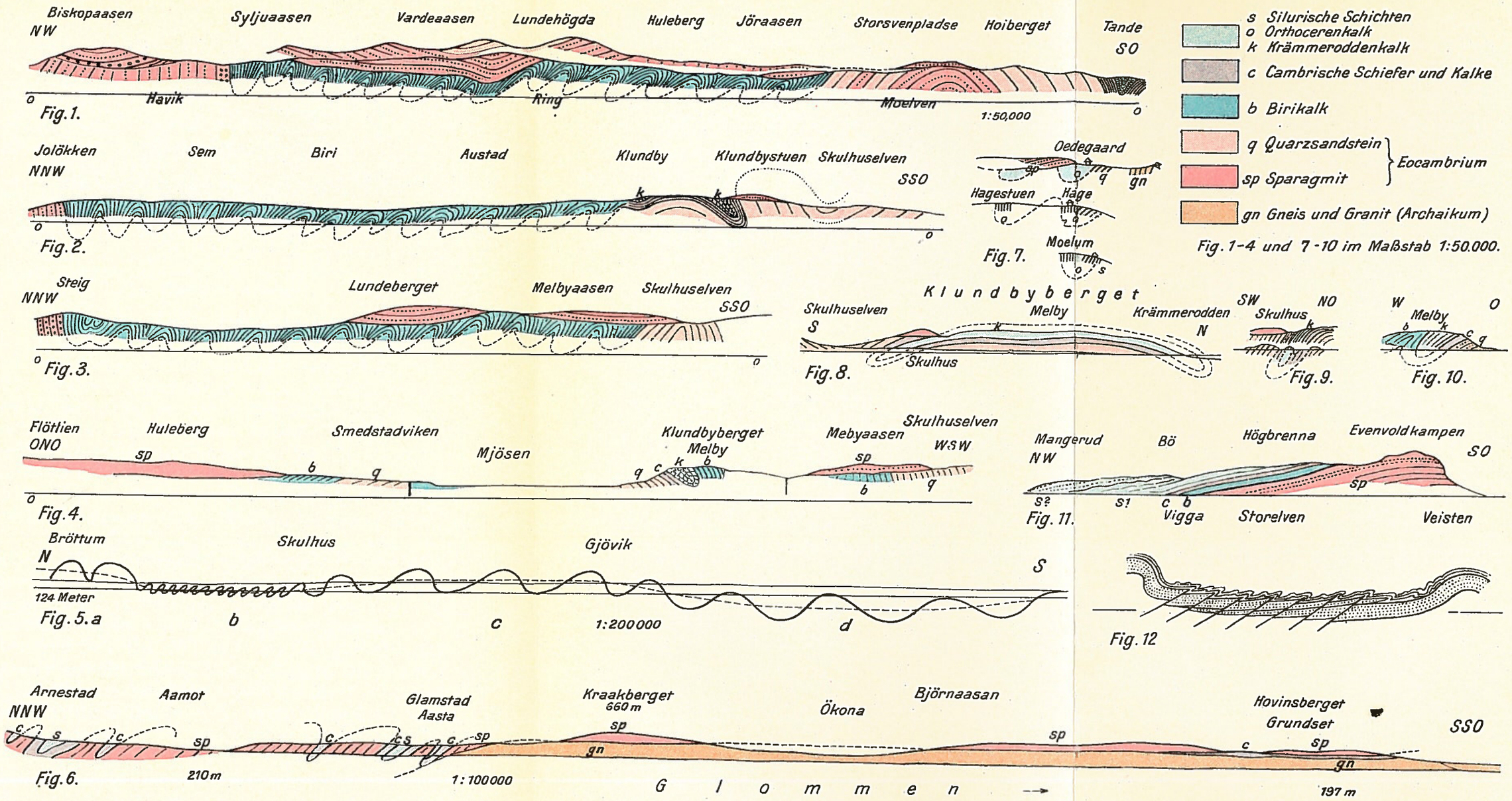
Einleitung 3
I. Mein Reiseweg 5
II. Zur Stratigraphie 12
III. Zum Gebirgsbau 25
1. Der Faltenwurf 25
a) Die Faltung des Biri- und Krämmeroddenkalkes . 27
b) Die Faltung des Sparagmites und Quarzsandsteines 31
c) Die Klundbyberget-Mulde 33
2. Die Überschiebungen 33
a) Die Sparagmitdecke von Lundeberget und Melbyaasen 34
b) Die Sparagmitdecke von Klundbystuen . . 35
c) Die Sparagmitdecke von Biskopaasen . . . 38
d) Die Sparagmitdecke von Syljuaasen und Lundehögda 41
e) Die Sparagmitdecken von Jöraasen und Storsvepladse 46
f) Die Sparagmitdecke von Braastad 48
3. Die Verwerfungen 49
IV. Zusammenfassung der Ergebnisse 53
V. Tektonischer Ausblick 56
VI. Der jüngere Sparagmit Björlykkes 61
VII. Die Beziehungen der Mjösen-Überschiebung zu der von Hardanger-Valdres 64

Nachtrag zu Tafel I.

Die punktierten Linien geben die Formationsgrenzen nach meinen Beobachtungen, die gestrichelten Linien nach Goldschmidt (s. S. 5).



Biskopaasen
Haakenaasen
Trætengen
Ødegaarden
Klövstad
Havik
Traersveen
Lier
Bakken
Nordberg
Stormyren
Byen
Nordengen
Perseveen
Sveen
Backke
Gullikstuen
Sylljuaasen
Haugen
Svenssveen
Stegebakken
Haugersveen
Bratbakken
Halan
Varde-
Mönssveen
Mjösund
Naeren-
(Kongssund)
Sjöen
Sundfajer
Olsenbrenna
Aastadhagen
Storvelta
Nysæen
Sörvelta
Nedresveen
Bækkelund
Bysaeter
Rydningen
Lundssveen
Nygaard
Varberget
Hellerud
Öksenmyren
Nordhagen
Briskeby
Abrahamstuen
Kjölene
Bergelökken
Bergsviken
Heggelund
Raterud
Bergestuen
Strandsveen
Nygaard
Björnaugen
Jölökken
Bergplads
Berg
Smitterud
Svennesstuen
Svennes
Sem
Bollerud
Bollerudstuen
Sigstadstuen
Glasvaerk
Kalrustad
Skole
Klukelökken
Biri
Flaten
Udal
Skumsrud
Skumsrudbakken
Mostuen
Nyborg
Dampsag & Teglvaerk
Diset
Paradis
Kraemmerodden
Kristianlundsmoen
Riggen
Hjelmstadstuen
Engelstad
Lundeberget
Sveen
Paradisadegaard
G. haugen
Gullor
Gulliortajet
Vestby
Melbyaasen
Smedstad
Brunstad
Nygaard
Laggerstuen
Nordhagen
Nysveen
Skuggen
Skjönsby
Skjönsbyhgn.
Eriksrud
Fremstad
Sander
Sandvold
Langset
Onset St.
Larssveen
Klundbystuen
Skulhusbakken
Skulhusodden
Hanssveen
Laggerstuen
Traetsveen
Vindfalde
Moen
Larud
Ringen
Hasselknippe
Valderstuen
Högsveen
Hagen
Engsveen
Strandbakhög
M
J
Ö
S
E
N
Bergsodden
Kjosberget
Kjelsberghgd
Lundehgd
Amlihögda
Rise
Ring
Lundehagen
Hagestuerne
Lunde By
Jaegersberg
Aastad
Höiby
Kroksgaard
Fjöldstad
Smedstad
Smedstadviken
Jöraasen
Brandbu
Nykvern
Ödegaard
Oletad
Fabrik
Skotta
Moelven
Tyvehl.
Sundstuen
Engebretstuen
Frisli
Bjerke
Bruvold
Anderkvern
Praestkvern
Löikkehagen
Rugsveen
Storsveen
Fosstuer
Hoiberget
Ekredalen
Mohaven
Brennri
Hellum
Skraeddersstuen
Kjeterud
Aasbakken
Evjeviken
Storsviken
Tandestuen
Tande
Ringsaker
Skappar
Rökop
Lith. u. Druck v. Dr. C. Wolf u. Sohn, Mchn.
Sparagmit
Quarzsandstein
Cambrium
Birikalk
Silur
Krämmerodden-Kalk
300
600
M. = 1:50000
0 1 2 3 4 5 Kilometer
Höhencurven in 30 Meter Abstand.


Biskopaasen
Syljuaasen
Vardeaasen
Lundehögda
Huleberg
Jöraasen
Storsvenpladse
Hoiberget
Tande
NW
SO
Havik
Ring
Moelven
1:50,000
Fig. 1.
Jolökken
Sem
Biri
Austad
Klundby
Klundbystuen
Skulhuselven
NNW
SSO
Fig. 2.
Oedegaard
Hagestuen
Hage
Moelum
Fig. 7.
s Silurische Schichten
o Orthocerenkalk
k Krämmeroddenkalk
c Cambrische Schiefer und Kalke
b Birikalk
q Quarzsandstein
sp Sparagmit
Eocambrium
gn Gneis und Granit (Archaikum)
Fig. 1-4 und 7-10 im Maßstab 1:50.000.
Steig
Lundeberget
Melbyaasen
Skulhuselven
NNW
SSO
Fig. 3.
Klundbyberget
Skulhuselven
Melby
Krämmerodden
Skulhus
Fig. 8.
SW
NO
Skulhus
Fig. 9.
W
O
Melby
Fig. 10.
Flötlien
Huleberg
Smedstadviken
Mjösen
Klundbyberget
Melby
Mebyaasen
Skulhuselven
ONO
WSW
Fig. 4.
Mangerud
Bö
Högbrenna
Evenvoldkampen
NW
SO
Vigga
Storelven
Veisten
Fig. 11.
Bröttum
Skulhus
Gjövik
N
S
124 Meter
Fig. 5. a
b
c
1:200000
d
Fig. 12
Arnestad
Aamot
Glamstad
Aasta
Kraakberget
660 m
Ökona
Björnaasan
Hovinsberget
Grundset
NNW
SSO
Fig. 6.
210 m
1:100000
G l o m m e n
197 m

*Gümbel, Karl Wilhelm. Geognostische Mitteilungen aus den Alpen. I. Mendel- und Schlerngebirge. 1873 S. 14.
— Desgl. II. Ein Profil aus dem Kaisergebirge. 1874 S. 177.
* — Ueber Conodictyum bursiforme. 1873 S. 282.
* — Ueber die Beschaffenheit der Steinmeteoriten von Jowa. 1875 S. 313
— Beiträge zur Kenntnis der Organisation und systematischen Stellung von Receptaculites. XII, 1 1875.
* — Geognostische Mitteilungen aus der Umgegend v. Trient. 1876 S. 51.
— Die geognostische Durchforschung Bayerns. Rede. 1877 2 ℳ 30 ₰.
— Die in Bayern gefallenen Steinmeteorite. 1878 S. 14.
* — Die am Grunde d. Meeres vorkomm. Manganknollen. 1878 S. 189.
* — Geognostische Mitteilungen aus den Alpen. V. Die Pflanzenrestefführenden Schichten von Recoaro. 1879 S. 33.
* — Das Eruptionsmaterial des Schlammvulkans v. Paterno. 1879 S. 217.
* — Geognostische Mitteilungen aus den Alpen. VI. Ein Streifzug durch die Bergamasker Alpen. 1880 S. 164.
* — Desgl. VII. Das Gebirge am Comersee und über Gebirgsfaltung. 1880 S. 542.
* — Ueber die mit einer Flüssigkeit gefüllten Chalzedon-Mandeln (Enhydros) aus Uruguay. 1880 S. 241.
* — Beiträge zur Geologie der Goldküste in Afrika. 1882 S. 170.
* — Geologische Fragmente aus der Umgegend von Ems. 1882 S. 197.
* — Die miocänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete und die Stellung des Schliers von Ottnang. 1887 S. 221.
* — Das Erdbeben vom 27. Februar 1889 S. 79.
* — Geolog. Bemerkungen über die Thermen von Gastein. 1889 S. 341.
* — Geolog. Bemerkungen über die Thermen von Bormio und über das Ortlergebirge. 1891 S. 79.
* — Geologische Bemerkungen über die warmen Quellen vom Brennerbad. 1892 S. 139.
* — Die Amberger Eisenerzformation. 1893 S. 293.
* — Ueber die Grünerde am Monte Baldo. 1896 S. 545.

Günther, S. Akustisch-geographische Probleme I. 1901, 1 40 ₰.
— Akustisch-geographische Probleme II. 1901, 3 1 ℳ
— Ueber gewisse hydrologisch-topographische Grundbegriffe. 1902, 1 40 ₰.
— Glaziale Denudationsgebilde im mittleren Eisacktale. 1902, 3 40 ₰.
— und Reindl, J. Seismologische Untersuchungen. 1903, 4 60 ₰.
— Das Pothenotsche Problem auf der Kugelfläche. 1904, 2 20 ₰.
— Erdpyramiden und Büsserschnee als gleichartige Erosionsgebilde. 1904, 3 60 ₰.
— Neue Beiträge zur Theorie der Erosionsfiguren. 1905, 3 40 ₰.
— Ein Naturmodell der Dünenbildung. 1907, 2 20 ₰.
— und Dannbeck, S. Die Vorgeschichte des barischen Windgesetzes. 1905, 3 60 ₰.

Haushofer, K. Franz von Kobell. Denkschrift. 1884 80 ₰.

Liebig, Justus Frhr. v. Rede am 28. März 1863 (Francis Bacon von Verulam) 1 ℳ 60 ₰.
— Rede am 28. März 1865 (Induction und Deduction) 50 ₰.
— Rede am 25. Juli 1866 (Entwicklung der Ideen in der Naturwissenschaft). 8⁰. 50 ₰.

Pfaff, F. Bewegung des Firnes und der Gletscher. XII, 2 1876 60 ₰.

Pohlig, Hans. Eine Elephantenhöhle Siciliens. XVIII, 1. 1893 2 ℳ 80 ₰.

Rauff, Herm. Untersuchungen üb. d. Receptaculitiden. XVII, 3 1892 5 ℳ

Roth, J. u. Wagner, A. Fossile Knochenüberreste von Pikermi. VII, 2 1854 3 ℳ

Rothpletz, A. Ueber eigentümliche Deformationen jurassischer Ammoniten. 1900, 1 60 ₰

— Ueber die Jodquellen bei Tölz. 1901, 1 60 ₰

— Ueber den Ursprung der Thermalquellen von St. Moriz. 1902, 2 40 ₰

— Ueber die Möglichkeit, den Gegensatz zwischen Kontraktions- und Expansionstheorie aufzuheben. 1902, 3 40 ₰

— Die fossilen, oberoligocänen Wellenfurchen des Peissenberges etc. 1904, 3 40 ₰

— Gedächtnisrede auf Karl Alfred von Zittel am 15. März 1905 60 ₰

Schlagintweit, Herm. v. Salzseen im westl. Tibet. Thl. I. XI, 1. ~~1871~~ 2 ℳ

Sendtner, O. Vegetationsverhältnisse Südbayerns. 1854 8⁰ 15 ℳ

Voit, E. Vergleichung von Bergkrystall-Gewichten. 1880 3 ℳ

Wagner, Andr. Spezif. Differenzen der Hyaena brunnea von der Hyaena striata. III, 3 1842 50 ₰

— Geograph. Verbreitung der Säugethiere. 1, 2 u. 3. IV, 1, 2 u. 3 1844, 45 u. 46. I. à 3 ℳ 80 ₰, II. à 2 ℳ. III. à 4 ℳ

— Säugethiere Amerikas. 1, 2 u. 3. V, 1 u. 2 1847 u. 48. I. II. III. jedes à 2 ℳ

— Urweltliche Säugethier-Ueberreste aus Griechenland. V, 2 1848 2 ℳ 60 ₰

— Foss. Ueberreste gavialart. Saurier. V, 3 1849 3 ℳ 40 ₰

— Urweltliche Fische in d. lithogr. Schiefern. VI, 1 1850 2 ℳ 40 ₰

— Neue Art von Ornithocephalus. VI, 1 1850 1 ℳ 60 ₰

— Urweltliche Säugethiere in den Höhlen von Muggendorf. VI, 1 1850 1 ℳ 50 ₰

— Ichthyosaurus im süddeutschen Lias. VI, 2 1851 1 ℳ 40 ₰

— Neu aufgefundene Saurier-Ueberreste a. d. lithograph. Schiefern. VI, 3 1852 2 ℳ 40 ₰

— Beschreib. einer fossilen Schildkröte v. Kelheim. VII, 1 1853 90 ₰

— Fossile Säugethier-Ueberreste v. Pikermi. VIII, 1 1857 3 ℳ 70 ₰

— Urweltliche Fauna des lithogr. Schiefers. 1 u. 2. VIII, 2 u. IX, 1 1858 u. 61 I. à 2 ℳ 80 ₰, II. à 2 ℳ 20 ₰

— Fossile Ueberreste von nackten Dintenfischen. VIII, 3 1860 2 ℳ

— Monographie der fossilen Fische a. d. lithogr. Schiefern. 1 u. 2 IX, 2 u. 3 1861 u. 63 I. à 2 ℳ 70 ₰, II. à 3 ℳ 60 ₰

Weinschenk, Ernst. Beiträge zur Petrographie der östl. Zentralalpen. XVIII, 3 1894 I. Abhdlg. 3 ℳ, II. Abhdlg. 1 ℳ 50 ₰. XXII, 2 1903 III. Abhdlg. 3 ℳ

— Zur Kenntnis der Graphitlagerstätten. XIX, 2 1897 3 ℳ

Zittel, Karl Alfr. Denkschrift auf Christ. Erich Herm. v. Meyer. 1870 1 ℳ 40 ₰

— Ueber Coeloptychium. XII, 3 1876 3 ℳ 70 ₰

— Studien über fossile Spongien. 1, 2 u. 3. XIII, 1 u. 2 1877 u. 78. I. à 1 ℳ 80 ₰, II. à 5 ℳ, III. à 2 ℳ

— Geolog. Bau der libyschen Wüste. Rede. 1880 2 ℳ 40 ₰

— Rückblick auf die Gründung u. die Entwicklung der k. b. Akademie der Wissenschaften im XIX. Jahrh. Rede. 1899 80 ₰

* — Die Räuberhöhle im Schelmengraben. 1872 S. 28.

* — Ueber Gletschererscheinungen in der bayer. Hochebene. 1874 S. 252.

* — Ueber Plicatocrinus. 1881 S. 105.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub in München.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: 1910

Autor(en)/Author(s): Rothpletz August

Artikel/Article: Meine Beobachtungen über den Sparagmit und Birikalk am Mjösen in Norwegen 1-66