

chen fossilführenden Interglazialablagerungen derselben Zeit, die ich in den letzten Jahren genau durchgearbeitet habe, vorgekommen sein. Aber weder in der Berliner Gegend, noch in Sachsen oder Hannover, oder Westfalen, oder Schleswig-Holstein, oder vom nördlichen Harzrand ist mir eine Andeutung davon vor Augen gekommen. Ich sehe in den Diluvialablagerungen von Weimar und Umgegend nach den schönen faunistischen Untersuchungen der Herren WEISS und WÜST einen ziemlich lückenlosen Übergang von den glazialen Ablagerungen der Riß-Eiszeit durch die Riß-Würm-Interglazialzeit hindurch bis in die Würm-Eiszeit hinein. Die Bildung des Parisers halte ich für eine rein lokale Störung dieser Entwicklung am Schlusse der Riß-Würm-Interglazialzeit, der ich keine allgemeine Bedeutung beimessen kann.

Wenn man nach diesen Feststellungen nun die Einordnung der paläolithischen Funde in die Eiszeitchronologie vornimmt, dann gehören die älteren Industrien des Palaeozoicums von Weimar, die nach WÜST dem älteren Moustérien nahe stehen, in die Riß-Würm-Interglazialzeit, die jüngeren Funde, die an der Grenze vom Moustérien zum Aurignacien zu stellen sind, würden dann zeitlich schon in die beginnende Würm-Eiszeit fallen.

Diese Einordnung dürfte mit der Gliederung von WIEGERS und der Deutung der Funde vom Rhein-Herne-Kanal durch R. BÄRTLING und mich befriedigend übereinstimmen.

## 36. Dynamometamorphismus an der Basis der Hardangerdecke.

Von HERRN JOH. KOENIGSBERGER.

(Mit 3 Textfiguren.)

Freiburg i. Br., den 2. November 1912.

In den Alpen waren mit den dynamischen Vorgängen der Tertiärzeit chemische und mechanische Umwandlungen der Gesteine verknüpft, die sich über große Strecken ausdehnen; wir sehen dort eine regionale Dynamometamorphose. Die Trennung dieser Erscheinung von der viel früheren prämesozoischen Gneiskontaktmetamorphose ist in der nördlichen

Zone der Westalpen leicht möglich, wie der Verf. gezeigt hat. Dagegen ist in der mittleren axialen Zone der Westalpen und deren Fortsetzung in der nördlichen Zone der Ostalpen eine solche Trennung viel schwieriger. Im Gotthard- und Tessiner Massiv ebenso wie im Zillertaler Massiv und den Tauern scheinen sich, wie das auch F. BECKE annimmt, verschiedene Erscheinungen gleichzeitig übereinander gelagert zu haben. Wenn wir vorläufig weder beweisen noch widerlegen können, daß in der axialen Zone der Westalpen zusammen mit der Faltung noch Intrusionen<sup>1)</sup> stattfanden, so können wir auch nicht entscheiden, ob die tertiäre Dynamometamorphose der Nordzone, soweit sie chemische Umwandlungen hervorrief, eine Teleintrusionsmetamorphose, verursacht durch Intrusionen in der axialen Zone, oder eine reine Dynamometamorphose war. Eine Tiefenwirkung ist sie aber nicht, wie a. a. O. dargelegt<sup>2)</sup>. Daß die mechanischen Veränderungen, die Streckung, Zertrümmerung, Mylonitisierung der Gesteine, lediglich auf den tektonischen Veränderungen, den Bewegungen, und zwar in den Alpen zur Tertiärzeit, beruhen, ist kaum zu bezweifeln. Ebenso klar, wenn auch bisher noch wenig beachtet, ist die häufig auftretende Trennung mechanischer von chemischer Dynamometamorphose. Wir kennen einerseits chemisch unveränderte Granit-Mylonite, andererseits chemisch metamorphe Granite mit ursprünglicher Textur und Struktur.

Einige Beobachtungen am Hardangerjökelen und Hallingskarvet an der Bergenbahn bei Finse, die ich 1910 anstellte, scheinen mir in Zusammenhang mit dem oben Erörterten von Interesse. Dort ist die Tektonik relativ einfach<sup>3)</sup> und ausgezeichnet aufgeschlossen. Eine große Decke, die nachher gewellt und auch gefaltet wurde, ist auf eine ziemlich flachliegende Unterlage überschoben. Intrusionen gleichzeitig oder nach der skandinavischen Überschiebung<sup>4)</sup> fehlen auf große Strecken

---

<sup>1)</sup> Diese Intrusionen umfassen aber keinesfalls die Hauptmasse der Gneise der axialen Zone.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschr. 1912, Abhandl. S. 501.

<sup>3)</sup> Wenn man die Lagerung mehr westlich auf der Bergenshalbinsel und längs der Westküste betrachtet, so kommt man allerdings zur Ansicht, daß die Geologie der paläozoischen skandinavischen Aufschmelzungszone nicht geringere Schwierigkeiten bietet als die alpine. Neben archaischen Graniten und Gneisen findet man anorthositische und granitische Gneise und Tiefengesteine, die jünger und wohl paläozoisch sind. (Vgl. Geol. Rundsch. III, 1912, S. 297.)

<sup>4)</sup> Ich möchte die skandinavischen Überschiebungen nicht unbedingt als eine große Decke auffassen, die etwa von Westen nach Osten

hin und sind bisher bekanntlich weder in Schweden noch in Norwegen in der Nähe des Endes der viele 1000 qkm bedeckenden Überschiebungen nachgewiesen worden<sup>1)</sup>. Sie fehlen, soweit mir bekannt, auch in der weiteren Umgebung des Hardangerjökelen und des Hallingskarvet. Doch verdiente diese Frage noch ein sorgfältiges Studium. Die mechanischen und wohl auch chemischen Umwandlungen, die sich dort an der Basis der Decke finden, können wohl nur mit der dynamischen Wirkung der Überschiebung zusammenhängen; sie sind auch tatsächlich im wesentlichen von dem Abstand von der Überschiebungsfläche abhängig. Im ganzen wird man in der hier in Betracht gezogenen Gegend folgende vier voneinander zeitlich und ursächlich verschiedenen Metamorphosen unterscheiden müssen:

1. Archaische Gneisbildung über die ganze skandinavische Halbinsel und Granitintrusion.

2. Durch Granitintrusion bedingte präcambrische post-algonkische Kontaktmetamorphose.

3. Spätsilurische Gneisregionalmetamorphose. Sie ist mit anorthositischen und granitischen Intrusionen und Gneisbildung verknüpft, bedingt den Habitus des sog. westlichen Silur und hat hier aus cambrischen Tonschiefern usw. Phyllite und Kalkglimmerschiefer geschaffen.

4. Auf 3. folgend mechanische und chemische Dynamometamorphose bei der Überschiebung der Granitdecke. An der Deckenbasis sind aus Granit mylonitische Glimmergneise, Gneise, Protogine entstanden.

Bezüglich der Literatur sei für das spezielle Gebiet auf die sorgfältige Untersuchung von J. REKSTAD<sup>2)</sup> verwiesen, die auch zahlreiche schöne Abbildungen<sup>3)</sup> von einzelnen Stellen der Überschiebung enthält. Der Verf. hat allerdings unbestimmt gelassen, ob Überschiebungen vorliegen, und hat deshalb auch den dynamometamorphen Granit als Gneis usw. kartiert. Doch stört dies bei der Benutzung der Karte und Profile wenig, falls man darauf achtet. Die allgemeinen tektonischen

---

überschoben wurde. Vielmehr scheinen auch manche Gebiete von lokalen Überschiebungen aus verschiedenen Richtungen bedeckt zu sein.

<sup>1)</sup> Welcher Zeit die anorthositischen Injektionsgneise bis Tromsø angehören, ist nicht ganz sicher. TÖRNEBOHM und PETERSEN haben die von den Anorthositen metamorphosierten Schiefer als Silur kartiert, und wir folgen dieser Auffassung.

<sup>2)</sup> J. REKSTAD: Norges geologiske Undersøgelse. Aarbo 1903. Nr. 4.

<sup>3)</sup> J. REKSTAD: a. a. O., S. 22, 26, 36.

Fragen<sup>1)</sup> sind zuerst von A. E. TÖRNEBOHM auf seiner Karte von Skandinavien (Stockholm 1908) beantwortet. Ferner sei auf die referierenden Abhandlungen von W. v. SEYDLITZ<sup>2)</sup> und von F. SVENONIUS<sup>3)</sup>, welche die zwei entgegengesetzten Standpunkte darlegen und die Originalliteratur zitieren, verwiesen. Bezüglich der Frage, ob der „Gneis“ in der Gegend von Hardangerviddan und Hansedalsfjelden auf den Phylliten normal aufliegt, überschoben oder intrudiert ist, haben die Ansichten der norwegischen Geologen, von W. C. BRÖGGER<sup>4)</sup>, H. REUSCH<sup>5)</sup>, J. REKSTAD<sup>5)</sup>, K. O. BJÖRLYKKE<sup>5)</sup>, öfters geschwankt. 1902 haben sich alle diese Forscher für eine Überschiebung ausgesprochen<sup>6)</sup>. 1903 schien sie REKSTAD für Hardangerjøkelen usw. wieder unsicher.

Die geologische Folge der häufig horizontal, aber auch bis 20° geneigten liegenden Unterlage ist nach J. REKSTAD vollständig folgende:

1. Archaischer Granit — Abrasionsfläche.
2. Telemarkformation (Algonkian), graue Quarzite (auch Konglomerate) — Abrasionsfläche.
3. Dunkle Phyllite (Oberes Cambrium mit *Dictyonema flabelliforme*) 30—50 m.
4. Blauquarz 30—60 m.
5. Dünne Kalksteinschicht und Linsen, darauf dunkle Phyllite (Silur).

Auf der Schicht 5 lagert die Decke von ausgewalztem Granit, die je nach dem Ort wie Hällefintna, Gneis, Protogin

1) Das Für und Wider der Fragen ist von den skandinavischen Geologen sehr sorgfältig erwogen worden. Einige der Schwierigkeiten, die SVENONIUS erwähnt, kann man, glaube ich, durch die Annahme einer der Überschiebung vorhergehenden, von Westen nach Osten abnehmenden Gneismetamorphose der prädevonischen Sedimente lösen. Bezüglich der Mylonitisierung ist zu bedenken, daß sich Gleitflächen in der Decke ausbilden, und der Vorgang der Zermalmung kein gleichmäßiger sein kann. Große Linsen von unverändertem Gestein können auch von oben her in die mylonitische Zone und die Phyllite hineingewälzt werden. Die Unterscheidung eines mylonitischen Tiefengesteins von einem unveränderten gneismetamorphen Gestein ist möglich, aber nicht leicht; dagegen ist es viel schwerer, die Mylonitisierung eines gneismetamorphen Gesteins festzustellen.

2) W. v. SEYDLITZ: Geol. Rundsch. II, 1911, S. 25.

3) F. SVENONIUS: Geol. Rundsch. II, 1911, S. 187.

4) W. C. BRÖGGER: Norges geologiske Undersøgelse 1893, Nr. 11. Lagfolgen på Hardangervidda. Aarbog 1903, Nr. 2.

5) H. REUSCH, J. REKSTAD, K. O. BJÖRLYKKE, Norges geol. unders. aarbog 1902.

6) S. 78, Mitte.



aussieht. Sowohl am Hallingskarvet wie zwischen Finse und Fossli ist aber diese Folge nirgends vollständig erhalten. Das hat, wie ich glaube, zwei Ursachen: Erstens war die post-archäische Abrasionsfläche keine Peneplain und versank zum Teil in Staffelbrüchen (nordöstlich Fossli) erst zu Beginn des Silurs völlig in das Meer, zweitens ist bei der Überschiebung auch die Unterlage aufgerissen und zum Teil ausgewalzt worden.

Betrachten wir einige Gesteine am Nordostabhang des Hallingskarvet gegen Kjetilnøset etwas näher:

Mechanisch fast gar nicht verändert ist der Granit der Unterlage (vgl. Fig. 1, Nr. 1), aber er hat eine chemische Veränderung erlitten. Der Plagioklas ist saussuritisiert (grüngelb, auf der Photographie dunkel). Der Orthoklas zeigt wohl primäre mikropegmatitische Struktur, der Biotit ist kaum verändert. Wenig verändert sind die Quarzite. Dagegen sind die Phyllite und die Kalklinsen metamorph. Da mag erstens die regionale Metamorphose vor der Überschiebung gewirkt haben, wie das in stärkerem Maße unstreitig für die Åre- und Kölischiefer der Jämtlanddecke zutrifft. Die mechanische Metamorphose dürfte aber hier hauptsächlich mit der Überschiebungstektonik zusammenhängen. Die Kalke sind etwas marmorisiert und gestreckt; auf den Gleitflächen des Kalksteins liegt Sericit.

Die Phyllite sind nach oben zunehmend intensiv gefältelt (vgl. Fig. 1, Nr. 2). Auf den Gleitflächen des Gesteins sieht man hellen Glimmer.

Nach oben hin wird der Phyllit graugrün; er hat das Aussehen eines alpinen chloritisierten Gneisglimmerschiefers. Schmale Adern von mylonitisierter Granitmasse sind eingelagert. Dann folgt eine graugüne Mischzone mylonitisierter Gesteine, die zu einem grünen Schiefer ausgewalzt ist. Petrographisch ist mit einem solchen Gestein nichts anzufangen. Vielfach ist Quarz, Orthoklas und Plagioklas (?) so zermalmt und übereinander gepreßt, daß man im besten Dünnschliff und starker Vergrößerung sie nicht unterscheiden kann. Das Gestein kann nur aus geologischen Tatsachen gedeutet werden. Darauf folgt ein dichtes braungraues Gestein, das sich im polierten Anschliff<sup>1)</sup> als gefältelter ausgewalzter Granit erweist (vgl. Fig. 1, Nr. 3; wegen seiner Farbe (absorbiert das blaue wirksame Licht) und Rauheit ist es auf der Photographie dunkel). Alle Mineralien sind zertrümmert; der Biotit ist in

---

<sup>1)</sup> Bei derartigen Gesteinen ist ein Anschliff oft lehrreicher als der Dünnschliff.



- 1 Granit der Unterlage (chemisch metamorph).
- 2 Phyllit der Unterlage (gefältelt gestaucht, dynamometamorph).
- 3 Granit der Decke (gefältelt, stark chemisch und mechanisch metamorph), an der Basis, etwa 5 m von Grenzfläche; scheinbarer Glimmergneis.
- 4 Granit der Decke, etwa 20 m über Grenzfläche (gestreckt, chemisch und mechanisch metamorph), scheinbarer Orthogneis.
- 5 Granit der Decke, etwa 300 m über Grenzfläche (schwach gestreckt und schwach chemisch metamorph).
- 6 Granit oder Gneis der südlichen Aufpressungszone des Aaremassivs (sog. Urserengneis vom unteren Val Val, Paß Tiarms), gefältelt, sehr stark mechanisch und chemisch metamorph.

1—4 vom Hallingskarvet, 5 vom Livnut.

Fig. 1.

feine Häute eines dunkeln graugrünen Sericits verwandelt, der Plagioklas saussuritisiert und zum Teil ausgelaugt, der Quarz in feinste Körner zerlegt, der Orthoklas bildet rötliche Wellenfalten. Eisenoxydhydrat ist ausgeschieden. Etwa 20 m über der Grenzfläche ist dieser Mylonit in ein Gestein übergegangen, das ohne Kenntnis der Tektonik als Orthogneis bezeichnet würde (Nr. 4). Meiner Ansicht nach besteht aber auch petrographisch zwischen einem mechanisch ausgewalzten Granit und einem echten Orthogneis ein so tiefgreifender Unterschied, wie etwa zwischen einer Arkose und einem Granit. Wir sehen keine Fältelung mehr, sondern nur eine feinflaserige Struktur.

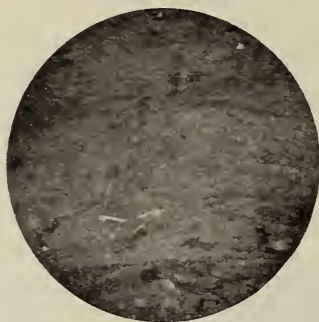


Fig. 2.

Mylonit vom Kongsnut

mit Paralleltexur, dunklen Chloritfasern, sekundär ausgeschiedenen Erzen und den für mittlere Stärke der Mylonitisierung charakteristischen kleinen Augentrümmern von Orthoklas. Quarz und Plagioklas sind ganz fein zermahlen.

Der Biotit ist stellenweise noch in etwas dickeren Blättern, z. T. chloritisiert vorhanden; der Plagioklas ist saussuritisiert, Orthoklas und Quarzkörner sind ineinander gepreßt.

Dieselbe Folge sehen wir am Hardangerjökelen, wo auch in den Granit der Decke große Schollen Phyllit eingeklemmt sind. Das Gestein der Zone Fig. 1, Nr. 3, das am Kongsnut einem dichten Hälleflinta gleicht, auch von J. REKSTAD manchmal so bezeichnet wird, zeigt Fig. 2 im Dünnschliff. In den Alpen würde das Gestein unter der Bezeichnung Glimmergneis gehen; in Elba sind analoge Gesteine, die P. TERMIER als Mylonite erkannte, später noch für metamorphe Psammite angesehen worden. Die Beschaffenheit und Form des Glimmers ermöglicht aber, neben andern Merkmalen, den Unterschied rein petrographisch festzustellen. Bei der Daemnevandshytte

kann man am Lugnut die obere Zone der Granitdecke bequem studieren. Die chemische Metamorphose ist dort etwas stärker. Unten liegt noch ein orthogneisähnliches Gestein, das nach oben aber unregelmäßig in einen Protogin übergeht, der, obzwar grobkörniger und quarzärmer, den Gotthardprotoginen ähnlich sieht. An Stelle des Biotits ist Chlorit und Epidot getreten, der Plagioklas ist saussuritisiert; man sieht in ihm Zoisit und Sericit; der Orthoklas zeigt Mikroklinstruktur und die bekannten mikroperthitischen Spindeln, der Quarz ist stark zertrümmert (vgl. Fig. 3).

Nahe verwandt mit diesen Gesteinen sind die der Urserenzone des Aaremassivs, längs der das ganze Massiv um 1000 bis 2000 m in die Höhe gehoben und die andere Seite, die Nord-



Fig. 3.

Protogin am Lugnut

stark chemisch, schwach mechanisch dynamometamorph.

seite des Gotthardmassivs, mit den Sericitphylliten hinabgeglitten ist. Wir haben dort vertikal gerichtet dieselbe Ausbildung wie an der Horizontalüberschiebung von Hardanger. Fig. 1, Nr. 6 zeigt ein solch mylonitisiertes, gefälteltes Gestein von granitischer Zusammensetzung, das primär vermutlich ein Injektionsgneis, vielleicht aber auch ein Granit gewesen ist.

Die Saussuritisierung und Chloritisierung der Hardangergranitdecke weist auf die Beteiligung und den Zutritt von Wasser bei der chemischen Metamorphose hin<sup>1)</sup>. Daß die hierzu nötige

---

<sup>1)</sup> Wir finden hier eine der wenigen bisher bekannten Stellen auf der Erde außerhalb der Alpen mit echter alpiner Dynamometamorphose und hätten demnach auch alpine Minerallagerstätten zu erwarten. V. M. GOLDSCHMIDT erwähnt in der Zeitschr. f. Krystallogr. 51, 1912, S. 40, daß Minerallagerstätten alpinen Typus<sup>1)</sup> in der Umgebung von Finse vorkommen. Doch ist nicht angegeben, ob die charakteristischen Merkmale für solche Lagerstätten in sauren Gesteinen: Auslaugung



erhöhte Temperatur im wesentlichen durch Reibungswärme geliefert werden konnte, zeigt folgende Rechnung: Setzen wir, was recht gering wäre, den Reibungskoeffizienten von Granit auf Phyllit<sup>1)</sup> = 0,2 und die Höhe der überschobenen Gesteinsmasse nur = 1000 m, was wohl auch zu gering ist, ferner den Weg (den Abstand von der Wurzel der Decke) = 25 km, so erhält man pro qcm eine Wärme von  $3 \cdot 10^6$  gcal. Verteilen wir diese von der Grenzfläche nach oben und unten um je 300 m auf die ganze Masse, so erhalten wir durch hypothesenfreie Rechnung etwa 300° Temperaturerhöhung. Die Wärmeleitung ist hierbei vernachlässigt. Will man aber nicht annehmen, daß der Vorgang der Überschiebung relativ rasch, vielleicht in wenigen Jahren, vor sich ging (wie der Verf. das für möglich hält), so muß man einen entsprechend größeren Reibungskoeffizienten annehmen, so wie er sich etwa praktisch ergibt, wenn man Granit auf Phyllit ganz langsam gleiten läßt, und dann kommt man auch bei Berücksichtigung der Wärmeleitung der Gesteine auf dieselbe Größenordnung wie oben. Daß die Reibung nicht nur auf die Grenzfläche, sondern auf unzählig viele Gleitflächen der Decke verteilt war, ändert an dem Gesamtwert der Reibungswärme nichts.

---

von Biotit und Plagioklas im Gestein und Quarzband in der Kluft zu finden sind. Der von V. M. GOLDSCHMIDT beschriebene Quarz zeigt große Ähnlichkeit mit dem Tessiner Typus. (N. Jahrb. Min., Beil.-Bd. XXVI, 1908, S. 511.)

<sup>1)</sup> Der Koeffizient äußerer Reibung von Messing auf Gußeisen ist 0,2, von Muschelkalk auf Muschelkalk 0,75. Er ist bei Laboratoriumsversuchen mit glatten Flächen und geringen Massen von der Geschwindigkeit unabhängig. Nimmt man, was bei großen Überlastungen am wahrscheinlichsten wäre, die innere Reibung oder Plastizität der Phyllite bei Verschiebung (die etwa 50–100 Atm. entsprechen dürfte) als Maß an, so kommt man auf 10 mal höhere Werte. Das Abreißen der Phyllite in Linsen und die ganze Auswälzung an der Überschiebungsfläche weist aber eher darauf hin, daß ein so hoher Druck, wie er für plastische Verschiebung erforderlich wäre, hier nicht erreicht war, daß also die äußere Reibung wohl maßgebend ist.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [64](#)

Autor(en)/Author(s): Koenigsberger Johann G.

Artikel/Article: [36. Dynamometamorphismus an der Basis der Hardangerdecke. 610-618](#)