Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1909)

Heft: 1701-1739

Artikel: Ueber die Entstehung der norwegischen Fjeldlandschaften, Fjorde und Schären

Autor: Nussbaum, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319201

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

F. Nussbaum.

Vorgetragen den 6. November 1909.

Ueber die Entstehung der norwegischen Fjeldlandschaften, Fjorde und Schären.[1])

Ueberblick.

Norwegen zeigt hinsichtlich seiner Oberflächengestaltung drei verschiedenartige Zonen: im Osten ein breites, verhältnismässig wenig gegliedertes, plateauähnliches Hochland, das stellenweise bis über die Schneegrenze hinaufragt und die Fjeldlandschaft bildet, eine ausserordentlich stark zerschlitzte Fjordküste und einen verschieden breiten Inselgürtel: die Schären, die im Westen die Küste umsäumen. Das Verständnis für die Bildung dieser Erscheinungen ist uns vornehmlich durch H. Reusch, Ed. Richter und A. Helland geöffnet worden. Im Hinblick auf das lebhafte Interesse, das sich allgemein für die Fragen nach der Entstehung der drei eigenartigen Formentypen geltend macht, halte ich es für nützlich, die Ansichten der genannten Forscher einander gegenüberzustellen und gelegentlich wörtlich anzuführen. Zunächst müssen wir einen, wenn auch nur sehr flüchtigen Blick werfen auf den geologischen Aufbau des Landes.

Skandinavien bildete ehemals ein hochaufgerichtetes Faltengebirge, das mit den Gebirgen von Schottland im Zusammenhang stand. Im weitaus grössten Teil der Halbinsel treten die archaischen Urgesteine zu tage, und wo andere Erdschichten sie

[1]) Veranlassung zu diesem Aufsatz gaben Beobachtungen, die ich im Sommer 1909 auf einer Studienreise quer durch das südliche Norwegen zu machen Gelegenheit gehabt habe. Ich konnte diese Reise mit Unterstützung der h. Erziehungsdirektion Bern unternehmen, der ich hiermit meinen ergebensten Dank ausspreche.

überlagern, sind dies Sedimente von sehr hohem Alter. Diese Sedimente sind durch metamorphische Vorgänge vielfach in kristallinisches Gestein (Glimmerschiefer und sehr mächtige Quarzite) umgewandelt. Jüngere als silurische Gesteine sind auf dem Gebiet der Skandinavischen Halbinsel fast gar nicht vorhanden. Das Silur und das noch ältere Kambrium haben aber eine grosse Verbreitung. Fast der ganze norwegische Gebirgsrücken, mit Ausnahme eines nach Süden breiter werdenden westlichen Küstenstreifens, gehört ihm an. Mit seinem Ostrande, dem Glint, fällt auch die östliche Grenzlinie der kambrisch-silurischen Schichten im allgemeinen zusammen.[1]) Die Faltung des skandinavisch-kaledonischen Gebirges erfolgte vor dem Devon. Nach dem Fehlen jüngerer Sedimente zu schliessen, ist von dem Devon an das skandinavische Gebirge Land gewesen. Die Veränderungen, welche dasselbe seither bis zur Diluvialzeit erfahren hat, sind, in ihren Grundzügen kurz angedeutet, zwiefacher Art: Einmal erfolgte nach H. Kerp ein Abbruch, durch welchen der Zusammenhang mit dem kaledonischen Gebirge von Schottland unterbrochen wurde, und ferner erlitt das Land eine allgemeine weitgehende Abtragung, über die sich Ed. Richter[2]) folgendermassen äussert:

«Die heutige Landoberfläche Skandinaviens hat mit der ursprünglichen Begrenzungsfläche der gefalteten und gehobenen Massen, aus denen das Land aufgebaut ist, nichts mehr gemeinsam. Ungeheure Mengen festen Materials sind durch die denudierenden Kräfte entfernt worden. Brögger hält es nicht für unmöglich, dass eine 5000—10,000 m dicke Gesteinsschicht entfernt worden ist; sicherlich ist der jetzige Gebirgskörper nur ein Rest einstiger weit mächtigerer Massen.

Die heutige Landoberfläche ist also eine Denudationsfläche; die Formen, denen wir begegnen, sind Erzeugnisse der abtragenden Kräfte. Die tektonischen Vorgänge einer längst verflossenen Zeit sind für sie nur insofern massgebend, als bestimmte Gesteins-

---

[1]) Nach H. Kerp, Landeskunde von Skandinavien. Saml. Göschen, Leipzig, 1904.

[2]) Geomorpholog. Beobachtungen aus Norwegen. Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, 1896. I. Ab., p. 147 ff.

folgen dadurch an bestimmte Oertlichkeiten gebracht worden sind. Tektonische Vorgänge haben die Gesteine an bestimmte Lagen gebracht; da der Widerstand dieser Gesteine gegenüber dem über sie hingehenden Hobel der Denudation nicht der gleiche war und das Werkzeug selbst nicht überall in gleicher Weise wirkte, so ist die abgehobelte Fläche nicht ganz eben, und insofern kommt die Tektonik zu einer gewissen Bedeutung.»

In ausserordentlich zutreffender Weise bezeichnet sodann Ed. Richter den schroffen Gegensatz zwischen Fjord- und Fjeldlandschaft als den auffallendsten Zug im landschaftlichen Charakter Norwegens.

I. Die Fjeldlandschaft.

1. Charakter. Die Fjeldlandschaft bildet im Gegensatz zu den energisch ausgearbeiteten, steilwandigen Erosionsfurchen der Fjorde eine flachwellige Berg- oder Hügellandschaft von grosser Einförmigkeit und Ruhe; die breiten Bergrücken, die aus der Hochfläche emporragen, tragen zumeist den Charakter von Tafelbergen; nur im Gebiet von Jotunheim treten schärfere Formen hervor.

Die Täler der Fjeldlandschaft sind in ihrem Ursprung breite Mulden, in denen die Bäche bald träge hin und her pendeln, bald über Felsriegel hinabstürzen und sich dann in Seen ergiessen, an denen das Hochland ausserordentlich reich ist; nach den tieferen Regionen zu werden die Täler immer schmäler, aber zugleich tiefer und steiler.

2. Die hochgelegene, wellige Landoberfläche, in welche die steilwandigen, scheinbar jugendlichen Täler eingeschnitten sind, wird von H. Reusch[1]) als paläische Oberfläche bezeichnet, über deren Entstehung er sich folgendermassen äussert:

«a. Das Endziel der Erosion ist die Peneplain (Fast-Ebene), das schwachwellige, von trägen Flüssen durchströmte und von bedeutenden Verwitterungsmassen eingehüllte Land. Wenn die Peneplain gehoben wird, wird die ausgrabende Wirksamkeit des

[1]) Betrachtungen über das Relief von Norwegen. Geogr. Zeitschr., IX. Jahrg. 1903, p. 425 ff.

fliessenden Wassers neu belebt; die Peneplain wird in ein Gebirgsland ausskulptiert, um wieder, wenn der neue Erosionszyklus vollendet ist, als Peneplain zu endigen.

Die paläische Oberfläche kann nicht ohne weiteres als eine einzige Peneplain betrachtet werden. Das Jötungebirge, das höchste Gebirge Norwegens, das «Alpenformen» mit spitzen Hörnern und Kämmen zeigt, gehört auch zur paläischen Oberfläche. Südlich davon bemerkt man die ausgesprochene Tafelform des Hallingskarv. Dieses Gebirge steht nicht allein da, sondern es gibt eine Anzahl hochaufragender Plateaus, die als Reste einer sehr alten Peneplain gedeutet werden können. Als diese Peneplain einst im Meeresniveau ausgebildet wurde, waren die Jötungebirge höher als jetzt. Das Land hat sich darauf etwas gehoben und eine zweite Peneplain ausgeformt. Die Jötungebirge wurden unterdessen weiter erodiert. Auf der neuen unteren Peneplain ragen einige Reste des höheren Landes als Monadnocks auf. Eine neue Hebung hat ein System offener, nicht tiefer Täler hervorgebracht.

Obwohl die Hochflächen Norwegens keine einfachen Bildungen sind, kann man doch, wenn man nur die allergrössten Züge betrachtet, von einer grossen «Peneplaination» der «Fennoskandia» sprechen. Vorläufig kann man sich nur eine sehr unvollständige Idee davon bilden, in welcher geologischen Zeitperiode die skandinavische Halbinsel soviel niedriger lag und ihren Charakter einer wellenförmigen, weitgedehnten Ebene erhielt, den sie abgesehen von den neu hinzugekommenen Tälern hat. Von anderen Ländern erfahren wir, dass die Denudation im Tertiär eine gewaltige Arbeit vollbrachte, und man kann wohl innerhalb dieser Periode Platz für unsere grosse «Peneplaination» finden.»

Zu dieser letzten Bemerkung Reuschs möchte ich mir erlauben, auf den Umstand hinzudeuten, dass für Skandinavien kein Grund vorliegt, die Hauptabtragung erst ins Tertiär zu verlegen, da ja das ganze Gebiet seit der Devonzeit Land war.

Nur ganz allgemein hat Reusch ferner von der umgestaltenden Einwirkung der Eiszeit gesprochen, ohne dass wir uns ein klares Bild davon machen können.

b. Viel deutlicher lässt sich die Bildung der heutigen Formen des norwegischen Gebirges nach den Ausführungen von Ed. Richter[1]) vorstellen; dieser sagt: «Tal und Berg tragen auf der norwegischen Hochfläche in gleicher Weise die Spuren einer überaus machtvollen Eiswirkung an sich. Sind die Berge gerundet, so sind die Täler muldenartig ausgeschliffen und ihres regelmässigen Gefälles beraubt; zahlreiche langgestreckte Talseen folgen fast ununterbrochen aufeinander, durch Kaskaden miteinander verbunden. Je höher die Lage des betreffenden Talstückes ist und je näher der Wasserscheide es liegt, desto ausgesprochener sind diese Züge. Fertige Flusstücke von normaler, den hydrographischen Gesetzen entsprechender Beschaffenheit findet man auf der Höhe des Fjeldes so gut als gar nicht. Sie treten erst viel weiter talabwärts auf. Dafür sind blinde Täler und Talwasserscheiden häufig.

Denkt man sich einen Untergrund von lokal ungleicher Härte und Widerstandskraft durch lange Zeit der Einwirkung einer sich bewegenden Eislast ausgesetzt, so wird das Ergebnis ein Relief sein, welches ausschliesslich dem Entgegenwirken dieser zwei Faktoren, der Gesteinshärte und der Eisbewegung entspricht: die härteren Partien des Gesteines aus den weicheren herausgeschält; sich treffende und wieder trennende, breite talähnliche Mulden und Vertiefungen um die härteren Bodenpartien, die als Hügel emporragen, sich herumschlingend, das Ganze geneigt in der Richtung des allgemeinen Eisabflusses. Nach Verschwinden des Eises müsste ein solches Oberflächenstück zu einem sehr grossen Teile seiner Fläche mit Binnenseen bedeckt sein; das System der Entwässerung wäre ungemein kompliziert, die Wasserscheiden wären höchst verwickelt, Gabelungen und Wasserfälle häufig.

Ohne Zweifel entsprechen gewisse enger umschriebene Partien des norwegischen Fjeldes ziemlich genau diesem spekulativ abgeleiteten Bilde der echten Gletscherboden-Landschaft; so z. B. das Sogne- oder Dölefjeld[2]) — in gewissem Grade wahrscheinlich auch Hardangervidden.»

---

[1]) Geomorph. Beob. a. Norw., p. 149.

[2]) bei Richter steht: -fjord.

Es war mir vergönnt, die Hardangervidda selbst zu besuchen, und ich muss gestehen, dass es kaum möglich sein dürfte, eine zutreffendere Schilderung dieser Landschaft zu entwerfen, als wie sie soeben von Ed. Richter ausgeführt worden ist.

Auch die Gebirge von Jotunheim gehören zur alten Rumpffläche, und auch sie bildeten ehemals Bestandteile derselben als flachwellige Erhebungen. Aber ihre besondere Gestaltung haben sie nach Ed. Richter hauptsächlich durch den Vorgang der Wandverwitterung und Abtragung zufolge der intensiven Lokalvergletscherung erhalten, die hier im höchsten Teile von Norwegen auch zu Zeiten andauerte, als die umliegenden Gebiete eisfrei waren, wie es jetzt auch der Fall ist. Lokale Gletscher trugen den an den nackten Wänden abwitternden Schutt talwärts, und so entstanden weite, tiefe Nischen, Kare, an den Gehängen der Massive, die von tiefen Tälern zerschnitten waren, und zwischen weit zurückliegenden Karen ragen heute die Reste der Massive als Einzelgipfel oder als schmale Rücken empor; «hie und da stehen noch ziemlich massige Stöcke des alten, vom Inlandeis geschliffenen Fjeldmassivs zwischen den Karen — so die Skridulaupe, der Fanaraaken und viele andere — oder doch noch kennbare Fjeldstreifen — am Galdhöpig, der Heilstuguhöh, am Sletmarkspiggen; anderswo sind nur mehr Grate und Zacken übrig geblieben; in den Horungern, am Knutshultind» (Richter, l. c., p. 163).

Die unter der Wirkung der eiszeitlichen Vergletscherung entstandenen Formen treten in allen Gebieten des norwegischen Fjeldes ausserordentlich deutlich hervor. Allenthalben bemerken wir, dass sich breite Mulden über Stufen gegen etwas tiefer gelegene schmälere Rinnen öffnen, die mit langen Seen ausgestattet sind und selbst wieder in teils gewaltigen Stufen zu trogförmigen Tälern sich vereinigen; gross ist der Reichtum an abgerundeten Felsriegeln auf den Stufen oder an den Talflanken; schliesslich senkt sich der Boden der tiefen Täler bis unter den Meeresspiegel, und dann beginnt hier ein Fjordarm.

c. Ueber die postglaciale Wirkung der Erosion in diesen Gebieten finden wir in Richters Aufsatz folgende Beobachtungen:

«Gegenwärtig arbeiten die Bäche und Flüsse an der Zerstörung des glacialen Charakters der Landschaft. Wenn man

aber bemerkt, wie wenig loses Material hier zur Auffüllung der Seen und Ausschleifung der Talriegel zur Verfügung steht, wie die Bäche und Flüsse kristallhell über die Gneisplatten hinschiessen, die von eherner Glätte und Festigkeit zu sein scheinen, so begreift man, weshalb die Eisspuren hier noch so frisch erscheinen. Auch die Talgehänge zeigen ein ganz anderes Aussehen, als in solchen Gebirgen, die vorwiegend vom fliessenden Wasser modelliert sind. Während dort die Talwände grösserer Täler eigentlich nur aus kulissenartig vorspringenden Bergkörpern bestehen, die die Seitentäler nächstniederer Ordnung voneinander trennen, sind hier die Wände der glacialen Trogtäler auf Stunden hin ganz ungegliedert und ungefurcht; die Täler sind flache Halbzylinder ohne Einmündung von Seitenbächen; die Bäche des hohen Fjeldes gleiten, ohne bisher merkliche Furchen eingegraben zu haben, das Gehänge herab.»

Genau denselben Erscheinungen begegnen wir auch in den Fjorden.

II. Die Fjorde.

1. Merkmale: a. Die norwegische Sprache versteht unter einem Fjord jede beliebige Meeresbucht, oft auch eine Meeresstrasse oder ein Süsswasserbecken. Das Wort Fjord ist aber in den wissenschaftlichen Sprachgebrauch übergegangen, und zwar bezeichnet der Geograph damit eine Meeresbucht von dem Typus der grossen Fjorde der norwegischen Westküste. Im wissenschaftlichen Sinne ist also ein Fjord eine weit in das Land eingreifende, im Verhältnis zur Länge schmale, von hohen, steilen Bergwänden eingefasste Ausbuchtung des Küstenmeeres. — In diesen Worten E. Werths[1]) ist schon ein Merkmal, die Steilwandigkeit der Ufer norwegischer Fjorde, angedeutet; dies gilt namentlich für die innern Abschnitte der Fjorde, während die der Küste näher liegenden Teile von vorwiegend sanft ansteigenden Ufern eingefasst sind. Im Querschnitt gezeichnet, weisen die inneren Fjordarme eine ausgesprochene U-Form auf, nach welcher die Fjorde als Trogtäler bezeichnet werden können.

---

[1]) Das Eiszeitalter, Samlg. Göschen, Leipzig, 1909.

b. Als ein zweites Merkmal der Fjorde ist der Stufenbau und die Beckenform des Talbodens zu bezeichnen, die zuerst A. Helland[1]) eingehend würdigte; er sagt darüber ungefähr folgendes: Die Tiefen der Fjorde in Norwegen sind im ganzen gross. Die Tiefe der Nordsee geht nur selten über 100 m; und viele nicht sehr grosse Fjorde haben oft eine Tiefe von 600 m. Der Boden des Sognefjordes liegt auf einer längeren Strecke 13 Mal tiefer als der der Nordsee. Es ist sehr merkwürdig, schreibt Herr de Seue, dass die Tiefe des Sognefjordes ausserhalb Balestrand und Vik so bedeutend, ungefähr 200 m, zunimmt. Es ist dies die Stelle, wo sich der innere Sogn mit den Armen von Fjärland und Vik vereinigt hat; die Breite des Fjordes nimmt nur wenig zu. Was hier von einer einzelnen Stelle gesagt wird, scheint im ganzen eine Regel im inneren Teile mehrerer Fjorde zu sein, wenn sich zwei Fjordarme vereinigen, wie es folgende Tiefen in dem Sogne- und Hardangerfjord zeigen:

Tiefen des Sognefjordes:

Im innersten Teile (Lyster-Fjord)		344 m.
wo der Fjord sich mit dem Gaupnefjord	vereinigt	369 m.
» » » » » » Aardalsfjord	»	642 m.
» » » » » » Lardalsfjord	»	930 m.
» » » » » » Auerlands und Naröfjord	»	962 m.
» » » » » » Sogndalsfjord	»	1011 m.
» » » » » » Fjarlandsfjord	»	1199 m.
» » » » » mehreren kleinen Fjorden	»	1244 m.

Tiefen des Hardangerfjordes:

Im innersten Teil (Oifjord)		423 m.
wo sich der Fjord mit dem Osefjord	vereinigt	470 m.
» » » » » » gr. Sörfjord	»	697 m.
» » » » » » Gravensfjord	»	797 m.

Näher am Meere, jedoch ehe sie das Meer erreichen, werden der Sogne- und der Hardangerfjord weniger tief. — So hat der Hardangerfjord nahe an der Mündung nur eine Tiefe von 301 Meter.

c. Die Fjordtäler sind ärmer an Verzweigungen als die Alpentäler, sagt Richter: «Das hydrographische System ist un-

[1]) Die glaciale Bildung der Fjorde und Alpenseen in Norwegen. Poggendorfs Annalen der Phys. u. Chemie, Bd. 146. 1872.

entwickelt, es ist nicht bis zu seinen äussersten Konsequenzen durchgeführt wie anderswo. Eine Anzahl von Hauptrinnen ist mit ausserordentlicher Wucht und Kraft ausgearbeitet; die Zuflussrinnen aber sind um so schwächer entwickelt. Neben dem tiefen Fjord steht unmittelbar das unzerschnittene massive Fjeld; während der eine Bach, der in den Fjord mündet, sich bis auf den Meeresspiegel durchgeschnitten hat, läuft ein anderer, kaum schwächerer, erst träge in einem flachen Fjeldtal, um dann plötzlich in hoher Kaskade über die Fjordwand hinabzustürzen. Zahlreiche Seitentäler münden hoch oben in die Fjorde aus; sie sind durch die steile Fjordwand so plötzlich unterbrochen, als wenn der Boden mit einem Messer abgeschnitten wäre. Es sind meist weite glaciale Trogtäler, wie sie für das Fjeld charakteristisch sind; der Gegensatz, den ihre sanften Formen zu den furchtbaren, steilwandigen Schlünden eines Närö- oder Geiranger-Fjordes und so vieler anderer bilden, kann nicht schärfer gedacht werden.»

Mit diesen Worten hat Richter in meisterhafter Weise die Erscheinung der stufenförmig mündenden Seitentäler geschildert, die als Hängetäler bezeichnet werden. Es dürfte nur noch beigefügt werden, dass sich eine bestimmte Gesetzmässigkeit zwischen Tallänge und Mündungsstufe zu erkennen gibt: Grössere Seitentäler münden mit kleiner Stufe, während kleinere Täler sich meistens sehr hoch über dem Fjord öffnen.

d. Eine andere Gesetzmässigkeit tritt uns auch in der geographischen Verbreitung der Fjorde entgegen; dieselben finden sich zumeist gesellig in Gebieten mit kühlem Seeklima, wie Oskar Peschel zuerst betont hat: in Island und Grönland, an der West- und Ostküste von Nordamerika vom 49. Grad n. B. polwärts, dann in Süd-Chile, Feuerland und im südlichen Teile der Südinsel von Neuseeland.

2. Über die Entstehung der Fjorde sind die Meinungen geteilt. Während früher einige Geologen annahmen, dass diese Talfurchen mit dem geologischen Bau des Landes in Verbindung gebracht und als Spalten aufgefasst werden sollten, ist man in jüngerer Zeit ganz allgemein zu der Ansicht gekommen, dass die Fjorde Erosionstäler seien.

Immerhin muss zugestanden werden, dass die Richtung einiger Fjorde durch das Streichen weicherer Schichten (Schiefer) bedingt wird, wie u. a. bei Kristiania und Trondheim.

a. 1872 hat A. Helland die Bildung dieser tiefeingeschnittenen Buchten mit den diluvialen Eisströmen in Zusammenhang gebracht, indem er anführte, dass nach den Beobachtungen über die Verbreitung der Gletscherschliffe und erratischen Blöcke die eiszeitlichen Gletscher eine ungeheure Mächtigkeit besassen, so z. B. der Gletscher im Aurlandsfjord eine solche von 1800 bis 2000 m (Sognefjord):

«Die Beobachtungen, deren ich erwähnt habe, beweisen die Existenz mächtiger Gletscher während der glacialen Zeit, und ich meine, dass ich nicht übertreibe, wenn ich sage, dass mancher Gletscher, der sich durch die Täler drängte, eine Mächtigkeit von 1200 m hatte.

Gletscher mit einem Druck von mehreren 1000 kg pro Quadratmeter gingen über den Felsboden nicht einmal, sondern vielleicht durch Jahrtausende mit Geröllen und Sand furchend. Wir müssen uns an die Fjorde, Täler und Alpenseen, diese alten Heerstrassen der Gletscher, mit der Frage wenden, ob es die Gletscher seien, die sie ausgefurcht haben. — Viele Tiefenverhältnisse in den Fjorden werden durch die glaciale Bildung dieser verständlich.

Es ist eine Tatsache, dass die Länder, die ihre glaciale Zeit gehabt haben, auch ihre Fjorde und Alpenseen haben. In Europa haben Norwegen, Schottland, Island, Spitzbergen ihre Fjorde und Zeichen einer glacialen Zeit. Dasselbe ist der Fall mit der Ostküste Amerikas bis an Maine und mit der Westküste bis an Vancouvers Insel.»

Helland fasst seine Ausführungen in die folgenden Sätze zusammen (l. c., p. 560), die mehr als bisher beachtet zu werden verdienen:

1. «Die Mächtigkeit der Gletscher in Norwegen während der glacialen Zeit war sehr gross.
2. Der innige geographische Zusammenhang zwischen Fjorden und Alpenseen und glacialer Bildung ist keine Zufälligkeit.

3. Die Lage der Alpenseen hinter den Moränen und hinter Terrassen mit Moränen, Phänomene, die sich in Norwegen vielfach wiederholen, ist kein sonderbares Spiel der Natur.
4. Der Mangel an präglacialen Süsswasserbildungen scheint für die glaciale Bildung der Seen zu sprechen.
5. Die Tiefe der Fjorde ist grösser als die Tiefe der Nordsee, was ein Resultat der aushöhlenden Arbeit der Gletscher und der ausfüllenden Arbeit der Eisberge ist.
6. Wenn sich zwei Fjorde vereinigen, so wird der Fjord tiefer, denn die Mächtigkeit und mit dieser die aushöhlende Kraft der Gletscher wurde grösser.
7. Die Tiefen der unterseeischen Fjorde im Meere sind nicht so gross wie die Tiefen der Fjorde im Lande, denn die erodierende Kraft ist im Meere verringert.
8. Die unterseeischen Fjorde endigen plötzlich, denn die Gletscher endigten plötzlich.
9. Die unterseeischen Fjorde, Aushöhlungen im Meeresboden, endigen eben, wo die glacialen Bänke anfangen.
10. Die Gletscher gingen nicht zufälligerweise eben an das Ende der unterseeischen Fjorde.
11. Die Fjorde und Seen liegen in den Wegen der Gletscher, und sie liegen so, wie es ihre glaciale Bildung fordert.
12. Die Fjorde an der westlichen Küste Norwegens sind tiefer als an der südlichen Küste; denn die Gletscher waren hier näher an ihren Zuflüssen in den hohen Gebirgen, wurden daher auf dem Wege nicht entkräftet, und die Neigung gegen das Meer ist hier gross und die Geschwindigkeit und die Erosion daher grösser. Ferner ist ein Fjord wie der Sognefjord tiefer als der Hardangerfjord, weil der Gletscher im Sognefjord seine Zuflüsse von höheren und weitläufigeren Gebirgen erhielt.»

b. H. Reusch betont, dass «an den Tälern Norwegens sowohl fliessendes Wasser wie Eis gearbeitet hat»; die vor der Eiszeit existierenden Flusstäler sollen ein V-förmiges Querprofil gehabt haben, das nun von den mächtigen Eisströmen beckenförmig vertieft und verbreitert und demnach in eine U-Form gebracht wurde. Auf diese Weise können Seitentäler hängend gemacht werden. Reusch führt ferner an einem Beispiel, dem Lärdal,

aus, dass die Eisscheuerung «nicht die eingreifende Wirkung» gehabt habe, wie in vielen andern Tälern, vielmehr nimmt er verschiedene Phasen der Taleintiefung durch prä- und interglaciale Flüsse in Verbindung mit Hebungen an.[1])

c. Die Erscheinungen der hochmündenden Hängetäler und der gewaltigen Talstufen im Trogschluss sind viel eingehender von Ed. Richter gewürdigt worden[2]): «In das flach und schwächlich entwickelte, glacial stark umgestaltete Talsystem des Fjeldes schneidet das System der steilwandigen, schluchtartigen, um 1000—2000 m tieferen Fjordtäler ein, ohne jeden Übergang, ganz rücksichtslos könnte man sagen. Es ist dies einer der merkwürdigsten Züge der Fjordlandschaft. Zunächst ist die Sache auch verwunderlich genug. Wenn der Fluss, der in dem jetzigen Fjordtal lief, kräftig genug war, sich so einzuschneiden, dass diese enormen und in den Alpen unerreichten Schluchtwände entstanden, weshalb war sein Tributär, der vielleicht nicht viel schwächer ist, nicht stark genug, auch nur die geringste Rinne auszugraben und zerflattert als «Fos» an der hohen Felswand? — Es muss eine Zeit gegeben haben, wo die talbildenden Kräfte auf den Linien der heutigen Fjorde und ihrer Hauptzuflusstäler mit grösstem Erfolg wirken konnten, während sie auf den benachbarten höher gelegenen Gebirgsteilen und in den Seitenverzweigungen niederer Ordnung ausser Aktion gesetzt waren. —

Es scheint, dass die obige Bedingung: energische Erosion auf den Hauptfurchen, Stillstand der Erosion auf der Höhe des Gebirgsmassivs nur durch die Annahme erfüllt werden kann: Wasserzirkulation oder schnellbewegte Eisströme in schon vorgezeichneten Tiefenrinnen; Firneinhüllung der höheren Gebirgspartien. — Wir kommen somit zur Annahme, dass die entscheidende Periode für die Entstehung der Fjorde — die Zwischenperioden der Eiszeit oder deren geringere Stadien gewesen sind. —

Es ist noch die Frage zu erörtern: weshalb sind alle Fjordküsten jetzt zum Teil überschwemmt? Weshalb sind die Täler, welche zwischen den firnbedeckten Massiven so eigentümlich erodiert wurden, gegenwärtig zum grösseren Teile Meeresbuchten?

---

[1]) Geog. Zeitschr. IX. Jahrg. 1903, p. 430.

[2]) Sitz. Ber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. I. Abt. 1896, p. 178 ff.

Dafür gibt es zwei Erklärungen: Einmal ist zu beachten, dass eine Erosion durch Eisströme nicht wie die des fliessenden Wassers streng auf die Gebiete oberhalb des Meeresniveaus gebunden ist. Eine Meeresbucht, die von einem Eisstrom erfüllt ist der nicht schwimmt, kann durch diesen tiefer gemacht, und ein Tal, dessen Sohle nicht allzuhoch über dem Meeresspiegel liegt, von einem starken Eisstrom auch unter diesem vertieft werden.

Da aber solche Vorgänge gewiss nicht ausreichen würden, um eine so grossartige und weitverbreitete Erscheinung zu erklären, so bleibt nur noch die andere, ebenfalls allgemeine Ursache anzunehmen übrig: die Erdoberfläche befindet sich gegenwärtig im Zeitalter einer Transgression. — Mit den beiden Annahmen: Vergletscherung präglacialer Täler und Transgression scheint aber überhaupt das Fjordphänomen in allen seinen Eigenschaften ausreichend erklärt.» — Soweit Richter.

d. Im Hinblick auf die von W. M. Davis[1]) hervorgehobene grundsätzliche Verschiedenheit der talbildenden Wirkungen der Gletscher und des fliessenden Wassers gestatte ich mir, zu den Ausführungen von Reusch und Richter folgende Bemerkungen zu machen:

1. Es ist nicht wahrscheinlich, dass die Fjorde aus V-förmigen Flusstälern entstanden sind, deren Sohle bis ungefähr zum heutigen Meeresniveau herabgereicht hatte; denn die V-Form im Querprofil deutet auf energische Abspülung hin, die im harten, standfesten Gestein dann besonders zur Geltung kommen kann, wenn die Tiefenerosion aufhört; dies geschieht aber erst, wenn der Fluss ein annähernd ausgeglichenes Gefälle erreicht hat. Für die bis über 5 km breiten Fjorde müsste die V-Form sehr weit geöffnet angenommen werden; bis die Denudation der Gehänge zu diesem Ziele gelangt wäre, hätten sich auch sämtliche Seitenbäche bis zur Haupttalsohle eingeschnitten, und man würde vom Reifestadium in der Talbildung sprechen. Gegen dieses Stadium zeugen aber in erster Linie die gewaltigen Stufen der Talschlüsse und Trogtäler, die in der Fortsetzung der Fjorde liegen.

[1]) Glacial erosion in France, Switzerland and Norway, Proc. of the Boston Soc. of Nat. History, Vol. 29. 1900.

2. Es ist nicht notwendig, von einer Hebung zu sprechen, um die Erscheinung eines neu eingeschnittenen, schmalen Flusstales im Boden eines breiten Gletschertales zu erklären; denn dieser Fall tritt gewöhnlich da ein, wo ein ziemlich grosses Tal im Bereich weniger widerstandsfähiger Schichten, etwa bei der Mündung in ein grösseres übertieftes Trogtal eine Stufe aufweist, in welche sich zu Ende der Eiszeit der Fluss eine Schlucht einschneidet; solche Fälle sind in den alpinen Trogtälern sehr häufig, und in Norwegen beobachtete ich diese Erscheinung am Rundals Elv zwischen Ygre und Grove, östlich von Voss.
3. Es ist nicht wahrscheinlich, dass sich die norwegische Fjordküste in postglacialer Zeit bedeutend gesenkt hätte, so dass dadurch die Täler überschwemmt wurden; es ist im Gegenteil von Norwegen nachgewiesen worden, dass sich das Land seit der letzten Eiszeit im ganzen um 250–600 norw. Fuss [1]) gehoben hat. Sichere Beweise dieser Hebung sind Schutt-Terrassen, die in den meisten Fjorden auftreten und die nach Th. Kjerulf [2]) unzweifelhafte, deutliche Überreste einer marinen Fauna (der sog. Yoldiazeit) enthalten.

   Die Verschiedenheit der Höhenlage von solchen Strandterrassen und von Strandlinien lässt auf ungleichmässige Schwankungen im Stande des Meeres schliessen, die aber mit der Bildung der Fjorde nur in sehr geringem Zusammenhange stehen dürften. Die Verknüpfung der höchsten Strandterrasse mit Endmoränen aus Rückzugsphasen der Eiszeit, wie bei Odda deutlich beobachtet werden kann und wie auch aus Kjerulfs Darstellung hervorgeht, macht es sehr wahrscheinlich, dass schon damals das Meer die hohe Lage eingenommen hatte, bezw. das Land um 250–600 Fuss tiefer stand als heute.
4. Es ist nicht wahrscheinlich, dass kleinere Eisströme schneller geflossen seien und stärker erodiert hätten als die gewaltigen Gletscher; denn mit der Masse wächst die Bewegung und der Druck und damit auch das Erosionsvermögen.

---

[1]) 600 n. F. = 188,2 m.

[2]) Die Geologie des südl. und mittl. Norwegen. Übers. von Ad. Gurlt. Bonn, 1880.

5. Die Gesetzmässigkeit hinsichtlich der Stufen der trogförmigen, von Gletschern ausgeschliffenen Hängetäler, die Gesetzmässigkeit hinsichtlich der Tiefen der Fjorde im Verhältnis zu der Mächtigkeit der ehemaligen Gletscher und die Gesetzmässigkeit bezüglich der Verbreitung und des Auftretens der Fjorde — alle diese Faktoren zwingen zu der Annahme, dass die Fjordtäler nicht nur in ihren unterseeischen Becken, sondern nahezu in ihrer ganzen Tiefe, die dem Betrag der Übertiefung entspricht[1]), durch die infolge Konfluenz entstandenen riesigen, alten Eisströme erodiert worden sind.

III. Die Schären.

1. Ganz auffallend ist der Wechsel im Landschaftsbild, der sich uns auf einer Fahrt vom innern Teile eines Fjordes bis an die Meeresküste darbietet. Nach und nach treten die felsigen, abgeschliffenen Gehänge weiter auseinander, indem sie zugleich sanftere Böschungen zeigen und an Höhe mehr und mehr abnehmen. Die Wasserfläche gewinnt an Breite, und es treten erst vereinzelte, dann zahlreichere Eilande auf, so dass endlich der talartige, einheitliche Charakter des Fjordes verloren geht; denn durch die grösseren Inseln wird der eine stattliche Fjord in eine verschieden grosse Zahl von schmäleren und breiteren Wasserstrassen aufgelöst, so dass häufig durch solche seitliche Arme zwei benachbarte Fjorde unweit der einheitlichen Küstenlinie miteinander in Verbindung stehen. Die Küstenlinie ist aber meistens nur durch die äussersten, häufig linear angeordneten Inseln markiert, die in einem mehr oder weniger breiten Gürtel das zusammenhängende Festland umsäumen, die Schären. Auf einer Isohypsenkarte ist zu erkennen, dass diese Inseln an einigen Orten einer breiten, unterseeischen Plattform aufsitzen, und viele Schären erheben sich nur wenig über die Meeresfläche, so dass vielerorts der Eindruck eines Steilrandes hervorgerufen wird, mit dem das Festland zum Schärengürtel abfällt.

[1]) Die Übertiefung erreicht im Hardangerfjord bei Aalvik, nach daselbst auftretenden Stufenmündungen zu schliessen, einen Betrag von $700 + 300 = 1000$ m.

2. Über die Entstehung der Schären hat H. Reusch[1]) eine beachtenswerte Ansicht geäussert, die kurz etwa mit folgenden Worten wiedergegeben werden kann:

a. Die norwegische Westküste verdankt ihre allgemeine Richtung jedenfalls einem Abbruch, durch den ein Teil des nachsilurischen Faltengebirges unter das Meer sank und der Zusammenhang des skandinavischen Gebirgssystems mit dem kaledonischen von Schottland unterbrochen wurde. Durch diesen Abbruch wurde aber keineswegs das heutige Landschaftsgepräge einer hohen Steilküste mit riesenhaften Formen unmittelbar hervorgerufen. — Der starke Gefällsbruch an der heutigen norwegischen Küste, auf welchem deren grossartige Formenwirkung beruht, ist auf die Tätigkeit der Brandungswellen des Meeres zurückzuführen (Kerp).

Das Land soll nämlich durch lange Zeiten am Ende des Tertiärs und in der Diluvialzeit um ein Niveau, das nicht sehr vom gegenwärtigen abweicht, oscilliert haben; dadurch sei eine wohl ausgebildete, kontinentale Plattform entstanden, deren westliche Zone etwas tiefer liegt als die dem Lande zunächst anliegende, die von einer Steilwand überragt wird. Die Brandung schuf eine Strandebene von stellenweise bedeutender Breite; — aber die Einebnung erfolgte nicht ganz gleichmässig; denn aus der Strandebene ragen hutförmige Einzelberge empor, die nicht eingeebnet worden sind. Nach der Ausbildung der Strandebene wurde das ganze Gebiet bedeutend gehoben; infolgedessen schnitt das fliessende Wasser zahlreiche Täler und Tälchen in die Strandebene ein. Dann trat die eiszeitliche Vergletscherung ein; während derselben wurde die zerschnittene und durchtalte Strandebene vom Eis zu einer Rundbuckellandschaft abgeschliffen, und zu Zeiten, als die Gletscherzungen nicht aus den Fjordgegenden herausreichten, haben die Gletscher den Felsgrund beckenartig ausgegraben, vor ihrem Ende aber den untersten Abschnitt der in die Plattform eingeschnittenen Flusstäler mit Moränenmassen zugeschüttet, so dass also die Beckenform der Fjorde sowohl durch Auskolkung wie durch Aufschüttung ent-

---

[1]) The Norwegian coast plain. Journ. of Geology. II. Chicago. 1894. p. 347—349.

standen sein soll. Infolge der nach der Eiszeit eingetretenen Senkung des Landes drang das Meer in die beckenförmig eingetieften Täler ein, und die Rundbuckellandschaften wurden in Inselschwärme, die Schären aufgelöst, während der westliche Teil der Plattform gänzlich unter den Meeresspiegel kam.

Um also die Erscheinung des Schärenhofes erklären zu können, bedarf Reusch einer ganzen Reihe verschiedenartig wirkender Vorgänge: 1. einer langen Epoche der Meeresabrasion, 2. einer bedeutenden Hebung, 3. der Erosion des fliessenden Wassers, 4. der Erosion und Akkumulation der eiszeitlichen Gletscher und 5. einer Senkung des Landes und damit einer Transgression des Meeres.

b. Die Auffassung Reuschs hat bisher allgemein Anklang gefunden; wir begegnen ihr in Lehrbüchern von W. M. Davis[1]), von H. Kerp u. a., und ausführlich hat sich Ed. Richter über die Strand- oder Küstenebene verbreitet[2]); von Interesse scheinen mir seine Mitteilungen über die Verbreitung derselben zu sein: «Diese Küstenebene lässt sich längs der ganzen norwegischen Westküste verfolgen; nur wenige Stellen, wie die Halbinsel Stadtland, entbehren sie. Sie hat eine Maximalhöhe von 100 m; sie bildet nicht bloss selbst die niedrigen Inseln, die das Land so massenhaft umsäumen, sondern umgibt, wie die Krempe den Hut, die höhern Teile selbständiger Inseln. Der ganze Schärenhof ist ein Bestandteil der Küstenebene, die hier zum grössten Teil überschwemmt, nur mit ihren höheren Buckeln und Rücken über den Meeresspiegel hinausragt.

In Südnorwegen ist sie schwer festzustellen, da das Binnenland selbst flach ist. An der Westküste gehört zunächst der ebene Landstrich Jaederen, südlich von Stavanger, zu ihr. Nördlich davon umfasst sie mehrere Inseln, wie Bömmelöen am Eingange des Hardangerfjords, auf welchem ein isolierter Berg, der Siggen, von 470 m Höhe stehen geblieben ist. Die Stadt Bergen liegt auf ihr. Weiter nordwärts wird sie schmaler, am Kap Stadt ist sie, wie erwähnt, unterbrochen. Bei Aalesund und Kristianssund ist sie, wie aus den Tiefenkarten hervorgeht, meist

[1]) Physical geography, Boston and London, 1898, p. 369 und Fig. 237.
[2]) Globus, Braunschw. Bd. 69. 1896. Mit 4 Bildern.

unter Wasser; dann gehören ihr wieder die drei grossen Inseln Smölen, Hitteren und Fröjen an.

Von Trondheim nordwärts fehlt die Strandebene nirgends; wieder bildet sie die grosse Insel Vigten. Sie ist besonders auffallend, wo die Küste höher wird; der Torghatten, «der schwimmende Hut», ist ein bekanntes Beispiel einer niedrigen Insel mit einer hohen Kuppe in der Mitte. Auch die berühmten Sieben Schwestern, sowie die andern hohen Inseln jener Gegend sind von einem niedrigen Landstreifen umgeben. Wo sie fehlt, wie am Vorgebirge Kunen, ist dieses Fehlen ein auffallender Zug in der Landschaft. Grossartig entwickelt ist sie aber vollends in den wilden Felseilanden der Lofoten, deren fast lotrechte Granittürme nicht ins Meer, sondern auf einen, oft gar nicht schmalen, aber stets niedrigen, felsigen Küstensaum abfallen. (Hier wird auf Bilder von den Landschaften Brettesnaes und Svolvaerjuret hingewiesen.)

Denn felsig ist die Küstenebene durchaus. Sie ist hier und da, aber nur ausnahmsweise, von lockeren, glacialen Materialien überlagert. In den weitaus meisten Fällen liegen aber die gerundeten und geschliffenen Felsflächen nackt zu tage.

Jenseits Tromsoe, in Finnmarken, hört die Küstenebene auf. Das Land fällt mit einem Steilrand ins Meer ab. Die Küstenformen werden viel einfacher, der Schärenhof fehlt.»

Ferner beschreibt E. Richter das Auftreten einer Strandebene, die in eine Strandlinie übergeht, bei Rekdal und Haugen im Moldefjord; er schliesst dann mit den Worten:

«Ich halte die norwegische Strandlinie für das grossartigste bekannte Beispiel von sicherer Brandungsabrasion; vielleicht für das einzige in so grossem Stile, das es auf der Erde gibt.»

c. Diese trefflichen Ausführungen waren geeignet, jedermann von der Richtigkeit der Auffassung Reuschs zu überzeugen, und so kam auch ich bis nach Bergen, in der festen Erwartung, daselbst die Merkmale der Strandebene beobachten zu können; aber hier wie in Stavanger habe ich den Charakterzug der Strandebene, das Kliff, den Steilrand gegen das Hochland hin, wie er auf Richters Fig. 4: «Rödölöwen» deutlich hervortritt, vergeblich gesucht.

Ich sah dagegen etwas anderes, nämlich überall Formen, wie sie schon aus Richters Fig. 3 (Globus) zu erkennen sind, wenn wir die Profillinie der Erhebungen im Horizonte verfolgen: Wir sehen hier von rechts nach der Mitte hin eine gleichmässig sich abdachende Fläche, die mit einem Steilrand abbricht und dann weiter links in der entfernteren Insel wieder erscheint; die vor derselben auftauchenden kleinen Inselchen ragen kaum über den Meeresspiegel empor. Ebenso liegen die Verhältnisse zwischen Bergen und Stavanger im allgemeinen; man kann ein allmähliches Senken der Landoberfläche bis zu den äussersten Schären hinaus erkennen; überall treten zwischen den höheren, langgestreckten, teils schmalen, teils tafelförmigen, steil an den Seiten abfallenden Erhebungen, welche die ehemalige Landoberfläche zu markieren scheinen, auch kleinere, niedrigere Hügelzüge und Inseln auf, die samt und sonders alle Rundbuckelformen aufweisen. Besonders deutlich ist dies in der Umgebung von Bergen zu erkennen. Die «Berge», die sich hier erheben, sind keine Hutberge, sondern es sind langgestreckte Hügelzüge, deren Richtung durch das Streichen der Schichten bestimmt ist; ihre Höhen liegen zwischen rund 300 und 600 m. Diese Erscheinungen, die sich dem Auge des Beobachters fast unmittelbar darbieten, liessen unwillkürlich die Frage in mir auftauchen, ob wir hier in diesen Inselgruppen wirklich eine in erster Linie durch Meeresbrandung entstandene Strandebene vor uns zu erblicken haben.

Auffallend ist zunächst die grosse Breite der angeblichen Strandebene; sie müsste nördlich Bergen bei Alversund gegen 40 km betragen, bei Helgeland nach Kerp 45 km; hier kommt noch die unterseeische, fast ganz horizontale Plattform von 140 km Breite dazu. Nach allem, was wir über die Brandungswirkung wissen, ergibt sich, dass die Abrasion, wie A. Philippson ausgeführt hat[1]), nicht unbegrenzt weiter gehen kann, da «sie sich selbst mit der Zeit schwächt und schliesslich aufhebt, ebenso wie es die Erosionskraft eines Flusses tut — vorausgesetzt, dass keine Niveauverschiebung eintritt. Denn mit dem Fortschreiten der Abrasion wächst die Breite der Terrasse.» — «Mit zuneh-

[1]) Richthofen-Festschrift, Berlin, 1893, p. 17.

mender Breite der Plattform entwickelt sich aber zwischen offenem Meere und der Küste ein Streifen seichten Wassers, auf welchem nur kleine Wellen entstehen können und über welchem die hinweglaufenden grossen Wogen allmählich die kleineren Dimensionen annehmen, welche Flachwasserwellen zukommen. Dadurch mindert sich die Heftigkeit der Brandung und sohin die Ursache der Kliffbildung» (Penck, Morph. d. Erdoberfl.).

Gewiss kann durch Brandungswirkung eine Terrasse von 500—1000 m Breite entstehen; vielleicht von 2—3 km, wiewohl mir keine bestimmten Zahlen bekannt sind[1]). Aber dass bei unbedeutenden Niveauverschiebungen eine Terrasse von über 140 km eingearbeitet werden könne, kommt mir nicht sehr wahrscheinlich vor, da die Wogen sich schliesslich vollständig totlaufen müssen.

Aus einem ähnlichen Grunde halte ich die angenommene Entstehung einer Strandebene im Innern eines Fjordes für ausgeschlossen, da die vor dessen Mündung liegenden Inseln, wie vor dem Moldefjord, die Gewalt des Wogenanpralles brechen. — Auch die Orte Brettesnaes und Svolvaerjuret liegen nicht direkt dem offenen Ozean gegenüber, sondern sie befinden sich im Innern des hier etwa 25 km breiten Vest-Fjordes.

Ferner scheint mir die Bildung eines Hutberges noch näherer Untersuchung wert; wo die Meereswogen von allen Seiten an eine Insel anprallen, da muss eine rings um dieselbe laufende Strandterrasse entstehen und so die Hutform erzeugen, wie sie nach Dana als «der alte Hut» bekannt ist[2]). Allein, da wo die Brandung nur von einer Seite her arbeiten kann, scheint mir die Herausbildung einer breiten Strandebene hinter dem Hut kaum möglich zu sein.

Der Behauptung Richters: «Der Hut ist nicht ein aus weicherem Gestein herausgewitterter fester Kern; die Strandebenenbildung ist bekanntlich vom geologischen Bau fast unabhängig» — muss der Satz Philippsons gegenübergestellt werden: «Ferner kommt auch die Widerstandskraft des Gesteines als ein sehr wichtiger Faktor hinzu, und zwar nicht bloss die Härte,

[1]) Am Mittelmeer zeigen Abrasionsküsten auch in weichen Gesteinen eine Strandebene von kaum 300—400 m Breite.

[2]) A. Supan, Grundzüge der phys. Erdkunde 1903, Fig. 153.

sondern auch die Lagerung. Alle diese Faktoren der Wellenabrasion wechseln von Ort zu Ort, daher unterliegt auch diese selbst von Ort zu Ort dem Wechsel.»

Zugestanden, die breite Strandebene von Norwegen sei auf Meeresabrasion zurückzuführen, so müsste eine ausserordentlich grosse Zeitdauer für ihre Entstehung angenommen werden, während welcher das Land stets in ungefähr gleicher Lage geblieben wäre; dann müsste man erwarten, dass das hochgehobene Rumpfgebirge derart von Flüssen durchtalt worden wäre, dass die Talbildung das Stadium der Reife erreicht hätte: Aus ausgedehnten Hochflächen wären scharfe Erosionsrücken entstanden, alle Flusstäler hätten ein ausgeglichenes Gefälle und alle Seitenflüsse zeigten Gleichsohligkeit der Mündungen. Alles dies ist nicht der Fall: Die Steilwandigkeit der Fjorde, die Tal- und Mündungsstufen der Täler und die Hochflächen des Rumpfgebirges weisen entweder auf jugendliche Züge der Talbildung durch fliessendes Wasser oder auf ganz andere Art der Abtragung hin; im ersten Falle ist das Land nur auf verhältnismässig kurze Zeit der Denudation ausgesetzt gewesen, so dass die Meeresabrasion kaum die bedeutende Wirkung hat erreichen können, die ihr zugeschrieben wird. Die im Festland auftretenden grossartigen Erosionswirkungen aus der Eiszeit lassen vermuten, dass auch die Entstehung des Schärenhofes mit dem Phänomen der diluvialen Vergletscherung in innigeren Zusammenhang gebracht werden könnte, als bisher angenommen wurde.

Dazu werden wir besonders mit Rücksicht auf die ungleichmässige Verbreitung der angeblichen Strandebene geführt. Während dieselbe an einigen Orten im Norden eine so grossartige Ausdehnung zeigt, soll sie im Süden östlich von Jaederen fehlen. Dagegen fehlen hier nicht die Schären, die bei Mandal, Farsund und Kristiansand ebenso typisch entwickelt sind wie bei Stavanger; sie fehlen nur bei Flekkefjord; hier aber tritt die geschlossene Rumpffläche mit ganz schwacher Neigung bis an die Küste heran, wo sie mit einem 50—100 m hohen Steilrand abbricht. Östlich von Farsund aber setzt sich die Rumpffläche über die Schären bis zum Meeresspiegel hinunter fort; besonders deutlich ist diese Erscheinung bei Kristiansand zu beobachten, und sie entspricht den Schären an der

Westküste von Südschweden, nördlich von Varberg an. Ebenso bilden die Schären an der Ostküste Schwedens Teile der allgemeinen Landoberfläche. Hier wie bei Kristiansand ist die Rumpffläche durch beckenförmig eingetiefte Talzüge gegliedert, und zwischen denselben bietet sie das Bild einer ausgezeichneten Rundbuckellandschaft, und als abgeschliffene Rundbuckel erweisen sich ja auch die meisten Schären. Nach meinen Beobachtungen über die Landschaftsformen in der Umgebung von Bergen und Stavanger dürfte es sich auch hier um die sich sanft gegen das Meer hin abdachende Rumpffläche handeln, die durch zahlreiche Glacialrinnen — Fjordstrassen — in eine Rundbuckellandschaft aufgelöst wird und sich heute als Schärenhof darbietet. Schon Richter zählt «die Auflösung der Fjordküsten durch Fjordstrassen, also die Existenz grösserer vorliegender Inseln» und den «vorliegenden Schärenhof» zu den charakteristischen Eigenschaften der Fjorde[1]), glaubt dann aber unter der Beeinflussung Reuschs die beiden Erscheinungen strenge voneinander scheiden zu müssen.

Was Richter über die Entstehung der Fjordstrassen sagt, entspricht vollständig meinen Beobachtungen, so folgende Stelle: «Es wird sich daher auch bei den wirklichen jetzt bestehenden Fjordküsten empfehlen, bei Erklärung der Fjordstrassen zunächst nach der Tektonik zu fragen. Dass sie hier an bestimmten Stellen dieselbe Rolle spielt wie in den Alpen, dafür ist ein von mir besuchter sehr bekannter Platz in Norwegen, die Gegend nördlich von Bergen, der deutlichste Beweis. Dort laufen die Falten des silurischen Gesteins von NW nach SO, während die Richtung des Oester-Fjordes im allgemeinen NO bis SW, des Sör-Fjordes S-N, dann O-W ist. Durch die Gletscherwirkung und gewöhnliche Oberflächendenudation sind die Falten als zahllose nebeneinander laufende niedrige Rücken an der Oberfläche zum Ausdruck gekommen, zwischen sich Täler, Fjorde und Binnenseen offen lassend. Das Blatt der norwegischen Rektangelkarte, welche dieses Gebiet darstellt, zeigt ganz deutlich, wie Fjordstrassen und Inseln durch die Kreuzung dieser zwei Richtungen entstehen.»

---

[1]) Geomorph. Beobachtung. aus Norw., p. 185.

Die so von Richter charakterisierte Landschaft betrifft auch die Halbinsel Alversund, die einen Bestandteil der Strandebene von Bergen ausmacht; die Formen derselben müssen aber einzig der selektiven Erosion der Gletscher zugeschrieben werden die das Phänomen der in Glacialgebieten häufigen Rippung erzeugte.

Es liegt dann durchaus kein Grund vor, nicht auch die Herausbildung der kleinen Inseln, die den Schärenhof ausmachen, auf die Erosion der Gletscher zurückzuführen; denn dieselbe machte sich offenbar am Ausgang der Fjorde, wo das Land zu beiden Seiten so niedrig wurde, dass ein Überfliessen der Eismassen im grossen nach den Randzonen eintreten konnte, in eigenartiger Weise geltend: indem die mächtigen Eisströme sich ausbreiteten, schufen sie zahlreiche Ausgänge, da wo der Untergrund günstig war; vorhandene kleine Talfurchen wurden stark eingetieft, und im Streichen weicher Gesteinszonen geschah dasselbe. So wurde infolge Diffluenz der Gletscher die Erosion auf eine grössere Anzahl von Rinnen verteilt, deren Tiefe aber geringer sein musste, als diejenige des Hauptstrombettes; aus diesem Grunde erklärt sich das Aufsteigen aller Fjordböden gegen die Küste zu.

Mit dieser Erscheinung steht offenbar auch die Existenz der unterseeischen Plattform in Zusammenhang, die wohl hauptsächlich aus der glacialen Aufschüttung hervorgegangen ist; denn die schuttbeladenen Eisströme, die sich mit abnehmender Mächtigkeit ins Meer ergossen, liessen beim Kalben ihre Schuttmassen liegen, die sich mehr und mehr anhäuften[1]); auf diesen Umstand hat schon Helland aufmerksam gemacht; so schrieb er 1872:

«Der Meeresboden an der Küste von dem Vorgebirge Stat bis an die Insel Smölen ist in den letzten Jahren von dem geographischen Bureau genau untersucht und grosse Karten über den Meeresboden sind konstruiert worden. Diese Karten zeigen, dass sich die Fjorde als Tiefen in das Meer fortsetzen; ich werde diese Vertiefungen in dem Meeresboden unterseeische Fjorde

[1]) Diese Anhäufung konnte allerdings nur auf der wenig tief untergetauchten Randzone des Rumpfgebirges zur Geltung kommen; die geringe Tiefe der Nordsee lässt vermuten, dass der Zusammenhang der kaledonischen Gebirge eher infolge einer Einbiegung, als durch einen Abbruch unterbrochen worden sei.

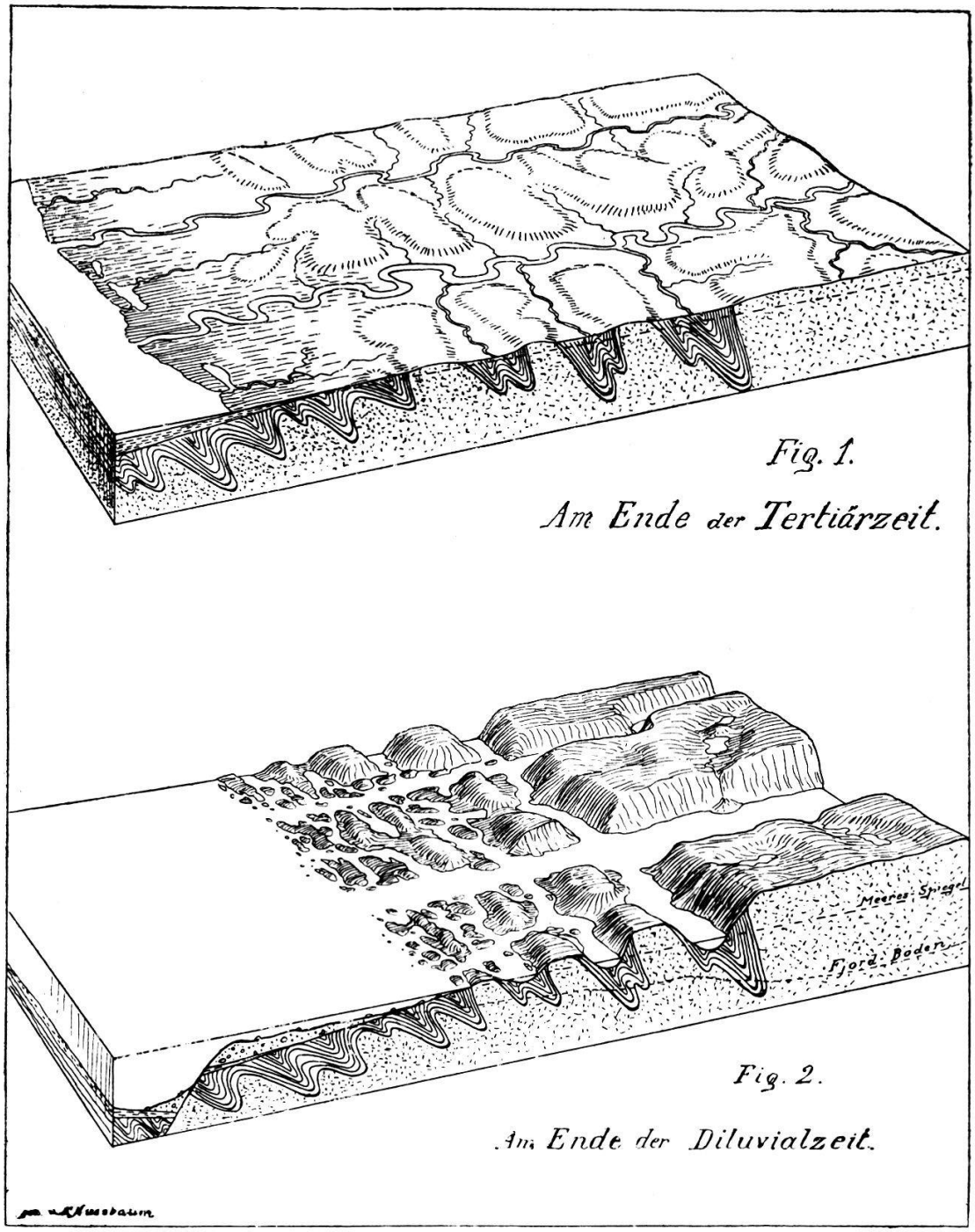
nennen; sie setzen sich gewöhnlich bis 2 Meilen ausserhalb der durch die grossen Inseln umgebenen Küstenlinie fort. Sogar geht ein unterseeischer Fjord (Bredsundsdybet), die Fortsetzung des Storfjordes, 5 Meilen weit ins Meer. Die unterseeischen Fjorde hören plötzlich auf und sind dann gänzlich verschwunden. Wo der Meeresboden nach dem Verschwinden der unterseeischen Fjorde ruhig geworden ist, sind die Tiefenverhältnisse einigermassen eben, und der Boden besteht aus Sand, Singel und losen Blöcken.

Vor den Enden der unterseeischen Fjorde setzen sich lose Massen mehrere Meilen ins Meer in einer Tiefe von 60—200 m fort; der Boden hebt sich zuletzt zu 160 m und stürzt sich so viele Meilen westlich von der Küste plötzlich bis zu 600 m hinab. Auf der Stelle, wo sich diese losen Massen bis zu 160 m erheben, sind sie den Fischern unter dem Namen Storeggen wohl bekannt.

Wir finden in den grossen Meeresbänken die Materialien der Moränen wieder; sie liegen vor den Enden der unterseeischen Fjorde; ich betrachte sie daher teils als wirkliche Moränen, teils als Sammlungen von grossen Blöcken, Sand u. s. w., welche die Gletscher in grosser Menge auf der Stelle, wo sie aufhörten, hinterliessen.»

Diese Darstellung scheint mir eine durchaus genügende Erklärung für die Entstehung der unterseeischen Plattform zu bieten; sie hat zudem den grossen Vorzug gegenüber der Auffassung von Reusch, dass sie sich in ungezwungener Weise mit dem Phänomen der diluvialen Vergletscherung, welche auch auf die über das Meer aufragenden Gebiete Norwegens einen so ausserordentlich grossen formengestaltenden Einfluss ausgeübt hat, in Beziehung bringen lässt. In gleichem Sinne möchte ich die Bildung von niederen Inselstrichen am Fuss steiler Berghänge im Innern der Fjorde auf die scheuernde und unterschneidende Wirkung vorbeiziehender Eismassen zurückführen; sie bilden gewissermassen Felsterrassen, wie sie in alpinen Trogtälern nicht selten sind, wie z. B. im Aargletschergebiet bei Ringgenberg und Iseltwald.

Nach diesen Ausführungen komme ich zu folgenden



Die Entwicklung der norwegischen Küste.
(Versuch einer schematisierten Darstellung).

Ergebnissen

hinsichtlich der Entstehung der drei Gebiete: Nach der paläozoischen Faltung wurde das Gebirge bis zu einer Rumpffläche abgetragen, also zu einer sanftwelligen Landschaft, in welcher zuletzt seichte Täler im allgemeinen quer von den zentralen zu den randlichen Teilen verliefen, im einzelnen häufig dem Streichen weicher Gesteinszonen folgend (vergl. Fig. 1). Da im südlichen Norwegen jüngere transgredierende Schichten fehlen, darf man annehmen, dass die Abtragung der normalen Denudation zuzuschreiben sei, welche während ungeheurer Zeiträume, nämlich bis zum Ende der Tertiärzeit, wirken konnte. Erst dann erfolgte eine Änderung des Zustandes infolge einer Hebung: Das Land erfuhr eine Aufwölbung, deren Axe etwa vom Hardangerfjeld an nordnordöstlich streicht, so dass die Landoberfläche sich etwas steiler nach Westen, sanfter dagegen nach Osten hin abdachte. Bevor aber die durch diesen Vorgang neu belebte Talbildung die Reife erlangt hatte, trat die eiszeitliche Vergletscherung ein. Im Verlaufe derselben entstanden in der zentralen Zone des Landes zufolge der nahezu flächenhaften Abnutzung des Untergrundes durch die Firnmassen breite Wannen, zwischen welchen plateauähnliche Zeugenberge die Höhe der ehemaligen Rumpffläche andeuten; in den randlichen Gebieten entstanden infolge Konfluenz mächtiger und sehr lange andauernd starkfliessender Eisströme, beckenförmig eingetiefte und gestufte Täler und Fjorde, und infolge Diffluenz der Gletscher, wobei die selektive glaciale Erosion härtere Schichten herauspräparierte, wurden die äussersten, niedrigsten Zonen des Landes in typische, von seichten Meeresstrassen durchzogene Rundbuckellandschaften umgewandelt, die uns heute als Schären entgegentreten (vergl. Fig. 2). Die stellenweise ausserordentlich breite, seichte, unterseeische Plattform dürfte zum grossen Teil auf glaciale Aufschüttung zurückzuführen sein. Die inter- und postglaciale Flusserosion war von sehr geringer Wirkung.

Wenn ich mir erlaubt habe, hier eine eigene Meinung zu äussern, die zum Teil von derjenigen der ersten Kenner norwegischer Landschaften abweicht, so fühle ich mich auch verpflichtet zu bemerken, dass ich die Anregung dazu in erster Linie den interessanten Ausführungen eben dieser Forscher verdanke.