

8. Ueber die Vergletscherung der Färöer, sowie der Shetland- und Orkney-Inseln.

Von Herrn AMUND HELLAND in Christiania.

Hierzu Tafel XX. und XXI.

In einer früheren Arbeit in dieser Zeitschrift ¹⁾ habe ich es versucht nachzuweisen, dass die Beobachtungen über die glacialen Bildungen der norddeutschen Ebene am besten ihre Erklärung durch die Theorie des Herrn TORELL finden, so dass wir zu der Annahme einer allgemeinen, von Finnland, Schweden und Norwegen ausgehenden Vergletscherung Norddeutschlands geführt worden sind. Die Grenzen dieser alten Eisdecke wurden durch die fremden Geschiebe angegeben; ihre Bewegungsrichtungen, welche übrigens wahrscheinlich variabel gewesen sind, konnten durch die Verbreitung der Geschiebe, sowie auch durch die Richtung der Gletscherschliffe festgestellt werden; die versteinierungsführenden Bildungen zwischen den Geschiebelehmen liessen ferner erkennen, dass die Eismassen Norddeutschlands mehr als einmal invadirt haben. Endlich ist die Quantität der fremden Geschiebe und der diluvialen Massen so enorm, dass die Oberfläche Schwedens und Finnlands, denen dieselben grösstentheils entstammen, zur Eiszeit wesentlich verändert worden sein muss.

Auf diese Weise konnten wir die finnländischen und schwedischen Eis- oder Gletscherströme bis zu ihren äussersten Grenzen verfolgen und uns einen Begriff von ihrer Mächtigkeit, ihren Bewegungsrichtungen u. s. w. bilden.

Jetzt wollen wir versuchen, die Frage zu beantworten, wie weit die von den norwegischen Küsten ausgehenden Eismassen gegen Westen in die Nordsee gegangen sind. Diese Frage ist schwieriger zu beantworten; erstens weil das Meer den grössten Theil des Bodens bedeckt, welcher untersucht werden müsste, um die Grenzen der Eisdecke genau anzugeben, zweitens weil auch Schottland Gletscherströme ausgesendet hat, mit denen die norwegischen Eismassen, wie wir später sehen werden, collidirt haben, wodurch ihre Bewegungsrichtungen beeinflusst worden sind. Die finnländischen und schwedischen Eismassen trafen

¹⁾ cfr. diesen Band pag. 63 ff.

im Süden auf keine fremden Gletscher, welche dieselben an ihrer freien Ausdehnung hindern konnten, denn die deutschen Gebirge, wie der Harz und das Erzgebirge, scheinen überhaupt keine einheimischen Gletscher gehabt zu haben¹⁾, und in Folge dessen trifft man die fremden nordischen Geschiebe bis zu einer Meeres-Höhe von 400 bis 500 M. auf diesen Bergen an.

Trotz der eben genannten Schwierigkeiten ist es doch möglich, sich einen Begriff von der Ausdehnung der vom südlichen Norwegen ausgehenden Eismassen zu bilden. Es sind uns hierbei die ausgezeichneten Arbeiten der schottischen Geologen sehr behülflich, von denen schon vor mehreren Jahren nachgewiesen wurde, dass die Richtung der Gletscherschliffe im nördlichsten Theile von Schottland durch den Widerstand der norwegischen Eismassen gegen die schottischen bedingt ist.

Im Sommer 1879 habe ich die Färöer, sowie auch die Shetland- und Orkney-Inseln bereist zu dem speciellen Zwecke, die glacialen Bildungen dieser Inselgruppen zu studiren und festzustellen, ob auf diesen Inseln nur Spuren einer localen Vergletscherung oder einer allgemeinen von Norwegen, Schottland oder den arktischen Regionen her sich herüberziehenden Eisdecke zu finden sind.

Auf jeder dieser Inselgruppen ergaben meine Untersuchungen ein verschiedenes Resultat: Die Färöer sind von einer localen Eisdecke bedeckt gewesen, indem von der Inselgruppe aus Gletscher nach allen Richtungen gleichsam ausstrahlten. Ueber die Shetland-Inseln hat sich ein mächtiger norwegischer Gletscher, von Osten und Nordosten über das Meer herüberkommend, ausgebreitet, und ausserdem sind später noch locale Gletscher dagewesen. Die Orkney-Inseln dagegen sind von einem schottischen Gletscher bedeckt gewesen, der in nordwestlicher Richtung in's Meer hinausgegangen ist. Zugleich waren, wenigstens auf einer dieser Inseln, locale Gletscher vorhanden. Von einer arktischen Eisdecke wurde keine Spur gefunden.

Wir werden jetzt die Beobachtungen, welche zu den oben genannten Schlüssen geführt haben, mittheilen; zuerst soll aber der geologische Bau der Inseln kurz erwähnt werden. Man vergleiche für das Folgende die kleine beigegebene geologische Karte der Färöer, sowie auch die Karte über die Gletscherschliffe von Nordwesteuropa (s. Taf. XXI.).

¹⁾ Hierdurch unterscheidet sich der Harz und das Erzgebirge von den Karpathen, welchen in der hohen Tatra Gletscherschliffe und Moränen ehemaliger einheimischer Gletscher eigen sind. Hier sind auch, wie überall, wo man Gletscherschliffe und Moränen findet, zahlreiche Seen, die am Harz und Erzgebirge fehlen. S. РОТН, Ueber Thal- und Seebildung in der hohen Tatra. Jahrb. des ungarischen Karpathen-Vereins V. 1878.

Wir beginnen mit den Färöer.

Die glaciale Bildung der Färöer ist früher nicht speciell untersucht worden, und die meisten Arbeiten über die Geologie dieser Inseln sind jetzt ein halbes Jahrhundert alt. 1812 theilte MACKENZIE einen Bericht über die geologischen Verhältnisse der Färöer mit ¹⁾, und sein Begleiter THOMAS ALLAN schrieb über die Mineralogie dieser Inseln. ²⁾ Diese letztere Abhandlung ist insofern merkwürdig, als sie beweist, dass schon im Jahre 1815 die Gletscherschliffe von den Färöer und ihre Identität mit den schottischen Schliften erkannt worden sind. Der Verfasser bemerkt, dass diese Schliffe zeigen, dass schwere Körper sich über die Oberfläche bewegt haben. Die beste Arbeit über die Geologie des Färöer ist die von FORCHHAMMER ³⁾, doch wird die glaciale Geologie der Inseln in dieser Arbeit gar nicht erwähnt. CHAMBERS beschreibt 1856 Gletscherschliffe bei Vestmannshavn und Eide ⁴⁾, erkennt die Schliffe auch als Gletscherschliffe, glaubt aber, dass eine grosse arktische Eisdecke die Inseln bedeckt habe, während in Wirklichkeit die Richtung der Schliffe, wie wir später sehen werden, eine locale Eisdecke bestimmt andeutet.

Die Kohlenlager der Insel Suderö wurden 1872 von JOHNSTRUP untersucht und in einer 1873 veröffentlichten Arbeit beschrieben. ⁵⁾

Die Gruppe der Färöer besteht aus 17 grösseren und kleineren bewohnten Inseln; dazu kommen noch einige unbewohnte Inselchen, so dass im Ganzen gewöhnlich 24 Inseln aufgezählt werden, welche zusammen eine Oberfläche von 24,2 geographischen Quadratmeilen oder 1333 Quadratkilometer haben. Die Inseln liegen isolirt im Meere ungefähr 300 Kilom. nordwestlich von Shetland, von Norwegen ist die Entfernung ungefähr die doppelte oder 600 Kilom., von Island aber nur 300 Kilom. Die Färöer liegen zwischen 62° 24' und 61° 26' nördlicher Breite und 6° 11' und 7° 35' westlicher Länge von Greenwich.

Es sind wilde Felseninseln, die aus dem Meere emporragen. Die höchsten Berge erreichen 800 Meter und mehr,

¹⁾ An account of some geological facts observed in the Faröe Islands. Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh, Vol. VII. 1815. pag. 213.

²⁾ An account of the Mineralogy of the Faröe Islands, l. c. Vol. VII. 1815. pag. 239.

³⁾ Om Färoernes geognostiske Beskaffenhed. Kong. dansk. Vidensk. Selsk. Skrifter 1824.

⁴⁾ Tracing of Iceland and Faro Island.

⁵⁾ Om kullagene paa Färöerne. Oversigt over kongl. dansk. Vidensk. Selsk. Skrifter 1873.

und haben spitzige und zackige Formen wie die Alpen. Der höchste Gipfel ist Slattaretindur auf der Insel Österö, welcher nach FORCHHAMMER 2816 französische Fuss (915 M.) erreicht. Die Inseln sind durch Sunde und Fjorde zerschnitten. Auf den nördlichen Inseln ist die Richtung der Sunde meist eine nordwestliche und nordnordwestliche. Die Fjorde ziehen sich meistens als Thäler landeinwärts, bis sie durch einen Circus oder eine hufeisenförmige Thalwand abgeschlossen werden. Steigt man aber aus diesem Cul-de-sac heraus und setzt seinen Weg in dem nun höher gelegenen Thalboden fort, so kommt man wieder in einen Circus hinein und weiter hinauf vielleicht in einen dritten; wenn dann die Wasserscheide passiert ist, hat man gewöhnlich auf der anderen Seite des Berges eine ähnliche Reihe von Cul-de-sac's zu durchwandern, um wieder an die Küste zu kommen. Ausser diesen Hufeisen-Thälern giebt es aber auch Thäler, die quer durch die Inseln setzen und sich also dadurch auszeichnen, dass die zwischen den beiderseitigen Circusthälern befindliche Scheidewand fehlt.

Es giebt viele kleinere Binnenseen auf den Färöer. Einige Seen, wie Sörvaagvatn auf der Insel Vaagö und Storevatn auf der Insel Strömö, erreichen grössere Dimensionen. Da die Inseln selbst aber überhaupt klein sind und die Länge der Thäler daher nie sehr gross ist, so giebt es natürlich keine sehr grossen Seen, und die grösseren bassinförmigen Vertiefungen im festen Gesteine sind meistens von Meerwasser erfüllt, oder treten als Fjorde auf.

Die Nord- und Westküsten dieser Inseln sind meistens sehr schroff, ja einige von diesen Felswänden der Küste sind absolut senkrecht, was daraus am besten hervorgeht, dass ALLAN die 1134 engl. Fuss (348 M.) betragende Höhe des Vorgebirges Kodlen auf Österö mittelst einer Leine messen konnte. Das Vorgebirge Myling auf Strömö ist auch senkrecht und nach FORCHHAMMER 2200 Fuss (690 M.) hoch.

Die Inseln selbst bilden den höchsten Theil eines Plateaus, das durch eine tiefe Rinne von den Shetlands-Inseln geschieden ist. Diese Rinne, die Färö-Shetland-Rinne, ist 600 Faden tief und zieht sich, von dem tiefen Eismeere kommend, zwischen den beiden Inselgruppen, Färöer und Shetland, hindurch. Von Island, mit welcher Insel die Färöer grosse Aehnlichkeit haben, sind die letzteren nicht durch eine solche markirte tiefe Rinne geschieden, doch erreicht das Meer zwischen den Färöer und Island eine Tiefe von 200 bis 300 Faden, so dass die Gruppe der Färöer allseitig von tiefem Meere umgeben ist.

Die Färöer bestehen aus vulkanischen Gesteinen, die in

Bänken oder Decken auftreten. Auf der Insel Suderö und auf Myggenäs kommt eine kohlenführende Formation von geringer Mächtigkeit zwischen den Bänken der vulkanischen Gesteine vor. Ausserdem treten häufig intrusive Gänge von Basalt in Säulen abgesondert auf. Alle die vulkanischen Gesteine der Färöer, einige Lager von Palagonittuffen ausgenommen, bestehen aus folgenden vier Mineralien: Plagioklas, Augit, Magneteisen und Olivin. Von den Zersetzungsproducten dieser Mineralien begleitet kommen accessorisch häufig schöne Zeolithe, Chalcedon, Opal und Grünerde vor.

Die vier oben genannten Mineralien bilden, wie die mikroskopische Untersuchung von 30 Handstücken lehrt, die Gesteine der Färöer, obgleich Olivin oder sein Zersetzungsproduct, der Serpentin, in einzelnen Präparaten nur spärlich vorhanden ist; sehr selten fehlt der Olivin ganz. Danach sind die vulkanischen Gesteine der Färöer Basalte, sofern wir unter dem Namen Basalt die tertiären und posttertiären Gesteine, die aus Plagioklas, Augit, Magneteisen und Olivin bestehen, zusammenfassen. Indessen ist es unbequem, alle diese Gesteine, die von verschiedenem Alter sind und auch unter geologisch verschiedenen Verhältnissen vorkommen, mit demselben Namen zu belegen.

Dem Alter nach zerfallen die Bildungen der Färöer in vier Abtheilungen:

1. Die vulkanischen Bänke oder Decken, die älter als die kohlenführende Formation sind.
2. Die kohlenführende Formation.
3. Die vulkanischen Gesteine, die jünger als die kohlenführende Formation sind, und
4. Die intrusiven Gänge von Basalt.

Wenn man die älteren Gesteine von den Bänken unter und unmittelbar über der kohlenführenden Formation auf Suderö mit den Gesteinen von den anderen Inseln vergleicht, so zeigen sich diese Gesteine im Grossen und Ganzen durch Structur und Farbe ziemlich verschieden. Die älteren Gesteine von Suderö haben keine Porphystructur; es sind feinkörnig krystallinische Gesteine, in welchen sich in der Regel kein Mineral makroskopisch durch grössere Dimensionen auszeichnet. In den jüngeren Gesteinen von den anderen Inseln kommen grössere Krystalle von Plagioklas, auf welchen bisweilen schon makroskopisch Zwillingsstreifung zu beobachten ist, sehr häufig vor. Diese Krystalle, die bisweilen eine Länge von 1 bis 2 Centim. erreichen, treten in einer feinkörnig krystallinischen Grundmasse auf, so dass die Gesteine Porphystructur bekommen. Bei den älteren Gesteinen sind dunkel-

graue, schwarze, monotone Farben vorherrschend, während die jüngeren Gesteine in grösserer Variation braune, rothe und graue Farben zeigen. Die jüngsten intrusiven Gänge bestehen aus grauem dichten Basalt, der sich unter dem Mikroskop zu einem krystallinischen Gemenge der vier oben genannten Mineralien auflöst.

Wenn man durch verschiedene Namen diese durch Alter und Structur verschiedenen Gesteine bezeichnen will, so kann man dazu die alten Benennungen Anamesit, Dolerit und Basalt benutzen. Die älteren Bildungen, welche unter und unmittelbar über der kohlenführenden Formation liegen, könnte man die Anamesitbänke, die jüngeren die Doleritbänke und die jüngsten intrusiven Gänge die Basaltgänge nennen. Durch diese Namen ist einerseits die identische petrographische Zusammensetzung, andererseits aber auch das verschiedene geologische Vorkommen durch den Gegensatz zwischen Bänken und Gängen bezeichnet. Doch sind diese Benennungen nicht so aufzufassen, als ob zwischen den Anamesitbänken nur Anamesite und nicht auch Basalte auftreten. Ebenso wenig kommen zwischen den Doleritbänken nur Dolerite vor. Was die mikroskopische Structur dieser Gesteine betrifft, so ist dieselbe durchaus krystallinisch. Eine amorphe Grundmasse kommt fast gar nicht vor; doch sind Mikrofluctuationsstructur und zerbrochene Krystalle sehr häufig zu beobachten. In einigen Gesteinen von den Doleritbänken kommt Olivin sehr spärlich vor, wodurch sich diese den Augit-Andesiten im Sinne ROSENBUSCH'S nähern. Die Aehnlichkeit mit den Augit-Andesiten wird noch grösser dadurch, dass Plagioklas in grösseren Krystallen porphyrisch vorkommt, was bei den Augit-Andesiten häufig der Fall ist, während in den Basalten Augit und Olivin, aber seltener Plagioklas, porphyrisch auftritt. Viele von diesen Gesteinen haben auch eine blasige und mandelsteinartige Structur. Die meisten Blasenräume sind rundlich, nicht in die Länge gezogen, so dass man nicht nach der Gestalt der Blasenräume die Richtung, in welcher diese Gesteine geflossen sind, beurtheilen kann.

Vor Allem auffallend ist die Regelmässigkeit, mit welcher die Bänke oder Decken auftreten. Wie regelmässige Schichten setzen sie weite Strecken fort, ohne dass die Mächtigkeit der Decken, welche gewöhnlich zwischen einem und dreissig Metern liegt, sich wesentlich verändert.

Die Neigung der Bänke beträgt gewöhnlich nur 2, 3, 4 bis 5°, auf der Insel Myggenäs kommt jedoch auch ein Fallen von 10° vor. Die schwebende Stellung in Verbindung mit der deutlichen Absonderung in Bänken und den steilen entblösten Felsenseiten giebt bald einen Ueberblick über den einfachen

geologischen Bau der Inseln. Die Fallrichtung ist im Ganzen östlich, gegen NNO., NO., O., OS. und SSO. Andere Fallrichtungen, speciell westliche, kommen nicht vor. Die Bänke haben eine bassinförmige Lagerung, indem der Fall auf Suderö gegen NNO., auf Myggenäs gegen O. und auf den nördlichen Inseln hauptsächlich gegen SO. und SSO. gerichtet ist, wie es die kleine Kartenskizze zeigt. Der geologische Bau der Inseln lässt sich demnach einfach als die eine Hälfte eines Bassins darstellen.

Die Anamesitbänke bilden einen grossen Theil von Suderö; ungefähr die südliche Hälfte dieser Insel besteht nämlich aus diesen älteren Gesteinsbänken, die sehr sanft gegen NNO. fallen. Ausserdem gehen dieselben Anamesitbänke da zu Tage aus, wo tiefe Thäler durch die überlagernden Doleritbänke auf Suderö erodirt sind. Die Mächtigkeit der Anamesitbänke, denen zugleich auch untergeordnete Dolerite, Basalte, Mandelsteine und einzelne Lager von Palagonittuffen eingelagert sind, beträgt 1200 bis 1300 Meter. Im obersten Theile dieser Anamesitbänke kommt eine kohlenführende, kaum 10 Meter mächtige Formation vor, welche aus Schieferen, Schieferthon und Kohlenlagern besteht. Im mittleren Theile der Insel liegt diese Formation in einer Höhe von 500 Metern und senkt sich von dieser Höhe mit einer Neigung von ungefähr 4° gegen NNO., bis dieselbe im nördlichen Theile der Insel an verschiedenen Stellen bis zum Meeresspiegel herabsinkt. Ueberall nun, wo die jüngeren Bildungen von Thälern durchschnitten worden sind, geht die kohlenführende Formation zu Tage aus. Die Mächtigkeit der Kohlenlager ist verschieden, aber nie gross. Häufig sieht man zwei nahe übereinander liegende Lager, mit einer Gesamtmächtigkeit von 1 Meter; häufig ist aber die Mächtigkeit geringer und nur 0,2 Meter, selten 1,50 Meter gross. Diese Formation hat nach den stattgehabten Untersuchungen eine Verbreitung von über 66 Qu.-Kilometern. Bei einer angenommenen durchschnittlichen Mächtigkeit von 0,6 M. würde die ganze Kohlenmenge der Suderinsel 50 Millionen Tons ausmachen, wenn alles, was über und unter dem Niveau des Meeres liegt, mitgerechnet wird. Die Lage der Insel mitten im Meere und die geringe Mächtigkeit der Kohlen hindert einen Abbau dieser Lagerstätten. Mit Ausnahme von einem Theil von Suderö und der Insel Myggenäs bestehen alle anderen Inseln aus den jüngeren Doleritbänken, und diese Formation ist daher die am meisten verbreitete. Verschiedene Varietäten von Dolerit und anderen basaltischen Gesteinen mit Porphyrostructur, Mandelsteinstructur und blasiger Structur wechselagern miteinander, und zwischen denselben kommen auch Palagonittuffe vor.

Die Mächtigkeit der Doleritbänke ist sehr gross. Auf der grössten Insel Strömö, welche aus Doleritbänken besteht, kommt überall ein südöstliches Fallen mit Abweichungen gegen SSO. und OSO. vor. Die Länge dieser Insel in südöstlicher Richtung beträgt 46 Kilom., und wenn man einen durchschnittlichen Fallwinkel von $3\frac{1}{2}^{\circ}$ annimmt, so berechnet sich die Mächtigkeit der Doleritbänke auf 2800 Meter; da dieselben Gesteine auf der benachbarten Insel Sandö fortsetzen, so muss man nach den gemachten Beobachtungen eine Mächtigkeit von 3000 Metern für diese Doleritbänke annehmen.

Von den jüngsten intrusiven Basaltgängen, welche die Anamesitbänke und Doleritbänke durchsetzen, sind 20 bis 30 beobachtet worden, aber sie kommen gewiss zu Hunderten vor. Alle diese Gänge bestehen aus säulenförmig abgesondertem Basalt, der dem Geologen eine angenehme Abwechslung in dem sonst regelmässigen Bau der Inseln ist.

Das geologische Alter der Gesteine und Formationen der Färöer liess sich bisher nicht bestimmen. Zwar kommen Zweige und Stämme, auch verkieselte Hölzer, in den kohlenführenden Schichten vor, aber sie sind nicht gut genug erhalten, als dass sich das Alter der Formation aus ihnen beurtheilen liesse. Da die Eruptionszeit der basaltischen Gesteine mit dem Tertiär beginnt, so sind die Formationen der Färöer jedenfalls nicht praetertiär. Vielleicht sind die Kohlenlager miocän, da Kohlenlager von diesem Alter unter ähnlichen Verhältnissen auf der Nachbarinsel Island vorkommen. Seit der Eiszeit hat keine Eruption mehr stattgefunden. —

Nachdem wir so einen Ueberblick über den geologischen Bau der Färöer erhalten haben, wollen wir die zerstörenden Kräfte, welche diese ursprünglich zusammenhängenden Gesteins-Decken in Inseln zerschnitten haben, betrachten. Die Färöer sind, geologisch betrachtet, kein fest erbautes Land. Sie bieten den Brandungen des wilden Meeres, sowie auch der Erosion durch die Atmosphärien keinen kräftigen Widerstand. Aber nicht nur die Wogen und die Strömungen des Meeres und das Wasser der kleinen Flüsse und Bäche sind bei dieser Zerstörungsarbeit thätig gewesen, sondern auch jene Eisdecke, von welcher, wie die meisten nördlichen Länder, diese Inseln zur glacialen Zeit bedeckt waren. Die glacielle Geologie der Färöer ist interessant, da mehrere für die physikalische Geologie wichtige Fragen hier ihre Lösung finden.

Wie wir später sehen werden, hat sich die grosse Eisdecke, welche zur Eiszeit Norwegen, Schweden und Finnland bedeckte und sich von da über Dänemark, Holland, Norddeutschland und grosse Strecken von Russland ausdehnte, gegen Westen in die Nordsee und gegen Norden von der nor-

wegischen Küste aus in's Eismeer erstreckt; wie weit gegen Westen diese Eisdecke gelangt ist, das lässt sich, wie oben erwähnt, nur schwer beurtheilen, da das Meer überall vor den Küsten liegt. Die Shetland-Inseln und die Färöer ragen aber aus diesem Meere empor, und wenn wir die westlichen Grenzen der Vergletscherung suchen wollen, so müssen wir uns zunächst an diese Inseln halten. Die erste Frage, die wir zu beantworten haben, wird also sein, ob die Gletscherströme von Norwegen aus die Färöer erreicht haben.

Bekanntlich giebt es Geologen, die der Ansicht sind, dass der nördlichste Theil der Erde zur Eiszeit in eine grosse arktische Eisdecke eingehüllt war, sowie jetzt enorme Eismassen den südlichsten Theil der Erde verbergen. Wie erwähnt, ist diese Ansicht von einem Reisenden auf den Färöer, CHAMBERS, vertreten worden, indem er die Angabe machte, dass die Gletscherschliffe auf dem nördlichen Theile der Inseln bei Eide von Norden gegen Süden hinstreichen. Wenn eine solche arktische Eishülle wirklich die Färöer bedeckt hätte, so müssten wir allerdings eine von Norden her kommende Vergletscherung annehmen.

Die Beobachtungen bestätigen indessen keine dieser beiden Annahmen; die norwegische Eisdecke hat die Färöer nicht erreicht, und ebenso wenig sind diese Inseln von arktischen Eismassen überzogen worden. Sie sind vielmehr von einer localen Eisdecke zur glacialen Zeit bedeckt gewesen, und zwar kann die Mächtigkeit derselben nicht unbedeutend gewesen sein, da nur die höchsten Gipfel der Inseln aus derselben hervorragten.

Wie wir gesehen haben, bestehen die Färöer aus basaltischen Gesteinen, welche von den Formationen Norwegens durchaus verschieden sind, so dass erratische Blöcke aus norwegischen Gesteinen, wie Granit, Gneiss, Quarzitschiefer, Syenit, Gabbro, silurischem Kalkstein u. s. w. auf den Färöer sehr leicht beobachtet werden müssten, aber kein einziger solcher Block war daselbst zu finden, und dieser Mangel an fremden erratischen Geschieben wird durch die Untersuchung der Gletscherschliffe leicht erklärlich.

Die Beweise, dass die Färöer von festem Eis bedeckt waren, sind dieselben, welche wir aus anderen Ländern kennen. Es sind die Gletscherschliffe, die Roches moutonnées, der Geschiebelehm, die vielen zerstreuten Blöcke, sowie auch zahlreiche Seen und Fjorde.

Obgleich die Gesteine der Färöer leicht verwittern, so dass die ursprüngliche Oberfläche oft zerstört ist, so sind doch Gletscherschliffe an vielen Stellen zu beobachten. Die Rich-

tung derselben ist auf der kleinen Kartenskizze durch Pfeile angedeutet und wird hier näher angeführt:

Die nördlichen Inseln:

Thorshavn am Hafen	O 30° S
100 Schritt vom Castel bei Thorshavn	} O 35° S SO
NW vom Pfarrhof bei Thorshavn am Wege nach Kirkebø	
Vestmannshavn am Hafen, SO von der Kirche	SW
Vestmannshavn an der Brücke am Wasserfall	S 10° O
Saxen an der Kirche	N 30° W
Eide	N 10° W
Andafjord	O 40° N
Zwischen Skaalefjord und Gjöthevig	O 40° N
Höirig, 1/2 nördl. von Thorshavn	SO
Sandö, südl. von der Kirche	S 15° W
Sandö, in der Nähe einer schachtförmigen Höhle, südl. von der Kirche	S 40° W

Suderö:

Kvalböeidet	O (oder W?)
Framien	W
Vaagi, zwischen dem Binnensee und dem Meere	SW
Heve	O
Ördevig	O 30° N
Tveraa	SO

Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass die Gletscherschliffe der Färöer von den Inseln aus nach allen Richtungen ausstrahlen. Die Eismassen haben von dem inneren Theile der Inseln den Weg gegen N., NO., SO., NW. zum Meere hin genommen. Wie die nördlichen Inseln ist auch Suderö ein Centrum der Vergletscherung gewesen, von welchem aus die Gletscher gegen Westen und Osten ausgingen.

Die Gletscherschliffe sind, wie überall, von Roches moutonnées begleitet, -und die Lage der Stossseiten und der Leeseiten giebt die wichtigste Andeutung für die Bewegungsrichtung. CHAMBERS berichtet, wie erwähnt, dass die Gletscherschliffe am nördlichen Theile der Inseln an Eide die Richtung von Norden nach Süden haben und nimmt dann eine arktische Eisdecke an. Indess liegen die Stossseiten der Roches moutonnées an Eide unzweifelhaft gegen Süden, die Leeseiten gegen Norden, so dass die Eismassen nicht vom Meere herauf, sondern im Gegentheil aus dem Innern der Inseln, von Süden her, kamen.

Es wäre überflüssig, alle die Stellen anzuführen, wo Roches moutonnées auf den Färöer vorkommen, denn überall, wo die ursprüngliche Oberfläche nicht zerstört worden ist, kann man dieselben beobachten. Die Höhe, welche die Roches moutonnées über dem Meere erreichen, giebt zugleich die Höhe der Eisdecke an. Auf den nördlichen Inseln verschwinden die Roches moutonnées, wenn man bis zu einer Höhe von 400 bis 500 Metern hinaufkommt. Die Eisdecke ist folglich gar nicht unbedeutend gewesen, da sie die Inseln bis zu einer Höhe von 400 bis 500 Metern einhüllte.

Auf der Insel Suderö erreichen auf dieselbe Weise die Roches moutonnées eine Höhe von 440 Metern.

Wie oben erwähnt, kommen fremde erratische Geschiebe auf den Färöer gar nicht vor; einheimische erratische Blöcke findet man dagegen häufig; ziemlich zahlreich z. B. in der Nähe von Thorshavn.

Ferner haben wir als Zeugen der alten Eisdecke den Geschiebelehm oder die Rückstände der alten Grundmoränen. In geschützten Buchten kommt Geschiebelehm ziemlich häufig vor; er liegt unmittelbar auf dem festen Gestein; so wurde bei Andafjord eine mit Gletscherschliffen versehene Oberfläche unmittelbar unter dem Geschiebelehm beobachtet. In letzterem findet man natürlich nur einheimische Geschiebe; es fehlt die grosse Variation der Gesteine, wie wir sie im norddeutschen Geschiebelehm zu sehen gewohnt sind; auch ist die Mächtigkeit des Geschiebelehmes der Färöer bei Weitem nicht so gross, eine Mächtigkeit von 5 Metern ist nur selten. Der Geschiebelehm besteht wie gewöhnlich aus Blöcken von verschiedener Grösse; sie liegen kreuz und quer ohne Ordnung in thonhaltigem Sande; die Ecken sind abgerundet und Schriffe kommen auf den Blöcken vor.

Wir kommen endlich zu der Frage, durch welche Kräfte die jetzige merkwürdige Configuration der Inselgruppe hervorgebracht ist. Gewiss sind hier Kräfte verschiedener Art thätig gewesen, nämlich das Meer, die Gewässer und die Gletscher der Eiszeit. Zwischen den Wirkungen dieser erodirenden Kräfte zu unterscheiden, ist nicht immer leicht. Wir werden uns zuerst mit den jetzt noch thätigen Kräften beschäftigen, um zu sehen, ob die jetzige Configuration durch dieselben hervorgebracht sein kann.

Wie erwähnt, bestehen die Inseln aus fast horizontalen oder sehr sanft geneigten Decken vulkanischer Gesteine. Dieselbe Bank oder dieselbe Decke lässt sich oft über kilometerweite Strecken verfolgen. Eine Decke, die sich z. B. durch ihre Farbe oder Mächtigkeit auszeichnet, dehnt sich von Gipfel zu Gipfel quer über Thal oder Fjord oder Sund, von Insel zu

Insel aus. Es wird kein Geologe bezweifeln, dass der Zwischenraum, sei er ein Thal, ein Fjord oder ein Sund, welcher jetzt die gleichalterigen Bänke durchschneidet, einst von Gesteinen, wie sie an den Seiten der Inseln anstehen, erfüllt war. Noch deutlicher sieht man dies in den Fjorden, die als Thäler fortsetzen und durch einen Circus abgeschlossen werden. Der einen Seite des Fjordes und der einen Thalseite entlang lässt sich dieselbe Decke verfolgen, bis sie an die hufeisenförmige Thalwand kommt; hier zieht sich die Bank oder Decke wie ein Kranz der Thalwand entlang und lässt sich dann auf der anderen Thal- oder Fjordseite weiter verfolgen, und so herrscht überall auf diesen Inseln die schönste Symmetrie zwischen den beiden Seiten der Thäler und der Fjorde. Auch die unregelmässigen Basaltgänge, die quer durch die Doleritbänke setzen, findet man oft auf beiden Seiten der Fjorde mit demselben Streichen wieder, ein Beweis, dass diese plattenförmigen Massen sich einst quer über den Fjord erstreckten. Die Betrachtung der kohlenführenden Formation auf Suderö liefert auch einen schönen Beweis, dass die Thäler, welche jetzt die verschiedenen Theile dieser Formation durchschneiden, einst von Gesteinen, wie sie an den Thalwänden anstehen, erfüllt waren. Diese schwachen Kohlenlager, die sich, von einer Höhe von 500 Metern sanft bis zum Meere senken, gehen nämlich an den Thalwänden genau da zu Tage aus, wo dieselben nach der Berechnung erscheinen müssen, wenn sie als plattenförmige Massen, die durch Erosion zerschnitten sind, aufgefasst werden.

Die Betrachtung aller dieser zu Inseln zerschnittenen basaltischen Decken führt zu dem Schlusse, zu welchem PLATFAIR schon im Anfange dieses Jahrhunderts gekommen ist, indem er sagt: ¹⁾ „. . . So sind wir mit Dr. HUTTON geneigt, jene grossen Gebirgsketten, welche auf der Oberfläche der Erde hinstreichen, als ausgeschnitten aus Massen bei weitem grösser und viel höher, als was nun übrig ist, zu betrachten. Was wir jetzt sehen, giebt keine Data zur Berechnung der ursprünglichen Grösse dieser Massen oder der Höhe, welche sie erreicht haben. Die annäherndste Abschätzung, die wir geben können, ist, wo eine Kette oder eine Gruppe von Bergen wie diejenige des Monte Rosa in den Alpen, horizontal geschichtet ist, und wo folglich die ungestörte Lagerung der Schichten uns in den Stand setzt, die ganze Rauigkeit der Oberfläche der Arbeit der Zerstörung oder Verheerung zuzuschreiben. Diese Berge, wie sie nun stehen, können gewissermaassen mit jenen Pfeilern aus Erde verglichen werden, welche die Arbeiter

¹⁾ Illustrations to the Huttonian Theory of the Earth. 1802.

hinterlassen haben, um ein Maass der ganzen Quantität von Erde, die sie weggenommen haben, zu geben. Da die Pfeiler (wir betrachten die Berge als solche) in diesem Falle nicht so hoch, wie sie ursprünglich waren, sind, so ist das Maass, was sie geben, nur eine Grenze, welche die gesuchte Quantität nothwendigerweise übertreffen muss.“

Der geologische Bau der Inseln, mit welchen wir uns hier beschäftigen, zeigt, dass festes Gestein einstmals die Räume einnahm, welche jetzt als Fjorde und Sunde auftreten und die Höhe der Berge giebt uns ein Minimalmaass für die Quantität von festem Gestein, welches der Erosion zum Opfer gefallen ist. Da nun mehrere Gipfel eine Höhe von 800 bis 900 Metern erreichen, so werden wir zu dem Schlusse geführt, dass diese Inseln einst eine zusammenhängende Gebirgsmasse von 900 Metern Höhe oder mehr gebildet haben, und dass aus dieser Masse die jetzigen Felseninseln ausgeschnitten sind. Die schwebende Stellung der Bänke giebt uns hier eine sichere Anleitung zur Beurtheilung der zerstörten Massen, und daher ist die Geologie dieser Inseln von Wichtigkeit für die Bildung der Berge überhaupt.

Die Auffassung PLAIFAIR's und HUTTON's, nach der die Berge die rückständigen Reste grösserer zusammengehöriger Massen sind, giebt eine natürliche Erklärung einer Erscheinung, welche überall beobachtet werden kann, wo eine Gruppe von Bergen von demselben geologischen Baue auftritt. In einer solchen Gruppe findet man nämlich, dass fast immer zwei oder mehrere Gipfel um die grösste Höhe concurriren, und der Unterschied zwischen den Höhen dieser höchsten Berge und der nachfolgenden nicht gross ist. Auf den Färöer ist es Slattaretindur und Skjellingfeld und eine Anzahl von anderen Bergen, zwischen denen die Höhendifferenzen nicht sehr gross sind. In Norwegen ist es ausserordentlich gewöhnlich, dass, wo eine Gruppe von Bergen aus denselben Gesteinen besteht, eine ganze Reihe von Gipfeln ungefähr dieselben Höhen haben. Die höchsten Berge Norwegens, die Jotunfjelde, liefern dafür ein Beispiel. Der Galdhötind, der höchste Berg Norwegens ist 8161 norwegische Fuss (2560 Meter) hoch und der nächsthöchste Berg, Glitretind, ist 8144 Fuss (2555 M.) hoch, so dass der Unterschied nur 5 Meter beträgt, und es giebt zwischen diesen Bergen, die alle aus Gabbro bestehen, nicht weniger als 21 Gipfel, welche über 7000 norwegische Fuss (2196 M.) hoch sind, so dass die mittlere Höhendifferenz nur zwischen 17 und 18 Metern liegt. Dasselbe wiederholt sich in Norwegen zwischen Bergen, die aus den verschiedensten Gesteinen von Quarzschiefer, Granit, Gneiss u. s. w. bestehen; in Grönland, sowie auch in den Alpen findet

man ebenfalls grosse Gebirgsgruppen, wo die Höhendifferenzen zwischen den höchsten Gipfeln sehr gering sind, und dass dasselbe sich auch in der höchsten Gebirgsgruppe der Erde, in den Himalayabergen, wiederholt, wird vielleicht daraus hervorgehen, dass zuerst Davalagiri, dann Kautschindschanga und dann Gauridankar (Mont Everest) als die höchsten Berge der Erde angesehen wurden. Nach der Auffassung HUTTON's und PLAINFAIR's waren die Berge, wie sie zuerst aus der Tiefe emporstiegen, kahl und unförmig und bei weitem grösser als was wir nun sehen. Die Thätigkeit der erodirenden Kräfte, durch die Härte und Tenacität der Gesteine modificirt, hat das Ganze zu der jetzigen Form ausgearbeitet, hat die Thäler ausgehöhlt und allmählich die Berge aus der Masse detachirt. Die oben erwähnte Erscheinung, dass zwischen Gebirgsgruppen von gleichartigem geologischen Bau eine Anzahl von Bergen, die ungefähr dieselbe Höhe haben, auftreten, findet nach dieser Theorie eine natürliche Erklärung: da jeder Berg aus Gesteinen von derselben Beschaffenheit besteht, und da sie alle sich unter denselben physikalischen Verhältnissen befinden, so ist der Widerstand gegen die allgemeine Degradation ungefähr überall derselbe, und wenn sie aus einem einigermaassen ebenen Plateau ausgeschnitten sind, so müssen viele von denselben ungefähr dieselbe Höhe behalten.

Wenden wir uns nach dieser Digression zu den Inseln, mit denen wir uns hier speciell beschäftigen, zurück, dann sind die zerstörenden Kräfte, die hier wirken, wie berührt, verschiedener Art; wir werden zuerst die Wirkungen des Meeres betrachten.

An den färöischen Küsten findet man eine grosse Anzahl von Höhlen, die vielleicht eher nach Tausenden als nach Hunderten zu zählen sind; sie liegen im Niveau des Meeres und sind theils in den weicheren Tuffschichten ausgearbeitet, theils folgen sie den Basaltgängen oder den Klüften und Ablösungsflächen in den Bänken. Die Wirksamkeit, durch welche diese Höhlen ausgearbeitet worden sind, ist vielleicht, wo dieselben in den Tuffschichten auftreten, zu einem kleinen Theile eine chemisch auflösende, in den meisten Fällen aber ist sie eine rein mechanische. Sehr häufig ist die Erscheinung, dass, wo ein Basaltgang bis zum Meere herabreicht, eine Höhle im Niveau des Meeres in demselben ausgearbeitet ist, gerade so wie ein Stolln einem Erzgange folgt. Nun ist aber der Basalt in diesen Gängen eben so hart und fest, vielleicht noch fester, als die Gesteine der Doleritbänke. Wenn nichtsdestoweniger die Höhlen nach diesen Gängen ausgearbeitet sind, so ist die Ursache unzweifelhaft darin zu suchen, dass die Wellen des Meeres, wenn sich dieselben an der Küste

brechen, leicht einzelne Säulen ausreissen, da dieselben nach den Ablösungsflächen nur unschwer auseinander fallen; ausserdem giebt auch das Salband oder die Fläche zwischen den Säulen und den Bänken, welche der Gang durchsetzt, eine Angriffslinie für die Wellen. Es giebt eine Höhle auf der Insel*Strömö in der Nähe von Saxen, wo zwei sich kreuzende Gänge zum Meere hinabziehen, und hier ist dann die Höhle nach den beiden Gängen bis zum Kreuzpunkte und etwas weiter ausgearbeitet, so dass die Höhle selbst die Form eines Kreuzes hat. Man kann, dem einen Gange folgend, in die Höhle hineinrudern und dann in der Richtung des anderen Ganges wieder herauskommen. Auf einigen Stellen gehen die Höhlen quer durch die Vorgebirge der Insel; eine solche Höhle findet sich z. B. auf der Insel Naalsö, wo man quer durch die Insel sehen kann. Ausser diesen Höhlen, die mit einem quer durch einen Berg getriebenen Stolln verglichen werden können, giebt es auch solche, die einem Stolln vergleichbar sind, der mit einem Schachte in Verbindung steht, indem diese Höhlen aus von dem Meere horizontal in den Fels gehenden Oeffnungen bestehen, welche mit zu Tage ausgehenden senkrechten Durchbrüchen in Verbindung stehen. Derartige Höhlen werden da gebildet, wo das Dach nicht fest genug ist, um ohne Unterstützung zu stehen, so dass Theile des Daches in die stollnförmige Höhle hineinfallen. Wenn nun das Meer seine Wellen in die horizontale Höhle hineinsendet, so wird das darin befindliche Meereswasser durch die schachtförmige Oeffnung oben hinausgetrieben, aus welcher es oft nach jedem Wellenschlage wie ein Sprudel herauskommt, aber wieder in dieselbe Oeffnung zurückfällt, wodurch diese allmählich eine beckenförmige Gestalt erhält.

Wenn nun ferner das Dach der Höhle über die ganze Strecke so lose würde, dass es nicht ohne Unterstützung stehen könnte, so müsste statt der Höhle sich ein Kanal oder ein enger Sund bilden, und der durch eine solche Arbeit detachirte Felsen isolirt im Meere stehen, wie jene Felsen, welche auf den Färöer „Drangar“ genannt werden und zweifelsohne das Resultat einer derartigen Arbeit des Meeres sind. Bisweilen geht ein hohes Portal durch diese isolirten Felsen, und diese Portale, die nichts als kurze Höhlen sind, zeigen noch deutlicher, dass die Bildung der engen Sunde, welche die Felsen von der Hauptmasse der Inseln scheiden, durch die Arbeit des Meeres bedingt und die Höhlen, die Portale und die engen Sunde Bildungen derselben Art sind. Wenn das Dach sich tragen kann, wird nur eine Höhle gebildet. Ist diese Höhle sehr kurz und geht dieselbe durch einen isolirten

Felsen, dann wird sie zum Portal. Wenn aber das Dach zusammenstürzt, dann bildet sich statt der Höhle ein enger Sund. Resultate der Verheerungen des Meeres an den Küsten sind auch die senkrechten Wände der Inseln. Die Arbeit des Meeres kann auch als eine regelmässige Schrammarbeit aufgefasst werden. Die Bänke im Niveau des Meeres werden unten geschrammt und die hängenden Bänke stürzen nach. Auf diese Weise erhalten die Inseln ihre steilen, oft senkrechten Küsten; am steilsten sind die West- und Nordküsten, denn die Fallrichtung der Bänke ist eine östliche, meistens südöstliche, und bekanntlich wirken die Wellen des Meeres da am meisten zerstörend, wo die Schichten oder die Bänke vom Meere wegfallen, und dies ist an den westlichen und nördlichen Küsten der Fall.

Wie viel von dem festen Lande der Färöer auf diese Weise zerstört worden ist, lässt sich jetzt nicht mit Sicherheit beurtheilen. Die vor den Küsten liegenden isolirten Felsen geben uns nur ein Minimalmaass für die Zerstörung, denn diese Felsen sind Rückstände der alten Küstenlinie.

Wir kommen jetzt zu der Betrachtung der Thäler, der Fjorde und der tiefen Sunde dieser Inseln; es ist hier, wie überall, oft schwer, die Wirkungen der Gewässer, der Meeresströmungen und der glacialen Erosion zu unterscheiden.

Wie schon FORCHHAMMER bemerkt hat und wie oben erwähnt, giebt es auf den Färöer zweierlei Thäler: Erstens die Circusthäler, die durch eine hufeisenförmige Thalwand abgeschlossen sind und der Zahl nach vorherrschen, und zweitens solche, welche quer durch die Inseln setzen, so dass keine Wand die beiden gegen das Meer gehenden Thäler scheidet. Die ersten Thäler, welche Botnir genannt werden, sind nach FORCHHAMMER durch Regenwasser, die letzteren durch Meereswasser und durch Strömungen im Meere gebildet. Wenn die durchgehenden Thäler wirklich durch Strömungen im Meere gebildet wären, dann müssen wir annehmen, dass das Meer einst in diesen Thälern gewesen ist, dass das Land niedriger oder das Meer höher gewesen ist. Nun finden wir aber auf den Färöern gar keine Spuren von einer niedrigeren Lage der Inseln. Marine Terrassen und marine postglaciale Versteinerungen, wie wir sie in Norwegen, Schottland und Grönland finden, sind hier gar nicht zu beobachten. Wie erwähnt, kommen an den Küsten der Färöer Höhlen zu Hunderten und Tausenden im Niveau des Meeres vor. Wenn die Lage des Landes in postglacialer Zeit niedriger gewesen wäre, dann müssten wir im Niveau des alten Meeresstrandes zahlreiche Höhlen finden. Aber Höhlen, die höher als das heutige Meer

liegen, kommen auf den Färöer fast gar nicht vor. Wie oben berührt, finden wir in vielen nördlichen Ländern, wie Schottland, Norwegen und Grönland, zahlreiche Zeugnisse, dass eine Hebung der Länder in postglacialer Zeit stattgefunden hat. Da diese Erscheinung so allgemein ist, so liegt der Gedanke sehr nahe, dass eine allgemeine Senkung des Meeres, nicht eine Hebung des Landes die Ursache der marinen Terrassen u. s. w. sei. In dieser Verbindung ist aber die postglaciale Geologie der Färöer wichtig. Wenn eine allgemeine Senkung des Meeres im nördlichsten Theile der Erde in postglacialer Zeit stattgefunden hätte, dann würde man auf den Färöer Zeugnisse einer solchen Senkung finden müssen; diese fehlen aber, wie erwähnt, ganz, und dies führt uns zu der Annahme, dass keine allgemeine Senkung des Meeres, sondern Hebungen der respectiven Länder stattgefunden haben. Kehren wir aber zu der Bildung der Thäler zurück, dann sehen wir, dass die Annahme FORCHHAMMER's einer Bildung der durchgehenden Thäler durch Meeresströmungen kaum die richtige sein kann, da das Meer in diesen Thälern nie gewesen ist.

Wahrscheinlich ist der Unterschied zwischen den Circusthälern und den durchgehenden Thälern gar kein wesentlicher. Der Rücken oder die Scheidewand, welche zwischen zwei Circusthälern steht, ist oft sehr schmal und schwach. Auf Krannuffeld war der in Blöcke zerbrochene Rücken zwischen den beiden Circusthälern so schmal, dass ein Mann quer auf seinem Kamme sitzen konnte. Die Zerstörung einer solchen Scheidewand durch die Wirkungen des Frostes, des Wassers und der Atmosphäriken ist (geologisch gesprochen) keine grosse Arbeit, und wenn ein solcher Rücken zerstört wird, so gehen die Circusthäler in durchgehende Thäler über.

Es giebt einen auffallenden Unterschied zwischen den Circusthälern Norwegens und der Schweiz einerseits und den Botnir der Färöer andererseits. In Norwegen sowie in der Schweiz finden sich die Circusthäler in grosser Anzahl, wenn man zu dem Niveau der modernen Gletscher hinaufkommt. Auf den Färöer finden sich dagegen die Circusthäler in allen Niveaus. Die Bildung derselben wird allerdings durch den geologischen Bau des Landes wesentlich befördert. FORCHHAMMER erklärt die Bildung dieser Thäler durch das Regenwasser, welches die milden, dünnen Schichten des Palagonittuffes erweichte, wobei dann die hangenden Bänke nachstürzten. Zweifelsohne wird diese Arbeit wesentlich durch das gefrierende Wasser befördert, indem der Schnee sich auf die horizontalen Absätze der Bänke legt, wodurch das feste Gestein feucht und kalt gehalten wird. Wenn nun die Temperatur unter 0° sinkt, so gefriert das Wasser und das Gestein wird zersprengt. Da diese Arbeit

aber vor Allem auf den schneebedeckten horizontalen Absätzen der Circuswände stattfindet, so ist das ideale Resultat dieser Arbeit eine senkrechte Wand im Circusthal. Ferner kommen auf den Färöer echt glaciale Circusthåler vor, mit Roches moutonnées und Seen im Thalboden.

Wir kommen endlich zu den Fjorden und den Binnenseen der Färöer. Die Betrachtung der Seiten der Fjorde führt uns zu dem Schlusse, dass der Raum, welcher jetzt von den Fjorden eingenommen wird, einst von Gesteinen wie denjenigen, die an den Seiten anstehen, ausgefüllt gewesen ist. Die Fjorde sind 50, 60 bis 100 Faden tief und, nach den zwar unvollständigen Messungen, die wir besitzen, im inneren Theile tiefer als an der Mündung oder vor der Mündung. Sie sind wie die Seen-Bassins in festem Gestein. Dass solche Bassins nicht durch die Wellen des Meeres oder durch Flüsse gebildet sein können, ist allgemein anerkannt, und es bleibt nur ein Agens, die Gletscher der Eiszeit, übrig, denen wir die Bildung dieser zahlreichen eigenthümlichen Bassins zuschreiben müssen. In dieser Beziehung muss ich auf ältere Arbeiten über Fjorde und Seen in Norwegen, in der Schweiz und in Grönland hinweisen. Hier werde ich nur die Sunde, welche meistens in nordwestlich-südöstlicher Richtung gehen und die Inseln von einander trennen, erwähnen. Die Richtung dieser Sunde und die Richtung vieler Fjorde ist dieselbe wie die Fallrichtung der Gesteinsbänke. Die präglacialen Flüsse sind der Fallrichtung der Bänke gefolgt und haben nach dem Fallen der Gesteine ihre Thåler erodirt. Die Gletscher der Eiszeit folgten dann dieser Richtung weiter, vertieften die Thåler und bildeten die Bassins im festen Gesteine, die Binnenseen und die Fjorde. Die Sunde sind wir geneigt als zwei in entgegengesetzter Richtung gehende Fjorde, zwischen welchen die Scheidewand zerstört ist, zu betrachten, und diese Auffassung wird durch die Tiefenverhältnisse sehr wahrscheinlich gemacht. Betrachten wir z. B. den Sund, welcher die zwei grossen Inseln Strömö und Österö scheidet. Bei Nordskaale ist derselbe so wenig tief, dass grosse Boote nur mit Vorsicht denselben passiren können; gegen Nordwesten wird derselbe dann 30 Faden tief und weiter gegen Nordwesten bei Eide wieder seichter und nur bis 5 Faden tief. Hier liegt also ein Bassin im Sund. Gegen Südosten von der seichten Stelle bei Nordskaale an wird der Sund tiefer, bis derselbe 120 Faden Tiefe erreicht. Dies ist die grösste bekannte Tiefe unmittelbar an den Küsten der Färöer. Weiter im Meere in der Fortsetzung des Sundes wird es wieder seichter, 35, 15 bis 12 Faden tief, und eine Tiefe von 120 Faden erreicht man erst wieder in einem Abstände von 5 geographischen Meilen vom

Lande. Der Sund ist also als aus zwei Bassins oder aus zwei Fjorden bestehend aufzufassen; der Rücken zwischen beiden liegt in der untiefen Stelle bei Nordskaale. Dieser Rücken ist aber durch die Wirkung des Frostes und der Atmosphärlilien, vor Allem auch durch die Wirkungen des Meeres selbst von der Oberfläche verschwunden.

Die jetzige merkwürdige Configuration der Färöer ist also die Wirkung vieler erodirender und zerstörender Kräfte. Die steilen Küsten, die isolirten Felsen im Meere, sowie die Höhlen und die engen seichten Sunde sind das Resultat der Arbeit der Wellen des Meeres. Die Thäler sind die Wirkung verschiedener Kräfte, des Wassers, des Frostes und der Flüsse, zu denen noch die vertiefende Erosionsthätigkeit der Gletscher kommt. Aber die durch Wasser gefüllten Bassins im festen Gesteine, die Seen und die Fjorde, sind alte, durch die glaciale Erosion gebildete Gletscherbetten. Die Sunde endlich sind Fjorde, deren Scheidewand zerstört worden ist. Durch alle diese Arbeiten ist das ursprünglich zusammenhängende Land in Inseln zerschnitten worden.

Die oben erwähnten Beobachtungen haben gezeigt, dass die norwegischen Gletscherströme die Färöer nicht erreicht haben und es ist hierdurch eine Grenze gegen Westen für die grosse nordeuropäische Eisdecke gegeben.

Wenn wir uns nun von den Färöer zu den Shetland-Inseln wenden, so sind die Zeugnisse einer alten Bedeckung durch Eis hier ebenso deutlich, aber das Studium der Gletscherschliffe, der Roches moutonnées, sowie der Transportrichtungen der Geschiebe belehrt uns, dass die glacialen Bildungen dieser Inseln nicht auf eine locale Vergletscherung zurückgeführt werden können. Im Gegentheil, die Gletscherströme, welche diese Inseln eingehüllt haben, kamen aus der Nordsee herauf und gingen quer über das Land.

Die Shetland-Inseln sind eine Gruppe von ungefähr 100 Inseln von sehr verschiedener Grösse; sie liegen zwischen $60^{\circ} 50'$ und $59^{\circ} 56'$ nördlicher Breite. Der Abstand von der Westküste Norwegens ist ungefähr 300 Kilometer, von den Färöer ungefähr derselbe, und von der nordöstlichen Ecke Schottlands ungefähr 170 Kilometer. Von den Orkney-Inseln sind die Shetland-Inseln durch die 80 Kilometer breite Meeresöffnung bei Fair Isle geschieden. Der Flächeninhalt der Inseln wird verschieden angegeben; er beträgt wahrscheinlich 1370 Qu.-Kilom. Mehr als die Hälfte des Areales wird von der Hauptinsel Mainland eingenommen. Nach der

Grösse angeordnet kommen darauf die Inseln Yell, Unst, Fetlar, Bressay, Whalsey u. s. w. Die Inseln sind bergig, aus nackten Hügeln, Rücken und Felsen bestehend, die durch Thäler durchschnitten sind, welche in kurze Fjorde oder fjordähnliche Buchten ausmünden. Das Land erreicht seine grösste Elevation in dem 450 Meter hohen Røeness Hill im nördlichen Theil von Mainland. Gegen das Meer hat das Land oft steile Klippen, die jedoch nicht so hoch und jäh wie die der Färöer sind. Zahlreiche Höhlen und isolirte, im Meere liegende Felsen kommen auch an diesen Küsten häufig vor.

Die älteste Arbeit über die Geologie der Shetland-Inseln ist das ausgezeichnete Werk HIBBERT'S: *A Description of the Shetland Islands*, in Edinburg 1822 publicirt. Die glacialen Bildungen werden hierin zwar gar nicht erwähnt, später jedoch, 1831, als die Aufmerksamkeit auf die glacialen oder diluvialen Erscheinungen hingelenkt war, veröffentlichte HIBBERT eine Abhandlung: „On the Direction of the Diluvial Wave in the Shetland Islands“¹⁾, und in dieser Arbeit wies er nach, dass „die diluviale Welle, welche über die niedrigeren Höhen von ganz Schottland und England hinstrich, auf den Breiten Shetlands einen nordöstlichen Ausgangspunkt, oder, mit anderen Worten, eine südwestliche Richtung hatte“. Im Jahre 1864 gab C. W. PEACH eine Beschreibung von den Spuren der Gletscherwirkung auf den Shetland-Inseln: „Traces of Glacial Drift in the Shetland Islands“.²⁾ Er erwähnt zuerst die Gletscherschliffe in der Nähe von Lerwick; darnach beschreibt er, wie die kleine, östlich im Meere liegende Inselgruppe Outskerries einer starken Scheuerung ausgesetzt gewesen ist, indem die drei Inseln dieser Gruppe, Gruna, Bruray und Housay, alle mehr oder weniger zugerundet sind, gleichgültig, ob dieselben aus Granit, Gneiss, Quarzit oder Kalkstein bestehen. Die Richtung wird als von Osten nach Westen streichend angegeben, was nach Abzug der magnetischen Abweichung eine solche von WSW - ONO giebt. Ebenso beobachtete er auf der Insel Unst die Zeichen der Gletscherwirkung. In *Nature* Vol. XV. giebt J. HOME ein kurzes Resumé seiner Beobachtungen: „The Glaciation of the Shetland Islands.“ Er erwähnt, wie auf der Insel Unst die Richtung der Gletscherschliffe, die erratischen Blöcke auf der Oberfläche, sowie auch die Geschiebe im Geschiebelehm zeigen, dass diese Insel von einer sich von Osten nach Westen bewegenden Eismasse bedeckt gewesen ist. Ferner wurde eine spätere locale Vergletscherung auf der Insel Mainland nachgewiesen.

¹⁾ Edinb. Journ. of Science Vol. IV. pag. 85.

²⁾ Report of Brit. Assoc. 1864. pag. 59.

Die Erklärung dieser sonderbaren Erscheinung, dass eine im Meere liegende Inselgruppe Gletscherschliffe, die aus dem Meere sich heraufziehen, zeigen, ist von Herrn CROLL gegeben; zuerst in der Abhandlung „On the Origin of the Caithness Boulder-clay“¹⁾ und später in seinem Werke „Climate and Time“. Auf diese Erklärung, nach der die norwegischen und schottischen Eismassen die Nordsee ausgefüllt und die Shetland-Inseln überdeckt haben, werden wir später zurückzukommen haben.

Eine erschöpfende Arbeit über die glacialen Bildungen der Shetland-Inseln ist die noch nicht veröffentlichte „The Glaciation of the Shetland Isles“ von B. N. PEACH und JOHN HORNE. Von ihnen ist die Richtung der Gletscherschliffe Shetlands an 332 verschiedenen Stellen beobachtet worden, die Verbreitung der Blöcke und der Geschiebe im Geschiebelehm mit der grössten Genauigkeit studirt und die glacialen Erscheinungen der Inseln überhaupt sorgfältig beschrieben worden. Dabei haben sie eine geologische Karte dieser Inseln aufgenommen, auf welcher zugleich zahlreiche Gletscherschliffe und Transportrichtungen der Geschiebe eingezeichnet sind. Nach meiner Ankunft auf den Shetland-Inseln hat mir Herr HORNE die Karte zugeschickt, sowie er mir auch die Stellen, an welchen die glacialen Bildungen am besten studirt werden können, angegeben hat. Später hat er mir auch das Manuscript für die noch nicht veröffentlichte Arbeit von PEACH und ihm zugeschickt. Zu der genauen und erschöpfenden Abhandlung dieser Herren habe ich nur wenige Beobachtungen hinzugefügt, und wie wir Herrn CROLL die Theorie, dass die norwegischen Gletscherströme die Shetland-Inseln bedeckt haben, verdanken, so gehört der sichere Nachweis ihrer Richtigkeit den Herren HORNE und PEACH.

Ausser der oben erwähnten, noch nicht publicirten geologischen Karte der Shetland-Inseln giebt es in dem Werke von HIBBERT eine Karte, auf welcher die Grenzen zwischen den verschiedenen Formationen schon ziemlich genau gezogen sind. Ferner hat Herr FORSTER-HEDDLE im Mineralogical Magazin Vol. II. eine mineralogische und geologische Karte der Shetland-Inseln gegeben.

Der geologische Bau der Shetland-Inseln zeigt im Gegensatz zu den Färöer und den Orkney-Inseln eine ziemlich grosse Variation von Formationen und Gesteinen. Man findet eine alte Gneissformation, sowie auch Schichten der alten rothen Sandsteinformation, zum „Old red“ gehörend, und ausserdem bilden Gabbro, Serpentin, Granit, Diorit, Tuffe mit

¹⁾ Geol. Mag. Vol. XVII.

Porphyriten, ebenso wie jüngere Granite einen grossen Theil der Inseln. Für das Studium der glacialen Bildungen sind die Inseln insofern sehr geeignet, als die Grenzen zwischen den Gesteinen oder den Formationen am häufigsten eine nord-südliche Richtung haben, während die Transportrichtung der Geschiebe im Grossen und Ganzen eine ost-westliche gewesen ist. Dadurch werden Blöcke von Gesteinen der einen Zone bis zu einer anderen oder von dem einen Felde bis zum anderen geführt, wodurch dann nicht nur diese Blöcke als fremd erkannt werden können, sondern auch die Stelle, von welcher dieselben gekommen sind, sich ziemlich genau nachweisen lässt.

In den ältesten Bildungen der Shetland-Inseln unterschied schon HIBBERT zwei Abtheilungen, eine aus grünen Schiefeln und Thonschiefern mit einzelnen Kalkschichten bestehend, während die andere wesentlich aus Gneissgesteinen und einzelnen Schichten von Kalksteinen zusammengesetzt ist. Diese ältesten Formationen sind am meisten verbreitet, indem sie den grössten Theil der Hauptinsel bilden. Ferner bestehen die Inseln Yell, Whalsey und die Outskerries ganz aus denselben. Ziemlich verbreitet sind sie ferner in dem nordwestlichen Theile der Insel Unst, im westlichen Theile der Insel Fetlar u. s. w.

Von grosser Bedeutung für die glacialen Erscheinungen sind die auf Unst und Fetlar auftretenden Zonen von Gabbro und Serpentin. Diese beiden Gesteine bilden den südöstlichen Theil der Insel Unst, indem Gabbro die südöstliche, Serpentin die nordwestliche Zone ausmacht.

Auf der Hauptinsel Mainland giebt es zwei Vorkommen von Diorit, das grösste im nördlichen Theile in den Districten Delting und North-Maven.

Die Schichten, welche zu der devonischen Formation, dem Old red, gehören, kommen auf einer Strecke an der östlichen Seite von Mainland vor. Diese Formation geht von der Südspitze der Insel (Sumburgh Head) der Ostküste entlang, durch Buchten in verschiedene Felder getheilt, bis in die Gegend nördlich von Lerwick. Die Insel Bressay besteht ebenfalls aus Schichten dieser Formation.

Das Studium der Transportrichtungen der Geschiebe wird durch das Vorkommen von Gabbro und Serpentin und Old red-Sandsteinen im östlichen Theile der Inseln wesentlich gefördert. Geschiebe von diesen Gesteinen können nämlich im westlichen Theile sehr leicht als fremd erkannt werden.

In den Districten Walls und Sandness auf der Hauptinsel kommen veränderte Sandsteine und Quarzite von einem ganz anderen Habitus als die gewöhnlichen Sandsteine des Old red vor. Doch gehören auch diese veränderten Gesteine zu der alten rothen Sandsteinformation, denn PEACH und HORNE haben

in denselben die für diese Formation charakteristischen fossilen Pflanzen gefunden.

Von eruptiven Gesteinen, die zum Old red gehören, kommen Porphyrite mit Tuffen auf der Nordwestseite von Mainland in North-Maven vor, und solche Gesteine treten nach A. GEIKIE auch auf der Insel Papa Stour auf. ¹⁾

Auf den Shetland-Inseln kommen auch mehrere Granitfelder vor, welche nach PEACH und HORNE jünger als Old red sind. Das grösste Feld liegt in North-Maven und dieser Granit bildet den höchsten Berg dieser Inseln, Roeness Hill, 450 Meter hoch. Das Gestein wird theils Granit, theils felsitischer Granit, theils Quarzitefelsit genannt. Diese eruptiven Massen werden wieder von intrusiven Gängen von Porphyriten durchsetzt, und diese Gänge sind dann die jüngsten Gesteine der Shetland-Inseln.

Nachdem wir so einen Ueberblick über die Formationen und Gesteine erhalten haben, wenden wir uns zu den glacialen Bildungen.

Oestlich von den Shetland-Inseln, also nach Norwegen hin, liegt, wie erwähnt, die kleine Inselgruppe der Outskerries mit einem Abstand von 12 Kilom. von Mainland. PEACH und HORNE haben diese Inseln genau studirt, deren glaciäre Erscheinungen sehr interessant sind. Die Gruppe besteht aus Gneissgesteinen mit einigen Kalkschichten. Diese Inseln werden als grosse Roches moutonnées beschrieben. Sie sind stark gefurcht und geschliffen und die kleineren Inseln können mit Wallfischrücken, die aus den Oberfläche des Meeres hervorragen, verglichen werden. Sie bilden ein vollständiges Analogon zu den zahlreichen kleinen zugerundeten Scheren an der norwegischen Küste, nur ist es eine wunderbare Erscheinung, dass diese Formen, in welcher wir die Wirkung des Gletschereises erkennen, hier mitten im Meere wiederkehren. Aber nicht weniger merkwürdig als die Form dieser Inseln ist die Richtung, in welcher die Bewegung der scheuernden Massen stattgefunden hat. Auf der Insel Gruna fanden PEACH und HORNE die Richtung zwischen S 10° W und W 42° S variirend. Auf dem höchsten Punkte von Bruray streichen die Schiffe S 35° W und nicht viele Meter davon entfernt gegen SW. hin. Ueberhaupt schwankt die Richtung der zahlreichen beobachteten Schiffe zwischen SW. und SSW.

Wenn nun die Frage gestellt wird, wo das Land liegt, von welchem die Eismassen, die diese Inseln bedeckt haben,

¹⁾ Old red Sandstone of Western Europe. Trans. of Roy. Soc. of Edinb. Vol. XXVIII. pag. 418.

herkamen, dann zeigen die Schiffe gegen Norwegen hin. Wir wissen von Beobachtungen an der norwegischen Küste, dass die Inseln hier geschliffen und zugerundet sind und dass die Stossseiten der Rundhöcker gegen das innere Land gekehrt sind. Auf den Shetland-Inseln, 300 Kilom. von der norwegischen Küste entfernt, finden wir also dieselbe Form wieder, und die Stossseiten liegen fortwährend gegen Norwegen zu. So werden wir zu der Annahme geführt, dass die Gletscherströme der Shetland-Inseln in Norwegen ihren Ausgangspunkt hatten. Diese Annahme wird durch zahlreiche andere Beobachtungen bestärkt.

Der Bau der Insel Unst ist oben erwähnt; der östliche Theil besteht aus einer Zone von Gabbro und einer Zone von Serpentin, und westlich von diesen Gesteinen kommen die alten Schiefer und das Urgebirge vor. In der nordöstlichen Ecke der Insel bei Lambaness tritt ausserdem eine kleine Granitpartie auf.

Nördlich auf Unst liegt die Bucht Haroldwiek, wo das Land aus Serpentin besteht. Hier beobachtete ich die Richtung $W 20^{\circ} S$. Ferner gegen Süden liegt die Bucht von Baltasound, wo Schiffe $W 15^{\circ} S$ streichend beobachtet wurden. Hiermit übereinstimmend geben HORNE und PEACH Richtungen zwischen W und $W 20^{\circ} S$ an der Ostküste von Unst an, auch sind von ihnen zahlreiche Schiffe auf Gabbro und Serpentin notirt worden.

Das Studium der Transportrichtung der Geschiebe führt zu demselben Schluss, wie die Beobachtungen der Gletscherschliffe. Im Geschiebelehm bei Baltasound an der Ostküste bestehen die Geschiebe aus Serpentin, dem Gestein des Untergrundes und ausserdem aus Saussuritgabbro. Wenn man von hier aus quer über die Insel bis an die Westküste geht, so kommt man, nachdem man die Zone des Gabbro und die Zone des Serpentins passirt hat, auf das Gebiet des Gneisses und der alten Schiefer, welches sich in Vallafjeld Hill bis zu einer Höhe von 212 Meter erhebt. Vallafjeld Hill erstreckt sich in nord-südlicher Richtung wie ein Rücken durch den westlichen Theil der Insel. Wenn man diesen Rücken passirt hat und bis an das Meer an der Westküste gelangt ist, so findet man hier wieder Geschiebelehm in den Buchten. In diesem Lehm findet man auch Geschiebe aus Serpentin und Gabbro, wie diese Gesteine auf der anderen Seite des Berges anstehen. Dergleichen Geschiebe im Geschiebelehm treten z. B. bei Newgord auf. Diese Geschiebe sind also in der Richtung von Osten gegen Westen transportirt worden, und merkwürdiger Weise scheinen dieselben den Rücken, welcher bis über 200 Meter erreicht, passirt zu haben, um an die Westküste

zu kommen. Bis in's genaueste Detail ist diese merkwürdige Verbreitung der Geschiebe auf Unst von HORNE und PEACH untersucht worden. Einzelne Blöcke von Serpentin haben dieselben bis zur Wasserscheide in 600 engl. Fuss Höhe nachgewiesen. Jenen Granit, welcher in der nordöstlichen Ecke der Insel bei Lambaness ansteht, haben sie im Geschiebelehm bei Woodwick auf der Westseite der Insel gefunden. Blöcke von Gabbro haben sie ferner im Geschiebelehm bei Culla Voe auf der westlichen Nachbarinsel Yell beobachtet.

Die Insel Fetlar, südlich von Unst, besteht aus denselben Gesteinen wie diese und zeigt nach den beiden oben genannten Beobachtern ähnliche glaciale Erscheinungen. Die Richtung der Schriffe ist variabel zwischen W und W 35° S. Geschiebe von Gabbro und Serpentin von dem mittleren Theile der Insel sind auf das Gneissfeld an der Westseite der Insel gefördert und Geschiebe von denselben Gesteinen sind von Fetlar auch bis zu der im Westen liegenden Insel Yell gelangt.

Schon HIBBERT, welcher 1817 und 1818 die Shetland-Inseln bereiste, erwähnt in der oben genannten Arbeit über die Richtung der diluvialen Wellen in Shetland, dass Blöcke von Serpentin und Euphotid von Unst und Fetlar bis nach Yell transportirt sind.

Wenn wir uns nun von diesen nördlichen Inseln zu der Hauptinsel Mainland wenden, dann können wir hier ähnliche Erscheinungen kennen lernen. Zahlreiche Beobachtungen über die Richtungen der Schriffe zeigen, dass die Gletscherströme, die über die Inseln gegangen sind, sich nicht in geraden Linien bewegt haben, sondern dass dieselben, je weiter sie gegen Westen gelangt sind, sich umsomehr von der südwestlichen in eine westliche und endlich eine nordwestliche Richtung umgewendet haben. Auch hier bestätigt die Verbreitung der Geschiebe die Folgerungen, zu welcher das Studium der Schriffe führt.

Auf den Inseln Outskerries waren die Schriffe, wie wir sahen, von SW. und SSW. nach NO. und NNO. gerichtet. Dieselben Richtungen finden wir auf der nächsten Insel Whalsay wieder, sowie auch auf Brissay in der Nähe von Lerwick; ferner ist an dem Fort bei Lerwick und an vielen anderen Stellen auf Mainland diese südwestliche Richtung zu beobachten.

In den Buchten südlich von Lerwick sieht man indessen Schriffe, die gegen S 20° O, S 25° O, S 40° O, S 45° O und in der Bucht Gulhuwick S 44° O hinstreichen. Diese Richtungen, die von dem Lande ausgehen, repräsentiren indessen die spätere locale Vergletscherung, von welcher man auch auf anderen Stellen der Insel Spuren findet.

Trotz mehrerer localer Abweichungen ist eine südwestliche

Bewegungsrichtung mit Variation nach WSW. und SSW. die normale auf dem östlichen Theile der Inselgruppe.

Wir wollen jetzt die Transportrichtung der Geschiebe auf Mainland betrachten. Im nördlichen Theile dieser Insel, in der Bucht Sandwick, ist ein Profil durch einen ungefähr 30 Meter hohen, auf Glimmergneiss ruhenden Geschiebelehm vorhanden. In diesem Lehm sieht man Geschiebe von dem Diorit, welcher östlich davon ansteht. Hier ist also wieder eine Transportrichtung von Osten gegen Westen herrschend. In derselben Richtung sind Geschiebe von der alten rothen Sandsteinformation im südlichen Theile der Insel transportirt worden, und auch hier müssen die Geschiebe die Wasserscheide passirt haben. Auf der Westseite der Insel bei Cliff Sound, nördlich von West Quarf, liegen in der Nähe des Meeres wenig mächtige Ablagerungen von Geschiebelehm auf den alten Schiefeln. In diesem Lehme liegen Blöcke oder Geschiebe von Sandstein und Schiefeln (Flaystone) des Old red, von derselben Beschaffenheit, wie diese Gesteine in der Nähe von Lerwick anstehend vorkommen.

Durch die zahlreichen und genauen Beobachtungen von PEACH und HORNE ist diese Transportrichtung der Geschiebe, zuerst gegen SW. und dann im westlichen Theile gegen NW. bestimmt nachgewiesen worden. Interessant ist ausserdem die Höhe, bis zu welcher die Schliffe auf den Shetland-Inseln vorkommen. Auf dem 257 Meter hohen Weesdale Hill haben die beiden Forscher Schliffe in einer Höhe von 226 Metern auf einer 12 Jards breiten Oberfläche mit Richtung W 35° N beobachtet. Schliffe mit Richtung W 40° N sind bis zu einer Höhe von 236 Metern gefunden worden.

Von denselben Forschern ist auch die Verbreitung der Geschiebe im nördlichen Theile der Insel studirt worden. Wenn man von Ollaberry an der Ostküste von Mainland gegen Westen bis Hillswick und weiter gegen Westen bis zu den oben genannten Tuffen am Meere geht, so passirt man nach der Reihe ein Gebiet von azoischen Schiefeln, ein solches von Diorit, ferner wieder ein Gebiet von azoischen Schiefeln, dann kommen der Quarzfelsit und endlich die Tuffe und Porphyrite. Im östlichsten Felde findet man Geschiebelehm mit den Gesteinsfragmenten des Untergrundes, aber keinen solchen mit den westlich davon anstehenden Gesteinen. Ueber dem Diorit findet man aber Geschiebe sowohl von Diorit als von den azoischen Schiefeln; weiter gegen Westen bei Sandwick kommt der oben erwähnte, 30 Meter mächtige Geschiebelehm mit Geschieben des Untergrundes, und ferner mit Diorit, sowie auch mit Granit, welcher östlich davon ansteht, vor. Bei Braewick, noch weiter gegen Westen, kommt wieder ein Ge-

schiebelehm auf Quarzfelsit liegend, vor, und dieser Lehm enthält ausser Geschieben von Quarzfelsit zugleich Geschiebe von den östlich davon anstehenden Gesteinen; endlich am weitesten gegen NW. bei Grind of the Navir über den vulkanischen Gesteinen von Tuffen und Porphyriten enthält der Geschiebelehm die Gesteine des Untergrundes und ausserdem Quarzfelsit, Diorit und alte Schiefer. Diese Verbreitung der Geschiebe, wie die Richtungen der Schiffe, zeigt eine Bewegung des Eises zuerst gegen WSW., dann gegen NW. und NNW. an.

Bis zum südlichen Ende von Mainland ist von HORNE und PEACH das Vorkommen von Geschieben aus Gesteinen der Ostküste nachgewiesen, bisweilen in einem Niveau, welches höher als dasjenige ist, in welchem die Gesteine anstehen. Vor Lerwick gegen Süden besteht, wie früher erwähnt, das niedrige Land aus Gesteinen des Old red. Im südlichen Theile erhebt sich der Berg Wart of Schewsburg, welcher aus Gneissgesteinen bestet, bis zu 260 Meter. Bis zum Gipfel sind von HORNE und PEACH Gesteine von Old red erratisch in bis 1 Fuss langen Stücken gefunden worden, und dieselben Geschiebe kommen auch auf der Westseite der Insel vor, so dass man annehmen muss, dass dieselben die Wasserscheide passirt haben. Endlich wurden auf dem 283 Meter hohen Vorgebirge Fitfiel Head, Geschiebe von Syenit beobachtet; und auch diese Geschiebe müssen nach oben transportirt worden sein.

Ausser den oben erwähnten Zeugnissen einer allgemeinen Vergletscherung der Shetland-Inseln kommen auch Schiffe vor, die eine solche Richtung haben, dass dieselben am natürlichsten durch die Annahme localer Gletscher erklärt werden. Die Schiffe südlich von Lerwick sind weiter oben bereits erwähnt. Nachdem die grosse Eisdecke weggeschmolzen war, blieben noch eine Zeit lang kleine Gletscher da, welche von den atmosphärischen Niederschlägen auf der Insel selbst ernährt wurden. Insofern unterscheiden sich diese Inseln vom Harz und Erzgebirge, wo Spuren solcher kleiner, localer Gletscher nicht nachgewiesen werden konnten. Die sicheren Beweise einer localen Vergletscherung verdanken wir auch den Herren PEACH und HORNE, welche sowohl Schiffe als Moränen und erratische Blöcke der localen Gletscher nachgewiesen haben. Die Spuren der localen Vergletscherung findet man aber nur hie und da, während die Zeugnisse der allgemeinen Eisbedeckung sich überall der Beobachtung darbieten.

Die Mächtigkeit der Eisdecke ist nicht unbeträchtlich gewesen. Wenn wir Schiffe bis zu einer Höhe von 236 Metern und erratische Blöcke bis zu 283 Metern finden, dann schliessen wir, dass die Eisdecke wenigstens diese Höhe ge-

habt hat. Aber das allgemeine Aussehen der Inseln und die gerundeten Formen lassen eine noch grössere Mächtigkeit des Gletscherstromes vermuthen. Selbst Roeness Hill, der höchste Berg, 450 Meter, trägt jenes eigenthümliche moutonnirte Aussehen, welches allgemein als die Wirkung der Eisscheuerung angesehen wird, so dass wir geneigt sind, anzunehmen, dass die ganze Inselgruppe unter dem Eise begraben war. Hierdurch unterscheiden sich wieder die Shetland-Inseln von den Färöer, denn auf den letzteren ragten die höheren Gipfel aus der Eisdecke empor.

Die Configuration dieser Inseln ist, wie die Configuration aller Länder, das Resultat verschiedener Factoren; erstens der Beschaffenheit der Gesteine, welche die Inselgruppe bilden, der Härte und Festigkeit dieser Gesteine oder ihrer Fähigkeit, mit welcher sie den zerstörenden Kräften widerstehen. Ein harter und fester Quarzfelsit bildet in Roeness Hill den höchsten Theil der Inselgruppe. Zweitens ist die Configuration durch die erodirenden Kräfte bedingt, welche je nach der Natur der Gesteine verschieden gewirkt haben.

Wie auf den Färöer sind die steilen Klippen, die Höhlen, sowie auch die isolirten Felsen an der Küste (stacks oder drongs, die Drangar der Färöer) die Arbeit des Meeres. Ferner sind wahrscheinlich durch die präglaciale Erosion der Gewässer Thäler vor der Eiszeit auf den Shetland-Inseln gebildet worden. Viele von den Buchten (Voes), welche an der Küste vorkommen, sind nicht echte Fjordbildungen, nicht Bassins im festen Gestein, und sind wahrscheinlich nicht das Resultat glacialer, sondern anderer erodirender Kräfte. Einzelne von diesen Buchten, wie Dales Voe, Lax firth Voe und andere sind nämlich augenscheinlich von dem Auftreten von Kalksteinschichten abhängig, welche im inneren Theile der Bucht vorkommen und in ihrem Streichen mit der Längsrichtung der Buchten zusammenfallen. Hier liegt die Annahme sehr nahe, dass die Bildung der Buchten dadurch bewirkt worden ist, dass der Kalkstein am leichtesten vom Wasser aufgelöst wird.

Echt glacielle Fjords oder Bassins im festen Gestein kommen aber auch vor, und ein ausgezeichnetes Beispiel ist Roeness Voe auf der Westseite von Mainland.

Wie in allen Ländern, in denen Gletscherschliffe, Roches moutonnées u. s. w. vorkommen, findet man auch auf den Shetland-Inseln zahlreiche Seen (Lochs). Die Anzahl derselben ist sehr gross. Die Weise, in welcher diese Seen von Roches moutonnées auf allen Seiten eingeschlossen werden, führt unweigerlich zu dem Schlusse, dass dieselben durch die Wirkung des Eises gebildet sind, wie PEACH und HORNE

bemerken. Die meisten dieser Seen sind während der ersten allgemeinen Vergletscherung gebildet. Ferner giebt es mehrere Seen, die nicht Bassins im festen Gesteine darstellen, sondern die nur durch glaciale Massen aufgedämmt worden sind.

Die Orkney-Inseln sind eine Gruppe von 76 Inseln, welche zwischen $59^{\circ} 23'$ und $58^{\circ} 41'$ liegen. Das Areal der Inseln beträgt 1036 Qu.-Kilometer, doch wird auch eine grössere Zahl angegeben. Von Schottland werden die Orkney-Inseln durch den 10 Kilom. breiten Pentlands Firth geschieden.

Die Hauptinsel wird, wie auf Shetland, Mainland oder auch Pomona genannt, und sowohl nördlich als südlich von dieser liegen mehrere grössere Inseln. Die Gruppe kann im Grossen und Ganzen nicht als ein bergiges Land charakterisirt werden, obgleich es einige Inseln darunter mit ziemlich hohen Bergen giebt, ja auf der Insel Hoy erhebt sich das Land sogar höher als der höchste Gipfel der Shetland-Inseln. Hoy Hill erreicht nämlich eine Höhe von 474 Metern. Sonst stellt die Inselgruppe ein hügeliges Land dar, und einige von den nördlichen Inseln sind flach. Die Westküsten der Inselgruppe sind steil, oft mit hohen Klippen, Höhlen, in das Meer hinausragenden, isolirten Felsen versehen, die wir auf den Färöer und den Shetland-Inseln als Erosions-Erscheinungen kennen gelernt haben. Einige von diesen obeliskförmigen Küstenfelsen, wie The old Man of Hoy (ca. 90 M.) und Castle of Yesabay, sind wohl bekannt. Sie bestehen aus horizontalen oder schwebenden Schichten des Old red.

Der allergrösste Theil der Orkney-Inseln besteht aus Gesteinen, die zu der alten rothen Sandsteinformation gehören; es sind Schiefer (Flagstone), Sandsteine und Conglomerate, so wie sie bei Caithness in Schottland anstehen, und die Orkney-Inseln sind daher geologisch betrachtet nur die nördliche Verlängerung Schottlands. Die Neigung dieser Schichten ist schwach und meistens nach Westen gerichtet, doch scheinen die Schichten oft in schwache Faltungen gebogen zu sein. Ausser den Gesteinen der alten rothen Sandsteinformation kommt auf der Hauptinsel ein Zug von alten krystallinischen Gesteinen, Gneiss und Gneissgranit, vor. Dieser Zug streicht von NNW. gegen SSO., von Inganess bis Stromness und kommt in der Verlängerung dieser Linie auf der Insel Graem-say vor. Hie und da sieht man einen Gang von basaltischen Gesteinen durch die schwebenden Schichten der Orkney-Inseln setzen. Auf der Basis des oberen rothen Sandsteins

auf Hoy liegen Lava und Tuffe ¹⁾ ausgebreitet. Die Schichten des Old red auf den Orkney-Inseln sind hie und da reich an Versteinerungen, vor Allem an Fischen.

Die Literatur über die glacialen Erscheinungen auf den Orkney-Inseln ist nicht bedeutend. Die einzige mir bekannte Arbeit ist eine kurze Abhandlung von A. GEIKIE: „The Glacial Geology of Orkney and Shetland“ (Nature Vol. XVI.) worin er nachwies, dass die Inseln deutliche Gletscherschliffe, Roches moutonnées, Geschiebelehm, sowie Moränen in den Thälern haben. Die Richtung der Schliffe geht von SO. nach NW., wie durch eine von SO. herkommende Bewegung hervorgebracht. Ausserdem fand A. GEIKIE Zeugnisse localer Gletscher auf Hoy.

Im Grossen und Ganzen sind Schliffe nicht häufig auf den Orkney-Inseln zu finden. Die Gesteine bröckeln leicht aus und verwittern an der Oberfläche, welche im inneren Theile der Insel meist bedeckt ist. Das anstehende Gestein sieht man wohl häufig an den Küsten in Profilen entblösst, aber hier hat man nicht die ursprüngliche Oberfläche erhalten. Die Stellen, wo man die Schliffe sehen kann, sind meistens nur da, wo der Geschiebelehm als eine schützende Decke über den Schliffen gelegen hat.

In der Bucht bei Kirkwall liegt ein bis 5 Meter mächtiger Geschiebelehm, und unter diesem ist die Oberfläche in nordwestlicher Richtung geschliffen. Auf der südöstlichen Seite von Loch Steunis sind früher von A. GEIKIE Schliffe gegen NW. hinstreichend beobachtet worden. Dass die Richtung eine nordwestliche, nicht südöstliche gewesen ist, geht am besten aus der Betrachtung der Roches moutonnées auf der Gneisszone von Stromness bis Inganess hervor. Vor Allem in der Nähe von Inganess sind deutliche Stossseiten gegen SO., ein Beweis, dass der Gletscherstrom von dieser Gegend herkam. In einer Höhe von 600 bis 700 engl. Fuss sah A. GEIKIE wohl geglättete und geschliffene Oberflächen auf dem Höhepunkt des Cliffo über Old Man of Hoy.

In der Arbeit über die glacialen Bildungen auf der nord-europäischen Ebene habe ich beschrieben, wie an mehreren Stellen, auf Möens Klint, bei Rüdersdorf, bei Halle u. s. w., der Geschiebelehm oder die Grundmoräne durch den Druck und die Bewegung der Eismassen in die unteren Schichten hineingepresst worden ist, und wie diese Schichten gebogen und zerbröckelt wurden. Aehnliche Erscheinungen beobachten wir auf den Orkney-Inseln, doch nicht in einem so gross-

¹⁾ A. GEIKIE, Old red Sandstone of Western Europe, Trans. of Royal Soc. of Edinb. 1878. Vol. XXVIII.

artigen Maassstabe wie bei Möens Klint, wo Kreideschichten anstehen. In der Bucht bei Kirkwall liegt, wie schon früher erwähnt, ein Geschiebelehm mit geschliffenen Geschieben auf mit Gletscherschliffen versehenen Schiefen (Flagstones). An der unteren Grenze des Geschiebelehmes giebt es Gesteinsbruchstücke, die augenscheinlich nur wenige Centimeter weit von ihrem ursprünglichen Platze aus dem festen anstehenden Gesteine herausgeschafft sind, denn sie passen noch genau in entsprechende Lücken des festen Gesteins hinein, nur ist ein Theil des darüberliegenden Geschiebelehmes um diese Bruchstücke und unter dieselben gepresst worden. Ueberhaupt hat der obere Theil der Schichten oder, wenn man will, der untere Theil des Geschiebelehmes, ein Aussehen, als ob der oberste Theil der Schichten in reetanguläre Stücke zerschlagen sei, welche theilweise aus ihrer ursprünglichen Stellung gebracht sind. Es ist ein Geschiebelehm, welcher in seiner Bildung unterbrochen wurde. In der Bucht bei St. Margarets Hope auf South Ronaldshay liegt ebenfalls ein Geschiebelehm, welcher zwischen die Sandsteinschichten hineingedrängt ist, während Stücke des oberflächlich zerbrochenen Sandsteines in den Geschiebelehm hineingekommen sind. Diese Erscheinungen sind ganz analog denjenigen, welche man unter dem Geschiebelehm bei Rüdersdorf im Muschelkalke beobachten kann.

Da man auf den Orkney-Inseln fast überall Gesteine von demselben Habitus findet, so ist es schwer, die Verbreitung der einheimischen Geschiebe und die Bewegungsrichtungen derselben zu verfolgen. Nicht einheimische Blöcke sind aber um so auffallender. Nordöstlich in der Gruppe liegt die Insel Sanday, die ganz aus der alten rothen Sandsteinformation besteht. Am Hofe Savil liegt aber ein grosser Block von Glimmergneiss, 1 Meter hoch, 2 Meter breit und $2\frac{1}{2}$ Meter lang, ungefähr 3 Kubikm. ausmachend. Es wird ausserdem angegeben, dass der untere Theil von dem Block ebenso tief in der Erde steckt. Ausserdem giebt es andere erratiche Geschiebe aus Gneissgesteinen auf Sanday; dieselben verschwinden aber durch die Cultur, indem sie vergraben werden. Solch enorme Quantitäten von fremden Geschieben, wie sie im deutschen Geschiebelehm auftreten, kommen auf den Orkney-Inseln gar nicht vor. Diese Gneissblöcke stammen wahrscheinlich aus Schottland, denn wie wir später sehen werden, nahmen die Eismassen von dem nordöstlichen Schottland ihren Weg nach dem Meere über die Orkney-Inseln.

Auf der Insel Hoy kommen Spuren von kleinen localen Gletschern vor. In einem Circusthal, Vally of the Kame, im nördlichen Theile von Hoy liegen z. B. zwei Endmoränen quer über das Thal.

Es wird aus den oben erwähnten Beobachtungen hervorgehen, dass wir auf den Orkney - Inseln zu ähnlichen Folgerungen wie auf den Shetland-Inseln kommen. Während der ersten allgemeinen Vergletscherung waren die Inseln unter einem sich von SO. nach NW. bewegendem Gletscherstrom begraben. Nachdem dieser geschmolzen war, blieben noch eine Zeit lang locale Gletscher auf der Insel Hoy.

Die Orkneys sind im Ganzen, wie schon früher berührt, eine niedrige Inselgruppe mit keiner ausgeprägten Configuration. In den Gesteinen der Inseln ist keine Variation, kein grosser Unterschied in Härte und Festigkeit, und daher gibt es auch keine grosse Variation in der äusseren Gestalt der Inseln. Indessen fehlen durchaus nicht jene Eigenthümlichkeiten in der Form des Landes, welche wir in Ländern, die durch Eis bedeckt waren, zu sehen gewöhnt sind; denn die Inseln sind reich an Seen. Der grösste derselben, Loch of Stenness, besteht aus zwei Theilen, von denen der eine 7 Kilom., der andere 5 Kilom. lang ist. Der See liegt nur wenige Fuss über dem Meere. Ausserdem giebt es mehrere Seen von 2 bis 3 Kilom. Länge und zahlreiche andere sehr kleine.

Damit wir uns eine Vorstellung von der Ursache der Erscheinungen, die eben beschrieben sind, bilden können, müssen wir einen Ueberblick über die glacialen Zustände in den Nachbarländern der beschriebenen Inselgruppen geben.

Von Norwegen wissen wir, dass die Eisdecke eine Minimal-Mächtigkeit von 800 bis 1000 Metern gehabt hat, dass diese Eisdecke Gipfel wie Tronfjeld und Rendalssölen, also Berge von 1700 bis 1800 Metern Höhe, eingehüllt hat; ferner wissen wir, dass der Hardangerfjord mit einem Gletscherstrom von 1200 Metern, der Sognefjord von einem 1700 bis 1800 Meter mächtigen Eisstrom gefüllt war. Weiter sehen wir, dass die Scheren an der Küste Norwegens fortwährend die moutonnirten Formen behalten, und dass Inseln, die weit im Meere liegen, gefurcht und geschliffen sind. Die tiefen Fjordrinnen endigen oft an der Küste, wo das Meer beginnt, während andere viele Meilen auf dem Boden des Meeres fortsetzen. So lange wir unsere Beobachtungen auf Norwegen beschränken, können wir nur zu dem Schlusse kommen, dass die mächtige Decke in's Meer hinausgegangen ist. Wenn wir uns aber an unsere Nachbarländer wenden, dann bekommen wir Zeugnisse einer ganz anderen enormen Verbreitung der Eisdecke. Im Geschiebelehm Jütlands liegen zahlreiche norwegische Geschiebe; der norwegische Rhombenporphyr kommt auf der Insel

Urk im Zuidersee vor, der Syenit von Laurvig liegt im Geschiebelehm bei Hamburg, und die beiden genannten Gesteine kommen auch im Boulder-clay (Geschiebelehm) an der Ostküste Englands in Holderness vor. Schon dies Vorkommen von norwegischen Gesteinen im Geschiebelehm, d. i. in der Grundmoräne, zeigt, dass die äussersten Grenzen der norwegischen Eisdecke weit ausserhalb der Grenzen Norwegens zu suchen sind. In Norwegen selbst kommen die genannten Gesteine auf eine solche Weise erratisch vor, dass wir annehmen müssen, dass die Eismassen an der südöstlichen Küste Norwegens im Skagerak parallel der Küste gegangen sind, einen grossen Theil von der norwegischen Rinne ausfüllend. Weiter gegen Westen gingen die Eismassen um den südlichsten Punkt Norwegens herum und eine Strecke lang, wenigstens bis südlich von Stavanger, gegen NW. Es ist nämlich zuerst von KEILHAU, später von KJERULF und HOUGLAND nachgewiesen worden, dass der Südostküste Norwegens entlang erratische Geschiebe von der Umgebung des Christianiafjordes vorkommen, und diese Geschiebe kommen bis Jäderen, südlich von Stavanger, vor. Während an der Küste und in den Fjorden und Thälern an der Südostküste Norwegens die Richtung der Schiffe in der Regel eine südöstliche, also eine zur Küstenlinie rechtwinklige ist, so streicht die Transportrichtung der Blöcke längs der Küste gegen SW. und weiter im Westen sogar gegen NW. Die Transportrichtung an der Küste ist also von der Richtung im inneren Lande verschieden.

An der Südostküste Norwegens hat also eine Ablenkung des norwegischen Eises stattgefunden, und die wahrscheinliche Ursache dieser Deflection suchen wir in den mächtigen Gletscherströmen, welche, von Schweden und Finnland ausgehend, damals über Norddeutschland und einem grossen Theile von Dänemark lagen. Die norwegische Rinne, nahe der Küste im Skagerak, scheint dann der von den abgelenkten Eismassen verfolgte Weg gewesen zu sein. Die Gletscherströme in Norddeutschland und Dänemark, welche von einem sehr grossen Territorium genährt wurden, waren wahrscheinlich sehr mächtig und konnten die norwegischen Eismassen in ihrer freien Verbreitung gegen Süden hindern, weshalb dieselben den Weg der Küste entlang einschlugen. Doch sind die norwegischen Eismassen südlich bis nach Jütland gekommen, und wenn einzelt norwegische Geschiebe bei Hamburg und auf Urk vorkommen, dann ist vielleicht dadurch angedeutet, dass Variation in den Bewegungsrichtungen stattgefunden hat.

Wie wir später sehen werden, sind aller Wahrscheinlichkeit nach die schottischen Eismassen auf ähnliche Weise durch die norwegischen Gletscherströme abgelenkt worden und die

Beobachtungen auf den Orkney- und Shetland-Inseln finden durch eine solche Annahme ihre Erklärung.

Wie oben erwähnt, ist die grosse norwegische Eisdecke von beträchtlicher Mächtigkeit gewesen, und wir können gewiss ohne Uebertreibung nach den vorliegenden Beobachtungen eine Mächtigkeit von 1000 Metern, in einzelnen Fjorden sogar eine noch grössere annehmen. Solche Eisdecken werden, wenn sie in ein tiefes Meer gelangen, durch Abschmelzung und Zerbrechen in ihrer weiteren Verbreitung gehindert. Damit aber eine mächtige Eismasse in Eisberge zerfallen kann, ist es eine nothwendige Bedingung, dass das Meer tief genug ist, denn das Kalben der Eismassen tritt erst dann ein, wenn 6 Mal so viel Eis unter dem Meere wie über demselben liegt. Eine Eismasse von 1000 Metern Mächtigkeit würde dann eine Tiefe von ungefähr 850 Metern verlangen, wenn ein Kalben eintreten sollte. Ist das Meer weniger tief, so dass ein grosser Theil von dem Gewicht des Eises auf dem Boden ruht, dann kann ein Zerbrechen durch den Auftrieb nicht eintreten, ja wir müssen annehmen, dass ein seichtes Meer die Ausdehnung einer solchen Eismasse befördert; denn der Auftrieb verringert den Druck auf dem Boden des Meeres, woraus wahrscheinlich eine grössere Bewegungsgeschwindigkeit resultiren wird; aber je grösser die Geschwindigkeit der Bewegung ist, desto grösser werden die Strecken sein, über welche sich das Eis ausdehnen muss, ehe durch die Abschmelzung der Ausdehnung eine Grenze gesetzt wird.

Wenn man von der Nordspitze der Shetland-Inseln eine Linie gegen Osten bis Norwegen zieht, dann giebt es südlich von dieser Linie nirgendwo in der Nordsee Tiefen, wo eine 1000 Meter mächtige Eismasse in Eisberge zerfallen könnte. In dem Sognefjord und im Hardangerfjord giebt es wohl Tiefen, wo ein so mächtiger Eisstrom kalben könnte, aber hier haben wir Beweise von einer noch grösseren Mächtigkeit der Eisdecke. Mit den jetzigen Tiefenverhältnissen könnte die norwegische Eisdecke an den Küsten oder in der Nordsee in Eisberge nicht zerfallen. Indessen müssen wir daran erinnern, dass wahrscheinlich die Tiefen der Nordsee nicht zu jener Zeit dieselben wie die jetzigen waren. Möglicherweise hat sich der Boden der Nordsee wie das feste Land in Norwegen und in Schottland nach der Eiszeit gehoben. Andererseits haben gewiss der Eisstrom, welcher die norwegische Rinne ausfüllte, sowie die anderen Eisströme in der Nordsee die Configuration des Bodens, über welchen sie sich bewegt haben, geändert, gerade so, wie wir wissen, dass die Gletscher der Jetztzeit ihren Untergrund bearbeiten, und wie es die alten Gletscher in den Fjorden und Seen gethan haben. Diese Arbeit ist dann eine doppelte

gewesen; erstens eine erodirende, an Stellen, wo die Mächtigkeit und die Bewegung des Eises bedeutend gewesen ist, später, als wegen der Abschmelzung Mächtigkeit und Geschwindigkeit abgenommen hatten, eine ausfüllende; denn der Gletscher wie der Fluss hat sein Erosions- und sein Ablagerungsgebiet. Das Resultat dieser Arbeit wäre dann eine grössere Tiefe nahe an der Küste, und weiter in der Nordsee ein Anhäufen von glacialen Massen, wie dieselben auf der nord-europäischen Ebene liegen, von welcher die Nordsee nur die Verlängerung ist. Aus diesen Gründen ist die Configuration des Bodens der Nordsee gewiss vor der Eiszeit und während derselben eine andere als die jetzige gewesen, aber es ist gar nicht wahrscheinlich, dass dieselbe eine so grosse Tiefe gehabt hat, dass die mächtigen Gletscherströme Norwegens in der Nordsee in Eisberge zerfallen konnten. Dieses Resultat, wozu uns das Raisonnement führt, wird durch die Beobachtungen bestätigt, indem das Vorkommen von norwegischen Geschieben im Geschiebelehm in Holderness zeigt, dass die Grenze der norwegischen Eisdecke fern von unseren Küsten zu suchen ist. Wie weit gegen Süden die norwegischen Geschiebe in England vorkommen und wie weit dieselben in das Land hineingehen, ist mir nicht bekannt, und ist vielleicht noch nicht untersucht worden. Gegen Norden kommen dieselben bis Scarborough vor. Aber weiter gegen Norden und in Schottland verschwinden dieselben. Die Eismassen, die von Schottland selbst ausgegangen sind, waren nämlich mächtig genug, die norwegischen Eisströme von den Küsten abzuhalten, ohne dass jedoch der Einfluss dieser fremden Eisströme spurlos in Schottland verschwunden wäre. Wir kommen hier zu der Theorie, durch welche Dr. CROLL die Richtung der Gletscherschliffe, sowie die Bildung des fossilführenden Geschiebelehmes in Caithness erklärt hat; diese Theorie findet auch auf die Orkney-Inseln ihre Anwendung.¹⁾

In dem nordöstlichen Theil oder richtiger in der nord-östlichen Ecke von Schottland in Caithness kommt ein fossilführender Geschiebelehm vor. Dieser Lehm ist ohne Schichtung, führt geschliffene Geschiebe und enthält auch marine Fossilien und Bruchstücke derselben, die bisweilen auch geschliffen sind. Der Geschiebelehm liegt auf Schichten, die zum Old red gehören, und auch diese Schichten sind vom Eise geschliffen. Die Richtung der Schliffe zeigt, dass das Eis, welches dieselben hervorgebracht hat, aus der Nordsee heraufgekommen sein muss, denn die Richtung ist von SO. gegen NW., eine Richtung, welche fast einen rechten Winkel mit

¹⁾ Climate and Time Cap. XXVII.

Schliffen, welche aus dem Innern Schottlands kommende Eisströme hinterlassen würden, bildet. Bei Berriedale in dem südlichen Theil von Caithness gehen die Schliche nach Beobachtungen von A. GEIKIE und B. N. PEACH gegen NO. in's Meer hinaus, aber in der Nähe von Dunbeath, 6 engl. Meilen weiter gegen NO. kommen die Schliche vom Meere herauf, gegen N 15° bis 10° O streichend. Sobald die Schliche vom Meere heraufkommen, treten die marinen Versteinerungen im Geschiebelehm auf. In dem nordöstlichen Theile von Caithness von Dunkans by Head bis Wick ist die Richtung der Schliche nordwestlich wie auf den Orkney-Inseln.

Dieses Vorkommen von Geschiebelehm mit Versteinerungen und die merkwürdige Richtung der Schliche hat Herr CROLL folgendermaassen erklärt: Es kann als eine nachgewiesene Thatsache betrachtet werden, dass Schottland während des strengeren Theiles der Eiszeit unter einer Eisdecke von bedeutender Mächtigkeit lag; die ganze Eismasse, welche an der Ostküste Schottlands in die Nordsee hinausging, war wahrscheinlich mehr als 1000 bis 2000 Fuss mächtig, und die Frage ist dann, was stattfinden musste, sobald diese Eismasse in das Meer hinausging. Es ist früher allgemein angenommen worden, dass dieselbe in Eisberge zerbrechen musste, aber die geringe Tiefe der Nordsee zeigt, dass ein solcher Process ganz unmöglich war. Die Tiefe des englischen Canals ist nur ungefähr 20 Faden, und obgleich die Tiefe allmählich bis zum Moray Fjord zunimmt, so müssen wir doch westlich und nördlich von den Orkney- und Shetland-Inseln hingehen, um die Linie von 100 Faden zu erreichen. Die mittlere Tiefe in der Nordsee ist nicht über 40 Faden, was nicht einmal genügend sein würde, um einen 300 Fuss mächtigen Eisberg flott zu halten. Obgleich die Nordsee in jener Zeit tiefer als jetzt war, so ist dieselbe kaum tief genug gewesen, um eine Eismasse von 1000 bis 2000 Fuss Mächtigkeit zum Schwimmen zu bringen, und wir können daher fast mit voller Sicherheit schliessen, dass die Eisdecke Schottlands in einem so seichten Meere nicht in Eisberge zerbrochen ist, sondern dass dieselbe sich in einer zusammenhängenden Masse über den Boden des Meeres fortbewegt hat, und dass sie, bevor das Zerbrechen eintrat, den Weg bis zum tiefen Bassin im Atlantischen Meere, westlich der Orkney- und Shetland-Inseln, gefunden hat. Dies wird erklären, warum die Orkney-Inseln von festem Eis gescheuert worden sind, aber es erklärt nicht, warum Caithness auf die Weise, wie es der Fall ist, geschliffen wurde. Das Eis würde nicht seinen Weg verlassen, sich nach links gedreht haben und über Caithness hingegangen sein, wenn es nicht dazu gezwungen worden wäre, und Herr CROLL discutirt nun

die Frage, durch welche Kraft dasselbe getrieben wurde. Das Eis von Schottland ist nur ein Bruchtheil von dem, welches die Nordsee erfüllte, gewesen. Noch weniger aber als die schottische Eisdecke konnte die noch mächtigere skandinavische ein Meer finden, tief genug, um in Eisberge zu zerbrechen. Die norwegische Rinne ist nicht so tief, dass diese Eismasse in derselben hätte schwimmen und zerbrechen können, und selbst wenn diese Rinne tief genug wäre, so hätten diese zerbrochenen Eismassen den Weg zum Atlantischen Meere nicht finden können, ohne der Küste entlang zu passiren, wo ihr Weg gehindert gewesen sein würde nicht nur durch die Eismassen, welche fortwährend in rechten Winkeln mit der Bewegungsrichtung jener Eisdecke in's Meer hinausgingen, sondern auch durch die enormen Eismassen, welche von den ganzen norwegischen Küstenlinien hinzukommen. Herr CROLL meint daher, dass der einzige Weg für das Eis der über die Orkney- und Shetland-Inseln sein konnte. Der directe und natürliche Weg würde zweifelsohne gegen SW, also gegen die schottischen Küsten gewesen sein, und wäre Schottland ein niedrigeres, kein gebirgiges Land, so würde das Eis ganz über dasselbe hinweggegangen sein. Aber sein gebirgiger Charakter und die ungeheuren Eismassen, die zu jener Zeit von seinem Innern ausgingen, mussten dies verhindern, so dass das Eis aus Skandinavien genöthigt war, seinen Lauf über die Orkney - Inseln zu nehmen. Folglich mussten die beiden grossen, sich bewegenden Eismassen — die eine von Schottland und die andere noch viel grössere aus Skandinavien kommend — einander in der Nordsee begegnen, wahrscheinlich nicht fern von den schottischen Küsten, und neben einander wie ein gigantischer Gletscher gegen Norden in's Atlantische Meer hinausgehen. Das skandinavische Eis musste sich so nahe an das schottische heranpressen, als der Widerstand des letzteren es zuliess. Die ungeheure Eismasse von Schottland musste das skandinavische Eis nöthigen, seinen Weg über die Orkney - Inseln zu nehmen, indem es dasselbe in einem gewissen Abstände von der schottischen Küste entfernt hielt. Wo dagegen das aus dem Inlande kommende Eis nur wenig Widerstand leistete (und dies ist vielleicht auf Strecken an der englischen Küste der Fall gewesen), da konnte das skandinavische Eis die englischen Küsten erreichen und eine Strecke weit in das Land hineingehen.

Wenn man annimmt, dass das Eis den oben angegebenen Wegen gefolgt ist, so wird es physikalisch unmöglich, dass Caithness die Invasion des Eises aus der Nordsee vermeiden konnte. Caithness ist ein flaches Land, welches sich nur wenig über das Niveau des Meeres erhebt und folglich selbst keine mäch-

tigen Gletscher nähren konnte; dagegen liegt es wie ein Vorgebirge quer über den Weg des Eises hin. Wenn sich Caithness aber nicht selbst durch ein- bis zweitausend Fuss mächtige Gletscher schützen konnte, so war es unmöglich, die Bedeckung durch Eis von der Nordsee zu vermeiden. Die Versteinerungen in dem Geschiebelehm in Caithness sind so augenscheinlich durch das Landeis, welches den Geschiebelehm selbst bildete, transportirt worden.

Dies ist die Theorie von Herrn CROLL über den Geschiebelehm und die Schliche in Caithness. Sie erklärt die Beobachtungen von England sowohl wie diejenigen von Schottland, den Orkney- und Shetland-Inseln. Herr CROLL nimmt nun auch an, dass auch die Färöer von fremdem Eise bedeckt waren, aber dies ist, wie oben erwähnt, nicht der Fall, da unsere Beobachtungen eine locale Decke mit Bestimmtheit andeuten. Die Grenze für das vereinigte schottische und norwegische Eis ist daher das tiefe Meer zwischen den Färöer und den Shetland-Inseln, oder die Färö-Shetland-Rinne, welche mit einer Tiefe von 600 Faden in das grosse und tiefe Eismeer-Bassin einmündet.

Der grosse baltische Gletscherstrom, welcher die Ostsee erfüllte, hat Deutschland invadirt und ist westlich bis nach Holland gegangen. Die Eismassen Südschwedens erstreckten sich über die dänischen Inseln und Schleswig. Diejenigen des mittleren Schwedens und des südöstlichen Theiles von Norwegen sind der Südostküste Norwegens entlang in's Skagerak hinausgegangen; dieselben sind hier der norwegischen Rinne gefolgt, oder haben bisweilen, wenn sie den von Süden her kommenden Widerstand überwinden konnten, sich über Dänemark verbreitet. Diejenigen Eismassen, welche der norwegischen Rinne folgten, sind, wie früher erwähnt, um den südlichsten Punkt Norwegens, Cap Lindesnäs, herumgegangen und nordwestlich bis in die Nähe von Stavanger gelangt. Ob dieselben zugleich dieser Rinne weiter gegen Norden gefolgt sind, durch zahlreiche Zuflüsse von den Fjorden verstärkt, das können unsere Beobachtungen nicht erörtern, aber unwahrscheinlich ist es nicht, dass ein mächtiger Arm von dem Eisstrome zu einer Zeit seinen Auslauf in die grosse Eismeertiefe durch diesen Weg hatte. Dass das norwegische Eis auch gegen SW. gegangen ist und die Küste von England erreicht hat, das geht, wie mehrmals erwähnt, aus dem Vorkommen der Geschiebe in Holderness hervor. Die Richtung der Schliche, sowie die Transportrichtungen der Blöcke auf den Shetland-Inseln zeigen, dass diese norwegischen Gletscherströme auch Shetland erreicht haben. Die schottischen Eismassen waren so zwischen zwei Arme von den norwegischen Strömen einge-

schlossen; der eine Arm ging nach England, der andere nach den Shetland-Inseln, und die schottischen Ströme wurden gezwungen, den Weg über Caithness und Schottland zu nehmen. In nordwestlicher Richtung drängten sich dann diese Eismassen in dem Laufe zwischen den Orkney- und Shetland-Inseln hinaus, indem sie auch die beiden Inselgruppen überzogen.

Wie früher angegeben wurde, ändert sich die Richtung der Schiffe im westlichen Theile der Shetland-Inseln, indem dieselben hier gegen NW. und NNW. hinstreichen, während dieselben im östlichen Theile gegen SW. und WSW. gehen. Wahrscheinlich ist hier wieder eine Deflection durch die Eismassen, die in nordwestlicher Richtung zwischen den Orkney- und Shetland-Inseln herausgingen, bewirkt worden.

Für die Eismassen Norwegens und des südlichen Schottlands ist so eine Grenze westlich von den Orkney- und Shetland-Inseln gefunden. Weiter gegen SW. ging das Eis aus dem westlichen Schottland in den Atlantischen Ocean hinaus, und weiter gegen Süden das Eis aus Irland. JAMES GEIKIE wies nämlich nach, dass die äusseren Hebriden von dem nordöstlichen Vorgebirge But of Lewis bis zum südwestlichen Barra Head von Eis überzogen waren, welches sich von den inneren Inseln und von Schottland gegen Nordwesten bewegte und aus welchem nur diejenigen Theile der Hebriden, welche eine Höhe von über 1600 Fuss erreichten, emporragten. Später sind auch auf diesen Inseln locale Gletscher dagewesen, ohne dass diese doch eine weitere Ausdehnung erreichten.

Noch weiter gegen SW. ging, wie bereits erwähnt, die irische Eisdecke in's Atlantische Meer hinaus. Auch in Irland kann man eine locale und eine allgemeine Vergletscherung unterscheiden, von denen die letztere die älteste ist. Merkwürdigerweise wurden in Irland die Eisströme nicht von den höchsten Gegenden des Landes genährt, sondern von einem anderen im nördlichen Theile des Landes liegenden, sich quer durch die Insel ziehenden niedrigeren District, von welchem aus das Eis sich in verschiedenen Richtungen bewegte. Dieses centrale Reservoir oder diese Quelle des Eisstromes hat wahrscheinlich nicht mehr als 400 bis 500 Fuss mittlere Höhe über dem Meere und von hier aus bewegten sich die Ströme gegen N., S. und W. über die Ebenen gehend, von den localen Unregelmässigkeiten der Oberfläche merkwürdig unabhängig und von ihrer geradlinigen Bahn nur durch hohe Bergabhänge abgelenkt; sie bewegten sich um dieselben, und bisweilen

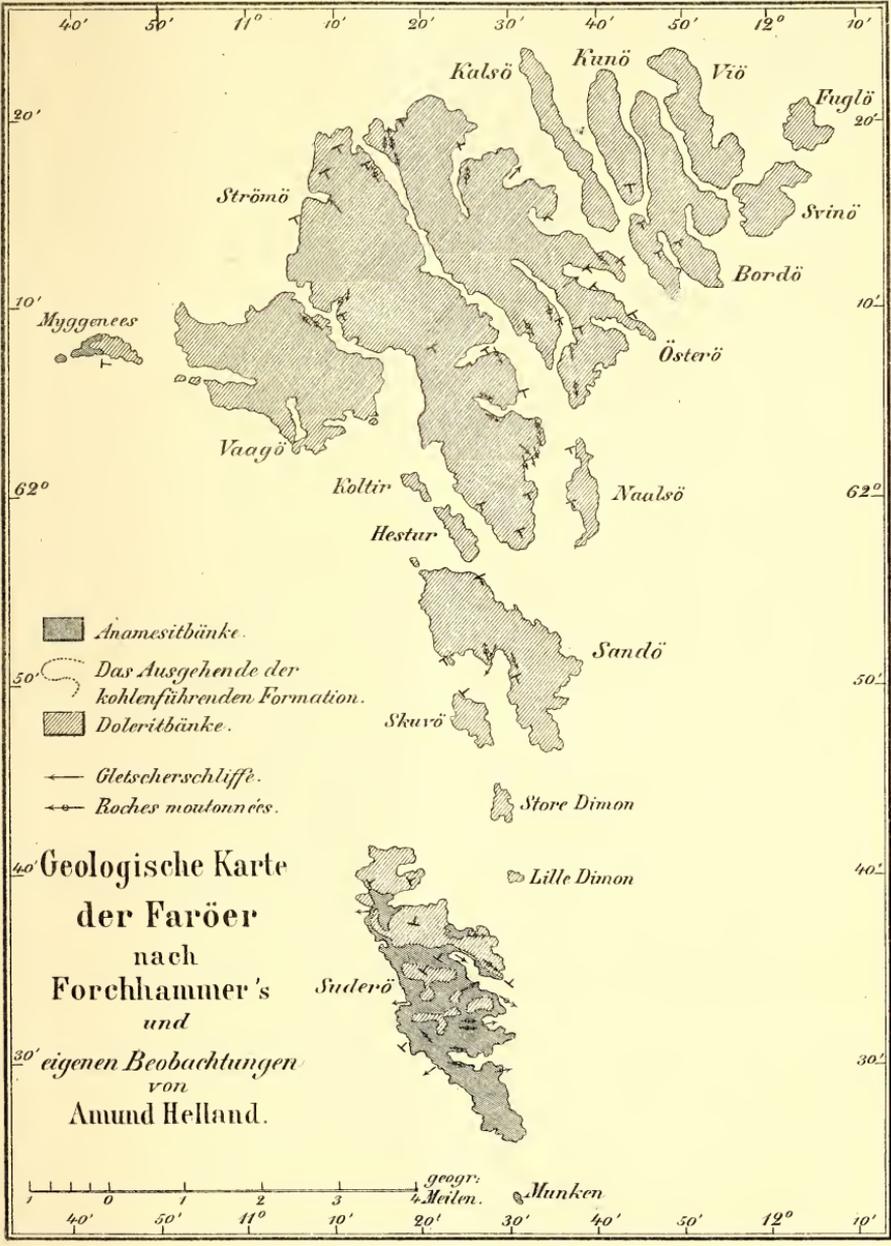
¹⁾ On the Glacial Phenomena of the Long Island or Outer Hebrids. Quart. Journ. of Geol. Soc. 1878.

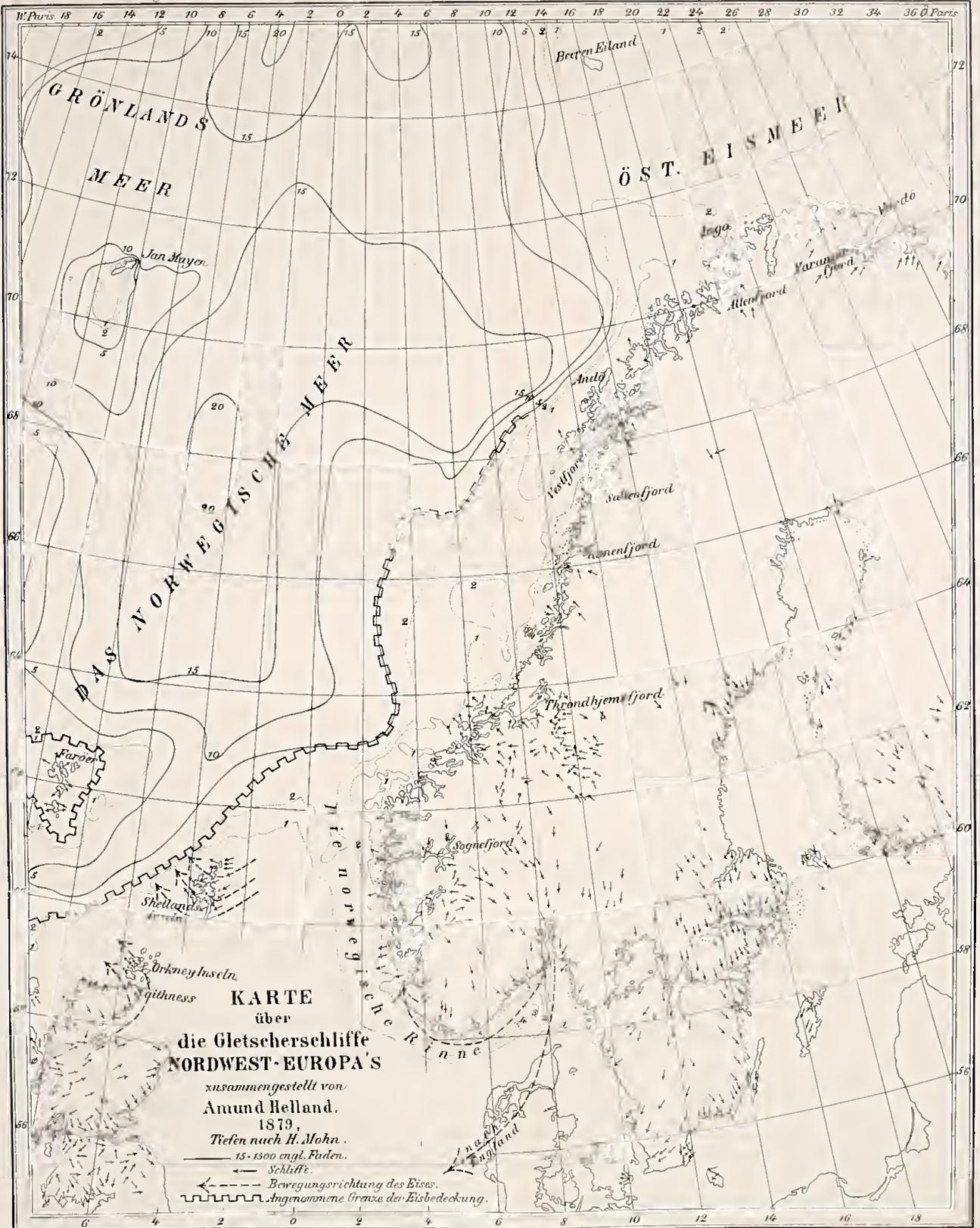
stiegen sie aufwärts und gingen über die niedrigeren Höhen, die im Wege lagen hinweg.¹⁾

Wenn wir hiernach die Grenze für die grosse nordeuropäische Eisdecke gegen Westen zu ziehen versuchen, dann wird dieselbe sich westlich von den Küsten Irlands, der Hebriden, Norddeutschlands, der Orkney- und Shetland-Inseln hinziehen, und von hier aus in nordöstlicher Richtung den Abhänge des grossen Bassins im norwegischen Meere entlang verlaufen. Von dem nördlichen Theile Norwegens sind die Eismassen wahrscheinlich nicht so weite Strecken in's Meer hinausgegangen, bis sie zerbrochen wurden, denn im Meere vor diesen Küsten giebt es Tiefen von 500 bis 1000 Faden und mehr, bisweilen in keinen sehr grossen Abständen von den Küsten.

Ebenso wenig wie auf den Färöer findet man auf den Shetland- und Orkney-Inseln Spuren einer Hebung des Landes in postglacialer Zeit. Weder Terrassen noch Strandlinien, wie dieselben in Norwegen vorkommen, sind auf diesen Inseln zu beobachten, was auffallend ist, da marine Terrassen in Schottland vorkommen. Wie früher erwähnt, wird hierdurch der Gedanke, dass das Meer in postglacialer Zeit in dem nördlichen Theile der nördlichen Erdhalbkugel gesunken sei, ausgeschlossen, denn wenn eine allgemeine Senkung des Meeres stattgefunden hätte, dann würden die Zeichen des alten Meeresstandes nicht auf jenen Inseln fehlen.

¹⁾ E. HULL, The Physical Geology and Geography of Ireland.





KARTE
über
die Gletscherschliffe
NORDWEST-EUROPA'S

zusammengestellt von
Amund Helland.

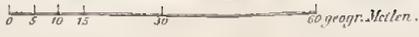
1879,
Tiefen nach H. Mohr.

15-1500 engl. Faden.

← Schiffe.

← Bewegungsrichtung des Eises.

--- Angenommene Grenze der Eisbedeckung.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Helland Amund

Artikel/Article: [Ueber die Vergletscherung der Färöer, sowie der Shetland- und Orkney-Inseln. 716-755](#)