Im Anfang dieses Jahrhunderts stellte Playfair[1]) in Edinburgh die Ansicht auf, daß die großen Felsblöcke, welche rundum in vielen Ländern auf Gebirgen wie auf Ebenen vorhanden und entschieden den Oertlichkeiten fremd waren, durch Eis fortbewegt seien. Da auf den Strecken, wo diese Blöcke gefunden wurden, die herrschende Felsart nicht dieselbe wie die in den Blöcken war, und da man an mehreren Orten auf höhere Gebirgsgegenden hinweisen konnte, in welchen die Felsart der Blöcke anstehend vorkam, so hatten dieselben den Namen erratische oder Wanderblöcke erhalten. Sie waren ja auch augenscheinlich einmal von ihrem ursprünglichen Platze fortgewandert. Ihr verstreutes Auftreten hatte man durch die Annahme großer Wasserfluthen, welche von den höheren Gegenden herabstürzten, begreiflich zu machen versucht. Mit viel Phantasie, in packender Darstellung und sammt manchen schönen Beobachtungen wurden diese Fluth-Theorien vorgeführt. Namentlich sollten die auf den Kalkfelsen des Jurazuges umhergestreuten Blöcke des fernen Alpengranit durch Wasserfluthen herbeigeschafft sein. Aber Playfair weist (1802) nach, daß auch in Gebirgslandschaften vielfach die gleichen Thatsachen vorliegen, und daß die Erwägung derselben zu praktischen Schlüssen führt. Denn, meint er, die Gletscher sind es,

XIII. 293. 294.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

welche die Natur als ihre mächtigste Kraft verwendet, um große Felsmassen fortzubewegen, die Gletscher, diese Seen und Fluthen von Eis, welche, in beständiger Bewegung, von unten her durch die Wärme der Erde unterminirt und durch ihre eigene ungeheure Wucht, sowie durch das Gewicht der zahllosen Bruchstücke, mit denen sie belastet sind, an den Abdachungen herabgeschoben werden. Diese Bruchstücke, fährt Playfair fort, schleppen sie mit, um an ihrer äußersten Grenze einen Wall zu bilden, und so können wir verstehen, wie Felsbruchstücke selbst da, wo die Böschung gering ist, fortbewegt werden mochten.

Einige Jahre darauf (1816) war Playfair selbst in der Schweiz gewesen, und nun spricht er es aus, daß die Granitblöcke, welche auf den Höhen des Jura an den Alpen zugekehrten Abhängen liegen, von Gletschern stammen, die von den Alpen aus quer über den Genfersee und das Schweizer Tiefland gegangen waren.

Es ist merkwürdig diese Aussprüche, welche man auch in Bezug auf anderes Richtige und Treffende als feststehend anerkennt, jetzt zu lesen, nachdem die eifrigen Untersuchungen von mehr als einem halben Jahrhundert in allen Richtungen Licht verbreitet haben. Und doch entbehrten sie damals, als sie vorgebracht wurden, einer hinreichenden Stütze; denn weder waren die eigenen Verhältnisse der Gletscher gehörig klar gelegt noch auch die Anzeichen einer Eiszeit für die Schweiz zu Beweisketten gesammelt, ja, nicht einmal die sichersten Merkmale allesammt als solche erkannt.

Es währte auch ungefähr 40 Jahre, bevor die Theorie in Betreff einer Eiszeit von dem Schweizer Naturforscher Agassiz[2]) vollständig entwickelt aufgestellt wurde. Diese erste Eiszeit-Theorie ist in der Kürze folgende:

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die brittischen Inseln, Norwegen und Schweden, Rußland, Deutschland, Frankreich, die Schweizer und Tyroler Gebirge bis herab zu Italiens glücklichen Gefilden waren unzweifelhaft ein einziges Eisfeld. Wie auf der östlichen Halbkugel, so erstreckte sich auch auf der westlichen eine Eisfläche, deren südliche Grenze unsicher bleibt, über das große Festland von Nordamerika. In solcher Weise trat ein Zeitraum ein, während dessen ein größerer Theil der Erde mit einer Masse erstarrten Wassers bedeckt war, eine Periode, in welcher alles Leben erlosch: die Eiszeit. Diese Eiszeit bildet gleichsam eine Markscheide, ein Mittelglied zwischen der Periode, welche die Geologen die Diluvial- (oder Wasserfluth-) Periode nennen, und der Jetztzeit. Sie hat gleichwie ein scharfes Schwert die gesammte jetzige Lebewelt von den voraufgegangenen abgeschnitten, die im Sande unserer Ebenen oder unter dem Eise unserer Polargegenden begraben liegen.

Dieser Theorie Agassiz's gingen außer mehreren anderen auch zum Theil Charpentier's [3]) Untersuchungen vorauf. Charpentier ging, gleichzeitig mit Agassiz, ursprünglich nicht so weit. Er hatte an verschiedenartigen handgreiflichen Merkmalen nachgewiesen, daß die Schweiz ehedem mit ungeheuern Gletschern erfüllt war, welche von den nach seiner Ansicht einst höher ragenden Alpen niederstiegen.

Viele sind der Ansicht, daß wir gegenwärtig Charpentier näher stehen als Agassiz, ungeachtet der letztere seine Theorie ebenfalls auf den Norden ausdehnte und auch in andern Hinsichten Vollständigeres bot. Denn die Eiszeit schnitt nicht, wie Agassiz sagt, alles Leben ab; eine Eisdecke, die vom Norden herab zusammenhängend bis Italien reichte, kann nicht durch Anzeichen nachgewiesen werden, vielmehr lag dazwischen ein Gürtel, den das Eis nicht erreichte.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Während mehrerer Jahre hatte Charpentier die Vorstellungen seiner Vorgänger in Betreff der größeren Eisverbreitung gekannt, bevor er 1834, gestützt auf eine ganze Reihe eigener Beobachtungen, seine ursprünglich einfacheren Ansichten auf der Naturforscherversammlung zu Luzern zum erstenmale vorbrachte. Bereits 1829 hatte der Ingenieur Venetz [4]) nach mehrjähriger Beobachtung der Gletscher seine Ansichten über deren frühere größere Verbreitung vergebens vor Charpentier entwickelt; ja, diesem war bereits 1815 eine Darlegung der betreffenden Verhältnisse aus noch ursprünglicherer Quelle zu Ohren gekommen. Er selbst erzählt, wie er einmal (im August jenes Jahres) beim Gemsjäger Perraudin, welcher sein Führer auf den Gletschern sein sollte, eine Nacht zubrachte, und wie das Gespräch natürlich auf die in der Schweiz verstreuten, von weither gekommenen Blöcke fiel. Nach dem damaligen für gut und gültig erachteten Standpunkt der Geologie führte er vor dem Gemsjäger aus, daß diese Blöcke durch große Wasserfluthen herabgeführt worden seien. Perraudin ließ ihn ausreden, sagte dann aber schließlich seine Ansicht von der Sache: Dieses ganze Thal war einmal bis hoch herauf über der Drance mit einem Gletscher erfüllt. Der erstreckte sich bis Martigny herab. Das beweisen die Blöcke, welche man in der Umgebung des Ortes findet; diese aber sind zu groß, als daß Wasser sie hätte mitreißen können.

Daß Charpentier so lange sich weigerte geschah ohne Zweifel nur deshalb, weil er noch nicht Kennzeichen erblickte, die er als hinlänglich sicher erachtete. Er hatte nämlich auf den Felsen die von den Gletschern hinterlassene Glättung und Politur gesehen; aber hierin ist keine bestimmte Richtung ausgesprochen. Die gerade laufenden feinen Risse oder deutlichen Gruppen eingegrabener Streifen, welche das Eis mit Hülfe des Steinpulvers

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

erzeugt, waren ihm, bis Agassiz dieselben zwischen 1835 und 1841 sah, noch unbekannt. Erst als die gestreiften Felsenoberflächen mit in Betrachtung kamen war es klar, daß man an das Eis sich halten mußte. Darum sagt ein anderer der ersten Männer des Eises, der Schweizer Naturforscher Desor[5]): Der große Beweis für die Eistheorie ist und wird stets der geritzte Felsen sein. Und 1845 äußert sich der Gletscherforscher James Forbes[6]) dahin, daß es höchst bemerkenswerth sei, wie diese so deutliche und so naturgemäße Einwirkung der Gletscher so lange übersehen und zuletzt, als sie erkannt war, noch Gegenstand des Streites bleiben konnte.

Gegenwärtig weiß man also, daß in vielen Ländern die Oberfläche des Felsenbodens nicht allein geglättete, abgeschliffene und polirte Flächen, sondern auch Streifen und Furchen aufweist, die bestimmte Richtungen andeuten; und ebenso weiß man, daß die Gletscher während ihrer Fortbewegung beide Arten von Merkmalen hervorbringen. Nunmehr weiß man, daß selbige Gletscher nicht nur ganze Wälle von Steinen und Grus als Moränen — die man nach ihrer verschiedenen Lage verschieden benennt — mit sich führen, sondern auch ungeheure lose Felsblöcke, die auf dem Rücken des Eises einen Platz fanden, weiter tragen und anders wohin versetzen. Jetzt kann man denn auch solche Wälle weit von dem gegenwärtigen Gebiet des Eises als alte Moränen und solche Blöcke als durch Gletschereis auf ihre Standpunkte geschafft deutlich erkennen. Alles das stellt sich nunmehr der Betrachtung als naturgemäß zusammengehörend dar, und es fällt beinah schwer, uns vorzustellen, daß der, welcher das Eine sah, nicht auch gleichzeitig alles das Andere gewahrte. Und doch war es so. Die sichersten Kennzeichen tauchten erst nach und nach vor den Naturforschern auf.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

So war es zuerst de Saussure[7]), welcher (1803) es aussprach, daß die Lage der Moränen ein sicheres Zeichen der Gletscherbewegung sei, nachdem bereits Scheuchzer[8]) das Vorrücken der Gletscher bewiesen hatte. Playfair sagte (1802), daß der Gletscher Blöcke auf seinem Rücken trage und dieselben vereinzelt liegen lasse. Venetz sah (1821) von Gletschern polirte Flächen, aber Charpentier betonte (1835)

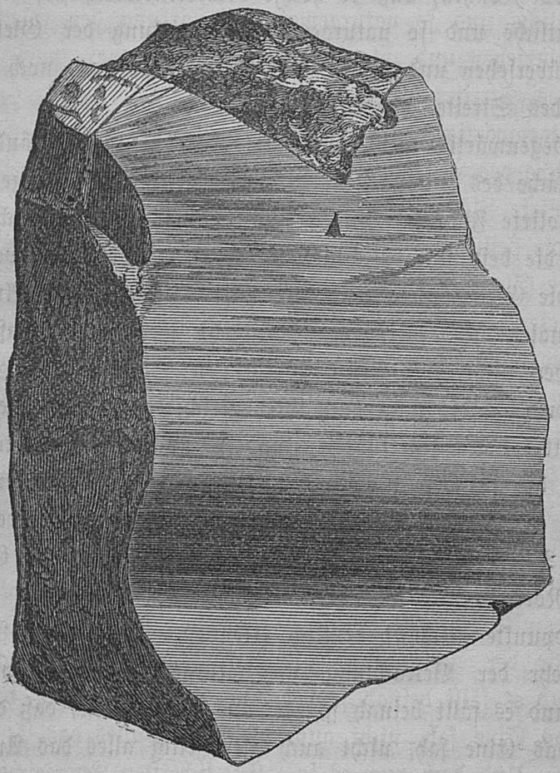

Fig. 1. Felsoberfläche fein gestreift.
(Nach der Natur gezeichnet von Thomassen. ½)

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dieses als ein wesentliches und unbestreitbares Merkmal oder Kennzeichen der einstigen Anwesenheit von Gletschern. Endlich machte Agassiz (um 1840) darauf aufmerksam, daß die Gletscherbewegung auch Streifen auf dem Felsenboden erzeugt, während man im Norden sowohl von weither versetzte Blöcke als auch der Felsenoberfläche eingegrabene, gerade verlaufende Streifen tausendweise kannte, jedoch ohne dabei an die Gletscher zu denken. Alexandre Brongniart[9]) sprach es aber schon 1828 aus, daß die Furchen auf den Felsen gleichsam die Räderspuren auf dem Wege darstellen, den die von fern hergefahrenen Blöcke eingeschlagen hatten. Und in Betreff der auf skandinavischen Gebirgen gesammelten Streifenrichtungen hatte 1836 der Schwede Sefström eine ganze Theorie entwickelt.

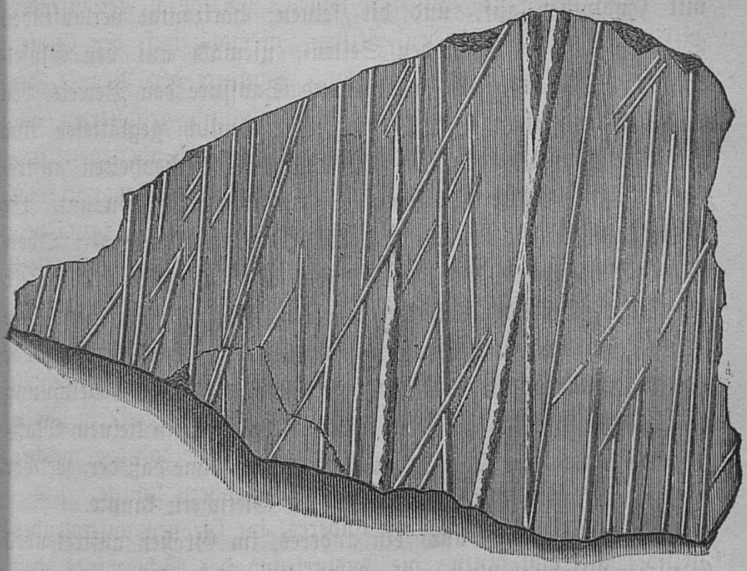

Fig. 2. Felsoberfläche mit Eisschrammen.
(Nach der Natur gezeichnet von Thomassen. ½)

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Sollen wir da annehmen, daß diese so wichtigen Streifen in der Schweiz bis zum Jahre 1840 sich verbargen, um mit einem Schlage vor Agassiz und mit ihm beinah vor Allen hervorzutreten? Nein! Man hatte sie gelegentlich schon lange gesehen. Agassiz selbst bezeugt von de Saussure, daß die zahlreichen Beobachtungen, welche dieser große Gletscherforscher gesammelt hatte, noch immer die Grundlage unserer Kenntniß der Gletscher bilden. Auch die Streifen hatte Saussure gelegentlich gesehen; aber er faßte sie als etwas auf, das einer Art von Krystallisationsverhältniß angehörte, gleichwie jene feinen Streifen, die auf den Quarzkrystallen beinah niemals fehlen. Dieses allgemein verbreitete Mineral, welches die Meisten, auch ohne Mineralogen zu sein, kennen, tritt in sechsseitigen Säulenkrystallen mit Endspitzen auf, und die feinen, horizontal verlaufenden Streifen sieht man auf den Seiten-, niemals auf den Gipfelflächen. Dergestalt also mißverstand Saussure den Beweis, den die Streifen liefern. Auch die eigenthümlich geglätteten und mit Abrundung der kleinen ursprünglichen Unebenheiten auftretenden Felsen hatte Saussure gesehen und selbst benannt. Er bezeichnete sie als roches moutonnées, weil diese Art Oberflächenbeschaffenheit, aus der Ferne gesehen, an eine dicht, Leib an Leib gedrängte Schafheerde, oder, sagt Saussure, an jene wohlgekräuselten Perücken erinnert, die man, dasselbe Bild vor Augen, „moutonnirte" nennt. Nunmehr ist die Bezeichnung roches moutonnées für jene, durch Eiswirkung in kleinem Maßstabe zugerundeten Oberflächen beibehalten, ohne daß der, welcher dieselbe einführte, die Verbindung mit Gletschern kannte.

Demnächst kam auch ein anderes, im Großen auftretendes Gletscher-Merkmal hinzu: die Ausbreitung des Schlammes, den die Gletscherbäche mitführen und erst da fallen lassen, wo das

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

strömende Wasser Zeit und Ruhe gewinnt. Collomb[10]) wies 1849 diesen Schlamm in den von den alten Vogesengletschern ausgehenden Wassern nach. Dieser Schlamm, der nunmehr als gelber Löß des Rheinthales oder als Löß und Lehm des Innthales u. s. w. bekannt ist, ward während der Gletscherzeit herabgeführt. Diese drei Dinge, sagt Collomb, gehören zusammen bei der Arbeit der Gletscher: sie glätten, poliren, ritzen die Felsen; sie tragen eine Menge losen Materials auf ihrem Rücken mit fort, um es als Moränen und Blöcke später abzuladen; und das Ergebniß der Abnutzung, der polirenden sowie Streifen erzeugenden Kraft ist ein feiner Schlamm, der in Bächen und Elven noch weiter fließt. Dieser „glaciale Schlamm" gehört mit dazu und wird weit umher abgesetzt, während zu gleicher Zeit der Gletscher abnutzt, trägt und anderswohin versetzt.

Diese ausdrücklich und mit aller Schärfe hervorgehobene Bestimmung, die im Großen und Ganzen angenommene Gleichaltrigkeit ist besonders wichtig; denn es liegt in den großen Flußthälern rund um die alte Gletscherwelt der Pyrenäen und Alpen dieser Schlamm als mergeligter oder sandiger Thon (Löß und Lehm) nunmehr in zahllosen Einschnitten entblößt offen zu Schau. Auch Reste des alten Thier- und Pflanzenlebens findet man an den Flußrändern wie auf den Ebenen, z. B. wohl erhaltene Schalen von Süßwasserschnecken, oder deutliche Spuren von Vegetabilien bis zu den feinsten Moosfasern herab. Damit sind denn auch für jene Stellen die klimatischen Verhältnisse der Zeit gegeben, in welcher die Formen gediehen; und diese Zeit fällt in die Gletscherperiode.

Von allen den jetzt so allgemein bekannten Merkmalen scheint dasjenige, welches die Grundmoränen darbieten, den Forschern zuletzt klar geworden zu sein. Das Material der Grund-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

moränen aber schildert einer der ersten unter denen, welche die Gletscherspuren sowohl im Norden wie im Süden ausspähten, schildert Charles Martins[11]) folgendermaßen: Was von Felsstücken, Grus u. s. w. auf den Rücken des Eises niederfällt, bleibt daselbst nicht sammt und sonders liegen; einiges davon geräth zwischen den Gletscher und die Thalwände, anderes fällt

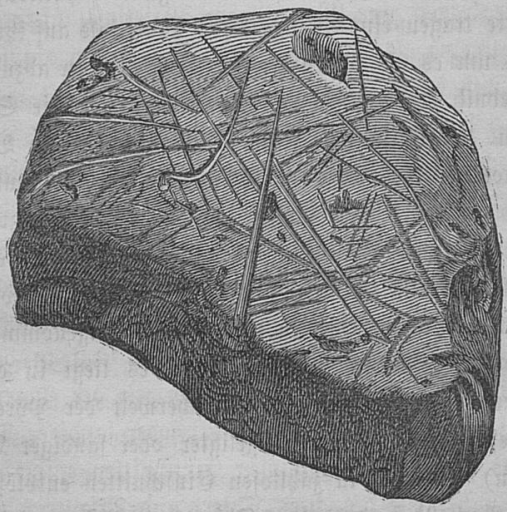

Fig. 3. Ein geritzter Stein (Scheuerstein).
(Nach der Natur gezeichnet von Thomassen. ⅔)

in klaffende Gletscherspalten; dieses aber gelangt schließlich in die Tiefe und bildet dort die Grundmoräne. Zwischen das fortgleitende Eis und die, dieses umfassenden harten Gesteine gepreßt, unterliegen die losen Massen einem mechanischen Prozeß, der durch geritzte Steine sich zu erkennen giebt und zuletzt den feinen scharfen Sand erzeugt, welcher in Vereinigung mit Wasser die Felsoberfläche polirt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Das Verhalten der Grundmoräne, welches wohl zuerst von H. Hogard[12]) im Jahre 1858 entwickelt ward, gewährt somit ein neues wichtiges Merkmal, indem man ihre „geritzten Steine" von den gewöhnlichen Geschieben der Bergwässer und des Meeresstrandes unterscheiden kann. Die ersteren sind geschrammt, die letzteren zeigen die wohlbekannten abgerundeten Formen sowie gleichzeitig eine matte Oberfläche, und ihnen gebührt der Name „Rollsteine" oder „Gerölle", indessen man jene „Scheuersteine" nennen könnte.

Während solchergestalt in diesem langen Zeitraume die Anschauungen hinsichtlich der Ausbreitung des Landeises durch die allmählig immer vollständiger gesammelte Reihe nachweisbarer Merkmale entwickelt und befestigt wurden, erwuchs gleichzeitig während ebenso vieler Jahre eine andere Auffassungsrichtung, nämlich die Theorie der Verflößung durch Meereseis. Es weist General von Helmersen nach, wie Karl Fr. Wrede, um das Vorkommen der in Norddeutschland verstreuten fremden nordischen Blöcke zu erklären, bereits 1794 angenommen hatte, daß der Weg das Meer war, und daß die Blöcke auf schwimmenden Eisbergen fortgeschafft wurden. Dieser Theorie aber schlossen sich namenkundige Geologen an wie der Schotte James Hall (1813) und der Italiener Venturi, welcher letztere diese Art der Deutung 1817 sogar für die Fortbewegung der Blöcke in der Schweiz in Anwendung brachte. Auch Peter Dobson[13]) erklärte (1826) in Nordamerika die Vertragung der Blöcke durch Polareis und schwimmende Eisberge. Zu einer vollständig entwickelten Theorie erhob jedoch diese Anschauung erst der berühmte geologische Verfasser Charles Lyell[14]) im Jahre 1845. Von Lyell stammt die Benennung drift, unter der man die Bewegungen und Vertragungen zusammenfaßte, welche schwim-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

mende Eisberge zu Stande gebracht haben sollten. Für den ganzen Norden schien diese Anschauung die Herrschaft zu gewinnen, während sie, in ihrer Anwendung auf die in der Schweiz vom Montblanc nach dem Jura geschafften Blöcke, den oben angedeuteten Entwickelungsgang hemmend beeinflußte.

Der Landeis-Gletscher ist denn auch thatsächlich nicht die einzige Kraft, welche schwere losgerissene Felsmassen, Steine und Grus anderswohin versetzt. Daß dergleichen auch auf Eisbergen, die mit der Strömung oder vor dem Wind auf dem Meere treiben, vertragen werden kann, ist hinlänglich bekannt.

Eugène Robert, der mit Charles Martins 1835 an der französischen Eismeer-Expedition theilnahm, sah bei Spitzbergen im Bell-Sund schwimmende Eisberge auf ihrer Oberfläche derartig mit Erde bedeckt, daß man dieselben vom Schiffe aus im ersten Augenblick für feste Bänke hielt. Und noch ein anderes schlagendes Beispiel haben die Franklin-Expeditionen hinzugefügt. Das Schiff „Resolute", welches ausgesandt war, um John Franklin aufzusuchen, mußte, vom Eis eingeschlossen, im Mai 1854 in der Barrow-Straße zurückgelassen werden. Als dasselbe dann im September 1855 vom Wallfischfänger „George Henry" aufgefunden wurde, hatte es mit dem Eise 1850 Kilometer, etwa 250 geogr. Meilen, getrieben. Auch der Geologe Robert Brown sah in Grönland, als er die Seeleute begleitete, die an der Oberfläche treibender Eisberge aus den Höhlungen Wasser zu schöpfen gingen, lose Massen (Moränenmaterial) dergestalt in den Löchern eingeschmolzen, daß man es vom Schiffe aus nicht gewahren konnte. Und 1867 sah Brown an der Weigat-Mündung einen Eisberg mit hausgroßen Felsblöcken belastet.

Nachdem ähnliche Beobachtungen längst bekannt geworden,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

war es daher natürlich, daß die Anschauungen der Richtung von Lyell's Theorie hinsichtlich schwimmender Eisberge folgten. In einem Meer, das, verschiedentlich steigend und wieder sinkend, hoch über dem ganzen Norden stand, sollten die Eisberge nicht allein Blöcke weit umher vertragen, sondern auch, indem sie auf ihrem Wege schwimmend über den Felsgrund glitten, an diesem die im ganzen Norden so auffallenden Streifen und Furchen hinterlassen haben.

Auch der gewöhnlichen Winter-Drift des Fjord-Eises wendete sich die Gedankenrichtung zu. Als ein Beispiel dafür, was selbst dieses ausrichten kann, gilt eine Thatsache von der Felseninsel Hochland, die mitten in dem finnischen Busen etwa halbwegs zwischen Helsingfors und St. Petersburg gelegen ist. Im Winter 1838 brachte das Treibeis dahin einen finnländischen Granitblock, welcher 14 und 7 Fuß maß. Der Winter war sehr streng gewesen, und in der öden Bucht, in welcher der Block gefunden ward, fiel derselbe den Inselbewohnern wegen der Größe, nicht aber wegen seiner Ankunft auf, weil sie schon oft wahrgenommen hatten, wie kleinere Blöcke mit den Eisschollen sowohl kamen als auch gingen.

Während in den Arbeiten der Schweizer Geologen eine ungeheure, dem Gedanken beinah unfaßbare Ausbreitung des Landeises in Betracht gezogen wurde, deuteten die Forschungen der Engländer auf andere Wirkungen hin, nämlich auf diejenigen der Eisberge, welche im Meere treiben und in die Sunde hinein wie über den Grund hinweg gedrückt werden.

Gestützt auf die Thatsache, daß ehemals das Meer wirklich bis zu gewissen Grenzen in Skandinavien, Schottland, England und an mehreren andern Orten im Verhältniß zum Lande einen höhern Stand einnahm, konnte Charles Lyell seine Theorie

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

in Betreff schwimmender Eisberge an das sogenannte Emporsteigen Skandinaviens und an Hypothesen knüpfen, welche um alle diejenigen Beweise sich schaarten, die für eine in diesen Gegenden einmal stattgefundene Veränderung des gegenseitigen Verhältnisses zwischen Meer und Land sprechen. Die einstige Ausbreitung des Meeres erkennt man namentlich mittelst der Muschelmassen (Muschelbänke), welche entweder an den alten Küsten aufgehäuft oder in dem, einst auf dem Meeresgrund abgelagerten, nunmehr als Thon- und Sandschichten trocken liegenden Schlamm und Sand verstreut wurden. In Betreff der so aufbewahrten Muscheln legten in Schweden Sven Lovén und in Schottland Edward Forbes[15]) 1846 Rechenschaft über dasjenige ab, was man in der Jetztzeit von der Ausbreitung derselben schalentragenden Meeresbewohner wußte; und dadurch wurde es klar, daß Skandinavien und die brittischen Inseln in der Periode, welche hier in Frage kommt, von einem kälteren Meere theils bedeckt, theils umgeben waren. Forbes wies für das Meeresleben je nach Raum und Tiefe die verschiedenen Regionen nach und führte die Benennung glaciale Formation für alle diejenigen Ablagerungen des Nordens ein, welche aus einer Zeit stammten, wo ein Eis- oder auch nur ein kaltes Meer weit südwärts sich verbreitete.

Aber da keiner dieser Ausblicke alle befriedigen konnte, hielt man außerhalb der Schweiz, und zwar am längsten im Norden, an Saussure's Fluth-Theorien fest, welche vom Beginn des Jahrhunderts sich herschreiben. Sefström[16]) mit seiner Geschiebefluth 1836 und Berzelius 1842, beide in Schweden, Leopold von Buch 1844 und 1847, sowie Durocher[17]) 1840, welche letzteren Norwegen kannten, vertheidigten noch immer die Fluth-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Theorien, und man schien solchergestalt in dieser Sache nichts, nicht einmal das Wichtigste zu wissen.

Nach diesem nothdürftigen Auszug aus der älteren Geschichte der Eiszeit-Theorien müssen wir, um zu den Merkmalen der Eiszeit zu gelangen, und weil gerade diese es sind, die da Zeugniß ablegen, abermals zu der Schweiz und den Gletschern unsere Zuflucht nehmen.

Indem man die Gletscherverhältnisse studirte, erstand also nach und nach die sichere Kenntniß dessen, was eine Eisbedeckung ausgerichtet haben konnte, und mit dieser Kenntniß sah man sich abermals nach den sicheren Merkmalen um. Als diese auf den geologischen Karten gesammelt, die Moränen eingezeichnet, die Richtung der Streifung und außen herum die Verbreitung des einst herbeigeschwemmten Schlammes nachgewiesen wurde, als ferner die Grundmoränen von der älteren, vor der Eiszeit vorhandenen Unterlage gesondert, und als die Karten selbst so weit mit Einzelheiten ausgestattet wurden, daß die Ausbreitung der auffallendsten Felsarten abgegrenzt war und von den verstreuten, von weither vertragenen Blöcken jeder auf seine ursprüngliche Heimathstelle zurückgeführt werden konnte: da mochte insoweit die Geschichte einer Eiszeit mittelst deren eigener Sprache zu Stande kommen.

In der Schweiz gebrach es nicht an eifrigen und unermüdlichen Gletscherforschern. Ihnen verdankt man alle wesentliche Kenntniß der Gletscherverhältnisse. Sie sind zu zahlreich, um genannt werden zu können. In erster Linie pflegt man jedoch der drei Neufchateller Naturforscher Agassiz, Desor und Guyot zu gedenken, die nach ihren kühnen Wanderungen ein Obdach in dem bescheidenen Bretterschuppen suchten, den sie auf dem Aargletscher aufgestellt hatten. Hier war es, wo sie der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Elsässer Fabrikant Dollfus-Auffet[18]) während einer Alpentour 1840 traf, und hier ließ Dollfus, welcher von dem Tag an ein eifriger Verfechter der Theorie Agassiz's wurde, mit größern Mitteln seinen Aarpavillon an Stelle jenes Schuppens errichten, den die drei Naturforscher „der Neufchateller Hotel" nannten. Von 1840 bis 1870 veranstaltete dann Dollfus-Auffet als eifriger Gletscherforscher Reihen von Beobachtungen, die in förmlichen Observatorien ausgeführt wurden und von denen er die wichtigsten in einem überaus bändereichen Werk herausgab.

Es war jedoch einer von diesen Neufchatellern, Guyot[19]), welcher, vielleicht mehr noch als Charpentier und Agassiz, eine sichere Kenntniß dadurch förderte, daß er für sich allein ins Einzelne die Ausbreitung des alten Rhonegletschers von der Grimsel (hoch oben im Rhonethal) und vom Montblanc (gerade oberhalb der herumschwingenden Beuge der Rhone bei Martigny) schräg über den Genfersee und quer über das Tiefland bis zum Abfall des Jura am Chasseron und bei Neufchatel verfolgte. Guyot wies nach, daß auf dem Jura die Blöcke nicht in regellosem Durcheinander, bald am Abhang, bald auf dem Tieflande verstreut, sondern vielmehr nach einem gewissen Gesetz geordnet sind. Und aus eben dieser Gesetzmäßigkeit konnte die Form und Erstreckung des alten Gletschers erkannt werden. Hier kann kein Irrthum obwalten, denn die Blöcke sind der Stelle, an der sie liegen, fremd. Sie kommen am Jura-Abhang vor, wo nur Sand- und Kalkstein herrschen, während sie selbst aus den Graniten, Gneissen, Gabbros u. s. w. der innern Alpen bestehen. Ja, noch mehr; zieht man eine Linie mitten durchs Rhonethal und weiter in der Richtung von Martigny über das östliche Ende des Genfersee nach dem Jura, und unterscheidet man die beiden Seiten als rechte und linke: so liegen die Felsarten der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

rechten Thalseite im Tieflande nach rechts, und umgekehrt die der linken Thalseite nach links verstreut. Ferner erreicht geradeüber Martigny die Blockverbreitung vom Montblanc her auf dem Juragehänge die größte Höhe bis zu 2000 Fuß über dem Tieflande. Von da aus aber senken sich die Blocklinien längs der Jura-Abdachung nach beiden Seiten hin. Der alte Gletscher, welcher in gerader Linie aus der Rhonemündung vorrückte, wurde also am Jura in seiner Fortbewegung gehemmt und mußte, sich theilend, fächerförmig nach beiden Seiten weiter gleiten. Um das wahrscheinliche Maß der Mächtigkeit und der Abdachung dieses alten Gletschers herauszufinden, hat man die Blockgrenze oben am Jura mit den verschiedenen Höhen verglichen, auf denen von der Grimsel nach abwärts die gescheuerten Felsen aufhören oder die „Politurgrenze" angedeutet ist. Die Mächtigkeit des Gletschers betrug oben im Rhonethale etwa 2750, tiefer unten 2350 und am Jura nur 2000 Fuß. Dergestalt ist die Abdachung für die vorrückende Bewegung bei dem langen Abstand nur sehr gering; von der Grimsel bis Brieg beträgt sie kaum etwas über 1 Grad — oder 1 Fuß auf gegen 50 Fuß — und auf andern Stellen noch weniger, während die gegenwärtigen Gletscher eine Abdachung von 3 Graden brauchen.

Wie wir aus den, von den Brüdern Schlagintweit[20]) 1850 in den Alpen angestellten Untersuchungen ersehen, ist die Gletscherbildung in den höheren Gebirgsgegenden allgemein. Sie wird nicht allein durch Temperatur und Feuchtigkeit, sondern auch wesentlich durch die Thalbildung bedingt. Um zu entstehen, bedarf der Gletscher einer vorhandenen Aushöhlung, einer trogförmigen Vertiefung (Mulde genannt), oder eines jener Thalkessel, die in den Pyrenäen cirques und in den steyerischen, tyroler sowie bayerischen Alpen in Zusammensetzung wie

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Fuscherkar, Bockkar, Eiskar u. s. w. Kar genannt werden, ein Wort das ursprünglich „Gefäß“ bedeutet und in diesem Sinne auch gegenwärtig in Norwegen allgemein gebraucht wird. Den Gletscher bilden zwei verschiedene Theile, oben ein Schneefeld und tiefer unten der eigentliche, nach auswärts gleitende Gletscher. Auf dem Schneefeld sickert Regen- und Schmelzwasser durch den Schnee und macht denselben eigenthümlich körnig. Das ist der Firn, oder auf französisch le névé. Auf einer gewissen Höhe, tiefer unten als das Schneefeld, geht der körnige Schnee in Gletschereis über. Dieses aber bewegt sich, praktisch aufgefaßt, sagen James Forbes und Tyndall, obschon Eis spröde ist, als eine plastische Masse abwärts. Die vorhandene Aushöhlung, worin diese gleitet, verursacht, daß sie in mannigfaltigen Richtungen berstet; aber sie friert ebenso schnell wieder zusammen. Unausgesetzt berstend und wieder zusammenfrierend formt sie sich nach der Unterlage, und so gleitet der eigentliche Gletscher, wo die Gelegenheit geboten, in den Thälern abwärts. Wo derselbe an der Grenze des Schneefeldes entsteht, da nimmt er die eigenthümliche Struktur mit den so auffallenden, wechselweise blauen und weißen Bändern an. Die Stellung der Bänder ist beinahe lothrecht zur Axe oder Längenrichtung des Gletschers (welche auch gleichzeitig diejenige des Thales ist); sie ist dort vertikal im Gegensatz zu den flachliegenden, gegen die Tiefe mehr und mehr körnigen Schichten des Schneefeldes. Aber da der Gletscher in der Mitte schneller als nach den Seiten und gegen die Tiefe hin fortschreitet, so legen sich die Bänder dergestalt mehr und mehr nieder, daß sie am Gletscherende wagrecht erscheinen, während sie an der Oberfläche des Eises in immer tieferem Bogen, welcher die einwärts gewölbte Seite dem Ursprung zukehrt, sich krümmen. An einem tiefer unten im Thale gelegenen Punkte steht der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Gletscher in Folge von Abschmelzung still, und hält mit dieser von oben her die Zufuhr nicht Schritt, so kann, obschon die Masse selbst gleich einem langsamen Fluß stetig vorrückt, das untere Ende im Thale zurückschmelzen.

Von oben aus der Höhe betrachtet liegt der Gletscher da wie ein Strom. Oft ist dort auch die Endmoräne als ein Steinwall, der die äußerste Zunge im Bogen umgiebt, sichtbar. Wo ein großer Gletscher Zuflüße von geringeren aufnimmt, werden die Endmoränen der letzteren als Seitenmoränen des großen mitgeschleppt. Vereinigen sich dagegen zwei ungefähr gleiche Gletscher, so kommt eine Mittelmoräne zu Stande. Ferner trifft man Hindernißmoränen[21]), die da entstehen, wo der Gletscher um inselförmig aufragende Partien sich aufthürmt — wie das in den italienischen Seen des Lago Maggiore und von Como, oder in dem alten, von den Vogesen gegen das Rheinthal herabziehenden Gletscherthal, Thurethal, mit den in der Mitte als große Festen aufragenden Felsenklippen, Bärenstein, Wildenstein u. s. w. so schön wahrgenommen werden kann. Endlich wird auch die tief liegende Moräne, die Grundmoräne, da wo das Terrain durchschnitten ist, sichtbar. Die allgemeinen Verhältnisse aller dieser Moränen können bei den zahlreichen Photographien und Situationsplänen, die nun Jedem zugänglich sind, als bekannt vorausgesetzt werden.

Jetzt müssen wir die Karten vornehmen, um uns einen Einblick in dasjenige zu verschaffen, was man von den Spuren der Eiszeit in Südeuropa, in der und rundum die Schweiz, von woher die Kenntniß ausging, sowie im Norden weiß und gewahrt. Das wird ein Stück Geographie, aber ganz eigener Art, ein Stück Vorzeit-Geographie. Die Bestimmungen der Eiszeit sind viel schärfer und sicherer als man glauben sollte, wenn man,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ohne die Grundlage des Wissens zu kennen, nur die vielen verschiedenen, oft einander völlig widersprechenden Hypothesen, welche an eine Eiszeit sich knüpfen, in Erfahrung gebracht hat.

Die Pyrenäen mit ihren hohen Kämmen und berühmten Cirkusthälern haben einst Gletscher geborgen, die viel mächtiger als deren gegenwärtige Reste waren. Charles Martins[22]) und Collomb verzeichneten 1867 auf einer Karte die Ausbreitung des alten Gletschers des Argelès-Thales. Die äußersten Spuren dieses nunmehr verschwundenen Gletschers hängen hoch oben am Ursprung des Thales in den mächtigen, halbkreisförmigen Einschnitten, in den Cirkusthälern von Gavarnie und Troumouse. Dem alten Gletscher aber gaben noch mehrere andere Cirkusthäler, alle von hohen Zacken umringt, Nahrung. In diesen großen Sammel-Kesseln, sagt Martins, konnte der Schnee im Winter aufgehäuft und bewahrt, im Sommer zu névé umgebildet werden.

Von dem Cirque de Gavarnie erstrecken sich die Spuren des alten Gletschers, der manchen bedeutenden Zufluß aufnahm, nordwärts einem der Hauptthäler der Pyrenäen, dem von Argelès entlang bis in die Umgebungen von Lourdes, wo Reihen von Endmoränen in weitem Halbkreis von Peyrouse bis Adé auftreten. Diese Moränen durchschneiden und entblößen die Eisenbahnlinien nach Pau und Tarbes. Ein Moränensee — so nennt Ch. Martins die durch Moränen abgesperrten Seen — der Lac de Lourdes liegt innerhalb des Kreises, und das ist der einzige auf dem Tieflande außerhalb der Pyrenäen. In den Pyrenäen selbst giebt es unzählige kleine Seen, welche als Moränenseen dadurch sich ausweisen, daß der Ausfluß nicht geradeaus sondern, durch den vorliegenden Schutt behindert, in einer Windung erfolgt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Länge des Gletschers, welchen man solchergestalt zwischen den genannten Punkten Gavarnie und Lourdes verfolgen konnte, beträgt 53 Kilometer.

Wie mächtig der alte Gletscher über dem Thalboden aufragte, das verrieth die Blockgrenze. So hoch nämlich als die, einstmals vom Gletscher mitgeschleppten Seitenmoränen liegen, ebenso hoch muß seine Oberfläche heraufgereicht haben. Die Blockgrenze und die Seitenmoränen zeichneten nun längs den Thalwänden herab eine sich senkende Linie, die an den gemessenen Punkten Höhen von 850, 800, 600 und 412 Meter ergab. Der Gletscher selbst war von den Kämmen der Pyrenäen aus Höhen von ungefähr 3000 Meter auf das Blockland und die Ebenen im Norden, weit außerhalb der Gebirgsketten, auf nur 400 Meter Meereshöhe herabgelangt. Seine Abdachung war daher gering; sie betrug ungefähr 2 Grade.

Alles das deutet einen sehr großen Gletscher an, aber im Himalaja giebt es, nach Godwin Austen's Messungen, gegenwärtig Gletscher von noch bedeutenderer Länge.

Endlich kommt dazu noch das, auf den außen herum gelegenen Strecken beobachtete Merkmal. Auf dem ebenen Lande ist bei Tarbes u. s. w. Lehm oder Löß gleich dem des Rheinthales verbreitet. Das ist der Moränenschlamm, welcher zur Zeit der Eisbildung und Moränenablagerung von den abfließenden Wassern vertragen wurde.

Im Uebrigen scheint der ganze Gletscherrand der Pyrenäen noch nicht vollständig auf Karten verzeichnet zu sein. Ch. Martins erwähnt nur noch einen weiteren, auf der Seite des Mittelmeeres gelegenen Punkt. Im Entwässerungsgebiet der Tet, welche gegen Perpignan herabströmt, liegt hoch oben im Vernet-Thale das von Vauban angelegte Fort Mont Louis bei 1650

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Meter Meereshöhe auf einer Moräne, welche gerade die Befestigungsarbeiten bloslegten. Und auch auf der spanischen Seite, geradeüber Puigcerda, kommen auf dem tieferen Niveau von 1300 Meter Moränen vor. Die alten Gletscher stiegen hier von der Gebirgsgruppe Carlit, von welcher die Quellen der Tet und Aude ausgehen, in zwei Richtungen herab.

Die Vogesen, welche längs dem Rhein, wo derselbe durch Baden strömt, emporsteigen, tragen nunmehr keine Gletscher. Es sind das auch keine Gebirgsgruppen ersten Ranges. Aber gerade deshalb sind die Merkmale ihrer älteren Eisdecke um so wichtiger. Von einem der Gletscher fertigte Collomb 1847 eine Kartenaufnahme und später hat Charles Grad [23]) 1872, nach einem Studium von 10 Jahren und unter Berücksichtigung der Arbeiten seiner Vorgänger, alles hierher gehörende gesammelt. Die deutlichen Spuren der Gletscher beschränken sich auf die Süd- oder Hoch-Vogesen. Von diesen aber erstreckten sich Gletscher nach Westen, Süden und Osten.

1) Nach Westen. Im oberen Moselthale endete der Gletscher mit seiner Endmoräne bei Longuet. Von da bis zum Ursprung des Gletschers bei Hoheneck sind es 40 Kilometer. Der Moselgletscher war also größer als der Aletschgletscher an der Jungfrau, gegenwärtig der bedeutendste der Alpen. In den anstoßenden Thälern von Suche, Remanvillers, Rupt, Foudromé und Thillot kommen auch Moränen vor. In die Mosel ergießt sich bei Remiremont die Moselette, und herauf ist das Thal ebenso wie der Oberlauf der Vologne mit Moränen erfüllt.

2) Nach Süden. Auf den Seiten der beiden Granitkuppen Ballon de Servance und d'Alsace, ferner bei Giromagny im Savoureuse-Thal. Die Länge des alten Gletschers beträgt hier 10 Kilometer. An seinem Ende, im Norden von Belfort,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

hat derselbe fächerförmig sich ausgebreitet; das erweisen auf dem Felsenboden die Streifen.

3) Nach Osten gegen das Rheinthal. In dem, gegen Mühlhausen gerichteten Dollerenthal ging ein, 10 Kilometer langer Gletscher nieder. Im Thurethal, dessen Gletscher Collomb sorgfältig verfolgte, liegen Endmoränen bei Wesserling und Krüth in 9 Kilometer Abstand vom Ursprung. Im Fechtthal, das nach Colmar gerichtet ist, gewahrt man zu oberst mehrere Cirkusthäler, welche die Anhäufung der, zur Speisung eines großen Gletschers erforderlichen Schneemasse begünstigten. Moränen kommen vor bei Sondernach und Metzeral.

Wie in den Pyrenäen sperren Moränen auch in den Vogesen Seen und Torfmoore ab. Einige der Moränenseen der Vogesen, wie die von Gérardmer, Lispach, Blanchemer, Corbeaux, sind groß genug, um auf gewöhnlichen Karten angezeigt werden zu können.

Die Vogesengletscher endigten nach abwärts auf Höhen zwischen 400 und 450 Meter. Alle ihre Moränen ruhen auf einer älteren Füllung des Thalbodens von gerolltem Grus und Geschieben, und überdies ward Lehm und Löß gleichzeitig mit den Moränen auf der Ebene des Elsaß ausgebreitet. Collomb untersuchte schon 1849 die, in diesem alten Schlamm verstreuten, aus Land- und Süßwasserschnecken bestehenden Ueberreste. Die häufigsten Formen sind nicht die, welche gegenwärtig in der Gegend leben. Von gewöhnlichen, an trocknen und warmen Oertlichkeiten vorkommenden Arten sah er keine; dagegen deuten die, im Löß gesammelten Schnecken auf eine kältere Lage. Mit den Schnecken finden sich, sowohl im Löß wie im unterlagernden Grus des Rheinthales auch Reste von Mammuth, Rhinoceros, Hirsch u. s. w.

Wir übergehen die interessanten Gletscherspuren der vul-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

kanischen Auvergne, weil hier eine Karte noch zu fehlen scheint. Aber vollständige Belehrung steht uns über die Schweiz zu Gebot.

In der Schweiz stiegen die Gletscher durch die Hauptthäler herab und brachten ihre Blöcke mit, die an der eigenthümlichen, der gegenwärtigen Fundstelle fremden Felsart kenntlich sind. (Die Aufzählung folgt der Reihe nach von West nach Ost.)

1.	2.	3.
Arve vom Mont Blanc.	Rhone vom St. Gotthard und Mont Rosa.	Aar von den Berner Alpen.
4.	5.	6.
Reuß vom St. Gotthard.	Linth vom Kanton Glarus.	Rhein von seinen Quellen.

Eine Karte über diese alte Eisverbreitung wurde durch Morlot, welcher die Arbeiten der Vorgänger und seine eigenen zusammenstellte, 1857 zu Stande gebracht.

Durch Einschnitte im Jura hat man überdies die Spuren alter Gletscher nach Frankreich hinein verfolgt, wo dieselben am östlichen Rhonestrand etwa auf der Linie Lyon-Vienne-Grenoble sich verlieren.

Die 3 erstgenannten vereinten Eisströme stockten an der gegen die Schweiz gewendeten Seite des Jura. Unter den dahin geführten fremden Blöcken nehmen die aus den höchsten Alpengegenden auch die höchste Linie ein. Große Endmoränen, die bei einem Stillstand der Fortbewegung des Aargletschers gebildet wurden, kommen bei Bern vor. Die alten Verschanzungen der Stadt lagen auf einer solchen Moräne, die, 100 Fuß hoch, in Halbmondform das Aarthal sperrt. Dieser auffallende Wall trägt den Namen Hühnli. Seine Unterlage ist bekannt; unter dem

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Grus, den fremden Blöcken und den geschrammten Steinen der Moräne liegen die älteren Grus- und Geschiebeschichten, dieselben, welche sonst auf dem Schweizer Tieflande vorkommen. Aus den Stadien des Reußgletschers sind mehrere Moränen bekannt, so die, welche in großem Bogen den Sempachersee absperrt, die am Hallwylersee und die bei Mellingen. Die Ausbreitung des Linthgletschers kennzeichnet der große Wall, auf welchem die Stadt Zürich erbaut ist.

Die berühmten Fundstellen von Utznach und Dürnten liegen im Gebiet des Zürichersee. Hier erstrecken sich am Seestrande hohe alte Terrassen mit wagrechten Schichten von Thon, Sand und Geröllen, dazwischen auch ansehnliche Lager von Braunkohle und überdies noch Zähne vom Elephas antiquus, vom Rhinoceros, Urochsen und Hirsch. Ueber diesen uralten, in einem lange vorher eingeschnittenen Thale abgesetzten Terrassen liegen fremde Blöcke. Nach der Ansicht des Züricher Forschers Prof. Oswald Heer gehören die Lager einer Zwischenzeit an, welche zwei Eisperioden schied. Gastaldi dagegen setzt ihre Entstehung vor die Eiszeit. Weder in Würtemberg noch in Bayern hat man Spuren von zwei Eiszeiten gefunden, und ebensowenig will der, in der Gletscherwelt erfahrene Karl Vogt hier in der Schweiz Anzeichen von zwei getrennten Eiszeiten, sondern nur Phasen während einer Eiszeit gewahren.

Der Rheingletscher endlich, welcher über den Bodensee ging — gleichwie der Rhonegletscher über den Genfersee — reichte westwärts bis Kaiserstuhl und Schaffhausen und nordwärts noch weiter herauf. Seine Spuren hat Oskar Lenz 1872 verfolgt; er theilte sich in der Nähe von Sargans, von wo aus ein Arm bis Schaffhausen vordrang, während ein anderer Arm, die Hauptrichtung beibehaltend, den eiserfüllten Bodensee über-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

schritt und fächerförmig sich ausbreitete. Die Grenzen dieses Gletschers liegen innerhalb der Linie Wallensee-Schaffhausen-Ulm.

Die berühmte Oertlichkeit Schussenried — zwischen Friedrichshafen am Bodensee und Ulm — liegt gerade an der alten Gletschergrenze. Das haben Desor und Escher von der Linth durch an der Stelle vorgenommene Untersuchungen bestätigt.

Großes Aufsehen erregte es nämlich, als ein Mühlenbesitzer beim Ausgraben einer Wasserrinne 13 Fuß unter der Oberfläche eine sogenannte „Kulturschicht" mit gearbeiteten Gegenständen von Renthierhorn und dergl. mehr auffand. Die Stelle untersuchte Prof. Oskar Fraas sorgfältig. Zu oberst liegt Torf, darunter Sand und Grus, welcher deutlich kennbar aus den Alpen stammt. An einzelnen Stellen kommt im Sand schichtenweise ein Moos vor, das von dem, auf den Hochalpen und in nordischen Gegenden wachsenden Hypnum sarmentosum nicht unterschieden werden kann. Im Gefolge des Gruses ist die „Kulturschicht" aus der Renthierzeit: Renthierknochen in unzähliger Menge zusammen mit Feuersteingeräthen, namentlich sogenannten „Schabern", gleich den „Flintfläcker" (Flintspleißer) der dänischen Forscher, und alle Markknochen sind gespalten. Ferner: Pfeile von Renthierhorn, die man erst halb durchhauen, dann schließlich abgebrochen hatte, ja, Schmuck wie Kinnladen von Katzen und Pferdezähne, alle durchbohrt, um vermuthlich als Amulette umgehängt zu werden, auch zusammengeballte Stücke rothen Eisenockers, welche wahrscheinlich als Farbe zum Bemalen verwendet wurden. Aller Feuerstein stammte aus der Gegend selbst, von Flintknollen, die den Schichten der sogenannten „Etage des weißen Jura" angehören. Auch über der Kulturschicht fand man eine noch jüngere Lage mit Resten, nämlich zu unterst im Torf eine merkwürdig

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

erhaltene Kuh. In Folge von Auslaugung der Kalkbestandtheile hatten die Knochen eine lederartige Beschaffenheit angenommen. Die Eingeweide bargen noch Kiefernadeln, die Knochen waren, um damit die Haut abzuziehen, in glattem Schnitt (mit Eisen?) durchhauen und oben an den Klauen hing braunes Haar. Nach Rütimeyer gehört diese Kuh oder der Stier der kurzhornigen Rasse an, die gegenwärtig im Atlas lebt. Der ganze Fund von Schussenried ist im Museum von Stuttgart aufgestellt.

Italien weist an der Südseite der Alpen ebenfalls Spuren der, auch nach südwärts herabgestiegenen Gletscher. Diese sind von den italienischen Geologen Mortillet[24]) (1860) und Omboni[25]) (1861), sowie von mehreren anderen auf Karten verzeichnet.

Die Karte von Nord-Italien zeigt, neben einer Anzahl geringerer, 4 große Wasserläufe von Norden herab. Wie man sie auf der Karte erblickt, von West nach Ost aufgezeichnet, folgen sich die großen auf diese Art:

1.	2.	3.	4.
Lago Maggiore, aus welchem der Ticino	L. d. Como, aus welchem die Adda	L. d'Iseo, aus welchem der Oglio	L. d. Garda, aus welchem der Mincio

den Abfluß bewerkstelligt.

Nach dem Lago Maggiore hin haben wiederum die Seen von Orta, Varese und Lugano — alle Moränenseen — einen, der Thaleinsenkung widerstreitenden Ausfluß, wie denn auch der westliche Arm des Comersee selbst nicht mehr eine Ausmündung besitzt.

Am Südende von allen diesen Seen lagern ungeheure Moränen, welche dafür Zeugniß ablegen, daß die Seen selbst sammt den dahinter liegenden Thälern mit Eis erfüllt waren, sowie

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

daß die Gletscher bis hieher und nicht weiter sich erstreckten. Auf allen Terrainplänen geben sich die Moränen als ausgeprägte Wälle zu erkennen; und da sie die Lage beherrschen, sind diese Höhen zu allen Zeiten Schlachtfelder gewesen. Auch auf den Karten gewahrt man diese großen Endmoränen als gekrümmte Rücken, oft in mehreren Zügen hinter einander. Das in Betreff der 4 aufgezählten Hauptläufe. Aber es giebt auch andere auffallende Hindernißmoränen: Aufhäufungen von Grus, Blöcken und geschrammten Steinen an solchen Stellen, wo der Gletscher vorhandene aufragende Felspartien antraf — so bei Angera, Lugano, Menaggio, Bellaggio. — Wenn wir unr gewisse bekannte Namen als Hauptpunkte zur Bezeichnung der Umgebungen wählen, so sind die einstmals durch das Eis verschleppten fremden Blöcke folgendermaßen vertheilt: Vom Monte Rosa und Simplon herab zum westlichen Ufer des Lago Maggiore, und dort zusammen mit dem leicht kenntlichen Granit von Baveno. Dagegen vom St. Gotthard und St. Bernhard herunter zum östlichen Rand des Lago Maggiore, sowie zum Westende des Luganersee und da gemischt mit den Porphyren dieser Gegend. Endlich vom Splügen und von Chiavenna abwärts zu dem, quer gegen diese Richtung liegenden Luganersee, und dann weiter nach Süden untermischt mit den Porphyren von Lugano. Ferner noch vom Bernina und von Bormio, d. i. aus dem oberen Addathal bis zum Nordende des Comersee.

Der große Gardasee liegt selbst im Wege eines nur geringeren Zuflusses, während gleich daneben der starke Wasserlauf der Etsch ohne einen See anzutreffen herabzieht. An diesem größten von allen Seen Italiens sind Moränenwälle in ihren Einzelnheiten 1866 vom Hauptmann Staudigl[26]) nachgewiesen worden, seit Italien den Frieden erhielt und der Zutritt zu den Festungs-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

werken von Peschiera und Pastrengo ungehindert gestattet wurde. In weitem Bogen erstrecken sich die Moränenwälle von Salo über Castiglione, Solferino, Custozza und Cavriana. Auf diesen Anhöhen wurden 1859 die Schlachten geliefert. Bei Salo findet man die fremden Wanderblöcke noch etwa 100 Meter über dem Gardasee, der selbst 69 Meter über dem Meere liegt.

Zu den genannten Gletschern kommt nun im Osten noch derjenige der Etsch mit der Endmoräne bei Rivoli; und endlich stieg am weitesten ostwärts von den norischen Alpen ein Gletscher herab, der die Moräne bis Udine mitführte.

Diese lombardisch-venetianischen Gletscher erreichten zugleich mit den jetzigen Enden der Seen nicht den trocken liegenden Erdboden des Flachlandes, sondern das Meer. Das hat Stoppani 1874 durch neue Funde wohlerhaltener Muscheln, die zwischen den Moränenhöhen bei Camerlata am Südstrande des westlichen Armes des Comersee vorkommen, erwiesen.

Gleichwie wir uns im Norden nach einem vielsagenden Beispiel, welches die Vergletscherung des ganzen Nordens dem Gedanken faßbar machen konnte, umsehen mußten, und dieses dann in den, 1853—57 vom Dänen Rink angestellten Untersuchungen Grönlands fanden: so muß man hier, angesichts dieser Naturerscheinung, welche so weit im Süden das gleichzeitige Vorkommen von Meer und Eis bezeugt, ebenfalls ein Beispiel aufsuchen. Ein solches bieten aber die Studien, welche Dr. Haast[27]) 1867 an den Gletschern Neuseelands machte. Längs der Hauptrichtung der Inseln ragen die Gebirgsketten 10—13000 Fuß empor und tragen große Gletscher, die bis zu einer reichen Vegetation von Pflanzen, welche die Winter der Lombardei nicht aushalten, herabsteigen. Auf den Gletscherkarten der Südinsel sieht man Eiszungen in alle Thalgründe hinabziehen, indessen der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

schneebedeckte Gebirgsrücken die Scheide der, nach zwei verschiedenen Richtungen stattfindenden Bewegung bildet. Der große Tasmangletscher, der bedeutendste in Neuseeland — ungefähr 16 englische Meilen lang und am Ende $1\frac{3}{4}$ e. Meil. breit — steigt auf der Ostseite bis 2770 Fuß herab, während der Franz Joseph-Gletscher auf der Westseite eine Meereshöhe von nur 708 Fuß erreicht und inmitten einer üppigen Vegetation von Baumfarrn, Pinus und Fuchsia endet.

Ohne bei den, bei Turin vorkommenden Spuren zu verweilen, mußten wir oben dem Südrand der Alpen folgen. In der Umgegend von Turin wurde die Ausbreitung der alten Gletscher 1850 von Gastaldi und Ch. Martins[28]) auf einer Karte dargestellt. An dem mächtigen Wasserlauf des Po bilden die Dora Riparia im Susathal — wo die Eisenbahn unter dem Mont Cenis durchgeht — und die Dora Baltea im Aostathal die westlichsten Quellenflüsse. Die erstere schäumt unter dem Mont Tabor und Mont Cenis, die andere kommt vom Mont Blanc mit Zuflüssen aus den Umgebungen des Monte Rosa, d. i. aus den bedeutendsten Höhen der Alpen. Hier treffen wir keine große Seen aber Endmoränen in ungeheurem Maßstab, einmal mit Blöcken vom Mont Cenis westlich von Turin bei Rivoli, und mit andern Blöcken südlich von Ivrea in einem, selbst auf Terrainkarten heraustretenden Halbkreis bis nach Caluso, halbwegs zwischen Ivrea und dem Zusammenfluß der Dora mit dem Po. Diese ungeheuern Wälle erheben sich bis 330 Meter über der Ebene, deren Meereshöhe zu 200 Meter angenommen werden kann. Innerhalb der Wälle liegen einige unbedeutende Moränenseen. Vom Mont Tabor bis Rivoli beträgt die Länge des alten Gletschers 80 Kilometer. Die Unterlage der Moränen ist bei Rivoli wohl bekannt; bis zu ungefähr 20 Meter Tiefe

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

besteht sie aus ältern Geschiebelagern, und erst unter diesen liegen die jüngsten tertiären Schichten mit den Meeresresten. Ueber diese losen Massen aber gingen die großen Gletscher hinweg.

Süd-Tyrol. Im Etsch- und Passeierthale, sowie in der Umgegend des lieblichen Meran hat der bayerische Geolog Gümbel 1872 Abschleifung und Glättung verschieden gearteter Felsflächen von 100—150 Fuß über den Thalwegen bis herauf zu mehr als 4000 Fuß Meereshöhe nachgewiesen. Im Etschthal sah er Streifen, sogar zwei Systeme übereinander; und sichere Spuren der Streifung gehen bis an den Rand des Passeierthales. An vielen Stellen haben Bäche die alten Glacialmassen durchwühlt und die drohenden „Erdpfeiler" und Pyramiden mit großen (erratischen) Steinen auf der Spitze hinterlassen, welche, namentlich in wunderbarer Wildheit am Schloß Tyrol, Staunen und Bewunderung bei allen Reisenden erwecken. Hier sowie bei Botzen kennt man auch die ältere Unterlage der Glacialmassen; sie besteht aus Grus, Sand und Geröllen, welche von den Wasserläufen in denselben Thälern vor der Eiszeit herbeigeschwemmt wurden.

Wir müssen nun die Spuren der Gletscher aus den Umgebungen des Bodensee nach Süd-Bayern hinein verfolgen. Gümbel fand zuerst (1872) die durch das Scheuern der Gletscher auf dem Felsboden hinterlassene Streifung bei Häring im Innthale. Hauptmann Stark[29]) entwarf eine Karte der alten Endmoränen der bayerischen Hochebene, wo dieselben der Landschaft ebenso auffallende Züge wie in der Lombardei aufdrücken. Der Münchener Geologe Prof. Zittel[30]) verfolgte 1873 die Moränen und bestätigt die von Stark verzeichneten Grenzen. Im Süden von München verräth schon der Landschaftscharakter das Dasein der Moränenwälle; die Fläche der Münchener Ebene

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

unterbricht eine Reihe Anhöhen, und hinter diesen folgen die schönen Seen. Das Material der Grundmoränen giebt sich durch fremde Steine mit geschrammter Oberfläche zu erkennen, von denen viele auf die bayerischen und tyroler Alpen zurückgeführt werden können. Dazu kommen große Blöcke, theils frei liegend, theils im Grus begraben; aber diese verschwinden, zu Mauerwerk verwendet, derart, daß, sagt Zittel, die Häuser und Bodenmauern der Bauern in Zukunft die Hauptbeweise liefern werden.

Die Moränen verschwinden nicht so leicht; in ihrer Erstreckung von ostwärts am Ammersee bis an die österreichische Grenze gewahrt man sie auf der Karte namentlich in zwei großen hervorspringenden Bogen, der eine für dasjenige, was man mit Recht als Isargletscher bezeichnen kann, der andere für den Inngletscher.

Vom Inn nach ostwärts kann man das Ende des Gletschers nicht mehr genau bestimmen. Eis und Wasser scheinen hier vereint thätig gewesen zu sein, starke Fluthen rissen die alten Moränen auseinander und führten kleine geschrammte Steine etwas weiter fort. Aber das Innthal selbst ist mit Löß, der aus der Eiszeit stammt, erfüllt. Der alte Boden, über den das Eis glitt, ist am Bodensee und in Bayern auf dem Flachland nachgewiesen. Es ist dieselbe ältere sogenannte Diluvialschicht mit ihren Geröllen, welche wir an den Vogesen, im Schweizer Tiefland und in Tyrol erwähnt finden. Auch hier noch dieselben Zeugnisse von dem Zustand und dem Leben vor der Eiszeit. Zusammen mit Löß und glimmerhaltigem Thon trifft man nämlich Pflanzenreste, Moosarten, Schilf und in Braunkohle umgewandelte Holzstücke, so zwar, daß sie in Ziegeleien als Brennmaterial verwendet werden konnten. Hier auch entdeckte man 1868 am Kronberger Hof ein beinahe ganz vollständiges Skelett

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

von Rhinoceros tichorrhinus — nun im Museum zu München aufgestellt — zugleich mit Zähnen des Mammuth und Hornstücken vom Renthier. Im Löß findet man sonst noch Conchylien sowohl von alpinen wie auch von nunmehr in Südbayern lebenden Arten.

Soll die Natur selbst die Eiszeit schildern, so kann das nur mittelst der von dieser hinterlassenen Merkmale geschehen. Die nun haben wir in Süd-Europa verfolgt; es waren zwei Hauptarten: zunächst die Reihe von Merkmalen, welche das Eis selbst, indem es scheuert und fortträgt, während seiner Bewegung hinterläßt — Merkmale, die sowohl oben an den Felswänden, wie außen im Flachlande Grenzen hinzeichnen; dann die Merkmale, welche in den Umgebungen enthalten sind, wo die Reste des vorhandenen Lebens mit dem von den Gletscherwassern verschwemmten Schlamm vermischt werden. Und diese beiden Hauptarten vereinen sich an den äußersten Moränen — d. i. an der Grenze der Eisverbreitung in Süd-Europa — zu einem Bericht, der wohl mit manchen noch räthselhaften Worten verzeichnet ist, aber doch im Großen nicht ganz mißdeutet werden kann. Der Bericht ist hier so einfach, wie er sich findet, dargelegt.

Wir kommen nun zum Norden. Hier entgeht uns sofort ein Hauptmerkmal, die äußerste Grenze, welche die Moränen anzeigen sollten. Denn was den ganzen westlichen Norden betrifft, so gewahrt man da die Scheuerstreifen bis an das Meer herab; erst in Rußland verlieren sie sich im Flachland, und im Gouvernement Tula, südlich von Moskau, erscheint die unbedeckte Oberfläche des Kalksteins durch die Arbeit unzähliger Winter in Stücke gesprengt, zwischen denen kein fremdes Material vorkommt. Es mögen die Moränen — so wird schon lange

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

behauptet — im Meere liegen. Aber der Meeresgrund ist nicht so zugänglich wie der Erdboden. Es wird immer schwierig bleiben, Merkmale als eine unwiderruflich deutliche Schrift aus der Tiefe heraufschimmern zu sehen.

Wir werden also auf eine andere äußerste Grenze hingewiesen, auf die Ausbreitung der Blöcke, auf die Blockgrenze, welche nicht von vornherein mit den Moränen gleichgestellt werden kann. Denn hier stoßen wir gleich beim ersten Schritt in der Richtung einer, in größere Ferne reichenden Ausbreitung auf die zwei weit auseinander gehenden Erklärungsweisen, ob entweder das zusammenhängende Landeis, oder aber die Drift im Meere die eigentliche Ursache war.

Zunächst findet man außenherum Zeugen einer Lebewelt vor, deren Ueberreste mit dem herausgeführten Schlamme vermischt wurden. Für den Norden haben wir hier die Merkmale des Meereslebens: Muschelschalen umhergestreut, Schalenreste [31]) in Haufen und Schichten, Wallfischknochen, Fischskelette in harten Thonballen. Die Meeresbedeckung spricht deutlich genug für sich; rund herum in der nächsten Nähe und herauf bis zu bestimmten Höhen stand — während eines gewissen Zeitabschnittes — ein kaltes Meer.

Aber giebt es sowie im Süden nicht auch im Norden Zeichen von dem Dasein derselben großen ausgestorbenen Landthiere? Freilich, und das bis nach Schottland, mitten zwischen den Gletscherspuren. Sind Kennzeichen vorhanden, daß das Eis von gewissen Strichen oder Höhenketten als Mittelpunkten oder Sammelstätten auswärts nach den Seiten hin sich bewegte? Ja, und zwar die allerdeutlichsten. Mit diesem wichtigsten Merkmal, das so weit wenigstens die Drift ausschließt, müssen wir also wiederum eine Wanderung auf dem Gebiete alter Geographie antreten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Aeußerst gegen Westen liegt Irland, dessen Moore und Torfschichten die Reste des Riesenhirsches bewahren. Ausgangsstätten für die allgemeine Eisbewegung sind hier auf der Westseite der Insel — nicht auf der Ostseite — und besonders ganz nahe den gegenwärtig am weitesten westlich vorspringenden Landspitzen nachgewiesen, nämlich in Kerry, südlich von Shannon, und in Connaugth, nördlich der Galway-Bucht. An der letztgenannten Stelle haben Kinnahan und Close 1872 die Merkmale mit großer Umständlichkeit gesammelt und auf einer Karte verzeichnet.

Ein sogenanntes „Centralfeld" — eine Sammel- und Ausgangsstätte — gewahrt man in den Maum-Bergen mit den „zwölf Nadeln" (nordwestlich von Galway), im Umfang von etwa 50—65 englischen Quadratmeilen und auf Erhebungen von 2100—2400 Fuß. Innerhalb dieses Feldes, welches die bedeutendsten Höhen der Gegend umfaßt, hatte man an mehreren Punkten vergebens nach Scheuermarken gesucht; doch erscheinen diese alsbald außen herum in verschiedenen Richtungen. Streifen, vertragene Steine und Rücken oder Haufen ungeordnet zusammengepackter Massen von Thon und Blöcken (drumlins) wurden hier bis in die kleinsten Einzelheiten verfolgt. Alle drumlins liegen in derselben Richtung wie die Streifen, und diese sind vom Centralfeld nach auswärts gerichtet, indem sie der Oberflächengestaltung der Gegend entsprechend sich winden. Auf der Karte bezeichnen, wie das gewöhnlich geschieht, Pfeile die Scheuerrichtungen und kleine dicke Striche die drumlins. Da heben sich denn die Eisströme ab gleichsam wie Bergwässer, auf denen Bauhölzer treiben.

Daß die Sammelfelder gerade auf der Westseite liegen, sagt Kinnahan, schreibt sich von derselben Ursache her wie die größere

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Regenmenge, welche heutigen Tages im Vergleich zum Osten im Westen auf der Insel fällt. Auch ist Grund zur Annahme vorhanden, daß West-Irland höher emporragte; denn auf eine andere Weise kann er die Vertragung von Material, welche nachweislich von den Maum-Bergen nordwärts zur See (nunmehr die Killala-Bucht) 65 engl. Meilen weit stattfand, nicht begreifen. Dabei betrug die Mächtigkeit der Eisdecke, nach der Tiefe der Thäler berechnet, mehr als 2300 Fuß. Die vorhandenen Höhen bedingten die Bildung der Eiskuppel und, einmal zu Stande gebracht, breitete sich diese Eisdecke weiter aus, weil das Dasein des großen Eiszuges die Stelle hochragender Gebirgsgipfel vertrat; denn beide verursachen dieselbe Wirkung, nämlich Niederschläge in der Form von Schnee herbeizuziehen. Wie Kanäle aber wirkten die vorhandenen Thäler; sie leiteten die Eisströme nach allen Seiten, die Eisströme wuchsen bis sie zusammenflossen u. s. w.

Schottland ist, wie jede Karte zeigt, durch das von beiden Seiten eindringende Meer in drei Theile, zu denen Inseln gehören, zerschnitten. Zieht man dann etwa mitten längs jedem dieser Theile oder Gebirgsstücke Linien, so zeigen dieselben die Scheiden für die Eisbewegung an, wie Thomas Jamieson [32]) 1865 es nachgewiesen hat. Von diesen Linien bewegte sich das Eis nach beiden Seiten, was man aus der Richtung der Scheuerstreifen und der Vertragung von Blöcken wohlbekannter Felsarten abnehmen kann. Jamieson und Archibald Geikie [33]) geben Karten, auf denen die Scheuerstreifen durch Pfeile dargestellt sind. Es ist, als ob man die Gletscherkarte Neuseelands vor sich sieht.

In dem nördlichsten Stück — abgeschnitten durch den Murray-Fjord und den kaledonischen Kanal — wird nämlich

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

eine gebogene Linie in der Richtung von der Insel Mull an der Westküste gegen die Orkney-Inseln an der Nordküste gezogen. Im Mittelstücke dagegen geht die gekrümmte Linie vom Clyde-Fjord aus und spaltet sich dann während ihres Verlaufs in der Richtung nach der bei Peterhead gelegenen großen Landesspitze von Schottland. In Süd-Schottland endlich, im Süden des kohlenreichen Tieflandes zwischen den Fjorden des Clyde und des Forth, wird etwa von Westen nach Osten eine gebogene Linie gezogen, welche an der Ostseite nach England hineinführt. Die Pfeile sind da, den Thälern folgend, nach auswärts gerichtet.

Inmitten der deutlichen Spuren des hinausgleitenden Landeises finden sich als Anzeichen der Meeresbedeckung Schalenreste bis zu Höhen von etwa 500 Fuß. Ueber das Verhältniß zwischen dem Stande des Meeres und den Merkmalen der Eiszeit Schottlands scheint man noch nicht sich vereinigen zu können. Aber es sind noch andere Merkmale da, welche von dem Zustande Schottlands gerade vor oder während der Eiszeit Zeugniß ablegen. James Geikie[34]) hat 1869 bei Crofthead, unfern Glasgow, einen Eisenbahndurchschnitt beschrieben, in welchem Reste des Riesenochsen und Hirsches von till bedeckt, oder auch zwischen till vorkommen. Und auch an andern Stellen sind — gewiß wohl bis jetzt nur sparsam — in Schottland Reste von Mammuth und Renthier gefunden. Nun versteht J. Geikie unter till einen Thon mit geschrammten Steinen, im Gegensatz zum Blockthon (bowlder-clay), indem er von diesen beiden Arten von Ablagerungen als gleichzeitigen Bildungen den ersteren dem Inlande, den letztgenannten aber dem außen herum vom Meere bedeckten Theile zuweist. Derselbe Geologe wies bereits früher nach — was übrigens, bemerkt er, den meisten Geologen wohl bekannt ist, — daß die Hauptzüge des ganzen Thalsystems lange

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bevor eine Eiszeit eintrat in Schottland ausgemeißelt waren. Reste des früheren Thierlebens konnten, so wie es oben angedeutet ist, gegenwärtig nicht gefunden, alte Thäler bis zur Absperrung gerade mit Schuttmassen der Eiszeit nicht gefüllt werden, es sei denn, daß das Thalsystem im Voraus vorhanden war.

Auch hinaus nach den Inseln Schottlands gingen entweder Landeis-Ströme oder Treibeis-Massen. Watson[35]) untersuchte Arran, welche Insel gerade in der Mündung des Clyde-Fjord liegt. Er scheint auf dem Felsenboden selbst keine Streifung entdeckt zu haben; aber zusammen mit Conchylien, die aus einem kalten Meer stammen, fand er bis zu 320 Fuß herauf geschrammte Steine im Blockthon. Im Allgemeinen, bemerkt Watson, entspricht die Masse des Blockthons der Stätte, an der er vorkommt; das erkennt man schon an der rothen Färbung, welche der hier so verbreitete rothe Sandstein bedingt.

James Geikie glaubte, meist aus der Form gewölbter Felsen, auf der nördlichsten der Hebriden (Lewis), eine nach Nordwest hinziehende Scheuerrichtung andeuten zu können; aber nur an einer Stelle fand er Streifen. Die Insel besteht aus Gneiß, und die Masse des till, welcher den Boden bedeckt, gehörte beinah ausschließlich derselben Felsart an. Wie unsicher es indessen ist, nach einer einzigen Art von Merkmalen zu urtheilen, ersieht man daraus, daß Campbell[36]) auf den südlichen Hebriden gerade die entgegengesetzte Richtung, nämlich die aus Nord-Nordwest erkennen will; „das Eis, sagt er, scheint in der Richtung von Grönland hergekommen zu sein."

Watson drückt sich (1864) folgendermaßen aus: „Erst mußte Schnee auf den Höhen sich ansammeln, dann mußten Gletscher durch die Thäler herabgleiten, bis große Strecken bedeckt waren; dabei wurden Streifen eingeritzt und Blöcke ver-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

schleppt. An der Küste mußte der Eisstrom demnächst zermalmend niedersinken, zum Theil auf den unter ihm liegenden breiten Stücken ruhend, bis er in einer Tiefe, die im Verhältniß zur Mächtigkeit des Eises stand, durch Emportreiben gehoben und auftauchend längs dem Lande die flache Terrasse bildete, welche arktischen Reisenden als der „Eisfuß" bekannt ist. Außerhalb des Eisfußes kennt man die Scenerie aus Grönland, ja selbst aus einigen Fjorden des nördlichsten Norwegen: schwimmende Eisberge, mit Bruchstücken belastet, treiben vor Wind und Strömung, Eismassen tauchen thauend empor und bringen Steine, an welche sie festgefroren waren, vom Grunde herauf, und alles das konnten sie auf einem Niveau, welches bedeutend höher als die ursprüngliche Stelle war, fallen lassen. Es kommt dazu schlammiges Süßwasser, eiskalt ausströmend und alles Thier- wie Pflanzenleben zerstörend. Endlich am Rande des Eisfußes eine steile Bank, in große Tiefe herabgesenkt, und außerhalb derselben: Grus, Sand und Schlamm, selten Tang, sowie dicht dabei eine Fülle animalischen Lebens in üppigstem Getümmel."

So ungefähr mag man wohl die Dinge am Rand des Meeres sich vorstellen, seit H. Rink's [37]) Beschreibung von Grönland 1857 lehrte, daß mächtiges Gletschereis, ins Meer hinabgleitend, den Grund bis zu 1000 Fuß unter dem Meeresspiegel schrammen kann, und seit Lyell 1863 diese Erfahrung gelegentlich für Eis in Anwendung brachte, das, wie er annahm, mit derselben Einwirkung in den schottischen Fjorden herabstieg.

An der gegenwärtigen Westküste von England, in Cumberland, gegenüber der Insel Man, lag abermals eine Scheide für die Eisbewegung. Eine Linie, die auf einer Karte von West nach Ost mit kleiner Abweichung nach Süd gezogen wird von

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Cumberland durch Westmoreland herüber nach den obersten Thälern von Yorkshire und über Höhen von 2200—2400 Fuß hinweg, scheidet die nach Norden und Süden gerichtete Bewegung. Die Merkmale hat Goodchild[38]) 1875 mit großer Ausführlichkeit auf einer Karte verzeichnet, wobei er einige in die Augen fallende Beweise dafür hinzufügt, wie wenig die Eisdecke auf einer Strecke in 2100 Fuß Höhe ausgerichtet hat. Hier hatte sie nämlich die schwach „gerippelten" Oberflächen, die alten Wellenschlag-Merkmale, welche die Schichten des Felsenbodens gerade dort aufweisen, nicht einmal ganz ausgelöscht. Diese Kräuselungen von Seestranden, an denen kleine Wellen rollen, kennt ja ein Jeder.

Wales wies wohl zu allererst ein Beispiel für eine Ausgangsstätte auf. Schon Buckland deutete (1842) ein Centralfeld für die Eisbewegung um den Snowdon herum an. Von da strahlen die Merkmale in sieben verschiedenen Thalrichtungen aus. Dessenungeachtet findet man auch in Wales Spuren von dem Stande eines kalten Meeres, und das hoch oben. Trimmer entdeckte an einer Stelle Schalenreste mehr als 1300 Fuß über dem Meere, während späterhin mehrere Oertlichkeiten solche zwischen 1000 und 1400 Fuß aufwiesen.

Bevor wir England verlassen, wollen wir uns noch eine Linie merken, die Ch. Lyell zieht, um den südlichen Theil Englands, welcher außerhalb irgendwelcher Spur von Eiswirkung liegt, abzugrenzen. Dieselbe kann auf der Karte gezogen werden von Rochester in westlicher Richtung, aber im Süden des Themsethales, dann steil hinauf nach Gloucester und wieder hinab zum Bristol-Kanal. Aeußerst im Osten, auf der gebogenen Küstenlinie von Norfolk und Suffolk findet man dagegen, wie versichert wird, Blöcke aus dem skandinavischen Norden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Diese Blockgrenze ist indessen besser bekannt in Nord-Deutschland und Rußland. In einem großen Halbkreis umgiebt sie den skandinavischen Norden, indem die Natur der Blöcke, bei dem Fortschritt in der Untersuchung der Länder, auf eine Verschleppung nach bestimmten Richtungen hin und von bestimmten Punkten des Nordens her mit immer größerer Sicherheit verweist. Während die älteren diesen Stoff behandelnden Arbeiten uns in Ungewißheit lassen, da die Unkenntniß der Gesteine der Länder sogar die Ansicht, daß die Blöcke vom Harz oder anderen in Nord-Deutschland nunmehr verschwundenen Felsen stammen sollten, hervortreten ließ: so kann nun, nachdem die Felsarten und festgestellten Formationsfolgen der betreffenden Länder auf Karten aufgenommen sind, nicht der mindeste Zweifel zurückbleiben. Die Blöcke gehörten nimmer den Fundstellen an; sie sind fremde.

Die Ausbreitungsgrenze der nordischen Blöcke ist für Holland bis ins Einzelne auf Staaring's [39]) Karte der Niederlande verzeichnet. Diese Grenze erstreckt sich von Gröningen südwärts, auf dem Striche im Osten der Zuider-See, ungefähr an der eigenen Grenze von Holland. Leopold von Buch (1811) und Polens Erforscher Pusch [40]) (1836) fassen den weitern Verlauf folgendermaßen zusammen: an den Nord- und Ostrand des Teutoburger Waldes, der Weser-Berge, des Harz; von da aus zum Nordrand des Erzgebirges, Riesengebirges und über Krakau hinein nach Rußland — überall bis zu Höhen von 600 bis 800 Fuß.

Auf dem Schlachtfeld bei Lützen war schon längst der „Schwedenstein" als ein schwedischer Block bekannt. Und Leop. v. Buch, welcher den Norden bereist hatte, machte darauf aufmerksam, daß die Blöcke auf der norddeutschen Ebene nicht

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

überall in gleicher Menge ausgebreitet sind. Große Flächen fand man ganz frei; dagegen wiederum sah man sie längs den Höhenzügen in Reih und Glied liegen.

Auf seiner Karte von Rußland (1845) hat der berühmte Geologe Murchison[41]) die Grenze folgendermaßen aufgestellt: nach einer Biegung um die Höhen im Norden von Krakau verläuft dieselbe über Kaluga und Woronesh, schneidet dann die Wolga an der Mündung der Oka, ist weiter kenntlich gegen den Ural hin, den sie nicht überschreitet, bei Ustnem und biegt dann zurück zur Tscheskaja-Bucht, im Osten des weißen Meeres. General von Helmersen[42]) bestätigt (1869) diese Ausbreitung, welcher er nur wenig hinzufügt, und giebt überdies für einzelne Verschleppungen die Richtung mit Bestimmtheit an.

Die Menge der so gewanderten Blöcke ist gewiß ansehnlich genug, doch nicht ohne Ende und Maß; denn es ist eine bekannte Sache, daß die Blöcke mehr und mehr verschwinden, weil sie natürlicherweise in Gebrauch genommen werden. Falconet's Reiterstatue von Peter I. steht auf dem Senatsplatze in St. Petersburg auf einem außerordentlich großen Block, welcher dicht bei der Stadt entnommen wurde, wo er unter dem Namen Grom (der Donner) bekannt war. Es ist finnländischer Granit. Bei der Anlage der Nikolai-Brücke versenkte man um die behauenen Granitpfeiler herum zum Schutz gegen den Strom Tausende von finnischen Wanderblöcken. Wenn diese Beispiele nicht gerade sehr überraschen, weil die Ausgangsstelle noch in der Nähe liegt, so ist der Bericht über ferner gelegene Fundstätten um so schlagender. Die vielen fremden Blöcke, die man früher auf dem Wege zwischen St. Petersburg und Moskau zu Gesicht bekam, sind verschwunden; sie wurden für Chausseen und Eisenbahnen fortgenommen. Man hat sich daher nach mehr Material umgesehen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

und solches noch etwas nördlich von Moskau aus tieferen Gruschichten hervorgeholt. Große fremde, aus Finnland stammende Steine von 2 Fuß Durchmesser waren dort gemischt mit andern, die der Stelle selbst, dem Kalkstein des Moskau-Feldes angehörten.

Um die Richtung, in welcher diese Blöcke vertragen sind, mit Sicherheit zu bestimmen, bedarf es der zuverlässigen Kenntniß der Verbreitung der in Skandinavien und Rußland anstehenden Felsarten. Vermuthungen und Theorien können uns hier nicht forthelfen. Gelingt es aber, die verschleppten Steine auf ihre Heimathsstätte zurückzuführen, so ist der Weg der Wanderung klar und kann auf der Karte mit einem Strich eingetragen werden. Wird behauptet, daß eine große Zahl Blöcke aus Finnland stammen, so muß erst eine Gesammtkarte von Finnland selbst vorliegen. Den eigenthümlichen finnländischen Granit, der unter dem Namen rapakivi bekannt ist, findet man nach v. Helmersen anstehend bis zu Höhen von 700 Fuß. Nichtsdestoweniger aber trifft man Blöcke davon, und namentlich einen großen auffallenden Block auf dem Plateau des Waldai, südöstlich von St. Petersburg, auf einer Höhe von 850 Fuß. Eben so sicher scheint die Verschleppung der wohlbekannten Lyckholm-Schichten zu sein, die in Estland in der Nähe von Hapsal geradeüber Dagö kaum 250 Fuß hoch vorkommen und in Nieder-Schlesien bei Sadewitz 450—550 Fuß über dem Meere liegen. Auch für den rothen Onega-Sandstein mit Wellenschlagsmerkmalen, der am Westufer des Onegasee 250 Fuß hoch ansteht, ist die Fortschaffung nach Süden und Südwesten auf Stellen von mehr als 350 Fuß Höhe sicher anzunehmen.

Der Breslauer Geologe Ferd. Römer[43]), welcher den Norden kennt, giebt folgende sichere Richtungen an. Die weiße

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Kreide von Dänemark und Schonen ist nach Süden und Südosten über Norddeutschland, der Saltholm-Kalkstein (von Seeland) südwärts bis Berlin verbreitet; Steine aus West-Gothland und Oeland gelangten nach Süden und Südosten bis Meklenburg, Pommern und zur Mark Brandenburg, die Steine der Insel Gothland südlich und südwestlich nach Norddeutschland im Osten der Elbe, dieselben südwestlich auch bis Gröningen, dem äußersten Grenzpunkte in Holland, Steine aus Livland in derselben Richtung nach Posen und Ostpreußen. Da diese verschiedenen Blöcke zum großen Theil gewöhnlichen Schichtengesteinen, wie Kalkstein und dergl., angehören, sollte man glauben, daß eine Verwechselung leicht möglich und nichts von Obigem sicher sei. Aber gerade das Entgegengesetzte ist hier der Fall. Mittelst seiner genauen Kenntniß der Etagen des Nordens und der Versteinerungen jeder einzelnen Etage hat Römer die Heimath der erratischen Bruchstücke nach deren Versteinerungen bestimmt.

An mehreren Stellen entdeckte man in Schlesien noch innerhalb der Blockgrenze Reste sowohl des Mammuth wie auch des zweihornigen Rhinoceros, und zwar namentlich am vollständigsten und deutlichsten bei Ratibor an der Oder.

Wir gelangen nun nach Skandinavien, welches somit durch die Blockgrenze unverkennbar als der große Raum der Ausbreitungsstätte angedeutet wird. Weshalb man so lange Zeit, gestützt auf Namen wie Leop. v. Buch und Berzelius, der von den Schweizer Glacialisten aufgestellten Deutung der Verhältnisse des Nordens sich widersetzte, dafür lag der Grund darin, daß diese nicht auf sichere Merkmale hinweisen konnten; und so lange war der Widerstand sowohl berechtigt wie nützlich, weil er der Unsicherheit, Verwirrung und einer verkehrten Entwickelung,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

welche Mißgriffe mit unrichtigen Beweisgründen nach sich ziehen, vorbeugte. Die erste Bedingung für Gletscher, wendete L. v. Buch ein, ist ein zusammenhängendes Schneefeld. Wo aber fand sich ein solches? Man ließ nämlich das Eis vom Polarmeere aus über den Norden hinweggehen. Und dagegen, daß die „åsar“ Schwedens Moränen sein sollten, eiferte Berzelius. Man hatte hingewiesen auf die so berühmten schwedischen åsar — lange, schichtweise aufgebaute Rücken von Grus und Geröllen — und berief sich nun auf dieselben als Moränen, welche die Eisbewegung schuf. Allein das war vollkommen unrichtig. Die schwedischen åsar sind offenbar nicht Moränen sondern, wie General v. Helmersen 1869 zeigte, vielmehr Reste, welche das fließende Wasser aus einstmals weiter ausgedehnten Auffüllungen herausschnitt. Auf gleiche Weise deutet derselbe Beobachter die åsar Finnland's, wie den „Schweinerücken“, nahe bei Viborg; und am deutlichsten ist die Bildung am südlichen Ende des Onegasee dargelegt, wo gegenwärtig die åsar in einem alten, durch Blöcke und Grus verborgenenen Thalgrund zwischen den, von Ost einströmenden Flüssen Andoma und Ileska vorkommen. Das Thal war vor der Eiszeit gebildet, es füllte sich mit fremdem Material, und in diesem haben später die Flüsse derartig gewühlt, daß die åsar als Rücken zurückblieben. Auch in Norwegen fehlen åsar selbst unter ähnlichen, die scharfe Form treffend bezeichnenden Benennungen keineswegs; „Gederyggen“ (der Ziegenrücken), am Ende des Nord-See bei Skien, und Mo-Aasen, (der Heiderücken), in Smaalenene, ergaben sich 1868 nachweislich als übrig gebliebene herausgeschnittene Reste von Terrassen. Da man also in solchen Grus- und Sandrücken mit Schichte auf Schichte Moränen nicht erkennen kann, war Berzelius in seinem vollen Rechte.

Nichts destoweniger liegen lange Reihen von Moränen in

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Norwegen zur Schau und sind dort, zugleich mit andern Gliedern der Eisperiode und der darauf folgenden Zeit, seit September 1858 auf einer Karte verzeichnet.[44]) Wie in anderen Gegenden waren auch in Norwegen verschiedene Moränenwälle sogar auf gewöhnlichen Karten ersichtlich, und gleichzeitig bot die Lage von, hinter ihnen abgesperrten Seen — Ch. Martin's „Moränenseen" — schon damals einen Fingerzeig für ihre Auffindung.

Wer die äußersten Hauptreihen sich veranschaulichen will, der kann auf einer Karte der Umgebungen des Christiania-Fjordes von den einander gegenüber liegenden Städten Moß und Horten Linien nach Sarpsborg und Fredrikshald auf der einen, sowie nach Laurvig und dem Langesund-Fjord auf der andern Seite ziehen, und zwar, falls die Karte groß genug ist, um kleine Seen anzudeuten, vorne vor diesen. Die Scheuerstreifen weisen auf jeder Seite des Fjordes gerade gegen diese Linien; und derjenige, welcher einige Kenntniß von den nordwärts anstehenden, am meisten in die Augen fallenden Felsarten besitzt, z. B. nur von dem Christiania-Syenit und dem Drammen-Granit, wird diese sowohl in großen Blöcken als auch in kleinen geschrammten Steinen wiedererkennen. Die Bänke weisen dieselben so auf, wie eben Blöcke und Steine vor den Gletscherzungen gemengt erscheinen. Die gesammten End- und Grundmoränen, welche auf den ersten Karten als „Glacialbänke" angegeben wurden, sind wahre Moränen.

Felder, von denen in Norwegen die Bewegungen ausstrahlten, erkennt man auf den ersten Karten, welche die Richtungen der Scheuerstreifen zusammenfaßten, namentlich auf der von Hörbye (1857). Thatsächlich haben alle spätern Untersuchungen nur bestätigt, was die Betrachtung dieser Karte bereits lehrt, daß

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

nämlich die Streifen allen Bodeneinsenkungen folgen und zwar rund herum von den Höhen nach den Tiefen, sowohl auf den Gebirgsländern als auch in den großen Hauptthälern.

Es ist in Skandinavien schwierig, Stellen aufzuweisen, die von der scheuernden und glättenden Einwirkung des Eises nicht berührt sind; doch dürften dieselben gewiß in größerer Erstreckung als gerade jetzt angegeben werden kann vorkommen. Keilhau sah keine Spur von „Friktion" am Gipfel des Sulutind auf dem Filefjaeld (5750 Fuß). Auf dem großen Gebirgsland, auf der Weite zwischen dem West- und Ostlande im centralen Norwegen, gewahrt man auf Punkten über 4000 Fuß nur wenige Stellen mit Scheuerstreifen. An der Gebirgsgruppe der Ronder sahen Fearnley und Mejdell keine Scheuermarken. Auf dem Forelhaagn, zwischen Dovre und Kjölen (4243 Fuß), fand Hörbye ebensowenig eine Spur als auf Senjen oberhalb 800 Fuß Meereshöhe.

Die Streifung, und mit ihr die Verschleppung von Blöcken und Grus, verlaufen in Norwegen im Ganzen genommen nach allen Seiten hinaus von den mannigfaltig modellirten Höhen der Strecke zwischen den Hardanger-Fjaelden im Süden über die Jotun-Fjaelde, Dovre- und Faemun-Fjaelde nach dem Sulitjelma und den Tromsö-Fjaelden im Norden; mit anderen Worten, es läuft die Scheidungslinie in manchem Bogen über die Langfjaelde, den Dovre und Kjölen.

Während man, wie Torell[45]) 1864 behauptete, sicherlich die äußersten Endmoränen draußen im Meere suchen muß, bezeugen doch in Norwegen Reihen von Moränen die Abschmelzung der Eisdecke. Die Moränenwälle bezeichnen hier Stadien während des Abschmelzens[46]). Zu äußerst an der Mündung des Christiania-Fjordes liegen die Reihen, welche man zum Theil bereits auf den Amtskarten gewahrte und welche theilweise auch den

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

eigenthümlichen Namen „Ra" führen; so Mosse-Ra nach Sarpsborg und weiter, und auf der andern Seite die entsprechende Reihe, welche Horten-Ra genannt werden kann, bis Laurvig und darüber hinaus. Demnächst trifft man eine innere Reihe, welche im Süden des Bunde-Fjord die Landbauschule von Aas durchschneidet, dann noch weiter nach Innen bei Christiania eine, quer über Thalgründe laufende, mehr zerstückelte u. s. w., — was man alles auf den Karten sehen kann. Aber von nun an, in den Hauptthälern nach aufwärts stößt man nicht eher auf eine querüber liegende Endmoräne als im Glommenthal bei Kongsvinger, und dann erst wieder im Rendal unfern des „Jutulhugget." Ein auffallender Mangel an deutlichen, querüber liegenden Endmoränen ist das nächste Zeichen, welches nach den großen, zu äußerst liegenden Moränenwällen dem Wanderer entgegentritt. Dasselbe ist auch im Nordenfjaeldischen der Fall. An einigen Stellen liegen Moränenwälle ganz draußen am Grunde des Fjordes, wie bei Stenkjaer; aber nachher trifft man sie erst wieder hoch oben im Gebirgskörper. Die kleinen Seen, welche bekanntlich in Bergens Stift nahe bei den innersten Fjord-Armen vorkommen, faßte Codrington[47]) 1860 als Moränenseen auf. Gemäß dieser Anschauungsweise bildet die Abdämmung zwischen dem Fjord und dem kleinen See — Codrington nennt ihrer 13 im Hardanger-, Sogne- und Nordfjord — von Anfang an eine Endmoräne. Westwärts gewahrt man, nach den äußersten Moränen auf Jaedern und der Esmark-Moräne am Lysefjord, daß die wenigen querüber liegenden Moränen einen Raum zwischen Bäverdalen in Lomb, Mjösstranden in Telemarken u. s. w. für eine im Bergen-Stift zusammengeschmolzene Eisdecke andeuten, welche die Röldal-Fjaelde, den Folgefonn und Justedal-Bräen umfaßte. Folgt man diesen und anderen Spuren, so sieht man, daß das Eis zu denselben großen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ausgangsstellen sich zurückzog, von welchen auch die Scheuerstreifen ausstrahlen, nämlich zu den Langfjaelden, zum Dovre und Kjölen.

Die Spuren des letzten Abschnittes der Eiszeit sind diejenigen, welche dem Untersucher zunächst liegen. Von da hinein in die dämmernden, über dahingeschwundenen Zeiten schwebenden Schleier ist es ein weiter Schritt, wenn wir uns von der sichern Betrachtung des Abschnittes der Zurückschmelzung zu einer Erörterung des Zustandes herüber wagen, welcher vor dem Zustandekommen der größten Mächtigkeit, oder gar vor der beginnenden Ausbreitung der Eisdecke eintrat. Das Unvollkommene in der Kenntniß der Eiszeit des Nordens liegt gerade in dem, was hier noch fehlt. Allein es scheint als ob Otto Torell's Forschungen begonnen haben den Schleier zu lüften.

In Schweden hat Torell den Anfang gemacht, die Merkmale zu sammeln, um dieselben als Zeugen für das Dasein verschiedener Eisströme, die nach seiner Ansicht alle Landeis bildeten, in die verschiedenen Zeitabschnitte einer großen Eisperiode einzuordnen. Diese Abschnitte sind: erstens die große Ausbreitung bis an die Blockgrenze in Deutschland mit ihrem überwiegenden finnländischen Eisstrom, dann der Eisstrom der Ostsee, der baltische, mit veränderter Richtung, welche der Namen hinlänglich andeutet, und demnächst die Ströme, welche nur dem eigenen Landgebiete von Skandinavien angehörten und schließlich in diejenigen der großen Gebirgsthäler sich auflösten.

Die zahlreichen Erfahrungen, die Torell auf seinen weiten, nach Grönland, Island und Spitzbergen ausgedehnten Reisen sammelte — über welche Länder er uns 1857 belehrt hat, daß Gletschereis dort wie überall, und nicht blos in den Alpen, hinter oder über sich ein zusammenhängendes Schneefeld bedarf — so wie seine Kenntniß der hier in Frage kommenden Verhältnisse

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

Nordeuropa's bringen es mit sich, daß wir den von ihm aufgestellten Anschauungen ganz besondere Aufmerksamkeit schenken müssen. Es ist auch Torell, der, vermittelst seiner Einsicht in die Fauna des arktischen Meeres, die Natur der skandinavischen Eiszeit-Ablagerungen (1864—72) durch Muscheln wie Yoldia arctica und Arca glacialis, in welchen Namen das Eis spricht, auf eine bestimmte und unwiderlegliche Weise dargethan hat.

Die größte Wichtigkeit für die zukünftige Erforschung der nordischen Eiszeit dürfte aber doch in Torell's Hinweis auf gewisse Strecken als älterer, im Norden vor der Eisausbreitung vorhandener Boden liegen, nämlich: zu beiden Seiten des Oeresund 100 Fuß mächtiger Sand mit Kohlenschmitzen und Bernsteinstückchen der älteren Braunkohlenformation, und in Dänemark Thon mit Schalen von Cyprina islandica, Schalen, die man, wie es scheint, zerbrochen an Ort und Stelle findet; ferner im Weichselthale wie auch in Ostpreußen die ähnlichen (von G. Berendt 1867 nachgewiesen) alten Bodenschichten mit zerbrochenen Schalen. Denn in diesem, solchergestalt nachgewiesenen Boden hat man wiederum ein Merkmal auch für den Norden; es hat den Anschein, daß die Eisdecke selbst über den flachen Boden von Dänemark hinausschritt, den sie nicht aufgegraben, an dem sie aber durch Pressung und Druck in sehr anschaulicher Weise ihre Gewalt geübt hat.

Die großen Schwierigkeiten, die hier sich entgegenstellen, erwachsen daraus, daß Zustände, welche mit einander verwechselt werden könnten, sowohl durch die Eiszeit abgelöst wurden, als auch derselben wiederum folgten. Gleichwie Nathorst[48]) und Steenstrup Reste der Zwergbirke im Thon und Torf der jüngsten Ablagerungen nach der Eiszeit entdeckten, ebenso mögen in gleicher Weise deutlich sprechende Spuren unter den Moränen aus Ablagerungen, die vor der Eiszeit entstanden, hervorgezogen werden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Von der Blockverbreitung in Dänemark, wo Johnstrup und Deichmann-Branth[49]) eine Menge Beweise für die Verschleppungsrichtungen zusammenbringen, weiß man durch bereitwillige Mittheilung dieser Forscher, daß Steine vom Christiania-Fjord und vom Mjösensee in jedem Fall südwärts bis Jütland vertragen sind. Mehrere von den, in jenen Gegenden Norwegens so stark ausgeprägten Felsarten kann man in der That als Handstücke ebenso gut von den dänischen Blöcken als an deren Heimstätten im Gebirg sich verschaffen, so z. B. den prachtvollen Syenit von Laurvig, den schwarzen Porphyr von Holmestrand, den feinkörnigen Grünstein von Christiania.

Ueberdies suchte Johnstrup (1873) zu zeigen, daß auf beiden Seiten des breiten Sundes zwischen Möen und Rügen der breite Eisstrom die Kreideschichten aufgebrochen, gepreßt, übereinandergeschoben und durch Seitendruck eine Unordnung hervorgebracht hat, deren Spuren die schönen Klitter aufweisen. Bei dem Zunehmen des Landeises mußte, wie Johnstrup[50]) sich ausdrückt, die Ostsee erst mit Treibeis, dann mit dicht zusammengepacktem und zuletzt mit festem Eis sich füllen; denn sobald das Eis an Mächtigkeit die Tiefe der Ostsee nur um $\frac{1}{9}$ übertraf, wurde es schon im Gleichgewicht gehalten.

So widerstrebend der Gedanke eines im Vergleich zum gegenwärtigen Zustande so ungeheuern Unterschiedes immerhin sein mag, es scheint die Forschung doch dafür Merkmale aufzuführen; diese aber zeigen, daß die Eisdecke von Skandinavien vorrückte, indem sie über dasjenige, was bereits vorhanden vorlag, hinwegglitt und Blöcke wie Schutt bis herab zur Blockgrenze in Deutschland zurückließ. Welche Rolle dabei der Meeresbedeckung an jeder Stelle zukommt, das scheint noch nicht durch unwiderlegliche Anzeichen klar nachgewiesen werden zu können. In Norwegen[51]) liest man ihre Spur aus einem, der großen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Abschmelzung kurz voraufgegangenen Abschnitt an Höhen ab, die ungefähr 600 Fuß über dem gegenwärtigen Meeresspiegel liegen.

Im Süden des finnischen Meerbusens breiten sich Estland, Livland und Kurland aus. Dort haben Grewingk[52]) (1861) und Friedrich Schmidt[53]) (1865) die Merkmale, die uns hier beschäftigen, bis auf die kleinsten Einzelheiten ausfindig gemacht. Gleichwie Südschweden sind diese Länder in hohem Grade mit verschlepptem Material bedeckt. Grewingk fand die Streifungsrichtung in der Gegend des Peipussee diesem folgend, d. i. NNW—SSO, im Süden des Peipus dagegen N—S. Auf Dagö weist die Streifung gegen SW, also nach Schlesien, wohin auch die Versteinerungen der Lyckholm-Schicht vertragen sind, und dieselbe Richtung gewahrt man noch mitten zwischen Oesel und dem Peipussee. In Estland dagegen fand Dr. Schmidt die Hauptrichtung von NW ausgehend, von Finnland und Schweden herüber.

Gleichwie das verschleppte Material am Südrand der Alpen über das Schweizer Tiefland und am Zürcher See, in den Vogesen, in Bayern und Tyrol in den alten bereits vorhandenen Thälern fortbewegt wurde: so ist auch das Thalsystem der eben genannten baltischen Länder älter als die Eiszeit. Das verkündigen diese Länder durch ihren Bau in einer genau bekannten Etagenfolge von silurischen und darüber devonischen Schichten. Grewingk zeigt, wie die Oberflächengestaltung in eben diesem Bau begründet ist. Hier müssen wir abermals einen Blick auf die Karten werfen.

Die 3 Becken der Riga-Bucht sowie der Seen Wirz-Järv und Peipus haben sowohl eine ähnliche Hauptform — nordwärts erweitert und südwärts zugespitzt — als auch dieselbe Richtung. Nun ist gerade der Schichtenbau in dem großen Etagensystem, welches den festen Felsgrund bildet, ein solcher, daß diese Becken

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

durch 3 flache Sättel abgegrenzt werden.[54]) Ebenso gestaltet sich das Verhältniß der Flußlaufslinien und zwar wie folgt:

Torgel, Aa (in Livland), Ewst —

Düna, Memel, Aa (in Kurland), Windau.

Die Flußläufe gehen rechtwinkelig von den Hauptfalten aus, welche gerade in entgegengesetzter Richtung streichen, nämlich in Estland längst des Peipus, in Kurland quer entgegen. Diese

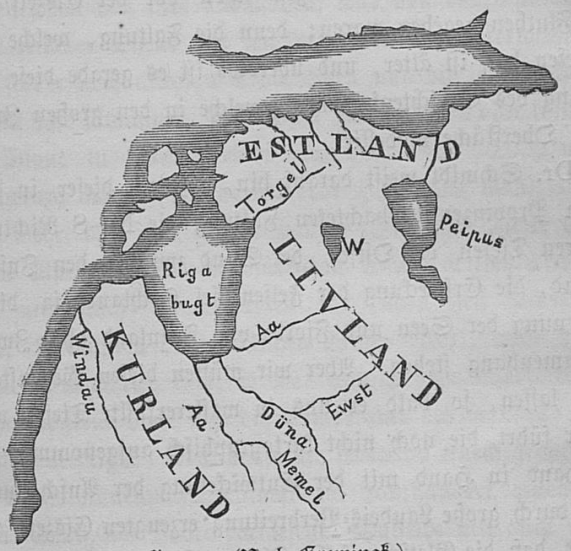

Fig. 5. (Nach Grewingk.)

Hauptflüsse ziehen also gerade an den Abdachungen herab. Ueberdies fügt Dr. Schmidt hinzu, daß, entsprechend den Faltungen des Schichtensystems der Grundlage, an dem Nordrande Estland's die Landspitzen, sowie fast alle Bachläufe dieser Seite in derselben Richtung (NW) auslaufen; ja, in vielen Fällen kann es nachgewiesen werden, daß die kleinen Flußbetten mit ihren Thälern wirklich die flachen Falten selbst sind.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Was dann später in der Eiszeit über das Land hinwegging und die großen Auffüllungen über dem festen Felsenboden ablagerte, so hat das nicht einmal die zu oberst lose liegenden (devonischen) Sandsteine, auch nicht die (Jura-) Braunkohle und den, diese begleitenden Treibsand, welche im südwestlichen Kurland vorkommen, überall fortrechen können. Grewingk schließt daraus, daß die Höhenverhältnisse der Ostsee-Provinzen, so wie sie jetzt sind, im Großen und Ganzen schon vor der Eiszeit oder vor den Fluthen gegeben waren; denn die Faltung, welche er nachgewiesen hat, ist älter, und überdies ist es gerade diese schwache Faltung des Schichtensystemes, welche in den großen Zügen die ganze Oberfläche modellirt.

Dr. Schmidt weist darauf hin, daß mit dieser, in den baltischen Provinzen beobachteten Faltung die N—S Richtung der größeren Tiefen der Ostsee, der Sund zwischen den Inseln und Estland, die Erstreckung der Felseninsel Hochland, ja, die ganze Anordnung der Seen und Fjorde von Finnland ohne Zweifel in Zusammenhang stehen. Aber wir müssen diesen Gegenstand bei Seite lassen, so bald er uns in wassererfüllte Tiefen und auf Länder führt, die noch nicht kartographisch aufgenommen sind.

Hand in Hand mit der Entwickelung der Anschauung von einer, durch große Landeis-Verbreitung erzeugten Eiszeit geht die Ansicht, daß die Gletscher selbst Thäler, Seen und Fjorde gebildet haben. Was den Norden betrifft, ist wohl der Verfasser Robert Chambers[55]) der erste, welcher (1849, 1853, 1855) in Folge eigener Anschauung für überzeugt sich erklärte, daß die Gebirgslandschaft von Schottland und Skandinavien durch Eis gebildet ward, daß die während längerer Zeiten nach aus- wie nach abwärts gerichtete Bewegung des Eises die Thäler ausgetieft und erweitert habe. Die augenscheinlich sehr große Masse von thatsächlich verschlepptem Material scheint vortrefflich mit einer solchen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ansicht in Einklang zu stehen. Unter dem Eindruck der Menge dieser vertragenen Massen stellte der Meteorologe Kämtz[56]) (1858) die Theorie auf, daß der Norden als ein überaus hohes Land emporragte und somit ganz dazu angethan war, Gletscherbildung sowie nach auswärts gerichtete Bewegung zu vermitteln. Wir müssen, sagt er, wiederum auf die Gebirge legen alle die Blöcke, welche wir fern von den Alpen treffen und welche gewiß nur einen kleinen Theil von dem ausmachen, was von daher stammt, weil ja die feineren Theile mit den Gewässern weiter fortgeführt sind, auch ferner noch alles, was die Seen und die lombardische Ebene erfüllt und sämmtliche Gerölle der Donau. So aber könnte der Mont Blanc in jener Periode eine Höhe von 20,000 und die Schneegrenze in den Gegenden eine Höhe von 9000, also 1000 Fuß mehr als jetzt gehabt haben. In Folge dieser Erhöhung der Alpen mußten die südlichen Winde stärker wirken, und wenn nun auch Skandinavien zur selben Zeit mit Eis bedeckt war, so mußten die nördlichen Winde Nebel, trübe Luft und Wolken verursachen; kurz, es war eine größere Ausbreitung der Gletscher denkbar ohne daß die Temperatur des Erdballs im Ganzen sich erniedrigte. Man denke sich ferner an einem größeren Gletscher die Moränenmasse einmal im Jahrhundert erneuert, und das durch 20,000 Jahre fortgesetzt. Dasselbe gilt auch von dem Schlamm der Flüsse, und veranschlagt hier Kämtz, auf Grund der Bestimmungen Bischof's, das vom Rhein und allen seinen Nebenflüssen mitgeführte Material alljährlich gleich einem Kegel mit einer Neigung von 1 in 1 und einer Höhe von 400 Fuß. In Skandinavien dann vermeint Kämtz, gemäß derselben Betrachtung und wenn man die Hälfte der über Finnland und Estland verschleppten Massen von Norwegen und Schweden herleitet, ein ursprüngliches Gebirgsstück von 1000 Fuß Höhe dem 225 Meilen langen Gebirgsrücken auflegen zu können.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Finnland dagegen, welches so viel geliefert hat, müßte man bis 10,000 Fuß hoch aufbauen können. Gewiß wird hier alles als Einnahme aufgeführt, was von den gewöhnlichen fließenden Wassern kommt, und man vergißt, wie Bonney 1871 bemerkt, bei allen ähnlichen Berechnungen, welche auf die Schlammführung der Flüsse sich stützen, daß dasjenige, was in den Gletscherbächen schwebt und dieselben trübt, nicht sammt und sonders am Grunde des Gletschers abgerieben ist, da der größte Theil des Materiales von obenher auf den Gletscher gelangte und später zuletzt seinen Weg nach dem Gletscherbach fand. Auch spricht der Gletscherkenner Rütimeyer[57]) (1869) vollständig das Gegentheil in den Worten aus: „Mit Vergletscherung wird Thalbildung stille gestellt; sie geht nur außerhalb und oberhalb der Eisdecke vorwärts. Die Gletscherperiode ist für die Thalbildung eine Ruheperiode."

Aber dieselben Anschauungen in Betreff der aushöhlenden Kraft der Gletscher, welche vermöge einer, theils zertrümmernden theils verdrängenden oder selbst herausscheuernden Wirkung thätig sein soll, haben einen noch bestimmteren und schöneren Ausdruck in den von Mortillet, Ramsay und Tyndall aufgestellten Theorien gefunden.

Da in Italien die großen Moränen alle auf älteren, wagrecht ausgebreiteten Sand- und Geröllschichten ruhen, welche gegenwärtig bis zu 40—50 Meter oberhalb des Spiegels der Seen emporreichen, und da die Tiefe der Seen („der trogförmigen Seen" heißt es dort) im Lago di Como bis 600, und im Lago d'Iseo bis 300 Meter herniedergeht: so konnte Mortillet[58]) (1862) für das Dasein der Seen keine andere Erklärungsweise herausfinden als die, daß sie alle früher bis zu jenem Niveau mit Schichten loser Massen erfüllt waren, und daß der Gletscher diese letzteren später sammt und sonders herausgedrückt hatte.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Desor[59]) und Omboni dagegen, welche in den Wirkungen der Gletscher keine Spur einer solchen Kraft fanden, stellten sich vor, daß die Seen bereits zeitig durch Eis geschützt wurden.

Ungefähr um dieselbe Zeit erbrachte Ramsay[60]) — welcher, indem er die Verbreitung der Blöcke auf dem Schweizer Tieflande Eisbergen zuschrieb, noch 1859 der „Drift" sich anschloß, aber darauf mit Desor als Führer den Jura besucht hatte — noch weiter gehende Behauptungen mit der Annahme, daß die Seetröge durch Gletscher selbst in festem Gestein ausgehöhlt seien. Diese beruhen auf der Grundlage, daß, wie Ramsay 1859 und 1860 nachwies, in Wales gewisse Teiche oder kleine Seen mit Gletscherwirkungen in Verbindung zu stehen scheinen. „Einige von diesen Vertiefungen bekundeten sich allerdings als ältere, aber allgemeiner schienen sie hervorgebracht zu sein durch die größere Mächtigkeit, also auch durch die bedeutendere Kraft, mit welcher das Eis auf besondere Stellen in Folge von Zufälligkeiten einwirkte, von denen man jetzt nur schwer sich Rechenschaft ablegen kann." Von diesen kleinen Wasseransammlungen kommt dann Ramsay auf die Seen der Schweiz und der Lombardei. Er durchgeht erst Punkt für Punkt alle Erklärungen des Vorhandenseins der großen Seen. Da keine derselben befriedigt und da die eigenen Karten der Schweizer und lombardischen Geologen die Seen als einstmals mit Eis bedeckt aufweisen, so ist nur eine Kraft übrig, nämlich das fortbewegte Eis.

Der Genfersee, meint Ramsay, ward also durch den Druck des ungeheuern Rhonegletschers ausgehöhlt, welcher von der Politurgrenze droben bis zu der, am östlichen Ende gefundenen Seetiefe in einer Mächtigkeit von über 3700 Fuß herabreichte. Der Neufchateller und der Bieler See wurden ebenfalls durch den Rhonegletscher ausgehöhlt, der an den Jura stieß und gezwungen wurde, längs diesem sich fortzubewegen. So auch ent-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

stand der Comersee durch Gletscherdruck. Die große Tiefe der Seen spricht keineswegs gegen die Anschauung; denn, bemerkt Ramsay, die Tiefe ist, unter der Voraussetzung, daß die Theorie stichhaltig sei, ein Ausdruck für die Zeit und die senkrecht wirkende, zermalmende Kraft. So wurden also Räume für die Seen ausgehöhlt, und auch die bereits vorhandenen Thäler, welche den Gletschern die Richtungen angaben, erfuhren Veränderungen der Gestaltung unter der zermalmenden Wucht des Eises.

Eine fernere Bestätigung seiner Theorie findet Ramsay in dem geographischen Thatbestand, demzufolge die Seen häufiger werden, sobald wir, sowohl in Europa als auch in Nordamerika, weiter nordwärts vorschreiten. Auch die schottischen und norwegischen Fjorde sind nichts anderes als Verlängerungen nach Gletschern, welche durch die Thäler niedergingen, und die Thatsache, daß die Tiefe einiger schottischen Fjorde diejenige des davorliegenden Meeres übertrifft, wird ebenfalls durch die zermalmende Kraft des Eises erklärlich. Man weiß, daß ein Gletscher zum Meeresgrund hinabgleiten kann, bis er in gewissen Tiefen und bei bestimmter Mächtigkeit abbricht. Sofern als gegenwärtig die Tiefe des Fjordes innen so groß ist, daß das Eis in Stücken als Eisberge gehoben werden mußte, verweist Ramsay auf die Möglichkeit, es könnte das Land vorher so viel höher gewesen sein, um das richtige Verhältniß zu Stande zu bringen.

Um dieselbe Zeit (1862) geht der Physiker Tyndall[61]) noch weiter. Die Entstehung der Gipfel und Thäler der Alpen verursachte eine mächtiger aushöhlende Kraft als das Wasser; ihre gegenwärtige Formengestaltung verdanken sie wesentlich der Einwirkung alter Gletscher. Vielleicht eine Million Winter hat auf die Klippen des Haslithales ihren Einfluß geübt, und doch gewahrt man die Merkmale des Eises als wären sie von gestern! Daraus empfängt man aber den Eindruck, daß die Einwirkung

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

des Wassers nur verhältnißmäßig schwach ist. Daß dagegen ein so ungeheurer Gletscher wie der, welcher vom Mont Blanc bis zum Jura reichte, im Stande war, tiefe Thäler auszupflügen, „darüber kann wohl kein Zweifel herrschen". Je tiefer ein Gletscher auspflügt, desto mehr muß er sich zurückziehen. Der Gletscher zerstört daher sich selbst. Denn ein jedes tiefe Thal wirkt in den Alpen wie ein Ofen, der Ströme warmer Luft zu den Höhen hinaufsendet und dadurch die Bildung von Eis hemmt. Denkt man sich aber die heutigen Alpenthäler durch zusammengerückte Felsmassen wiederum wie früher geschlossen, so würden die großen Gletscher abermals ins Leben gerufen werden.

An jedem Gletscher, sagt Tyndall, sind zwei Kräfte in Wirksamkeit. Das Eis drückt auf jeden Punkt der Unterlage und zermalmt diese entweder zu Staub oder reißt sie von der Unterlage los, während das Wasser, welches in Gletschergegenden unausgesetzt fließt, die kleinen Stückchen ohne Unterlaß fortführt und den Fels wieder entblößt. Beschränkt man die Arbeit des Gletschers auf eine einfache Abschleifung des Felsens und giebt man dieser hinlänglich Zeit, so ist es nicht eine Hypothese, sondern eine physikalische Nothwendigkeit, daß sie Thäler aushöhlen kann. Aber der Gletscher verrichtet mehr als blos abschleifen. Die Felsen sind nicht überall eine gleich geartete, dicht schließende Masse; sie sind von Rissen durchsetzt und haben schwache Stellen, welche sie thatsächlich in einzelne Stücke abtheilen, und „ein Gletscher ist sicher im Stande, solche Massen ganz loszulösen."

Auf diese Weise ist die Arbeit der Gletscher erklärt. Entweder treiben sie das losere Material heraus, oder zermalmen durch ihre Wucht den festen Felsen, oder reißen Masse, Stück für Stück, von den Rissen los. Um diese Erklärungsweisen, ob sie nur allein die Aushöhlung von Seebecken oder auch gleichzeitig die Entstehung der ganzen Thalfurchen beschlagen, drehen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

sich vielleicht die meisten Aeußerungen brittischer Forscher, aber, sagt Murchison, bei den leitenden Geologen des Festlandes haben dieselben nicht den gleichen Anschluß gefunden. Jedoch auch in England selbst ist bestimmter Widerspruch gegen diese Theorien erhoben worden, und zwar von Geologen wie Murchison, Lyell, Falconer, der Herzog von Argyll, von Alpenforschern wie John Ball und Bonney, von Grönlandreisenden wie Whymper, von Physikern wie Mallet und noch andern. Was dazu beigetragen hat, dem Widerstand einen so entschiedenen Charakter zu ertheilen, ist wohl der Umstand, daß die Behauptung in Betreff der durch Eis bewirkten Aushöhlung Thäler, Seen und Fjorde nur einzig und allein als geographische, der Oberflächen-Geologie angehörende Thatsachen behandelt; als ob eine Wissenschaft, welche die Grundlage der Länder behandelt, über die tiefsten Züge im Bau dieses Fundamentes nichts weiter als dasjenige, was man auf der geographischen Karte entdeckt, zu sagen hätte

Vom Ende des Gletschers an der Moränengränze bis zu einem Anfang im Cirkus ist diese Theorie abgewiesen worden. Dr. Falconer[62]), welcher sowohl an den Alpen als auch am Himalaja die Gletscher untersucht hatte, griff dieselbe (1862) stark an, indem er nachwies, daß die Alpenseen vor Auffüllung bewahrt blieben, weil die Gletscher durch sie hindurch und über sie hinwegschritten, während auf der Südseite des Himalaja, wo die Thäler in hohem Grade mittelst der herbeischleppenden Arbeit der Gletscher angefüllt wurden, keine großen Seen vorkommen. Murchison[63]) beruft sich (1864) auf italienische, Schweizer und Vogesen-Geologen, welche nachgewiesen haben, daß sowohl in den Thälern als auch in den großen Seen mitten im Hauptwege der Eisströme inselförmige Partien ganz und unbeschädigt auftauchen. Lyell[64]) weist (1863) nach, daß die Lage des Genfer und

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

mancher andern Seen nicht mit der Linie des Hauptgletschers zusammentrifft, und ferner erhebt er, als einen noch stärkeren Gegenbeweis, den Einwand, daß bei vielen der größten Eisströme Seen fehlen, z. B. bei jenen, welche ohne diese zu bilden die großen Moränen nach Turin herabführten. John Ball[65]) wendet sich namentlich gegen die Auffassung Mortillet's und führt (1863) aus, wie in den untern Theilen eines Gletschers die Bewegung bis zur Hälfte von dem, was das Vorrücken an der Oberfläche ausmacht, herabgemindert wird, und wie in einer trogförmigen Einsenkung in der Tiefe Unbeweglichkeit eintreten, dagegen der obere Theil des Gletschers darüber hinweg schreiten wird. Also kann der Gletscher 30 engl. Kubikmeilen loser Massen nicht mit seiner Zunge herausstoßen, wie es am Lago Maggiore doch der Fall gewesen sein müßte. Denn nicht mit ihrer ganzen Masse leckt diese Eiszunge aus dem Troge wieder herauf. Der Herzog von Argyll[66]) greift ein bestimmtes Beispiel heraus und weist nach, wie in der Gegend von Inverary in Argyll-shire von 6 kleinen Seen nur an 1 die Lage der Art ist, daß die Aushöhlung des Seetroges durch Eis möglich gewesen wäre. Und Bonney[67]) zeigt (1871), daß das Eis nicht seine Sammelstätte in einem Cirkus aushöhlen kann. Die aushöhlende Kraft des Gletschers wirkt durch das Gewicht der Eissäule sammt dem von hinterwärts geübten Druck. An solchen Punkten nun, wo ein Cirkus an die obersten schmalen Kämme der Alpen stößt, war die letztere Kraft gleich Null, und es bleibt nur das Gewicht übrig. Ueberdies aber wiesen Schweizer wie Italiener Geologen nach, daß die Gletscher an ihren Enden, wo die aushöhlende Kraft gelegentlich am stärksten sein sollte, durchaus nicht aushöhlen, sondern sogar über lose Geröllschichten und Ackerboden, welche sie unverändert lassen, hinwegschreiten. Die helvetische Naturforscher-Gesellschaft (gegründet 1815 als einer der ältesten Naturforscher-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Kreise, in welchem Venetz zum erstenmale seine Betrachtungen über das Wesen der Gletscher vorlas) hielt 1863 ihre 47. Zusammenkunft zu Samaden im Engadin, und einer der Ausflüge, welchen die Zusammengekommenen eines Tages in 62 Wagen unternahmen, war an den Fuß des prachtvollen Morteratschgletscher gerichtet. Es waren ihrer genug zur Stelle, die, zugleich mit den Schweizer Forschern Desor und Karl Vogt sowie dem Franzosen Charles Martins, erkannten, daß dieser Gletscher, der gerade stark im Vorrücken begriffen war, über das an seinem Fuße ausgebreitete Geröllfeld hinweggglitt, aber dasselbe nicht aushöhlte. Die Arbeit des Gletschers, sagt Ch. Martins, bestand nicht darin, in dieses lose Terrain hineinzuschneiden, sondern es zu planiren und zu nivelliren. Es ist das die wohlbekannte Arbeit der Gletscher, welche in der Schweiz so manchen zu oberst flachen Thalgründen den Namen „Boden" verschafft hat. Der Gletscher wirkt nicht wie ein Pflug, sondern wie eine ungeheure Chaussée-Walze. So ist es denn, äußert sich Ch. Martins, für die Aushöhlungstheorie mißlich, daß der Gletscher jene Kraft nicht zu besitzen scheint.

Der mit der Gletscherwelt so vertraute Whymper[68]), der Besteiger des Matterhorn, hat dasselbe als das Ergebniß seiner Erfahrungen ausgesprochen, und verweist auf die roches moutonnées als Beweise für ein geringeres Stadium der schleißenden Kraft der Gletscher. Denn an den Lee-Seiten der kleinen Beulen und Buckel gewahrt man noch unabgeschliffenen Fels mit den ursprünglichen Unebenheiten, welche das Eis nicht berührte. An jeder Stelle im Thalweg, wo solche unberührten Punkte vorkommen, da sagt uns ja das Thal: so tief herab als hieher war ich schon vorher.

Aber, heißt es, die Eismasse höhlt durch ihren zermalmenden Druck aus. Dieser Behauptung begegnet der Bergingenieur

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Dr. Gurlt[69]). Berechnet man das Gewicht des Eises zu $\frac{9}{10}$ des Gewichts des Wassers, also für 2000 Fuß dickes Eis einen Druck gleich dem von 1800 Fuß Wasser (oder 55 Atmosphären), so ist der Druck eines so mächtigen Gletschers gleich 825 Pfund auf den Quadratzoll. Nun aber wird mittelst gewöhnlicher Ingenieur-Tabellen ausgerechnet, daß einfacher Ziegelstein 1200—2000, und die allgemeinsten Felsarten viel mehr, nämlich Granit 6000—9000, Basalt 20,000, Kalkstein 4000—6000, Sandstein 3000—12,000 Pfund auf den Quadratzoll aushalten können. Somit ist es unmöglich, daß diese Felsarten durch den Druck eines, selbst 2000 Fuß mächtigen Gletschers zertrümmert werden konnten.

Was ferner die Voraussetzung einer ungeheuern Mächtigkeit des Eises anbelangt, welche die Neu-Glacialisten (wovon später) aufzustellen keine Scheu tragen, in dieser Hinsicht auf Agassiz gestützt, der 1867 sogar erklärte, daß in Maine der Eismantel 12–13,000 Fuß dick gewesen sein mußte: so bemerkt der, durch seine bewundernswerthen Berechnungen und Theorien der Erdbeben-Wellen bekannte Mallet[70]), es können die Mächtigkeit und das Gewicht des Eises nur so groß gewesen sein, daß letzteres nicht sich selbst zertrümmerte oder durch den Druck in Wasser überging. Diese Grenze aber scheint mit jener ungeheuern Zahl längst überschritten zu sein.

In Betreff der geographischen Seite der Sache, der Lage von Seen und Fjorden, entwickelt Elisée Reclus[71]) (1867) seine Anschauungen. Fjorde gehören den Küstenstrecken nördlicher Länder oder überhaupt hoher Breitengrade an. So sind namentlich die Westküsten der skandinavischen Halbinsel vom Nordkap bis Lindesnaes, ebenso Schottland, Irland, Labrador, Grönland, die nordamerikanische Westküste, Alaschka und — unter andern Breitengraden — das Feuerland durch Fjorde gekennzeichnet. Denkt man sich, fährt Reclus fort, den Stand des Meeres um

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

100—200 Meter erhöht, so würden rund um den Erdball auch südlichere Länder Fjorde, die zwischen Bergketten in die Thäler eindringen, aufweisen. Was ist da die Grundursache dieses geographischen Gesetzes? Die kalte Periode mag die Schneefelder in Eisströme umgestaltet haben. Auskunft giebt darüber die Karte; sie sagt uns auf das Deutlichste, daß den Fjorden, diesen alten Küsteneinschnitten, ihre ursprüngliche Form durch den verlängerten Aufenthalt der Gletscher erhalten blieb.

Früher als gegenwärtig waren es vorherrschende westliche und südwestliche Winde, welche die nothwendige Feuchtigkeit herbeibrachten, damit Gletscher an den atlantischen Küsten von Europa sich bilden konnten. Das ist die Ursache des offenbaren Gegensatzes, den die brittischen Inseln und Island im Vergleich zu den östlichen an ihren westlichen Küsten aufweisen. In den alten Küsteneinschnitten (der Fjorde) hielt sich das Eis am längsten auf der Westseite, während es zuerst auf der Ostseite abschmolz. In Schweden wurden auf solche Weise die alten Einschnitte durch die Arbeit der Flüsse und des Meeres erfüllt, aber in Norwegen schützte das Eis die Fjorde und schleppte sogar Felsbruchstücke zu Moränen bis außerhalb der Fjordmündungen. Das sind die Moränen, sagt Reclus, welche der Seemann unter der Benennung Meeresbänke, Fischbänke u. s. w. kennt.

Wenn Reclus auf die Meeresbänke als auf wirkliche Moränen hinweist, so ist das ein Gedanke, der bereits zu der Zeit Ausdruck fand, als man, mit Sefström's Fluth-Theorie vor Augen, die Streifung der skandinavischen Felsen als ein besonderes „Friktionsphänomen" behandelte. Hörbye[72]), welcher die Streifen auf Karten gesammelt hat, spricht es 1857 aus, daß außerhalb der Küsten die Meeresbänke aus kleineren Geröllen bestehen und vielleicht in der Friktionszeit abgelagert sind. Von der sogenannten Bank dann, welche, wie einige glauben, an der Mün-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dung des Sognefjord durch Lothungen entdeckt wurde, hieß es, sobald die Gletschertheorie Eingang fand, daß sie eine Moräne wäre. Höchst wahrscheinlich ist aber die „Bank" aufragendes festes Gestein; das geht aus der geologischen Karte hervor, welche gerade an der Stelle zwei Grenzlinien aufweist, den Labradoritfels und das Conglomeratgebirg, und zwar beide mit erhöhten Kanten. Auch hat der Kommandeur Kerr[73]), welcher Beobachtungen über die Bewegung des Landeises in Neufundland gesammelt und nachgewiesen hat, daß die Scheuerstreifen in der, ½ Breitengrad langen Conception-Bucht nach NO streichen, hier 1871, außer kleineren anderwärts erwähnten, die Bank, welche in einer Tiefe von 80 Faden draußen in der Mündung des Fjordes vorkommt, als eine Endmoräne angedeutet.

Gestützt auf die Ansichten von Mortillet und Ramsay gehen indessen die Neu-Glacialisten noch viel weiter als diese, so daß Ramsay[74]) selbst seine besondere Stellung, die ihm durchaus nicht gestattet an allem, was der populäre Glauben im Allgemeinen ihm beilegt, betheiligt zu sein, ausdrücklich sich vorbehalten hat. Für Ramsay wie für alle Geologen, welche Landestheile untersucht und auf Karten dargestellt haben, ist das ganze Thalsystem in seinen großen Zügen älter als die Eiszeit. Höhen und Thäler, sagt Ramsay, waren vor der Eiszeit beinah in ebenso großem Umfang als jetzt vorhanden; die Gletscher haben ihre Thäler nur weiter vertieft und an bestimmten Stellen die Höhlungen ausgegraben, in welchen nunmehr die Seen mit ihren Wasserbeständen liegen.

Die Ansichten der Neu-Glacialisten kulminiren ohne Zweifel in Behauptungen wie diejenigen Campbell's[75]), des Verfassers von „Frost and Fire". In diesem Buch ist Campbell's Alphabet anschaulich und in seiner Art ansprechend. Gewisse Zeichen sind eingeschrieben durch die Kräfte der Natur; wir sehen sie und lesen

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf

aus ihnen gewisse Dinge heraus. A ist eine Bergspitze, weil die Form an diesen Buchstaben erinnert. Dagegen lassen Y und V an Durchschnitte denken, die quer durch Thalfurchen, in denen Wasserläufe allein den Einschnitt aushöhlten, gezogen sind. Der griechische Buchstabe Δ ist bekanntlich das Zeichen für das Delta oder die fächerförmige Ausbreitung von losem, angehäuftem Material da, wo Wasserläufe in einem Becken ausmünden. Ebenso zuverlässig sind auch die vulkanischen Zeichen. O ist der Krater eines Vulkans, ein Ringberg. „So, sagt Campbell, ist mit Schwarz auf Weiß auf der Mondoberfläche geschrieben, und so kann es von jedem, der Neapel und dessen Umgebungen sah, abgelesen werden." Aber der Bogen ⌒ bezeichnet eine vergletscherte Oberfläche, einen Fels, auf den das Eis einwirkte, und der umgekehrte hohle Bogen ⌣ die Vertiefung, welche die ausgrabende Kraft des Eises zu Stande brachte.

In Norwegen, bemerkt derselbe weit umher streifende Reisende, führen die Bergen-Fjorde hinauf in tiefe Thäler, die nach gleichem Muster wie die Fjorde gebildet sind; diese Thäler dann führen wieder hinauf in kleinere, verästelte derselben Gattung und diese endlich endigen an der Eisregion. Alle diese Aushöhlungen aber sind nach demselben Vorbild gemeißelt; ein Querschnitt sieht aus wie ein U, und das ist das Zeichen für die vom Eis ausgehöhlten Thäler.

Der Verfasser von „Frost and Fire" bildet daher (1867) ein Stück Hardanger-Fjord nahe bei Bondhus ab als „eine breite, im Felsen ausgehöhlte, halb mit Wasser gefüllte Rinne der U-Form". Bei Bondhus trifft man (im Gletscher) einen Ueberrest der Kraft, welche da aushöhlte; und diese gab den skandinavischen Gebirgen ihre Form.

Ferner werden wir durch Campbell's Alphabet über Folgendes belehrt: Graben die Bäche weiter aus, so wird die Form V in

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ein Y umgewandelt. Dagegen ist das Zeichen eines Bergstromes L, nämlich wenn er senkrecht niederstürzt. L weist uns daher den ersten Einschnitt, wenn das Wasser an der Gebirgsseite herabfällt. Der höchste Fall in Europa ist der von Gavarnie in den Pyrenaeen. Obgleich hier der Gebirgsbach eine ansehnliche Größe hat, ist sein Werk doch als nichts zu rechnen, gegenüber der glen, welche ein ausgrabendes Werkzeug hierselbst geformt hat, noch bevor das Bergwasser über die Klippe zu fallen begann.

Nachdem er die Zeichen der Flüsse durchgangen hat, sagt Campbell: Flüsse waren es nicht, welche das Gudbrandsdal, Saetersdal, den Hardanger- und Sognefjord, das Romsdal und ähnliche (durch Felsen geschnittene) Thäler im südlichen Norwegen aushöhlten. Eine Elv fließt von den Skagastölstinder herab, aber die Höhlung, in der sie strömt, trägt nicht das Merkmal eines Flusses. Der Verfasser bildet vielmehr die Skagastölstinder und ein Thal der U-Form ab.

Am Snehaetten werden wir über dessen Cirkus belehrt; dieser ähnt dem von Svolvaer sowie Hunderten der corries der schottischen Hochlande. Vor dem Cirkus des Snehaetten liegt eine Moräne. Niemand kann diese Gegend betrachten, ohne gleichzeitig das Werk des Eises zu erkennen. Von einer am Fuß des Snehaetten gelegenen Gruppe von Cirkusthälern ausgehend, kann eine zusammenhängende Reihe von Eis-Merkmalen nordwärts bis zum Sundalsfjord verfolgt werden. Und von den Cirkusthälern der Südseite des Snehaetten führt eine andere Reihe solcher Merkmale herab bis durch Gudbrandsdalen.

Indem er die Geschichte der Länder durch solche Zeichen deutet, führt uns Campbell mit Hülfe der Oberflächen-Geologie zu einer Eisdecke, die vom Nordpol bis zu Breitengraden wie die von New-York, Washington, Rom und Griechenland herabreichte. Ja, es lehren, nach Campbell, die Anführer der Vor-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

truppen der Neu-Glacialisten, daß die Eiskruste beinahe den Aequator erreichte; und wir sehen diese Eisdecke an den genannten Stellen im Geiste mit einer Dicke von 2000 Fuß sich fortbewegen. Aber ferner noch erlernen wir aus Campbell's unterhaltender Touristensprache Kraftlehrsätze wie: Haarfeine Scheuerstreifen, irländische Thalgründe und norwegische Fjorde sind allesammt nach demselben Muster, nur in verschiedenem Maßstab eingeschnitten. Verursachte das Eis die kleinen Merkmale, so konnten größere Eismassen die größten zu Stande bringen. Wenn ich, sagt Campbell, ein Land (auf der Karte) zum Maßstab von 1 engl. Meile (5000 Fuß) durch 1 Zoll ausgedrückt verkleinere, so verkürze ich ein 12 Meilen langes irländisches Thal zu einer Furche von 1 Fuß Länge; und doch sind diese Bilder einander sehr ähnlich. Beginne ich nun mit haarfeinen Linien, die vom Eis mit Sandkörnern auf hartem Fels ausgegraben wurden, und vergrößere ich dieselben unter dem Mikroskop, so nehmen sie die Gestaltung der größeren Verhältnisse an. Ein Stück, vom Eis gescheuerter Felsenoberfläche zeigt sonach, daß Furchen und Thäler einander sehr ähnlich sind. Ich erfinde nichts, ich bestrebe mich nur, die Vorstellung von der Größe abzuschütteln. — Und das wird die fortgeschrittene Eiszeit-Theorie genannt.

Ohne Zweifel bringt solche Mammuth-Größe der Eisdecke die Eiszeit selbst in Mißkredit. Sofern die mühsameren Untersuchungen des Unterbaues der Länder gegen die leichtere Oberflächengeologie allein vertauscht werden, und wir den Gang der Forschung auf Entdeckungsreisen, die auf dem Globus und der Karte unternommen werden, einschränken: da sollten wir wohl, mit einem ähnlichen Alphabet vor Augen, selbst im Mittelmeer, im kaspischen Meer, im Aralsee und in der weiter verfolgten Reihe solcher Spuren eine, durch ein wahres Mammuth-Eis entstandene Aushöhlung von Seen ablesen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

„Ich habe", sagt der Präsident der geologischen Gesellschaft in London, der Herzog von Argyll[76]), in seiner Jahresrede von 1873, „ich habe entschieden den Eindruck, daß die Eiszeit-Theorien nunmehr ihren höchsten Punkt erreichen. Wenn alle unsere Thalsysteme schlechthin als vergrößerte Scheuerstreifen beschrieben werden, da sind wir auf diesem eigenthümlichen Ausfluge der wissenschaftlichen Phantasie ganz nahe dem Gipfel angelangt." Argyll, der wie andere Präsidenten derselben Gesellschaft, Murchison und Lyell, nicht so weit gehen kann, erinnert uns daran, daß Lartet[77]), während der Expedition des Herzog von Luynes, eine Thalspalte, die nicht fortgeleugnet werden kann, im Jordanthal mit dem todten Meer klar dargelegt hat.

Thatsächlich gewährt dieses so namenkundige Thal ein sehr deutliches Bild mit beinahe ebenso einfachen Zügen als sie Campbells Alphabet aufweist. Um die Sinai-Halbinsel spaltet sich das rothe Meer ähnlich einem V in zwei Arme, die Bucht von Suez zur Linken, und die Akaba-Bucht zur Rechten. Ueber (das Thal) Wadi el-Arabah geht die Fortsetzung nach der ungeheuern Spalte des todten Meeres und weiter hinauf im Jordanthal. Denkt man sich hier im Stande des Meeres eine Veränderung um einige hundert Fuß hinzu, so würde die Akaba-Bucht über das Arabah-Thal, das todte Meer und das Jordanthal hinaus einen schmalen Fjord von $\frac{2}{3}$ der Länge des adriatischen Meeres darstellen, während jetzt das fließende Wasser durch das tiefliegende Jordanthal zu einem Niveau gelangt, welches tiefer als dasjenige des Meeres ist. Herrschte hier ein nordisches Klima, das eine völlige Auffüllung von Wasserbehältern zuließ, so würde das Wasser in einem langen See ausgebreitet sein und seine Rinne in einem Flußlauf bis Akaba austiefen. Zu beiden Seiten dieser Spaltungslinie ist der Zusammenhang des Gebirgsbaues aufgehoben oder gebrochen; mit den Seen und dem Fjord ist das Thal

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ein klaffender Riß. So deutlich dieses aus dem innersten Bau, wenn derselbe entschleiert wird, hervorgeht, so nahe liegt doch auch hier die Möglichkeit eines Mißverständnisses, wenn wir nur zum Alphabet der Oberfläche unsere Zuflucht nehmen wollten. Denn die Cedern des Libanon, die letzten überlebenden, stehen, so berichtet man uns, auf alten Moränenmassen, und das Eis ist auch hier einmal in der Nähe dieser Thäler gewesen, mit deren Bildung es nichts zu schaffen hat.

Dasselbe entnehmen wir an einem Lande, welches mit seinen Thälern und Fjorden im Norden gelegen ist. Die Anschauung, daß die Fjordbildung dem Gletschereis, welches Thal und Fjord ausgegraben haben sollte, zuzuschreiben sei, fand in Betreff Islands auch bei dem Schweden Pajkull[78]) (1867) Eingang. Pajkull macht indessen darauf aufmerksam, daß an der Südküste von Island gegenwärtig Einschnitte fehlen, ungeachtet die Lage der Gletscher (Jökler) gerade an dieser Seite ein anderes Verhältniß erwarten lassen sollte. Wir müßten darum einstweilen den Mangel an Einschnitten an der Südküste, wo derselbe auf jeder Karte so deutlich heraustritt, durch die Annahme forterklären, daß hier, in dem Maße als die Küste stieg, die Einschnitte später wieder ausgefüllt wurden, und daß wir, wenn wir uns die Jökler fortdenken, an ihrer Stelle tiefe, von ihnen ausgegrabene Thäler gewahren würden.

Thäler und Fjorde trifft man nicht an der Südküste von Island; das ist sicher. Gebirge mit Gletschern erheben sich wie eine Mauer, und davor liegen niedere flache Strecken, die Sandmassen. Auch im Norden der Gletscher ist zwischen den als Felseninseln aufragenden, mit Jökel-Eis gekrönten Gebirgsbauten ein ebenes Plateau ausgebreitet. Wenn die Jökler, welche, wie beobachtete Scheuerstreifen längst bekundeten, ganz gewiß auch auf Island früher über größere Räume verbreitet waren, die

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Thäler und Fjorde ausgegraben haben sollten, da müßten wir mit Recht erwarten, daß zwischen der Anzahl und Länge der Fjorde einerseits, sowie dem Sammelraum der Gletscher andrerseits ein gewisses Verhältniß obwaltete. Denn, von einem ganz enge umgrenzten Sammelraum ausgehend, kann der Gletscher — vorausgesetzt, daß er überhaupt eine aushöhlende Kraft besitzt — nach allen Seiten hin lange und tiefe Fjorde nicht eingeschnitten haben. Betrachtet man aber die große, im äußersten Nordwesten heraustretende Halbinsel von Island, wo annoch zwei Jökelfelder Platz finden, da ist der hier auf dem Hochlande vorhandene Raum zu gering im Verhältniß zu so viel Fjorden, zu denen so tiefe wie der Isa-Fjord und der Arnar-Fjord gehören. Und die weiter im Süden freiliegenden domförmigen Bauten, wie z. B. den stolzen Eirik-Jökel, als die nunmehr übrig gebliebenen Reste einer, früher rund herum durch Jökeleis in großem Maßstab bewirkten Abtrennung aufzufassen, das wird keinem einfallen, der den innern Bau von Island kennt. Island weist eine Fjordbildung in starken, großen Formen auf. Die wichtigsten, in den Fjordrichtungen hervortretenden Linien fallen zusammen mit den großen Systemen ausgefüllter Gangspalten[79]), N — S, WNW — OSO, NO — SW. Und hier haben große Kräfte auf langen Spalten gewirkt. Mit seinem Bergrücken streicht der Hekla selbst in einer von diesen Spaltrichtungen. Dann ferner die berühmten, meilenlangen Thalspalten des Westlandes, z. B. des Thingvalla-Vand, welches eine Einsenkung zwischen zwei Einbersfungen darstellt, die, ebenfalls meilenlangen, im Nordlande in andrer Richtung bei Myvatn verlaufenden Spalten, ja, selbst die zwei, während geschichtlicher Ausbrüche deutlich ausgeprägten Berstungsrichtungen, die Hekla- sowie die Myvatn-Linie, und endlich die Spalten, welche Islaender 1875 aufspringen sahen.

Doch, um zur Oberflächen-Geologie und zum Alphabet

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

zurückzukehren, so scheint es als ob die Natur selbst an tausenden Stellen einen, vom Eis eingegrabenen Beweis dafür, daß dieses nur schwach wirkt, uns ablesen läßt. Zwar kann das Vorhandensein von Thälern, Seen und Fjorden durch die Oberflächengeologie allein nicht abgethan werden, weil die Frage von den Verhältnissen der großen Bautheile abhängt und für jeden einzelnen Fall eine andere wird. Aber die Oberfläche hat ebenfalls mit zu reden, und auf eben dieser Oberfläche steht thatsächlich in Tausenden deutlicher Züge geschrieben, daß das Eis nur eine außerordentlich geringe ausgrabende Kraft besitzt. Auch sind diese Züge auf allen Karten, welche die Richtungen der Scheuerstreifen durch Pfeile veranschaulichen, schon längst und zwar durch 2, einander kreuzende Pfeile angebracht.

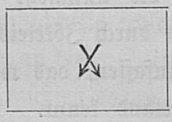

Fig. 6. Zwei sich kreuzende Pfeile.
(Vergleiche alle Karten mit Angabe von Scheuerstreifen.)

Die Beobachter, welche im Norden am meisten mit den Scheuerstreifen sich beschäftigt haben, sind darüber einig, daß mehrere Richtungen vorkommen, und daß Blöcke wie Steine in diesen verschiednen Richtungen fortgeführt wurden. Aber die verschiedenen Gruppen oder Systeme von Streifen trifft man an vielen Orten auf einer und derselben Stelle, und in beiden Richtungen sind Blöcke und Steine verschleppt, in beiden Richtungen verlaufen Thal und Einschnitt. Hier haben wir auch ein Zeichen, das dem Alphabet angehört. Die verschiedenen Beobachter, welche Scheuermarken auf Karten aufnahmen, sprechen es in Betreff der verschiedensten Länder und Oertlichkeiten aus, daß das eine System das ältere, das andere das jüngere ist. Solches sagen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

aus: Keilhau, Hörbye und Rördam in Norwegen, Erdman, Otto Torell und Holmström in Schweden, Grewingk und Dr. Schmidt in Liv- und Estland, Tiddeman[80]) in England, Kinnahan in Irland, Gümbel[81]) in Süd-Tyrol, von Helmersen in Rußland, George Dawson[82]) in Nordamerika u. s. w.

Der Thatsache, daß auf einer und derselben Stelle der Gebirgsoberfläche zwei verschiedene Systeme eingeritzter Streifen in Folge von Scheuern durch Eis ersichtlich und offenbar vorhanden sind, dieser Thatsache begegnen wir so oft, daß wir sie auf Detailkarten mit 15—16, und auf Uebersichtskarten, wo der Raum nicht so viele Anzeichnungen gestattet, noch mit 7 bis 4 Procent von allen angebrachten Pfeilen als kreuzweise Richtungen wiedergegeben finden.

Diese Stellen, an denen ein späteres System von Streifen ein früheres deckt, trifft man rund herum in jeder Art von Lage, sowohl hoch wie tief, sowohl da, wo ein Maximum als auch dort, wo ein Minimum der Kraftwirkung angenommen werden kann.

Wenn solche Fälle nur Seltenheiten und hier oder dort von einigen wenigen Beobachtern als etwas Besonderes aufgespürt wären, dann dürfte man vielleicht doch nicht weiter Gewicht auf diese kreuzweisen Merkmale legen, sondern es als eine Eigenthümlichkeit auffassen, daß an diesem oder jenem Punkt das Eis zum zweiten Male nicht im Stande war, Kennzeichen auszuwischen, die es das erste Mal erzeugt hatte.

Aber dem ist nicht so. Es liegen ganze Reihen derartiger Beobachtungen vor, so zwar, daß man in verschiedenen Ländern aus eben diesen Beobachtungsreihen auf verschiedene, einander folgende Richtungen der Eisbewegung geschlossen hat. Ganz verschiedene Beobachter, die unter einander abweichende Standpunkte einnahmen, haben, seit der Zeit da man nur Sefströms

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Geröllfluth-Theorie vor Augen hatte, so und nicht anders gefolgert. Was nunmehr als Abschnitte der Eiszeit sich darstellt, erschien damals als Stadien des „Friktionsstromes".

Auf den vorher erwähnten, sehr detaillirten irländischen Kartenstrecken erscheinen die kreuzweise gezeichneten Pfeile als fortlaufende Ströme. Kinnahan[83]) zeigt, wie man in der Gegend von Galway, bei Killary-harbour, die zwei Systeme über einander auf einer Breitenerstreckung von 1 ungefähr 1½ engl. Meil. und an der Cashla-Bucht bei 2 Meil. Breite etwa 3 Meil. weit verfolgen kann. Die letzte Gruppe von Streifen, bemerkt er, muß durch eine veränderte Bewegung des Landeises verursacht sein, welche nicht lange genug andauerte, um die alten Eis-Merkmale zu verwischen. Aber, muß man hier doch fragen, wie lange soll denn die Bewegung andauern, oder wie lang soll der Eisstrom sein, um die alten Merkmale auslöschen zu können, wenn er auf einer Längenerstreckung von 3 engl. Meil. nichts verwischt hat?

In Schweden, wo Otto Torell[84]) in der Eiszeit verschiedene Abschnitte sammt deren Bewegungsrichtungen festzustellen suchte, hat Holmström[85]) die letzteren an den verschiedenen Systemen von Streifen verfolgt; wo beide Systeme über einander vorkommen, da scheidet sich das eine als älteres von dem anderen jüngeren.

Durch dieses Merkmal scheint somit die Natur uns zu verkünden — was sie auch in anderer Weise da offenbart, wo die Gletscher abschmelzend ihre Einwirkungen offen zur Schau zurücklassen, oder wo sie um aufragende inselförmige Partien, Hinderniß-Moränen ablagernd, sich aufthürmen — daß die Gletscher in Betreff der Aushöhlung nichts ausrichten. Wenn die eine Bewegung in der Richtung a ausgeführt ist und eine andere spätere Bewegung ebenfalls ihr Merkmal obenauf in der Richtung b zurückläßt, da ist es hiermit ausgesprochen, daß das Eis, welches nicht einmal

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf