

Vorträge und Abhandlungen.

Einige Hauptzüge der Geologie und Morphologie Islands*.

(Hierzu Tafel 5.)

Von Dr. **Helgi Pjeturss** in Reykjavík.

1. Einleitung.

Das zu behandelnde Thema ist so weitläufig, daß es bei der zur Verfügung stehenden Zeit nur in aller Kürze dargestellt werden kann. Ich muß mich also darauf beschränken, womöglich eine Übersicht zu geben über den geologischen Bau und die Morphologie Islands, namentlich nach Untersuchungen der letzten Jahre. Vieles werde ich ohne hinreichende Begründung geben müssen und will dabei verweisen sowohl auf meine dänisch geschriebene Dissertation „Om Islands Geologie“ (Kbh. 1905) als auch auf andere in verschiedenen Sprachen geschriebene ältere Aufsätze; manches hoffe ich auch in der Zukunft genauer darstellen zu können, da viele Beobachtungen noch nicht veröffentlicht worden sind¹⁾).

*) Vortrag, gehalten in der Fach-Sitzung vom 4. Mai 1908.

¹⁾ Die wichtigsten Aufsätze des Verfassers über Island sind:

1. En Bestigning af Fjeldet Baula i Island. Dansk Geograph. Tidsskrift. 14. Bd. København 1897.
2. Nýjungar í jarðfræði Islands. Eimreidin Kbh. 1900.
3. The glacial Palagonite-Formation of Iceland. Scottish Geograph. Magazine. Edinburgh 1900.
4. Moræner i den islandske Palagonitformation. Oversigt over det kgl. danske Vidensk. Selskabs Forhdl. Kbh. 1901.
5. Fortsatte Bidrag til Kundskab om Islands „glaciale Palagonitformation“. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. Bd. 24. 1902.
6. On a shelly boulderclay in the so-called Palagonite-Formation of Iceland. Quart. Journ. of the Geol. Society. London 1903.
7. Om nogle glaciale og interglaciale Vulkaner paa Island. Oversigt kgl. danske Vidensk. Selsk. Forhandl. Kbh. 1904.

Die Untersuchungen sind durch Unterstützung seitens des Carlsberg-Fonds in Kopenhagen und später auch seitens des Isländischen Altings ermöglicht worden.

2. Der geologische Aufbau Islands.

Seit der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts ist Island mehrfach behufs wissenschaftlicher Untersuchungen bereist worden. Die eingehendsten Untersuchungen sind von Thorvaldur Thoroddsen in den Jahren 1881—1898 vorgenommen worden. Auf einer geologischen Karte hat Thoroddsen im Jahre 1901 die Ergebnisse seiner eigenen sowie älterer und auch teilweise jüngerer Untersuchungen zur Darstellung gebracht. Die Grundgedanken über den geologischen Aufbau Islands, welche jene Karte ausdrückt, sind in aller Kürze die folgenden: Ungefähr die Hälfte Islands wird aus tertiären, lignitführenden Basalten aufgebaut, die andere Hälfte aus der jüngeren, jedoch auch tertiären Breccien- oder Palagonit-Formation. Bedeutende Areale dieser letzteren sind von eisgeschliffenen, doleritischen Lavaströmen, sogenannten präglazialen (und 1901 auch glazialen) Dolerit bedeckt, und die postglaziale vulkanische Tätigkeit in Island ist an die Breccien-Formation geknüpft.

Spätere Untersuchungen haben, wie es zu erwarten war, dieses Bild erweitert und verändert. So stellte es sich heraus, daß der größere Teil der mutmaßlichen Breccien verfestigte Grundmoränen sind, welche zwischen Basaltdecken eingelagert sind¹⁾.

8. Athugasemd um jarðlög í Fossvogi etc. Tímarit hins ísl. Bókmentaf. Reykjavík 1904.

9. Om Forekomsten af skalførende Skurstensler i Búlandshöfði etc. Med Bemærkninger om Molluskfaunaen af Ad. S. Jensen. Oversigt over kgl. danske Vidensk. Selsk. Forhandl. 1904.

10. Om Islands Geologi. Kbh. 1905. (Auch in den Mitteilungen der Dänischen Geolog. Gesellschaft für 1905 erschienen.)

11. Das Pleistocän Islands u. s. w. Zentralblatt f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Stuttgart 1905.

12. Zur Forschungsgeschichte Islands. Zentralblatt u. s. w. Stuttgart 1906.

13. The Crag of Iceland. Quart. Journ. Geol. Society. London 1906.

14. Um loftslagsbreytingar á Íslandi. Andvari. Reykjavík 1906.

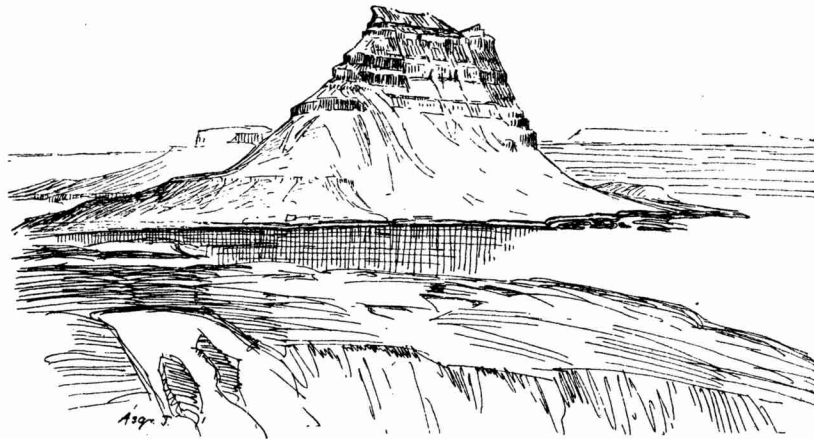
15. Einige Ergebnisse einer Reise in Süd-Island im Sommer 1906. Zeitschr. d. Gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin, 1907.

¹⁾ In einem neuen Aufsätze (Der Drakensberg und der Quathlambabruich, Sitzungsberichte der Kgl. Preufs. Akademie d. Wissensch. 1908, S. 230—258), hat Penck für die verfestigte Grundmoräne der permokarbonen Vergletscherung den Namen „Tillit“ vorgeschlagen. Es empfiehlt sich, diesen Namen für die durchaus verfestigten, der Basalt-Formation Islands eingelagerten Grundmoränen auch in Gebrauch zu nehmen.

Außerdem gibt es zwischen den Basaltbänken und Grundmoränenbänken lakustre und teilweise auch marine Tonsteine und meist fluviale und fluvioglaziale Konglomerate. Es ergab sich allmählich im Laufe der Forschungsreisen über grössere Teile Islands, daß die soeben genannten Sedimentärgesteine Basalten eingelagert sind, auf eine Weise, die ganz daran erinnert, wie in anderen Teilen des isländischen Gebirges Lignitbänken und die sie begleitenden Ton- und Sandsteine und Konglomerate Basalten eingeschaltet sind. Da es sich ferner ergab, daß die wirklich vulkanischen Breccien und Tuffe sich nur über einige tausend Quadratkilometer erstrecken, abgesehen von zumeist dünnen Tuffschichten, welche den Basalten zwischengelagert sind, und keineswegs als eine besondere Tuff- und Breccien-Formation angesehen werden können, so erscheint es am richtigsten zu sagen, daß Island hauptsächlich aus Basalten mit eingeschalteten Sedimenten verschiedener Natur aufgebaut ist. Diese Basaltformationen nun kann man also zerlegen in die lignitführende ältere und in die moränenführende jüngere Basaltformation. Wie die bekannten Untersuchungen Heers über die Lignitflora zeigten, ist das Alter der lignitführenden Basaltformation ein tertiäres, nach ihm miocän, teils ober-, teils untermiocän.

Was das Alter der moränenführenden Basaltformation betrifft, so neigt man schon auf Grund des Vorkommens von Glazialbildungen in jetzt gletscherfernen Gebieten zur Annahme, daß diese Abteilung der Basaltformation quartären Alters sei. Doch ausgeschlossen scheint es keineswegs, daß in den älteren und ältesten Glazialsedimenten Islands Spuren tertiärer Gletscher vorliegen könnten, und es war daher wünschenswert, sich auf das Zeugnis organischer Reste in der moränenführenden Basaltformation über das Alter dieser Formation berufen zu können. Das kann man auch. Im Sommer 1902 stiefs ich in beiläufig 175 m Meereshöhe auf eine bisher unbekannte, höchst interessante schalenführende Ablagerung im Vorgebirge Búlandshöfði auf der Snæfells-Halbinsel in West-Island. Bei meiner damaligen noch sehr wenig geklärten Auffassung der Verhältnisse, mußte diese Ablagerung der Breccien-Formation zugerechnet werden; später hat sich aber herausgestellt, daß der Yoldia-Tonstein von Búlandshöfði in der Wirklichkeit eine Einschaltung der Basaltformation ist. Man hat es in dieser Ablagerung eher mit einem mit Eisberg-Sedimenten vermischten Meereston, als mit einer Grundmoräne, wie ich zuerst annahm, zu tun. Doch es bedarf hier weiterer Untersuchungen, ehe man sich mit Bestimmtheit aussprechen kann. In dieser sedimentären Einschaltung der Basaltformation wurden bisher 22 Molluskenarten gesammelt, welche von dem bekannten dänischen Zoologen Ad.

S. Jensen, einem hervorragenden Kenner nordischer Mollusken, untersucht wurden. Mit Ausnahme von zwei Arten, die einer älteren borealen Fauna angehört zu haben scheinen, ist nach Jensen die fossile Fauna von Búlandshöfði eine hocharktische, etwa eine solche, wie sie heutzutage an den Küsten von Spitzbergen in einer Tiefe von ungefähr 30 m getroffen wird. *Yoldia* (*Portlandia*) *arctica* und *Turritella erosa* sind die am meisten bezeichnenden Formen. Pleistocän ist diese Fauna, denn alle die Formen sind noch lebend. Die darüberlagernde Basaltformation, in Snæfellsnes wenigstens etwa 400 m mächtig, muß man also als Pleistocän betrachten (Abbild. 92). Dafs die Yoldia-



Abbild. 92. Kirkjufell (490 m) auf der Nordseite von Snæfellsnes.

Von 140—150 m Höhe ab ist der Berg aus der pleistocänen Basaltformation (Basalten, Tilliten, Konglomeraten) aufgebaut, welche auf einer gut nachweisbaren, eisgeschliffenen Grundfläche ruht.

(Nach einer Zeichnung des isländischen Künstlers Ásgrímur Jónsson.)

Schichten ziemlich früh im Pleistocän abgelagert wurden, erhellt daraus, dafs sie einem später zerbrochenen und erodierten Plateau eingelagert sind. Lava, welche in die Täler dieses Plateaus aus Vulkanen, deren Ruinen auf dem Plateau als Breccien-Berge stehen, herabströmte, ist bis in die See hinab eisgeschliffen. Man bekommt durch Einsicht in die angedeuteten Verhältnisse einen starken Eindruck davon, wie weit älter die genannten Yoldia-Schichten sind, als die letzte gänzliche Vereisung Islands, die letzte Eiszeit also. Ob aber die Yoldia-Schichten aus der Zeit der vorschreitenden ersten pleistocänen Vergletscherung Islands stammen, weiß man noch nicht mit Bestimmtheit. Eine genaue Ausforschung der mollusken- und moränenführenden Basaltformation von Snæfellsnes, sowohl was Aufbau wie auch was Grenzen gegen die

ältere Basaltformation und was Morphologie betrifft, bleibt noch auszuführen.

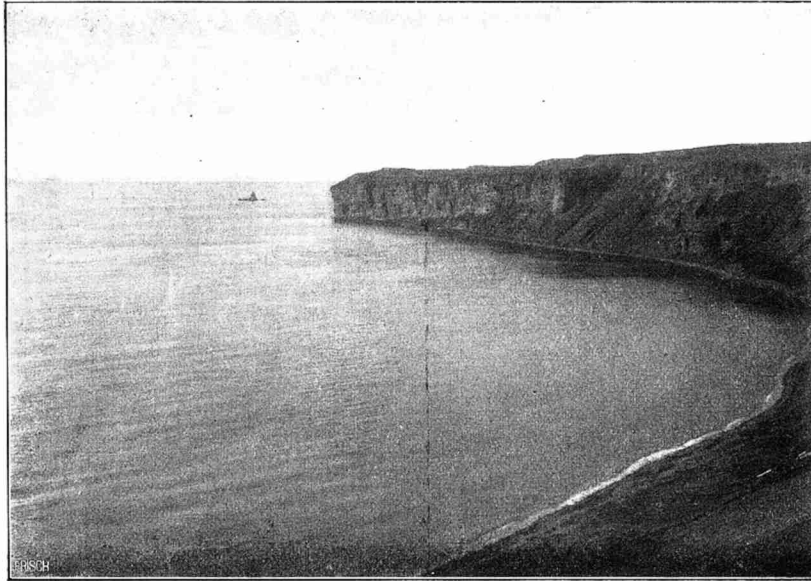
Nicht nur auf der Snæfells-Halbinsel im nordwestlichen Island, auch auf Tjörnes in Nordost-Island kann man das Verhältnis einer bedeutenden moränenführenden Basaltformation zu einer versteinерungsführenden Formation bestimmen. Es handelt sich hier um den schon 1749 von Eggert Olafsson beschriebenen Crag von Tjörnes, welcher, wie es sich in neuester Zeit gezeigt hat, die bei weitem mächtigste sedimentäre Formation Islands ist. Im Jahre 1907 wurde reich versteinерungsführender Sandstein noch in 200 m Meereshöhe gefunden. Dies war aber nicht die oberste Abteilung der Sedimentärformation, welche gegen Nordwesten fällt (Abbild. 93). Die Gesamtmächtigkeit kann auf kaum weniger als etwa 400 m geschätzt werden. Der Crag nun nimmt den größeren Teil der Westseite der Halbinsel Tjörnes ein, der östliche Teil wird von bis zu 750 m empor aufragenden Basaltbergen und -Rücken aufgebaut; zwischen den Basaltbänken findet man in bis etwa 35 m Mächtigkeit Konglomerate und Moränen (Tillite). Es unterliegt nun keinem Zweifel, daß diese moränenführende Basaltformation von Tjörnes jünger ist als der Crag, der als Pliocän betrachtet wird. Zwar sind sowohl die oberste wie die tiefste Abteilung der isländischen Crag-Formation erst in jüngster Zeit bekannt geworden, und die Gleichstellung der früher bekannten mittleren Teile mit dem englischen Red Crag dürfte kaum stichhaltig sein; aber im grofsen und ganzen dürfte es doch richtig sein, daß diese Tjörnes-Formation dem Pliocän zuzurechnen sei. Mit einer später zu erwähnenden, einen kleineren Teil des Crag betreffenden Ausnahme, ist leider die isländische Crag-Fauna seit dem Jahre 1884 nicht behandelt worden. Damals hat C. M. Poulsen in einem ungedruckt gebliebenen Aufsätze 117 Molluskenarten aus dem isländischen Crag aufgezählt¹⁾; 20 Arten aus der genannten Zahl waren neue Arten oder besonders ausgeprägte Varietäten, von den übrigen sind 18 Arten ausgestorben. Der Unterschied gegenüber der Yoldia-Fauna von Búlandshöfði, welche nur noch lebende Arten zählt, ist also jedenfalls bemerkenswert. Ad. S. Jensen hat einige von mir eingesammelte Mollusken aus der jüngsten Abteilung des Crag einigermaßen untersucht und teilte mir mit, daß von den eingesammelten Genera *Cyrtodaria* jetzt an den Küsten Islands nicht mehr lebend vorkommt, ferner daß die eingesammelte *Litorina* keine der isländischen Arten der Neuzeit ist. Inwieweit in der jüngsten Abteilung des Crag

¹⁾ Nach gefälliger mündlicher Mitteilung des alten Crag-Kenners, Alfred Bell, sind 74 Arten der erwähnten Liste gleichnamig mit englischen Crag-Mollusken.

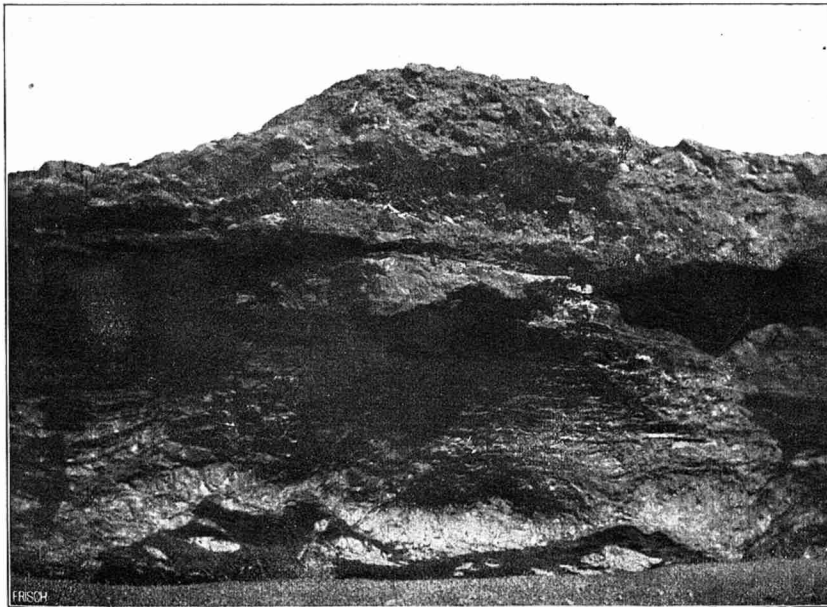
ausgestorbene Arten vorkommen, ist noch unbekannt, da die eingesammelten Mollusken nur flüchtig und teilweise noch garnicht untersucht worden sind. Was der jüngsten Abteilung des Crag von Tjörnes ein ganz besonderes Interesse gibt, ist der Umstand, daß unter derselben, soweit ich sehen konnte, versteinungsleerer Tonstein und dann Moräne vorkommt. Ich will im übrigen hier nicht weiter auf das isländische Pliocän eingehen. Im Vorübergehen möchte ich jedoch die Aufmerksamkeit darauf hinleiten, welche große Bedeutung näheren Untersuchungen über das isländische Pliocän, das ja jedem anderen Pliocän-Vorkommen weit entlegen ist, innewohnen möchte. Hoffentlich werden solche Untersuchungen nicht lange Zeit auf sich warten lassen, zumal die Beziehungen zu glazialen Bildungen mit seltener Klarheit hervortreten.

Es scheint also festzustehen, daß man auf Island eine mehrere hundert Meter mächtige Basaltformation mit Einlagerungen von Moränen, Konglomeraten u. s. w. hat, welche jünger ist als die hocharktische Yoldia-Formation von Snæfellsnes im Nordwesten der Insel und jünger als der pliocäne Crag von Tjörnes im Nordosten Islands. Dabei bleibt es noch wegen ungenügender paläontologischer Untersuchungen unentschieden, ob der Crag von Tjörnes in das Pleistozän hinaufreicht, oder ob die tiefste auf Tjörnes aufgefundene Moräne dem Pliocän eingeschaltet ist.

Unter dem Crag, als Ganzes genommen, konnte direkt keine Glazialbildung nachgewiesen werden. Ausgeschlossen scheint es jedoch nicht, daß es auf Island Glazialbildungen geben kann, welche älter sind als das Pliocän von Tjörnes, vielleicht Miocän. Seit 1904 wurden in der Basaltformation des Nordlandes sehr altertümliche Glazialbildungen aufgefunden. So zu beiden Seiten des Ljósavatnsskard („Hellenseescharte“), ein Durchgangstal, das den Hochlandrücken zwischen den beiden großen Tälern Bárðar-Tal und Fnjóska-Tal tief einschneidet. Ebenso finden wir schöne Grundmoränen (Tillit) den oberen Teilen der Basaltberge im Westen des Fnjóska-Tals eingelagert. Die Diagnose für Grundmoräne konnte nicht nur auf das allgemeine moränenähnliche Aussehen des betreffenden Gesteins gestützt werden, sondern auch auf das Auffinden von gut gekritzten Blöcken. Und selbst die, wie es scheint typisch glazial geschliffene Unterlage der mutmaßlichen Grundmoräne, konnte an einer Stelle aufgedeckt werden. Der Schätzung des Alters dieser Glazialbildungen müssen hauptsächlich morphologische Erwägungen zugrunde gelegt werden. Wir sehen, daß Erosionsformen, die zu den bedeutendsten Islands gezählt werden müssen, ganz und gar nach der Ablagerung dieser Moränenbildungen entstanden sind; ja mehr noch, der Gebirgskörper selbst, in den diese



Abbild. 93. Ein Teil der aus Pliocän aufgebauten Kliffküste von Tjörnes.
Die Klippe im Meer (mit Abrasions-Terrasse) gehört zu der das Pliocän überlagernden Basaltformation.



Abbild. 94. Fossvogur. Hartmoräne (Tillit) über interglazialen Tonstein.

großen Täler eingeschnitten sind, ist in seinen oberen Teilen nach der Ablagerung der betreffenden Moränen entstanden. Wir sehen auch, daß einige der bedeutendsten Dislokationen, wie die des Bárðar-Tals, später als die betreffenden Moränen entstanden sind.

Sehr ähnlich liegen die Dinge in Südwest-Island. Die ganze Landschaft am Ostende der Faxa-Bucht, ja die Faxa-Bucht selbst, ist entstanden nach der Ablagerung von Glazialbildungen, welche den Basalten der Esja eingeschaltet und um 600 m und mehr noch verworfen worden sind. Und das Skorra-Tal, mit dem großen, aus der letzten Eiszeit stammenden Zungenbecken, welches einen der bedeutendsten der Seen Islands birgt, wird nach dem oberen Ende zu von Basaltrücken umrahmt, zwischen deren verworfenen etwa um 10° nach Südosten fallenden Decken, harte Moränen eingeschaltet sind.

Wir sehen also, daß seit Ablagerung dieser ältesten Glazialbildungen Islands eine sehr bedeutende Erzeugung von Basaltdecken stattfand, ferner wurden die bedeutendsten landschaftlichen Formen Islands aus den Basalttafeln durch Zerstückelung und Erosion geschaffen. Der Altersgegensatz zwischen diesen felsharten Moränen, welche am Aufbau des isländischen Grundgebirges teilnehmen, und den der letzten Eiszeit entstammenden, in den Tälern liegenden, verhältnismäßig losen oder doch noch mit der Spitzhacke zu bearbeitenden Grundmoränen ist sehr groß, so daß einem wohl die Möglichkeit des miocänen Alters der betreffenden Altmoränen einfallen kann. Unterdessen hat man noch keinen paläontologischen Beweis für ein miocänes Alter dieser Altmoränen erbringen können, und so werden wir, wenigstens vorläufig, zu der Annahme hinneigen, daß die ältesten noch aufgefundenen Glazialbildungen Islands wirklich dem Eiszeitalter entstammen, etwa aus einem der Günz-Eiszeit der Alpen entsprechenden Zeitabschnitte. Die Dauer des Eiszeitalters war ja jedenfalls sehr beträchtlich, und man wird sich daher nicht wundern, daß seit dem Anfange des Eiszeitalters sehr bedeutende morphologische Veränderungen stattgefunden haben, zumal in einem Gebiete, wo die dynamischen Vorgänge so lebhaft sind wie in Island.

Auf der beigegebenen, natürlich sehr unvollkommenen¹⁾ und „vorläufigen“ geologischen Kartenskizze (Tafel 5) habe ich also Island als hauptsächlich aus Basalten aufgebaut dargestellt. Für die Basaltformation werden drei verschiedene Farben benutzt:

¹⁾ Ganz besonders ungenau (zu groß) dürfte das der rezenten Lava zugewiesene Areal sein. Die topographischen Namen der Karte sind leider vielfach etwas unrichtig, aber doch zum Wiedererkennen.

1. Karmin, um die tertiäre (miocäne oder vielleicht etwas ältere) Basaltformation zu bezeichnen, zumeist wo das Alter durch Lignit-Einlagerungen, teilweise mit begleitenden Pflanzenversteinerungen angezeigt wird und wo keine Überlagerung durch jüngeren moränenführenden Basalt bekannt oder wahrscheinlich ist. Die hauptsächlichsten Gebiete dieser Art sind im Nordwesten und Osten der Insel. Soweit ich diese Gegenden untersucht habe, kann man noch in den obersten Teilen der Berge auf Lignit-Einlagerungen stoßen; nirgends habe ich eine moränenähnliche Einlagerung bemerkt¹⁾. Es sei noch hervorgehoben, daß ich von der nordwestlichen Halbinsel nur den südlichen Teil aus eigener Anschauung kenne, im übrigen der Bezeichnung Th. Thoroddsens für dieses Gebiet „miocäner Basalt“ gefolgt bin. Dasselbe gilt auch für einen kleineren nördlichen Teil des östlichen Gebiets, von der Südküste des Lodmundar-Fjordes ab. Zugleich sei bemerkt, daß ich für das weite Gebiet im Norden des Vatna-Jökulls, sowie für ein kleineres im Südwesten desselben Inlandeises, keine eigenen Untersuchungen habe und mich hier ausschließlich auf Thoroddsens Angaben stützen muß; ferner daß ich die wichtigsten Lavagebiete hauptsächlich nach demselben Verfasser angegeben habe.

2. Durch Violett sind weite, namentlich im nordwestlichen Teile des Kerns der Insel aber auch im nordöstlichen Teile derselben auftretende Basaltstrecken bezeichnet. Lignit-Einlagerungen scheinen hier seltener vorzukommen, und es dürfte sich zeigen, daß einige Teile des so bezeichneten Geländes der glazialen Basaltformation zuzuweisen sind.

3. Mit blauer Farbe endlich habe ich die moränenführende Basaltformation bezeichnet, und wahrscheinlich wird der gröfsere Teil der Unterlage der kleinen Inlandeise, der glazialen Basaltformation angehören. Die Liparite, welche nach der Schätzung Thoroddsens ungefähr 800 qkm der Insel aufbauen, habe ich auf der Karte nicht zu zeigen versucht, ebensowenig die Breccienformation, welche im Gebiete der moränenführenden (tillitführenden) Basaltformation sporadisch auftritt, und welche sich, nach einer allerdings sehr rohen Schätzung, die sich doch eher als zu hoch als zu niedrig erweisen dürfte, zusammen über höchstens etwa 5—6000 qkm erstreckt, selbst wenn das blaugefärbte Gebiet im Südwesten des Vatna-Jökulls gröfstenteils der Breccienformation zuzuweisen wäre. Die eigentliche wirkliche Breccienformation besteht zum allergröfsten Teile aus mehr oder weniger denudierten Vulkanbergen der quartären Zeit. Teils sind es gröfsere Einzelberge, wie z. B. das 1183 m

¹⁾ Auf einigermaßen moränenähnliche Verwerfungsbreccien kann man jedoch stoßen.

hohe Bláfell auf dem Hochlande im Norden von Geysir, teils kleinere Kegelgruppen, wie besonders schön auf der Melrakkasljetta.

Auf der geologischen Karte Thoroddsens werden über weite Gebiete des inneren Islands durch gelbe Farbe „diluviale und alluviale Ablagerungen des Hochlandes“ bezeichnet. Ich habe in diesen Gebieten auf meiner Kartenskizze zumeist glaziale Basaltformation angegeben, und zwar auf Grund von Beobachtungen und Erwägungen, welche in der Folge mitgeteilt werden sollen.

Ich habe drei Durchquerungen Islands gemacht, auf verschiedenen Wegen, außerdem noch Exkursionen in Randgebieten von Lang-Jökull und Hof-Jökull; ferner weite Aussichten von gegen das Innere vorgerückten hohen Bergen gehabt. Man findet nun, daß über weite Strecken des von mir blau angelegten Inneren, Basalt zutage tritt; ich sehe dabei von postglazialen Lavaströmen ab. Weite Strecken der flachwelligen Hochebenen gibt es aber auch, wo die Oberfläche von Moränen und deren Aufbereitungs-Produkten bedeckt ist. Ich vermute hierunter auch die Basaltformation, nicht nur weil die unverhüllten und die mit Moräne u. s. w. verhüllten Basaltgebiete ineinander übergehen, sondern auch aus folgendem Grunde: wo die Breccienformation nachweisbar den Berggrund ausmacht, bildet dieselbe niemals ausgedehnte flachwellige Ebenen, sondern entweder bedeutende Einzelberge oder hügeliges Gelände. Die Annahme aber, daß in den betreffenden Gegenden nicht die lignitführende, sondern die moränenführende Basaltformation vorliegt, stützt sich auf mehrere Gründe, worunter der wichtigste natürlich der ist, daß es in einigen gegen das Innere weit gerückten Aufschlüssen gelang, Moränen und Konglomerate unter eisgeschliffenem Basalt nachzuweisen. Hier sind auch einige diesbezügliche Beobachtungen des zu früh verstorbenen Walther v. Knebel aus der Nähe des Lang-Jökull zu erwähnen, indem er hier, was er Gletscherlauf-Sedimente genannt hat, unter eisgeschliffenem Basalt beobachtete¹⁾.

Der große Basaltbau Islands läßt sich also zergliedern in eine lignitführende und in eine moränenführende (tillitführende) Abteilung. Erstere wollen wir einfach die tertiäre Basaltformation nennen, die letztere aber als die quartäre oder pleistocäne Basaltformation bezeichnen, wobei wir vorläufig von der Möglichkeit absehen, daß die ältesten nachgewiesenen Moränen miocän sein könnten.

Die nächste Aufgabe wäre dann (neben der genaueren Erforschung der Grenzen) die weitere Zergliederung dieser Hauptabteilungen, wobei

¹⁾ W. v. Knebel, Der Nachweis verschiedener Eiszeiten in den Hochflächen des Inneren Inlands. Centralblatt f. Mineralogie u. s. w. Stuttgart 1905.

wir besonders der Gliederung der über 600 m mächtigen quartären Basaltformation, die gewissermaßen eine reichhaltige, durch Lavaströme gut versiegelte Urkundensammlung aus dem so interessanten Eiszeitalter ausmacht, unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Doch nur ganz kurz kann diese Frage hier behandelt werden. Schon aus dem morphologischen Gesichtspunkte ergibt sich, daß die Lavaströme des Eiszeitalters in Island in mehrere, sehr verschiedenaltige Abteilungen zerfallen. Die ältesten Basalte, welche von Moränen unterlagert werden, nehmen, wie früher schon angedeutet, an dem Aufbau eines von Verwerfungen betroffenen und tief erodierten Hochlands teil; die jüngsten eisgeschliffenen Basaltströme liegen in den durch Senkungen und Erosion entstandenen Tälern und Tieflanden. Die morphologische Betrachtung macht es wahrscheinlich, daß diese jüngsten eisgeschliffenen Basalte von den postglazialen rezenten Lavaströmen durch einen weit kürzeren Zeitraum geschieden sind als von jenen moränenführenden Plateaubasalten, und selbst wenn man von den allerältesten moränenführenden Basalten absieht. Es gibt nämlich sowohl ältere als jüngere moränenführende Plateaubasalte; die ersteren treten z. B. westlich des Bárðar-Tals auf, die letzteren, welche durch wenige tiefe und nicht so verästelte Täler gekennzeichnet sind, z. B. östlich desselben Tals. Wie viele Abteilungen der quartären Basaltformation es gibt, ist eine Frage, auf die hier nicht eingegangen und die übrigens zurzeit nicht mit irgend einer Annäherung an Genauigkeit beantwortet werden kann. Aber es möge hier doch betont werden, daß diese intermoränischen Basalte auf wiederholte Schwankungen des isländischen Klimas im Eiszeitalter schließen lassen. Sowohl größere als kleinere Schwankungen scheint es gegeben zu haben; die quartären Basalte sind wohl als teils interglazial, teils interstadial aufzufassen. Aus dem Umstande, daß die Unterlagen der rezenten kleinen Inlandeise Islands wenigstens teilweise aus quartären Basalten aufgebaut sind, läßt sich, immer unter der Voraussetzung, daß die Basalte nicht unter einer Eisdecke entstanden, der Schluß ziehen, daß es in der Quartärperiode Zeiten gab, wo die Gletscher Islands weit kleiner als die jetzigen waren.

Übrigens wird die Annahme von großen quartären Klimaschwankungen in Island keineswegs ausschließlich auf das Vorkommen von intermoränischen Basaltfolgen gestützt. Andere Beobachtungen führen zu demselben Ergebnis. So konnten auf dem inneren Hochlande, nur halb so weit vom Gletscherrand des Hof-Jökull wie vom Meer entfernt, Flusablagerungen unter Moräne (Tillit) und eisgeschliffenem Basalt nachgewiesen werden, und als Liegendes dieser Flusablagerungen trat wieder Tillit auf. Es scheint sicher, daß vor wie nach der Ablagerung

des betreffenden intermoränischen Konglomerats die Vereisung Islands über die Küsten hinaus ging. Näher der Küste wurden schon an zahlreichen Stellen fluviatile, lakustre und selbst marine Einschaltungen der moränenführenden Basaltformation gefunden. In der Basaltformation der östlichen Melrakka-Halbinsel wurde 1907 unter Moräne, Konglomerat und 300–400 m Basalt eine Lignitbank beobachtet, die noch der quartären Basaltformation eingeschaltet zu sein scheint; ein Vorkommen von diluvialer Braunkohle also. Doch bedarf es weiterer Untersuchungen, ehe man sich über diesen letzten Punkt mit Zuversicht äußern kann. Im südwestlichen Island endlich wurde, bei sehr klaren Lagerungsverhältnissen, ein submoränischer Tonstein beobachtet (Abbild. 94), dessen Molluskenfauna wirklich interglazial zu sein scheint, während ein etwa präglaziales Alter des Tonsteins ausgeschlossen ist. Ich hoffe auf diesen Gegenstand bei einer anderen Gelegenheit genauer eingehen zu können¹⁾.

Zeigt die moränenführende Basaltformation einerseits große Schwankungen des Klimas an, so andererseits auch eine Periodizität der vulkanischen Wirksamkeit. Die vulkanische Wirksamkeit in Island dauerte nicht ununterbrochen von dem Miocän bis zum heutigen Tage fort. Es gab ausgesprochene Ruhepausen, und namentlich scheint das Pliocän eine solche gewesen zu sein, wenn es auch, nach Beobachtungen aus dem Sommer von 1907 zu urteilen, auch pliocäne Basalte gibt. Aber mit dem Pleistocän fängt die vulkanische Wirksamkeit wieder gewaltig an, und ohne das Einsetzen dieser wäre vielleicht Island in mehrere, etwa den Faröern ähnliche Inselgruppen aufgelöst worden. Und von Interesse ist es zu bemerken, daß die postglaziale und rezente Vulkanwirksamkeit an die pleistocäne Basaltformation gebunden ist. Die postglaziale Vulkanwirksamkeit erscheint mithin als eine Fortsetzung der pleistocänen, nicht der miocänen Eruptionstätigkeit. Für die ältesten Teile der moränenführenden Basaltformation ist mir keine einzige Ausbruchsstelle bekannt. Die wunderbaren durchgeschnittenen Vulkanschlote zu beiden Seiten des Skaga-Fjords (Ketubjörg, Thórdarhöfði) gehören nicht der ältesten Abteilung der genannten Basaltformation an; ebensowenig die merkwürdigen schildförmigen Lavavulkane, wie z. B. Eiríks-Jökull, Ok und andere. Kein einziger dieser eisgeschliffenen Schildvulkane ist präglazial, wie teils direkt aus den stratigraphischen Verhältnissen hervorgeht, teils durch den Umstand wahrscheinlich wird, daß, wie erwähnt, die tiefsten Täler Islands erst

¹⁾ Vortrag in der Deutschen Geologischen Gesellschaft am 6. Mai 1908: „Marines Interglazial in Südwest-Island“.

nach Ablagerung der ältesten bekannten Moränen entstanden, während die Schildvulkane weniger zerschnitten sind, als dem Forscher wünschbar erscheinen möchte. Sehr interessante Fragen knüpfen sich an diese landschaftlich so prachtvollen, wahrscheinlich interglazialen Schildvulkane, auf welche namentlich Thoroddsen zuerst die Aufmerksamkeit lenkte, und über die W. v. Knebel in anregender Weise schrieb. Den jüngeren und jüngsten Teilen des isländischen Quartärs endlich gehören die Breccienberge, die Vulkanruinen, deren Gestein einer sozusagen mehr spratzigen Form der vulkanischen Wirksamkeit entstammt. Einige Beobachtungen sprechen dafür, daß letztere Form der vulkanischen Wirksamkeit namentlich in Randgebieten der Vergletscherungen statt hatte, während die Schildvulkane auf eisfreiem Gelände durch ruhiges Hervorquellen von Lava aufgebaut worden sein dürften. Der Mangel an Breccienbergen in den älteren Teilen der tillitführenden Basaltformation dürfte vielleicht mit dem gewaltigen Erosionsvermögen der Gletscher bei verhältnismäßig geringer Widerstandskraft der Breccien in Zusammenhang zu bringen sein.

3. Morphologie.

Im vorhergehenden wurde der morphologischen Verhältnisse Islands hin und wieder im Vorübergehen gedacht. Es soll nunmehr eine mehr zusammenhängende Darstellung einiger Hauptzüge der isländischen Morphologie versucht werden. Wie der geologische Aufbau aus Basaltdecken erraten läßt, ist Island hauptsächlich ein Tafelland. Doch ist die Einförmigkeit der Landschaft nicht so groß, wie man vielleicht erwarten möchte. Die vulkanischen Decken sind nicht mehr ungestört, sondern vielfach zerbrochen und verworfen. Gefällswinkel von $8-10^\circ$ und noch mehr kommen selbst in der quartären Basaltformation vor, wobei ich nicht das ursprüngliche Gefälle von Lavaströmen in Gedanken habe. Vielleicht ist es richtig, daß die Basalte überwiegend nach dem Inneren zu fallen, aber es gibt bedeutende und zahlreiche Ausnahmen von dieser Regel. Zuweilen macht die Basaltformation, wenn man größere Gegenden überblicken kann, gewissermaßen den Eindruck eines eingestürzten Höhlendaches, wie z. B. sehr schön in der Gegend des Skaga-Fjords. Aber auch auf andere Weise wird die Einförmigkeit des Tafellandes gebrochen; so durch Gebirgszüge und Einzelberge, welche teils mehr die ausgearbeiteten Formen, teils mehr die Formen des Aufbaues, die eingelagerten Formen, zeigen. Unter den ersteren verdienen genannt zu werden die eigentümlichen, steilen, aus intrusiven, zuerst 1905 erkannten Doleritporphyrit-Stöcken ausgearbeiteten Berge, wie z. B. Vaðalfjöll nördlich des Breiða-Fjords.

Das genannte Gestein zeigt die glazialen Rundhöcker in viel schönerer Form als der gewöhnliche Deckenbasalt. Als wahre Hörner und Spitzen treten sehr oft die sowohl in der pleistozänen wie in der tertiären Basaltformation intrusiven Liparite auf. Ihre zugespitzte Form scheinen diese Berge in der Regel vornehmlich erlangt zu haben, als sie nach dem Maximum der letzten Vergletscherung Islands als Nunataks aus dem Eise emporragten. Von außerordentlicher Bedeutung für die Fazettierung — um, wie öfters in dieser Darstellung, einen Ausdruck aus Pencks Morphologie der Erdoberfläche anzuwenden — der isländischen Landschaft waren überhaupt die Gletscher der schwindenden letzten Vereisung und, wie ich glaube, namentlich während der Vorstöße, von denen der Rückzug — wie es aus Beobachtungen der letzten Jahre hervorgeht — unterbrochen wurde. So waren z. B. solche umströmende oder umlagernde Gletscher an der Umgestaltung der, wie früher erwähnt, in späteren Abschnitten des Eiszeitalters entstandenen Breccienvulkane besonders wirksam, wie, um ein Beispiel zu nennen, an dem bekannten Berge Thríhyrningur (das Dreihorn) schön zu sehen ist. Aus dem rundlinigen, mit einem tiefen Krater versehenen Kegelsberge, wurde namentlich durch die unterschneidenden Gletscher ein steiler kantiger, mehrspitziger Berg geschaffen, wo von den durch vulkanische Aufschüttung entstandenen Formen überhaupt nichts mehr zu sehen ist.

Dafs der unterschneidenden Wirkung der Meeresbrandung bei dem Aufbau des isländischen Gebirges an der Gestaltung der Küsten und des Küstenabfalls eine ganz besonders grofse Rolle zufallen mufste, braucht nur angedeutet zu werden.

Selbst die Deckenbasalte sind in gewissen Gegenden zu Reihen von ziemlich spitzen Bergen ausgearbeitet worden, namentlich in den äufseren Teilen der Halbinseln Nord- und Ost-Islands. Diese Spitzen scheinen durch die Aneinanderreihung von Karén entstanden zu sein. Hierbei soll bemerkt werden, dafs die äufsersten Kare die ältesten zu sein scheinen; man kann sehen, wie die Kare landeinwärts in früher eisüberflutetes Plateau eingesenkt sind, und zwischen den kleineren und jüngeren Karen bestehen noch Plateaustrecken. Die Erosion ist nicht zur Herstellung von Spitzen und Kämmen gelangt. Ich kann nicht darauf eingehen zu schildern, wie durch die postglaziale Erosion Schluchten in die glazial geformten Täler und anderwärts eingerissen wurden, oder wie namentlich die Täler Nord- und Ost-Islands durch wohlentwickelte Felsterrassen, welche mutmafslich im Zusammenhang mit der glazialen Erosion stehen, geprägt werden. Ein die Täler betreffendes Problem soll jedoch gestreift werden. Man trifft nicht leicht

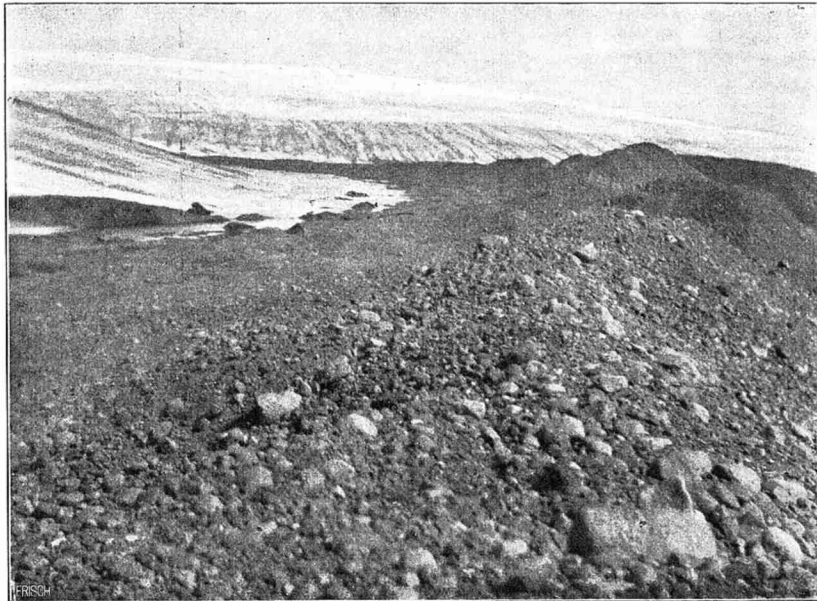
irgend ein bedeutendes isländisches Tal, dessen Wände nicht Störungen aufzuzeigen hätten. Ich bin nach und nach zu der Auffassung gelangt, daß diese Störungen in vielen Fällen nicht etwa Veranlassung zur Bildung des Tales gegeben haben, sondern umgekehrt, daß die Störungen eine Art Nachbröckeln (oder vielleicht richtiger Nachsacken) der Talwände sind, und ich denke hierbei nicht nur an die Fälle, wo durch Unterschneidung seitens der Gletscher Bergstürze verursacht wurden, wie es oft der Fall war.

Unter den eingelagerten Formen seien nur eben erwähnt die Lavaströme, die Schlackenkegel und die Schildberge, welche, wie z. B. der Eiríks-Jökull, zu den größten Zierden der isländischen Landschaft gehören. Mit ihren weithinaus leuchtenden, majestätisch gewölbten Firndächern können sie Vorstellungen erwecken von den Palästen der Götter, wie solche in unserer alten Mythologie beschrieben wurden.

Ferner will ich nennen die glazialen Anhäufungen, die Moränen. Diese spielen in der isländischen Landschaft eine geringere Rolle, als man erwartet zu haben scheint. Zwar gibt es an den rezenten Gletschern prachtvolle Endmoränen (Abbild. 95) und vor den Mündungen einiger größerer Täler gibt es auch bedeutende glaziale Anhäufungen; aber in den weiten, öden Flächen des Inneren Islands scheinen Moränenwälle, von der unmittelbaren Nähe der Gletscher also abgesehen, eine große Seltenheit zu sein; und ein bedeutender Moränenzug, der vor kurzem oberhalb der Gegend Biskups-Tungur aufgefunden wurde, steht ziemlich einzig da. Übrigens muß man bedenken, daß der größte Teil der isländischen Glazial-Ablagerungen in der Landschaft nicht zum Ausdruck kommt oder nur insofern er an dem Aufbau der pleistocänen (tillitführenden) Basaltformation teilnimmt.

Die fluvioglazialen Sande sollen nur noch genannt werden. Es gibt in Island auch fossile oder subfossile Sande, deren Studium den Vergleich der fluvioglazialen Ablagerungen Europas mit denjenigen Islands erleichtern möchte. Die wichtigsten rezenten isländischen Sandgebiete sind auf der dänischen Generalstabskarte sehr schön dargestellt worden.

Was mir an der Morphologie Islands von ganz besonderem Interesse zu sein scheint, ist die nachweisbare Jugendlichkeit des Formenschatzes. Es muß von großer Wichtigkeit sein für Untersuchungen über die Beteiligung der Gletscher an der Erdsulptur, wenn man sich vergewissern kann, daß der bearbeitete Gebirgsblock selbst, erst nachdem Gletscher da waren, entstanden ist. Da braucht man sich nicht zu plagen mit der Frage, was an dem vorliegenden Formenschatz noch präglazial ist, was erst im Eiszeitalter hinzugekommen. In Island nun



Abbild. 95. Randmoräne am Arnarfells-Jökull (Hofs-Jökull).



Abbild. 96. Blick von der Hochebene auf einen Fjord Ost-Islands
(Mjóifjörður).

Nach einer Photographie des stud. jur. K. Ellefsen, Kristiania.

ist man in der Lage, sich vergewissern zu können, daß die ganze Gestaltung des Landes, Küstenverlauf und Oberflächenformen, alles erst im Eiszeitalter entstanden ist (unter der Voraussetzung, daß die ältesten Moränen nicht miocän sind). Betrachten wir die größte Niederung Islands, das hauptsächlich durch Bruch und Senkungen entstandene südliche Tiefland. Die Bruchwände sind überall aus der moränenführenden Basaltformation aufgebaut, und zwar ist dieses wichtigste Tiefland der Insel nicht einmal früh im Eiszeitalter entstanden oder wenigstens nicht in seinen oberen Teilen; die pleistocäne Basaltformation existierte schon in bedeutender Mächtigkeit, als es gebildet wurde. Alle die höchsten Berge Islands sind erst im Eiszeitalter entstanden, das Land scheint also im Pliocän viel einförmiger gewesen zu sein. Einige der größten Täler, wie z. B. das Fnjóska-Tal und das Bárðar-Tal, sind von Anfang an in Schichten der moränenführenden Basaltformation eingegraben worden. Für die Gegenden, wo nur die tertiäre Basaltformation auftritt, können wir das Alter der Formen der Landschaft nicht auf die Weise bestimmen, wie es in den früher kurz genannten Beispielen möglich ist; aber wir können nicht gut annehmen, daß ein Tal im tertiären Basaltgebiet hauptsächlich in der Tertiärzeit entstand und in der Quartärzeit nur etwas ausgetieft und umgeändert wurde, wenn für andere quartäre Basaltgebiete nachgewiesen werden kann, daß ähnliche oder selbst größere Täler gänzlich in der Quartärzeit entstanden sind. Sehr lehrreich ist es, zwei Täler, wie das Skorra-Tal und das Fljóts-Tal, in dieser Hinsicht zu betrachten; in beiden Fällen wird ein großer Teil des Talbodens von einem Zungenbecken eingenommen, und diese Zungenbecken bergen Seen, welche zu den größten Islands gehören. Was das Skorra-Tal betrifft, kann nachgewiesen werden, daß nicht nur das Zungenbecken, sondern das Tal in seiner ganzen Tiefe im Eiszeitalter ausgehöhlt wurde, indem die Talwände teilweise aus geneigten Basaltdecken mit eingeschalteten, bis 20 m mächtigen, ausgezeichneten Moränen aufgebaut sind. Im anderen Falle tritt nur tertiärer Basalt in den Talwänden auf; dafür aber, daß das Tal schon im Tertiär ausgegraben wurde, haben wir keinen Beweis und finden die Wahrscheinlichkeit groß, daß das Fljótsdal wenigstens nicht älter ist als das Skorra-Tal.

Auch für die großen Züge der Küstengestaltung läßt es sich teilweise direkt nachweisen, daß sie erst nach Ablagerung der ältesten Moränen entstanden sind. Die Küsten des Hval-Fjords — eines der schönsten und am meisten typischen Fjorde Islands — werden teilweise in mehrerer hundert Meter Mächtigkeit aus der moränenführenden Basaltformation aufgebaut; ja die große Faxa-Bucht selbst scheint erst

im Eiszeitalter entstanden zu sein. An ihrem südöstlichen Teil ist die moränenführende Basaltformation von Verwerfungen, deren Sprunghöhe über 600 m beträgt, betroffen worden, und die diese Bucht begrenzenden Halbinseln werden im Fall der nördlichen teilweise, in dem der südlichen ganz aus der quartären (und postglazialen) Basaltformation aufgebaut. Etwas Ähnliches könnte man wenigstens für die südlicheren Teile der anderen großen Bucht West-Islands erhärten. In Nordost-Island sehen wir, daß sich eine ganze Reihe von Buchten in die quartäre Basaltformation einschneidet. Eine Ausnahme bildet doch vielleicht die Westseite der Skjálfandi-Bucht; ob hier den oberen Teilen der Basaltformation Glazialbildungen eingeschaltet sind, ist eine Frage, zu deren Beantwortung es weiterer Untersuchungen bedarf.

Thoroddsen hat mit Recht den Unterschied zwischen den durch Senkung oder vorwiegend durch Senkung entstandenen Buchten und den durch Erosion oder vorwiegend durch Erosion entstandenen Fjorden hervorgehoben¹⁾. Es ist nun eine bemerkenswerte Tatsache, daß die Buchten vornehmlich in dem Gebiete der quartären Basaltformation auftreten, die Fjorde dagegen besonders in der tertiären Basaltformation, wenn es auch, wie früher angedeutet wurde, Ausnahmen gibt. Ganz besonders schlagend ist der Unterschied zwischen dem Fjordgebiet Ost-Islands (Abbild. 96) und dem weiter nördlich belegenen Buchtengebiet.

Nach allen Richtungen von den Küsten Islands hinaus streckt sich bekanntlich auf weite Entfernungen ein submarines Plateau, der Schelf, ein submarines Island. Vieles scheint mir dafür zu sprechen, daß dieser Schelf erst in der Quartärzeit entstand, und verschiedenartige Betrachtungen führen hier alle zu demselben Ergebnis. Im Laufe der Quartärzeit wurde, wie erwähnt, die Oberfläche Islands selbst in den wichtigsten Zügen geschaffen, und die Küstenerosion, welche jetzt an den Felsküsten Islands mit so großem Erfolge nagt, muß, sollte man meinen, in diesem langen Zeitraume Bedeutendes geleistet haben. Wir sehen denn auch, daß auf lange Strecken steile Wände der quartären Basaltformation vom Meere gespült werden oder doch während eines etwas höheren Meeresstandes gespült wurden. Ferner: in mehreren hundert Meter Mächtigkeit tritt an einer Stelle der isländischen Küste das Pliocän auf. Höchst unwahrscheinlich ist es, daß die pliocäne Senkung, die größte, die noch für Island nachgewiesen werden konnte, auf einen verhältnismäßig kleinen Teil der Küste beschränkt war. Wie

¹⁾ Th. Thoroddsen, *Islandske Fjorde og Bugter*. Dansk geograph. Tidsskr. 16. Bd. Köbenhavn 1901.

erklärt man aber das Fehlen der Pliocänformation in anderen Küstenstrecken Islands? Durch (ausschließlich) glaziale Erosion gewiß nicht. Eher durch die Annahme, daß schon seit dem Pliocän große Teile der isländischen Küstengebiete der Meeresbrandung zum Opfer fielen. Nur wo eine pliocäne Bucht sich ausnehmend weit in das Land hineinstreckte, wurde ein Teil der Pliocänformation erhalten.

Hiermit sei diese kurze Schilderung des geologischen Aufbaues und der Morphologie Islands beendet. Die gemachten Untersuchungen zeigen, daß Island, nicht am wenigsten was eiszeitliche Fragen betrifft, ein vielversprechendes Arbeitsfeld ist. Eine genaue topographische Aufnahme Islands ist in den letzten Jahren seitens des Dänischen Generalstabes in Angriff genommen worden. Schon sind einige ausgezeichnet schöne Kartenblätter veröffentlicht worden. Möchte eine entsprechend genaue geologische und morphologische Untersuchung der großen atlantischen Insel nicht allzu lange auf sich warten lassen!