

Kvartärgeologische Studien auf Island II. Interglaziale Pflanzenablagerungen.

Von
JÓHANNES ÁSKELSSON.

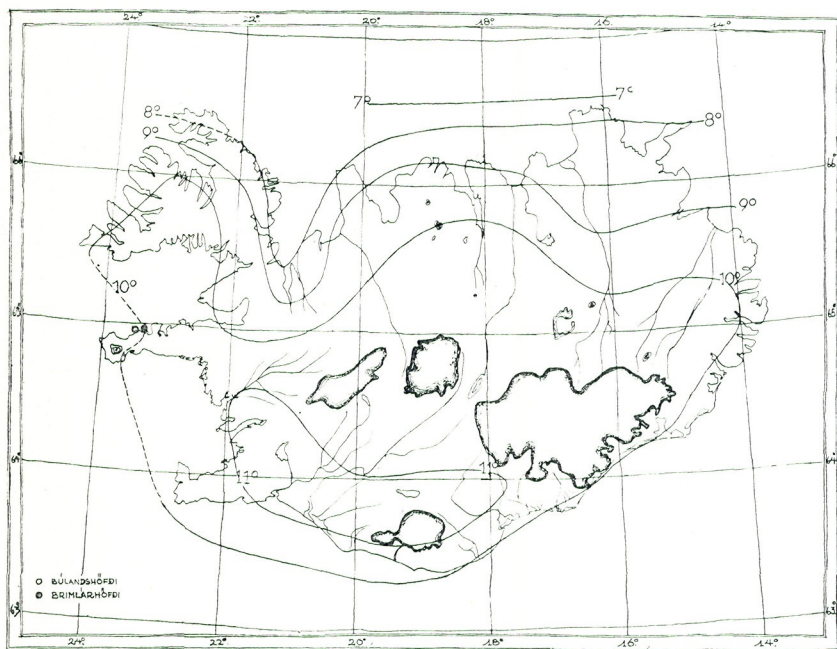
Einleitung.

Die Interglazialbildungen Islands wird man am besten ihrer Entstehung nach in zwei grosse Gruppen einteilen: 1. Lava und 2. Lockerprodukte. Die Laven sind in der Regel Basaltdecken, heller, grobkörniger und von grösserer Mächtigkeit als die tertiären Effusivlager des Landes. Ihre Oberfläche ist oft deutlich eisgeschrammt; deshalb wurden sie von älteren Forschern für präglaziale Bildungen gehalten. Wie aber PÉTURSS, der Entdecker des Polyglazialismus in Island, gezeigt hat, liegen sie häufig auf glazigenen Ablagerungen und sind darum interglazialen Alters (PÉTURSS 1900). Die Lockerprodukte, die die sogenannte »Palagonitformation« bilden, sind verschiedenen Ursprungs und von jeder Festigkeit (PÉTURSS 1910, NIELSEN und NYGAARD 1936). Die Untersuchungen dieser Verfasser ergaben, dass sich die ganze diluviale Schichtenserie Islands in eine recht grosse Anzahl von Faziesgruppen einteilen konnten, von denen die meisten neu, einige jedoch früher bereits bekannt waren; zu diesen gehören die marinen, die nun aus West-, Süd- und Nordisland bekannt geworden sind (PÉTURSS 1909, THORKELSSON 1935, LINDAL 1935, ÁSKELSSON 1933 und 1938).

I. Interglazialbildungen aus Westisland.

Von den marinen Interglazialbildungen Islands sind die bekanntesten die sogenannten Búlandshöfða-Schichten an der Nordküste der Halbinsel Snæfellsnes. Hier fand PÉTURSS im Sommer 1902 Meeresmuscheln in Sedimentgesteinen, eingeklemmt zwischen eisgeschrammten Basaltschichten. Im gleichen Sommer fand er diese Schicht im Berg oberhalb des Hofes Mávahlö (PÉTURSS 1903).

Später verfolgte er diese Bildung in den Bergen Brimlárhöfði (Stöðin) und Kirkjufell am Grundarfjörður (PÉTURSS 1905 und 1910). Er zeigte die Gleichaltrigkeit dieser Muschelschichten auf sowie ihr interglaziales Alter. Die 22 Mollusken-Arten, die in dem steinigen Tonstein von Búlandshöfði gesammelt und von ADOLF JENSEN bestimmt wurden, erwiesen, dass es sich hier um zwei verschiedene



Karte I. Die Juli Isotermen in Island.

Faunenvergesellschaftungen handelte, eine hocharktische, z. B. von *Portlandia arctica* Gray repräsentiert, und eine boreale, mit *Purpura lapillus* Linné und *Mytilus edulis* Linné als Hauptvertretern (JENSEN, ADOLF und PÉTURSS, HELGI 1904).

Im Sommer 1922 untersuchte BÁRÐARSON die Berge an der Nordseite der Halbinsel Snæfellsnes. Ausser an den erwähnten Stellen fand er interglaziale Sedimentablagerungen, die er alle für gleichalterig und von der gleichen interglazialen Periode wie die Búlandshöfða-Schichten stammend hält, an folgenden Stellen (BÁRÐARSON 1929):

1. Im Berge Mýrarhyrna (hyrna: »Spitze«):
Konglomerat.
Geschichteter Sandstein.

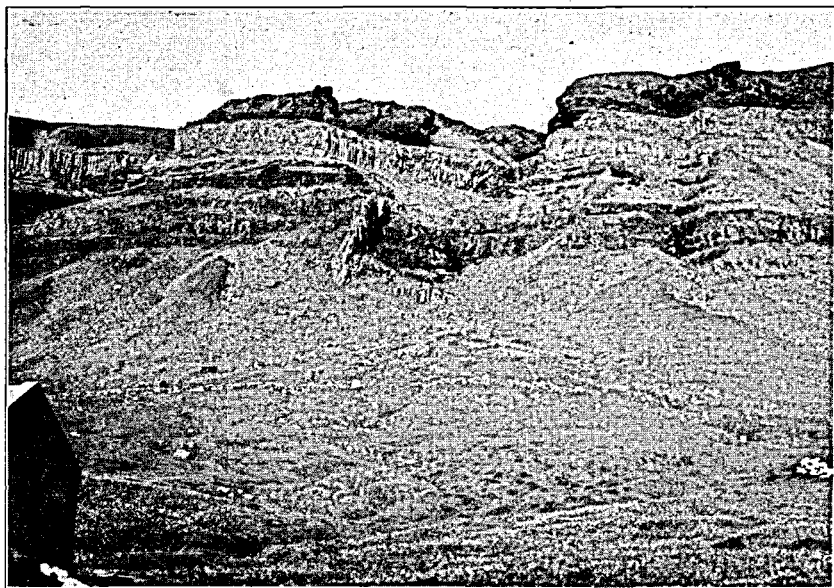
2. In Hyrnudalur (dalur: »Tal«):
Konglomerat.
Geschichteter Sandstein.
3. In Skerðingsstaðafjall (fjall: »Berg«):
Tonstein, Schalen führend (*Saxicava rugosa* Linné, *Scalaria groenlandica* Chemn., *Balanus* sp.).
Sandstein.
Konglomerat.
4. In Höfðakotsgil (gil: »Schlucht«):
Geschichteter Tonstein.
Sandstein.
Konglomerat mit Schalen (*Saxicava rugosa* Linné).
5. Unweit westlich von Lokalität 4:
Konglomerat.
Tonstein, Schalen führend (*Cardium ciliatum* Fabr., *Astarte borealis* Chemn., *A. elliptica* Brown, *A. Banksii* Leach, *Saxicava rugosa* Linné, *Acmea* sp., *Scalaria groenlandica* Chemn.).

Die Höhenlage dieser Sedimentgesteine variiert zwischen 130 und 170 m ü. M. Das Liegende dieser Schichten ist überall tertiärer Basalt, dessen Oberfläche an einigen Stellen deutlich eisgeschrammt ist, z. B. in Skerðingsstaðafjall, Búlandshöfði und Mávahlíðarfjall. Durch diesen tertiären Basalt liegen Eruptivgänge aufwärts. Die von mir untersuchten reichen bis an seine Oberfläche, wo sie mit dem Nebengestein ausgeglichen sind. Die Gänge haben in der Mehrzahl NO—SW—Richtung. Vom Búlandshöfði aus scheinen sich die Gänge aber radial zu erstrecken. PÉTURSS (1903) nennt auch jüngere Gänge, die durch die auf dem tertiären Basalt liegenden Sedimentablagerungen hindurchreichen.

Auf den Sedimentablagerungen liegen abwechselnd Doleritlava-decken, mit eisgeschrammter Oberfläche, und mächtige Lagen von Lockerprodukten. Diese jüngeren Bildungen, die Dicken von Hunderten von Metern erreichen und so deutlich in den Nordseiten der Berge auf dem westlichen Snæfellsnes zu Tage treten, sind augenscheinlich, zumindest in hohem Masse, glazigenen oder vulkanoglazigenen Ursprungs. Sie erreichen ihre grösste Höhe ü. M. in den quartären Vulkanruinen Helgrindur (988 m).

Bis jetzt liefern noch die Sedimentablagerungen am Búlandshöfði und Brimlárhöfði die besten Aufschlüsse über die Sedimentation

sowie über das Klima des Landes und über die auf diesem vorhandenen Lebensbedingungen während der Periode, zu der sich die Bildung dieser Schichten vollzog. Die Schichtenfolge des Brimlárhöfði wird hier zum ersten Male aufgezeigt, wohingegen die Schichtenfolge des Búlandshöfði bereits von PÉTURSS (1903) und BÁRDARSON (1929) geschildert worden ist. Meine Untersuchungen des letztgenannten



J. A. phot. 1938.

Fig. 1. Mávahlíðarfjall. Ein Gang durchquert den tertiären Basaltsockel bis an seine Oberfläche, wo die Sedimentserie beginnt. Oben auf den Sedimenten sieht man die helle Doleritschicht, die wieder von Tuffbildungen bedeckt ist.

»höfði« (»Vorgebirge, Steilkap«) stehen im grossen und ganzen in vollem Einklang mit den älteren an ihm durchgeführten Untersuchungen. Zum Vergleich wird im Folgenden die Schichtenfolge beider »höfði« dargestellt:

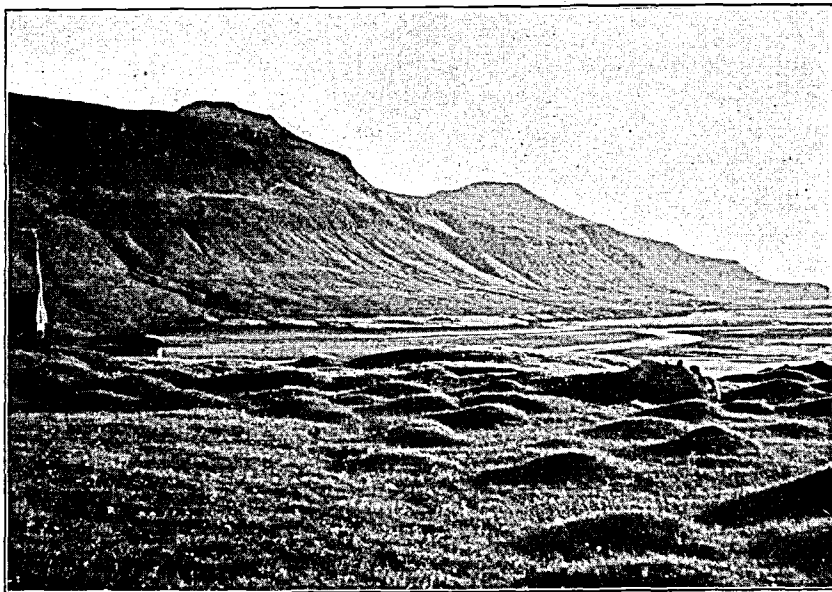
1. Búlandshöfði (Schichtenfolge von unten nach oben):

- A. 135 m: Mehrere tertiäre Basaltdecken mit gut entwickelten Zeolithen in den Hohlräumen; eisgeschrammte Oberfläche. Die Eisschrammen auch sichtbar auf der Oberfläche dieses tertiären Basalts in dem Berg oberhalb des Hofes Mávahlíð, etwas weiter westlich. Dieser Basalt wird von Eruptivgängen bis an die Oberfläche

durchquert, die von dem Vorgebirge in nordwestlicher und nordöstlicher Richtung ausgehen. Etwas weiter nach Osten, im Berge Grundarmön, findet sich Lignit in den Tuff-Zwischenlagen der Basaltschichten.

- B. ca. 10 m: Moräne mit deutlich eisgeschrammten Steinen.
- C. ca. 5 m: Geschichteter, sandiger Tonstein, stellenweise geröllhaltig.
- D. ca. 10 m: Geschiebelehm, undeutlich geschichtet und Schalen führend. Die Hauptformen der Muschelfauna sind *Portlandia arctica* Gray, *Cardium ciliatum* Fabr., *Astarte elliptica* Brown, *A. Banksii* Leach, *Turritella erosa* Countony.
- E. ca. 2 m: Geschichteter, sandiger Ton ohne Versteinerungen.
- F. ca. 5 m: Dasselbe Sediment wie E., aber mit Muschelfauna, *Portlandia arctica* Gray u. a.
- G. ca. 5 m: Konglomerat, undeutlich geschichtet. Nach oben zu wird diese Schicht sandig und die Schichtung tritt deutlicher hervor. Hier wurden folgende Muscheln gefunden: *Purpura lapillus* Linné, *Cyprina islandica* Linné und *Mytilus edulis* Linné.
- H. ca. 10 m: Tonhaltiger Sandstein mit unbestimmbaren Muschelbruchstücken nach unten zu. Nach oben zu wird die Lage deutlich geschichtet und folgende Muscheln bestimmbar: *Saxicava rugosa* Linné und *Macoma calcaria* Chemn. Wo diese Schicht am stärksten tonhaltig ist, finden sich darin senkrechte, zylindrische Röhren, die jetzt von Sandstein gefüllt sind. Diese Röhren haben einen Durchmesser von 1—2 cm und rühren wahrscheinlich von *Arenicola* her (vgl. auch BÅRÐARSON 1929).
- I. ca. 5 m: Deutlich geschichtete Sand- und Geröllbildungen mit Kreuzschichtung. Delta. Die Schichten fallen nach Süden.
- K. ca. 5 m: Geröllhaltiger Ton, undeutlich geschichtet, die Schichten horizontal.
- L. Doleritische Lavadecken, die jetzt bis in 212 m Höhe ü. M. reichen. Deutlich eisgeschrammte Oberfläche.
- M. Vulkanischer Tuff und Breccien. Glazigene Bildungen.

An Hand der Schichtenfolge wird klar, dass die Sedimente zwischen dem eisgeschrammten, tertiären Basalt (A) und dem doleritischen Basalt (L) interglazial sind. Die Muschelfauna, die sich in situ in den Schichten findet, gibt zu erkennen, dass eine bedeutende Erwärmung des Klimas stattgefunden hat von der Periode an, zu der sich *Portlandia arctica* bildete, bis zu der Zeit, wo sich die *Purpura lapillus*-



J. A. phot. 1937.

Fig. 2. Im Vordergrunde Skerðingsstaðafjall. Im Hintergrunde Búlandshöfði.
Bildmitte die Tuffhügeln Höfðakúllur.

Schichten ablagerten. *Portlandia arctica* ist an den Küsten Islands jetzt ausgestorben. Die stratigraphische Einordnung ist eindeutig. Die unteren Muschelschichten mit den hocharktischen Formen sind älter als die oberen mit den borealen Formen, *Purpura lapillus* usw. Diese Art ist in unserer Zeit an der Nordküste Islands gefunden worden, ist dort aber selten; sie wird erst häufig in der wärmeren See an der Süd- und Westküste (ÁSKELSSON 1935). Wir müssen daher zu der Ansicht kommen, dass sich während der Bildung der Muschelschichten im Búlandshöfði das Klima Islands gemildert hat von hocharktischem Charakter zu nicht tieferen Kältegraden als den heute üblichen.

2. Brimlárhöfði: Dieser Berg wird auf den Generalstabskarten

»Stöðin« genannt. Sein ursprünglicher Name lautet jedoch Brimlárhöfði und wird deswegen hier beibehalten (KÄLUND 1877—82). Dieser Berg ist in der Spätglazialzeit durch Wasserläufe und Gletscher von dem Hauptgebirge der Halbinsel abgeschliffen worden und steht nun allein. Die Untersuchung der Schichtenfolge ist am leichtesten von Süden und Osten. Dort ist der Berg am zugänglichsten und das Profil am reinsten. Die Schichtenfolge, von unten nach oben, ist folgende:

A. 130 m: Basalt, sehr ähnlich dem im Búlandshöfði vorkommenden. Offensichtlich derselbe Basalt. Hier im Brimlárhöfði sieht man seine Oberfläche nicht deutlich wegen der daraufliegenden Erdschichten. Ein Gang zieht sich durch den Basaltsockel, westlich von Kviabryggja, und reicht bis an seine Oberfläche.

B. ca. 2 m: Konglomerat, sandig und undeutlich geschichtet.

C. ca. 8 m: Tonstein, graufarbig und geschichtet.

D. ca. 2 m: Undeutlich geschichteter Ton mit hier und dort eingestreuten, bis zu Faustgrösse grossen Geröllsteinen. In dieser Schicht befanden sich folgende Vertreter der Meeresfauna: *Astarte montagui* (f. *typica*?) Dillwyn, *A. montagui* var. *striata* Leach, *A. montagui* var. *Warhami* Hancock, *A. borealis* f. *typica* Chemn., *A. borealis* var. *placenta* Mörch, *Saxicava arctica* Linné. Ausserdem *Balanus (crenata?)* und *Coronula* sp. (Bruchstück) und *Natica* sp. (*indeterminabilis*).

E. ca. 8 m: Nach unten zu ist die Schicht geröllhaltiger, geschichteter Sand, nach oben zu wird sie mehr und mehr tonhaltig, die Schichtung verschwindet oder wird sehr

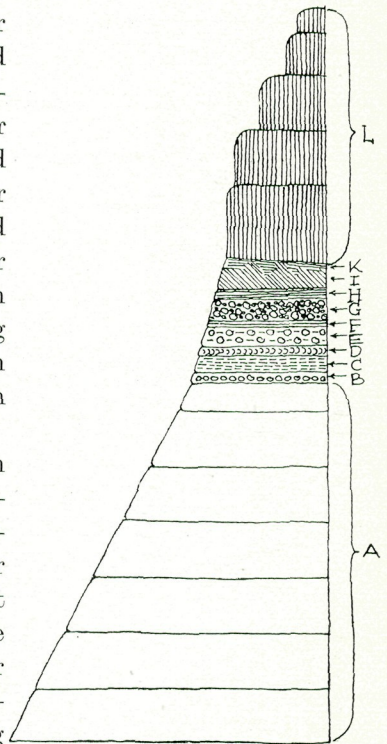


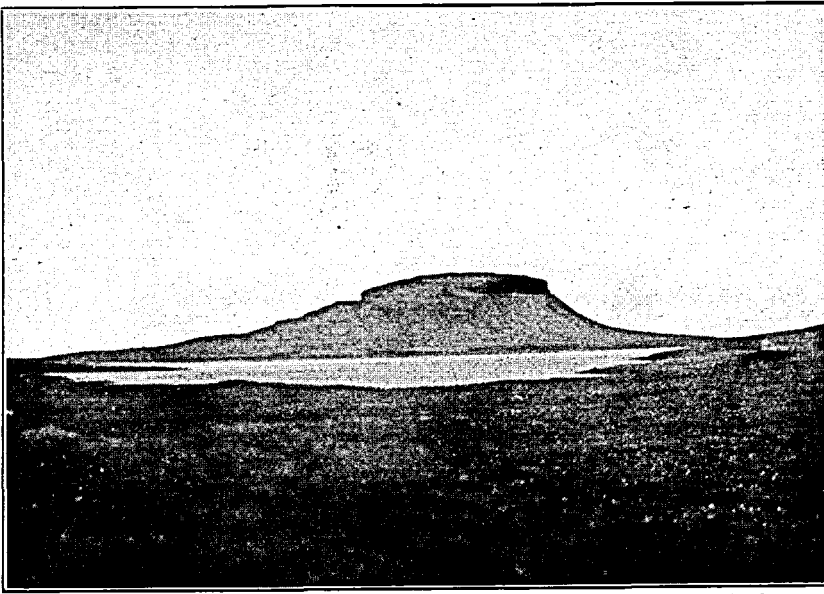
Fig. 3. Profil von Brimlárhöfði. Die Schichten sind mit denselben Buchstaben wie im Text bezeichnet.

undeutlich. In diesem oberen Teil der Schicht finden sich ziemlich viele, deutlich eisgeschrammte Steine.

F. ca. 1 m: Sehr deutlich geschichteter Ton (Bänderton?).

G. ca. 2 m: Geröllschicht, deutlich geschichtet, die Schichten horizontal und von Limonit rotgefärbt.

H. ca. 6 m: Tonstein, geschichtet, die Schichten horizontal. Zu



J. A. phot. 1937.

Fig. 4. Brimlárhöfði von südost gesehen.

oberst in dieser Schicht sehr schöne Pflanzenabdrücke im Ton.

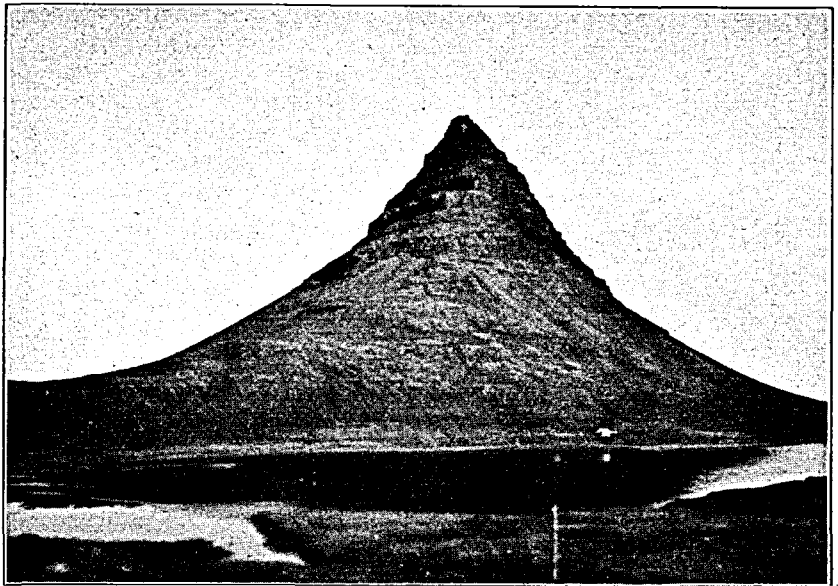
I. ca. 10 m: Deutliche Deltabildung mit Kreuzschichtung. Die Schichten fallen wie im Búlandshöfði nach Süden.

K. Tonschicht, verschieden mächtig, mit Pflanzenabdrücken. Wegen der Steilheit des Hanges war die Untersuchung nur an einer Stelle möglich. Dort betrug die Mächtigkeit der Schicht ungefähr 1 m.

L. ca. 100 m: Doleritische Lavadecken, die den obersten Teil des Brimlárhöfði bilden und bis zu 268 m Höhe ü. M. reichen. Oberfläche eisgeschrammt.

Bei einem Vergleich der Schichtenfolge des Búlandshöfði und des Brimlárhöfði fällt die Uebereinstimmung ins Auge; es kann ja auch

wohl kaum einen Zweifel geben an der Annahme, dass es sich hier um gleichzeitige Schichten handelt. Zwar fanden sich nicht die Eisschrammen an der Oberfläche des tertiären Basalts, auf dem die Sedimente des Brimlárhöfði lagern; dabei ist aber zu beachten, dass den Untersuchungen an diesen Stellen durch die Steilheit des Berges grosse Schwierigkeiten entgegengesetzt werden. Das auf dem



J. A. phot. 1937.

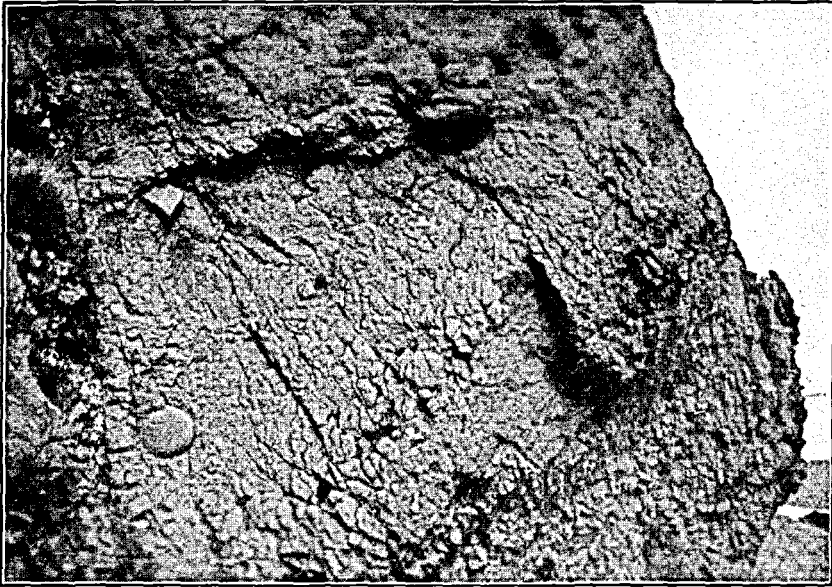
Fig. 5. Das 463 m hohe Erosionsgebirge Kirkjufell, das in spät- und postglazialer Zeit von exogenen Kräften ausmodelliert wurde.

Basalt ruhende Konglomerat (B) scheint eine fluviatile Bildung zu sein. Typischen Moränencharakter hat es nicht aufzuweisen. Die Bildung des geschichteten Tons (C), der auf dem Konglomerat lagert und das Liegende für die Schalenschicht (D) bildet, hat sich im Wasser vollzogen. Die Schichtenfolge dieses untersten und ältesten Teiles der Sedimente bezeugt einen steigenden Wasserstand.

3. Die Fauna des Interglaziales im Brimlárhöfði.

Obwohl *Portlandia arctica* sich nicht unter den in der Schicht D gefundenen Tieren befindet, tragen die übrigen gefundenen Arten deutlichen Eismeercharakter. Unter den in dieser Schicht gefundenen war keine typische Borealart. Leider war es nicht möglich, den niede-

ren Krebs zu klassifizieren. Zwei *Coronula*-Arten sind jetzt für Island bekannt: *Coronula diadema* Linné und *Coronula reginae* Darwin. Die erste ist Kosmopolit, die zweite wird angesetzt für »Northern Atlantic and Pacific Oceans (mainly on Megaptera boops)« (STEPHENSEN 1938). Die Bivalven sind alle mit Sicherheit in situ gefunden, da die Schalen in der Regel geschlossen im Ton liegen. *Astarte montagui* var.



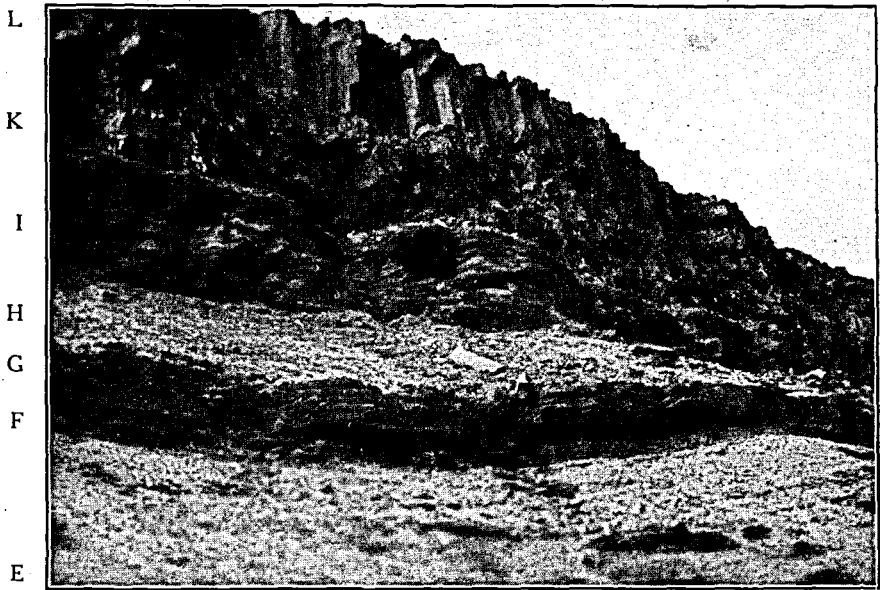
J. A. phot. 1937.

Fig. 6. Die Schalenschicht im Brimlárhöfði (Schicht D in der Profilzeichnung). Man sieht die Muschelschalen als weisse Flecken im Ton.

Warhami wird jetzt nicht für an der Küste Islands lebend gehalten, sondern wird erst allgemein bei Ostgrönland (JENSEN 1912). Die *Var. striata* dieser Art ist jetzt selten an der isländischen Westküste, wird aber für die kältere See an der Nord- und Ostküste häufiger als die Hauptart (*f. typica*) gehalten (BÁRDARSON 1925). Dies sind aber gerade die beiden Arten, die in der Schalenschicht (D) im Brimlárhöfði gefunden worden sind. Die Fauna ist also, wie beim Búlandshöfði, hocharktisch. Ausser den stratigraphischen Verhältnissen zeigt die Faunavergesellschaftung, dass die Schalenschichten äquivalente Bildungen sind.

Von der Schichtenfolge des Brimlárhöfði ausgehend, könnte man zu dem Schluss kommen, dass die Meeresfauna dort gelebt hätte, als

die Eiszeit zum ersten Male im Anzug war. Sobald man aber die Schichtenfolge des Búlandshöfði (und des Skerðingsstaðafjall) gleichzeitig beachtet, wird dieser Schluss hinfällig. An diesen Stellen ist die Oberfläche des tertiären Basaltsockels deutlich eisgeschrammt, und ausserdem ist beim Búlandshöfði die Tatsache nicht zu umgehen, dass über ihn eine erhärtete Grundmoräne gelagert ist. Daraus



J. A. phot. 1937.

Fig. 7. Die Schichtenserie im Brimlárhöfði. Die Schichten sind mit denselben Buchstaben wie in der Profilzeichnung bezeichnet.

scheint man folgern zu dürfen, dass die Eiszeit begonnen und Gletscher bis an die Küste gereicht haben, ehe die Schalenschichten sich bildeten. Dass aber auf diesen Gebieten hocharktische Voraussetzungen herrschten, als die Mollusken an den Küsten lebten, zeigen sowohl die arktische Faunavergesellschaftung als auch die eisgeschrammten Steine im Ton.

4. Die Flora des Interglaziales im Brimlárhöfði.

Das Hangende für die Schalenschicht im Brimlárhöfði wird von Schicht E ausgemacht. Es beginnt von unten mit fluviatilen Sand- und Geröll-Schichtfolgen, die von einem sinkenden Meeresspiegel zeugen. Nach oben geht diese Schicht in ungeschichteten Ton mit

verschieden grossen Steinen über, die typische Eisschrammen aufweisen. Ueber die Bildung dieser Schicht soll hier nichts behauptet werden, sie ähnelt aber am ehesten einer Moräne. Ist dies der Fall, so scheint sie ihre Ursachen eher in einem lokalen Eisvorstoss zu haben als in regionaler Vergletscherung, da sich ein entsprechender »Geschiebelehm« nicht in der Sedimentserie im Búlandshöfði gefunden hat. Die Schicht F ist ein lakustres Sediment mit ausgesprochener Schichtung, im wesentlichen aus Ton und Feinsand bestehend. Makroskopisch sind hier keine Fossilien gefunden worden. Die rotgefärbte Geröll-Schicht (G) ist eine fluviatile Bildung, die ihre Färbung aber auf trockenem Lande erhalten haben muss.

Pflanzenabdrücke zeigten sich in den zwei Schichten (H) und (K), die durch deutliche Deltabildung voneinander getrennt sind, mit vorkommender Diagonalschichtung. Diese Deltabildung habe ich im Kirkjufell, Skerðingsstaðafjall, Búlandshöfði und Mávahlíðafjall verfolgt. An allen diesen Stellen fallen die Schichten nach Süden in die Berge hinein, was darauf hindeuten könnte, dass die Flüsse, die das Material in die Deltabildungen trugen, von Norden gekommen seien: dies erfordert aber wieder, dass der Breiðifjörður damals noch nicht vorhanden gewesen sei, jedenfalls nicht in seiner heutigen Form.

Die Pflanzenabdrücke sind am deutlichsten in der Schicht H, wo sie auch am zahlreichsten vorhanden sind in einer ca. 0.25 m dicken Schicht zu oberst unter der Deltabildung. Die Gesteinsart ist Ton mit zu oberst eingelagerten Sand- und Feingeröllschichten. Das Sediment scheint sich ursprünglich in einem See gebildet zu haben, in den die Pflanzen hinausgetragen worden sind, und wo sie sich dann auf seinem Tongrund abgesetzt haben. Die Schichten sind horizontal. Die Pflanzen sind noch nicht zur Genüge bestimmt, scheinen aber in der Mehrzahl doch von verschiedenen *Salix*-Arten zu stammen, und zwar von Arten, die jetzt nicht auf Island wachsen. Sehr deutliche Abdrücke fanden sich von Fruchtkapseln von *Salix*. Schliesslich erinnern einige Abdrücke auch an Blätter von *Alnus*, und wieder andere an *Betula nana*-Blätter.

Die pflanzenführende Schicht (K), die auf dem Delta, aber unmittelbar unter den Doleriten liegt, konnte ich nicht zusammenhängend zwischen Delta und Doleriten verfolgen. Ich fand sie an einigen Stellen in Erosionsrinnen in der Oberfläche des Deltas. Die Gesteinsart ist feiner, heller, geschichteter Tonstein, mit deutlich horizontalen Schichten, d. h. diskordant zu den darunter liegenden Deltaschichten. Bei meiner ersten Untersuchung des Brimlárhöfði übersah

ich diese Schicht im Profil, so dass diese also fehlt in der Profilzeichnung der Schichten, die meinem isländischen Aufsatz über diese beigegeben ist (ÁSKELSSON 1938). Es soll auch noch erwähnt werden, dass diese Schicht eine noch genauere Untersuchung verdient, als ich sie ihr bis jetzt habe zuteil werden lassen können.

Die Pollenanalyse der pflanzenführenden Sedimentschichten ergab, bei Behandlung der Sedimentgesteine mit heisser Flussäure, folgendes Resultat:

Tabelle I.

Die Formen	Schicht H.		Schicht K.		Veränderung der Pollenprozentage von Schicht H zu Schicht K.
	Anzahl gezählter Pollen in 5 Präparaten (24×32 mm)	o/o	Anzahl gezählter Pollen in 1 Präparat (24×32 mm)	o/o	
<i>Pinus</i>	2.5	4			
<i>Picea</i>	1	1			
<i>Betula</i>	2	3			
<i>Alnus</i>	1	1	51	44	1 → 44
<i>Salix</i>	7	10	4	3	10 ← 3
<i>Ericales</i> *)	13	18			
<i>Graminae</i>	22	32	53	46	32 → 46
<i>Cyperaceae</i>	10	15	6	5	15 ← 5
<i>Plantago</i>	1	1			
<i>Hippophae</i> ?	1	1			
<i>Chenopodiaceae</i>	3	4			
<i>Caryophyllaceae</i>	1	3			
<i>Compositae</i>	2	1	1	1	1 = 1
<i>Varia</i>	4	6	1	1	6 ← 1
Zusammen.....	70.5	100	116	100	

Ausser den Pollen fanden sich in Schicht H Moossporen.

Die letzte Spalte der Tabelle I. gibt einen Ueberblick über die Veränderung der Pollenfrequenz von der unteren Pflanzenschicht zu der höheren. *Alnus* und *Graminae* nehmen zu. *Compositae* zeigen keine Veränderung, während die übrigen Arten, soweit sie sich überhaupt in K fanden, abgenommen zu haben scheinen. Beim jetzigen Stand der Dinge muss man zu der Ansicht kommen, dass die *Picea*-Pollen in der Schicht H sekundären Ursprungs sind; dasselbe gilt mit grösster Wahrscheinlichkeit für *Pinus*-Pollen. Sie können fern-

*) Meistens *Empetrum* und *Calluna*.

transportiert sein oder auch vielleicht von älteren tertiären Ablagerungen stammen. *Chenopodiaceae*-Pollen aus der Schicht H könnten auf Küstenvegetation hinweisen. *Atriplex patulum* L. ist jetzt allgemein um ganz Island herum in Küstenstrandsand und Dünen zu finden. Andere isländische Arten dieser Gattung (*Chenopodium album* L. und *Atriplex hastatum* L.) sind importiert und selten. Von *Plantago* ist *Plantago maritima* L. am verbreitetsten und am meisten in Strandweiden vertreten. Obwohl die *Plantago*-Pollen keinen absoluten Beweis dafür enthalten, dass es sich hier um Strandvegetation handelt, können sie in Verbindung mit den *Chenopodiaceae*-Pollen die Vermutung stützen, dass der Strand von den Stellen dieser Vegetation nicht weit entfernt gewesen sei.

In diesem Zusammenhange ist das geringe Vorhandensein von *Betula* bemerkenswert. In der unteren, pflanzenführenden Schicht (H) sind nur 3% von dieser Art. Statt sich nun, wie man annehmen könnte, zugleich mit *Alnus* in der höheren Pflanzenschicht (K) zu vermehren, scheint sie hier vollkommen verschwunden zu sein. Welche Gründe dies veranlasst haben könne, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen; sie können aber, mindestens zu einem gewissen Grade, in den Bodenverhältnissen gelegen haben. Nach LANGE wächst der grönländische *Alnus* in feuchtem und sandigem Boden (zitiert nach BÖCHER 1938), d. h. also unter genau entgegengesetzten Bodenverhältnissen als den für die isländische Birke am besten geeigneten.

Es scheint klar, dass von der Zeit, zu der die hocharktische Meeresfauna aus der Schicht D in Brimlárhöfði am Strande lebte, und bis zu der Periode, zu der die erwähnte Vegetation aus Schicht H das Land schmückte, eine beträchtliche Klimamilderung eingetreten sein muss. Es scheint ferner auch kein zu kühner Schluss zu sein, wenn man folgert, dass es sich hier um die gleiche Klimaerwärmung handelt, die aus den marinen Schichten des Búlandshöfði (s. oben) zu uns spricht. Sofern nun der naheliegende Schluss richtig ist, dass die borealen Arten aus der Schicht G in Búlandshöfði zur gleichen Zeit am Strande gelebt haben, wo die Pflanzen aus der Schicht H in Brimlárhöfði auf diesem Gebiet gediehen, werden auch die Küstenmerkmale der Vegetation verständlich. Die Deltabildung, die an beiden Stellen unmittelbar auf diesen Schichten liegt, deutet an, dass es sich hier somit um homotaxe Schichten handelt.

Die beachtenswerteste von diesen interglazialen Pflanzen ist der *Alnus*. Ohne Zweifel ist er in der Nähe des Gewässers gewachsen, in dem sich das Sediment bildete. *Alnus* ist in Island jetzt ausgestorben,

und es ist nicht bekannt, dass er hier in der Postglazialzeit gewachsen ist. In diesem Zusammenhang verdient aber die Tatsache Erwähnung, dass JAKOB LINDAL in Nordisland Schichten mit zahlreichen Pflanzenresten gefunden hat, die er für interglazial hält (LINDAL 1935). Nach freundlicher Mitteilung von LINDAL sind *Alnus*-Blätter unter den eingesammelten.

5. Das Klima der Interglazialzeit.

Oben ist darauf hingewiesen worden, dass während der Bildung der unteren und älteren Schichten des Brimlárhæfði (mit der arktischen Meeresfauna) in Island hocharktisches Klima geherrscht haben muss. Später ist eine Erwärmung eingetreten. Aus der Pollenuntersuchung geht hervor, dass die Lebensbedingungen des *Alnus* sich erheblich gebessert haben von der Periode der Bildung der Schicht H (mit *Alnus* 1%) bis zur Bildung der Schicht K (mit *Alnus* 44%). Ob sich die Wachstumsbedingungen kontinuierlich gebessert haben, lässt sich mit Bestimmtheit nicht sagen, solange nicht feststeht, auf welche Art klimatischer Schwankungen die Deltabildung (I), die zwischen den pflanzenführenden Schichten liegt, zurückgeht. Ausserdem zeigt das Ueberwiegen der *Alnus*- und *Graminae*-Pollen in Schicht K, dass das Wärmeoptimum, das aus der Schichtenserie zu erkennen ist, hier liegt. Ob nun das Wärmeoptimum dieser ganzen Interglazialzeit dasselbe ist, weiss man andererseits nicht, da Schicht K nur ein Rest einer mächtigeren Ablagerung zu sein scheint.

Wie war nun das Klima dieser Gebiete zu der Zeit, zu der diese interglaziale Flora gedieh? Diese Frage kann nicht erschöpfend beantwortet werden, solange nicht die Pflanzen-Blätter aus den Schichten bestimmt sind. Ausserdem ist eine weitergehende Sammlung und Untersuchung, besonders der Schicht K, wünschenswert, ehe eine abschliessende Beantwortung obiger Frage gegeben werden kann. Trotzdem kann man nach dem, was jetzt schon über die Vegetation bekannt ist, einige Aufschlüsse über das Klima bekommen. Dr. JOHANNES IVERSEN, Abteilungsgeologe an »Danmarks geologiske Undersøgelse« hat den *Alnus* aus diesen Schichten als dieselbe Art bestimmt, die noch in Westgrönland wächst: *Alnus viridis*. Laut BÖCHER (1938) ist diese Art in Westgrönland zwischen 61° und 66° NB. verbreitet, wächst dort aber nur innen in Fjorden, wo es am wärmsten und geschüttesten ist an »sheltered fjord localities«. IVERSEN (1934) hat aufgezeigt, dass *Alnus*-Pollen in der postglazialen Wärmezeit in Ujaragssuit im Godthaabs-Fjord zahlreicher gewesen

sind als seither. Die Südgrenze dieser Art in Westgrönland glaubt BÖCHER (a. a. O.) danach bestimmen zu können, dass sie »cannot tolerate oceanic climate«.

Bei einem Vergleich zwischen dem auf Snæfellsnes herrschenden Klima und dem in den Fjorden Westgrönlands scheint der Hauptunterschied gerade darin zu liegen, dass es auf Snæfellsnes mehr ozeanisch ist und daher mehr dem Klima Südwestgrönlands südlich der Südgrenze des Alnus ähnelt.

Vergleicht man die Temperaturen von Stykkishólmur mit denen von Godthaab, so stellt sich heraus, dass in Stykkishólmur die Sommertemperaturen etwas höher liegen, wie folgende Tabelle II. zeigt.

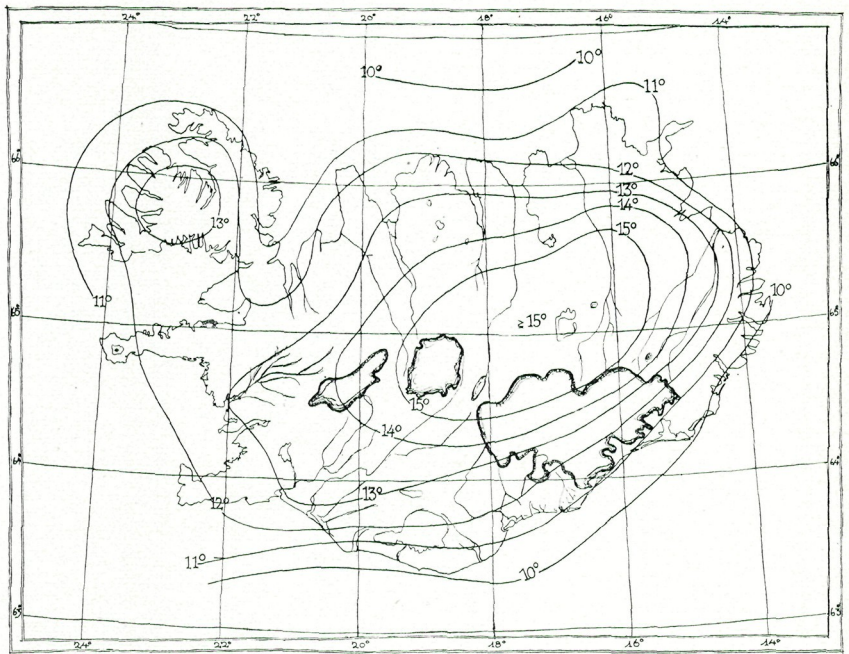
Tabelle II.

Monats-Durchschnittstemperaturen in Stykkishólmur und Godthaab.

	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
St. N. B. 65° 5' . . .	-1.9	-2.4	-2.0	0.6	4.4	8.2	10.0	9.3	7.3	3.8	0.7	-1.4
Gh. N. B. 64° 11' . . .	-9.8	-10.0	-7.8	-3.9	0.7	4.5	6.6	6.3	3.2	-0.9	-4.6	-8.1

Grad Celsius.

Mir sind keine meteorologischen Beobachtungen aus den inneren Gebieten der grönländischen Fjorde bekannt; die Sommertemperaturen liegen dort aber beträchtlich höher als nahe der Küste. BÖCHER (a. a. O.) lässt die 10°-Juli-Isotherme die innersten Fjordgebiete umschliessen. Karte I. zeigt die Juli-Isothermen Islands, wo die 10°-Isotherme gerade über Brimlárhöfði liegt, wo die Alnus-Sedimente sich befinden. Der ozeanische Charakter des westisländischen Klimas wird auch aus Karte II. ersichtlich, wo die Isotalanten dargestellt sind. Ein Vergleich dieser Karte mit der BÖCHERS (a. a. O. Fig. 5) zeigt deutlich den Unterschied zwischen dem ozeanischen Klima Westislands und dem kontinentalen an den inneren Fjordenden Westgrönlands. Andererseits zeigen die Karten auch die Uebereinstimmung zwischen dem ozeanischen Klima Südgrönlands und Westislands. HELGE PETERSEN (1928) hat darauf aufmerksam gemacht, wieviel nebliger das Klima an der westgrönlandischen Küste sei als an den inneren Enden der Fjorde, wo den grössten Teil des Sommers über heiteres Wetter und Sonnenschein herrschen. Auch in dieser Hinsicht scheint das jetzige Klima von Snæfellsnes mehr dem Küsten-



Karte II. Die Karte zeigt die Isotalanten in Island.

klima Westgrönlands zu gleichen als dem der weiter landeinwärts gelegenen Gebiete.

Tabelle III. zeigt die monatsdurchschnittlichen Niederschlagsmengen für Snæfellsnes (Messungen von 1867—1925) und Godthaab, in mm:

Tabelle III.

Durchschnittliche Niederschlagsmengen je Monat für Stykkishólmur und Godthaab.

	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Sth. . . .	76.7	64.5	49.0	37.5	32.7	37.3	36.3	39.9	67.5	76.0	71.1	61.5	649.9
Gdh. . .	44	53	51	36	52	37	64	79	87	66	50	49	668

Die Tabelle zeigt die Aehnlichkeit der Niederschlagsmengen für beide Orte. Weiter landeinwärts sind sie für Grönland bedeutend niedriger. In Qurnoq, halbwegs zwischen Mündung und Ende des Godthaab-Fjords beträgt die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge

nur 369 mm. Ausserdem sollten die Niederschläge in Westgrönland mehr in Form von Schnee als Regen fallen und auch insofern von den Niederschlägen auf Snæfellsnes zur heutigen Zeit abweichen.

Wenn ein Schluss gezogen werden soll bezüglich des interglazialen Klimas auf Island an Hand des Vergleiches zwischen dem derzeitigen Klima auf Snæfellsnes und Westgrönland dort, wo *Alnus* noch heute wächst, so scheint festgestellt werden zu können, dass die Temperatur der Sommermonate nicht niedriger gewesen ist als sie heutzutage in Westisland ist, sondern wahrscheinlich etwas höher. Das Land war grösser als es jetzt ist, der Breiðifjörður jedenfalls nicht vorhanden. Vielleicht ist der Charakter des Klimas ein mehr kontinentaler gewesen. Dagegen spricht wiederum, dass die Küste nicht weit entfernt gewesen zu sein scheint. Habe ozeanisches Klima dort geherrscht, wo der isländische *Alnus* wuchs, so spricht alles deutlich dafür, dass es warm gewesen ist, denn den Nachteilen, die das ozeanische Klima in Südgrönland für *Alnus* mit sich bringt, hätte eine grössere Wärme am ehesten entgegen wirken können. Ob nun auch das Klima Islands in dieser interglazialen Periode kontinental oder ozeanisch gewesen ist — dies kann allein durch weitere Untersuchungen erwiesen werden — so kommt doch alles auf dasselbe hinaus: Die Sommertemperaturen haben, solange der interglaziale *Alnus* in Island wuchs, nicht unter den heutigen gelegen, sondern eher darüber.

II. Zusammenfassung.

1. Die Untersuchungen auf Snæfellsnes haben dieselben Ergebnisse gezeitigt wie ältere Untersuchungen (PÉTURSS, BÁRDARSON), nämlich deutliche interglaziale Bildungen an den Nordseiten der Berge zwischen Fróðársveit und Grundarfjörður, weil a) der tertiäre Basaltsockel, der das Liegende für die Sedimentgesteine bildet, an seiner Oberfläche deutlich eisgeschrammt ist und die Sedimentenfolge stellenweise mit erhärteter Moräne beginnt, die unmittelbar auf dem tertiären Basalt liegt, und b) das Hangende der Sedimentenfolge, der doleritische Basalt, auch eisgeschrammte Oberfläche hat und darauf wieder mehrere Hundert Meter dicke glazigene Schichten liegen (Tuff, Breccia und Basaltlagen, vielfach deutlich eisgeschrammt).

2. Ausser der in den älteren Schichten der interglazialen Schichtenfolge gefundenen Meeresfauna finden sich in den höheren und jünge-

ren Schichten des Interglazials lakustre Fazies mit interglazialer Flora, die man früher nicht erkannt hat. Einige dieser Arten sind jetzt in Island ausgestorben (*Alnus viridis*).

3. In dieser interglazialen Periode sind die (Sommer-)Temperaturen Islands ebenso hoch gestiegen wie diese jetzt sind, und wahrscheinlich noch höher.

4. Dies sind die ältesten interglazialen Schichten Islands, vielleicht äquivalent dem Interglazial auf Tjörnes (ÁSKELSSON 1935).

5. Noch sind die Untersuchungen nicht so weit fortgeschritten, dass man Parallelen ziehen könnte zu interglazialen Bildungen auf dem Kontinent, und ausserdem ist es zweifelhaft, ob man dort äquivalente Bildungen erkannt hat. Wegen der doleritischen Basaltlava aber, die seit Ende des Tertiärs verschiedentlich über isländisches Gebiet geflossen sind und die Sedimente, die einer Verwitterung weniger Widerstand entgegensetzen, vor der Zerstörung durch spätere Vergletscherung und Erosion schützen, scheint Island wertvolle Quellen zum Studium des Eiszeitalters zu bewahren, die in den Nachbarländern vielleicht nicht zu finden sind.

Die diesem Aufsatz zugrunde liegende Laboratoriumsarbeit habe ich zu einem Teil an »Danmarks geologiske Undersøgelse« durchgeführt, zum anderen an »Atvinnudeild Háskóla Islands« (Institut für angewandte Naturwissenschaften). Ich bin den Leitern dieser Institute, Herrn Direktor Dr. phil. HILMAR ØDUM und Herrn Direktor cand. polyt. TRAUSTI OLAFSSON dankbar für ihre Erlaubnis zu diesen meinen Arbeiten. Ebenso weiss ich Herrn Abteilungsgeologen Dr. phil. JOHANNES IVERSEN und Herrn Staatsgeologen Dr. phil. V. NORDMANN herzlichen Dank für die mir erwiesene Hilfe; der erste half mir bei Bestimmung der Pollen, der zweite bei Bestimmung der Muscheln.

LITERATURVERZEICHNIS.

- 1938 ÁSKELSSON, JÓHANNES: *Um islenzk dýr og jurtir frá Jökullima*, (Náttúrufræðingurinn, Reykjavík S. 1—16).
- 1935 — *Some Remarks on the Distribution of the Species *Zirphea crispata* L. and *Purpura lapillus* L. on the North-Coast of Iceland*, (Vidensk. Medd. fra Dansk naturh. Foren. Bd. 99, S. 65—72).
- 1933 — *Nokkur orð um skeljalöggin í Fossvogi*, (Náttúrufræðingurinn, Reykjavík. S. 82—88).

- 1933—34 ÁSKELSSON, JÓHANNES: *News from Tjörnes*, (Skýrsla um Hið íslenska Náttúrufræðifélag, félagsárin 1933—34, Reykjavík).
- 1929 BÁRDARSON, GUÐMUNDUR G.: *Nogle geologiske Profiler fra Snæfellsnes, Vest-Island*. (Report of the 18. Scandinavian Naturalist Congress in Copenhagen 26.—31st August).
- 1925 — *Um fornar sjávarminjar við Borgarfjörð og Hvalfjörð*, (Soc. Sc. Islandica I., Akureyri).
- 1938 BÖCHER, W. TYGE: *Biological Distributional Types in the Flora of Greenland*. (Medd. om Grønland, Bd. 106. Nr. 2. København).
- 1934 IVERSEN, JOHANNES: *Moorgeologische Untersuchungen auf Grönland*, (Meddel. fra Dansk Geologisk Forening, 8, København).
- 1912 JENSEN, ADOLF: *Lamellibranchiata I*. (The Danish Ingolf-Eped. II. 5, København).
- 1877—82 KÁLUND, KRISTIAN: *Bidrag til en historisk-topografisk Beskrivelse af Island*. København.
- 1935 LINDAL, JAKOB: *Móbergsmýndanir í Bakkakotsbrúnum og steingervingar þeirra*, (Náttúrufræðingurinn, Reykjavík, S. 97—114).
- 1936 NIELSEN, NIELS und NOE-NYGAARD, ARNE: *Om den islandske »Palagonit-formations« Oprindelse. En foreløbig Meddelelse*. (Særtryk af Geografisk Tidsskrift, 39. Bind, 2. Halvbind, Dec.).
- 1928 PETERSEN, HELGE: *The Climat of Greenland*, (Greenland published by the Commission for the Direction of the geological and geographical Investigations in Greenland, Copenhagen and London).
- 1900 PÉTURSS, HELGI: *The glacial Palagonite-Formation of Iceland*, (The Scottish Geographical Magazine for May, pg. 265—293).
- 1903 — *Shelley Boulder-Clay in the »Palagonite-Formation« of Iceland*, (Quart. Journ. Geol. Soc., vol. lix, pg. 356—361).
- 1904 — und JENSEN, ADOLF: *Om Forekomsten af skalforende Skurstensler in Bulandshöfði. Med Bemærkninger om Molluskerne*, (Oversigt over d. Kgl. Danske Vidensk. Selskabs Forhandlinger. København).
- 1905 — *Om Islands Geologie*, København.
- 1909 — *Ueber marines Interglazial in der Umgebung von Reykjavik, Island*, (Vortrag) Monatsberichte der Deutschen geologischen Gesellschaft, Bd. 61, Nr. 5, S. 274—287).
- 1910 — *Handbuch der regionale Geologie*, Heft 2: Island, IV, 1. Heidelberg).
- 1938 STEPHENSEN, K.: *Cirripedia (incl. Rhizocephala)*, (The Zoology of Iceland. Vol. II, Part 30—31, Copenhagen and Reykjavik).
- 1935 THORKESSON, TH.: *A fossiliferous Interglacial Layer at Elliðaárvogur, Reykjavik*, (Societas Scientiarum Islandica, Greinar I., 1. Reykjavik).
- 1933 UPPDRÁTTUR ISLANDS: *Blað 14, Breiðfjörður, und blað 15, Snæfellsnes*. (Published by the Geodetic Institute, Copenhagen and Reykjavik).