

## **Om den islandske »Palagonitformation«s Oprindelse.**

**En foreløbig Meddelelse**

af

**Niels Nielsen og Arne Noe-Nygaard.**

Den Undersøgelse, som danner Grundlaget for nærværende Arbejde, blev udført paa IV. Dansk-Islandske Expedition, som i Foraaet og Sommeren 1936 arbejdede i Island. Expeditionens Opgave var at undersøge Skuepladsen for de vulkanske Udbrud 1934 i Grímsvötn Vatnajökull, og desuden at foretage geologiske Arbejder i den vestlige Del af Vatnajökull. Den første Del af Arbejdet blev udført af Jóhannes Áskelsson, Niels Nielsen og Arne Noe-Nygaard indtil 24. Maj, hvorefter Jóhannes Áskelsson forlod Expeditionen for at tage fat paa et andet Arbejde.

I Tiden 24. Maj—16. Juni fortsattes Arbejdet paa Vatnajökull af Forfatterne til denne Meddelelse, og vi gjorde i nævnte Periode nogle Iagttagelser paa Nunatakker og i Randfjælde, som aabnede nye Muligheder for Forstaaelsen af den saakaldte „Palagonitformation“. Allerede meget hurtigt blev det klart for os, at de nye Synspunkter indebar Muligheder for at kaste Lys over visse vanskelige Problemer i Islands Geologi, og vi besluttede at ændre Expeditionens Arbejdsprogram for om muligt at føre de heldigt paabegyndte Studier til en relativ Afslutning inden Expeditionens Ophør 26. Juli.

Indtil 8. Juli arbejdede Niels Nielsen og Arne Noe-Nygaard paa Strækningen fra Öræfi til Kirkjubæjarklaustur, derefter sluttede Pálmi Hannesson sig til Expeditionen og deltog i Arbejdet indtil 22. Juli, i hvilken Periode vi arbejdede paa Strækningen Kirkjubæjarklaustur — Eyjafjallajökull samt i Landet N.V. for Hekla. Under et kort Ophold i Reykjavík havde vi Lejlighed til at drøfte Undersøgelsen og dens Resultater med Dr. Helgi Pjeturss, og vi foretog sammen med denne en Ekskursion til nogle af de klassiske

Lokaliteter, hvor Dr. Pjeturss for ca. 35 Aar siden gjorde den Opdagelse — Iagttagelsen af Tillitter i Palagonit- og Basaltformation — som blev Indledningen til den moderne geologiske Udforskning af Island.

Undersøgelsen i Marken har saaledes kun strakt sig over Tiden 1. Juni—26. Juli, men forud ligger mange Aars forgæves Forsøg paa at finde Rede i den tilsyneladende Forvirring, som præger visse Dele af „Palagonitformationen“. Gang paa Gang har vi givet os i Kast med Opgaven, og lige saa ofte har vi maattet give op.

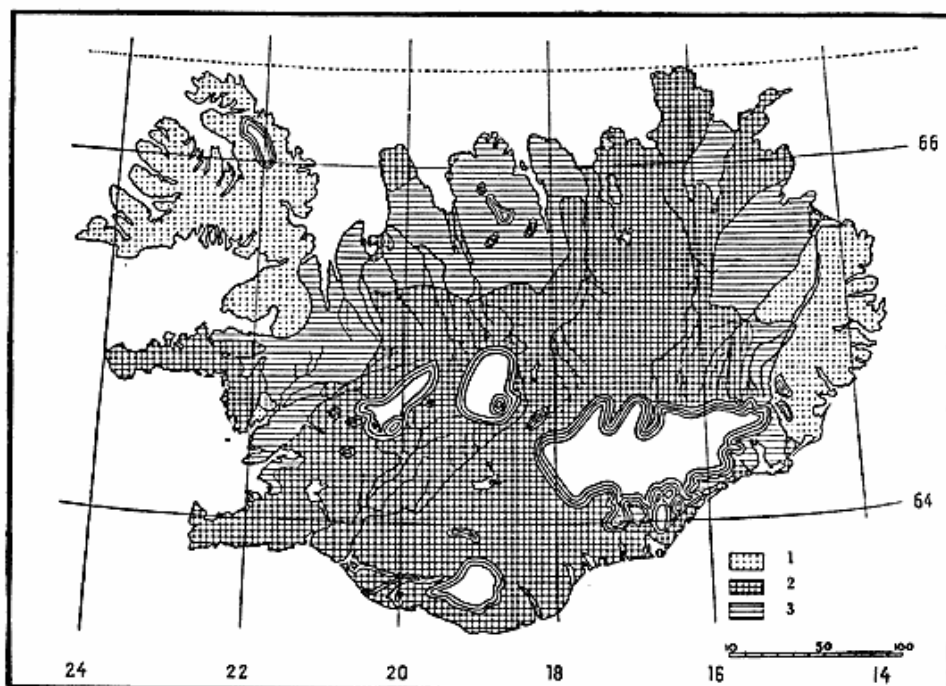


Fig. 1. Geologisk Kortskitse (efter Pjeturss).

- 1) Tertiære Dannelser.
- 2) Kvartære Dannelser.
- 3) Tertiære og Kvartære Dannelser.

Geologische Skizze von Island (nach Pjeturss).

- 1) Tertiäre Bildungen.
- 2) Quartäre Bildungen.
- 3) Tertiäre und quartäre Bildungen.

Pálmi Hannesson, som har et meget vidtgaende Kendskab til Islands Geografi og Geologi, har berejst saa at sige alle de Egne af Island, hvor „Palagonitformationen“ findes, og hans indgaaende Kendskab til Formationen og dens Optræden blev af den største Betydning for Undersøgelsens heldige Gennemførelse.

Som det vil fremgaa af nedenstaaende Meddelelse, har det været nødvendigt at tage en lang Række Problemer op til Behandling

samtidig, fordi man vanskeligt kunde naa til Forstaaelse af Enkeltheder uden at have Helheden for Øje, og man kan ikke vente paa nærværende Tidspunkt at faa en definitiv Afgørelse af alle de Spørgsmaal, som knytter sig til denne overordentlig indviklede, men uhyre interessante Formation, og heller ikke kan man forvente, at den kommende Bearbejdelse af det indsamlede Materiale vil bringe fuld Klarhed; dertil er Fænomenerne alt for komplicerede. Nedenstaaende Redegørelse fremsættes med det Forbehold, at Bearbejdelsen kan tvinge os til paa et eller andet Punkt at ændre vore Synspunkter, men Sagen forekommer os at være saa betydningsfuld, at en foreløbig Meddelelse maa være paa sin Plads. Det vides nemlig, at Videnskabsmænd i forskellige Lande arbejder med Formationen, og det er derfor muligt, at en Offentliggørelse af visse nye Synspunkter allerede paa Sagens nuværende Stadium kan virke befordrende paa det internationale Arbejde for at klarlægge visse af de Problemer, som knytter sig til Studiet af Islands Geologi.

Litteraturen over den saakaldte Palagonitformation eller Breccieformation er meget omfattende og kan her ikke refereres i Enkeltheder, men vi skal som Indledning give en ganske kort Oversigt over Forskningens Udviklingsgang og iøvrigt henvise til de foreliggende Oversigtsarbejder, gennem hvilke man kan finde frem til de mere specielle Publikationer. Nævnes kan saaledes:

Th. Thoroddsen: Island. Petermanns Mitteilungen. Erg.-Heft 152—53. 1905—06.

Th. Thoroddsen: Landfræðissaga Íslands. 1892—1904.

Helgi Pjetursson: Om Islands Geologi. 1905.

„ „ : Island. Handbuch der regionalen Geologie. 1910.

Hans Spethmann: Der Aufbau der Insel Island. Centralblatt f. Min. Geol. und Pal. 1909.

W. v. Knebel og Hans Reck: Island. Stuttgart 1912.

G. W. Tyrrell og Martin A. Peacock: The petrology of Iceland. Trans. Roy. Soc. Edinburgh 1927.

Hovedtrækkene af Islands geologiske Struktur er i Korthed saaledes:

Der kendes ingen Dannelse ældre end Tertiær. De ældste forsteningsførende Lag anses med nogen Usikkerhed for at være miocæne. Hele Bjærgartserien fra de ældste til de yngste er præget af vulkansk Virksomhed, men dog saaledes, at et stort Kvantum af Bjærgarterne bestaar af omlejet Materiale, der een eller flere

Gange er blevet Genstand for Nedbrydning og Nyaflejring og derved omdannede til Sedimenter.

I Vest og Øst finder man de ældste (tertiære) Dannelser, fortrinsvis bestaaende af Basaltdækker. Disse overlejres af et ca. 1000



Fig. 2. Hærdet Moræne „Tillit“. Svínafell.

Gehärtete Moräne, „Tillit“. Svínafell.

m mægtigt System af kvartære Dannelser, der forekommer i den midterste Del af Landet og træder frem i de allerfleste af Fjældene. Visse Partier af de kvartære Formationer er overlejrede af Nutidens Lavastrømme og løse Aflejringer.

De kvartære Lagserier falder habituelt i to Hovedtyper, Lavaer og hærdede Løsmaterialer. Blandt Lavaerne er der Grund til at nævne en graa Basalt, den saakaldte Dolerit, der findes meget ud-

bredt paa Højsletterne. Den er smukt isskuret og har spillet en stor Rolle i Islands geologiske Udforskning, idet den af ældre Forfattere til og med Thoroddsen ansaas for at være dannet ved Indledningen til Kvartærtiden. Senere Undersøgelser har vist, at det er en ret ung, interglacial Lava.

De hærdede Løsmaterialer har voldet Forskningen store Vanskeligheder. Det er denne Gruppe af Bjærgarter, man har kaldet Palagonitformationen efter et deri hyppigt forekommende Stof „Palagonit“, d. v. s. en basaltisk Glas (Sml. Side 111), og da Formationen udgør en væsentlig Del af hele den kvartære Lagserie, er vor Opfattelse paa dette Punkt afgørende for Forstaaelsen af Islands nyere geologiske Historie.

---

Af Hensyn til Problemstillingen er det nødvendigt at give en kort Oversigt over Udviklingen af vore Anskuelse vedrørende „Palagonitformationens“ Dannelse.

Formationen har længe været kendt og omtales f. Eks. hos Eggert Ólafsson 1772 som den „uordentlige Formation“. Den videnskabelige Bearbejdelse gaar tilbage til Krug v. Nidda 1834 og Sartorius v. Waltershausen 1847. Talrige Forfattere, f. Eks. C. W. Paijkull, A. Helland, A. Penck, K. Keilhack, Th. Thoroddsen, har i det 19. Aarhundrede studeret denne Formation, som benævnes forskelligt, men som i Almindelighed efter v. Waltershausen kaldes Palagonitformationen.

Thoroddsen ansaa Formationen for at være præglacial, men i 1899 paaviste Helgi Pjeturss(on), at den indeholdt Tilliter og derfor maatte henregnes til Kvartæret. Han paaviste i Aarene 1899—1909 Tilliternes udbredte Forekomst ikke blot i Palagonitformationen, men ogsaa i den øverste Del af Basaltformationen, og hans Arbejde blev Indledningen til en helt ny Vurdering af Islands Geologi. Vigtige Undersøgelser blev i disse Aar foretaget af W. v. Knebel, H. Reck og H. Spethmann, og Forskningens Standpunkt resumeredes 1909 af H. Spethmann: *Der Aufbau der Insel Island* (Centralblatt für Mineralogie) og 1910 af Helgi Pjeturss: *Island* (Handbuch der regionalen Geologie).

Man naaede imidlertid ikke at faa en samlet Tydning af Formationens Oprindelse, og Vanskelighederne ved at forklare Blandingen af mange Slags Breccier, Konglomerater, Tuffer, lagdelte Aflejringer, Lavaer og vulkansk Løsmateriale blev ikke overvundne i denne for Studiet af Islands Geologi saa vigtige Periode.

Først i Aarene efter 1920 blev Spørgsmaalet om Palagonitforma-

tionens Oprindelse igen taget op til Behandling, og i første Række maa her nævnes Skotterne Tyrrell og Peacock, som gennem petrografiske Undersøgelser kom til det Resultat, at i hvert Fald en Del af Formationen var vulkano-glacial, og efterhaanden fæstnede den Forestilling sig, at den meget rigt varierende Formation af Breccier og Tuffer m. m. var dannet hovedsagelig ved subglaciale Eruptioner.

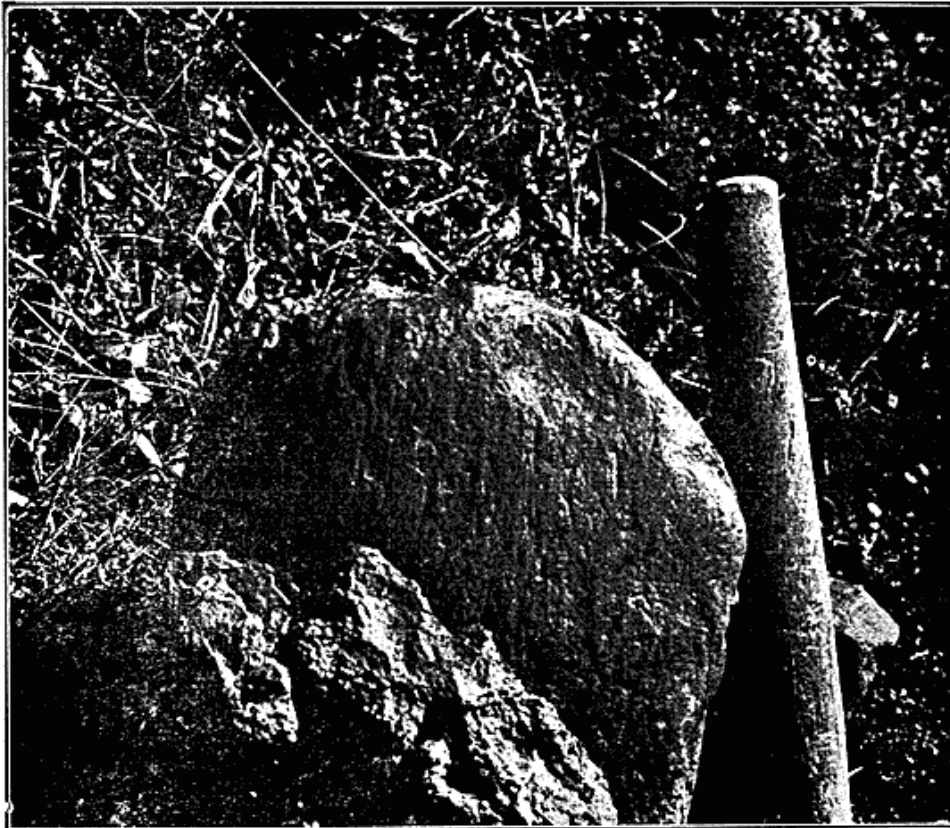


Fig. 3. Isskuret Blok fra Tillit. Svínafell.  
Geschiebe mit Gletscherschrammen aus Tillit. Svínafell.

Man kendte kun yderst lidt til recente subglaciale Eruptioner, og det petrografiske Resultat af deres Virksomhed var ganske ukendt, hvilket var Grundlaget for den dansk-islandske Expedition til Vatnajökull 1934 (III. D-I-Expd.), idet Udbrudet i Grimsvötn i April 1934 maatte antages at kunne give visse Bidrag til Forstaaelsen af subglaciale Vulkanudbruds Mekanik og Resultater. Ganske særlige Forventninger stillede man til sammenlignende Undersøgelser mellem de ved Udbrudet producerede Bjærgarter og Bjærgarterne i Palagonitformationen, og man ventede at finde

væsentlige Lighedspunkter. Men Undersøgelsen i 1934 gav i saa Henseende et rent negativt Resultat.

Denne for det videre Studium af Islands Geologi ganske afgørende Sag var medvirkende til Udrustningen af en ny Expedition (IV. Dansk-Islandske Expedition), som i April—Juli 1936 arbejdede paa Vatnajökull og langs det islandske Sydland.

Det lykkedes denne Gang at stige ned i Kraterne af 1934, men Resultatet blev det samme. Analogier til Breccierne og Konglomeraterne i Palagonitformationen fandtes ikke, og Forholdene var mere gaadefulde end nogensinde.

Under de senere Undersøgelser paa Vatnajökulls Randfjælde og Nunatakker gjorde vi imidlertid nogle Iagttagelser, som tydede paa, at Dele af Breccien i Palagonitformationen var præget af subaeriske Fænomener saasom Vejrsmuldring og Jordflydning, og med dette som Udgangspunkt begyndte vi en strukturel og petrografisk Undersøgelse, senere kombineret med Studier af anden Art, som er resulteret i en samlet Orientering i de i denne Formation og i den hele diluviale Lagserie forekommende Facies.

---

Allerede paa Undersøgelsens nuværende Stadium mener vi at kunne adskille et ret stort Antal mere eller mindre hærdede sedimentære og eruptive Facies, hvoraf de vigtigste er følgende:

#### A. *Sedimentære Facies.*

##### 1) Tilliter.

Primærmaterialet i disse er meget variabelt. Visse Steder er det *Moræneler*, i andre Tilfælde er det saa blokrigt, at man maa kalde det *Morænegrus*. Desuden forekommer *Blokpakninger* af samme Art som dem, der i Dag dannes ved Isrande med rigelig Produktion af Smeltevand. Ind imellem findes *lagdelte Aflejringer* mere eller mindre oparbejdede af Isen. *Isskurede Blokke* er almindelige, og i adskillige Tilfælde hviler Tilliten paa tydelig *isskuret Underlag*.

Omdannelsen er ligeledes ret forskellig. Kun de alleryngste Moræner er uhærdede. Hærdningen skyldes i Regelen lavtempererede Processer, men nu og da træffes metamorfoserede Tilliter, hvis Omdannelse staar i Forbindelse med vulkansk Virksomhed.

I umiddelbar Tilknytning til Tilliterne træffes ofte Dannelser, som maa anses for at være *glaciofluviale*.

##### 2) Fluviale Sedimenter.

Primærmaterialet er af forskellig Kornstørrelse og petrografisk Sammensætning. Hyppigt findes lagdelte *Sandaflejringer* med

Krydslejring og Erosionsrender. Derfra forefindes Overgange til storkornede Aflejringer af mange Typer.

Ved Omdannelse overgaar disse Bjærgarter til Sandsten og Konglomerater.

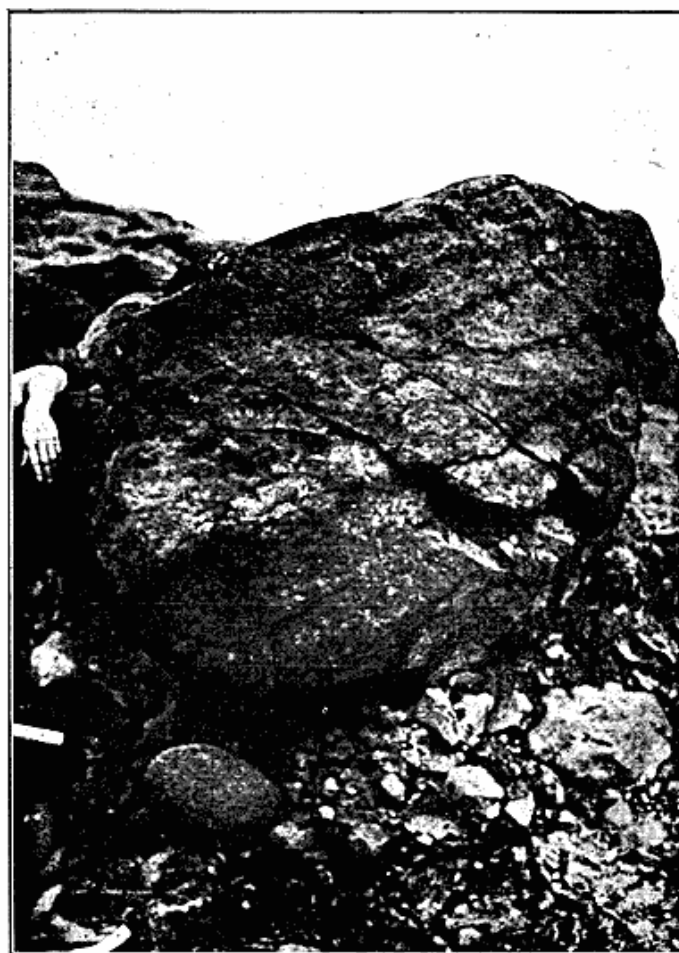


Fig. 4. Tillit med store Blokke. Harðskafi.

Tillit mit grossen Geschieben. Harðskafi.

### 3) Lakustrine Sedimenter.

Der er fundet Bjærgarter, hvis Primærmateriale er Ler af en saadan Type, at det meget minder om *varvigt Ler*. Derfra findes saa Overgange til Aflejringer bestaaende af vekslende Lag af Finsand og Ler.

I denne Sammensætning bør det nævnes, at Jakob H. Línal paa Nordlandet mener at have fundet interglaciale Aflejringer med talrige Planterester. (Náttúrufræðingurinn V. árg. 3. hefti p. 97—114. Reykjavík 1935). Endvidere maa henvises til Thorkell Thorkelsson:



A fossiliferous interglacial layer. Greinar I, 1. Vísindafjelag Íslendinga. Reykjavík 1935.

4) Sedimenter i afløbsløse Bækkener.

Ikke sjældent findes ganske store Aflejringer, hvis Primærmateriale i Hovedsagen er Lapilli og vulkansk Aske. De optræder lagdelt i Bækkener, der stærkt minder om de afløbsløse Fordybninger af i Dag, der kendes f. Eks. fra Fiskivötn Omraadet, og som udmærker sig ved, at Materialet er samlet ved Nedskridning fra omgivende Højder under Foraarets Snesmeltning, ved hvilken Lejlighed der dannes temporære Søer i de paagældende Lavninger.

5) Marine Sedimenter.

Kvartære Aflejringer af denne Art kendes især fra Vestisland (Fossvogur, Snæfellsnes m. m.) og er tidligere beskrevet af flere Forfattere (Pjeturss, Bárðarson, Áskelsson og andre).

6) Æoliske Sedimenter.

Primærmaterialet i visse Sedimenttyper maa tydes som Analogier til de i Nutiden saa udbredte finkornede, æoliske Aflejringer, der i Regelen benævnes *Löss*.

I Overfladen af fossile subæriske Lavastømme findes hyppigt i Hulhederne et gult, lagdelt, finkornet Sediment, der sikkert maa jävnføres med det Støv, der i Nutiden afsættes paa Lavamarkerne, navnlig paa saadanne som er bevokset med Mos. Desuden forekommer ganske svagt lagdelte, finkornede, meget homogene Aflejringer, der indeholder Lag af *liparitisk og basaltisk vulkansk Aske*, ganske modsvarende de recente Dannelser, der kan studeres i næsten alle Afblæsningsomraader i Island.

7) Jøkelløb-Sedimenter.

En Række Bjærgarter maa antages at være opstaaet ved Omdannelse af Sedimenter, som er afsat af Jøkelløb i Omraadet foran Isranden. De modsvarer saaledes de Aflejringer, som i Nutiden dannes paa Skeiðarársandur og Mýrdalssandur ved Jøkelløbene fra de oven for liggende Jøkler.

Lejringsforholdene er i visse Omraader kaotiske; store Blokke og finkornede Aflejringer er blandet sammen, runde og kantede Blokke forekommer sammen, smaa afrundede Korn og nylig produceret vulkansk Løsmateriale uden nævneværdig Afglatning. I andre Omraader antagelig perifere, er der en tydelig Lagdeling, men ikke af en saadan Art, at den kan jävnføres med normale fluviatile eller marine Aflejringer.

8) Solifluktions-Sedimenter.

Denne Gruppe er meget omfattende og rigt varieret. Dens recente

Analogon findes i typisk Form i de store Stormørkener i det islandske Højland, idet Manglen af overjordisk Afløb i Forbindelse med stærk Frostsprængning og Solifluktion betinger Dannelsen af ganske mægtige Aflejringer med intim Blanding af finkornet Materiale og Blokke af meget forskellig Størrelse og Sammensætning, men med den fælles Ejendommelighed, at største Delen af Blokkene er frigjorte ved Frostsprængning og derfor skarpkantede. De løse Masser fragtes ved Solifluktion ned i Dalene.



Fig. 5. Det mørke Lag er hærde Moræne, Blokkene ses. Blomsturvellir.  
Die schwarze Schicht ist gehärtete Moräne, in der die Geschiebe zu erkennen sind. Blomsturvellir.

Denne Gruppe af Bjærgarter rummer et stort Antal Typer, der vel ingenlunde er skarpt adskilte, men paa den anden Side indeholder saa vel definerbare Facies, at en Underafdeling af Gruppen er mulig.

Efter Blokkenes Oprindelse kan skelnes mellem

- a) Moræne-Solifluktions-Breccie, hvis Blokke hidrører fra Sprængning af Moræneblokke.
- b) Basalt-Solifluktions-Breccie, hvis Blokke stammer fra ældre Basaltknuder, der blottes af Erosionen.
- c) Lavastrom-Solifluktions-Breccie, indeholdende Blokke af Lavastrømme.

d) Liparit-Solifluktions-Braccie, hvis Hovedmasse bestaar af Pimpstens-Stykker eller andre liparitiske Blokke.

### B. Vulkanske Facies.

I en Undersøgelse som denne er det ikke helt let at fastlægge Betegnelserne sedimentære og vulkanske Facies — og disses Underafdelinger — paa en saadan Maade, at man uden Vaklen kan henhøre en given Bjergart til den ene eller den anden Gruppe. Vanskeligheder ved Klassifikationen opstaar f. Eks. ved Lapilli og Aske og lignende „Overgangsbjergarter“; den her anvendte Inddeling maa derfor ikke opfattes som et fast System, men snarest som et Forsøg paa en Sammenstilling af visse Hovedtyper i en overskuelig Form.

Forsøger man en systematisk Opstilling af de (overvejende) vulkanske Facies, viser det sig, at de falder i to Hovedgrupper, subæriske og subglaciale. Der er ganske vist dybtgaaende Forskelligheder mellem de typiske Former af disse, men der er mange Modifikationer af Overgange i Grænsetilfældene, hvad der gør det svært at lave en tilstrækkelig fast og samtidig tilstrækkelig elastisk Oversigt.

#### I. Subæriske Eruptionsprodukter.

##### a. Basaltiske Eruptioner.

De recente Bjergarter af denne Gruppe kan simplest inddeles i følgende Hovedformer:

Lavastrømme,  
Agglutinerater\*),  
Agglomerater\*),  
(Lapilli og Aske).

Disse Hovedformer er alle paaviste fossilt i de kvartære Aflejringer.

Det har vist sig, at den fossile subæriske *Lavastrøm* i hele sin Opbygning viser Overensstemmelse med den nutidige. Karakteristisk er den mod Luften afkølede, oftest slaggede Overflade. Almindelig udbredt er en Bevægelseshorizont noget over Basis i Lavastrømmen; den kendetegnes ved en Zone af sammensvejsede Lavabrokker og indeholder oftest rigeligt med Hulrum. Ikke sjældent har den nedre Del af en oprindelig subærisk Lavastrøm en mere eller mindre udtalt Søjlestruktur.

\*) Ved Agglutinat forstaar vi en Bjergart, som er dannet ved, at løst Materiale er sammensvejsat af endnu plastiske, vulkanske Udbrudsprodukter.

Ved Agglomerat forstaar vi en Bjergart, som er dannet ved senere Sammenkitning af løse vulkanske Udbrudsprodukter.

Ser man i Profil i en Fjeldvæg flere Strømme over hinanden, kan man enten finde direkte Paalejring med delvis Opsmeltning, eller man kan interkaleret finde Forvittringsgrus eller et ret betydeligt Løsskontingent.

Lavastrømme af en særlig Art er de Strømme, der hidrører fra de store, glaciale Skjoldvulkaners Virksomhed. Det drejer sig her om den extensive „graa Dolerit“, der tilhører yngste Del af den kvartære Lagrække. (Sml bl. a. Tyrrell 1931, pp. 124—27).



Fig. 6. Fluviale Lag foldet af Istryk.  
Fluviale Schichten, durch Eisdruck gefaltet.

*Fossile Agglutiner og Agglomerater* fremviser de samme Karakterer som de recente Aflejringer af disse Typer. Karaktergivende er Porositeten, der kendetegner alle de subæriske, løse Udbrudsprodukter, hvorved de adskiller sig fra Løsprodukter af subglacial Oprindelse.

*Lapilli og Aske* kendes i fossil, uomlejet Tilstand næsten kun fra Løssaflejringer.

#### b. Liparitiske Eruptioner.

Kvantitativt er de liparitiske Eruptionssteder langt tilbagetrædende overfor de basaltiske. Af Eruptionsformerne er *Quellkuppen* og den korte af Liparit resp. Obsidian bestaaende *Lavastrom* de vigtigste.

## II. Subglaciale Eruptionsprodukter.

### a. Basaltiske Eruptioner.

For den subglaciale Vulkan, der overvejende er lavaproducerende, synes den typiske Lavaudvikling at være en *Pillowlava*; Pillowdannelsen kan være udviklet til større eller mindre Fuldkommenhed.

Recente eller sub-recente Pillowlavaer ses i Hágöngur i Sydsiden af Vatnajökull (fundet under nærværende Undersøgelse) og i Kverkfjöll i Nordranden af samme Jökel (venligst meddelt os i Foraaret 1936 af Dr. F. W. Anderson, Edinburgh).

De fossile Pillowlavaer har for det meste en ret begrænset areal Udbredelse, men opnaar indenfor et mindre Omraade tit en betydelig Mægtighed.

Bevæger man sig fra et Pillowlavaomraade udad mod Periferien, vil man undertiden kunne finde større Mellemrum udfyldte med Sedimenter mellem de enkelte Pillows; tilsidst vil man staa overfor en Bjergart, hvor den sedimentogene Mellemmasse dominerer over den som Pillows udviklede Lavakomponent.

Dette Sediment med løse, „svømmende“ Pillows har vi foreløbig benævnet *Basaltkuglebreccie* (sml. *Peacock*: Globular basalt). Alle individuelle Pillows frembyder „varm Kontakt“ mod Sidestenen. Foruden Basaltkuglerne indeholder Bjergarten ofte et meget betydeligt Kontingent af basaltisk Glas, der enten kan optræde som mindre Korn eller som slagede, udvalsedes Brudstykker. Hele Bjergarten fremtræder som en Breccie, hvis Sammensætning, Farve og Konsistens kan variere en Del; almindeligst er den indenfor hele Palagonitformationen saa udbredte lyse, rustgule Farve.

Perifert aftager Kontingentet af Basaltkugler, og Bjergarten mister rent habituelt sit Særpræg. Størstedelen af Bjergarterne af denne Gruppe har en Mellemmasse mellem de grovere Komponenter, som er præget af Aske og andet Finmateriale; har der ikke oprindeligt været Finmateriale til Stede, bestaar Mellemmassen af i Dag væsentlig af Zeoliter udfældet af vandige Opløsninger.

I intim Forbindelse med, men lidt yngre end Hovedvirksomheden i den subglaciale Vulkan er en intrusiv Virksomhed, der væsentlig bemærkes i den proximale Del. Her bemærker man tynde Gange og Apofyser, der efter deres helt uregelmæssige Forløb at dømme er intruderede i en plastisk Masse.

Alle de subglaciale vulkanske Facies indeholder desuden Morænemateriale med talrige isskurede Blokke. Dette er uden Tvivl under Eruptionen smeltet ud af den overliggende i Jöklens Bund fastfrosne Moræne og sunket ned i Eruptionsprodukterne.

b. Liparitiske Eruptioner.

Ikke paaviste under nærværende Undersøgelse.

III) Intrusiv Virksomhed.

a. Basaltiske Intrusiver.

Kvantitativt tilbagetrædende, men lokalt af ikke ringe Betydning er en Del mindre basaltiske Intrusioner i Form af „Sills“ og „Dy-

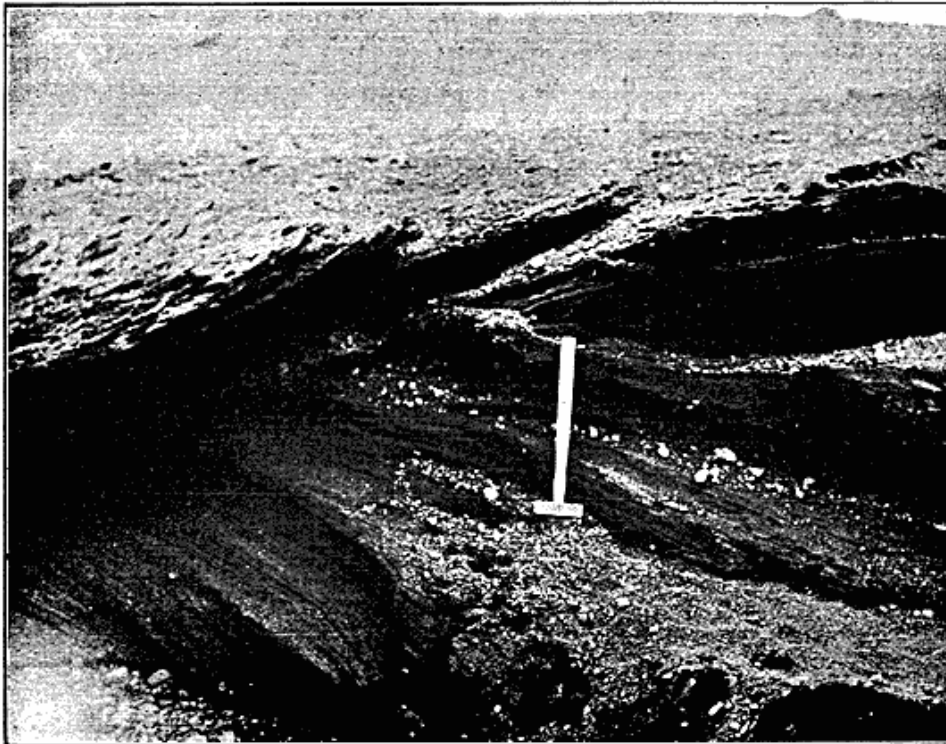


Fig. 7. Hærdet fluviatil Allejring med Krydslejrning.  
Verhärtete fluviatile Ablagerungen mit Kreuzschichtung.

kes“. I enkelte Tilfælde ses Dykes direkte at overgaa i overfladiske Lavastrømme, i andre Tilfælde er deres Relationer vanskeligere at udrede. Den intrusive Karakter af en Sill røbes naturligvis af varm Kontakt baade opad og nedad. Søjlestruktur hos Sills gaar helt igennem i Modsætning til de subæriske Lavastrømme (sml. ovenfor).

b. Liparitiske Intrusiver.

Liparitintrusioner forekommer lokalt, de bestaar af Liparit oftest med Salbaand af Obsidian; de fleste tyndere Gange og Apofyser udgøres af Obsidian.

*Fossil Topografi.*

Flere ældre Forfattere har været opmærksomme paa det iøjnefaldende Forhold, at Lagenes Ordning i den kvartære Lagserie udviser saadanne Ejendommeligheder, at man kan faa visse Oplysninger om Landskabets ældre Topografi. Saaledes maa nævnes Keilhack, Thoroddsen, v. Knebel, Reck og Pjeturss. Navnlig maa her fremhæves Thoroddsens og Pjeturss Paavisning af ældre Vulkaner samt v. Knebels og Recks Iagttagelser af Diskordans mellem Tillitterne, der af disse Forfattere ansaas for at være Vidnesbyrd om flere Nedisninger.

Paa dette Punkt har vore Undersøgelser bragt en hel Del nyt Stof, som paa en Række Lokalteter oplyser forskelligt om Landskabsudviklingen i kvartær Tid.

Placeringen af hele den lange Række af Aflejringer, der er omtalt i forrige Afsnit, er naturligvis foregaaet meget forskelligt alt efter Arten og Virkemaaden af de Kræfter, som har arbejdet. Men om Størstedelen af saavel Sedimenter som Eruptiver gælder det, at de fortrinsvis placeres i de lavere Dele af Terrainet.

I visse Omraader ses det da ogsaa med stor Tydelighed, at der er foregaaet en Udfyldning af Dale og en Ophobning af Materiale paa lavtliggende Flader.

Den ældre og den nuværende Topografi falder i de fleste Tilfælde slet ikke sammen, og i visse Egne er det oven i Købet saaledes, at ældre kvartære Dale nu staar frem som Rygge, og at Nutidens Dale forløber paa den Plads, hvor den ældre Kvartærtids Fjældrygge laa.

Dette Forhold staar ganske aabenbart i Forbindelse med et ejendommeligt Træk i det islandske Landskab af i Dag. Det er en bekendt Sag, at de store Lavastrømme fra Højlandet søger ned gennem Floddalene og udfylder disse. Derved tvinges Floderne ud i Kanten af Lavaen og eroderer sig nye Dale i Sidefjældet. En tilstrækkelig effektiv Lavaproduktion vil efterhaanden udfylde en Dal, og der vil saa dannes en ny Dal ved Siden af den gamle.

Den kvartære Terrainudvikling i Island er forløbet meget forskelligt i de forskellige Egne, men hvor der har været vulkansk Virksomhed med større Lavaproduktion, har der været en aabenbar Tendens til Udformning af flere Dalgenerationer med det Resultat, at der er fremkommet en Slags Invertering af Relieffet, idet den ældre Kvartærtids Dale nu er Fjældrygge, medens de omgivende Fjælde er nederoderede og forvandlede til Dale.

Islands kvartære Bjærgarter kan altsaa inddeles i et Antal Hovedgrupper, hvoraf maa nævnes:

- 1) Glacigene Bjærgarter: Tilliter og glaciofluviale Dannelser.
- 2) Vulkanske Bjærgarter: Lavaer og Løsprodukter.
- 3) Vulkanoglacigene Bjærgarter hidrørende fra subglaciale Udbrud.
- 4) Marine Bjærgarter.
- 5) Et rigt varieret System af terrestriske Sedimenter.
- 6) Intrusive vulkanske Bjærgarter.

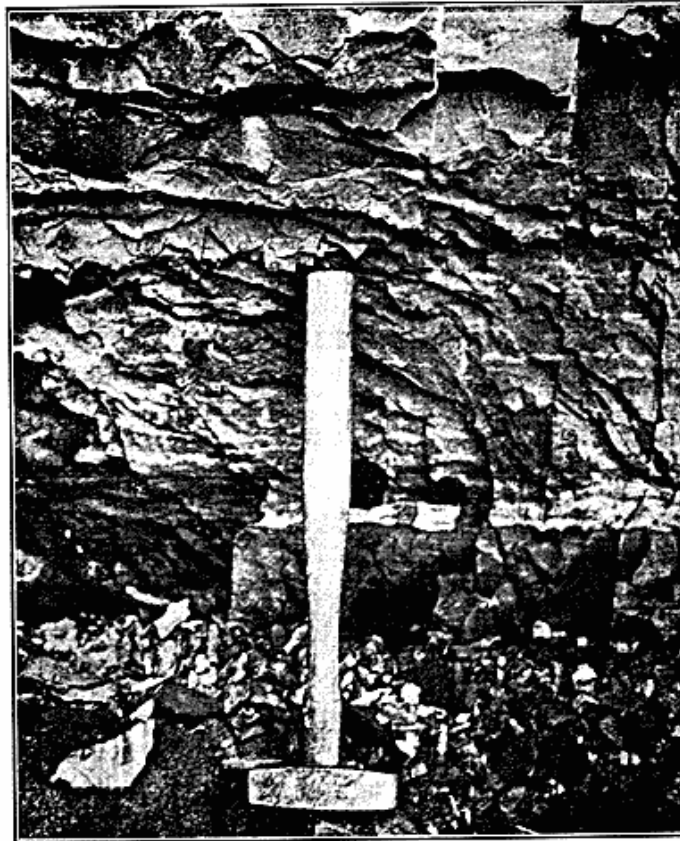


Fig. 8. Interglacial Löss med Lag af liparitisk Aske.  
Interglazialer Löss mit Schicht von liparitischer Asche.

De glacigene Bjærgarter er meget udbredte og forekommer i næsten alle Profiler af nogen Mægtighed langs Sydlandet, men de udgør kun en ringe Del af den samlede Masse.

De vulkanoglacigene Aflejringer synes at optræde stedvis og da med ganske stor Mægtighed.

De marine Sedimenter spiller kvantitativt en ganske underordnet Rolle.

I kvantitativ Henseende overgaas de nævnte Grupper meget af



Grupperne 2 og 5, nemlig de vulkanske Bjædgarter og de terrestriske Sedimenter.

Naar man skal bedømme, hvad dette Materiale fortæller med Hensyn til Islands geologiske Historie i kvartær Tid, er der forskellige Forhold, der først maa tages i Betragtning.

Rent umiddelbart vilde man sige, at Tilstedeværelsen af en glacial Aflejring subsidiært en subglacial Vulkan maatte tolkes som Vidnesbyrd om en Istid. Dette er imidlertid ikke aldeles sikkert.

Ganske vist er det hævet over enhver Tvivl, at hele Landet eller i hvert Fald største Delen af det gentagne Gange har været nediset. Vore Iagttagelser viser, at der maa have været i det mindste 3 store Nedisninger.

Men det er muligt, eller endog sandsynligt, at der i Interglacialtiderne har været Jøkler ganske som i Dag, hvorefter følger, at man ogsaa fra Interglacialtiderne maa vente at finde Aflejringer prægede af Is, og Forholdet kompliceres derved, at Jøkelisen paa Grund af det store Sneoverskud og et stærkt udviklet Terrain med høje Plateauer og stejle Skraaninger gaar langt ned i Omraader, hvor den af klimatiske Grunde slet ikke hører hjemme. En Parallel fra Nutiden vil klargøre dette: Der afsættes i Dag vældige Moræner i ca. 100 m's Højde langs Vatnajökulls Sydrand, og ingen vil af den Grund finde paa at sige, at man i Nutiden har Istid paa Skeiðarársandur. Det samme er utvivlsomt sket i Interglacialtiderne. Dertil kommer endnu en Omstændighed, som i denne Sammenhæng er vigtig. En Ændring i Terrainforholdene kan bevirke, at Retningen af de store Isstrømme fra en Jøkel ændres. Det er f. Eks. tænkeligt, at det store Isoverskud fra Vatnajökulls centrale Del kunde finde andre Veje end Skeiðarárjökulls Dal. Resultatet vilde blive, at denne Dal vilde blive isfri samtidig med, at et andet Dalstrøg blev isfyldt,

Ved Tolkningen af Aflejringer fra Kvartærtiden i Island er det af Vigtighed at holde sig dette klart.

En kvartær Tillit *kan* være et rent lokalt Fænomen uden Tilknytning til en generel Nedisning, og Forekomsten af flere Tillitter over hinanden med lidet mægtige mellemliggende Lag af anden Oprindelse *behøver* ikke at vidne om Klimasvingninger.

En helt anden Ting er, at Tillitterne i den kvartære Lagserie optræder i visse Zoner adskilte ved Aflejringer af stor Mægtighed (2—300 m) uden Indskud af glacialt Materiale, og vel at mærke Aflejringer, hvorefter en Række Facies kan siges at være dannet paa isfrit Land. I disse Tilfælde har man sikkert at gøre med en Klimasvingning, som svarer til det, man hos os kalder en Interglacialtid.

*Interglaciale Aflejringer.*

En betydelig Del af Kvartærtidens Bjærgarter maa som nævnt være dannede paa isfri Overflader. Man træffer saaledes et Antal stratiskke Vulkanruiner, som i Bygning stemmer overens med Nutidens Udbrudstyper; man finder Lavamarker, der har udbredt sig over store Strækninger, og hvis Overflade har alle de Smaaformer, der kendetegner Nutidens Lavastrømme. Man finder f. Eks. fossil

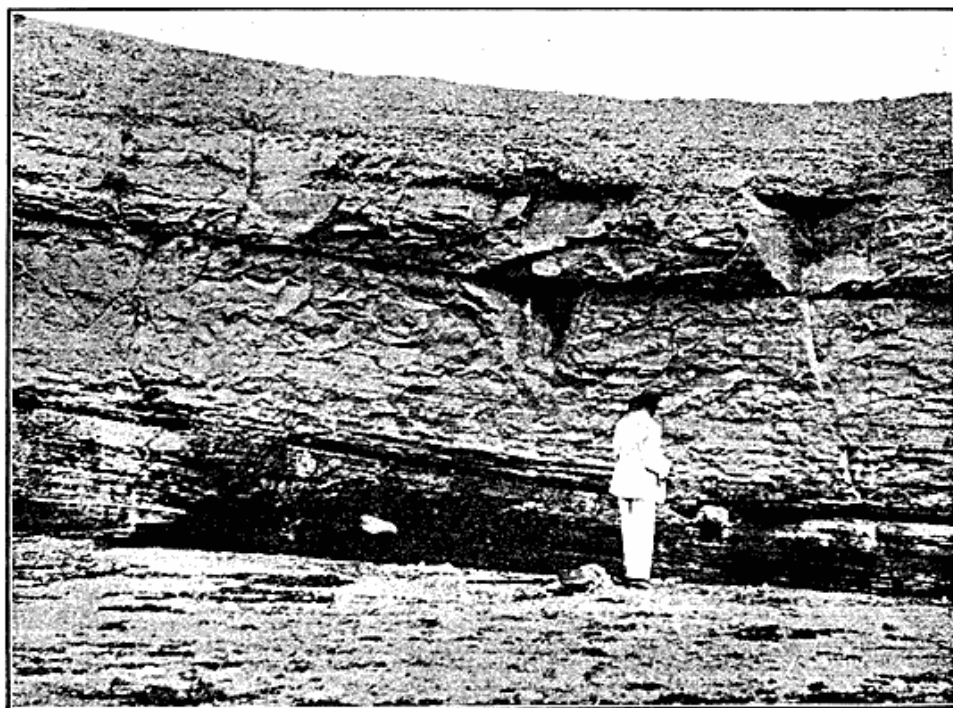


Fig. 9. Marin interglacial Aflejrung. Fornden Blokke fra Isbjærge. Fossvogur.

Marine Interglazialablagerung. Im unteren Teil Blöcke, die von Eisbergen transportiert sind. Fossvogur.

Pladelava (isl. helluhraun) og ligeledes fossil Bloklava (isl. apalhraun), man finder fossil Rebstruktur og Glideflader, og man finder fossile Hornitos. Altsammen er det Vidnesbyrd om, at disse gamle Lavastrømme har udbredt sig paa et isfrit Land, ganske som det sker i Dag.

Men dertil kommer et stort System af Bjærgarter, som maa være af sedimentær Oprindelse, og som ligeledes bærer Vidnesbyrd om Naturforhold, der meget minder om Nutidens.

De Omdannelser, som i Dag foraarsages af de ydre Kræfter paa den isfri Del af Islands Overflade, er i overvejende Grad af mekanisk Natur, idet den kemiske Omsætning er ganske langsom. Til

Gengæld virker Frostsprængning, Jordflydning, Storm og en Række andre for det subpolare Omraade karakteristiske Kræfter meget stærkt, medens den normale Vanderosion træder noget tilbage, fordi den islandske Jordbund er saa overordentlig porøs og derfor tillader en stor Del af Nedbøren at gaa ned som Grundvand.

Store Dele af Nutidens Island er derfor beklædt med en Kappe af Vejrsmuldringsmateriale og vindaflejret Materiale, og paa Grund af den relativt svage Bevoksning befinder dette Løsmateriale sig i en stadig Vandring ned mod de lavere Steder i Terrainet, hvor det ophobes til mægtige Lagserier, medens de højere liggende Dele mangler denne Kappe og bestaar af faste Undergrundsbjærgarter.

Sammensætningen af disse Nutidens Solifluktionsbjærgarter er uhyre variabel. Fint og groft Materiale er blandet meget intimt, og Bjærgartstumper af yderst forskellig Oprindelse blandes sammen. En vilkaarlig islandsk Fjældside vil næsten altid indeholde Lag af meget uens Oprindelse og Sammensætning: Overfladiske Lavaer, Gange, vulkansk Løsmateriale, gamle Moræner, gamle Sedimenter af forskellig Art.

I det Øjeblik Vejrsmuldringen løsner Blokke paa hele Fjældsidens, transporteres de til Foden og aflejres her sammen i en forvirret Blanding.

Gamle Bjærgarter, hvis Primærmateriale maa antages at have denne Oprindelse, er overmaade almindelige i det islandske Kvartær, og en stor Del af de tidligere *saa gaadefulde Breccier og Konglomerater er utvivlsomt dannede paa interglaciale Landoverflader under Klimaforhold, som meget lignede Nutidens.*

Som Eksempel kan nævnes en Sedimenttype, som fandtes i Skap-  
tafell i Öræfi. Den kommer i Nutiden tilsyne i et næsten lodret Snit i Fjældets sydlige Del. Den tilhører sikkert ældre Kvartær og hviler paa Basalter, der overlejres af en Breccie og en Tillit. Det omtalte Sediment danner en Daludfyldning af ca. 10 m's Mægtighed og ca. 500 m's Bredde. Bjærgartens Hovedmasse bestaar af 2—5 cm store Brudstykker af liparitisk Pimpsten, men deri findes skarpkantede Basalblokke, basaltisk Glas (Tachylyt), Stumper af porøs basaltisk Lava m. m. Det er denne Sammenblanding af Bjærgarter, som tilsyneladende intet har med hinanden at gøre, der er saa karakteristisk for store Dele af de til denne Formation hørende Bjærgarter, og det er netop dette Forhold, som faar en simpel og naturlig Forklaring gennem de her fremsatte Tydninger. Ydermere har vi i dette Tilfælde som i flere andre fundet en tilsvarende Bjærgart, som dannes i Dag. I Þjórsárdalur N.V. for Hekla er Lavningerne i Ter-

rainet i Øjeblikket under Udfyldning af noget Løsmateriale af saa at sige identisk Sammensætning.

Det bør desuden nævnes, at vi finder en hel Række af de Smaa-fænomener, som i Dag karakteriserer Islands Overflade, naturligvis



Fig. 10. Interglacial Lagserie af Basalter og sedimentære Aflejringer.  
Schichtserie interglazialen Alters aus Basalten und Sedimenten.

i fossil og hærdet Form, men dog saaledes, at Analogien er umiskendelig. Vi har saaledes fundet fossile Aflæsningsflader med den Hamada-Dannelse af vindslebne Smaasten, som i Dag er saa iøjnefaldende i det islandske Højland; endvidere kan nævnes Forekomsten af Stenrender, Flydejord med Plader af vejrsmuldrede Sten i næsten sammenhængende Belægning, fossile Overflader med poly-

gonale Tørkesprækker og en hel Serie af saadanne smaa, men talende Vidnesbyrd om ældre Perioder med Naturforhold, som ligner Nutidens.

Det er saaledes gennem en strukturel og petrografisk Analyse lykkedes at godtgøre, at væsentlige Dele af den kvartære Lagserie i Island maa være dannet uden for Isen. Dette gælder baade Sedimenter og Eruptiver. Disse isfri Lagserier adskilles af Aflejringer, hvor Tilliter spiller en større eller mindre Rolle, og som altsaa med visse Reservationer maa henføres til Perioder, i hvilke Jøklerne havde en større Udbredelse end nu.

Med andre Ord: *De større Lagserier af „isfrit“ Materiale maa være dannet i interglaciale Perioder.*

Landaflejringer fra interglaciale Tider kendes som bekendt ogsaa fra andre Egne af Nordvesteuropa men de forekommer i Regelen som lokale, lidet mægtige Aflejringer, og det er hævet over enhver Tvivl, at de interglaciale Aflejringer i Island i Kvantitet langt overgaar, hvad man ellers har af interglaciale Aflejringer i Nordvesteuropa og maaske i hele Verden.

Allerede dette er meget interessant og vigtigt, og det er sandsynligt, at et nærmere Studium af Formationen kan give vigtige Bidrag til Kundskaben om Klimaændringer i Kvartærtiden.

#### *Om subglaciale Vulkanudbrud.*

Som tidligere omtalt ventede man i 1934 ved Kraterne i Vatnajökull at finde nydannede Bjærgarter, som mindede om „Palagonitformationen“s Breccier, men Forhaabningerne om her at finde Nøglen til Forstaaelsen af de mange Bjærgarter af formodet subglacial Oprindelse blev hurtigt tilintetgjort.

Det karakteristiske ved Udbrudet i Grimsvötn 1934 var nemlig en relativ ringe Produktion af faste Bjærgarter samt en aldeles fantastisk Energiproduktion. Ikke blot formaede Udbrudet at bortsmelte ca. 10 Kubikkilometer Is, men efter at dette var udført præsteredes et Udbrud ud i Luften, hvorved Aske- og Dampsøjlen naaede en Højde af 12—15 km, og dette Udbrud fortsattes, omend med aftagende Styrke, i en Maanedstid.

Samme Aar skete der imidlertid i det vestlige Vatnajökull en Begivenhed, som maa skyldes en anden Form for subglacial vulkansk Virksomhed. I Midten af Maj 1934 berejste III. Dansk-Islandske Ekspedition Vatnajökulls vestlige Del og fandt Jøkelens Overflade V. for Hágöngur nogenlunde jævn og velegnet til Opstigningssted. Da en tysk Ekspedition under Ledelse af Dr. Ernst Hermann to Maaneder senere vilde berejse den samme Strækning, var den fuld-

kommen ufremkommelig, idet Jøkelen over store Strækninger var spaltet i et Kaos af Blokke. Endnu i Foraaret 1936 var dette meget iøjnefaldende. Langs en Zone V. for Hågöngur fra Isranden ved Djúpárdalur til et Sted ca. 5 km S. for Pálsfjall var den Jøkeloverflade, som vi i 1934 havde berejst uden at møde en eneste Spalte af større Dimensioner (det kan nævnes, at vi rejste ned uden en eneste Gang at finde Anledning til at sikre os ved Tov) nu (1936)



Fig. 11. Subglacial Pillow-Lava. Hågöngur, Vatnajökull.  
Subglaziale Pillowlava. Hågöngur, Vatnajökull.

var fuldstændig splintret i Blokke adskilt af ca. 50 m dybe Spalter. Hele Jøkeloverfladen var sunket langs den nævnte Strækning, og der havde dannet sig en 2—3 km bred, ca. 50 m dyb Dal i den tidligere jævnt skraanende Jøkel.

Samtidig var der sket en anden Ting. Hele Sommeren igennem var den Elv, som afvander det paagældende Afsnit af Isranden, saa vandrig, at man havde Vanskelighed ved at passere den. Paa de Steder, hvor den sædvanligvis rides, var den fuldstændig ufarbar, og først langt nede paa Sletterne bredte Vandmasserne sig saa meget, at man kunde komme over Elven. Der er saavidt os bekendt ikke iagttaget noget Vidnesbyrd om et vulkansk Gennembrud i

denne Zone. Man har ikke set hverken Aske eller Dampskyer, men ikke desto mindre maa det antages, at der i Tiden Maj—Juli 1934 er sket et Vulkanudbrud under Isen i Egnen umiddelbart N.V. for Hágöngur.

Denne Antagelse er blevet bestyrket gennem Iagttagelser af nogle fossile Fænomener i Egnen ved Kirkjubæjarklaustur. Pladsen tillader ikke her en Beskrivelse og Dokumentation af det undersøgte Omraades Bygning, men vi mener at have paavist et subglaciale Eruptionsomraade med en betydelig Lavaproduktion (Pillow-Lava, vulkansk Glas, forskellige Breccier), som ikke var trængt igennem et overliggende Isdække.

Det er under disse Omstændigheder sandsynligt, at Begivenhederne Vest og Nordvest for Hágöngur maa tydes som et Lavafrembrud under Isen. Det „langsomme Jökelløb“ i Djúpa maa da tænkes fremkommet under Varmeafgivelse fra en Lavamasse.

Ejendommeligt er det, at Vulkanudbrud synes at reagere saa overmaade forskelligt over for et overliggende Isdække.

I visse Tilfælde formaar Vulkanudbruddet at bortsmelte vældige Ismasser, og alligevel har det Kraft nok til bagefter at præstere et stort subaerisk Udbrud. I andre Tilfælde formaar det ikke engang at bryde et Isdække paa 100—200 m.

*Der synes altsaa at være Grund til at tale om energirige og energifattige Udbrud, og det ser foreløbigt ud, som om der ikke er nogen Relation mellem Produktionen af fast Materiale og Energiproduktionen. I de af os iagttagne Tilfælde synes det oven i Købet at være saaledes, at Lava-Udbrudene har været energisvage, medens de materialefattige Udbrud har været overordentlig energirige.*

Det er aabenbart den energisvage, lavarige Eruptionsform, som har frembragt de Komplekser af subglaciale Udbrudsprodukter, som vi har fundet adskillige Steder langs det islandske Sydland.

Det er ganske naturligt, at Udbrud i Grímsvötn ikke efterlader sig Resultater af denne Art. Lavaproduktionen er aabenbart ganske ringe, og Løsprodukterne faar i det væsentlige samme Karakter som ved normale subaeriske Udbrud, de aflejres oven paa Isen og indgaar i det øvrige Morænemateriale.

Heri ligger rimeligvis Forklaringen paa, at Undersøgelsen af Eruptionen af 1934 ikke gav det Resultat, man havde ventet.

#### *Om Begrebet Palagonit og Palagonitformation.*

Navnet Palagonit er indført i Islandslitteraturen af Sartorius v. Walthershausen (1847) som Betegnelse for visse brune eller gullige glasagtige Korn, der meget almindeligt forekommer i de løse Aflej-

ringer fra Kvartærtiden. Han ansaa det for at være en Gruppe Mineraler dannet ved vulkanske Udbrud under Havet, men allerede fra Begyndelsen var Palagonitbegrebet meget uklart og flydende saavel med Hensyn til selve Definitionen af, hvad man skulde forstaa ved Palagonit, som med Hensyn til Maaden, hvorpaa man tænkte sig Stoffets eller Stoffernes Tilblivelse. (Se f. Eks. Bunsen, Zirkel o. fl.).

At Stoffet ikke havde nogen konstant kemisk Sammensætning og derfor ikke kunde kaldes et Mineral, blev paavist af A. Penck



Fig. 12. Subglacial Pillow-Lava med Kappe af basaltisk Glas (Tachylyt).

Subglaziale Pillowlava mit Kruste von basaltischen Glas (Tachylyt).

(1879), men ikke desto mindre vedblev man at bruge Glosen, uden at man formaade at gøre sig klart, hvad det egentlig var, man talte om. Saaledes siger Thoroddsen i *Botany of Iceland Bd. I*, København 1914, p. 214: „The tuffs have usually a brownish-yellow colour owing to the intermixture of palagonite, a brown dully-lustrous alteration-product of tachylyte or basalt-glass“.

Det var egentlig først Skotterne Tyrrell og Peacock (1927), som gennem kemiske og petrografiske Undersøgelser gjorde et virkelig systematisk Forsøg paa at fæstne Begreberne. De ansaa Udgangspunktet for at være basaltisk Glas, Tachylyt, og mener at have konstateret, at der ved dette Stofs Optagelse af Vand dannes nogle



brune Omdannelsesprodukter; disse benævner de Palagonit, og Hydrateringsprocessen kalder de Palagonitisering.

Navnet Palagonitformation er som tidligere nævnt brugt om det System af Tuffer, Breccier m. m., som indeholder dette, i hvert Fald før Tyrrell og Peacock, noget svagt definerede Stof Palagonit, og det bruges ofte synonymt med Tuff-Formation og Breccie-Formation.

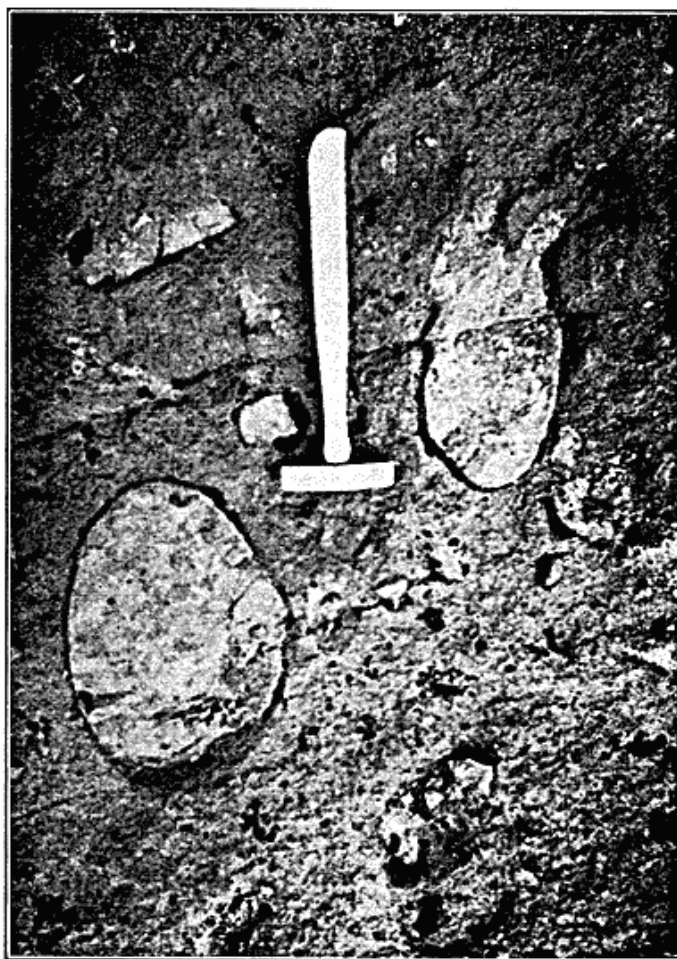


Fig. 13. Basaltkugle-Breccie. Subglacialt Eruptionsprodukt.  
Basaltkuglebreccie. Subglaziales Eruptionsprodukt.

Vore Undersøgelser har gaaet ud paa at konstatere, hvilke Former af basaltisk Glas de primære vulkanske Dannelser indeholder, og det har vist sig, at man maa skelne imellem en porøs, finbladet Form, der optræder i subærisk Aske, Lapilli og Bombemateriale. Desuden findes der paa Overfladen af subæriske Lavastrømme et ganske tyndt Overtræk af en lignende Substans.

En derfra habituelt meget forskellig Type af basaltisk Glas findes

paa Overfladen af de ved subglaciale Lavafrembrud dannede Pillow-Lavaer. Desuden optræder en tilsvarende Glasbeklædning paa de ejendommelige Basaltkugler, der udgør en saa karakteristisk Bestanddel af visse Bjærgarter dannede ved subglaciale Frembrud. Og endelig synes Afkølingsprocesserne ved de nævnte Udbrud under Isen at kunne medføre Dannelsen af Bjærgarter, der næsten udelukkende bestaar af basaltisk Glas.

Langs Afkølingsfladerne paa Gange, Sills og Dykes optræder en Glas, der habituelt meget ligner Glaskappen paa de subglaciale Lavaer, og for Fuldstændigheds Skyld kan nævnes, at basaltisk Glas ogsaa kan dannes ved Lavafrembrud under Vand.

Hovedsagen bliver imidlertid den, at den porøse Form, henholdsvis Glashinderne, dannes ved Afkøling i Luften, medens man ved Afkøling mod stærkt varme-absorberende Elementer kan faa en tyk, sammenhængende, kompakt Glaskappe med en Mægtighed af flere Centimeter.

Nu viser det sig, at disse to Hovedtyper af basaltisk Glas genfindes i næsten alle Tuffer, Breccier m. m. af sedimentær Oprindelse, men her findes de i sønderdelt Tilstand, oprindeligt frigjort ved Vejrsmuldring og derefter omlejret af Erosion een eller flere Gange, og efterhaanden som Erosionen behandler Glaskornene, afrundes disse, og Kornene bliver mindre.

Forekomsten af kompakt, basaltisk Glas, Tachylyt, i en given Bjærgart er altsaa ikke noget Bevis for, at den pagældende Bjærgart er dannet ved hurtig Afkøling af vulkansk Materiale. Mest udbredt findes Tachylyten paa sekundært Leje i de hærdede Smuldringsbjærgarter, medens den primære, kompakte Tachylyt kun optræder ret lokalt i visse ikke omlejrrede vulkanske Dannelser.

Som Tachylytproducent spiller den subæriske Vulkanvirksomhed en absolut underordnet Rolle, selvom naturligvis ogsaa dennes Produkter indgaar i flere forskellige Facies. I hvert Tilfælde vil det være let at afgøre, om man har med subærisk eller subglacial Glas at gøre, naar det drejer sig om større Fragmenter af denne Substans.

Det vil efter dette let indses, at Betegnelsen Palagonitformation ikke dækker nogen stratigrafisk Enhed. Thi „Palagonit“-Korn eller, for at undgaa Misforstaaelser, mere eller mindre mekanisk og kemisk omdannede Korn af basaltisk Glas saavel kompakt som porøs forekommer i de hærdede Sedimenter baade fra ældre og yngre Kvartær og indgaar som Del af de løse Smuldringsbjærgarter, som dannes i Dag, hvis der blot i Nærheden er en Bjærgart, der ved Vejrsmuldring kan frigøre Stumper af Glas, hvad enten dette Glas-

indhold findes primært eller i en Bjærgart, hvor det for Tiden er havnet efter een eller flere Omlejringer.

Resultatet af vore Undersøgelser synes altsaa foreløbig at kunne resumeres saaledes:

Islands kvartære Aflejringer kan i det væsentlige inddeles i to Hovedgrupper:

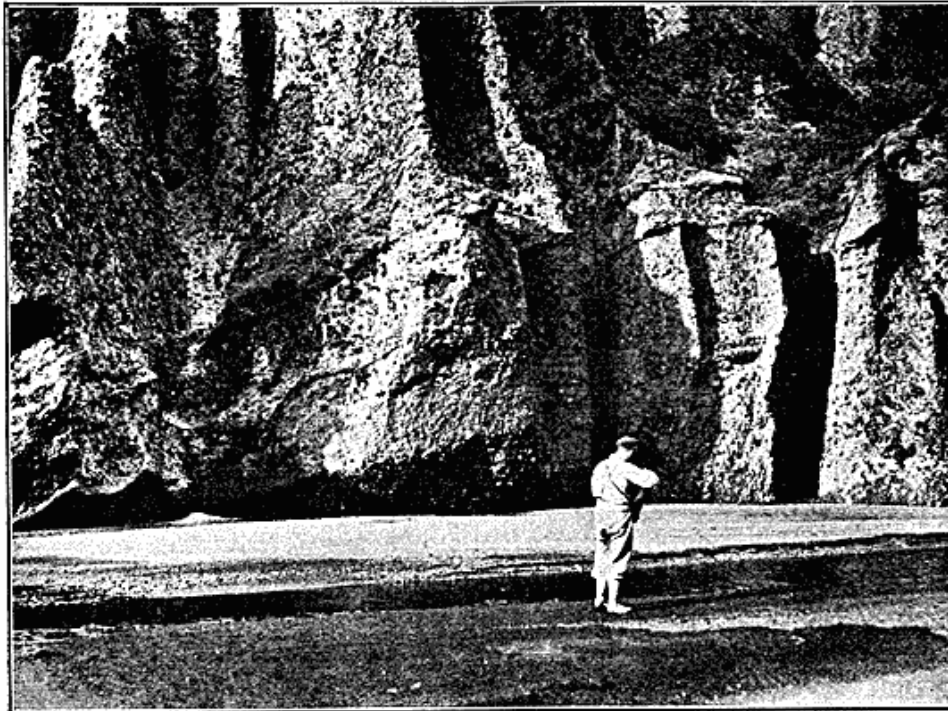


Fig. 14. Basalkugle-Breccie. Kuglerne ses i Væggen til venstre.  
Basalkugelbreccie. Die Kugeln sind in der Wand auf der linken Bildhälfte zu erkennen.

- 1) Aflejringer dannede under eller i umiddelbar Tilknytning til Isdækker (Tilliter med Følgebjærgarter og subglaciale Udbrudssprodukter).
- 2) Aflejringer dannede paa isfri Overflade.

*Sidstnævnte Gruppe indeholder alle de Hovedfacies, som vi finder paa det nuværende Islands Overflade, og repræsenterer saaledes i fossil Tilstand det aktuelle Island.*

## **Über die Entstehung der isländischen »Palagonitformation«.**

Zusammenfassung.

---

Die Untersuchungen, welche die Grundlage für die vorliegende Arbeit bilden, wurden von der IV. Dänisch-Isländischen Expedition ausgeführt, die im Frühjahr und Sommer 1936 in Island arbeitete. Die Expedition bestand aus vier Teilnehmern: Jóhannes Áskelsson, Pálmi Hannesson, Niels Nielsen und Arne Noe-Nygaard. Sie erstreckte sich über den Zeitraum vom 18. April bis zum 22. Juli. Áskelsson nahm vom 18.4 bis zum 24.5., Hannesson vom 8.7. bis zum 22.7. daran teil, Nielsen und Noe-Nygaard während des ganzen Zeitraums.

Nachdem wir uns mit einer Reihe anderer Aufgaben beschäftigt hatten, wurde besonders das Problem der Genese der Palagonitformation Hauptgegenstand unserer Untersuchungen. Da unsere Arbeit innerhalb dieser Formation verschiedene neue Tatsachen ans Licht gebracht hat, die für das volle Verständnis dieses interessanten, jedoch sehr verwickelten Formenkomplexes Bedeutung haben könnten, haben wir uns entschlossen, diese kleine, vorläufige Mitteilung zu publizieren. Im dänischen Text der Abhandlung wurde eine kurze historische Übersicht der früheren Studien über die Palagonitformation gegeben. Hier in der Zusammenfassung sollen nur die Hauptzüge referiert werden.

Unsere Untersuchungen ergaben Beobachtungen, die darauf schliessen liessen, dass bedeutende Teile der Breccie in der Palagonitformation deutlich durch subaerische Erscheinungen, wie Verwitterung und Erdfliessen, beeinflusst waren. Von dieser Beobachtung ausgehend nahmen wir strukturelle und petrographische Untersuchungen vor, die eine Übersicht über die in dieser Formation und in der ganzen diluvialen Schichtserie vorkommenden Faciesgruppen zum Ergebnis hatte. Schon im jetzigen Stadium der Untersuchung glauben wir, eine recht grosse Anzahl mehr oder

weniger erhärteter, sedimentärer und eruptiver Faciesgruppen unterscheiden zu können, von denen einige bereits früher bekannt waren, ein Teil jedoch neu ist. Die wichtigsten davon sind folgende:

A. *Sedimentäre Facies.*

1) Tillite.

Das Ausgangsmaterial ist sehr variabel. Moränen sind häufig; bei zunehmendem Blockreichtum findet sich Moränengrus, daneben Blockpackungen und eingelagerte, geschichtete Sedimente. Eisgeschliffene Blöcke sind gewöhnlich, und in verschiedenen Fällen lagern die Tillite auf gletschergeschliffener Unterlage. Der Grad der Verkittung ist verschieden; nur die allerjüngsten Moränen sind nicht erhärtet. Im unmittelbaren Anschluss an die Tillite trifft man auf Bildungen, die als glaziofluvial angesehen werden müssen.

2) Fluviale Sedimente.

Häufig sind geschichtete Sandablagerungen mit Kreuzschichtung; ausserdem finden sich gröbere Bildungen. Durch Erhärtung sind diese Gesteine zu Sandsteinen und Konglomeraten umgewandelt.

3) Lakustrine Sedimente.

Seeablagerungen mit ausgesprochener Schichtung, im wesentlichen aus Ton und Feinsand bestehend.

4) Sedimente in abflusslosen Becken.

Das Ausgangsmaterial sind im wesentlichen Lapilli und Asche, die mit angedeuteter Schichtung in Vertiefungen auftreten. Rezentere Pararellen hierzu sind z. B. aus dem Fiskivötn-Gebiet bekannt.

5) Marine Sedimente.

Diese sind besonders in West-Island häufig, von wo sie von mehreren Verfassern beschrieben worden sind.

6) Äolische Sedimente.

Das Grundmaterial verschiedener Sedimenttypen muss als Analogon zu den in der Jetztzeit so verbreiteten feinkörnigen, äolischen Ablagerungen angesehen werden, die als Löss bekannt sind. In diesen lössartigen Ablagerungen finden sich dünne, recht homogene Schichten vulkanischer Asche, die entweder von basaltischer oder liparitischer Zusammensetzung sein kann.

7) Gletscherlauf-Sedimente.

Eine Anzahl von Gesteinen muss, durch Umwandlung von Sedimenten entstanden sein, welche durch Gletscherläufe in den Gebieten vor dem Eisrand abgesetzt wurden.

8) Durch Solifluktion entstandene Sedimente.

Diese Gruppe ist sehr umfangreich und mannigfaltig. Ihr rezentes Analogon findet sich in typischer Form in den grossen Steinwüsten des isländischen Hochlandes, wo der Mangel an oberirdischen Abflüssen in Verbindung mit starker Frostsprengung und Solifluktion die Bildung mächtiger Ablagerungen verursachen, die sich durch eine innige Mischung feinkörnigen Materiales mit Blöcken von sehr verschiedener Grösse auszeichnen, die fast alle durch Frostsprengung gebildet und daher scharfkantig sind. Die losen Massen werden durch Erdflüssen in die tiefergelegenen Gebiete verfrachtet.

Diese Gesteinsgruppe enthält eine grosse Anzahl von Typen, die zwar nicht scharf von einander zu trennen sind, andererseits aber eine Reihe so gut definierbarer Faciestypen darstellen, dass eine Unterteilung möglich ist. Man kann folgende Typen unterscheiden:

- a. Moränen-Solifluktionsbreccie.
- b. Basalt-Solifluktionsbreccie.
- c. Lavastrom-Solifluktionsbreccie.
- d. Liparit-Solifluktionsbreccie.

## B. *Eruptive Facies.*

### I. Subäerische Eruptionsprodukte.

#### a. Basaltische Eruptionen.

##### 1) Lavaströme.

Es zeigt sich, dass der fossile, subäerische Lavastrom in seinem gesamten Aufbau volle Übereinstimmung mit dem rezenten aufweist. Allgemein verbreitet ist ein Bewegungshorizont etwas über der Basis des Lavastroms. Lavaströme besonderer Art bestehen aus dem „grauen Dolerit“.

##### 2) Agglutinate und Agglomerate.

Diese sind von demselben Charakter wie rezente Ablagerungen desselben Typus. Kennzeichnend ist die Porosität.

##### 3) Lapilli und Asche.

Lapilli und Asche in nicht umgelagerten Zustand sind fossil fast nur aus den Lössablagerungen bekannt.

#### b. Liparitische Eruptionen.

Quantitativ treten die liparitischen Eruptionsstellen weit hinter den basaltischen zurück. Am wichtigsten sind Quellkuppen und kurze, aus Liparit bzw. aus Obsidian bestehende Ströme.

### II. Subglaziale Eruptionsprodukte.

#### a. Basaltische Eruptionen.

Für den subglazialen Vulkan, soweit er überwiegend Lava produziert, scheint die Pillowlava typisch zu sein. Rezente und subrezente Pillowlaven finden sich längs des Randes des Vatnajökull.

Die fossilen Pillowlaven haben meist eine recht beschränkte areale Ausbreitung, können aber innerhalb eines kleineren Gebietes oft eine bedeutende Mächtigkeit erreichen.

Bewegt man sich innerhalb eines Pillowlavagebietes in Richtung auf die Peripherie zu, so wird man gelegentlich grössere, mit Sediment ausgefüllte Zwischenräume zwischen den einzelnen Pillows finden, und schliesslich überwiegt dann die sedimentogene Zwischenmasse über die in Form von Pillows ausgebildete Lava-komponente. Dieses Sediment mit losen, „schwimmenden“ Pillows haben wir vorläufig Basalkugelbreccie genannt.

Peripher nimmt das Kontingent an Basalkugeln ab und das Gestein verliert seinen besonderen Habitus. Die Zwischenmasse besteht in den meisten Fällen aus Asche und anderem Feinmaterial, meist mit einem beträchtlichen Kontingent von basaltischem Glas, entweder in Form von Körnchen oder von schlackigen, ausgewalzten Bruchstücken. Wenn kein Feinmaterial vorhanden ist, besteht die häufig vorhandene Zwischenmasse im wesentlichen aus Zeolithen, die aus wässrigen Lösungen ausgefällt wurden, und aus Basaltglas.

In enger Verbindung mit der Haupttätigkeit des subglazialen Vulkans, jedoch etwas jünger als diese, steht eine Periode intrusiver Tätigkeit, die wesentlich im proximalen Teil konstatiert werden kann. Hier sieht man Gänge und Apophysen, die nach ihrem ganz unregelmässigen Verlauf zu schliessen, in eine plastische Masse intrudiert zu sein scheinen.

Alle subglazialen, vulkanischen Faciesgruppen enthalten ausserdem Moränenmaterial mit zahlreichen, eisgeschliffenen Blöcken. Diese sind zweifellos während der Eruption aus der darüberliegenden auf dem Grunde des Gletschers festgefrorenen Moräne herausgeschmolzen und in die Eruptionsprodukte herabgesunken.

#### b. Liparitische Eruptionen.

Repräsentanten dieser Gruppe wurden im Verlauf der vorliegenden Untersuchungen nicht nachgewiesen.

### III. Intrusive Tätigkeit.

#### a) Basaltische Intrusionen.

Eine Anzahl kleinerer, basaltischer Intrusionen tritt quantitativ zwar zurück, ist aber lokal von nicht geringer Bedeutung.

#### b) Liparitische Intrusionen.

Diese finden sich nur lokal und bestehen aus Liparit und Obsidian.

*Alte Topographie.*

Während der Untersuchungen zeigte es sich, dass die ältere und die heutige Topographie Islands garnicht übereinstimmt, und zwar in manchen Gegenden so wenig, dass ältere, quartäre Täler heute als Rücken aufragen, und dass heutige Täler an Stellen verlaufen, wo Rücken der älteren Quartärzeit lagen. Dies ist offenbar durch den Umstand verursacht, dass sowohl die vulkanische, als auch die fluviatile und die glaziale Akkumulation nach und nach die tieferen Teile des Terrains ausfüllt und infolgedessen neue Täler längs des Randes der alten ausgebildet werden. Dadurch entsteht eine horizontale Verschiebung des Reliefs.

*Interglaziale Ablagerungen.*

Aus dem Vorstehenden ist zu ersehen, dass ein beträchtlicher Teil der Quartärablagerungen auf einer eisfreien Landoberfläche abgesetzt worden sein muss. In diesem Zusammenhang kann auch erwähnt werden, dass man zahlreichen Ruinen von Schichtvulkanen und weit ausgedehnten Lavafeldern begegnet. Man beobachtet Hornitos und alle die Kleinformen, durch welche die rezenten subaerischen Lavafelder gekennzeichnet sind.

Hierzu tritt noch eine grosse Gesteinsgruppe sedimentären Ursprungs, die gleichfalls zweifellos auf Naturverhältnisse schliessen lässt, die sehr an die gegenwärtigen erinnern.

Zahlreiche der Kleinformen, die der Landschaft des heutigen Island ihr Gepräge geben, finden wir in den fossilen Strukturen der Palagonitformation wieder. Hier können folgende Beispiele genannt werden: Fossile Ausblasungsflächen mit Hamada-Bildung, Fliesserde mit Steinrinnen und Platten frostgesprengter Steine in fast zusammenhängender Pflasterung, fossile Oberflächen mit Trockenrissen und andere, ähnliche Phänomene.

Diese ohne Mitwirkung des Eises entstandenen Schichtserien unterscheiden wir von den Ablagerungen, in denen Tillite eine grössere oder geringere Rolle spielen, und die wir mit gewissem Vorbehalt denjenigen Perioden zuschreiben können, in welchen die Gletscher eine grössere Ausbreitung hatten als heute. Das heisst also, dass die Schichtserien aus dem erstgenannten Material in interglazialen Perioden gebildet worden sein müssen.

*Über subglaziale Vulkanausbrüche.*

Man erwartete, nach dem Ausbruch des Jahres 1934 an den Kra-



tern des Vatnajökull neugebildete Gesteine zu finden, die an die Breccien der Palagonitformation erinnern würden. Die Hoffnung, hier den Schlüssel zum Verständnis der Entstehung der vielen Gesteine vermutlich subglazialen Ursprungs zu finden, wurde jedoch nicht erfüllt. Charakteristisch für den Ausbruch im Grimsvötn im Jahre 1934 war nämlich eine verhältnismässig geringe Förderung von festem Material, verbunden mit einer enormen Energieabgabe.

Im westlichen Teil des Vatnajökull trat indessen im selben Jahre eine Erscheinung auf, die einer anderen Wirkungsform subglazialer vulkanischer Tätigkeit zuzuschreiben ist, indem nämlich eine vollständige Aufspaltung des Gletschers über grosse Strecken eintrat. Gleichzeitig — während des ganzen Sommers — war der Fluss Djúpá, der den entsprechenden Abschnitt des Gletschers entwässert, wider Erwarten so wasserreich, dass er an Stellen, wo man sonst hindurchreiten kann, unpassierbar wurde. Nach unsern Untersuchungen in der Palagonitformation muss man die Ursachen zu diesen Erscheinungen wahrscheinlich in einem Lavaausbruch unter dem Eise suchen. Dieser „langsame Gletscherlauf“ ist vermutlich durch Wärmeabgabe einer sich abkühlenden Lavamasse verursacht worden.

Einstweilen scheint es, dass keine Beziehungen zwischen der Förderung von festem Material und der Energieproduktion bestehen. Dagegen kann man von energiereichen und energiearmen Eruptionen sprechen, da gewisse subglaziale Eruptionen im Stande sind, zunächst gewaltige Eismassen fortzuschmelzen, um dann in ein langdauerndes, subaërisches Stadium einzutreten, während andere Eruptionen nicht vermögen, eine Eisdecke von etwa 200 m Dicke zu durchbrechen.

#### *Über den Begriff Palagonit und Palagonitformation.*

Der Name Palagonit wurde von Sartorius von Waltershausen eingeführt; A. Penck wies nach, dass der Palagonit keine konstante chemische Zusammensetzung hat und daher nicht als Mineral aufzufassen ist. Jedoch erst Tyrrell und Peacock stellten durch petrographische und chemische Untersuchungen fest, dass das Ausgangsmaterial für den Palagonit ein basaltisches Glas, Tachylit, ist. Sie nehmen an, dass der Palagonit aus dem Tachylit durch Wasseraufnahme entstanden ist, ein Vorgang, den sie Palagonitisation nennen.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass ein auffälliger Unterschied besteht zwischen basaltischen Gläsern subaërischen

und subglazialen Ursprungs. Das subaërische Glas ist porös oder feinblättrig. Auf der Oberfläche von Pillows und Basaltkugeln aus subglazialen Ausbrüchen findet sich dagegen ein abweichendes Basaltglas, das als kompakter Belag von oft beträchtlicher Dicke auftritt. Schliesslich scheint der Abkühlungsprozess bei Ausbrüchen unter dem Eise auch die Bildung von Gesteinen begünstigen zu können, die fast ausschliesslich aus basaltischen Glas bestehen.

Längs der Intrusivkontakte finden sich gleichfalls nicht selten dickere Krusten von kompaktem Glas.

Das wichtigste in diesem Zusammenhang ist jedoch, dass die poröse Form des basaltischen Glases, bzw. die Glashäute, durch Abkühlung an der Luft entstehen, während die Abkühlung unter stark wärmeabsorbierenden Stoffen eine dicke, zusammenhängende Glaskruste entstehen lässt. Es zeigt sich, dass sich die zwei Haupttypen des basaltischen Glases in fast allen sedimentären Faciesgruppen finden, wohin sie erst gelangt sein können, nachdem sie durch Verwitterung blossgelegt und danach umgelagert wurden.

Das vorläufige Ergebnis der Untersuchungen kann folgendermassen zusammengefasst werden.

Islands quartäre Ablagerungen können im wesentlichen in zwei Gruppen eingeteilt werden:

1) Ablagerungen, die unter oder in unmittelbarer Nähe von Eisdecken gebildet wurden (Tillite und damit in Verbindung auftretende Gesteine, sowie subglaziale Ausbruchsprodukte).

2) Auf eisfreier Landoberfläche gebildete Ablagerungen (im wesentlichen interglaziale Bildungen).

Die letztere Gruppe enthält alle Sedimenttypen, welchen wir auch auf der Oberfläche des heutigen Island begegnen.

---