

Werk

Titel: Forschungen am Vatnajökull auf Island und Studien über seine Bedeutung für die Ve...

Autor: Spethmann, Hans

Ort: Berlin

Jahr: 1912

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1912|LOG_0108

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Erst gegen Abend kamen wir nach Viacha, der Station, wo die Bahn nach Tiahuanaco und dem Titikaka-See sich abzweigt. Hier präsentierten sich uns zum erstenmal in voller Pracht die stolzen Schneeberge, die über dem Hochlande des Titikaka-Sees sich erheben — Quimsa Cruz im Süden der Talspalte des Rio de la Paz und die fast zusammenhängende, aus dem Ilimani (7509 m), dem Mururata (6183 m), dem Huayna Potosi (6184 m) und dem gewaltigen Illampu (7696 m) bestehende Kette, die von der Talspalte des Rio de la Paz bis in die Höhe von Carabuco am Titikaka-See reicht. Nach unbegreiflich langem Aufenthalte in Viacha fuhren wir endlich über die ebene Hochfläche den Schneebergen zu. Die Ebene ist hier nicht mehr bloßes Weideland, sondern in großer Ausdehnung bestellt; der Einfluß des großen Wasserbeckens des Titikaka-Sees scheint sich schon geltend zu machen. Sorgfältig waren die den Pflug hindernden Steine zusammengelesen, die Felder selbst jetzt natürlich abgeerntet und kahl. Es dunkelte, als wir auf den Altos de La Paz, dem 4085 m hochgelegenen Rande der Großen Barranca, in der La Paz liegt, ankamen. Hier werden die Dampflokomotiven durch den elektrischen Betrieb ersetzt. Denn die Hänge sind zu steil, als daß sie mit den schweren Dampflokomotiven befahren werden könnten. In dem letzten Abendlichte hatten wir den unbeschreiblich schönen Blick auf die tiefe Barranca, die in ihrem Grunde und am jenseitigen Hange sich aufbauende Stadt, mit ihren roten Ziegeldächern, den hellblau getünchten Mauern und dem vielen Grün dazwischen, und endlich die alles überragenden Schneeberge, die in der klaren Luft greifbar nahe erschienen.

(Schluß folgt.)

Forschungen am Vatnajökull auf Island und Studien über seine Bedeutung für die Vergletscherung Norddeutschlands.*)

Von Hans Spethmann in Berlin.

Unvergeßlich ist mir der Eindruck, den ich beim ersten Anblick des Vatnajökull empfang. Aus dem Norden kommend, sah ich am südlichen Horizont ein Gebilde gleich einer Wolkenbank stehen und ein fahles, weißlich-gelbliches Licht aussenden, das dem des Mondes ähnelte. Weder zur Rechten noch zur Linken sah ich ein Ende, wohl aber eine scharfe Grenze nach oben. Eis und Himmel berührten sich überall unmittelbar, da keine

*) Aus einem Vortrage in der Fachsitzung vom 20. November, 1911 über „Geomorphologische Untersuchungen im östlichen Innerisland und auf dem Nordrand des Vatnajökull.“

Felsspitze hervorragte, keine Bergwand den Hintergrund deckte. Näherte man sich, so sah man, wie sich dort eine weite, fast ebene Mittelzone des Eises sanft zu einem unteren Rande abböschte.

Der Eisrand zeigt eine zwifache Entwicklung. Im Süden des Vatnajökull ist er aufgelöst in Zungen oder breitet sich als Vorlandvergletscherung aus, nachdem er eine Enge durchmessen hat. Hier verkörpert das Eis einen „Zungenrand“ gegenüber einem „Lappenrand“ an seiner Nordgrenze, wo es sich in wenigen großen, ganz flach gebogenen Lappen dehnt, die nur hier und da eine feinere Zähnelung tragen. Wohl gibt es im einzelnen beiderseits Ausnahmen von dieser Regel, jedoch sind sie ganz untergeordneter Natur; das generelle Bild ist unverkennbar¹⁾.

Die verschiedenen Züge im Norden und Süden der Vergletscherung sind eine Folge des Bodenreliefs, das in beiden Gegenden verschiedenartig gestaltet ist. Im Süden des Vatnajökull sind große Höhen, liegt doch hier der höchste Punkt der Insel, der Oraefajökull mit 2119 m, und mitten in diesen Erhebungen sind zahlreiche und tiefe Einschnitte in Gestalt trogartiger Täler gelegen, so daß die Gegensätze des Reliefs hier zu groß sind als daß das Eis sie verhüllen und überwinden könnte; vielmehr wird letzteres beherrscht von der Skulptur des Bodens. Umgekehrt ist es im Norden. Dort breitet sich eine große Ebene, die nahezu platt wie ein Tisch ist und selbst einer feineren Ziselierung entbehrt. Auf ihr vermag sich der Gletscherkörper gemäß seiner Plastizität frei auszubreiten, gleichsam auszuleben. Hier beherrscht er seinen Untergrund und ist imstande, sich selbst seine Grenze, entsprechend seiner eigenen Kraft zu setzen, während sie ihm im Süden vom Relief diktiert wird. Das sind die Gegensätze zwischen einer „Freien Eisrandform“ und einer „Erzwungenen Eisrandform“.

Die doppelte Randentwicklung des jetzigen Vatnajökull ist ein rezentes Spiegelbild zu der diluvialen Vergletscherung Mitteleuropas. Der Südrand des isländischen Inlandeises verkörpert gegenwärtig Verhältnisse, wie sie vielfach zur Eiszeit im Umland der Alpen walteten: Vorlandvergletscherung, Eisfächer, Gletscherzungen mit großen, vorgelagerten Schotterflächen treffen wir in beiden Gebieten. Der Nordrand des Vatnajökull hingegen dürfte auf der Nordhemisphäre das beste Analogon zur Südzone der nordeuropäischen Vergletscherung zur Schau tragen.

Man hat zwar oft das grönländische Inlandeis als Seitenstück zu den diluvialen Verhältnissen Norddeutschlands herangezogen. So sicher für das Innere der nordeuropäischen Vergletscherung das ungegliederte „Kerngebiet“ vom Eise Grönlands ein ausgezeichnetes Stu-

¹⁾ Vgl. die ähnlichen Unterschiede Sappers am Myrdalsjökull. Bemerkungen über einige südisländische Gletscher. Zeitschr. f. Gletscherkunde, III, Berlin 1909.

dienobjekt darbietet, so wenig dünkt mir ein Vergleich in der „Randentwicklung“¹⁾ beider Eisareale zutreffend zu sein, und die Randentwicklung war doch schließlich maßgebend für das hinterlassene Bodenrelief in dem aufgeschütteten Norddeutschland. Ein großer Teil des grönländischen Inlandeises kalbt ins Meer, was für Norddeutschlands Vereisung am Ufer von Stauseen und vielleicht in der baltischen Depression der Ausnahmefall war; ein anderer Teil des grönländischen Eises wird in Tröge und Fjorde hineingezwängt, während in Norddeutschland die Lage vom Untergrund des Diluviums abhängig war und namentlich die verarmten Sande des Miozän und Pliozän darauf hinzeigen, daß hier das Eis wenigstens bei seiner ersten Invasion in eine spätreife oder alte Landschaft mit sanften und weichen Konturen eindrang, in der ihm nicht der Weg durch die Bodenformen in einer Weise wie am Rande Grönlands vorgeschrieben wurde, vielmehr es sich im großen und ganzen frei wie am Nordrande des Vatnajökull entfalten konnte.

Von diesen Gesichtspunkten aus habe ich ihn zweimal aufgesucht. Er ist vor mir schon mehrfach von Menschen betreten worden, jedoch immer nur gelegentlich für wenige Stunden und nicht zu wissenschaftlichen Spezialstudien. Fast alle diese Reisen fallen in das vergangene und laufende Jahrhundert. So zog 1835 oder 1836 Pjetur Pjetursson aus Hakonarstadir am Nordrand unseres Eises entlang, am 5. August 1839 der ausgezeichnete isländische Kartograph Björn Gunnlaugsson im Verein mit dem späteren Propst Sigurdur Gunnarsson²⁾, welcher letzterer das Gebiet am 4. Juli 1840 mit dem Dänen J. C. Schythe wiedersah³⁾. 1875 kam W. Watts bei seiner Durchquerung des Vatnajökull in seine Nähe⁴⁾, 1880 suchten es vier isländische Bauern auf, unter ihnen Jon Thor kelsson⁵⁾, 1884 durchzog es Thoroddsen⁶⁾. 1907 weilte ich nicht unmittelbar am Nordrand, sondern nur südlich der Dyngjufjöll⁷⁾, 1910 kam im Juli H. Erkes ebenfalls nur

¹⁾ Die Begriffe Kerngebiet und Randentwicklung sind nicht identisch mit Zehr- und Nährgebiet, sondern beziehen sich nur auf die morphologische Gliederung des gesamten Inlandeiskörpers.

²⁾ Th. Thoroddsen, Landfraethissaga Islands, Band IV. Kaupmannahöfn 1904; S. Gunnarsson, Um oraefi Islands. Northanfari 1876, Akureyri.

³⁾ J. C. Schythe. En Fjeldreise i Island i Sommeren 1840. Kröyers Naturhistorisk Tidsskrift. III.

⁴⁾ W. Watts. Across the Vatnajökull. London 1876.

⁵⁾ Jón Stefansson Könnuth jökulfjöll. Nordlingur, V. Jahrgang. Akureyri 1880.

⁶⁾ Th. Thoroddsen. Odáthahraun. Andvari, XI. Reykjavik 1885. Gekürzt später auch in anderen Sprachen erschienen.

⁷⁾ H. Spethmann, Der Nordrand des isländischen Inlandeises Vatnaköjull. Zeitschr. f. Gletscherkunde. III. Berlin 1908.

bis an den Nordrand der Schmelzwasserflächen. Etwas später gelangte ich mit E. Erkes, dem Sohn des soeben genannten Islandforschers, auf den Nordrand des Vatnajökull.

Ich war am 27. Juli 1910 von Svartárkjot zusammen mit Erkes jun. und dem bei schwierigen Reisen bewährten Isländer Sigurdur Sumarlidason aufgebrochen. Außerdem begleiteten mich helfend auf dem Hinritt noch zwei Isländer, unter ihnen Snaebödn, der Sohn des Farmers Thordur von Svartárkjot. Die Karawane bestand nur aus 12 Pferden und beschränkte sich, wie immer, auf das Notwendigste: Zelt, Schlafsäcke, Konserven und Instrumente. Wir ritten zunächst hinunter zum Tal des Skálfandafljot, das wir ungefähr bei der Mündung der Sandá erreichten. Aufwärts folgten wir ihm bis zur Öxnadalsá, in deren Tal wir bei Stapi nachmittags so zeitig zelteten, daß von den umgebenden Höhen noch Ausblick gehalten werden konnte. Am nächsten Morgen ging es früh weiter, zunächst der Öxnadalsá bis zum obersten Quellast folgend, dann zum Westfuß der Trolladyngja. Es war meine Absicht gewesen, von hier aus direkt auf den Berg Kistufell zu halten. Leider stellte sich in kurzer Zeit dichter Nebel ein, so daß wir beim Einschlagen der Route lediglich auf den Kompaß angewiesen waren, der aber in dieser Gegend wegen des eisenreichen basaltischen Gesteins nur ein unsicherer Wegweiser ist. So kam es, daß wir anstatt nach S zu kommen nach SW verschlagen wurden und nach Durchquerung eines Geländes, das uns große technische Schwierigkeiten bei den eiskalten Stürmen, die inzwischen aufgekommen waren, hindernd entgegenstellte, endlich weit später als wie berechnet an den Nordrand des Vatnajökull gelangten. Sofort wurden den erschöpften Pferden die Lasten abgenommen und das Zelt aufgeschlagen, so daß die beiden uns begleitenden Isländer mit allen Tieren zurückkehren konnten mit dem Auftrag, uns in der Frühe des 2. August wieder abzuholen.

Da die Witterung während des zweiten Teiles unseres Rittes infolge des Nebels ganz unsichtig gewesen war, wußte niemand zunächst, wo wir uns am Vatnajökull befanden. Nur einmal zeigte uns ein kurzer Lichtblick den Tugnafellsjökull. Erst das gute Wetter des nächsten Morgen brachte Klärung in die Unsicherheit: wir waren statt am Kistufell ganz in der Nähe von Gaesavötn. Sofort begannen wir nunmehr vom Zelt aus in Gewaltmärschen die Umgebung zu erkunden. Am 29. Juli gingen wir ein großes Stück eiseinwärts, steuerten dann auf Kistufell zu, den wir bestiegen, und kehrten auf dem Eisrande zurück. Am 30. gingen wir nördlich des Eisrandes zum Westfuß des Kistufell, dann zur Spitze von Urdarháls. Von ihr aus sollte es in ziemlich gerader Richtung zurückgehen, aber sich einstellender Nebel zwang uns halbwegs, auf den Nordrand des Vatnajökull zu halten und an ihm entlang das Zelt wieder zu finden. Den 31. Juli

verbrachten wir westlich des Zeltplatzes teils auf dem Eis, teils in seinem Vorland. Am 1. August mußten wir strömenden Regens halber unsere Untersuchungen auf die Umgebung des Zelttes beschränken. In der darauf folgenden Nacht trafen die zurückgekehrten Isländer bereits 12½ Uhr in tiefster Finsternis mit den Pferden wieder ein. Lediglich dem feinen Spürsinn der wackeren Tiere war es zu danken, daß man uns erreicht hatte. Um 2½ Uhr in der Frühe hatten wir schon alles zusammengepackt, so daß der Aufbruch erfolgen konnte. Bereits 12½ Uhr mittags trafen wir auf unserem früheren Zeltplatz im Öxnadal ein, wo wir uns tüchtig ausruhten, um am nächsten Mittag wieder in Svartárkjöt zu sein.

Ungefähr gleichzeitig mit mir weilte, wie erst ein Jahr später bekannt wurde¹⁾, M. Trautz aus Heidelberg gleichfalls am Nordrand des Inlandeises, und zwar weiter östlich in der Gegend der Kverkfjöll. Spezielle Nachrichten über seine Reise liegen von ihm noch nicht vor.

Im Zusammenhang mit der Aufzählung von Forschern am Nordrand des Vatnajökull möchte ich noch an einen Mann erinnern, der zwar nicht in diesem Gebiet Islands geweilt hat, der aber ähnliche Untersuchungen wie der Verfasser dieser Zeilen auf der Insel angestellt hat, nämlich an Konrad Keilhack. Trotzdem bereits fast 30 Jahre seit dem Erscheinen seiner Arbeit über „Vergleichende Beobachtungen an isländischen Gletscher- und norddeutschen Diluvialablagerungen“ verflossen sind²⁾, wird noch gegenwärtig mit Recht auf sie zurückgegriffen, da sie eine Reihe von Tatsachen, die für das Verständnis Norddeutschlands wichtig sind, übermittelt hat.

Die Höhe des westlichen Nordrandes des Vatnajökull beträgt etwa 850—900 m. Das ist ein auffallend hoher Betrag, wenn man den Südrand des Eises in Betracht zieht, wo es an einer Stelle nur wenige Meter Meereshöhe besitzt³⁾. Andererseits ist der Rand des nördlichen Vatnajökull bedeutend tiefer gelegen als das Ende von Gletschern in den Regionen nördlich des Vatnajökull. Auf der Nordostseite der Trolladyngja fand ich 1910 zwei kleine Gletscher in 1400—1540 m Meereshöhe enden; ebenso war der Kraterboden des nach Thoroddsen 1491 m hohen Schildvulkans von aperem Eis erfüllt. In etwa 1200 m Höhe begegnete ich einem kleinen, gleichfalls nach Nordost gekehrten Eisstrom in den westlichen Dyngjuföll. Überhaupt

¹⁾ Diese Zeitschrift, Jg. 1911, S. 663.

²⁾ Jahrbuch d. Kgl. preuß. geol. Landesanstalt, Berlin 1883.

³⁾ Vgl. meinen Querschnitt in der Zeitschrift für Gletscherkunde III, S. 38; Hobbs, Characteristics of the Inlandice of the Arctic Regions. Proc. Am. Phil. Soc. 1910.

nicht vergletschert ist nach den Beobachtungen Recks (1908) die etwa 1660 m hohe Herdubreith¹⁾.

Wie aus diesen Daten hervorgeht, wächst von der Südküste aus die Höhenlage des Randes vergletschelter Gebiete. Klar spiegelt sich hierin der klimatische Einfluß wieder. Der Südwestwind ist der Bringer der Feuchtigkeit. An der Küste schlägt sich ihr größter Teil nieder, so daß die Niederschläge nördlich der Eisscheide des Vatnajökull beträchtlich geringer sind als südlich. In der Regel herrscht hier im Norden bei Süd- und Südwestwinden klares Wetter. Die Feuchtigkeit bringen hier die Nord- und Nordostwinde, bei denen sich im allgemeinen schlechte Witterung mit Schnee, Regen oder Nebel einstellt. Diese Winde sind zwar schon über ein größeres Stück Land gestrichen, aber sie haben nicht so große und ausgedehnte Höhen zu überwinden gehabt wie die Südwinde. So kommt es einerseits, daß sie mehr Feuchtigkeit als die letzteren bringen, andererseits aber nicht dermaßen viel, um eine ebenso tiefe Eisgrenze wie am Südrande des Vatnajökull zu erzeugen²⁾.

Die Folge der klimatischen Bedingungen ist der völlige Mangel an Vegetation und Fauna; nur an tieferen Stellen in der Nähe von Gaesavötn fand ich einige Saxifragaceae, Flechten und Moose, in einer Lavahöhle begegnete ich dem gebleichten Skelett eines Schafes. Sonst war keine Spur von Leben zu treffen.

Nach Vorausschickung dieser Daten begeben wir uns nunmehr auf das Inlandeis.

Wir stehen auf der nördlichen Randzone des Eises. Nach Süden zu hebt sich seine Oberfläche ganz leicht, nach Norden dagegen böschet sie sich stärker ab bis zu einem vermeintlichen Rande; denn ein langer Wall, den wir in dieser Richtung erblicken, scheint hier das Eis zu begrenzen. Südlich dieses Walles, also vor uns, lagert sich eine flache Schuttregion, und dann erst kommt jenes Areal, auf dem wir stehen und woselbst das nackte Eis zutage tritt.

Das nackte Eis ist von grünblauer Farbe und dicht durchsetzt von korngroßen bis eigroßen Steinchen. Spalten, die einen Einblick in die

¹⁾ H. Reck, Glazialgeologische Studien über die rezenten und diluvialen Gletschergebiete Islands. Zeitschrift für Gletscherkunde, V, 1911.

²⁾ „Auf dem Wege (von der Nord- und Ostküste zum Vatnajökull) verlieren sie den Wasserdampf, und zwar zu einem guten Teil schon sofort, wenn sie auf die Ostküste steigen.“ Reck, der sich sonst in seinem aufgeführten Aufsatz vielfach meinen Darlegungen (Zeitschr. f. Gletscherkunde, III, 1908) angeschlossen hat, meint aus dieser Stelle im Gegensatz zu einer andern herauslesen zu müssen, „es sind die Nordwinde des langen Weges über Land wegen trocken“. Das ist nicht von mir gesagt worden.

innere Struktur gestalten, sind selten und nur so schmal, daß man sie eher Fugen nennen könnte. Sie laufen entweder senkrecht zum Eisrande oder parallel; im letzten Falle ist mehrfach zu bemerken, wie die Eisoberfläche jenes Teiles, der dem Rande zu liegt, bis zu dem Betrage von einem halben Meter gesenkt ist. Man gewinnt den Eindruck, als ob durch Zerrung die Randzone von Grund aus aufgebrochen sei. Mit Ausnahme dieser geringfügigen Ungleichmäßigkeiten ist die Oberfläche überall ganz glatt, so daß sich an Tagen hoher Insolation auf dem aperen Eise eine ausgezeichnete Flächenspülung entwickelt. Der gesamte Gletscherkörper wird gleichmäßig von grauen, eiligen Schmelzwassern dünn überrieselt, die sich nur an wenigen Stellen zu kleinen Bächen sammeln, welche langsam in das Eis ihre oft von Wellenfurchen bedeckten Betten einschneiden.

Die flache Schuttregion mit Höhen bis zu 6—10 m, in der sich hier und da noch nacktes Eis einschaltet, wird bedeckt mit größeren Fetzen eines körnig-erdigen Materiales, das mitunter auch von kleinen Steinen durchsetzt ist. Teilweise ist dieser Schutt flach dem Eise aufgelagert, teilweise ihm aber auch in zahlreichen Hügelchen aufgesetzt, die in ihrer Form den Schutthügelchen der stark mit Oberflächenmoräne bedeckten alpinen Gletscher durchaus ähneln und am Nordrand des Vatnajökull reichlich einen Meter hoch werden. Sie bergen in ihrem Innern einen Eiskern, den ein mehr oder minder dicker Mantel von Schutt umhüllt. Der letztere entspringt der Innenmoräne, dem Auskeilen der Bänderung, die in großem Maßstabe dort aususchmelzen beginnt, wo sich die Eisoberfläche in einem Winkel von etwa 5° abwärts neigt. Ihr Material sammelt sich oben auf dem Eiskörper an, auf dem es mannigfaltig mittels der erwähnten Flächenspülung der Schmelzwasser umgelagert wird. Hat es irgendwo vorübergehend einen Ruhepunkt gefunden und stellen sich alsdann Tage mit geringer Himmelsbedeckung ein, so wird das nackt den Sonnenstrahlen ausgesetzte Eis natürlich mehr und schneller in die Tiefe abgeschmolzen als das schuttbedeckte, das dergestalt als Erhebungen herauspräpariert wird. Auf deren Flanken rutscht mitunter der Schutt etwas herunter, was teilweise noch durch Unterspülung seitens der Schmelzwasser gefördert wird.

Der Wall, der die Schuttregion nach Norden abgrenzt, trug auf der von mir untersuchten Strecke einen einheitlichen Charakter. Nirgends war er durch Unterbrechungen aufgeteilt. Er ist bald nur 100 m breit, bald aber nimmt er auch ein Vielfaches dieser Zahl ein; seine Höhe schwankt zwischen 10 und 40 m. Jedoch nicht immer trägt er eine ausgesprochene Wallform. Westlich des Kistufell war er in die Breite gezogen und hatte an Höhe verloren. Am Kistufell selber setzte er ganz aus, um aber an der Ostseite des Berges um so geschlossener und entwickelter wieder einzusetzen.

Im Relief des Walles heben sich in der Regel eine Reihe von Höhen markant ab. Sie sind keine Rücken und Kuppen mit sanften Formen, wie man vermuten möchte, sondern oft gewahrt man recht scharfe Umrißlinien, und gar nicht selten ist die höchste Erhebung eine ausgesprochene Spitze, hervorgerufen durch die scharfkantige Verschneidung der Seitengehänge. Bei Betrachtung aus der Nähe vergewissert man sich, daß die Schärfe der Gipfformen nur temporär ist und durch ständige Rutschung verursacht wird. Gerade wie bei den kleinen Hügelchen auf der Schuttregion steckt unter den Erhebungen des Walles ein Eiskern, nur ist bei ihm die relative Mächtigkeit des Schuttes gegenüber dem begrabenen Eise weit beträchtlicher. Auch auf ihm schmilzt das Eis zusammen, das auf ihm sitzende erdige Material muß nachgeben und gleitet hinab, teils seitlich, teils in kleine Einbruchstrichter von 30—50 cm Tiefe und Durchmesser, die von Pfützen erfüllt sind. So ergibt sich, daß die Schärfe der Formen nur dem Jugendstadium eigen ist und sich beim gänzlichen Schwinden des Eises in sanfte Formen wandeln muß. Die innere Struktur bei diesem Reifestadium ist regellos und als Folge mannigfacher Umlagerung natürlich nicht mehr die primäre. Hauptsächlich waren es kiesige Massen, aber größere Steine und Blöcke fanden sich gleichfalls, wenn auch in untergeordnetem Maße und mit auffallend wenig Glättung und Schrammung.

Übersteigen wir den Wall, so nehmen wir mit Überraschung wahr, daß wir nicht am Eisrande stehen, sondern daß der letztere weiter nördlich gelegen ist. Mit einer Böschung von 15° (beim Kistufell) bis zu 35° (östlich des Zeltplatzes) dacht sich der Eiskörper schnell in 80—150 m tieferes Gelände ab, um dort sanft auszuklingen. Nur an einer Stelle, an der ein Hügel einspringend am Rande gelegen war, brach er jäh in einer senkrechten Wand ab, die sich durch seitlich kommende Erdwärme und Schutz gegen Norden erhalten dürfte. Aber auch hier lag der lange Wall mehrere hundert Meter einwärts des Eisrandes.

Überall nördlich des Walles war die Oberfläche des Vatnajökull aus Firn zusammengefügt, mit Ausnahme ganz kleiner Partien in unmittelbarer Nähe des Walles, die aber so winzig waren, daß sie keine weiteren Schlüsse zuließen. Lediglich an der soeben angeführten Stelle mit der senkrechten Wand vermochte ich festzustellen, daß nördlich des Walles wirklich noch Eis vorhanden war. Eine ausgezeichnete Bänderung war aufgeschlossen, überlagert von mehreren Metern Firn. Neben dieser Firnbedeckung trug die Zone nördlich des Walles einen zweiten ausgesprochenen Gegensatz zu der Zone südlich des Walles. Sie entbehrte gänzlich des oberflächlich rinnenden Wassers. Nur hin und wieder kroch der feine Schutt des Walles langsam in schmalen Zungen am Gehänge hinab, unterstützt von etwas Feuchtigkeit, die bei dem Zusammenschmelzen der Eiskerne

des Walles frei geworden war und die die Mitte der Schlammströme einnahm. Es waren die feinsten Partikelchen des Schuttes, die die Isländer an andern Gletschern der Insel treffend mit Kaffeesatz verglichen und kurz als Kaffeearde bezeichnen.

Sofort drängt sich die Frage auf: Wo bleiben die gewaltigen Schmelzwassermengen, die auf dem Eise südlich des Walles an Tagen hoher Insolation frei werden? Dicht bevor sie den Wall erreichen, verschwinden sie oberirdisch in den erwähnten Gletscherspalten. Sie stürzen mit weithin hörbarem Getöse in die Tiefe, nachdem sie sich vorher zu kleinen Strömen vereinigt haben, und wildtosend und schäumend sah ich sie verschwinden in Spalten, deren Wände von wunderbaren Strudellöchern besetzt waren.

Natürlich muß dieses Wasser irgendwo am Gletscherende zutage treten, nachdem es unterirdisch den Wall gequert hat. Kehren wir zum Eisrande zurück, so sehen wir es dort in der Tat hervorquellen. Freilich sah ich es nicht überall an dem von mir besuchten Nordrande des Vatnajökull. Vor einem großen Teil breiten sich junge Lavafelder, die jegliche Feuchtigkeit verschlucken und erst in weiter Entfernung im Norden und Nordwesten wieder zutage treten lassen. Wo aber die frischen Magmaergüsse fehlen oder in der Tiefe abgedichtet sind, da brechen die Schmelzwasser mit ungeheurer Kraft unmittelbar am Rande des Eiskörpers wieder hervor; sie schießen förmlich aus kleinen Gletschertoren heraus, so gewaltig ist der Druck, unter dem sie gestanden haben. Bald aber erlahmt die Kraft des Wassers, es dehnt sich flächenhaft aus, pendelt zur Rechten und zur Linken charakterlos hin und her und fällt seine Sinkstoffe aus, stetig das Bild verändernd. So wird jenes Gebilde aufgeschüttet, das der Isländer als „Sandur“ bezeichnet.

Beschäftigen wir uns nach der Darstellung der wichtigeren Beobachtungen mit der Struktur des nördlichen Vatnajökull, so ist klar, daß bei dem fast gänzlichen Mangel an tieferen Aufschlüssen eine Interpretation kombinatorisch ausfallen muß, doch faßt die folgende Erklärung, die einer Anregung von Geheimrat Penck entwurzelt, die verschiedenen Erscheinungen befriedigend zusammen. Die vor dem Walle liegende Eismasse ist tot. Dafür spricht neben der Firnbedeckung auch die erwähnte hohe Wand am Eisrand, die sich unter den obwaltenden Verhältnissen an einem lebendigen Gletscherende wohl kaum derart entwickeln könnte. Auf die tote Eismasse schiebt sich der Rand des lebenden Gletschers, dessen Grundmoräne als Endmoräne an der Grenze zwischen totem und lebendem Eis zutage tritt. Nach dieser Auslegung wäre das wallartige Gebilde als eine Endmoräne zu bezeichnen, an die es ja in der Tat trotz seiner Besonderheiten ungemein erinnert. Sohin gelangen wir zu dem bedeutsamen Er-

gebnis, daß am Nordrand des Vatnajökull Eisrand und Endmoräne in großem Umfange nicht zusammenfallen.

Denken wir uns nunmehr das Eis bei weiterem Rückgang des Gletschers geschmolzen, so wird der Moränenwall zu rundlichen Formen zusammensacken und sich als Wall über seine Umgebung abheben; denn so viel Schuttmaterial enthält er sicherlich. Aber durch diesen Moränenwall werden sich Rinnen bis in den Sandur ziehen, die die stark arbeitenden Schmelzwasser bei ihrem Wege unter dem Eise angelegt haben müssen. Dieser Entwicklungsgang wirft Licht auf die Entstehung gewisser Rinnen, die sich in Norddeutschland durch die Endmoräne hindurchziehen und erst im Sandur enden. Schon oft ist die Frage diskutiert worden: Warum setzen diese Rinnen nicht in der Grenzzone der Endmoräne aus, sondern ganz unerwartet an irgend einer Stelle im Sandur? Nehmen wir einen ähnlichen Zustand wie ich ihn am Vatnajökull fand an, so läßt sich dieses Durchgreifen der Rinnen durch die Endmoräne, die „Durchrinnung der Endmoräne“, zum Teil erklären. Und in der Tat liegt es außerordentlich nahe, tote Eismassen auch hier und da für die Gestaltung des norddeutschen Reliefs anzunehmen; hat doch der Rückgang des Eises ihm seine wesentlichsten Züge aufgeprägt.

Man könnte freilich einwenden, daß die Rinnen in Norddeutschland weit größer sind als ich sie am Vatnajökull fand. Aber man wolle bedenken, daß man für die diluviale Vergletscherung mit ganz andern Maßstäben zu rechnen hat als wie sie unser isländisches Eis jetzt bietet, so daß auch Komplikationen, wie ein Abschnüren der Rinnen in einzelne Becken, die durch Schwellen getrennt werden, sich durch mehrfache kleine Etappenrückgänge des Eisrandes erklären lassen. Als ein wichtiges Gegenargument gegen meinen Vergleich möchte hingegen der Umstand erscheinen, daß am Vatnajökull die Rinnen in Grundmoräne eingeschnitten werden, während sie in Norddeutschland im Sandur liegen. Allein, sie werden in die Grundmoräne einer toten Eismasse eingeschnitten; schmilzt diese zusammen, so wird ihre Innenmoräne von den Schmelzwässern des lebenden Eises ausgestreut und die Grundmoräne dünn von fluvioglazialen Schutt bedeckt.

Vor dem Inlandeise breitet sich in der Regel der Sandur. Unter der Form „Sandr“ ist dieser Begriff schon seit den achtziger Jahren des abgelaufenen Jahrhunderts in die morphologische, namentlich glazial-morphologische Literatur eingeführt. Seit dem Erscheinen der isländischen Generalstabskarten für das Südland der Insel hat sich jedoch eine kleine Verwirrung in der Schreibung des Wortes eingestellt, und man begegnet neben einem Sandr einem Sandar, Sander und Sandur. Auch die Plural-

formen Sandrn und Sandrs sind anzutreffen. Ich habe an anderer Stelle auseinandergesetzt, daß gegenwärtig allein die Form „Der Sandur“ korrekt ist¹⁾, und daß die Form „Sandr“, die jetzt ganz ungebräuchlich ist, nicht etwa wie Sandr ausgesprochen wurde, sondern genau so wie Sandur. Aus diesen Gründen habe ich seit 1908 der Schreibart Sandur den Vorzug gegeben, eine Schreibung, die sich vielfach auch in der guten isländischen Reiseliteratur findet, wie bei Zirkel und Herrmann. H. Erkes führt gleichfalls in seinem isländischen Sprachführer nur die Form Sandur²⁾ an, ebenso das Wörterbuch von Zoëga³⁾. Übrigens sei bemerkt, daß, wie bei vielen Ausdrücken, die der Sprache eines Volkes entnommen in die wissenschaftliche Nomenklatur übergegangen sind, sandur auf Island keineswegs ein so scharf umrissener Begriff ist, wie man vielfach annimmt. Sandur wird nämlich auf Island mitunter jede größere Ansammlung sandigen Materials genannt, die ohne Vegetation ist oder nur spärlich von Pflanzen bestanden ist, z. B. sandige Flächen, die an Lavaströmen zusammengeweht werden.

An dem von mir untersuchten Nordrand des Vatnajökull waren große Sandur nicht entwickelt, wohl aber östlich des Kistufell, über die ich aber nur aus der Entfernung, vom Kistufell und von der Vadalda aus einen Überblick genoß. Ferner bieten die prächtigen isländischen Generalstabskarten im Maßstab 1 : 50 000 eine Reihe wichtigen Detailmaterials, ebenso finden sich in den Reisewerken dankenswerte Beobachtungen niedergelegt.

Der Sandur ist der Schuttkegel einer größeren Eismasse. Bisweilen ist er so groß, daß eine Anzahl von Phänomenen, die auf kleinen Schuttkegeln nicht bestehen können, zur größeren Entwicklung gelangen, so daß die Kegelnatur fast verloren geht. Entsprechend seinem Kegelbau böschet sich der Sandur ständig von seinem Eisrand ab. Dieser Böschungswinkel beträgt beispielsweise am Südrand des Vatnajökull, berechnet auf den Blättern 77 und 78 etwa 4,5 m auf 1 km oder 15'. Submarin ist er hier in der Fortsetzung fast gar nicht zu erkennen; auf den Seekarten zeigen die Isobathen keine Ausbiegung.

Der Aufbau des Schuttkegels erfolgt in erster Linie durch die abströmenden Schmelzwasser. Ich habe am Norden des Vatnajökull denselben Eindruck gewonnen, den auch die Karten vom Südrand verzeichnen, jenen, daß die meisten Gletscherwasser am Rande eines Lobus oder im Winkel der Verschneidung zweier austreten. Östlich des Kistufell und bei den Kverkfjöll brach die größte Wasserfülle hervor. Am Tage wächst

¹⁾ H. Spethmann, Sandar, Sander, Sandur oder Sandr? Centralblatt f. Min., Geol. und Pal. Stuttgart 1911.

²⁾ H. Erkes, Deutsch-Neu-Isländischer Sprachführer. Dortmund 1906.

³⁾ G. T. Zoëga, Islenszk-ensk orthabock, Reykjavik 1904.

die Wassermasse stetig, um ihren Hochstand am Abend zu erreichen; dann setzt bis zum nächsten Morgen, bei dem Niedrigwasser erreicht wird, Fallen ein.

Bei großen Schmelzwassermengen, wie sie Gletscherläufe oder Tage mit hoher Insolation bescheren, steht der größte Teil des Sandur unter Wasser. Nur ältere Moränenreste überragen dann als trockene Inseln das überschwemmte Areal (teilweise Sandgigur geheißen). Doch das sind Ausnahmefälle; in der Regel sammelt sich das hervorquellende Wasser bald in Gerinnen. Zwar sind in der Nähe des Gletschers gern kleine Areale vorhanden, die sich einer ausgezeichneten Flächenspülung erfreuen, indem das Wasser dort charakterlos hin- und herpendelt, bald hier etwas aufbauend, dort ein wenig abtragend, bald hier ebenes Gebiet überschwemmend, bald Inseln trockenen Landes zurücklassend; aber in einiger Entfernung vom Nordrande verschwinden diese Flächen, ein Teil des Wassers versickert, ein anderer vereinigt sich zu Bächen und Flüssen. Von den letzteren kann man drei Arten auf einem Sandur unterscheiden, erstens solche, die den Sandur durchfließen, zweitens solche, die im Sandur versickern, und schließlich solche, die im Sandur entspringen.

Der ersten Gruppe fällt die Haupttätigkeit beim Aufschütten des Sandur zu. In milchgrauen Fluten werden kopfgroße Gerölle bis herab zu den feinsten Sinkstoffen fortgeführt. Im allgemeinen wird naturgemäß das grobe Material eher ausgefällt als das feine, jedoch gibt es mancherlei Ausnahmen. Häufen sich eine Anzahl Gerölle im strömenden Wasser an irgend einer Stelle an, so wächst die Anreicherung gar bald stromaufwärts durch Absatz weiteren groben Materials, stromabwärts aber fügt sich feineres sandiges Material an. Sehr oft ereignet es sich bei einem etwas ungestümen Verlauf dieses Prozesses, daß der Fluß sein Bett stark verengt oder ganz verbaut, so daß er seitwärts ausbricht und sich ein neues Bett in der Nähe gräbt. Auch hoher Wasserstand verursacht bei den geringen Niveauunterschieden gleichfalls weithin Überschwemmungen, ohne daß aber dabei das alte Bett verlassen wird, sondern indem sich neben dem Fluß ein größerer seichter See bildet. Ein solcher entstand in den Tagen meiner Anwesenheit am Nordrand des Vatnajökull zwischen Zeltplatz und Kistufell, der mich zu großen Umwegen nötigte, und während man von seinem Ufer aus das Gedonner der mit grobem Schutt beladenen Schmelzwasser auf dem Eiskörper hörte, schlug sich hier in unmittelbarer Nähe die feinste Tonablagerung in Ruhe nieder. Am Rande des Sees kündeten in der Frühe feine Ufermarken die Abnahme des Wasserstandes während der Nacht an. Diese traten besonders schön hervor, weil ganz kleine Bimsteinbrocken, die unter dem Vatnajökull zum Vorschein kamen, in Unmengen sich in Isohypsen randlich absetzten¹).

Eine weit schwächere Tätigkeit entfalten jene Gerinne, die im Sandur versiegen. Sie sind zu schwach, um ihn in der Regel ganz zu durchheilen, versickern und helfen mit, das Grundwasser zu speisen, dessen Hauptlieferant der unmittelbare Eisrand ist. Denn schon hier verschwindet ein gut Teil des frei gewordenen Wassers in dem durchlässigen Boden, so daß dieser oft bis zur Oberfläche durchtränkt ist. Außerdem steuert der Niederschlag, der auf die trockenen Flächen eines Sandur fällt und in die Tiefe geht, noch einen bescheidenen Beitrag bei. Dieses Grundwasser tritt an gewissen Orten der unteren Sandurabdachung wieder zutage. Die Lage dieser Stellen hängt bei dem leicht durchlässigen Material von der Erosionsbasis des Wassers ab. Bildet das Meer die Grenze des Sandur, so von dem Eintritt in dasselbe; ähnliches gilt, wenn der Sandur in eine größere Wasserfläche endet, wie in ein fast bis oben hin mit Feuchtigkeit angefülltes Urstromtal.

Teilweise tritt das Grundwasser in solchen Mengen zutage, daß es die dritte Gruppe von Flüssen auf dem Sandur in Erscheinung ruft, jene, die auf der Sandurfläche entstehen. Sie können eine ganz beträchtliche Wasserfülle erreichen, aber ihnen fehlt der Gletscherdetritus, so daß sie klareres Wasser führen, wenn sie auch viele Schwebestoffe aus dem sandigen Boden mit sich tragen.

Auf den nicht immer unter Wasser stehenden Flächen eines Sandur sucht eine spärliche Vegetation bodenständig zu werden, doch erst in jenen Gebieten, die sicher gegen die jährlichen Hochwasser geschützt sind, vermag sie dauernd Fuß zu fassen, gesetzt, daß die klimatischen Bedingungen es gestatten. Am Nordrand des Vatnajökull erlauben sie es nicht, wohl aber am Südrand, wo sogar trotz der Nähe der Gletscherwasser Landwirtschaft auf der Pflanzendecke mit Erfolg getrieben wird. Auf vielen sonst günstigen Stellen des Sandur kommt es jedoch nicht zur Niederlassung von Pflanzen, weil der Wind das lose Material zu oft verweht und zu bescheidenen Dünen anhäuft. Im Winter und Frühjahr kann er auf dem trockenen Gebiet, das dann, soweit es schneefrei ist, seine größte Ausdehnung besitzt, am intensivsten seine Tätigkeit entfalten.

Sandur bilden sich dort, wo sich der Schutt einer Eismasse frei entfalten kann, sei es, daß sich eine Ebene vor ihm ausbreitet, sei es, daß er sich selbst eine solche durch Erstickung der Reliefunterschiede schafft. Trifft dies nicht zu, sondern wird der Schutt in Täler gelenkt, so können sich in diesen Urstromtäler entwickeln. Solche sind am Nordrand des Vatnajökull nicht vorhanden, wohl aber bot mir der Oberlauf der Jökulsá

¹⁾ Auch westlich des Zeltplatzes wurde viel Bimstein von den Schmelzwässern unter dem Vatnajökull hervorgebracht.

einige Vergleichsmomente, die hier im Verein mit Studien auf der schönen Darstellung des Markarfljot auf der isländischen Generalstabskarte (vgl. die Blätter Eyafjalla jökull und Seljaland, aufgenommen 1907, erschienen 1908) wiedergegeben seien.

Man kann in der talartigen Zusammenfassung der Schmelzwasser fünf verschiedene Gebiete unterscheiden. Zunächst die Fläche der Hauptwasserader, deren Tätigkeit jenen Flüssen gleicht, die den Sandur durch messen. Auch bei ihr ereignet es sich ab und zu, daß sie ihr Bett abdämmt und kleine in sich geschlossene Seebecken anlegt, deren Wasser sich durch Absatz der Sinkstoffe bald klärt. Das Abschnüren solcher Wasseransammlungen geschieht namentlich dort, wo das Gefälle geringer wird und die Ader hin und her zu pendeln beginnt. Neben der Hauptader pflegen zweitens zahlreiche Nebenarme im Urstromtal zu existieren, Abzweigungen vom Hauptarm, die sich bald mit ihm wieder vereinigen. Sie funktionieren hauptsächlich bei höherem Wasserstande, und oft kommt es vor, daß die ganze Wassermasse sich gabelt und verästelt, so daß man keine der Gerinne als Hauptwasserader zu bezeichnen vermag. Zwischen dem Hauptarm und den Nebenarmen, vielfach aber seitlich noch weiter greifend, legen sich drittens Flächen, die voll Wasser gesogen sind und auf denen bei Niedrigwasser Wasserlachen stehen. Bei Hochwasser sind sie gänzlich überschwemmt. Zu dieser Gruppe gehören auch die Sandbänke in der Hauptader und ihren Nebenarmen. Auf ihnen entwickeln sich schon Ansätze zu der vierten Flächenart, zu den in der Regel ständig trockenen Gebieten, die zu beiden Seiten der Entwässerungszone liegen; nur bei sehr großen Gabelungen stellen sie sich auch zwischen den Gerinnen ein. Schließlich entsteht auf jenen Flächen, die ganz trocken liegen, die fünfte Flächenart, jenes Areal, das von einer Pflanzendecke überzogen wird.

Vergeblich habe ich an dem mir bekannt gewordenen Nordrand des Vatnajökull nach Söllen Ausschau gehalten, ein scharfer Gegensatz zum Südrand des Vatnajökull, von dem sie in letzter Zeit mehrfach beschrieben sind. Die Berichte verschiedener Forscher ermöglichen es, einen kurzen Einblick in Veränderungen an ihnen zu tun. Die dortigen Sölle verdanken ihre Entstehung einem Gletscherlauf, der sich Ende Mai 1903 ereignete und wahrscheinlich durch vulkanische Wärmeentwicklung verursacht wurde. Oberleutnant J. P. Koch von der dänischen Landesaufnahme erlebte das Schauspiel und hat darüber in seinem Bericht über die schwierige Mappierung des östlichen Südländes einige beachtenswerte Mitteilungen niedergelegt¹⁾. Am 25. Mai brach plötzlich eine enorme Wassermasse aus dem

¹⁾ J. P. Koch, Fra Generalstabens topografiske Afdelings Virksomhed paa Island. Geografisk Tidsskrift, Band 18, Kopenhagen 1905.

Rande eines Striches Vorlandvergletscherung am Südrand des Vatnajökull, aus dem Skeidarárjökull, hervor, die am nächsten Tage so ungeheuer war, daß Eisblöcke bis zur Größe eines einstöckigen Hauses von dem Gletscher losgerissen und sicherlich bis 12 km weit über den südlich anstoßenden Sandur geschleppt wurden. Im September des gleichen Jahres war die eisbesäte Fläche mit großen trichterförmigen Vertiefungen besetzt, an deren Grund die großen Eisklumpen umher lagen. Im April des nächsten Jahres war das Eis vollkommen dort geschmolzen, wo es auf der oberen Fläche gelegen hatte. Wo sich, wie Koch beobachtete, die Stücke jedoch so weit in das lose Erdreich eingebohrt hatten, daß sie nicht über das umgebende Gelände herausgeragt hatten und deshalb bald vom Sandflug bedeckt waren, da war die Schmelzung noch lange nicht vollzogen. Verschwindet das Eis hier ganz, so bleibt ein oft mehrere Meter tiefes Loch übrig, das von einer leicht zusammengefügt Sandmasse zugedeckt wird. Im Sommer des gleichen Jahres fand P. Hermann ein ähnliches Bild auf dem Skeidarársandur vor¹⁾. Teils waren die Löcher noch von Eis erfüllt, dessen kaltes Schmelzwasser den umgebenden Sand und Lehm durchtränkte, teils war das Eis schon verschwunden, so daß die Trichter erfüllt waren von Wasser wundervoller dunkelblauer Färbung, während der Boden silberhell durchschimmerte.

Weiter östlich am Breidamerkursandur machte Hermann einige Beobachtungen, die lehrreich für die Beurteilung der Entstehung der Sölle sind (l. c. p. 145). Am Rande des dortigen Gletschers sah er, wie von den hervorbrechenden Schmelzwassern große, mit Schutt durchsetzte Eisstücke vorwärts und rückwärts geschleudert wurden, bis sie vom Strome gefaßt nach dem Meere geführt wurden; die größten Eisklumpen standen hier und da auf dem Boden fest, bis auch sie abgelöst und fortgeschwemmt wurden. Und an einer andern Stelle heißt es (l. c. p. 147): „Am Ende des Gletschers befanden sich wieder die schon mehrfach erwähnten trichterförmigen Gletscherlöcher, doch stammen diese wohl aus sehr alter Zeit, da sie rings mit uraltem, verwittertem, gelbweißem Moose bewachsen waren.“

In jüngster Zeit hat dann M. Ebeling noch Notizen über die Sölle am Skeidarársandur veröffentlicht²⁾. Er fand augenscheinlich in den Trichtern noch Eisstücke vor, da er darauf aufmerksam macht, daß es offenbar jahrelang dauert, bis das Eis schmilzt. Die Füllung der Trichter geschieht, wie er genauer beschreibt, auch durch Grundwasser.

¹⁾ P. Hermann, *Inland in Vergangenheit und Gegenwart*, Bd. II, S. 126. Leipzig 1907.

²⁾ M. Ebeling, *Eine Reise durch das isländische Südländ*. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk.* Berlin 1910, S. 377.

Aus den vorstehenden Beobachtungen geht mit Sicherheit hervor, daß am Südrand des Vatnajökull vorhandene Sölle Einsturz- und Druckphänomenen ihre Entstehung danken können. Vom Gletscher losgelöste Eisblöcke, die z. T. unter Schutt begraben werden, schmelzen zusammen und rufen Hohlformen hervor. Die Ursache der Ablösung der Eisblöcke ist zum Teil zwar vulkanischer Natur, infolge eines durch eine Eruption veranlaßten Jökellöb, so daß ein vollständiger Vergleich mit norddeutschen Verhältnissen nicht zulässig ist, zum Teil aber frei von vulkanischem Einfluß, wie aus den Beobachtungen Hermanns am Breidamerkursandur erhellt, und wie namentlich Thoroddsen des mehrfachen betont. Er macht nachdrücklich darauf aufmerksam¹⁾, daß bei dem Gletscherlauf der Skeidará im Eise zwar ein großer Einschnitt entstanden sei, daß aber die herausgeworfenen Eisstücke einen weit größeren Raum als dieses eingerissene Loch beanspruchen, so daß viele von ihnen unter dem Gletscherkörper losgerissen sein müßten. Es liegt die Vermutung nahe, daß sich unter dem Eise große Wassermassen aufgestaut haben, und in der Tat fand man nach dem Gletscherlauf von 1892 oben auf dem Eis Spuren eines großen Schmelzwassersees. Ich selbst sah südlich des Endmoränenwalles auf dem nördlichen Vatnajökull einen kleinen schuttgedämmten See gelber Farbe. Es braucht also wahrscheinlich selbst am Skeidarárjökull nicht jeder Gletscherlauf auf vulkanischen Ursprung zurückzugehen, sondern wird unter die Kategorie der gewöhnlichen Gletscherausbrüche fallen, wie solche von Südisland, namentlich von der Jökulsá á Solheimasandi, bekannt sind. Der Ausgang des Gletscherbaches verstopft sich hier des öfteren, das Schmelzwasser wird unter dem Eiskörper aufgedämmt, der letztere berstet und Moräne und Eisstücke werden fortgetragen, Verhältnisse, wie man sie sich gerade so in dem vulkanfreien Norddeutschland vorzustellen hat. Sie gehen also auf katastrophale Vorgänge zurück, deren nicht allzu häufiges Auftreten sich mit dem nicht allzu häufigen Vorkommen von Söllen im Sandur deckt.

Zu dieser Art von Söllen gehören auch solche, die sich in der Endmoräne beim Schmelzen des Eises unter dem Schutt bilden. Ich erwähnte bereits die dortigen kleinen temporären Einsturztrichter. Daß diese Formen auch stationär bleiben können durch Entstehen beim Abschmelzen des letzten begrabenen Eises, so daß eine nachträgliche Zerstörung durch beträchtliches Zusammensacken des Moränenschuttes ausgeschlossen ist, kann wohl kaum bezweifelt werden, jedoch kann ich es durch Beobachtungen nicht belegen²⁾.

¹⁾ Th. Thoroddsen, *Rejse i Vester-Skaptafells Syssel paa Island i Sommeren 1893*. Geografisk Tidsskrift Bd. 12. Kopenhagen 1894.

²⁾ Nach Abschluß dieses Manuskriptes sah ich am 24. Mai 1912 unter Führung von A. Penck in den Würmmoränen, die zwischen Isartal und Starn-

Ich möchte die vorstehenden Sölle teils als „Einsturzsölle“ bezeichnen, sofern sie durch Einsturz einer über ihnen gelegenen Erdmasse entstanden sind, teils als „Aussparsölle“, sofern ein Eisblock bei dem Wachsen des Sandur eine Vertiefung aussparte, teils als „Eindruckssölle“, sofern lose Eisblöcke Hohlformen in den weichen Boden eines Sandur gedrückt haben. Diesen drei Gruppen steht die der „Strudelsölle“ gegenüber. Analog der Entstehung der Gletscherhöpfe werden die Schmelzwasser auch fähig sein, Sölle auszustrudeln; doch scheint dieser Fall seltener zu sein.

Mit welcher Gruppe von Söllen man es zu tun hat, wird sich nachträglich nach ihrer Entstehung nur schwer und immer nur von Fall zu Fall entscheiden lassen. Man kann zwar deduktiv folgern, daß bei Einsturz-söllen im Querschnitt ein Nachsacken der seitlichen Schichten im Gegensatz zu Strudelsöllen zu erkennen sein muß. Indessen, schon während der Bildung werden sich mancherlei Komplikationen einstellen. In einer frisch ausgestrudelten Hohlform sacken die Wände infolge einseitiger Entziehung der Widerlager nach, und so ähnelt der Aufbau der Strudelsölle dem eines Einsturzsolles. Im allgemeinen wird man aber wohl sagen können, Einsturz-sölle überwiegen im Sandurgebiet und vielleicht in der Endmoränenzone, Strudelsölle im Grundmoränengebiet, Eindruckssölle und Aussparsölle treten in beiden auf.

Die Formen der Sölle können sehr schnell in tote Formen übergehen. In den Einsturz-söllen sammelt sich schon während des Schmelzens des Eisblockes Schlamm, Lehm und Saugsand, und kaum ist der Eisblock geschmolzen, so sind die Hohlformen langsamer Auffüllung ausgesetzt¹⁾.

Sind die Sölle und Urstromtäler nur punktuelle und lineare Gebilde auf dem Sandur, so entwickelt sich auf den freibleibenden Flächen ein regionales Phänomen, das trotz mancherlei Abweichungen prinzipiell mit der Bildung des Lösses am Südrand der skandinavischen Vergletscherung verwandt ist. Ich machte bereits darauf aufmerksam, daß am Nordrand des Vatnajökull junge Magmaergüsse liegen, die jegliches Wasser verschlucken. Das ist in noch viel größerem Maßstabe im nördlichen Vorland des Vatnajökull bis fast zum Mückensee-Distrikt der Fall. Das Odádahraun, das

berger See in der Richtung von Zell nach Farchach gelegen sind, vielfach Vertiefungen, die ganz unvermittelt der Endmoränenlandschaft eingesetzt waren und oft auffallend steile Formen trugen. Sie machten den Eindruck von Einsturz-söllen; es schien, als ob unter einem größeren Teil der Endmoränenzone eine Eismasse begraben war, bei deren Zusammenschmelzen Hohlräume entstanden, über denen sich Einstürze ereigneten.

¹⁾ Th. Thoroddsen, *Rejse i Vester-Skaptafells Syssel paa Island 1893*.
Geografisk Tidsskrift, Bd. 12, Kopenhagen 1894.

sich hier breitet, ist eine der größten rezenten Lavaflächen der Erde, wenn es auch nicht ganz so groß sein dürfte wie es angegeben wird¹⁾. Überall fällt auf diesem großen Lavafeld der atmosphärische Niederschlag wie auf ein Sieb, jedes Gewässer, das sich ihm nähert, versickert. In der Tiefe sammelt sich das Wasser zu ausgedehnten Grundwasserhorizonten, die erst am Rande der Lavaregion wieder zutage treten. Dort dehnen sich große versumpfte Areale, dort breitet sich eine Anzahl beständiger Seen aus, die oberirdisch gar keinen Zufluß besitzen, wohl aber einen starken Abfluß; brodelnd quillt das Wasser an ihrem Rande hervor. Dort entspringt eine Reihe von Flüssen gleich in ihrer ganzen Wasserfülle. Nur selten kann man auch in den Lavafeldern den Grundwasserhorizont wahrnehmen. An einzelnen Stellen ist die Lavoerfläche eingebrochen; am Grunde der Vertiefungen quillt an der einen Seite ein Teil des Wassers hervor, es durchmißt den Boden und verschwindet auf der anderen Seite, eine Erscheinung, die der Hydrographie der Poljen verkarsteter Gebiete verwandt ist und die man als „Hydrographisches Fenster“ bezeichnen kann. Die Folge der fast ständigen Trockenheit der Lavoerfläche ist, daß all der feine Verwitterungsschutt, der sich im Laufe der Zeit absondert, nicht vom Wasser fortgeführt, sondern eine Beute des Windes wird. Man kann am Nordrand des Vatnajökull ein ausgesprochenes Deflationsgebiet erkennen, das über die Lavaflächen in die diluvialen Grundmoränengebiete hinübergreift und das von einer Inflationszone eingefaßt wird. Die letztere zieht sich vom Gebiet des mittleren Skálfandafljot über Svartárvatn zum Mückensee-Distrikt. Natürlich gibt es in der Deflationszone auch Anhäufungen äolisch umgelagerten Materials, aber sie sind nicht perennierend, sondern befinden sich in ständiger Neubildung. Sonst tritt überall in ihr der nackte Fels zutage, den keine Verwitterungskrume deckt. Vielfach erkennt man an ihm Windschliff, der die Rauheiten der Lavoerfläche poliert hat, so regelmäßig, daß man danach die herrschende Windrichtung bestimmen kann. Liegen einzelne Blöcke isoliert, wie in den Grundmoränenflächen, auf deren Oberfläche jedes feinerdige Partikelchen fortgeführt ist, so erblickt das Auge in Fülle die schönsten Drei- und Mehrkanter, die auf den geglätteten Flächen einen stumpfen grauen Lacküberzug tragen.

Anders das Bild in der Inflationszone. Selten ist der anstehende Fels zu sehen, alles wird von feinem Material verhüllt. Über dieses hat sich vielfach eine Vegetationsdecke gebreitet, die einen schweren Kampf zu führen hat, um sich dauernden Bestehens zu erfreuen. Ein Eingangsloch zum Bau eines Polarfuchses kann genügen, um dem Wind hinreichend

¹⁾ Gegenüber Thoroddsens Annahme fand ich frei von jungen Ergüssen das obere Öxnadalságebiet, größere Flächen südlich Sellandafjall und Bláfjall.

Angriffspunkte zum Abschälen des gesamten Vegetations-Überzuges zu gewähren, zu welchem letzterem Prozeß im späten Mittelalter und auch noch in der Neuzeit bedauerlicherweise unverständige Menschen durch Herausreißen der Salix- und Betulasträuchlein arg mitgeholfen haben. Von neuem wird derart das schon abgelagerte Material wieder umgelagert und über eine benachbarte Vegetationsdecke gebreitet, doch sind diese nachträglichen Umlagerungen im Inflationsgebiet in der Regel regional von untergeordnetem Ausmaß. Nur die Schnelligkeit, mit der sie sich vollziehen, ist groß, und aus einem Beispiele vom Ostufer des Svatárvatn, gerade an der Grenze zwischen Deflations- und Inflationszone, möge erhellen, in wie kurzer Zeit sich der Vorgang abwickeln kann. Dort wurde Ende der vierziger Jahre des vorigen Jahrhunderts die alte Farm Svartárkjot aufgegeben und weiter nach Westen verlegt, da sie dem Anstürmen des äolischen Materials nicht mehr zu widerstehen vermochte. Sie wurde völlig verschüttet, und eine Vegetationsdecke spannte sich über ihr aus. In den ersten Jahren des laufenden Jahrhunderts war diese wieder abgeschält worden, und um den Betrag von 2—3 m wurde der einst aufgeschichtete Boden erniedrigt. 1910 war diese Abtragung gerade soweit fortgeschritten, daß Teile der früheren Farm Svartárkjot bloßgelegt wurden.

Der Prozeß der Umlagerung und Fortführung des Materials vollzieht sich in zwei Arten. Einmal in Gestalt von Windhosen. Feines Bodenmaterial wird aufgewirbelt und in lebhafter Drehung schnell in größere Höhen geführt; bis in über 1000 m Höhe innerhalb von fünf Minuten konnte ich 1910 schätzen. Dabei eilt das ganze Gebilde über die Ebene, um sich aber schon nach kurzer Zeit in ein Nichts wiederaufzulösen. Mögen sich an sonnigen Tagen auch mehrere Hundert solcher Windhosen einstellen, so ist ihre Wirkung doch relativ gering gegenüber dem Transport, den die Sand- und Staubschauer ausüben. Auf weiten Flächen wird vom Wind der Boden aufgewirbelt, er raucht förmlich, und rötlich schimmert matt die Sonne hindurch. In die Höhe geführt, wandert die ganze Masse gleich einem Regenschauer, vor sich die Luft rein und klar, hinter sich sie verschwommen zurücklassend. Erst ein energischer Regen vermag dem Himmel seine nordische Reinheit und Klarheit und Herbheit wiederzugeben.

Das Material ist teils staubig, teils feinsandig, so daß es bald einem Löss, bald einem Feinsande ähnelt. Dementsprechend schlägt es sich teils ungeschichtet nieder, so daß kleine, bis 4 m hohe steilwandige Schluchten eingerissen werden, teils aber zeigt es eine feine Schichtung, in die Windmulden eingelegt werden. Ich habe Proben des Materials wie auch von sekundären Verwitterungserscheinungen, die sich ganz regelmäßig an ihm einstellen, mitgebracht, sie harren aber noch der genauen Untersuchung. Deshalb möchte ich das Material vorläufig, um den unsicheren Begriff