

## Werk

**Titel:** Über Fließerde und Strukturboden auf Spitzbergen

**Autor:** Sapper, K.

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1912

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657\\_1912](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1912) | LOG\_0069

## Kontakt/Contact

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

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

an genügender Wasserzufuhr. Aber die Möglichkeit seiner Existenz auch zugegeben, so würde es doch schwer sein, zu erklären, wie um die Eruptionsstelle herum ein nackter Steinring im Lauf der Zeit entstehen kann, der nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in der Tiefe, wie das Profil zeigt, frei von erdigen Bestandteilen ist. An ein Ab- und Freispülen unter der Oberfläche kann doch kaum gedacht werden. Auch das vollkommene Fehlen von Gesteinssplintern im Innern der Felder bleibt hierbei noch unerklärt, wenn die Eruption aus solchen Tiefen erfolgen soll, in denen nach Ausweis des Profils noch vermischtes Material vorhanden ist.

Daß an der fraglichen Stelle auf der untersten Stufe des Vorlands die Erscheinung in ganz besonders ausgeprägter Form zu beobachten ist, steht fest. Aber ein wesentlicher Unterschied zu den Formen, die ich auf den anderen Stufen und auf der Blomstrand-Halbinsel gesehen habe, besteht nicht. Da für diese Vorkommnisse aber die Existenz eines Grundwasserstroms wegen des anstehenden Gesteins unter dem Strukturboden ausgeschlossen ist, so glaube ich, daß man wie für diese so auch für die von Miethe beschriebenen Formen nach einer anderen Erklärung wird Umschau halten müssen. Wie schon bemerkt, wird die Högbomsche Hypothese einen geeigneten Ausgangspunkt dafür bieten.

### Über Fließerde und Strukturboden auf Spitzbergen.

Von K. Sapper.

[Vorbemerkung. Ursprünglich hatte ich die Absicht gehabt, meine hauptsächlich in den Tropen und auf Spitzbergen gemachten Beobachtungen über Erdfließen auf dem Internationalen Geographen-Kongreß zu Rom vorzubringen. Als aber dieser Kongreß im März dieses Jahres zum zweiten Male verschoben wurde, schien mir die Veröffentlichung meines Spitzbergen-Materials angebracht, da ich glaubte, daß es in der zuerst durch Herrn Kollegen Ule in dieser Zeitschrift (1911, S. 253 ff.) angeregten Diskussion über die Erscheinungen und Ursachen des polaren und subpolaren Bodenflusses vielleicht einiges zur Klärung der schwebenden Fragen beitragen könnte. Ich sandte daher einen Aufsatz an diese Zeitschrift ein, in dem ich über die Beobachtungen berichtete, welche ich im August 1910 während der Spitzbergen-Exkursion des Stockholmer Geologen-Kongresses am Eisfjord gemacht hatte. Zusammen mit der Antwort des Herrn Herausgebers erhielt ich dann alsbald die Fahnen der Mitteilungen der an der Diskussion vom 18. Dezember 1911 beteiligten Herren sowie des Aufsatzes des Herrn Kollegen Meinardus. Infolgedessen habe ich nicht nur den Titel meines Aufsatzes etwas abgeändert, indem ich dem mir trefflich scheinenden, von Meinardus vorgeschlagenen neutralen Ausdruck „Strukturboden“

Raum gab, sondern auch einige neue Zusätze eingefügt, die ich im Text durch eckige Klammern als solche kenntlich gemacht habe. Die Einsicht in diese Fahren hat meine Ansichten entschieden geklärt, wenngleich ich auch jetzt noch über vieles unsicher bin. Ich glaube, daß nur Beobachtungen im Felde vor und während der Hauptschneesmelze einmal einwandfreie Erklärungen der verschiedenen Phänomene gestatten werden, namentlich wenn sie verbunden werden mit zweckentsprechenden Experimenten und mit künstlichen Durchschnitten durch einzelne Sondergebilde hindurch, wie ein solcher ja bereits von Herrn Kollegen Miethe ausgeführt worden ist.]

#### A. Fließerderscheinungen.

Zunächst dürfte ohne weiteres klar sein, daß Erdfließen überall da eintreten kann, wo eine sehr starke Durchtränkung der Erdmassen mit Wasser stattfindet, und es versteht sich auch, daß das Gleiten oder Fließen der betreffenden Erdmassen um so leichter vor sich gehen wird, je weniger Hindernisse die Vegetation der Bewegung in den Weg stellt. Wo also Vegetation ganz fehlt oder sehr dürrig ist wie in den polaren Regionen oder im Hochgebirge der mittleren und niedrigen Breiten, ist zu erwarten, daß bei sonst gleichen Verhältnissen Erdfließen am ehesten eintritt. Ob nun die Durchtränkung des Bodens durch Regen oder durch Schmelzwasser erfolgt, ist an sich gleichgültig; in dem niederschlagsarmen Klima Spitzbergens wird aber offenbar die Durchtränkung hauptsächlich durch die Schneesmelze verursacht; sie wird sich also zu Beginn der wärmeren Jahreszeit am stärksten im Tiefland und später erst in den höheren Lagen einstellen.

Ein Beispiel einer Ausgleitung, also einer katastrophenartig erfolgten Rutschung, in einem lehmigen Schieferthale am Kap Wijk (Eisfjord) bildet Bertil Högbom<sup>1)</sup> ab, und ähnliche Phänomene, freilich in wesentlich kleinerem Maßstab, sah ich bei dem unbenannten See westlich von Green Harbour im Småland Ridge auf der Talseite. Ebenda beobachtete ich auch einige kleine typische Erdflüsse, so z. B. ein etwa 3—4 m langes,  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  m breites Schlammströmcchen mit deutlicher Fluidalstruktur (konzentrischen Runzeln an der Oberfläche) und zungenförmigem Ende; an der schmalen Abrißstelle zeigte sich, daß die Schlammflußfläche nur etwa 5 cm tiefer lag als die ursprüngliche Erdoberfläche. Anderwärts in dem relativ regenreichen Småland Ridge beobachtete ich eine ganze Anzahl kleiner lokaler Erdflußmassen, die vor sich her in konvexem Bogen einen Rasenstreifen geschoben hatten. In einem Falle bemerkte ich konzentrisch zu dem zungenförmig-konvexen Außenrand der Flußmasse zwei Streifen zahlreicher, senkrecht stehender Schieferstückchen.

<sup>1)</sup> Bull. of the Geol. Instit. of Upsala IX, S. 47).

Öfters konnte ich auch mehrere solcher Erdflußstückchen unmittelbar hintereinander beobachten, und es zeigte sich dann, daß im Längsschnitt eine solche Reihe stufenförmig gebaut erschien, denn jeweils hinter dem gestauchten konvexen Rasenwall war die Schlammmasse horizontal, und das Ganze machte den Eindruck, als ob hier das Fließen in der Hauptsache r u c k w e i s e erfolgte: durch neue Wasserzufuhr mochte wohl schließlich das Gewicht der Schlammmasse hinreichend groß werden, um den Reibungswiderstand des Rasenwalls zu überwinden und denselben ein Stückchen vorwärts zu schieben oder auch, wie V. Madsen hervorhob, in die Erde hinein zu rollen und zu begraben. Dadurch sinkt natürlich bei der geneigten Unterlage das Niveau der Schlammmasse, der rückwärtige Vegetationswall aber gleichermaßen u. s. f.

An einer anderen Stelle des Småland Ridge, bereits näher dem Green Harbour, beobachtete ich auch ähnliche Schlammflüßchen von nur etwa 40 cm Breite, die statt eines Vegetationswalles einen niedrigen Wall von Gesteinsstückchen kleinen Kalibers vor sich herschoben und zu den Seiten Reste solcher wie kleine „Seitenmoränen“ noch erkennen ließen<sup>1)</sup>. Stellenweise fand ich auch ganz lange, nur 30—40 cm breite Fließstreifen mit Steinwällchen zu beiden Seiten oder solche mit Moosrändern und zuweilen auch abwärts gestauchten Moosquerwällen.

Deutlich kann man an solchen Beispielen erkennen, daß der Erdfluß lediglich durch die Neigung des Geländes und die Wasserdurchtränkung des Bodens bedingt ist, wobei die spärliche Vegetation oder die den Boden bedeckenden Gesteinstrümmer zu Wällen aufgestaucht werden und so ein retardierendes Moment für den Fluß abgeben. Selbst da, wo die an sich ja freilich sehr dürftige Tundravegetation den Boden fast lückenlos bedeckt, kann die Gesamtfläche in langsam fließende Bewegung geraten und stellenweise den Rasen geradezu niederrollen.

Obgleich J. G. Andersson<sup>2)</sup> von der Bären-Insel berichtet, daß dort die Fließerde meist nicht in breiter Front fließe, sondern gewöhnlich aufgelöst in einzelne Zungen, so kann also doch auf Spitzbergen an manchen mäßig geneigten, hauptsächlich aus feinerdigem Material gebildeten Hängen der von Wasser völlig durchtränkte Boden während und kurz nach der Hauptschneesmelze in breiter zusammenhängender Front langsam abwärts fließen. Zeigen derartige Hänge oft von weitem schon eine gewisse

<sup>1)</sup> Ähnliche Erscheinungen beschrieb E. v. Drygalski (Spitzbergens Landformen und ihre Vereisung, Abh. kgl. Bayr. Ak. Wiss., Math.-phys. Kl. XXV. 7. Abh. S. 57) vom Signe-Hafen und gleichartig dürften auch die von J. G. Andersson von der Bäreninsel beschriebenen mit Miniaturgletscherchen verglichenen Schlammflüsse sein.

<sup>2)</sup> The Journal of Geology XIV. S. 96.

Fluidalstruktur, so ist auch bei der Einzelbetrachtung aus der Nähe keinerlei Sonderung in Einzelströme zu erkennen, und V. Madsen konnte sogar beobachten, wie ein solcher Fließhang sich an einem großen Felsblock geradezu staute. Ein charakteristisches Bild eines Fließhanges mit Polygonerde beim Kap Wijk ist nach B. Högbom in Abbild. 12 wiedergegeben. Es müßte von hohem Interesse sein, solche fließende Hänge in der Abwärtsbewegung zu verfolgen und das Maß der Bewegung festzustellen, was durch Visieren von festen Punkten aus über eingesteckte Signale zu verschiedenen Zeitpunkten recht wohl möglich wäre. Bei manchen dieser Fließerden (von etwa  $10^\circ$  Neigung) ist die sehr spärliche Vegetation ziemlich regellos in isolierten Flecken über die ganze Fläche verteilt und stellenweise fehlt auch Vegetation fast vollständig, so besonders in den höheren Lagen; solche Flächen sind von einem Netzwerk von Spalten und Rissen durchzogen, die von den gewöhnlichen Trockenrissen horizontaler austrocknender Schlammflächen sich in der Hauptsache oft nur dadurch auszeichnen, daß die einzelnen Felder sehr häufig in der Flußrichtung langgezogen sind und die Querrisse, besonders bei starker Neigung des Bodens, auch häufig senkrecht zu den Längsrissen stehen. Daneben kommt freilich auch nicht selten zickzackförmiger Verlauf der Querrisse vor, so daß statt nahezu rechteckiger mehr hexagonale Figuren entstehen. Die Größenverhältnisse sind sehr verschieden; oft sah ich beim Kap Wijk Figuren von ca. 20 cm Breite und 50 cm Länge, anderwärts aber auch sehr viel größere ( $\frac{1}{2}$  m breit, 3 m lang) und dazwischen alle möglichen Übergänge. Die sehr großen Polygonflächen dürften nun freilich ihre seitlichen Begrenzungsrisse nicht nur durch das Austrocknen allein, sondern zum Teil auch durch geringe lokale Unterschiede in der Bewegungsgeschwindigkeit erhalten haben. Bei derartigen lediglich infolge von Wasserdurchtränkung fließenden homogenen Bodenmassen sind die Polygonflächen meist nicht nennenswert erhaben über die Ränder der Trockenrisse und die Schmalheit der Risse scheint mir auf eine geringe Mächtigkeit der fließenden Schicht hinzudeuten. Wo seitlich ein Bachriß an eine solche Fließfläche herantritt, da kann man sehen, daß sie deutlich in Wülsten, die dem Bachriß parallel laufen und je durch Längsrisse voneinander getrennt sind, etwas stufenartig zum Bachufer absinkt.

Wo die Vegetation etwas reichlicher auftritt, da kann man (bei ca.  $10^\circ$  Neigung) häufig sehen, daß sie den Tonfluß staut, und man bemerkt dann wohl, daß — im Längsschnitt — auf beispielsweise etwa 70 cm kahler, von zahlreichen sekundären Trockenrissen durchzogener, wenig geneigter Tonflächen 20 bis 30 cm ziemlich steil geneigter Vegetationsflächen kommen, so daß hier ein ähnlicher stufenförmiger Oberflächenabfall entsteht, wie bei den individualisierten Einzelschlammströmchen des Småland Ridge.

Stellenweise beobachtet man übrigens auch, daß von den Polygonflächen aus gegen die Risse hin ein merkliches Gefäll vorhanden ist und daß die oben horizontal lagernden Schieferstückchen gegen den Riß hin zum Teil schräg gestellt sind, am Riß selbst aber senkrecht stehen. Solche Verhältnisse lassen sich nun meines Erachtens nicht mehr mit der Annahme einer durch Wasserdurchtränkung allein erzeugten Fließbewegung und nachheriger Eintrocknung erklären, denn der Trockenprozeß beginnt doch von außen und würde also die hier lagernden Schieferstückchen fixieren; auch könnte ich nicht verstehen, wie eine Wölbung der zwischen den Rissen eingeschlossenen Flächen entstehen sollte. Ich glaube daher, daß hier, in dem bereits etwas inhomogenen Boden, schon Regelationsprozesse mitgewirkt haben, wie sie später eingehender behandelt werden sollen.

Bleiben wir aber zunächst noch bei dem Fließhang am Kap Wijk!

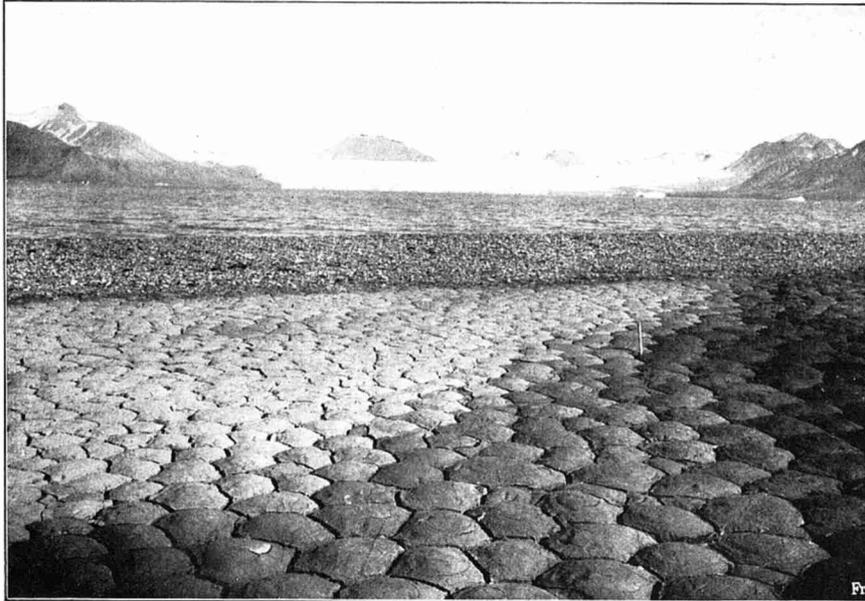
In den tieferen Lagen mit geringem Gefälle (8 bis 4°) sind die Verhältnisse des Fließbodens weniger deutlich erkennbar, weil hier die Vegetation wesentlich üppiger ist, so besonders zwischen den einzelnen Polygonflächen. Dort haben sich vielfach Polster von 20 bis 40 cm Breite herausgebildet, in die der Fuß 10 cm tief und mehr einsinkt. Die Form der Polygone ist hier recht verschiedenartig; zwar herrscht die nach abwärts gestreckte Gestalt vor, aber es treten daneben doch auch fast runde oder selbst quer-gestreckte Gebilde auf. Die kahlen Innenflächen sind von vielen sehr unregelmäßigen kleinen Trockenrissen durchzogen und liegen etwas höher als die Ränder; stellenweise zeigt sich sogar ein ziemlich steiler Abfall gegen die Ränder der Figuren hin, habe ich doch in einzelnen Fällen 15, ja bis 40° Neigung gemessen. Zur Herausbildung dieser gewölbten Formen dürfte wohl Regelation mittätig gewesen sein, und ich muß daran um so mehr denken, als in unmittelbarer Nachbarschaft derselben am Kap Wijk in feuchten, von Vegetation ganz überzogenen Geländevertiefungen die Frosthügelchen (oder „Thufa“ nach Spethmanns Artikel) auftreten, die auf den vegetationsbedeckten Randgebieten Islands so ungemein häufig sind, auf Spitzbergen aber sich nur selten zu bilden scheinen, da ich sie außer am Kap Wijk nur noch am Green Harbour gesehen habe. Diese Frosthügelchen scheinen dadurch zu entstehen, daß einzelne Partien des Bodens mehr Wasser aufnehmen als andere, so daß beim Gefrieren, meist unregelmäßig über das Gelände verteilt, zahllose ungleichförmig hohe Auf-treibungen des Bodens entstehen, die auch nach dem Auftauen infolge des Rasenpolsters erhalten bleiben. Am Kap Wijk zeigten diese Gebilde oft rundliche Gestalt bei 30—50 cm Durchmesser und 20—30 cm Höhe, öfters aber auch längliche Form (bis 80, ja 100 cm Länge und 40—50 cm Breite).

## B. Strukturboden.

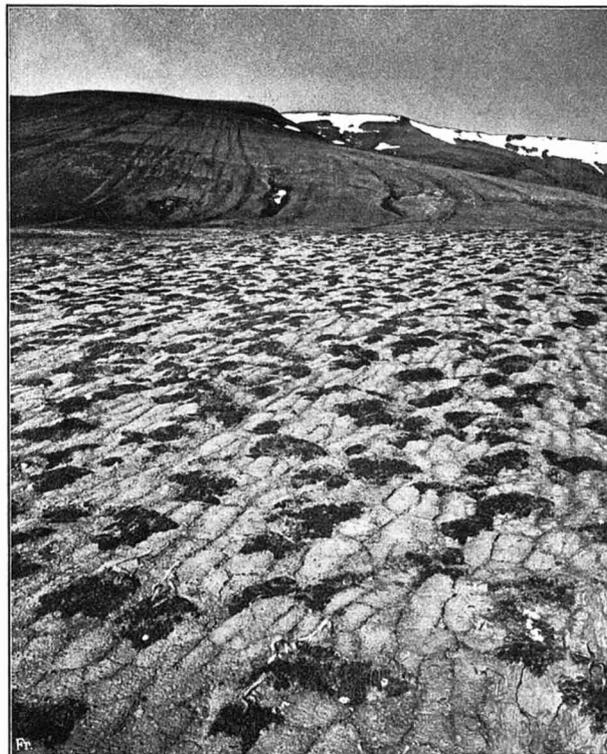
Typischer Strukturboden oder, wie ich ursprünglich schreiben wollte, Regelationsfließerde findet sich besonders häufig auf den Plateauflächen Spitzbergens, wo inhomogener Boden ansteht und nur geringe Neigungen des Geländes vorhanden sind. Man findet hier oft rundliche oder polygonale, an Stellen einer stärker ausgesprochenen Geländeneigung auch langgestreckte kahle oder mit spärlicher Vegetation bestandene Bodenflächen<sup>1)</sup>, die von großenteils senkrecht gestellten Steinplattenreihen geradezu eingefaßt sind: Typus I des Polygonbodens nach B. Högbom. Professor von Cholnoky erzählte mir, daß er ganz ähnliche, von Steinsetzungen umgebene Bodenflächen auch vielfach in der Mongolei angetroffen habe (wo freilich sonst nach seiner Darstellung etwas andere Untergrundbedingungen vorliegen); er nannte sie „Blumenbeete“. Da nun aber auf Spitzbergen sehr häufig keine Spur von Vegetation auf diesen Flächen gedeiht und die Form meist rundlich ist, schien mir der Name „Rundbeete“ richtiger; nachdem ich aber durch Tarnuzzers Aufsatz (Pet. Mitt. 1911, II) erfahren habe, daß die Gebilde schon vor langer Zeit in den Alpen „Steingärtchen“ benannt worden sind, glaubte ich, daß man diesen ältesten Ausdruck verwenden könnte [Aber nachdem mich Meinardus brieflich darauf aufmerksam gemacht hat, daß das Diminutivum im internationalen Sprachgebrauch ungeeignet wäre, möchte ich Tarnuzzers neutralen Ausdruck „Schuttfacetten“ vorziehen; der könnte dann als Oberbegriff für Meinardus' Ausdrücke Steinnetze und Steinkränze gelten, die offenbar prinzipielle Unterschiede nicht aufweisen].

Am schönsten habe ich diese Gebilde am Fuß einer großen Plateaufirnkappe im Süden von Longyear City (Advent-Bai) in etwa 600 m Höhe beobachtet. Ich war dorthin zusammen mit Professor Salomon und Professor Weigand durch das unterste rechtsseitige Seitental des Gletscherbaches bei Longyear City gelangt. Die Firnkappe lag, nach oben und unten, wie nach den Seiten flach auslaufend, einem mäßig geneigten Hang des Bergrückens auf; sie zeigte eine flache Wölbung (beim Durchqueren hatten wir anfangs 12°, später geringere Steigungen, schließlich nur noch 2° zu überwinden) und wies zahlreiche eingeschmolzene Klümpchen vom Wind hergetragener Schlammelemente an der Oberfläche auf. Unter der ziemlich dünnen lockeren Firndecke von meist nur 10—20 cm Dicke war sie vereist und von zahllosen Schmelzwasserbächlein durchzogen; die Firndecke selbst bestand teils aus groben rundlichen Firnkörnern, teils aus stengeligen, bis 4 cm langen, 1/2 bis 3/4 cm dicken Eisgebilden. Unter-

<sup>1)</sup> Nur an dem regenreichen Småland Ridge sah ich solche Gebilde auch bei fast völliger Vegetationsbedeckung des Geländes.



Abbild. 11. Polygonboden hinter einem Strandwall der Billen-Bai auf Spitzbergen.  
(Aufnahme von Dr. G. Schulze.)



Abbild. 12. Durch Erdfließen verzerrter Polygonboden auf Kap Wijk in Spitzbergen.  
(Aufnahme von B. Högbom. Vgl. Bull. Geol. Inst. Upsala Vol. IX. S. 54.)



halb des Unterendes der Firnkappe war der apere Boden so sehr von Wasser durchtränkt<sup>1)</sup>, daß wir tief in ihm einsanken, wenn es uns nicht gelang auf größere Steine zu treten; in den Steinsetzungen zu den Seiten der Polygone zirkulierte das Schmelzwasser mit hinreichender Geschwindigkeit, um noch etwaige lockere Erdpartikelchen mit sich führen zu können. Die Beete hatten bei rundlicher oder polyedrischer Gestalt häufig 2—2½ m Durchmesser; auf etwas stärker geneigtem Gehänge wurden sie — infolge der abwärts gerichteten fließenden Bewegung — langgestreckt, elliptisch, z. B. 4 m lang bei einer Breite von 1½—2 m. Zuweilen waren sie nicht von Steinsetzungen umgeben, sondern von flechtenbesetzten Tonlagen, doch vermute ich, daß hier in der Tiefe Steinsetzung war. Die Fläche der Beete war etwas gewölbt, etwa 10—20 cm erhaben über die Umgebung; zuweilen trugen sie auch noch Steine auf ihrem Rücken: die Sortierung war eben in diesem Fall noch nicht vollendet. [Die völlige Durchweichung der inneren Tonfläche bei diesen Schuttfacetten zeigt, daß sie an sich flußfähig wäre, sobald die Neigung des Geländes ein Fließen gestattete, und die Streckung der Gestalt an steiler geneigten Hängen beweist, daß solches Fließen sich also gegebenenfalls auch einstellt; ich möchte daher auch die Schuttfacetten auf horizontalem oder fast horizontalem Boden nur so lange als abgeschlossene fertige Bildungen ansehen, als die Bodenfläche ihre Ebenheit oder sehr geringe Neigung beibehält; sobald aber die Neigung stärker wird, werden die Gebilde wieder abwärts zu fließen beginnen und damit ihre Gestalt ändern.]

An den meisten übrigen Stellen Spitzbergens, wo ich Schuttfacetten traf, war der Boden der Beete bereits hart (d. h. oberflächlich ausgetrocknet) und entweder kahl oder mit vereinzelt Pflanzen bestanden. Die Dimensionen waren recht verschieden; zuweilen traten sie vereinzelt auf, meist aber gesellig. Sehr merkwürdige Schuttfacetten beobachtete ich am Småland Ridge, zunächst ganz vereinzelt im Gelände: es waren meist runde Schotterwälle von etwa 1 m Durchmesser; die Innenfläche erschien den Randwällen gegenüber etwas eingetieft, war aber ebenfalls von kleinkalibrigen Gesteinsstückchen überdeckt; zuweilen waren auch zwei derartige Gebilde zusammengewachsen. Ich entfernte mit dem Hammer die lockeren Gesteinsstückchen und bemerkte, daß die runden Wälle über Bodenrinnen liefen, und daß die Innenflächen unter einem dünnen Schotterbelag fast reinen Tonboden zeigten, [wie ich durch Aufschürfen mit Hammer und

<sup>1)</sup> Trotzdem muß vorher die Durchtränkung noch vollständiger gewesen sein, da der Schmelzwasserbach des Firnfeldes früher noch das Schneefeld am Rande des Plateaus erreicht hatte, zur Zeit unseres Besuches (Anfang Aug. 1910) aber eine Strecke vorher in den hier befindlichen mächtigen Lagen kantiger Gesteinsbrocken versickerte.

Bergstock feststellen konnte. Leider habe ich es aber versäumt, die Rinnen in ähnlicher Weise zu untersuchen und bin daher nicht sicher, ob hier nicht unter einer dünnen Tonlage eine Steinsetzung folgt. Für eingehendere Untersuchungen war eben naturgemäß auf der Exkursion keine Zeit; längst war mir die Partie aus dem Gesichtskreis verschwunden und im Bestreben, sie wieder einzuholen und mich nicht zu verlieren, habe ich leider diese Schürfung versäumt]. In der Nähe befanden sich normale Schuttfacetten mit senkrechter Steinsetzung an den Rändern. Höher oben am Berg aber fand ich in einer vielleicht  $1\frac{1}{2}$  m breiten, schräg den Berghang hinabziehenden Verwerfungsrinne eine ganze, mindestens 250 m lange Reihe der erwähnten runden oder elliptischen, von Gesteinsstückchen überdeckten, von Schotterwällchen umgebenen Beete. Im Längsschnitt zeigte diese eigenartige Reihe von Schuttfacetten einen stufenförmigen Abfall, der durch ruckweises Vorwärtsschieben der trennenden Schotterwällchen zur Zeit der stärksten Wasserdurchtränkung und Aufweichung entstehen dürfte und so ein langsames Abwärtswandern zur Folge haben müßte. Ich schritt eine Strecke von etwa 9 m Länge ab und schätzte das Gefäll auf dieser Strecke auf etwa 2 m.

Zur Erklärung der Bildung der Schuttfacetten scheint mir die Annahme einer Mitwirkung der Regelation unerläßlich. Aus der senkrechten Steinsetzung im Umkreis scheint mir hervorzugehen, daß hier eine Druckwirkung vorliege, und da die Beetflächen vielfach noch nach oben etwas gewölbt sind<sup>1)</sup>, die Steinsetzung ringsum geht, scheint mir auch klar, daß dieser Druck radial von den Beeten aus nach außen hin gewirkt habe. Ich kann mir einen solchen Druck nur vorstellen, wenn ich annehme, daß der in der Mitte befindliche feinerdige Ton wesentlich mehr Wasser gebunden enthält, als die aus groben Gesteinsstücken gebildete Umgebung, wo zudem das Wasser auch ganz oder teilweise abfließen kann. Beim Gefrieren erfährt nun der durchtränkte Tonzylinder eine beträchtliche Ausdehnung, wodurch die randlichen Steinsetzungen gepreßt werden, und wenn hier keine weitere Ausdehnung mehr möglich ist, entsteht eine Aufwölbung nach oben. Bei den merkwürdigen Schotterwallbeeten am Småland Ridge schent mir derselbe Vorgang in einem von kleinen Steinchen übersäten Gelände vor sich gegangen zu sein: Zur Zeit der größten Ausdehnung des inneren Tonzylinders würde das Gebilde wohl nach außen als eine einfache kuppelförmige Erhebung erscheinen, bei der die Schotterdecke in der Mitte weniger mächtig wäre als an den Rändern; wenn beim Wiederauftauen das ganze Gebilde wieder zusammensinkt, so bleibt ein erhöhter Schotterwall um eine überschotterte niedrigere Mittelfläche übrig und die

<sup>1)</sup> Am Gipfel des Mt. Nordenskiöld fand ich freilich auch kleine Schuttacetten mit senkrechter Steinsetzung an den Rändern, aber etwas vertiefter Beetfläche.

Höhendifferenz beider Niveaus gibt einen ungefähren Begriff von dem Maß der Aufwölbung.

[Der Umstand, daß Schuttfacetten teils vereinzelt, teils in mehr oder weniger dichter Zusammendrängung auftreten, zeigt, daß die Bedingungen der Entstehung eben an besondere Gunst der Verhältnisse gebunden ist. Ich hatte einerseits vereinzelt, andererseits ungemein enggedrängte Schuttfacetten auf Spitzbergen gesehen; das Mittelglied einer mäßig engen Zusammendrängung haben mir aber erst Herr Kollege Miethes treffliches Bild und klare Beschreibung gezeigt. Ich schließe daraus, daß irgendwelcher genetische Unterschied zwischen den Steinringen und Steinnetzen der Nomenklatur Meinardus nicht besteht, sondern daß die Schuttfacetten rund oder elliptisch werden, sobald sie sich ungestört entwickeln können, also mehr oder weniger große Zwischenräume zwischen sich lassen, aber polygonal, sobald die Tonkerne einander so nahe sind, daß sie sich bei der Ausdehnung infolge des Gefrierens gegenseitig an der Entwicklung hemmen. Steinstreifen habe ich auf Spitzbergen nicht gesehen; nach den vorliegenden Beschreibungen scheint mir aber für sie *mutatis mutandis* dieselbe Entstehungsursache wahrscheinlich wie für Schuttfacetten.]

Daß die Mittelfläche der Schuttfacetten bei Beginn der Schneeschmelze noch gewölbt sei, scheint mir nun auch aus den Mitteilungen hervorzugehen, die Knud Vole<sup>1)</sup> gemacht hat, aber ich glaube, er täuscht sich, wenn er meint, daß sie sich erst durch den Wasserdruck von unten her aufwölbe. Ich habe zwar in Skandinavien nur einige wenige, und zudem nicht sehr schön ausgebildete Schuttfacetten (in halber Höhe des Areskutan) gesehen und kenne namentlich die Galdhö gar nicht. Ich glaube mir aber aus Ules klarer Beschreibung doch ein richtiges Bild der Erscheinung machen zu können und darf wohl annehmen, daß die Gebilde den Schuttfacetten Spitzbergens entsprechen. In Anbetracht der klimatischen Verhältnisse in solchen Breiten bzw. auch Höhen kann ich mir nun nicht vorstellen, daß der Boden während des Winters nicht gefröre und wenn er gefroren ist, so ist mir unbegreiflich, wie zu Beginn der Schneeschmelze Wasserdruck von unten die Wölbung erst erzeugen sollte. Es ist mir freilich auf Spitzbergen nicht das Glück zuteil geworden, Schuttfacetten in noch unaufgetautem Zustand zu sehen. Wohl aber habe ich am Fuß der Firnkappe südlich von Longyear City, wie oben erwähnt, solche Gebilde gesehen, die zwar bereits aufgetaut, aber noch durchaus unter dem Einfluß der Schmelzwasser der darüber lagernden Firnmassen waren. Infolgedessen war das ganze Gelände vollständig von Wasser durchtränkt und rasch flossen die Wassermassen in dem Netzwerk der Steinsetzungen abwärts. Da aber hier

<sup>1)</sup> Diese Ztschr. 1911 S. 259.

ein freier Abfluß des überschüssigen Wassers möglich ist, so verstehe ich nicht, wie ein Wasserdruck von unten die dazwischen liegenden Beetflächen aufwölben sollte, und wenn auch einzelne derselben noch eine leichte Aufwölbung zeigten, so glaube ich doch darin nur eine Nachwirkung der vorherigen Aufwölbung durch das Eis sehen zu dürfen.

Daß ich an dieser Stelle die Schuttfacetten noch völlig durchtränkt und aufgeweicht antraf, hatte seinen Grund, wie schon erwähnt, in der Nähe der oberflächlich abschmelzenden Firnkappe, und es kann nicht bezweifelt werden, daß die Nähe von Gletschern oder größeren Schneeanhäufungen jedes Erdflußphänomen begünstigen muß. Wenn aber O. Nordenskiöld annimmt, daß man am oberen Rand eines Schlammgletschers stets auf Spuren einer größeren Schneewehe stoßen müsse, und wenn Ule (a. a. O. S. 260) weiter schließt, daß die Bildung nur in unmittelbarer Nähe eines Gletschers oder Firnfeldes denkbar sei, so kann ich das für Spitzbergen nach meinen Beobachtungen nicht finden, denn mit Ausnahme der oben besprochenen Schuttfacetten am Fuß jener Firnkappe habe ich Strukturboden und Schlammströmchen meist an Stellen gesehen, die fernab von Gletschern und Firnfeldern und außerhalb ihres Wirkungsbereichs liegen — also ohne deren von mir natürlich zugegebenen *b e g ü n s t i g e n d e n* Einfluß entstanden waren, so besonders am Kap Wijk und Småland Ridge. Aber eben deshalb waren sie auch bereits trocken, als ich sie antraf, selbst die wesentlich höher gelegenen Schuttfacetten auf dem Mt. Nordenskiöld. Leider besaß ich keinen Pickel, um etwas tiefer schürfen zu können, aber ich glaube gerne, daß sie unter einer gewissen, von oben her ausgetrockneten Kruste noch im Innern feucht, vielleicht sogar plastisch weich waren.

Wenn ich nun auch glaubte, daß Regelation an der Ausbildung von Schuttfacetten mitwirken müßte, so blieb mir doch der Vorgang der Herausbildung so zahlreicher gleichartiger Gebilde nebeneinander zunächst unklar. Die Mehrzahl der Exkursionsteilnehmer dachte bei den Steinsetzungen an Trockenrisse, in die später die Steinplatten hineingerutscht wären, und sie wurden offenbar darin bestärkt, als wir an der Billen-Bai hinter einem Strandwall eine Schlammfläche sahen mit wundervoll regelmäßigen Trockenrissen, die etwas gewölbte fünf- oder sechseckige Flächen umschlossen (Vgl. Abbild. 11). Ich habe seither in Deutschland Trockenrisse auf Schlammflächen daraufhin angesehen, ohne gleich schöne und zugleich etwas gewölbte Trockenfiguren finden zu können. Vielleicht hat doch an dieser Schlammfläche auf Spitzbergen schon etwas die Regelation mitgespielt? Es ist nicht zu verkennen, daß die Gleichmäßigkeit und Form dieser Trockenfiguren ganz ähnlich bei den Schuttfacetten wiederkehrt, aber eben doch viel größer, in ganz anderem Maßstab, weshalb ich glaube, daß die Erklärung durch Trockenrisse nicht haltbar ist. Zugleich scheint mir aber, wie oben aus-

geführt, auch die Erklärung durch Wasserstau unhaltbar, und ich bin mit Ule eins, wenn er (diese Ztschr. 1911, S. 256) Nordenskjölds Heranziehung des Bénardschen Experiments von Konvektionsströmen zur Erklärung des Phänomens ablehnt. Die richtige Erklärung scheint mir dagegen B. Högbom gebracht zu haben, dessen wichtige Arbeit „Illustrationen zu den geologischen Wirkungen des Frostes auf Spitzbergen“ ich leider erst ganz am Ende der Exkursion kennen lernte. Ule hat in dieser Ztschr. 1911, S. 260, bereits die wichtigste Stelle aus der Arbeit zitiert, und ich möchte nur noch hinzufügen, daß Högbom (a. a. O. S. 49) auch hervorhebt, daß größere Gegenstände wie Steine oder Knochen durch „Aufrieren“ aus den tiefergelegenen weichen Erd- und Tonmassen an die Oberfläche heraufkommen können. Diese Tatsache, welche für die Erklärung des Phänomens der Schuttfacetten sehr wichtig ist, wurde mir auch durch Professor Wilhelm Grafen zu Leiningen bestätigt. Ich glaube, daß durch zweckentsprechende Versuche, die ich leider an meinem Aufenthaltsort Straßburg wegen der Milde des Klimas nicht selbst ausführen kann, der Mechanismus des Vorgangs vollends klargestellt werden könnte.

Ist nach dem Gesagten die Mitwirkung des Wassergefrierens an der Entstehung gewisser Fließerdetypen höchst wahrscheinlich, so ist sie nach Högbom (a. a. O. S. 48) zweifellos, wenn Terrassen zufließen, die aus Kies bestehen und im Innern keine feineren sekundären Verwitterungsprodukte enthalten.

Wenngleich noch vielfach Zweifel über die Art und das Maß der Beteiligung der Regelation an den Fließerdeerscheinungen in polaren und subpolaren Gegenden bestehen und sicherlich auch mancherlei Übergänge zwischen den unterscheidbaren Typen bis hinüber zu den reinen Durchtränkungsfließerden vorhanden sind, so scheint mir doch unter allen Umständen der gefrorene Untergrund dieser Gebiete von großer Bedeutung für das Phänomen zu sein, weniger freilich als Gleitplan, wie De Geer und offenbar auch Ule annehmen möchten, als vielmehr hauptsächlich durch den Umstand, daß er das Eindringen der Sicker- und Schmelzwasser in größere Tiefe verhindert und so eine ungemein starke Wasserdurchtränkung der aufgetauten Oberflächenschichten ermöglicht. Daher erklärt es sich auch, daß auf Spitzbergen trotz der an sich ziemlich geringen Niederschläge alle Arten von Fließerde auch fernab von Firnflecken und Gletschern entstehen, weil eben die bei Beginn der wärmeren Jahreszeit rasch abschmelzenden Schneemassen hinreichende Wassermengen abgeben, um die seichte aufgetaute Oberflächenschicht zu durchtränken, während sie in Gebieten mit ungefrorenem Untergrund ohne übermäßige Durchfeuchtung des Bodens in die Tiefe versickern würde. So glaube ich denn auch, daß für mittlere und niedrigere Breiten die Ansicht Ules zu Recht besteht,

daß die Bildung von Schuttfacetten an die Nähe von Gletschern und Firnflecken gebunden sein dürfte.

Da auf Spitzbergen aber der Untergrund überall gefroren ist, ist die so weitreichende Verbreitung der Fließerde in verschiedenster Ausbildung in diesem Gebiet wohl begreiflich, und zweifellos sind die von ihr transportierten Massen und ihre Bedeutung für die Abtragung des Landes sehr groß. Ihr Maß wird aber erst nach genaueren Untersuchungen über die Dauer, Geschwindigkeit und Tiefe der Erdflußbewegung sicher festzustellen sein.

Höchst bedeutsam ist der Erdfluß aber auch für die Ausbildung der Landschaftsformen, und man kann sich auf Spitzbergen kaum einen größeren Gegensatz denken, als die weichen Formen der Erdflußgebiete gegenüber steilen Bergabhängen und Felswänden, wo durch die Frostwirkung mächtige Bastionen, Einzeltürme und Zinnen herausgewittert werden<sup>1)</sup>, während ungeheure Schuttkegel von den Zwischenräumen ausgehen und sich tiefer unten am Hange vielfach berühren. An manchen Stellen, wie dem herrlichen Tempel-Berg, dem Pyramiden-Berg oder dem Kapitoll, finden sich sogar Landschaftsformen, die trotz der so verschiedenen Breitenlage lebhaft an die Szenerien des Gran Cañon von Arizona erinnern. In der Tat sind auch mehrere Ursachen der beiderseitigen Landschaftsausgestaltung in beiden Gebieten gleich: so zunächst die Vegetationslosigkeit (freilich aus verschiedenen Gründen, hier hauptsächlich Kälte, dort Trockenheit des Klimas), dann die fast horizontale Lagerung der Gesteinsschichten und schließlich das starke Vorherrschen mechanischer Verwitterung. Freilich ist auch diese verschiedener Art an beiden Stellen: hier besonders Frost, dort Insolation, aber die Wirkung und darum auch der Einfluß auf die Landschaftsform ist eben doch wieder gleichartig.

Im einzelnen freilich bleibt auch hier noch vieles zu erklären, und ich sollte denken, daß ein längerer Aufenthalt auf Spitzbergen, der ja jetzt so leicht auszuführen wäre, einem Morphologen die schönsten Resultate zeitigen müßte!

---

<sup>1)</sup> Während des Druckes dieses Aufsatzes erschien in dem Bull. of the Geol. Inst. of Upsala, Vol. XI S. 242—251 eine interessante Abhandlung B. Högboms über „Wüstenerscheinungen auf Spitzbergen“, auf den hier verwiesen sein möge.