

der Spalte, seine Platte war infolge der schrägen Sonneneinwirkung abgerutscht, sie deckte die Südflanke der Eissäule, der sie bis zur Spitze angeschmiegt war. Die Höhe der Eiswände betrug rund 55 cm, das Alter des Tisches bis zum Zeitpunkt des Abrutschens mindestens vier Jahre.

Anschrift des Verfassers: Werner Heybrock, Wetterdienst-Zentralamt, (17b) Seelbach, Kreis Lahr, Lützelhardtstraße 13

Alpiner Vergletscherungstypus in der Sierra Nevada de Santa Marta (Columbien, Südamerika)

Zum Bild Tafel IX (bei S. 96)

Dr. W. Rickmer-Rickmers (München) stellte mit Genehmigung der American Geographical Society das erstmals in der Geographical Review (New York, Okt. 1941) veröffentlichte, von der Cabot'schen Expedition 1939 aufgenommene schöne Luftbild der Vergletscherung im Hauptabschnitt der Sierra Nevada de Santa Marta (rund 50 km südlich des Caraibischen Meeres) zur Verfügung. Es ist geradezu erstaunlich, wie sehr hier, bei 11° N, an den höchsten Gipfeln — sie werden zu 5775 m angegeben — der Vergletscherungstypus dem der europäischen Alpen ähnlich ist. Die Gletscher reichen bis an 4700 m hinab.

Vom Gletscherrückgang in Norwegen

Zu den Bildern Tafel X (bei S. 97)

Ein eindrucksvolles Beispiel dafür, welch landschaftliches Ausmaß der Gletscherrückgang der letzten Jahrzehnte auch in Norwegen angenommen hat, geben die beiden Bilder vom Böyumsbre (Jostedalsbre), die auf Tafel X einander gegenübergestellt sind. Sie sind zwar nicht von einer und derselben Stelle aus aufgenommen, bieten aber doch Anhaltspunkte genug für den Vergleich. Der ganze steile Felsabbruch unter dem Gletscherrande des rechten Bildes, ist auf dem linken noch vom Eis überdeckt.

Zur Kenntnis der „Sandkegel“ auf alpinen Gletschern

Von

† Hans Peter Cornelius, Wien

Die „Sandkegel“, auch „Schmutzkegel“ oder — nicht ganz eindeutig — „Eiskegel“, neuerdings auch mit einem recht treffenden Vergleich „Termitenhügel“ genannt, sind zwar eine schon lange bekannte Erscheinung der Gletscheroberfläche und des öfteren, in den letzten Jahren besonders aus nordischen Gebieten, Island, Spitzbergen, Lappland, beschrieben und abgebildet worden. Trotzdem besteht noch keine Einmütigkeit bezüglich ihrer Deutung (siehe unten). So mag die Mitteilung einiger Beobachtungen nicht unwillkommen sein, die ich seit mehr als 10 Jahren auf Gletscherwanderungen in den Ost- und Westalpen darüber gesammelt habe.

Glocknergruppe

Maurerkees (16. 9. 1929).

a) Bei der Maurerkeesscharte auf dem infolge starker Ausaperung nur mehr dünn dem Felsgrund auflagernden Eise einige kleine Kegel aus feinem Sand, ca. 10—20 cm hoch, in einer Reihe angeordnet; in ihrer genauen Verlängerung

begann mit wachsender Dicke des Eises eine Spalte, auf deren Grund ebenfalls Sand lag.

b) An der steil abfallenden Zunge einige große Kegel, in bogenförmiger Reihe quer über den Gletscher angeordnet (zu näherer Untersuchung fehlte leider die Zeit).

Ödenwinkelkees (5. 9. 1930). In der Nähe der Stelle, wo die Mittelmoräne zutagekommt, mehrere ca. $\frac{1}{2}$ m hohe Kegel. Einer derselben saß deutlich einer geschlossenen Spalte auf, deren Fortsetzung wenigstens einige Dezimeter tief mit gleichartigem Sand, wie er den Kegel bedeckte, erfüllt war.

Berninagruppe

Roseggletscher (27. 8. 1929). Auf der unteren, aperen Zunge einzelne Kegel häufig, meist klein, keine bestimmte Ordnung ersichtlich.

Errgruppe

Vadret Traunterovas (12. 9. 1923). Auf der Zunge des westlichen Gletscherarmes bis 1,5 m hohe Kegel, teils einzeln mit z. T. größeren Abständen in Reihen quer zum Gletscher geordnet, teils zu Kämmen verschmolzen. Der Gletscher in der Umgebung war aper, vollständig frei von Spalten und, wenigstens in unmittelbarer Nachbarschaft, von grobem Moränenschutt.

Tödigruppe

Pontegliasgletscher (25. 8. 1933). Auf der ganz mit Moränenmaterial überstreuten Gletscherzunge häufig kleine Kegel (meist nur 30–40 cm hoch), alle in der Nähe der Mittel- und östlichen Seitenmoräne. Anordnung in Reihen quer zum Gletscher war nicht ersichtlich, wohl aber begleiteten die Kegel die Schmelzwassergerinne, an deren Nähe sie hier ausnahmslos gebunden schienen.

Wallis

Melligletscher (Weißmies; 30. 8. 1932). Kegel bis ca. $\frac{1}{2}$ m hoch, aus Sand und feinem Schutt, nur vereinzelt auch plattige Steine bis 6–8 cm Länge. 4 Kegel saßen in einer Reihe auf einer geschlossenen Spalte; auf einer benachbarten Parallelspalte ein einzelner Kegel, während in der Fortsetzung gleichartiges Schuttmaterial in der Spalte steckte.

Gornergletscher (28. 8. 1933). Dort, wo der Weg vom Roten Boden den Gletscher erreicht, erhebt sich aus diesem ein etwas steilerer Eiswulst. Dieser ist gegürtet mit einem Kranz von Kegeln, die auffallend in der Isohypse angeordnet sind. Sie sind bedeckt mit Sand und z. T. deutlich gerollten Steinen (bis 2–3 cm Durchmesser, ausnahmsweise auch darüber); locker auf der steil abfallenden Außenseite, wesentlich mächtiger (bis 8–10 cm) auf der flach dem Gletscher entgegen fallenden Innenseite. Auf dieser war auf zweien der Kegel noch sedimentäre Schichtung erkennbar: Lagen von feinem Sand mit solchen von Geröllen wechselnd; und diese den Abfall der Kegel bedeckenden Schichten setzten sich mit anscheinend gleichem Einfallen in das Eis des Gletschers hinein fort. — Weitere z. T. recht bedeutende, bis über 2 m hohe Kegel standen unterhalb; irgend eine gesetzmäßige Anordnung zeigten sie nicht, abgesehen davon, daß sie z. T. deutlich an von den oben stehenden Kegeln herabziehenden Schuttstreifen gebunden und damit jenen gegenüber als sekundär gekennzeichnet waren.

Ergänzend sei noch zu allen aufgezählten Fällen mitgeteilt: Alle daraufhin untersuchten Kegel enthielten Kerne von Eis, unter einem nur wenige Zentimeter mächtigen Mantel aus Gesteinsmaterial (wenn in der Literatur gelegentlich von Kegeln ohne Eiskern die Rede ist, so handelt es sich da sicher



Die Vergletscherung der Sierra Nevada de Santa Marta

Nach einem von der Cabot'schen Expedition 1939 aufgenommenen Luftbild.
Mit Genehmigung der American Geographical Society. Vgl. S. 95.



Bild 1. Bøyumsbre (Jostedalsbre) 1934
Aufn. H. Kinzl. Vgl. S. 95.



Bild 2. Bøyumsbre (Jostedalsbre) 1948.
Aufn. H. A. u. W. M. Mosley (Scottish Geogr. Mag.
vol. 65, Nr. 3, Dez. 1949). Vgl. S. 95.

um einen ganz seltenen Ausnahmefall, begreifbar als kurzdauernder Übergangszustand; siehe unten!). In allen bestand der Mantel aus Sand oder feinem Schutt, durchaus verschieden von dem Material häufig nahe benachbarter Moränen, wengleich vereinzelt (Melligletscher) Übergänge durch das Auftreten einzelner größerer Steine vorzuliegen scheinen.

Ein Versuch die beschriebenen Gebilde zu deuten, hat vor allem drei Tatsachen zu erklären: die Kegelform, die Beschaffenheit des Materials, endlich die zwar nicht immer, aber doch in manchen Fällen sehr auffällige reihenförmige Anordnung.

Der erste Punkt macht gar keine Schwierigkeiten: ist das Eis auf beschränkter Fläche durch die Decke beliebigen Materials gegen Abschmelzung geschützt, so bleibt schließlich ein Kegel stehen; das wußten schon die alten Gletscherforscher (Tyndall u. a.). So sieht man ja auch z. B. aus dem Eis ausapernde Mittelmoränen oft mit einzelnen Kegeln beginnen; erst, wo die Schuttdecke geschlossen wird, nehmen sie die bekannte Wallform an.

Eine Frage bleibt dabei noch zu lösen: einzelne Sandkörner und kleine Steine schmelzen bekanntlich infolge der dem Eis gegenüber beträchtlichen Wärmeabsorption in letzteres ein; aber auch noch für Sandanhäufungen von einigen Kubikzentimetern gilt dasselbe, wie daraus hervorgeht, daß man sie häufig am Grunde von Schmelzlöchern findet. Wo liegt nun die Grenze, von der ab dieser Einfluß von dem gegenteiligen einer Schutzwirkung auf die Eisunterlage abgelöst wird? Es ist ja anzunehmen, daß sie je nach Material (spez. Wärme, Absorptionskoeffizient, Leitfähigkeit) und je nach den topographischen und klimatischen Bedingungen (Exposition, Strahlungsintensität usw.) sich ändern wird; alles Weitere bleibt noch durch Beobachtung zu ermitteln.

Was nun die Art des Materials betrifft, so dürfte das eine aus dem Vorangehenden klar sein, daß es sich nicht um normales Moränenmaterial handelt: gerade, wo solches in der Nähe, ist der Unterschied gegenüber dem viel feineren Schutt der Sandkegel stets sehr deutlich. Andererseits ist es auch kein äolisches Sediment, wie dies für die „Termitenhügel“ subarktischer Gebiete wohl feststeht (besonders beweisend ist dafür die Beobachtung Hermann's, wonach sich solche unter Anhäufungen von Blättern und Stengeln der Blaubeere bilden können, die doch sicher nicht auf dem Firn gewachsen sind). Das Auftreten auch von feinerem Schotter, ganz besonders aber die regelmäßige Schichtung in den, allerdings den anderen nicht ganz gleichgearteten (siehe unten), Kegeln am Gornergletscher zeigt vielmehr deutlich, daß es sich nur um Sedimente des fließenden Wassers handeln kann (wie schon Spethmann 1908 bemerkt); und die Frage erhebt sich, wie solche auf dem Gletscher abgelagert werden können.

Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Es können einmal Schmelzlöcher oder nach unten geschlossene Spalten als Sedimentfänger dienen, namentlich in letzteren können sich (wenigstens theoretisch) recht erhebliche Sandmassen ansammeln. Andererseits ist zu bedenken, daß die Wasserführung der Schmelzgerinne in außerordentlichem Grade mit der Wärmezufuhr von außen schwankt: wo eben noch alles rieselte und rauschte, da kann eine halbe Stunde später eisige Kälte herrschen. Das bedeutet aber fast plötzliches Erlöschen der Transportkraft; wo sich Steinchen gerade befanden, da müssen sie liegen bleiben. In einem bereits ausgearbeiteten Gerinne wird es freilich auf diese Weise zu keinen Ablagerungen kommen, da ja meist am anderen Tag das Spiel wieder weiter geht; wohl aber möglicherweise neben ihnen, solange sie noch nicht tief genug eingeschnitten sind, um bei gesteigerter Abschmelzung das zufließende Wasser vollständig aufzunehmen. Das gelegentlich gehäufte Auftreten von Sandkegeln

in unmittelbarer Nähe von größeren Schmelzwasserläufen findet so eine natürliche Erklärung. Endlich aber gibt es noch eine dritte Möglichkeit:

Man stelle sich eine von Neuschnee überdeckte Gletscherzunge vor im Zustand des Ausaperns: die bereits aus der Schneehülle hervorragenden Eisbuckel von Schmelzwasser überronnen, das abwärts wieder auf noch nicht abgeschmolzenen Schnee trifft. Durch diesen fließt es noch eine kurze Strecke weiter, bis es plötzlich von ihm aufgesogen wird; die Schneedecke pflegt dann auf weite Strecken bis auf eine dünne Oberflächenschicht mit Wasser durchtränkt zu sein — der vom Gletscherwanderer so sehr geschätzte „Schneemorast“. Das Aufsaugen bedeutet nun wieder eine plötzliche Vernichtung der Transportkraft (außer für feinste Trübung); mitgeführter Detritus wird also an solchen Stellen liegen bleiben. Allerdings wohl nur ausnahmsweise in Mengen, wie sie für die Bildung von Sandkegeln benötigt werden; denn die Aufsaugungsstellen werden meist rasch verlegt, die Gerinne weitergebildet, überhaupt ist der ganze Zustand ein sehr wenig stabiler.

Die Herkunft des Materials der Kegelmäntel ist beliebig. In sehr vielen Fällen wird es von benachbarten Oberflächenmoränen stammen; in anderen (z. B. oben 1 a) ist Zufuhr von der Felsumrahmung des Gletschers so gut wie sicher.

Was schließlich die Frage der Anordnung in Reihen betrifft, so ist auch sie auf Grund des Vorhergesagten leicht zu beantworten: die lockere Reihung in der Gefällsrichtung ist auf Anordnung längs Schmelzwasserrinnen; die namentlich, sehr großen Kegeln sehr auffällige Querreihung, dagegen auf Ausschmelzen aus Spalten zurückzuführen. Letzterer Vorgang konnte ja oben an einigen Beispielen (Maurerkees a, Oedenwinkelkees, Melligletscher) genau beobachtet werden; nichts steht der Annahme entgegen, daß es soweit gehen kann, bis die Spalte vollständig verschwindet. Es ist das ein besonderer Fall der Reliefumkehr, welche ja von den meisten neueren Beobachtern für die Bildung der „Termitenhügel“ angenommen wird.

In den meisten hier beschriebenen Beispielen lag die Sand-, bzw. Schotterdecke, welche zur Entstehung der Kegel Anlaß gab, auf der Oberfläche des Gletschers, bzw. war von der Oberfläche aus in Spalten angeschwemmt. Nur am Gornergletscher witterte sie aus dem Inneren des Gletschers heraus (vielleicht lag in den Kegeln auf der Maurerkeeszunge b ein ähnlicher Fall vor, wenigstens läßt die Ähnlichkeit des äußeren Anblicks fast darauf schließen). Gerade hier ließ ihre deutliche Schichtung nicht den geringsten Zweifel an der wässerigen Bildung (auf keinen Fall war Deutung als Grundmoräne möglich!). Es muß also hier eine Schuttlage auf der Gletscheroberfläche sedimentiert, dann mit Firn eingedeckt, mit dem Gletscher talwärts gewandert und schließlich durch die Abschmelzung wieder zutage gekommen sein. Schwierig scheint mir dabei die Annahme einer wässerigen Sedimentation im Firngebiet; doch sehe ich keine andere Möglichkeit¹. Vielleicht handelt es sich um ein Zeugnis eines früheren Jahres extremer Ausaperung (1911 ?).

Andere Versuche zur Deutung der Sandkegel sind z. T. recht abenteuerlich; insbesondere die Herleitung von größeren durch Insolation zersprungenen Blöcken. Auf diese Weise würde doch höchstens ein Haufwerk von Scherben

¹ Insbesondere scheint es mir ausgeschlossen, daß die Schutttablagerung im Inneren des Gletschers erfolgt wäre, etwa auf einer ausgeschmolzenen Philipp'schen Scherfläche; nicht nur könnte diese nie im Gletscherinnern auf so weite Erstreckung klaffen, sondern es würde auch die Sedimentation nicht eine so regelmäßige konkordante Form annehmen.

entstehen (das allerdings geradeso das unterliegende Eis vor Abschmelzung schützen müßte) und nicht der oft genug vorhandene feine Sand; und vor allem: warum blieben dann die Blöcke benachbarter Moränen unter ganz gleichen Strahlungsbedingungen intakt? Auch die Zurückführung auf aus Spalten oder Scherflächen (Philipp) ausgepreßte Grundmoräne ist abzulehnen: vor allem ist das Material der Kegel kein Grundmoränenmaterial; dann ist in vielen Fällen gar keine Beziehung zu Spalten, erst recht nicht zu Scherflächen ersichtlich; endlich fand ich ganz gleichartige Kegel, allerdings in Miniaturformat, bis etwa 10 cm hoch, auch auf einem in normalen Jahren abschmelzenden Scheefeld N unter der Fuorela Grevasalvas (Juliergebiet, Engadin), wo also gewiß keine Beziehung zu irgendwelchen Erscheinungen der Gletscherbewegung besteht.

Die Erklärung durch Ansammlung von Staub in Schmelzwannen bis zu Quantitäten, die nicht mehr weiter in das Eis einschmelzen, sondern die Unterlage schützen, erscheint grundsätzlich möglich; gegen eine tatsächliche Bedeutung dieses Vorgangs schein mir zu sprechen, daß z. B. Ende August 1933 auf dem Gornergletscher weithin die ganze Oberfläche von solchen bis $\frac{1}{2}$ m breiten Schmelzlöchern zerfressen war, die teilweise schon recht große Ansammlungen schwarzen Schlammes bargen; trotzdem war nirgends ein Ansatz zur Reliefumkehr zu erkennen. Es ist auch zu bedenken, daß dieser Schlamm als Isolierschicht für das unterliegende Eis nicht geeignet ist, solange Wasser in dem Loch steht, an das es die eingestrahlte Wärme sofort weiterleitet. Es ist also wohl notwendig, daß seine solche Schmelzgrube erst, etwa durch Aufreißen einer Spalte, trocken gelegt wird, bevor sie sich zum Kegel ausbilden kann; von welchen Zufälligkeiten alsdann die Erhaltung des ganzen Schlamminhaltes überhaupt abhängt, liegt auf der Hand.

Die Zurückführung auf Staubdecken äolischen Ursprungs endlich, wie sie in nordischen Gegenden seit Keilhack (1933) meist üblich und insbesondere von Herrmann kürzlich (1932) mit instruktiven Bildern belegt ist, kommt für die alpinen Vorkommen nicht in Betracht (von gelegentlichen Ausnahmefällen abgesehen; vgl. Brückner). Gleiches gilt selbstverständlich erst recht von der Ableitung von vulkanischen Aschendecken.

Hier seien noch kurz die Unterschiede der Sandkegel alpiner Gletscher gegenüber den nordischen „Termitenhügeln“ angeführt (vgl. Spethmann 1908). Erstere treten einzeln oder in Reihen auf, letztere meist in flächenhafter Verteilung; während diese meist von Firn- oder Schneefeldern erwähnt werden, fand ich jene in typischer Ausbildung immer nur auf Gletschern und zwar auf a p e r e n Gletschern.

Benützte Literatur:

- 1908 Spethmann, H.: Schneeschmelzkegel auf Island, — Z. f. Glkde. I, 1908.
 1932 Herrmann: „Termitenhügel“ auf arktischen Gletschern, — Z. f. Glkde. 20, 1932.
 1933 Keilhack, K.: Beiträge zur Geologie der nordwestlichen Halbinsel Island, — Z.-D. Geol. Ges. 85, 1933.
 1948 Klebelsberg, R. v.: Handbuch f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, — Wien (Springer) 1948.

Klimabeziehungen des Gletscherverhaltens in den Ostalpen

Von

Sieghard Morawetz, Graz

Die Ostalpengletscher, die sich seit hundert Jahren, sieht man von wenigen Jahren Ende des vergangenen Jahrhunderts und im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts ab, in einer großen Rückzugsphase befinden, verloren besonders im letzten Jahrzehnt weiter sehr beachtlich an Areal und Masse, so daß für manche Zungen der Rückgang ein äußerst bedrohlicher wurde und ein weiterer Zungenzerfall, ja gänzlicher Zungenschwund, bei einigen Gletschern bevorsteht. Dieser verstärkte Rückgang wirkt sich deshalb so ungünstig aus, weil er schon sehr geschwächte Firnfelder und Zungen angreift. So büßten seit der Zeit E. d. R. i. c. h. t. e. r's, also seit den Siebzigerjahren, die zentralen Ötztaler Alpen zwischen Similaun und Timmelsjoch rund 22% an Areal (79.6 : 63.4 km²), die Stubai Alpen bis 1938 an 28% (133 : 96 km²), die Venedigergruppe bis 1934 15% (149 : 126 km²), die Granatspitzgruppe bis 1932 36% (21 : 13.8 km²) und die Sonnblickgruppe bis 1932 25% (24 : 18 km²) ein. Dazu kommt noch der Rückgang der letzten ein bis zwei Jahrzehnte. So zog sich der Hintereisferner¹ seit 1940 um 400 m zurück, wo heute der Gletscher endet, stand 1920 das Eis noch über 150 m hoch und es droht starker Zungenzerfall. Beim Waxeggkees in den Zillertalern ist die Gletscherzunge im Talgrund geschwunden und der Gletscher endet bereits an der Steilstufe. Das Hornkees schmolz von 1941 bis 1949 um 260 m ab. Die Pasterze büßte von 1946—49 an der Zunge bis 2600 m Höhe 45.4 Millionen Kubikmeter ein, das ist fast ein Zehntel des Gesamtschwundes 1850—1946². Der Karlingergletscher³ im Hintergrund des Moserbodens im Kaprunental verkürzte sich von 1929—1945 um 400 m und die Zunge sank 50—80 m ein. Damit wurden jährlich zusätzlich 400.000 m³ Wasser frei. Hält dieses beachtliche Ausmaß des Rückganges an, ist eine Änderung des Vergletscherungstypus, nämlich Schwund des Tal- und Zungentypus, nicht mehr ferne.

Was sind die Ursachen hierfür? Trotz Ausbau der Niederschlagsbeobachtungen weiß man über den so wichtigen Faktor der Niederschlagsmengen im Hochgebirge noch nicht hinreichend Bescheid, wie dies Ferd. Steinhauser⁴ und H. Tollner⁵ oftmals betonten. Es läßt sich nur einwandfrei sagen, daß die auf dem Sonnblickgipfel registrierte Menge nicht den wahren Verhältnissen entspricht, zu gering ist und in benachbarten Ombrometern wenige Zehnmeter unter dem Gipfel um 1000 mm mehr Niederschlag anfällt. Aus den Schnee-

¹ Klebelsberg R. v.: Die Gletscher der österreichischen Alpen 1942—1946 und 1947—1949. Zeitschr. f. Gletscherkunde Bd. I, 1949/50, S. 88 u. 203 ff.

² Paschinger V.: Pasterzenstudien, Festschrift zum hundertjährigen Bestand des Naturwissenschaftlichen Vereines für Kärnten, Klagenfurt 1948.

³ Pillewizer W.: Das Karlingerkees am Großglockner im Jahre 1945. Zeitschr. f. Gletscherkunde I. Bd. 1950, S. 149—150.

⁴ Steinhauser, Ferd.: Die Meteorologie des Sonnblick, Wien 1938, S. 92—104. — Neue Ergebnisse von Niederschlagsbeobachtungen in den Hohen Tauern. Met. Zeitschr. 1934. — Schneehöhenmessungen am Sonnblick und im Sonnblickgebiet. XVII. Jahresber. d. Sonnblick-Vereines 1933.

⁵ Tollner, H.: Zum Problem Eishaushalt und Niederschlag im Hochgebirge. Mittl. Geogr. Ges. Wien, Bd. 90, 3—12. — Niederschlagsverhältnisse der Übergossenen Alm auf dem Hochkönig. Jahresbreicht d. Sonnblick-Vereines 1937.