

STRUKTURBÖDEN IN DEN ALPEN

Die Glaziallandschaft am Muttensee

Mit 18 Abbildungen

Von RUDOLF STREIFF-BECKER

Wer von Linthal aus den Weg über den Kistenpaß unter die Füße nimmt, ist nach einem mehrstündigen, sehr steilen Aufstieg überrascht, in 2500 m Meereshöhe nach dem Mutenwändli unvermittelt auf ein Hochplateau zu gelangen. Eine vegetationsarme Landschaft polaren Charakters breitet sich vor ihm aus. Nur die neue Klubhütte des SAC. und unweit davon ein rundlicher See bringen einen freundlichen Ton in das sonst etwas düstere Bild.

Wir haben die große Karmulde des Muttensees vor uns, umrahmt im Westen vom Nüschenstock, 2896 m, und von der Rüchi, 2854 m, im Norden vom Scheidstöckli, 2811 m, und dem Sulzhorn, 2649 m, im Osten vom Ruchi, 3106 m. Das Kar ist vierstufig und gegen Süden offen. Die kleinste Karmulde liegt in 2600 m Höhe direkt unter dem Scheidstöckli, dessen Gipfel aus hellem Lochseitenkalk besteht, mithin ein Relikt der über Wildflysch geschobenen Glarner Decke ist. Die nächstuntere Stufe in rund 2500 m birgt einen kleinen Karsee und breitet sich ostwärts bis unter die Hänge des Ruchi aus, dessen Gipfel noch permische Gesteine der Mürtschendecke trägt. In der Mulde der dritten Stufe liegt der Muttensee, 2449 m ü. M. Der Seegrund besteht aus drei Mulden, einer großen, westlichen mit 69 m Wassertiefe und zwei kleineren, östlichen mit 47 und 39 m Tiefe. Eine N—S verlaufende Schwelle reicht bis 9 m an den maximalen Wasserspiegel heran. Der Auslauf des Sees verliert sich nach kurzem Lauf in den Klüften des Gesteins und kommt erst im Talgrund hinter Linthal als Brunnengütlibach und Felix-und-Regula-Quelle wieder zum Vorschein. Im Gebiete des Sees betrug nach den Messungen der St.-Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke der Niederschlag in der Periode 1917—1922 im Mittel 1850 mm. Der See ist während zehn Monaten des Jahres mit Eis bedeckt. Braungraue Schutthalden und Firnflecken umgeben ihn auf drei Seiten, nur das Südufer läuft flacher aus. Hier ist die etwa zwei Quadratkilometer weite und höckerige Platte der Mutenalp, einer mageren Schafweide, die plötzlich mit steilen Felswänden und Rasenbändern zum 700 m tiefern Limmernboden absinkt. Die Wände des Muttenseekars bestehen zur Hauptsache aus unteroligozänem Sandstein und hartem Taveyannazsandstein, der Karausgang mit dem südlichen Teil des Sees liegt auf eozenen Nummulitenschichten (5). Es ist das ein mergeligsandiges, fossilreiches, leicht verwitterbares Gestein. Zur Eiszeit gehörte die Gegend noch zur Firnzone. Das Firneis schürfte mit Hilfe des harten Taveyannazgesteins das Kar mit seinen Stufen aus, ließ jedoch am Ausgang des Kars trotz dem weicheeren Gestein einen breiten Riegel bestehen. Die subglazialen Wasser zerschnitten den Riegel an mehreren Stellen, und das Eis schürfte und rundete die Zwischenstücke zu Rundhöckern aus, wie wir sie heute in schöner Ausbildung vor uns sehen (7, S. 128, 2, S. 45). Auf einem dieser Rundhöcker thront die stattliche Hütte des SAC. (Abb. 2). Die Nummulitenschichten sind gegen Südosten einfallend, also gegen den einstigen Eisfluß gerichtet; dennoch sieht man wenig aufgesplitterte Stellen. Das weichere Gestein setzte eben dem schürfenden, sehr harten Taveyannazsandstein wenig Widerstand entgegen. Einige Rundhöcker sind sowohl im Luv des Eisstroms (Abb. 3) als auch in Lee (Abb. 4) deutlich geschliffen und geschrammt. Im Hintergrund erkennt man das Kistenstöckli und ersieht daraus, daß die Schrammung in südlicher Richtung und am Höcker bergan erfolgte. Andere Höcker zeigen an ihrer Oberfläche stärkere Verwitterung und Abblätterung (Abb. 5), die jedoch wahrscheinlich erst nach dem

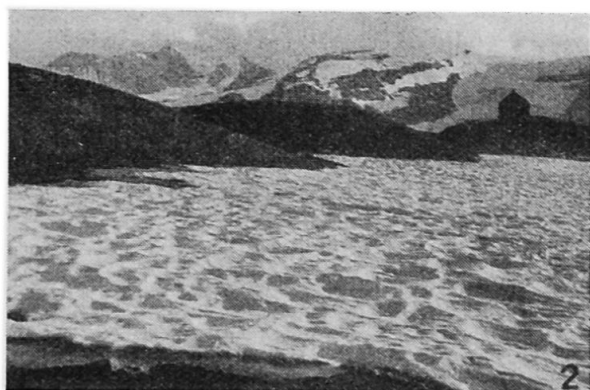
Rückzug des Eises einsetzte. Abb. 4 zeigt, daß die Verwitterung längs den Schichtfugen des Gesteins einsetzt. Rechts vom Eispickel hat sich ein Polster der *Silene acaulis* angesiedelt, links vom Pickel ist eine Stelle, wo in einer Tasche der Schichtfuge die verwitterten Gesteinsscherben zum Teil hochkant gestellt sind und den Anfang zu einer Steinrose bilden.

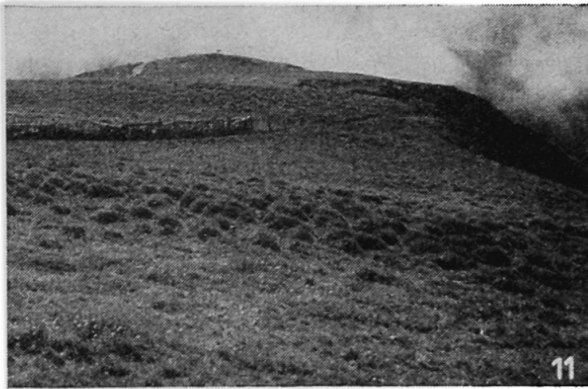
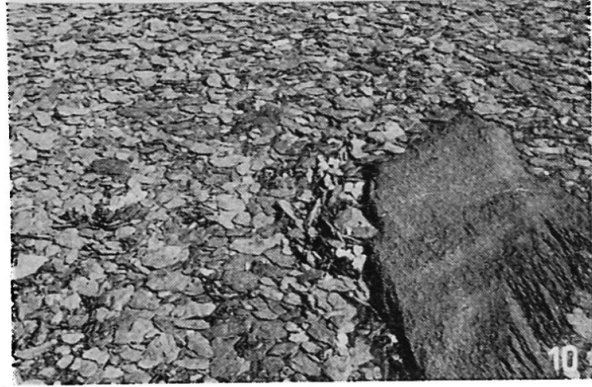
Bei der Verwitterung zerfallen die Nummulitenschichten zuerst in kleine plattige Scherben, schließlich zu Mehlsand und Lehm. Die Halden der Karumrahmung bestehen aus solchem Schutt, der sich langsam zur Tiefe hin bewegt, in flacheren Lagen sich ausbreitet, Mulden füllt und sich zwischen und rings um die Rundhöcker legt. Diese Schuttflächen bilden nun sogenannte Strukturböden, wie man solche in großem Maßstab in den Polarzonen findet, seltener in den Alpen. Auf Strukturböden kommen Solifluktion, d. h. Kriechen des Bodens, vor, und eigenartige Schuttbildungen, Strukturen, wie z. B. Aufrichtung und Zusammenrottung von ursprünglich wahllos umherliegenden Gesteinsstücken zu gestreckten Linien oder Figuren, zu sogenannten «Steinkränzen» oder «Steinrosen», als ob hier ordnende Menschenhände am Werk gewesen wären. Strukturböden sind hauptsächlich in den Polarzonen beobachtet und durch viele Forscher beschrieben worden. Eine schöne, umfassende Abhandlung hat C. TROLL (10) geliefert. Der erste aber, der einen Strukturboden in den Alpen beobachtet und die wissenschaftliche Welt überhaupt darauf aufmerksam gemacht hat, war C. HAUSER, Gründer und erster Präsident der Sektion Tödi des SAC. Im ersten Jahrbuch von 1864 schreibt HAUSER (4, S. 159/160) nach seiner Erstbesteigung des Selbsanfts: «... wir gelangten auf ein Schieferplateau, in welchem bereits die Anfänge der Vegetation sichtbar waren; dieses Plateau erschien wie ein Garten, von Menschenhand in Beete abgeteilt, welche durch Hecken aus senkrecht oder schief aufstehenden Steinen umzäunt waren.» CH. TARNUZZER (9) hat Strukturböden in den Alpen gesehen und beschrieben, und O. FLÜCKIGER (3) solche in tropischen Hochgebirgen.

Die Strukturen auf dem Muttenseeplateau sind mir beim ersten Besuch schon aufgefallen und als künftiges Untersuchungsobjekt im Gedächtnis geblieben. Bei unseren jährlichen Gletschervermessungen am Claridenfirn haben wir Gelegenheit, auf dem Geißbüztstock Strukturen zu sehen, leider jedoch nur in sehr kleinem Format. Im Jahre 1945 hoffte ich nach einer langen Reihe heißer Tage das Muttenseeplateau schon Ende Juli schneefrei vorzufinden. Leider war dies nicht der Fall. Am 26. und 27. Juli fand ich den See noch völlig zugefroren und die Böden, wo meiner Erinnerung nach die schönsten Steinrosen zu sehen waren, noch schneebedeckt (Abb. 2). An den schneefreien Stellen gelang es mir, Strukturen zu finden und zu untersuchen, worüber hier berichtet wird.

Das Vorkommen von Strukturböden hängt von der Beschaffenheit des verwitternden Gesteins und vom Klima des Ortes ab. Das Gestein muß zu flachen Scherben, zu Gries oder Mehlsand und schließlich zu Lehm verwittern und muß, wenn beim Zerfall eine gewisse Korngröße der Partikel erreicht und vorherrschend ist, die Fähigkeit haben, Wasser längere Zeit kapillar festzuhalten. Das Klima des Ortes muß arktisch feucht sein, im Winter viel Schnee, im Sommer viel Schmelzwasser liefern, bei häufigem Wechsel von Frost und Auftauen. Beide Bedingungen sind im äußeren Karbecken des Muttensees erfüllt. Abb. 1 zeigt die Abhänge des Nüschentocks. Man sieht, wie von einem kleinen Schneefeld tiefe Schmelzwasserrinnen ausgehen. An gewöhnlichen Schutthalde würde das Wasser versickern, um vielleicht viel weiter unten als Schutthaldequelle wieder zum Vorschein zu kommen. Hier ist jedoch der Boden trotz starkem Gefälle mit Wasser gesättigt, so daß ein kleiner Ueberschuß an Schmelzwasser genügt, tiefe Rillen in den Schutthang zu reißen. Auch am Fuße des Hanges ist der mit Gesteinsscherben bedeckte Boden scheinbar trocken, doch bleibt das Wasser offenbar im feinen Material der tieferen Schichten kapillar festgehalten. Nur in abflußlosen Wannen steht das Wasser über dem Schuttniveau, an den anderen scheinbar trockenen Stellen hat man das Gefühl, auf einem prallgefüllten Luftkissen zu stehen, wenn man das Körpergewicht abwechselnd von einem Fuß auf den anderen verlegt. Sodann

Glaziale Formen im Kar des Muttensees, 2450 m ü. M.





- Abb. 1 Rinnen im Schutthang am Nüschentock. Phot. R. Streiff, 26. 7. 1945
- Abb. 2 Rundhöcker am Riegel des Muttenseekars; hinten: Bifertenstock und Selbsanft. Phot. R. Streiff, 26. 7. 1945
- Abb. 3 Rundhöcker mit Schrammen (Luvseite); hinten: Kistenstöckli und Limmerngletscher. Phot. R. Streiff, 26. 7. 1945
- Abb. 4 Rundhöcker mit Schrammen (Leeseite); links vom Eispickel: verwittertes Muttergestein, kleine «Steinrose» bildend; rechts vom Pickel: *Silene acaulis*. Phot. R. Streiff, 26. 7. 1945
- Abb. 5 Rundhöcker mit Verwitterungsscherben; Steine nach Größe sortiert zu Stromlinien und Steinkränzen. Phot. R. Streiff, 26. 7. 1945
- Abb. 6 Steinkranz, Durchmesser ca. 1,5 m (Vergrößerung aus Abb. 5). Phot. R. Streiff, 26. 7. 1945
- Abb. 7 Obere Bildmitte: Steinrosen. Phot. R. Streiff, 26. 7. 1945
- Abb. 8 Polygonboden, s. Kistenpaßhöhe, ca. 2500 m. Phot. J. Hoesli
- Abb. 9 Steinstromlinien, 2700 m ü. M. Geißbützistock, Claridenmassiv. Phot. R. Streiff, 14. 9. 1945
- Abb. 10 Solifluktion: Das Muttergestein (rechts), verwittert zu Scherben, solche stranden am Felsen; links: Steinrose bildet sich. Phot. R. Streiff, 14. 9. 1945
- Abb. 11 Zwergtorfhügel-Landschaft (Thufur, Palsen). Grindelalp, ca. 1950 m ü. M., Berner Oberland. Phot. R. Streiff, 15. 8. 1945
- Abb. 12 Querschnitt durch einen Zwergtorfhügel. Grund: Kuppelförmiger Lehmkern, plastisch. Decke: Brauner Torf und Borstengrasbusch. Phot. R. Streiff, 15. 8. 1945

finden wir Stellen, wo Felsblöcke (hier meistens Taveyannazsandstein, erratisch) nach ihrer Größe sauber geordnet in einer gestreckten Linie liegen oder zu einem kreisrunden Kranz um eine meistens blockfreie, feinerdige Stelle gesetzt sind (Abb. 5 u. 6) oder in parallelen Reihen zwischen Bändern feineren Schuttes dahinziehen. Am Hangfuß verraten zuweilen girlandenartige Wülste, daß hier Solifluktion vorliegt; auf flachen Schuttfeldern sieht man oft Gesteinsscherben schief bis senkrecht aufgestellt längs Stromlinien (Abb. 9) oder am Rande großer Felsblöcke angeordnet (Abb. 10) oder aufrecht um einen Mittelpunkt gruppiert, wie die Blätter einer Rose (Steinrose, Abb. 7), oder regelmäßige geometrische Figuren bildend, sogenannte Polygonböden. Strukturen sind wegen ihrer unruhigen Oberfläche der Vegetation nicht günstig. Obgleich die Bewegung eine sehr langsame ist, stört sie eben doch bei dem ohnehin rauen Klima die Entwicklung der aufkeimenden Pflanzen; daher ist eine Landschaft mit Strukturboden kulturfeindlich, ihr Anblick so eigenartig und düster. An der Umrandung der Polygone begegnen sich die exzentrisch wirkenden Eisdrucke, weshalb der Boden hier relativ ruhig ist und die Ansiedelung einer bescheidenen Vegetation, meistens *Sedum*, erlaubt. Der Geograph J. HÖSLI, dem wir die Abb. 8 verdanken, glaubt, daß in Trockenrissen des Bodens die Grundursache der Polygonbildung zu suchen sei.

In der erwähnten Abhandlung von TROLL (10) sind alle bisherigen Theorien über die Entstehung von Strukturböden aufgezählt. Man ist heute ziemlich einig, folgende fünf Kräfte als für die Bewegung mitverantwortlich anzusehen:

1. Die Konvektion des Wassers im Boden bei Aenderungen der Temperatur, d. h. des spezifischen Gewichtes des Wassers;
2. die Volumenänderung beim Gefrieren bzw. Auftauen;
3. die Kohäsion, kapillares Hochsaugen von Wasser aus tieferen, nicht gefrorenen Bodenschichten;
4. die Schwerkraft, welche den Kräften 2 und 3 entgegenwirkt und ausgleicht;
5. Quellung, wenn kolloide Bodenbestandteile (Ton, Humus) vorhanden sind.

Wenn wir uns die Entstehung der Strukturen erklären wollen, gehen wir am besten von Vorgängen aus, die uns im täglichen Leben vertraut sind. Jedem Gartenbesitzer muß es auffallen, daß sein im Herbst von Steinen sorgfältig gesäubertes Bodenstück im Frühling, bald nach der Schneeschmelze, wieder mit neuen Steinen übersät ist und daß dieser Umstand sich alljährlich wiederholt. Fig. 1 soll den Vorgang erklären. Fig. 1 A zeigt den Zustand im Herbst. Ein Stein liegt unter der Oberfläche verborgen. Im Vorfrühling durchtränken schmelzender Schnee und Regen den Boden. In klaren Nächten dringt der Frost bis zu gewisser Tiefe. Eis hat ein größeres Volumen als Wasser, zudem wachsen die Eiskristalle senkrecht zur Abkühlungsfläche in die Höhe unter Aufnahme von Wasser von unten her durch Kapillarkräfte. (Man erinnere sich, wie ein Zuckerstück über der Kaffeetasse das braune Getränk entgegen der Schwerkraft emporsaugt!) Die gefrierende Bodenschicht wächst also mitsamt dem Stein in die Höhe (Fig. 1 B). Gegen Mittag taut der Boden oberflächlich auf. Nur unter dem hellen Stein, der ein schlechter Wärmeleiter ist, bleibt wie bei einem Gletschertisch ein Eisfuß bestehen (Fig. 1 C). Der ringsum aufgetaute Erdbrei sinkt zurück, auch etwas unter den Stein rings um den Eisfuß. Der Vorgang wiederholt sich mehrmals bei Frost in der Nacht und beim Auftauen am Tag. Als Resultat der Bewegungen finden wir den Stein schließlich obenauf (Fig. 1 D). Es bleibt noch zu untersuchen, ob dieses Emporheben nur die hellfarbigen Steine betrifft oder ob die schwärzlichen Steine zurückbleiben oder gar einsinken, weil sie die Wärmestrahlen gut absorbieren.

Wenn eine mergeligtonige Felsart verwittert, zerfällt sie zuerst in kleine Scherben. Das Wasser sickert zwischen den gröberen Stücken wie durch ein Sieb. Die allerfeinsten Partikel legen sich auf dem festen Felsgrund so dicht zusammen, daß sie eine wasserundurchlässige Lehmschicht bilden. In einer Zwischenschicht erlaubt eine gewisse

Herbst

Wechsel von Frost und Auftauen

Frühling

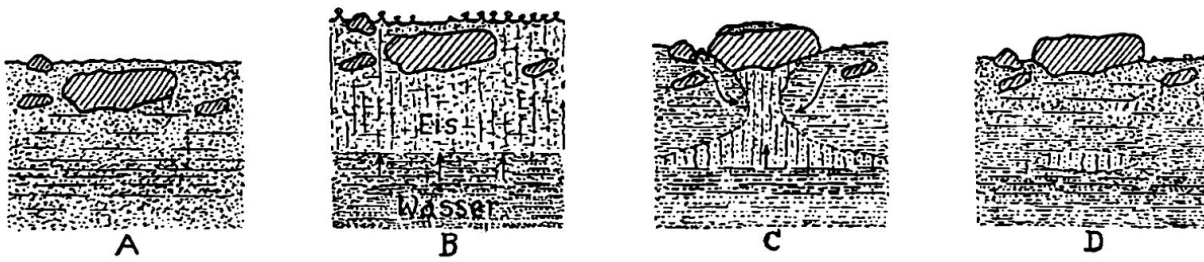


Fig. 1 Emporheben der Steine aus dem Erdreich eines Frostbodens

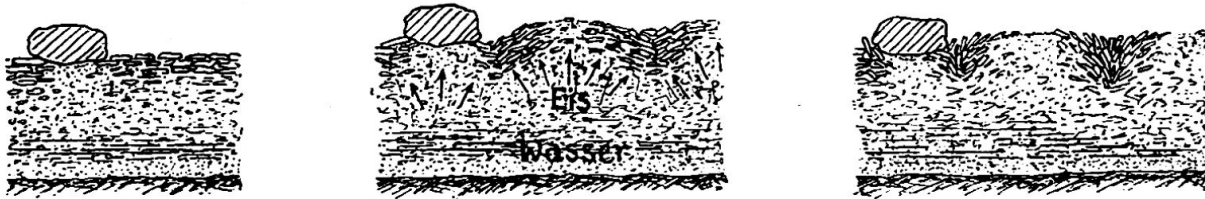


Fig. 2 Bildung von Steinnetzen (Polygonhöden) und Steinrosen. Hebung und Pressung bei Frost, Rücksinken beim Auftauen

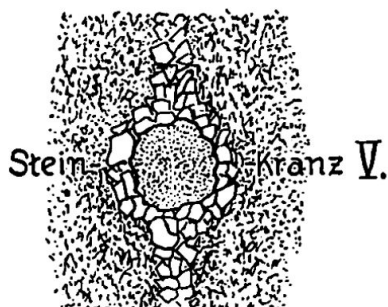
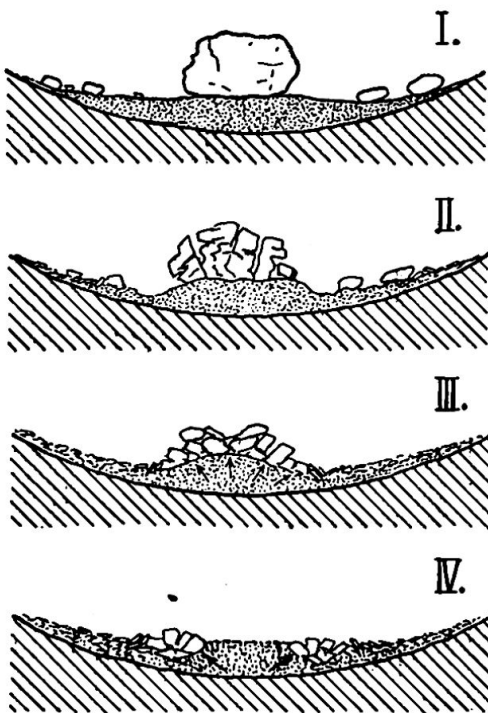


Fig. 4 I bis V
Entstehung eines Steinkranzes

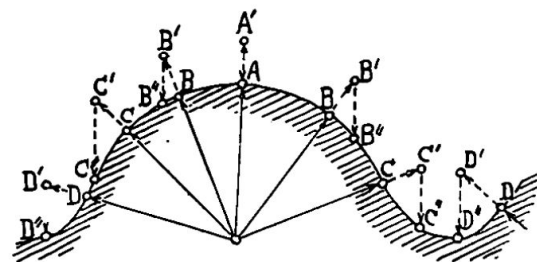


Fig. 3 Bewegung durch Frostwirkung (schematisch)

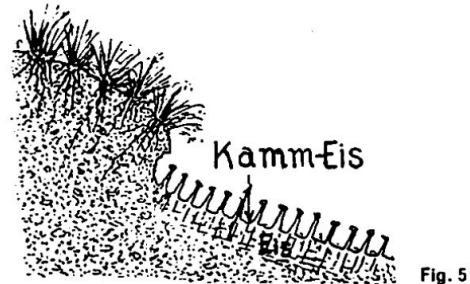


Fig. 5

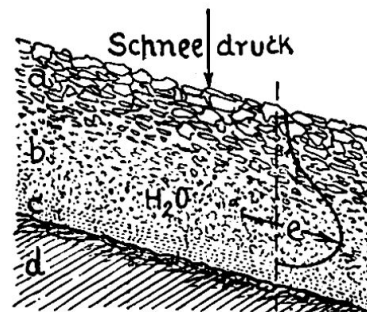


Fig. 6

SOLIFLUKTION

- a = Großer Schutt, Korngröße . . . > 0,2 mm
- b = Mehlsand, Korngröße 0,05 bis 0,006 mm
- c = Lehm, wasserdicht, Korngröße < 0,005 mm
- d = Anstehender Felsboden
- e = «Fließende» Schicht

Korngröße des eingeschlemmten verwitterten Materials, daß das Wasser gerade noch eindringen kann, jedoch darin kapillar festgehalten wird. Die optimale Korngröße liegt nach St. M. TABER (8) bei 0,05—0,006 mm. Diese Schicht birgt die latenten Bewegungskräfte; in ihr liegt die Ursache der Solifluktion, also des Bodenkriechens, wie wir ein ähnliches Fließen im Firn- und Gletschereis annehmen, wo auch zwischen den Eiskörnern kapillar festgehaltenes Schmelzwasser die Eismasse fließfähig macht (7). In Fig. 1 haben wir gezeigt, wie bei horizontaler Lage ein Stein von unten nach oben befördert wird. Was nun bei geneigtem Gelände geschieht, ist leicht zu erraten. Ein durch das Eis senkrecht zur Frostfläche gehobener Stein fällt nicht mehr gegen seinen Ausgangspunkt zurück, sondern unter dem Einfluß der allgemeinen Schwerkraft talwärts, wenn sein stützender Eisfuß abschmilzt. Fig. 3 zeigt schematisch, wie die Punkte B, C, D auf einer Halbkugel beim Anwachsen von Eiskristallen radial nach außen gedrückt werden, beim Auftauen jedoch in der Richtung der Erdschwere gegen die Peripherie zu B' C' D' hinsinken. Nur der Punkt A' im Zenit sinkt auf seinen Ausgangspunkt zurück. Die Entstehung eines Steinkranzes darf demnach wie folgt angenommen werden: Fig. 4. Der zurückweichende Gletscher hat einen großen Block auf dem Grundmoränenlehm liegen gelassen (I). Regen und Schmelzwasser schwemmen ringsherum Material weg, nur im Schutze des Blockes bleibt Lehm erhalten. Der Block selbst verwittert und zerfällt in kleinere Brocken (II). Die radial wirkenden Kräfte des quellenden Eises während schneefreien Frosttagen drücken die größeren Steine nach außen; am Ende entsteht ein Steinkranz mit einem feinerdigen Kern in der Mitte (III bis V und Abb. 6).

Auf dem Muttenseeplateau sehen wir auf Rundhöckern oder Schuttflächen Felsblöcke, die der Gletscher wahllos abgesetzt hat. Je nach deren Lage findet durch die Bodenbewegung eine verschiedenartige Materialsortierung statt. Zwischen zwei Rundhöckern zum Beispiel rücken die größeren Blöcke beidseitig abwärts (Fig. 3, rechts) bis zu ihrem Zusammentreffen längs einer mittleren Linie; oder die kleinen flachen Gesteinsscherben scharen sich, schief bis senkrecht durch Eisdruck aufgepreßt, um ein Zentrum, z. B. einen Stein, wie die Blätter einer Rose um die Staubgefäße. Am 27. Juli 1945 habe ich den Hof eines Steinkranzes auf dem Muttenseeplateau untersucht, indem ich einen 50 cm tiefen Querschnitt grub und ihm Lehmproben in 20 und 40 cm Tiefe entnahm. An der Oberfläche des Hofes lagen noch einige kleine Steinchen, sonst war das Material durchwegs feinkörnig und plastisch feucht, in 50 cm Tiefe gelblich und sehr dicht. Herrn Dr. R. HAEFELI vom Erdbau-Laboratorium der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH. Zürich verdanke ich die Untersuchung der Lehmproben. HAEFELI fand, daß das Material mehr als 50 Gewichtsprocente Schluff bis Grobschluff mit Korngrößen zwischen 0,02—0,002 mm enthält, also in hohem Maße befähigt ist, Frosteislamellen zu bilden.

Häufiger als Strukturböden mit Steinrosen und Steinnetzen sind in den Alpen Böden mit Solifluktion zu beobachten, vorwiegend in Gebieten mit Flyschformationen und im Jura in Lagen mit mergeligtoniger Fazies. Wir treffen da auch Wiesen, welche trotz großer Hangneigung naß und sauer sind, oder wo trotz geringer Neigung dennoch weite Bodenkomplexe sich in steter langsamer Bewegung befinden. Ueberall liegt da die Ursache im Vorhandensein einer Bodenschicht, in welcher Wasser kapillar festgehalten wird. Die betreffende Schicht ist beständig in einem labilen Zustand, der sich jedoch ändert, sobald eine stärkere Wasserzufuhr oder eine wachsende Belastung im Hangenden erfolgt (Fig. 6). In kalten Klimaten, also auch im Hochgebirge, können Bodenbewegungen beobachtet werden, die in ganz kleinen Maßen vor sich gehen, durch ihre weite Verbreitung und stetige Wiederholung im Endresultat aber doch bedeutsam werden können. Wir meinen die Bodenbewegung durch sogenanntes Kammeis. Wir sehen da, wie auf stark durchnäßigem Alpboden nach kalten Nächten zwischen Rasenpolstern Scharen feiner, oft mehrere Zentimeter hoher Eisnadeln stehen,

jede gekrönt mit einem Erdklumpchen oder einem Steinchen und so dicht beieinander wie die Zähne eines Haarkammes (daher «Kammeis», Fig. 5). Dieses Kammeis, das unter unseren Fußtritten klirrend zusammenbricht, hat morphologische Bedeutung; denn die gehobenen Erdklumpchen oder Steine fallen beim Auftauen talwärts, unterhöhlen die Rasenpolster, welche hauptsächlich durch den Druck kriechenden Schnees nachsinken und eine, wenn auch langsame, oberflächliche Hangbewegung bewirken.

In den Alpen sind Strukturböden vorwiegend auf die Höhenlagen zwischen Schneegrenze und Baumgrenze beschränkt. In der Nähe der letzteren stoßen wir nicht selten auf Felder, die mit zahlreichen kleinen Rasenhügeln bedeckt sind. In der Fachliteratur werden sie «Zwergtorfhügel» genannt, in Skandinavien «Thufur» oder «Palsen». Das Vorkommen solcher Gebilde ist wiederum an besondere Bodenarten (wasserzurückhaltend) und an besondere Klimate (feuchtkalt) gebunden. Abb. 11 zeigt ein Zwergtorfhügelfeld von der Grindelalp im Berner Oberland. Der Boden besteht aus sandigen Kalken und Tonschiefern des mittleren Doggers, das Klima ist der Lage am Nordrand der Alpen und der Höhenlage von rund 2000 m entsprechend kalt und feucht. Ein Querschnitt durch einen Hügel von zirka 60 cm Durchmesser zeigt deutlich einen kuppelförmigen Kern aus feinkörnigem, ockerfarbigem, plastischem Lehm (Abb. 12). Darüber folgt dunkelbraune torfige Erde und als Decke ein Polster aus borstigem Gras. Bei Frost schützt das Rasenpolster gegen das rasche Eindringen der Kälte, wogegen der nackte Boden ringsum bei nächtlicher Ausstrahlung gefriert. Durch kapillares Hochsaugen von Wasser aus der ungefrorenen Tiefe vergrößern sich die Eisbildungen. Das quellende Eis in den Rinnen rings um die Rasenpolster drückt konzentrisch den feuchten, plastischen Lehm zu einer Kuppel zusammen, bis bei Wiederholung des Vorganges ein kleiner Hügel entsteht. Auffallend ist die regelmäßige Streuung der Torfhügel, was auch hier vermuten läßt, daß polygonbildende Trockenrisse des Bodens der Grund sind. Das Vieh benützt beim Gehen mit Vorliebe die Zwischenräume und erzeugt so sekundär die bekannten parallelen Viehtrittwege.

Die wasserfesthaltenden Bodenschichten des Hochgebirges sind vegetationsfeindlich, dafür wirken sie ausgleichend auf Wasserabfluß und Verdunstung. In tieferen Gebirgslagen werden sie von größerer wirtschaftlicher Bedeutung, weil in ihrem Bereich schädliche Bodenbewegungen auftreten oder ausgedehnte saure Wiesen bestehen, wo eine bessere Nutzung erzielt werden könnte. H. STAUBER (6) hat m. E. ganz recht, wenn er sagt, daß bei solchen Böden das Ziehen von Abzugsgräben unten allein nicht viel nützt, weil das Wasser kapillar doch festgehalten bleibt, daß dagegen oberhalb des gefährlichen Hanges mit allen Mitteln versucht werden sollte, das zufließende Wasser seitlich abzuleiten, damit der Boden allmählich austrocknen kann und zur Ruhe kommt.

Meiner Ansicht nach gehören nicht nur diejenigen Böden, auf welchen besondere Figuren und Formen auftreten, zu den Strukturböden, sondern alle geneigten Böden, welche dauernd naß sind, ob sie in Bewegung sind, oder vorderhand noch ruhend; denn auch hier wird das Wasser kapillar festgehalten und bringt den Boden in Bewegung, wenn Frost oder außergewöhnliche Belastungen eintreten.

Zitierte Literatur:

1. BESKOV, G.: Erdfließen und Strukturböden. Geologische Fören. 52, 1930, S. 622—638.
2. CAROL, H.: Beschreibung einer Gruppe von Gletscherrandklüften am Obern Grindelwaldgletscher. Mitteilungen der Geographisch-Ethnographischen Gesellschaft Zürich, 42, 1943—1945, S. 12—51.
3. FLÜCKIGER, O.: Schuttstrukturen am Kilimandscharo. Petermanns Mitteilungen, 80, 1934, S. 321—324, 357—359.
4. HAUSER, C.: Der Vordere Selbsanft. Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs, I, 1864, S. 146—162.
5. OBERHOLZER, J.: Geologische Karte des Kantons Glarus. Bern 1942.
6. STAUBER, H.: Wasserabfluß, Bodenbewegungen und Geschiebetransport in unseren Berglandschaften. Zürich 1944.
7. STREIFF-BECKER, R.: Beitrag zur Gletscherkunde. Forschungen am Claridenfirn. Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, 75, 2, 1943, S. 111—130.
8. TABER, ST. M.: Frost Heaving. Journal of Geology, 37, 1929, S. 428—461.
9. TARNUZZER, C.: Die Schuttfacetten der Alpen und des hohen Nordens. Petermanns Mitteilungen, 57, II, 1911, S. 262—264.
10. TROLL, C.: Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde. Geologische Rundschau, 34, 1944, S. 545—694.