

# Die Hochgebirgsstufe : ihre Abgrenzung mit Hilfe der Solifluktionsgrenze

Autor(en): **Furrer, Gerhard / Fitze, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia**

Band (Jahr): **25 (1970)**

Heft 4

PDF erstellt am: **05.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-50084>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die Hochgebirgsstufe — ihre Abgrenzung mit Hilfe der Solifluktionsgrenze<sup>1</sup>

Gerhard Furrer und Peter Fitze

## 1. Der Hochgebirgsbegriff

Die Auseinandersetzung des Geographen mit dem Hochgebirge setzt eine begriffliche Klärung des Untersuchungsobjektes sowie Kriterien für dessen Abgrenzung voraus. Mit diesen beiden Problemen befassen sich Troll (1955) und die IGU-Commission on High-Altitude Geoecology. Nach Troll ist der Hochgebirgsbegriff ein Landschaftsbegriff. Er versteht unter Hochgebirge «Gebirge, die sich in dem jeweiligen Klimagürtel zu solcher Meereshöhe erheben, daß sie den Formenschatz, das Pflanzenkleid, die Verwitterungsböden und den Landschaftscharakter annehmen, die man mit der ursprünglich in den Alpen gewonnenen Vorstellung eines Hochgebirges verbindet. Dazu gehört, daß sich die Gebirge über die obere Grenze des Waldes und Baumwuchses erheben; weiter, daß sie in der Eiszeit . . . über die damalige Schneegrenze aufragten, so daß sich der an den nivalen Klimabereich gebundene Formenschatz ausbilden konnte; schließlich, daß in der heutigen Landschaft durch eine starke Wirkung der Bodengefrorennis der mechanische Gesteinszerfall, die Strukturbodenbildung und die solifluidale Bodenabtragung flächenhaft wirksam werden können.»

Aus dieser Definition resultieren die Kriterien zur Abgrenzung der Hochgebirgslandschaft. Troll (1955) schlägt die drei folgenden Kriterien vor:

1. Die obere Waldgrenze als Ausdruck der gegenwärtigen klimatischen und vegetationskundlichen Verhältnisse;
2. die (letz-)eiszeitliche Schneegrenze als Ausdruck des im Eiszeitalter entstandenen, heute noch in Vorzeitformen vorhandenen und das Hochgebirge beherrschenden Formenschatzes;
3. die Untergrenze der subnivalen Bodenabtragung als Ausdruck für die gegenwärtige bodenkundliche und geomorphologische Dynamik.

Diese drei Kriterien erweisen sich für eine weltweite Abgrenzung der Hochgebirgsstufe als zweckmäßig. Solange man aber nur unsere Alpen zum Gegenstand der vorliegenden Betrachtung wählt, kann auf eine Grenzziehung mit Hilfe der – schwer bestimmbaren – (letz-)eiszeitlichen Schneegrenze verzichtet werden, weil die beiden andern Kriterien hinreichend bekannt sind und außerdem nahe beisammen liegen. Das ist aber nicht in allen Gebirgen der Erde der Fall. Denken wir beispielsweise an die

Hochgebirge im trockenen Innern Asiens mit extrem hochliegender rezenter Schneegrenze, wo die Baumgrenze weit zurückbleibt und beträchtlich unter der Grenze des Hochgebirgsreliefs liegt und wo die subnivale Höhenstufe<sup>2</sup> auf 600–700 m Höhenausdehnung zusammenschrumpft (Furrer, 1965 b). Leider wird dort auch die an sich schon schwierige Bestimmung der eiszeitlichen Schneegrenze mit Hilfe der Gletscher sehr problematisch, denn diese reagierten aus Reliefgründen auf eine Depression der Schneegrenze völlig anders als in den Alpen. So sind im Karakorum weitausladende, schwach geneigte Flächen selten, steile Reliefelemente herrschen vor. Bei einer Schneegrenzdepression werden daher die Nährgebiete der Kesselgletscher – die vornehmlich durch Lawinen ernährt werden – nicht wesentlich vergrößert, im Gegensatz zu jenen unserer alpinen Firnmuldengletscher, deren umgebendes Relief mit seinen weitausladenden Flächen durch eine tiefergelegte Schneegrenze in die Nährgebiete einbezogen werden können, was während einer Kaltzeit zu ihrer Vergrößerung führt.

Über den Verlauf der würmeiszeitlichen Schneegrenze sind wir überhaupt – verglichen mit den Kriterien 1 und 3 – schlecht unterrichtet. Es stellt sich die Frage, ob man dieses Kriterium nicht durch den «Formenkreis der Hochgebirge» ersetzen sollte, visiert doch Troll selbst die Gestaltung des Reliefs an (z. B. Kare, zugeschärfte Gebirgskämme, steile Gipfel, glattpolierte Rundhöcker), welche dem Gebirge erst den Hochgebirgscharakter verleiht. Wohl ist dieser Erscheinungskomplex eine Folge pleistozäner Vereisung, die Fixierung der nicht mehr vorhandenen Schneegrenze aber bereitet größere Schwierigkeiten als die Erfassung des formalen Erscheinungskomplexes eines Hochgebirgsreliefs.

Bei der Abgrenzung der Hochgebirgslandschaft mit Hilfe der drei Kriterien Trolls sind wir uns der Tatsache bewußt, daß die Grenzen dieser drei weitgehend klimatisch bedingten Erscheinungskomplexe Grenzgürtel darstellen, deren in Karten und Profilen als Linie gezeichnete Abbildungen nicht miteinander zusammenfallen. Am Alpenordrand beispielsweise dürfte die letzteiszeitliche Schneegrenze um 1200 m ü. M. festzulegen sein, während die beiden andern Grenzen rund 600 bzw. 800 m höher liegen.

In der vorliegenden Arbeit beschränken wir uns auf das dritte Kriterium. Gemeinsame Merkmale aller Hochgebirgslandschaften «bieten sich im Sinne der klimatischen Morphologie in einer bodenkundlich-

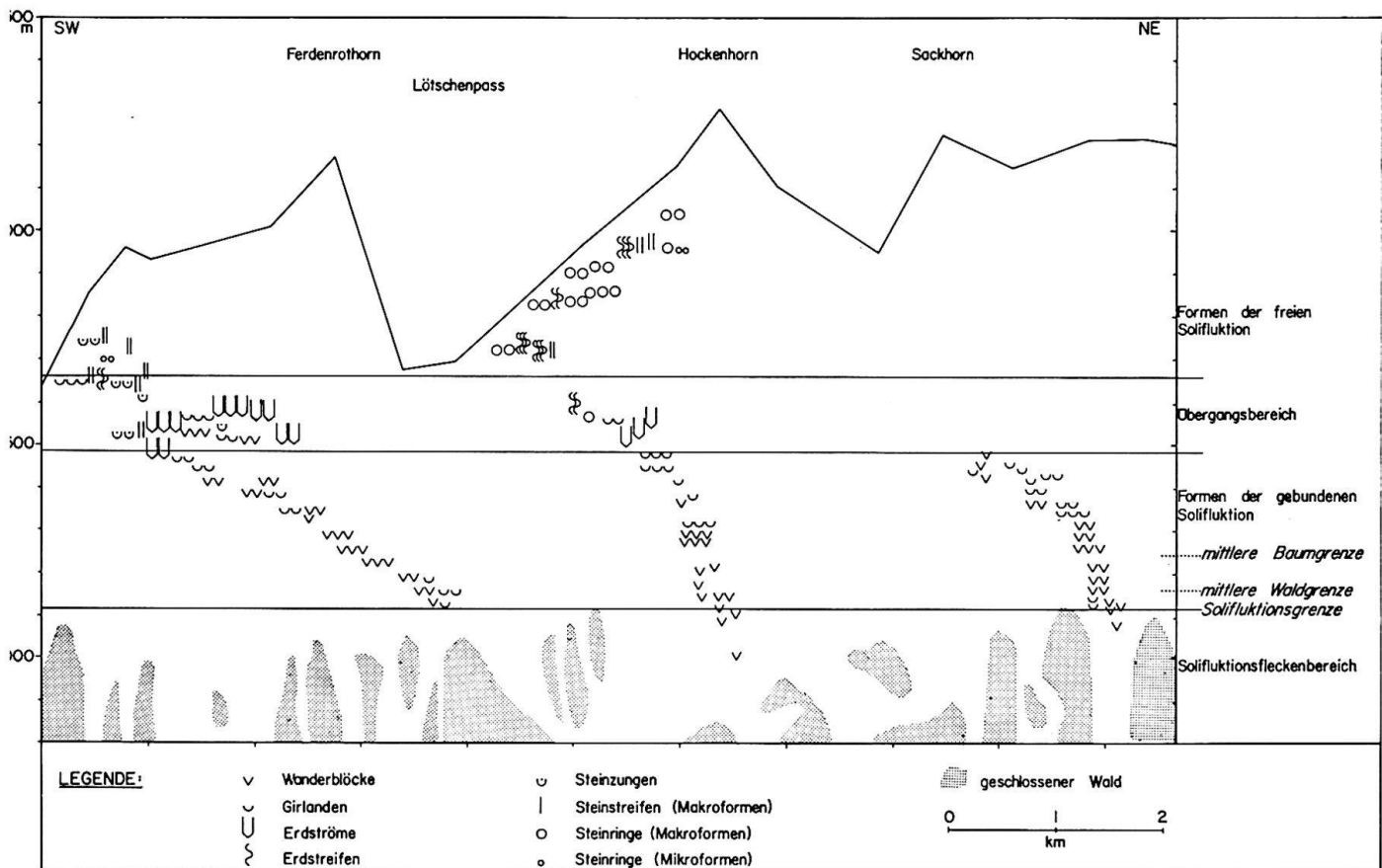
geomorphologischen Dynamik an, der alle Böden mit einer gewissen Annäherung an die Schneegrenze sehr stark unterliegen» (Troll, 1955). Es handelt sich dabei neben Vorgängen der Schuttbildung in erster Linie um den Schutttransport in Form der Solifluktion i. w. S. Deren große formbildende Bedeutung liegt darin, daß sich ihre Wirkungen auch auf nicht geneigten Flächen manifestieren, wo sich beispielsweise als Folge kräftiger Bodenversetzungen auf horizontalen Flächen Strukturböden bilden.

Wie Troll (1944) weiter zeigt, ist die solifluidale Denudation nicht auf eine bestimmte Klimazone beschränkt, sondern sie wirkt von den polaren bis zu den äquatorialen Kaltklimaten. Damit ist sie geeignet, zur Abgrenzung der Hochgebirgslandschaft in allen Breitenlagen herangezogen zu werden. Die Solifluktion wirkt im subnivalen Bereich, der im Großen gesehen zwischen der Schnee- und der Baumgrenze liegt (Troll, 1944). Das Kleinrelief dieser subnivalen Höhenstufe kann durch den solifluidalen Formenkreis geprägt sein. Wo die tiefstliegenden Vertreter dieses Formenkreises über größere Flächen das Kleinrelief mitbestimmen, ziehen wir

die Solifluktionsgrenze. Diese Grenze schließt das Hauptverbreitungsgebiet der Solifluktionsformen ab und bildet die Untergrenze des subnivalen Bereichs (Furrer, 1965 b und Fitze, 1969). Diese Grenze liegt – wie wir sehen werden – in den Alpen etwas über der heutigen Waldgrenze; sie dient uns zur Abgrenzung der Hochgebirgsstufe.

## 2. Die Abgrenzung der Hochgebirgsstufe mit Hilfe der Solifluktionsgrenze

Die Erarbeitung der Solifluktion(s)grenze setzt Kartierungen des Solifluktionsformenschatzes voraus. Die Grenzziehung basiert damit auf in der Landschaft deutlich erkennbaren Äußerungen der Solifluktion. Dabei sind wir uns bewußt, daß sich solifluidale Denudationsvorgänge nicht unbedingt nur in der Bildung eines spezifischen Formenschatzes äußern. Oberflächlich nicht gegliederte Solifluktionsdecken sind aber – besonders in der Mattenstufe – nicht leicht erkennbar und daher schwierig anzusprechen. Daraus ergibt sich, daß die Solifluk-



Figur 1. Der Solifluktionsformenschatz von drei kartierten Routen auf der südostexponierten Seite des Lötschentales (die Kartierung rechts wurde auf einer Höhe von 2500 m abgebrochen). Obwohl auch unterhalb der von uns gezogenen Solifluktionsgrenze zahlreiche Blöcke auf verschieden stark geneigten Hängen herumliegen, beginnen diese erst von einer bestimmten Höhenlage an zu wandern. Diese Höhenlage ist in allen drei Routenbeispielen praktisch dieselbe. – Die Solifluktionsgrenze liegt in der Mattenstufe (alpiner Rasen). Baum- und Waldgrenze wurden einer unveröffentlichten Arbeit von Bachmann entnommen. Diese Werte gelten für die sonnseitigen Hänge des Lötschentales allgemein. Um im Bereiche der Kartierungen die lokale Waldgrenze zu zeigen, wurden die Parzellen des geschlossenen Waldes eingetragen

tion auch noch unterhalb der so gewonnenen Solifluktionsgrenze wirken kann.

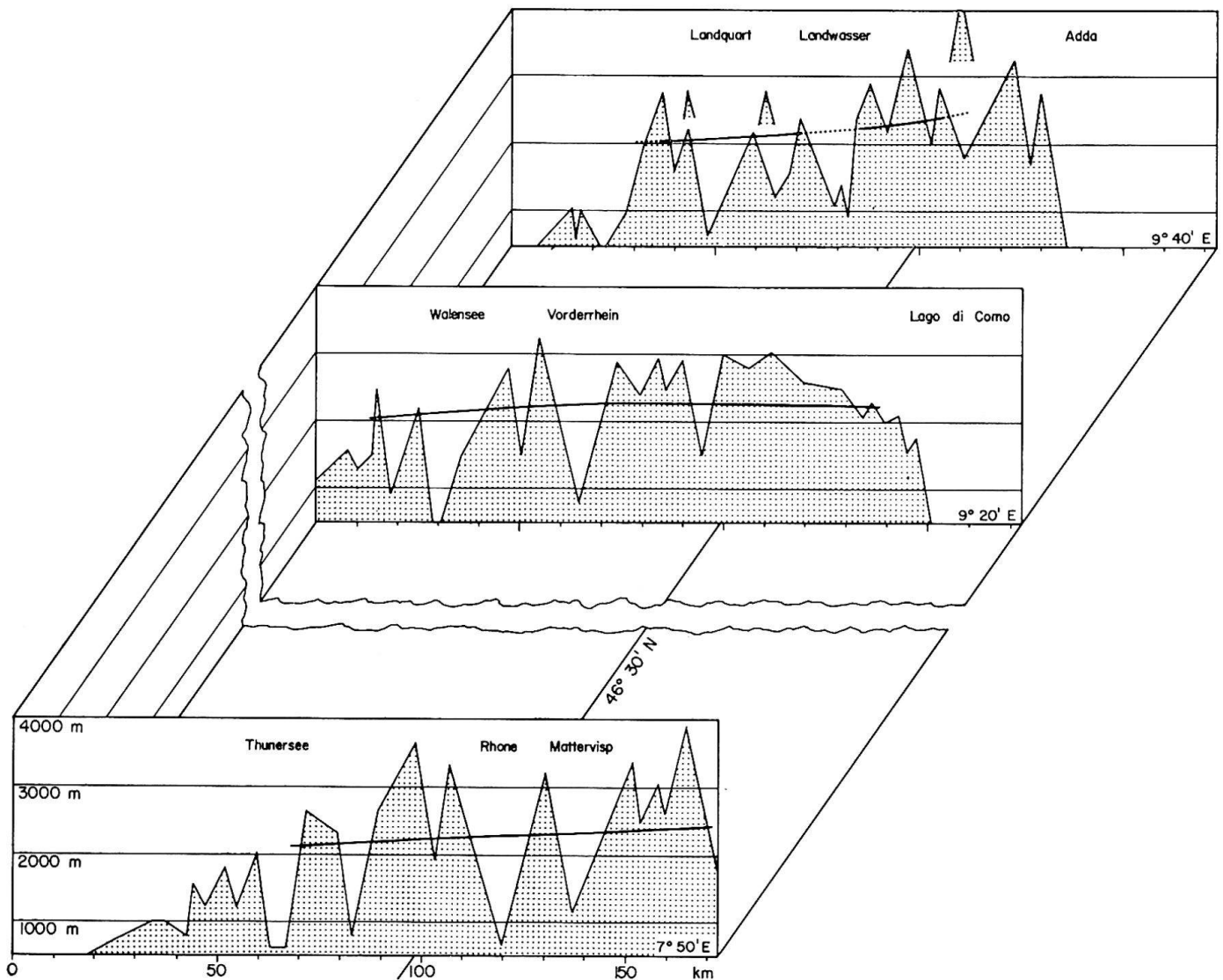
Eine andere Schwierigkeit bietet das Altersproblem. Beim Kartieren ist man nie sicher, ob eine Form noch aktiv ist. Da aber Bewegungen auf Solifluktionsformen der Mattenstufe heute nachgewiesen werden können (Zuber, 1968; Furrer, Bachmann, Fitze, unveröffentlicht), schenken wir der Altersfrage keine weitere Beachtung und schließen alle oberflächlich sichtbaren Solifluktionsformen in die Kartierung ein.

Das Beispiel von drei kartierten Routen im Lötschental (Fig. 1) zeigt die höhenwärtige Abfolge des Solifluktionsformenschatzes, bzw. seiner verschiedenen Typen einerseits und die vorgenommene Abgrenzung der subnivalen Höhenstufe andererseits.

Die im Lötschental erarbeitete Höhenabfolge der Formtypen gilt in den Alpen allgemein, sie läßt sich auch im Karakorum und in Ostspitzbergen nachweisen (Furrer, 1965a, 1969). Bei der Festlegung der Solifluktionsgrenze ergeben sich methodische Pro-

bleme. Sie ist bisher nicht allgemeingültig geregelt und wird je nach Bearbeiter verschieden vorgenommen. Wie die ausgewählten Beispiele zeigen, erlauben solche Routenkartierungen – sofern Solifluktionsformen in genügender Dichte auftreten –, das Hauptverbreitungsgebiet dieses Formenschatzes abzugrenzen. Das kommt bei Kelletat (1970, S. 122) deutlich zum Ausdruck, der die Untergrenzwerte für Schottland so festlegt, «... daß erst mit einer für ein bestimmtes Gebiet regelhaften... Formendichte und Qualität der Ausbildung eine Grenzlinie gezogen wurde und die tiefsten, weit verstreut liegenden... Formen ausgeklammert bleiben».

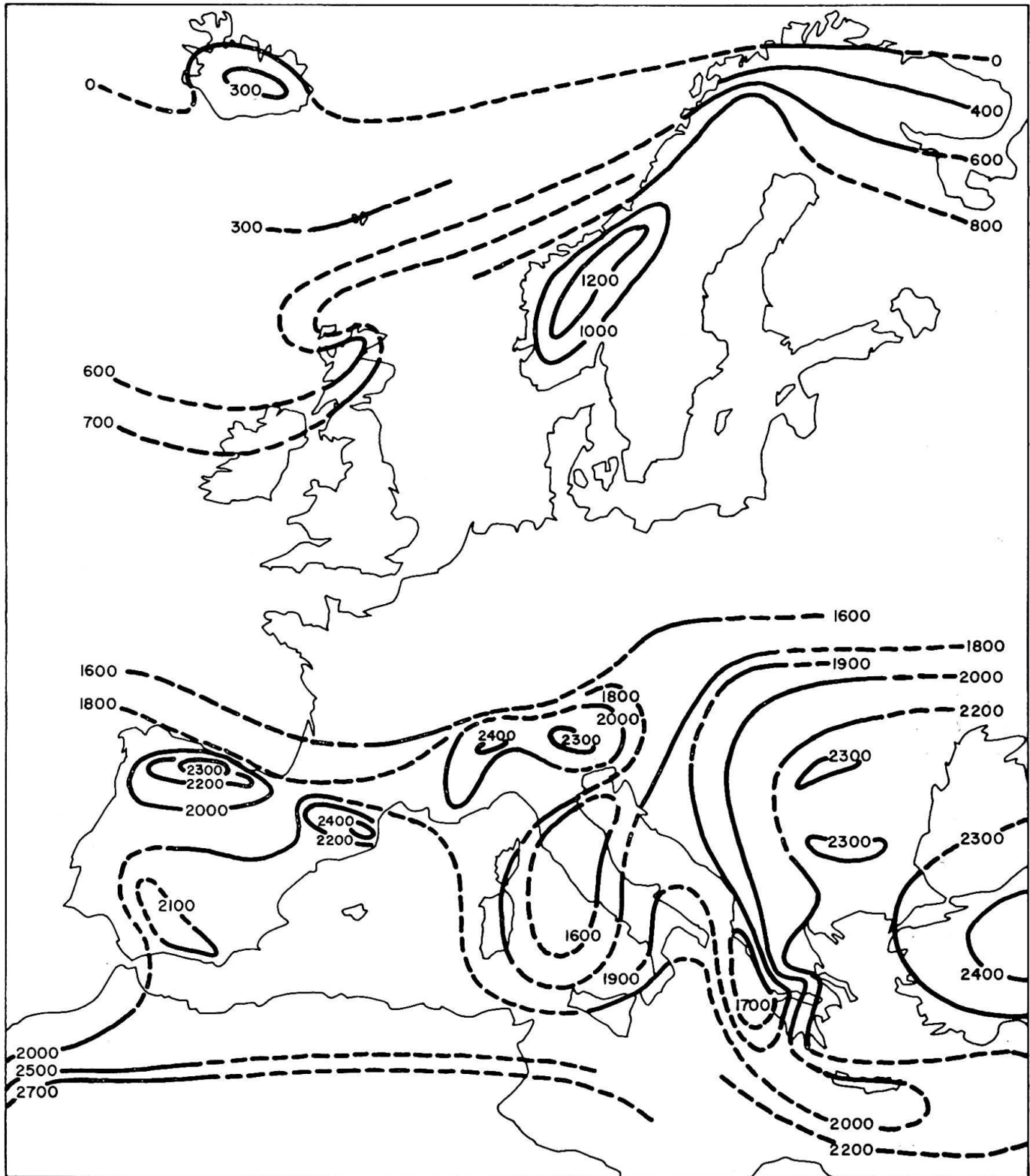
Wie aus den Beispielen aus dem Lötschental ersichtlich wird, stützen wir uns bei der Grenzziehung auf die tiefstliegenden Vertreter der Solifluktionsformen in der Mattenstufe, nämlich auf Girlanden und Wanderblöcke. Liegen von diesen beiden Formtypen zahlreiche Funde vor, so kann die Grenzziehung sogar nach statistischen Kriterien vorgenommen werden, indem innerhalb der höhenwertigen Verbreitung des gleichen Typs eine Kernzone der



Figur 2. Die Hochgebirgsstufe am Beispiel von drei Profilen durch unsere Alpen, abgegrenzt mit Hilfe der Solifluktionsgrenze. Die Grenzziehung beruht hauptsächlich auf Girlandenvorkommen

Verbreitung bestimmt werden kann. Diese umfaßt mindestens 60% (Furrer, 1965a) oder nach Dorigo (1969) und Fitze (1969) rund 65% aller kartierten Beobachtungen. Dorigo (1969) hat die Verteilung der Wanderblöcke bezüglich ihrer Höhenlage untersucht und konnte nachweisen, daß diese durch eine Normalverteilung als Spezialfall einer binomischen Verteilung angenähert werden kann. Er vermutet aufgrund weiterer Untersuchungen außerdem, daß diese Verteilung ebenso für die Höhenlage

von Girlanden gilt, wie dies Fitze (1969) beobachtet hat. Selbstverständlich kommt man aufgrund nur einer einzelnen Routenkartierung nicht zu diesem Ergebnis, sondern nur durch Auswertung mehrerer Kartierungen innerhalb eines bestimmten Gebietes. Methodisch kann man einen Schritt weiter gehen, indem die einzelnen Formtypen an jedem Standort nicht nur quantitativ, sondern auch nach qualitativen Gesichtspunkten (Grad der Ausbildung der betreffenden Form) kartiert werden. Die Untersu-



Figur 3. Die Untergrenze der Hochgebirgsstufe in Europa, erarbeitet von K. Graf

chungen von Fitze (1969) ergaben aber, daß zur Grenzziehung eine Beurteilung der kartierten Formen nach qualitativen Gesichtspunkten vernachlässigt werden darf. Die Berücksichtigung des Ausbildungsgrades der Formen führt nämlich zu keinen wesentlich andern Grezwerten als zu jenen, die man aufgrund rein quantitativer Kartierung gewinnt.

Für die Grenzziehung erschwerend ist die Tatsache, daß das Auftreten der Solifluktuionsformen – abgesehen von der Reliefgestaltung – durch Expositions- und Gesteinsunterschiede beeinflußt wird. Über den Einfluß der letzteren wissen wir noch wenig Konkretes. Nach den Arbeiten von Kelletat (1969 und 1970), Stingl (1969) und Graf (1970) zu schließen, ist die Höhenlage sowie der Verlauf der Solifluktuionsgrenze gesteinsabhängig. Feldbeobachtungen lassen den Schluß zu, daß die Lage dieser Grenze beim Übertritt von einer petrographischen Provinz zur andern sich sprunghaft ändern kann. Die von Graf (1970) im Unterengadin durchgeführten Kartierungen ergeben eine Höherlegung der Solifluktuionsgrenze gegenüber Dolomit, Bündnerschiefer und Flysch von rund 200 m in Verrucano, Granit und Gneis und von rund 300 m in Grüngesteinen. Bezüglich des Einflusses der Exposition beschränkten wir uns vorläufig auf Unterschiede zwischen nord- und südexponierten Hängen. Aufgrund verschiedener Arbeiten ergibt sich ein bevorzugtes Auftreten gebundener (und gehemmter) Solifluktuionsformen in südlichen Auslagen. Außerdem liegen diese in Südexposition auch höher (Messerli, 1965, Rathjens, 1965, Höllermann, 1967, Fitze, 1969, Kelletat, 1969 und Graf, 1970).

Trotz diesen erwähnten erschwerenden Umständen zeigt sich, daß in den Alpen sowie in anderen Gebirgen Europas die Solifluktuionsgrenze i. a. in mäßigem Abstand (rund 50–150 m) über der Waldgrenze liegt<sup>3</sup>. Das erlaubt uns, die in verschiedenen Regionen Europas von verschiedenen Autoren erarbeiteten Solifluktuionsgrenzen miteinander zu vergleichen, ihre Lage anhand der Waldgrenze zu prüfen und über einen größeren Raum Europas festzulegen.

Es stellt sich noch die Frage, ob die Solifluktuionsformen einer durch den Menschen tiefergelegten Waldgrenze nachfolgen:

Um dieses Problem zu klären, eignen sich Kartierungen in den von Walsern vor einigen Jahrhunderten gerodeten Hochtälern wie Avers und Safiental. Am südexponierten Hang ob Juf im Avers, am Aufstieg zum Stallerberg, liegt die Untergrenze der Girlanden auf 2500 m, jene der Wanderblöcke auf knapp 2200 m. Im anderen Testgebiet, im Anstieg vom Safiental zum Safierberg, sind die weiten Fettwiesen und Weideflächen praktisch frei von den erwähnten Typen. Auch im Lötschental (Fig. 1) konnte nirgends ein regelhaftes Absinken dieser Formen in die entwaldeten Gebiete unterhalb der

Waldgrenze beobachtet werden. Auf Grund seiner Beobachtungen in Schottland kommt auch Kelletat (1970) zum Schluß, «daß die weitgehende Entwaldung . . . in keinem Falle eine talwärtige Reichweite solifluidaler Prozesse beeinflußt hat» (S. 125). Anders scheinen sich die Verhältnisse im Mittelmeerraum zu verhalten: So kommt beispielsweise Kelletat (1969, S. 72 f.) zum Schluß, daß «das Absinken der Solifluktuionsuntergrenze an allen Hängen . . . im Kalkapennin . . . eine Folge der menschlichen Wirtschaft (Entwaldung und Viehhaltung)» sei. Unseres Erachtens ist diese Frage noch nicht restlos geklärt. Die erwähnten Beispiele aus den Alpen und Schottland veranlassen uns vorläufig zum Schluß, daß die Solifluktuionsgrenze zumindest in diesen Gebieten eine natürliche Grenze darstellt, die in erster Linie klimaabhängig ist.

### 3. Ergebnisse

Die Resultate unserer Grenzziehung sind graphisch in Profilen durch unsere Alpen und in einer Europakarte dargestellt. In Figur 2 wird der Anstieg der Hochgebirgsstufe vom Alpennordrand zur Zone der größten Massenerhebung sichtbar.

Von den Alpen ausgehend, wurde der Versuch gewagt, die Untergrenze der Hochgebirgsstufe in Europa zu bestimmen. Grundlage dazu bildete die vielschichtige Literatur zum Solifluktuionsproblem sowie eigene Feldarbeit. Ausschließlich auf Grund von Arbeiten anderer Geographen, die im Literaturverzeichnis aufgeführt sind, wurde die Abgrenzung vorgenommen für die Färöer, für Schottland, die Pyrenäen- und Balkanhalbinsel, das Atlasgebirge und für Kleinasien. Die eingezeichneten Höhenlinien beruhen in erster Linie auf Solifluktuionsformen. Deren Höhenlage wurde anhand der Waldgrenzkarte kontrolliert. Die Karte von Figur 3 ist als Fortsetzung der Karte von Rathjens (1965) gedacht, der die Solifluktuionsgrenze für die Gebirge Vorderasiens bestimmt hat. Das in der Karte festgehaltene Resultat soll durch künftige Arbeiten verfeinert werden. Bis dahin kann sie zur Orientierung über die Lage der Hochgebirgsstufe in Europa dienen.

### Anmerkungen

<sup>1</sup> Wir danken der Stiftung für wissenschaftliche Forschung an der Universität Zürich für ihre Unterstützung unserer Feldarbeit.

<sup>2</sup> Die subnivale Höhenstufe liegt zwischen der Schnee- und der Solifluktuionsgrenze.

<sup>3</sup> Nach Büdel (1944) liegt die Untergrenze des rezenten Bodenfließens in den Gebirgen Europas im allgemeinen innerhalb der Krummholzregion, etwas oberhalb der Grenze hochstämmigen Baumwuchses. Sie fällt nach ihm nirgends mit einer Vegeta-

tionsgrenze zusammen und ist daher in erster Linie von unmittelbaren Klimawirkungen abhängig. Troll (1969) stellt fest, daß die Untergrenze des solifluidalen Bereiches in Beziehung zur Waldgrenze steht, jedenfalls dort, wo eine klare thermisch bedingte Waldgrenze entwickelt ist.

### Literatur

Bachmann, F.: Die traditionelle Kulturlandschaft einer Berggemeinde (Blatten im Lötschental). Habil.-Schrift Universität Zürich, unveröffentlicht, 1970.

Bär, O. und Leemann, A.: Klimamorphologische Untersuchungen in Marokko. Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich, Jg. 108, 3, 1963.

Büdel, J.: Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet. Geol. Rundschau, 34, 1944.

— Die Klimazonen des Eiszeitalters. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 1, 1951.

Dorigo, G.: Untersuchungen zur (gebundenen) Solifluktion am Sustenpaß und auf der Melchsee-Frutt. Diplomarbeit, Manuskript Universität Zürich, 1969.

Fitze, P.: Untersuchungen von Solifluktionserscheinungen im Alpenquerprofil zwischen Säntis und Lago di Como. Diss. Universität Zürich, 1969.

Furrer, G.: Die Höhenlage von subnivalen Bodenformen. Habil.-Schrift Universität Zürich, 1965a.

— Die subnivale Höhenstufe und ihre Untergrenze in den Bündner und Walliser Alpen. Geogr. Helv., Heft 4, 1965b.

— Vergleichende Beobachtungen am subnivalen Formenschatz in Ostspitzbergen und in den Schweizer Alpen. Franz Steiner Verlag GmbH, Wiesbaden, 1969.

—, Bachmann, F. und Fitze, P.: Erdströme im Schweizerischen Nationalpark, unveröffentlicht.

Graf, K.: Untersuchungen an Solifluktionsformen im Raum Ofenpaß–Unterengadin. Diplomarbeit, Universität Zürich, 1970.

Hagedorn, J.: Beiträge zur Quartärmorphologie griechischer Hochgebirge. Göttinger Geogr. Abh., Heft 50, 1969.

Höllermann, P.: Rezente Verwitterung, Abtragung und Formenbildung im oberen Suldental (Ortlergruppe, Südtirol). Ztschr. f. Geomorph., NF Suppl. Bd. 4, 1964.

— Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen. Göttinger Geogr. Abh., Heft 40, 1967.

Kelletat, D.: Verbreitung und Vergesellschaftung rezenter Periglazialerscheinungen im Apennin. Göttinger Geogr. Abh., Heft 48, 1969.

— Rezente Periglazialerscheinungen im schottischen Hochland. Göttinger Geogr. Abh., Heft 51, 1970.

Kim, D.: Die dreidimensionale Verteilung der

Strukturböden auf Island in ihrer klimatischen Abhängigkeit. Diss. Bonn, 1967.

Messerli, B.: Beiträge zur Geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien). Diss. Universität Bern, 1965.

— Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. Geogr. Helvetica, Heft 3, 1967.

Ohlson, B.: Frostaktivität, Verwitterung und Bodenbildung in den Fjeldgegenden von Enontekiö, Finnisch-Lappland. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis, Helsinki, 1964.

Pécsi, M.: Ten Years of Physical Geographic Research in Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964.

Philbert, K.: Recherches sur les sols polygonaux et striés. Biul. Perygl., 13, 1964.

Rapp, A. und Rudberg, S.: Studies on Periglacial Phenomena in Scandinavia 1960–1963. Biul. Perygl., 14, 1964.

— und Annersten, L.: Permafrost and Tundra Polygons in Northern Sweden. McGill-Queen's University Press, Montreal, 1969.

Rathjens, C.: Ein Beitrag zur Frage der Solifluktionsgrenze in den Gebirgen Vorderasiens. Ztschr. f. Geomorph., NF Bd. 9, Heft 1, 1965.

Rudberg, S.: Västerbottens Berggrundsmorfologie. Geographica Nr. 25, 1954.

Schweizer, G.: Der Formenschatz des Spät- und Postglazials in den Hohen Seealpen. Diss. Univ. Tübingen, 1968.

Semmel, A.: Verwitterungs- und Abtragungerscheinungen in rezenten Periglazialgebieten (Lappland und Spitzbergen). Würzburger Geogr. Arbeiten, Heft 26, 1969.

Stingl, H.: Ein periglazialmorphologisches Nord-Süd-Profil durch die Ostalpen. Diss. Univ. Göttingen, 1969.

Svensson, H., Källander, H., Maack, A. und Ohrigen, S.: Polygonal Ground and Solifluction Features. Lund Studies in Geographic, Ser. A, Physical Geography No. 40, 1967.

Tricart, J.: Les actions périglaciaires du quaternaire récent dans les Alpes du Sud.

— Périglaciaire et fluvioglaciaire Essai de corrélation du quaternaire de la Durance. Etudes et Mémoires, IV, 1954.

Troll, C.: Strukturböden, Solifluktion und Frostklimata der Erde. Geol. Rundschau, Bd. 34, Heft 7/8, 1944.

— Über das Wesen der Hochgebirgsnatur. Jahrbuch Österr. Alpenver., 1955.

— Die dreidimensionale Geographie und Landschaftsökologie der Erde. Akad. d. Wissenschaften und der Literatur, Jahrbuch 1969.

Zuber, E.: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an Strukturrassen im Schweiz. Nationalpark. Diss. Univ. Zürich, 1968.