

Die Soliflukationsuntergrenze in den Alpen

Guido Dorigo

Geographisches Institut Universität Zürich

Die Festlegung der Untergrenze von solifluidalen Formen wird heute besonders deshalb diskutiert, weil sie als wichtige geoökologische Grenzfläche in die allgemeine Geographie übernommen werden kann: sie trägt zur Abgrenzung der *Hochgebirgsstufe* bei (Troll, 1955, Furrer und Fitze, 1970).

Es stellt sich die Frage, aus welchen Parametern die Untergrenze bestimmt werden soll. An sich könnte sie durch stichprobenhafte Felduntersuchungen erfaßt werden. Exakter ist jedoch die Bestimmung der *mittleren Höhenlage* eines Formtyps für eine Region, da der Mittelwert nicht aus einer einzelnen Beobachtung, sondern einer ganzen Gruppe von beobachteten Formen gebildet wird. Da über der Soliflukationsuntergrenze die Zone der «gebundenen» Soliflukation liegt, werden im folgenden sämtliche Funde von Wanderblöcken (WB) und Girlanden (GIR) (also von Formen der Mattenstufe – alpiner Rasen) beachtet und zur Grenzziehung herangezogen.

Um die Frage nach der Höhe der Soliflukationsgrenze eines Untersuchungsgebietes beantworten zu können, muß die vertikale Verteilung der erwähnten gebundenen Soliflukationsformen bekannt sein. Es wurde gezeigt (Dorigo, 1969), daß die Höhenverteilungen der beiden Formen nicht signifikant von einer Normalverteilung verschieden sind. Das aber heißt, daß wir aus den stichprobenhaften Beobachtungen auf eine Idealverteilung übergehen können.

Die Form der Normalverteilung wird ausschließlich durch zwei Parameter bedingt:

1. dem beobachteten Mittelwert der vertikalen Verteilung einer Form:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

2. die beobachtete Streuung der vertikalen Verteilung:

$$s = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)$$

wobei n = Anzahl der Beobachtungen

x_i = Wert der Beobachtung Nummer i

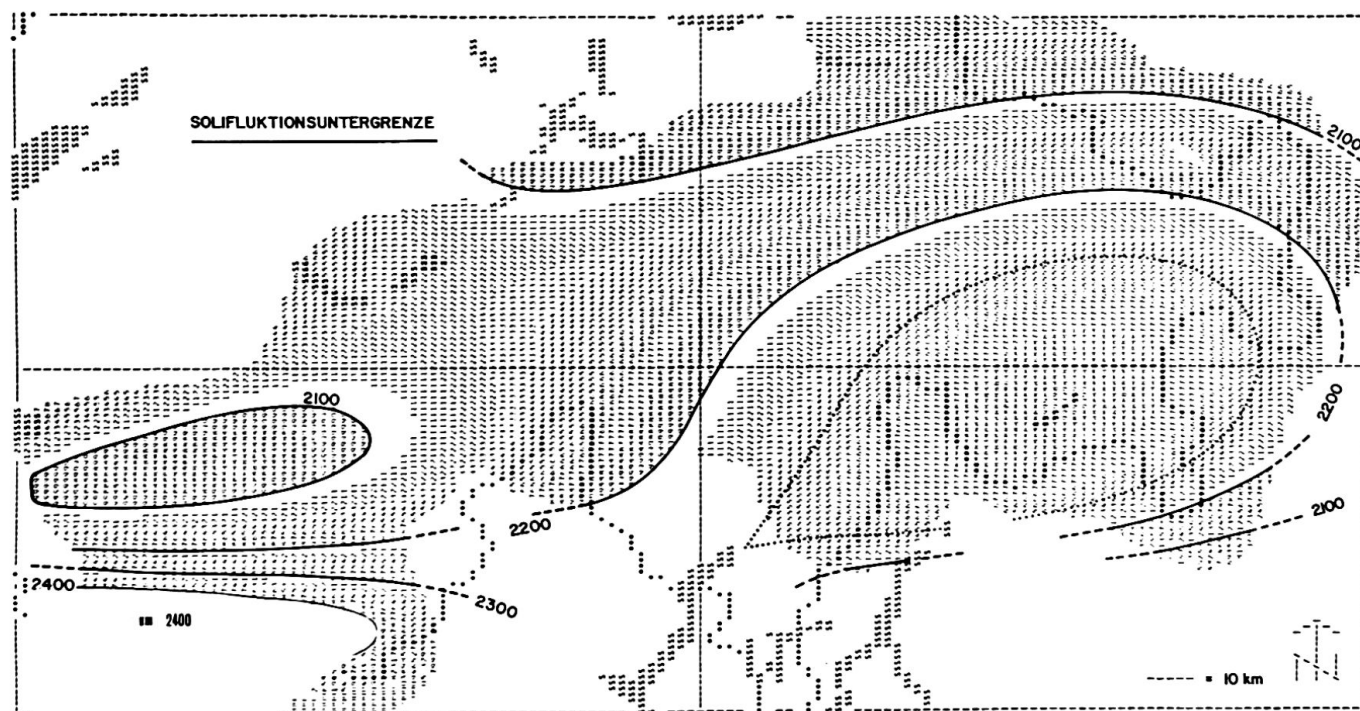
Diese beiden Parameter sind zur Bestimmung der *Kernzone* einer Form (vgl. Furrer, 1965) prädestiniert, da keine *virtuelle Abschätzung*, sondern die *quantitative Analyse* der Beobachtungen den Höhenbereich der Kernzone bestimmt. Als Kernzone definierte ich (1969) den Bereich von $\bar{x} \pm s$. Rund 65% der Beobachtungen werden im Idealfall (beobachtete = Normalverteilung) in die Kernzone fallen (vgl. Furrer, 1965: rund 60%).

Wo im ganzen Höhenprofil der solifluidalen Formen die Soliflukationsuntergrenze hingesetzt werden soll, wird heute noch intensiv diskutiert. Das Problem besteht vor allem darin, ob sie auf der Höhe der *untersten Funde*, oder aber *unter den letzten gehäuften Formen* lokalisiert werden soll. Da die untersten Funde weit außerhalb der Kernzone zu finden sind, kommen sie (gemäß der Normalverteilung) auch nur sehr selten vor. Daß gerade diese vereinzelt Formen bei einer Routenkartierung gefunden werden, ist nicht wahrscheinlich. Aus diesem Grunde tendiere ich auf das andere Abgrenzungskriterium hin und definierte die Untergrenze der Kernzone der gebundenen Soliflukation als Soliflukationsuntergrenze. Für die untenstehende Karte gilt: Höhe der Soliflukationsuntergrenze = $((\bar{x}_{WB} - s_{WB}) + (\bar{x}_{GIR} - s_{GIR})) / 2$.

Ist nur eine der beiden Formtypen in einem Untersuchungsgebiet gefunden worden, so kann man beispielsweise zur Bestimmung der Soliflukationsuntergrenze den Wert für die eine Form um 60 m verschieben (in den Schweizer Alpen liegen Girlanden im Durchschnitt 120 m höher als Wanderblöcke).

Im schweizerischen Alpenbereich wurden in dieser Weise 48 Untersuchungsgebiete bearbeitet. Das Resultat sind 48 Punkte, die in Lage und Höhe definiert sind. Der nächste und entscheidende Schritt will mit Hilfe dieser Kontrollpunkte eine dreidimensionale Oberfläche, die der Soliflukationsuntergrenze, bestimmen. Da die Werte der einzelnen Untersuchungsgebiete nicht die gleiche Genauigkeit aufweisen (z. B. verschiedene Anzahl von Beobachtungen) und auch durch verschiedene Morphologen gesammelt wurden, beschloß ich, diese Oberfläche zu generalisieren: ein Modell mit einem meßbaren Abstraktionsgrad zu erstellen.

Eine Generalisation im kartographischen Sinne greift einzelne Merkmale des Karteninhaltes heraus



Die Solifluktionsuntergrenze in den Schweizer Alpen

und stellt sie im Verhältnis zum Maßstab oft stark vergrößert dar (man denke z. B. an Eisenbahnlinsen, Brücken), eine derartige Schematisierung kommt jedoch bei diesem Problem nicht in Frage. Eine *statistische Generalisation* beinhaltet meist das Anpassen einer einfachen, multiplen oder dreidimensionalen Regression an die Werte. Es wird ein *mathematisches* Modell erstellt, eine Abstraktion, in welcher z. B. Objekte, Kräfte oder Ereignisse durch einen Ausdruck ersetzt werden, der mathematische Variablen, Parameter und Konstanten enthält.

Die obenstehende Karte ist also die Darstellung einer (vorher bestimmten) mathematischen Funktion. Als Maß der Abstraktion kann der Korrelationskoeffizient zwischen den beobachteten und den im Modell geschätzten Werten verwendet werden (er beträgt im Falle der Solifluktionsuntergrenze 0,79, das heißt rund 65% der Abweichungen vom Mittelwert können durch das Modell erklärt werden).

(Zur Orientierung: Neben den Werten der mathematischen Funktion sind ausgedruckt:

- Landesgrenze (*****)
- zentrale Koordinaten ($x = 155/y = 700$)
- Seen (im Süden Lago Maggiore, im Norden ist der Zürichsee nur angeschnitten.)

Der Schwerpunkt dieser Bestimmung der Solifluktionsuntergrenze liegt in der Methodik und erst in zweiter Linie im oben dargestellten Modell. Dieses Modell ist auch nicht starr; neue, ergänzende Be-

obachtungen können in die Regressionsanalyse eingebaut werden, wodurch die Karte modifiziert wird.

Résumé

Une limite «géocécologique» importante est la limite inférieure de la solifluxion parce qu'elle aide à limiter la zone de la haute montagne. La détermination de la limite de solifluxion n'est pas sans difficultés (paramètres déterminants, problèmes de l'épreuve au hasard). Dans ce modèle, on détermine la limite inférieure à l'aide de la répartition verticale des formes de la solifluxion entravée pour quelques régions. Les points calculés ainsi de la limite inférieure de la solifluxion sont définis au point de vue de l'altitude et de leurs positions. A l'aide d'une généralisation statistique (analyse de régression) on calcule la limite inférieure de la solifluxion pour toute la région des Alpes de la Suisse (voir la carte).

Literatur

- Dorigo G.: Untersuchungen zur (gebundenen) Solifluktion am Sustenpaß und auf der Melchsee-Frutt. Dipl. Arb. Univ. Zürich, 1969 (Manuskript).
 Furrer G., Fitze P.: Die Hochgebirgsstufe – ihre Abgrenzung mit Hilfe der Solifluktionsuntergrenze. Geogr. Helv. 4, 1970.
 Troll C.: Über das Wesen der Hochgebirgsnatur. Jahrbuch Österr. Alpenver., 1955.