

bringen und die Oberengadiner Seenlandschaft unter weitreichenden Schutz zu stellen.

Für die wirtschaftliche und kulturgeschichtliche Entwicklung des Oberengadins war der Malojapaß von großer Bedeutung, besonders nach Rückgang des Verkehrs über den viel höheren, steileren und sehr lawinengefährdeten Septimerpaß (2310 m) westlich von Maloja. In Verbindung mit den anderen, den alten NW-SE-streichenden Quertalllinien folgenden Oberengadiner Pässen (Julier, Bernina, Albula, Ofen und Flüela) erhöhte der Malojapaß wesentlich die Durchgängigkeit dieses Hochtalsystems. Seit der Eröffnung des Straßentunnels durch den San Bernardino im Jahre 1967 spielt der Malojapaß für den Verkehr zwischen Norden und Süden nur mehr eine untergeordnete Rolle.

Literatur

- BILLWILLER, R.: Der Talwind des Oberengadins. Met. Ztschr. 1880, 297–302 und Met. Ztschr. 1886, 129–138.
- BRAAK, C.: Malojawind. Met. Ztschr. 50, 1933, 231–232.
- DÄNIKER, A. U.: Die Rundhöckerlandschaft von Maloja und ihre Pflanzenwelt. In: Die Paßlandschaft von Maloja und die Gletschermühlen. Chur 1952, 85–111.
- DORNO, C.: Grundzüge des Klimas von Muottas Muraigl (Oberengadin). Braunschweig 1927.
- HEIERLI, H. und SOMM, A.: Maloja–St. Moritz–Zernez. In: Geologischer Führer der Schweiz H. 9, Exkursion Nr. 42, Abschnitt II, 1967.
- HEIM, A.: Geologie der Schweiz. Leipzig 1919–1922.
- HEUER, I.: Über die Ursachen des Malojawindes. Met. Ztschr. Bd. 27, H. 11, 1927, 480–488.
- HOLTMEIER, F.-K.: Die Waldgrenze im Oberengadin in ihrer physiognomischen und ökologischen Differenzierung. Diss. Bonn 1965 (publ. 1967).
- : Die Malojaschlange und die Verbreitung der Fichte. Beobachtungen zur Klimaökologie des Oberengadins. Wetter und Leben 18, H. 5/6, 1966, 105–108.
- : Die Verbreitung der Holzarten im Oberengadin unter dem Einfluß des Menschen und des Lokalklimas. Erdk. XXI/4, 1967, 249–258.
- : Der Einfluß der orographischen Situation auf die Windverhältnisse im Spiegel der Vegetation, dargestellt an Beispielen aus dem Val Maroz (Bergell), aus dem Oberengadin und vom Pru del Vent (Puschlav). Erdk. XXV/3, 1971, 178–195.
- KLAINGUTI-SCHAUMANN, H.: Über die Windverhältnisse des Engadins, speziell des Malojawindes. I. Ergebnisse von Anemographenregistrierungen des Sommers 1936. Met. Ztschr. 54, 1937, 289–295.
- KLEIBER, H.: Pollenanalytische Untersuchungen zum Eisrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Oberengadin I. Bot. Jahrb. Syst. 94, 1, 1974, 1–53.
- LARGIADER, O.: Planung im touristischen Erholungsraum. Terra Grischuna 31, 2, 1972, 76–78.
- SCHMID, H.: Die Oberengadiner Land- und Alpwirtschaft. Winterthur 1955.
- SCHWARZENBACH, A.: Beiträge zur Geschichte des Oberengadins im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit. Diss. Zürich 1931.
- STAMPA, R.: Das Bergell. Schweizer Heimatbücher 80, 1964.
- STAUB, R.: Geologische Karte der Berninagruppe und ihrer Umgebung im Oberengadin, Bergell, Val Malenco, Puschlav und Livigno. Hrsg. Geol. Komm. Schweiz. Naturforsch. Ges. 1946.
- : Der Paß von Maloja, seine Geschichte und Gestaltung. In: Die Paßlandschaft von Maloja und die Gletschermühlen. Chur 1952, 3–84.

BEOBACHTUNGEN ZUR PERIGLAZIALEN HÖHENSTUFE IN DEN HOCHGEBIRGEN VON PAPUA NEW GUINEA

Mit 1 Abbildung, 5 Bildern und 2 Tabellen

ERNST LÖFFLER

Summary: Observations on the periglacial altitudinal zone in the high mountains of Papua New Guinea.

Periglacial phenomena like solifluction terraces and patterned ground are not widespread or conspicuous in the mountains of Papua New Guinea. The delineation of their altitudinal zonation seems however important to allow regional comparisons particularly with other tropical areas.

Terraces with vertical, slightly overhanging faces occur on the highest mountains from about 4000–4100 m. They are widespread above 4200 m an altitude substantially only exceeded by Mt. Wilhelm (4509 m). Features of free solifluction like patterned ground and unvegetated terraced

solifluction screes are present above 4350 m but their occurrence is relatively restricted because of the predominance of rock faces.

Comparison with high mountains of tropical East Africa shows that in the highly humid quasi-oceanic mountains of Papua New Guinea, the upper forest limit is considerably higher, the lower limit of periglacial activity and the lower limit of free solifluction are slightly higher and the snowline clearly lower than on the mountains of East Africa in comparable latitudes. The lower limits of forest, periglacial activity and free solifluction on East African mountains are thought to be primarily due to the more continental type

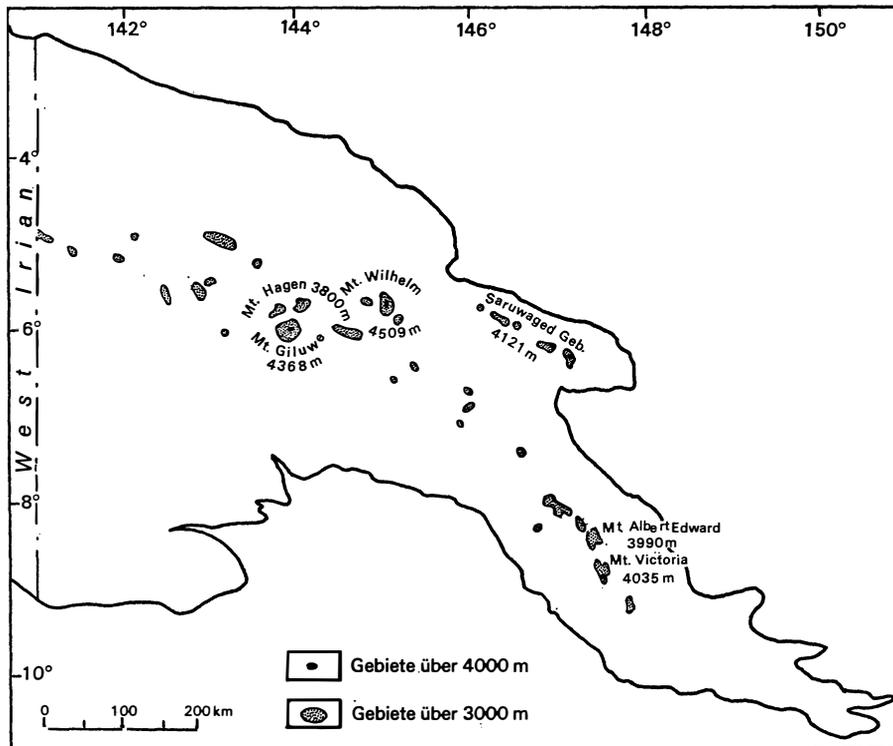


Abb. 1: Übersichtskarte von Papua New Guinea mit Verbreitung der Gebiete über 3000 m und 4000 m
Map of Papua New Guinea with the distribution of areas over 3,000 m and 4,000 m

of climate with its more pronounced daily temperature amplitude, while the higher snowlines are clearly due to the lower precipitation which in contrast to Papua New Guinea decreases rapidly with increasing altitude.

Die Hochgebirge von Papua New Guinea (vorm. austr. Territory of Papua and New Guinea) sind in letzter Zeit in zunehmendem Maße Gegenstand biogeographischer und geomorphologischer Forschung geworden, vor allem in der Erkenntnis, daß diese Gebiete eine wichtige, möglicherweise sogar entscheidende Stellung für das Verständnis der biogeographischen und klimamorphologischen Zusammenhänge sowie für die Rekonstruktion der quartären Geschichte in diesem australasiatischen Raum innehaben. Von geomorphologischer Seite sind wir bisher über die eiszeitliche Vergletscherung, deren Spuren auf zahlreichen Gipfeln Neuguineas nachzuweisen sind, am besten unterrichtet (DOZY 1938, REINER 1960, LÖFFLER 1970, 1972, BIK 1972, PETERSON und HOPE 1972). Wenig beobachtet wurden dagegen bisher die Erscheinungen in der periglazialen Höhenstufe¹⁾, wenn auch auf deren Existenz mitunter kurz hingewiesen wurde (LÖFFLER 1970, REINER 1960). Diese auf den ersten Blick etwas erstaunliche Tatsache ist jedoch nicht überraschend, wenn

man berücksichtigt, daß nur wenige der ehemals vergletscherten Gebirge Ostneuguineas die rezente periglaziale Höhenstufe erreichen und eigentlich nur zwei – Mt. Wilhelm (4509 m) und Mt. Giluwe (4368 m) – sie um einiges übersteigen (Abb. 1).

Eine genauere höhenmäßige Einordnung der periglazialen Erscheinungen in Papua New Guinea, erscheint jedoch trotz des sehr beschränkten Vorkommens und des recht bescheidenen Formenschatzes im Hinblick auf den großräumigen Vergleich mit anderen Hochgebirgen, insbesondere in den Tropen, wichtig, um damit die viel diskutierte Gesetzmäßigkeit über den globalen Verlauf dieser Höhenstufe zu überprüfen. Tropische Hochgebirge mit ihrem einförmigen Tageszeitenklima und dem weitgehenden Fehlen von Expositionsunterschieden eignen sich wegen des fehlenden jahreszeitlichen Auf- und Abwanderns der Höhenstufen wahrscheinlich gut, um die Regelmäßigkeiten des Verlaufs der Höhenstufen unter vereinfachten Bedingungen zu untersuchen.

Klimaverhältnisse

Dank der Errichtung einer kleinen Feld- und Klimastation in einem der Haupttäler des Mt. Wilhelm Massivs durch die „Australian National University“ im Jahre 1965 ist eine mehrjährige, wenn auch nicht

¹⁾ „periglazial“ i. S. von Frostbodenstufe.

Tabelle 1a: Zusammenfassung der Klimadaten zwischen 1966 und 1969 für die Pinde-Aunde Station, Mt. Wilhelm, Stationshöhe 3480 m
Summary of climatic data between 1966 and 1969 for the Pinde-Aunde Station, Mt. Wilhelm, Station height 3480 m

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
monatl. Mitteltemp. (°C)	8,1	—	7,8	7,3	7,7	7,6	7,3	7,4	7,6	7,8	7,6	7,9	7,6
monatl. mittl. Max. (°C)	11,7	—	10,8	10,7	11,2	11,4	11,2	11,6	11,8	11,8	11,5	11,7	11,4
monatl. mittl. Min. (°C)	4,4	—	4,8	4,0	4,1	3,8	3,4	3,3	3,4	3,8	3,7	4,1	3,9
Niederschlag (mm)	364	—	205	246	161	117	96	156	202	225	246	398	2800 (Minimum)

Tabelle 1b: Zusammenfassung der Klimadaten auf dem Gipfelgrat, Mt. Wilhelm, Stationshöhe 4400 m
Summary of climatic data on the summit ridge. Mt. Wilhelm, Station height 4400 m

	1968		1969		1970				Mittel	
	Juli	Aug.	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.		
monatl. Mitteltemp. (°C)	2,7	2,0	1,9	1,2	2,3	2,0	2,4	2,3	1,6	2,0
monatl. mittl. Max. (°C)	6,2	5,1	4,9	3,7	4,8	4,9	5,2	4,8	4,1	4,9
monatl. mittl. Min. (°C)	−0,7	−1,1	−1,1	−1,3	−0,2	−0,8	−0,3	−0,2	−0,8	−0,7

ununterbrochene Reihe von Klimadaten vorhanden, die es erlaubt, die klimatischen Bedingungen in diesem Hochgebirge etwas genauer zu betrachten. Die folgenden Ausführungen basieren auf den von Mitgliedern der A.N.U. gesammelten Klimadaten, die von McVEAN (1968 und unveröff. Manuskript) und von HNATIUK et al. (unveröff. Manuskript) zusammengestellt und ausgewertet und mir freundlicherweise zur Einsichtnahme überlassen wurden.

Die Klimastation befindet sich im Talboden des glazial überformten Pinde-Aunde-Tals in 3480 m Höhe. Die Station war von 1966 bis 1972 allerdings nicht durchgehend besetzt und die Klimadaten weisen daher Lücken auf. In Anbetracht der Einförmigkeit des Klimas dürfte dies jedoch kaum von Belang sein.

Außer den Klimadaten von der Hauptstation sind eine Anzahl von Daten von zusätzlichen Stationen in verschiedenen Höhenlagen vorhanden. Von besonderem Interesse sind dabei die Aufzeichnungen durch einen automatischen Thermographen auf dem Gipfelgrat in 4400 m Höhe, die es erlauben, genauere Aussagen über die Temperaturgradienten zu machen (Tab. 1a, b).

Das Klima am Mt. Wilhelm ist ein typisch tropisches Tageszeitenklima ohne jahreszeitliche Temperaturschwankungen. Aber auch die täglichen Schwankungen sind relativ gering und überschreiten selbst an klaren Tagen und Nächten selten 6–7 °C. Ist der Himmel durchgehend bedeckt sind die Schwankungen wesentlich geringer.

Die Niederschläge, die im Jahr mindestens 2800 mm² erreichen, zeigen dagegen in Übereinstimmung mit der allgemeinen Zirkulation (BROOKFIELD und HART 1966) deutliche jahreszeitliche Schwankun-

gen mit einer relativ „trockenen“ Periode zwischen Juni und August und einer feuchten Periode von November bis Mai. Die Monate September und Oktober nehmen eine Übergangsstellung ein. Die Frage der höhenbedingten Änderung des Niederschlags ist noch nicht eindeutig zu beantworten, da die Niederschlagsmessungen von Jahr zu Jahr bisher kein konstantes Bild zeigten. In der Meßperiode 1966/67 überstiegen die Niederschläge im Gipfelgebiet die der Hauptstation um etwa 10%, während in den Jahren 1971 und 1972 umgekehrt die Gipfelstation einen etwa 20% geringeren Niederschlag hatte.

Für die Fragestellung der Verbreitung der Solifluktionerscheinungen ist nach HASTENRATH (1971) die Höhenlage des 0 °C-Jahresmittels der Minimumtemperatur von Bedeutung. Der Vergleich der Tabellen 1a und b erlaubt eine ungefähre Schätzung der Höhenlagen des 0 °C-Jahresmittels.

Die 0 °C-Jahresmitteltemperatur liegt bei rund 4730 m, das 0 °C-Jahresmittel der Minimumtemperatur bei etwa 4250 m und das 0 °C-Jahresmittel der Maximumtemperatur bei ungefähr 5070 m.

Die auf Grund von Radiosondenaufstiegen über Lae im Huon-Golf in den Jahren 1966 bis 1968 ermittelte 0 °C-Jahresisotherme in der freien Atmosphäre liegt bei 4760 m (Mittel der drei Jahre)³). Die Temperaturen in der freien Atmosphäre und an der Bodenstation am Mt. Wilhelm zeigen demnach eine auf fallende Übereinstimmung; ein Hinweis darauf, daß im insularen Neuguinea im Gegensatz zu den Gebirgen Mittel- und Südamerikas mit einem nennenswerten Massenerhebungseffekt nicht gerechnet werden kann (vgl. HASTENRATH 1971).

²) Dieser Wert stellt ein Minimum dar. Da die Station in keinem Jahr durchgehend besetzt war, konnte die Gesamtsumme des Niederschlags nicht exakt ermittelt werden.

³) Der Verfasser dankt dem Commonwealth Bureau of Meteorology, Melbourne, für die Übersendung der Radiosondenmessungen.

Rezenter periglazialer Formenschatz

Wie bereits einleitend erwähnt ist der periglaziale Formenschatz in den Gebirgen von Papua New Guinea ausgesprochen spärlich. Eindrucksvolle, weite Gebiete bedeckende Strukturböden, wie sie teilweise in den Hochgebirgen Ostafrikas und Südamerikas (TROLL 1944) ausgebildet sind, sucht man in Neuguinea vergebens. Die einzigen relativ verbreiteten Formen der gebundenen Solifluktion sind Rasenauffrierungen in Form von niedrigen Terrassen oder Rasentreppen (Bild 1), die am Mt. Giluwe, am Mt. Wilhelm und im Saruwaged-Gebirge in 4000–4100 m regelmäßig einsetzen. Ihre Hauptverbreitung finden sie jedoch erst ab 4200 m, eine Höhenlage, die nur vom Mt. Wilhelm nennenswert überstiegen wird (Abb. 1). Tiefere Vorkommen von Rasentreppen wurden vom Mt. Albert Edward und Mt. Giluwe berichtet (LÖFFLER 1970, BLAKE und LÖFFLER 1971). Spätere Geländeuntersuchungen zeigten jedoch, daß es sich hier lediglich um fleckenhafte Vorkommen handelte, die für eine Grenzziehung nicht berücksichtigt werden können.

Rasengirlanden, Rasenwülste, Fließzungen und ähnliche Formen der gebundenen Solifluktion wurden nicht beobachtet.

Erscheinungen der freien Solifluktion treten am Mt. Wilhelm erst ab etwa 4350 m, der ungefähren Obergrenze des geschlossenen Rasens, regelmäßig auf; aber selbst in dieser Höhenlage ist ihre Verbreitung wegen des Vorherrschens von nackten Felswänden relativ gering. Die Grenze zwischen Rasen und Frostschuttzone ist keinesfalls scharf (Bild 2), und an geschützten Stel-



Photo 1: Rasenauffrierungen in 4200 m Höhe am Mt. Wilhelm

Pattern ground of 4,200 m altitude on Mt. Wilhelm



Photo 2: Gipfelregion des Mt. Wilhelm mit Frostschuttdecken, unregelmäßiger Rasenobergrenze und Felswände
Summit region of Mt. Wilhelm with frost debris blankets, irregular upper limit of vegetation and rock walls



Photo 3: Terrasierte Wanderschuttdecke am Mt. Wilhelm in 4400 m Höhe. Maßstab Geologenhammer (Pfeil)

Terraced solifluction blankets on Mt. Wilhelm at 4,400 m altitude. The geological hammer provides a scale (Carrowed)

len dringen Tussockgräser (*Deschampsia klossii*), Zwergbüsche (*Leucopogon suaveolens*) und einige andere Gefäßpflanzen bis über 4400 m vor (WADE und McVEAN 1969).

Vorherrschende Solifluktionsformen sind terrasierte Wanderschuttdecken, die sich am Fuß der die Gipfelregion umgebenden Steilwände ausdehnen (Bilder 2, 3). Die Terrassen sind etwa 20 cm hoch und 30–40 cm tief und die Hangneigung schwankt zwischen 5° und 20°. Die Terrassenfront wird meist von größeren Gesteinsbrocken gebildet, die offenbar auf Grund ihrer langsameren Bewegung den feineren Schutt aufstauen. Die

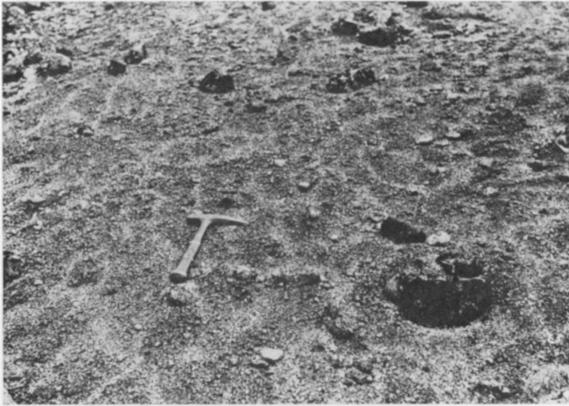


Photo 4: Steinnetze mit oberflächlicher und unvollständiger Sortierung am Mt. Wilhelm in 4450 m Höhe
Stone polygons with superficial and incomplete sorting on Mt. Wilhelm at 4,450 m altitude



Photo 5: Steinstreifen mit etwa 20 cm Abstand am Mt. Wilhelm in 4400 m Höhe
Stone stripes with about 20 cm distance on Mt. Wilhelm at 4,400 m altitude

Terrassen zeigen in ihrem Aufbau Ähnlichkeiten mit den in den Alpen beobachteten Steingirlanden (HÖLLERMANN 1964, Abb. 28), allerdings sind sie hangwärts nicht so stark zungenförmig durchgebogen.

Wo die Schuttdecken reich an Feinmaterial sind, kommt es zur Ausbildung von Auffrierböden, von Steinpolygonen oder Steinnetzen (Bild 4) oder bei Hangneigungen von über 8° zu Steinstreifen (Bild 5). Die Durchmesser der Steinnetze, die nicht von Rissen begrenzt sind, betragen etwa 10–20 cm. Der Abstand zwischen den Steinstreifen ist in der gleichen Größenordnung. Die Sortierung ist nur oberflächlich und die Trennung von Feinerde und Gesteinsschutt nicht vollständig. Größere Gesteinsbrocken werden von der Sortierung überhaupt nicht erfaßt. Die Steinnetze und Steinstreifen stimmen in Aussehen, Aufbau und Dimensionen gut mit Strukturböden in anderen tropi-

schen Hochgebirgen überein; es sind schwebende Miniaturformen, die dem täglichen Frostwechsel ihre Entstehung verdanken.

Diskussion

Die Auseinandersetzung über die Gesetzmäßigkeiten des Verlaufs der Höhengrenzen der Soliflukterscheinungen und Strukturböden ist seit der Veröffentlichung der Arbeit HÖVERMANN'S (1954) nicht mehr abgerissen. Nach TROLL (1944) verlaufen Soliflukters- und Strukturbodengrenze mehr oder weniger parallel zur Schnee- und Waldgrenze und steigen damit von höheren zu niederen Breiten wie von humiden zu ariden Gebieten an. Diese Auffassung wird von HÖVERMANN (1954) abgelehnt, der ein grundsätzlich widersinniges Verhalten von Soliflukters- und Schneegrenze – zumindest für Trockengebiete postuliert. Die Diskussion wurde in jüngster Zeit in einer größeren Anzahl von Arbeiten weitergeführt, die teilweise der Auffassung TROLLS, teilweise der Auffassung HÖVERMANN'S folgen oder eine vermittelnde Stellung einnehmen (KLAER 1962, KAISER 1965, HASTENRATH 1971, 1973, HÖLLERMANN 1972, FURRER und FREUND 1973, GRAF 1973). Im folgenden soll die Diskussion auf die Verhältnisse in den Tropen beschränkt werden.

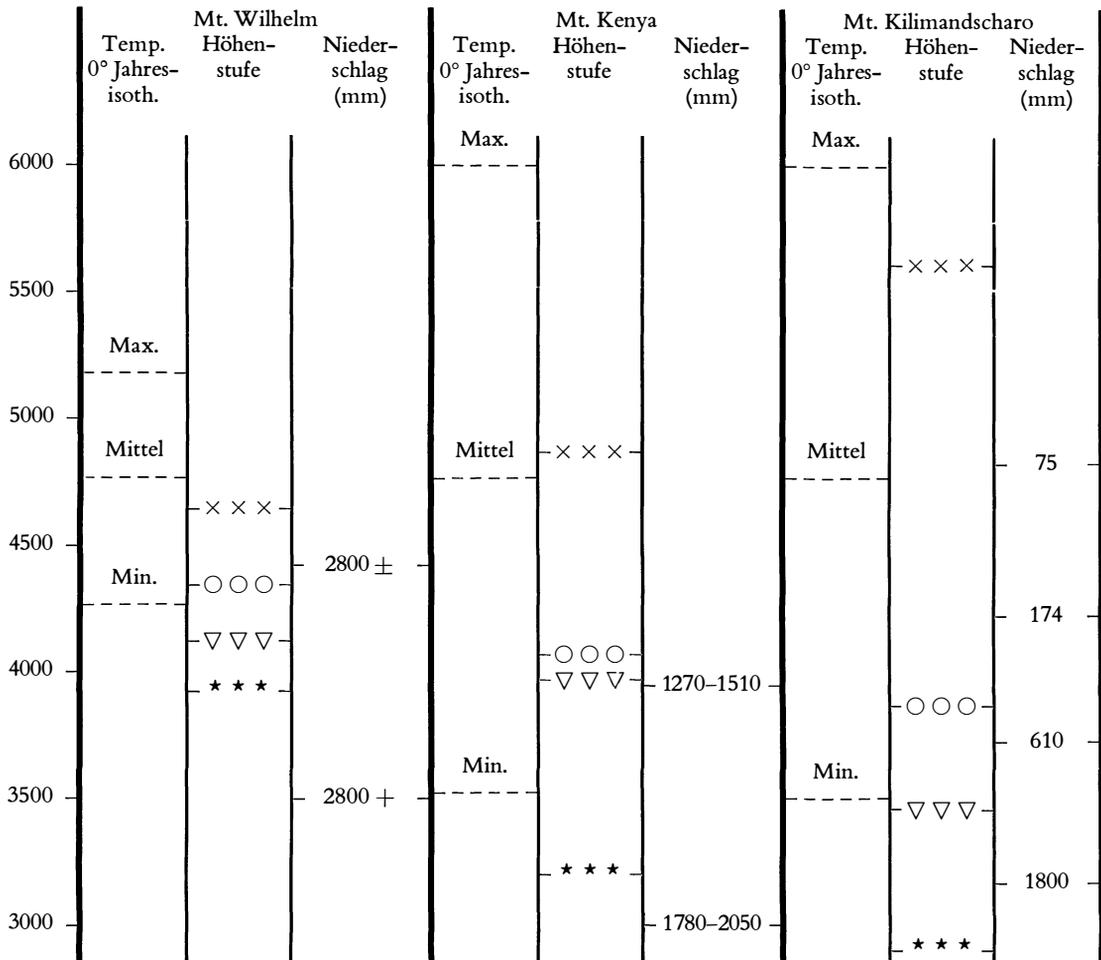
GRAF (1973) kommt auf Grund einer vergleichenden Studie der Solifluktersformen in den verschiedenen Breitenlagen u. a. zum Schluß, daß Soliflukters- und Strukturbodengrenze in Gebieten großer Massenerhebung und Kontinentalität relativ hoch liegen, in ozeanischen und ariden Gebieten dagegen relativ tief. Die Gegenüberstellung von Strukturbodengrenze auf der einen und Solifluktersgrenze auf der anderen Seite ergibt nach GRAF ein Divergieren für kontinentale Gebiete und Gebiete mit großer Massenerhebung, dagegen ein Konvergieren oder gar Zusammenfallen in tropischen, ariden und ozeanischen Gebieten.

FURRER und FREUND (1973) unterstützen diese Auffassung auf Grund ihrer Untersuchungen am Kilimandscharo und folgern, „daß das Zusammenrücken der Untergrenzen von freier und gebundener Solifluktion ein typisches Merkmal tropischer Hochgebirge ist“. Waldgrenze und Solifluktersgrenze divergieren dagegen nach FURRER und FREUND in den Tropen um rund 1000 m.

Wie lassen sich die Beobachtungen aus dem immerfeuchten tropischen Hochgebirge Neuguineas hier einordnen und welche allgemeine Schlüsse kann man daraus ziehen? In der Tabelle 2 wurden die Beobachtungen am Mt. Wilhelm tabellarisch zusammengefaßt und zum Vergleich den ostafrikanischen Hochgebirgen, für die ähnliche Daten vorhanden sind, gegenübergestellt. Allerdings sind die Höhenangaben von Solifluktersvorkommen in den afrikanischen Gebirgen selbst in den jüngst veröffentlichten Arbeiten so unterschiedlich, daß ein Vergleich nur bedingt möglich ist (HASTENRATH 1973, FURRER und FREUND 1973). In

Tabelle 2: Verteilung der Höhenstufen, 0 °C Jahresisothermen und Niederschläge auf Mt. Wilhelm, Mt. Kenya und Kilimandscharo. Angaben für Mt. Kenya und Kilimandscharo basieren auf TROLL 1944, SALT 1951, COE 1967, FURRER und FREUND 1973 und HASTENRATH 1973.

Distribution of height contours, 0 °C annual isotherms and precipitation on Mt. Wilhelm, Mt. Kenya and Kilimanjaro. Data for Mt. Kenya and Kilimanjaro based on TROLL 1944, SALT 1951, COE 1967, FURRER and FREUND 1973 and HASTENRATH 1973.



Legende: Schneegrenze × × × Strukturbodengrenze ○ ○ ○ Solifluktionsgrenze ▽ ▽ ▽ Waldgrenze ★ ★ ★

Tabelle 2 wurden jeweils die tiefsten Angaben für das regelmäßige Auftreten von Solifluktionerscheinungen und Strukturböden aufgenommen.

Der Vergleich der Klimadaten zeigt deutlich, daß die Hochgebirge Ostafrikas einem mehr ariden Klimaeinfluß unterliegen als der Mt. Wilhelm auf Neuguinea, wo ein humider, quasi-ozeanischer Einfluß klar zu erkennen ist. Dies spiegelt sich hauptsächlich in den Temperaturextremen wider. Zwar liegen in allen drei Gebirgen die 0 °C-Jahresisothermen auf gleicher Höhe, die Minimum- und Maximumtemperaturen liegen in den afrikanischen Hochgebirgen jedoch sehr viel weiter auseinander, d. h. die täglichen Temperaturamplituden sind wesentlich größer. Was die Nieder-

schläge anbelangt, so übersteigt in rund 4500 m Höhe der Mt. Wilhelm den Mt. Kenya um mindestens das dreifache, den Kilimandscharo sogar um mehr als das zwanzigfache (Niederschlagsdaten aus COE 1967, SALT 1951). Mit geringer werdender Höhe nimmt der Kontrast zwar schnell ab, der Mt. Giluwe bleibt mit Abstand jedoch das feuchteste Gebirge.

Die Gegenüberstellung der Höhenstufen läßt folgendes erkennen: am Mt. Wilhelm erreicht die natürliche Waldgrenze 3800-3900 m und übersteigt damit die Waldgrenzen am Kilimandscharo und Mt. Kenya um 1000 bzw. 800 m. Die Untergrenze der gebundenen Solifluktion liegt am Mt. Wilhelm in etwa 4050 m, also in der Nähe der Waldgrenze, am Mt. Kenya

setzen die Solifluktionsvorkommen in 3900 m ein (HASTENRATH 1973), am Kilimandscharo in 3500 m (HASTENRATH 1973), in beiden Fällen weit oberhalb der Waldgrenze.

Die Strukturbodengrenze liegt am Mt. Wilhelm in 4350 m, am Kilimandscharo in 3800 m (FURRER und FREUND 1973) und am Mt. Kenya in 4000 m (TROLL 1944). Nach den Angaben von HASTENRATH (1973) liegt die Strukturbodengrenze an den beiden afrikanischen Gebirgen jedoch bei 4200 m. Alle Werte sind jedoch eindeutig tiefer als am Mt. Wilhelm.

Die Schneegrenzhöhen wurden mit 4600 m für den Mt. Wilhelm (LÖFFLER 1972), 4800 m für den Mt. Kenya und 5700 m für den Kilimandscharo (HASTENRATH 1973) ermittelt.

Die Höhenstufen am Mt. Wilhelm erscheinen demnach im Vergleich zum Mt. Kenya und Kilimandscharo stark zusammengedrängt. Wie in Gebirgen der humiden mittleren Breiten liegen Wald- und Solifluktionsgrenze dicht beieinander (HÖLLERMANN 1972), sind aber von einer etwa 300 bzw. 450 m höher gelegenen Strukturbodengrenze deutlich getrennt. Der Abstand zwischen Strukturbodengrenze und Schneegrenze ist auf nur etwa 250 m zusammengedrängt (die Schneegrenze wird vom Mt. Wilhelm allerdings nicht erreicht). Das Zusammenrücken der Höhenstufen ist ohne Zweifel das Ergebnis der ausgeprägten Einförmigkeit des Klimas, das jede Extreme sowohl jahreszeitlich als auch tageszeitlich vermissen läßt.

Welche Schlüsse kann man aus dem Vergleich der drei Hochgebirge im Hinblick auf die Lage von Solifluktions- und Strukturbodengrenze ziehen? Als gesichert erscheint mir, daß in den inneren Tropen Solifluktions- und Strukturbodengrenze in Abhängigkeit von der täglichen Temperaturamplitude in Gebirgen unter ariden Klimaeinflüssen tiefer liegen als in Gebirgen unter humiden Einflüssen. Ein Zusammenfallen von Solifluktions- und Strukturbodengrenze (FURRER und FREUND 1973, GRAF 1973) trifft für tropisch humide Gebirge nicht zu. Erscheinungen der gebundenen Solifluktion sind allerdings auf Rasenauffrierungen beschränkt. In den drei dargestellten Beispielen verläuft die Strukturbodengrenze und Solifluktionsgrenze gleichsinnig zur Waldgrenze allerdings mit unterschiedlicher Größenordnung, dagegen widersinnig zur Schneegrenze, die zu den trockenen Gebirgen eine steigende Tendenz aufweist. Der Anstieg ist um so größer je ausgeprägter die Trockenheit ist.

Ich halte es noch für verfrüht, die Ergebnisse zu verallgemeinern oder gar auf andere Klimazonen zu übertragen. Es ist jedoch ersichtlich, daß die Höhenstufen in den Hochgebirgen der inneren Tropen durchaus nicht so einheitlich verlaufen wie bisher angenommen und daß Verhältnisse, die in einem Gebiet der inneren Tropen vorgefunden werden, nicht ohne weiteres auf ein anderes Gebiet der gleichen Klimazone übertragen werden können.

Die Frage, ob Waldgrenze, Solifluktionsgrenze,

Strukturbodengrenze und Schneegrenze generell gleichsinnig oder widersinnig verlaufen, ist natürlich auf Grund dieser wenigen Beobachtungen nicht zu beantworten und meiner Meinung in dieser Form auch gar nicht sinnvoll. Die Höhenstufen sind zwar alle klimaabhängig und damit ist eine gewisse Parallelität auch zu erwarten, im Detail sind sie jedoch auch anderen Faktoren unterworfen (KLAER 1962, HÖLLERMANN 1972), deren Wertigkeit nicht nur für die verschiedenen Höhenstufen, sondern auch für die verschiedenen Klimazonen unterschiedlich ist. Aber auch die Wertigkeit der Klimafaktoren schwankt von Höhenstufe zu Höhenstufe nicht unerheblich, wie an den angeführten Beispielen klar zu erkennen ist. Ein generell gleichsinniges oder generell widersinniges Verhalten der Höhenstufen ist daher gar nicht zu erwarten, es kommt vielmehr zu beträchtlichen Schwankungen innerhalb einer allgemeinen Regelmäßigkeit, wie dies bereits von HÖLLERMANN (1972) herausgestellt wurde.

Literatur

- BIK, M. J. J.: Pleistocene glacial and periglacial land forms on Mt. Giluwe and Mt. Hagen, western and southern Highlands of Papua and New Guinea. *Z. Geomorph. N.F.* 16, 1–15, 1972.
- BLAKE, D. H. und LÖFFLER, E.: Volcanic and glacial land forms on Mt. Giluwe, Territory of Papua and New Guinea. *Geol. Soc. Am., Bull.* 82, 1605–1614, 1971.
- BROOKFIELD, H. C. und HART, D.: Rainfall in the tropical southwest Pacific. *Dept. Geogr. Publ. G/3*, Aust. Nat. Univ., Canberra, 1966.
- COE, M. J.: The ecology of the alpine zone of Mt. Kenya. *Monographiae Biologicae* 17, 1–136, 1967.
- DOZY, J. J.: Eine Gletscherwelt in Niederländisch-Neuguinea. *Z. Gletk.* 26, 45–51, 1938.
- FURRER, G. und FREUND, R.: Beobachtungen zum subnivalen Formenschatz am Kilimandscharo. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.* 16, 180–203, 1973.
- GRAF, K.: Vergleichende Betrachtungen zur Solifluktion in verschiedenen Breitenlagen. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.* 16, 104–154, 1973.
- HASTENRATH, S.: Über den Einfluß der Massenerhebung auf den Verlauf der Klima- und Vegetationsstufen in Mittelamerika und im südlichen Mexiko. *Geogr. Ann.* 45, 76–83, 1963.
- : Beobachtungen zur klima-morphologischen Höhenstufung der Cordillera Real (Bolivien). *Erdkunde* 25, 102–108, 1971.
- : Observations on the periglacial morphology of Mts. Kenya and Kilimandscharo, East Afrika. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.* 16, 161–179, 1973.
- HÖLLERMANN, P. W.: Rezente Verwitterung, Abtragung und Formenbildung im oberen Suldental (Ortlergruppe/Südtirol). *Z. Geomorph. N.F. Suppl.* 4, 1964.
- : Beiträge zur Problematik der rezenten Strukturbodengrenze. *HANS POSER Festschrift. Gött. Geogr. Abh.* 60, 235–260, 1972.

- HÖVERMANN, J.: Über glaziale und „periglaziale“ Erscheinungen in Erithrea und Nordabessinien. Veröff. d. Akad. f. Raumf. u. Landespl. Bd. 28 (HANS MORTENSEN Festschrift), 87–112, 1954.
- KAISER, K.: Ein Beitrag zur Solifluktionsgrenze in den Gebirgen Vorderasiens. Z. Geomorph. N.F. 10, 460–479, 1965.
- KLAER, W.: Untersuchungen zur klimagenetischen Geomorphologie in den Hochgebirgen Vorderasiens. Heidelberger Geogr. Arb. 11, 1962.
- LÖFFLER, E.: Evidence of Pleistocene glaciation in east Papua. Austr. Geogr. Studies 8, 16–26, 1970.
- : Pleistocene glaciation in Papua and New Guinea. Z. Geomorph. N.F. Suppl. 13, 32–58, 1972.
- MCVEAN, D. N.: A year of weather records at 3480 m on Mt. Wilhelm, New Guinea. Weather 23, 377–381, 1968.
- PETERSON, J. A. und HOPE, G. S.: Lower limit and maximum age for the last major advance of the Carstenz glaciers, West Irian. Nature 240, 36–37, 1972.
- REINER, E.: The glaciation of Mt. Wilhelm, Australian New Guinea. Geogr. Rev. 50, 491–503, 1960.
- SALT, G.: The Shira Plateau of Kilimandscharo. Geogr. Journ. 117, 150–164, 1951.
- TROLL, C.: Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde. Geol. Rdsch. 34, 545–694, 1944.
- VERSTAPPEN, H. T. H.: Geomorphology of the Star Mountains. Nova Guinea, Geology 5, 101–158, 1964.
- WADE, L. K. und MCVEAN, D. N.: Mt. Wilhelm Studies 1: The alpine and subalpine vegetation. Dept. Biogeogr. a. Geomorph., Publ. BG/1, Aust. Nat. Univ., Canberra, 1969.

DIE UNTERSUCHUNG DER STRUKTUR SOZIALER SYSTEME

Mit 6 Abbildungen und 7 Tabellen

K.-J. MOCH und W. F. KILLISCH

Summary: The exploration of the structure of social systems

Social geography has recently concentrated more intensely on the exploration of the structure of social systems. Methods are being applied which are exclusively developed for the analysis of social stratification. We question these methods commonly used by social research and we point out that none of them can lay claim to being scientifically convincing. As the reason is the lack of methodological foundation some basic remarks are necessary before we develop a general theory of the structure of social systems. Thereafter we consider a statistical procedure suited for the analysis of these structures. As an example we finally should like to put forward some findings in social statistics which have been obtained from an analysis of an urban renewal area.

Als relativ junge Disziplin und als vornehmlich anwendungsbezogene Wissenschaft orientiert sich die Sozialgeographie an der Soziologie, von der sie z. T. die Thematik sowie die Forschungsmethoden übernimmt. Da sich der Kontakt weitgehend auf die empirische Sozialforschung beschränkt, dürfte die Sozialgeographie von dem Methodenstreit in der Soziologie ziemlich unberührt bleiben. Dies darf aber nicht dazu führen, die Fragen der Wissenschaftstheorie unbeachtet zu lassen. Sie müssen vielmehr vorrangig behandelt und es muß genau geprüft werden, welche Position einer der Herkunft nach naturwissenschaftlichen Disziplin wie der Geographie angemessen ist¹⁾. Die Klärung der Position ist schon deshalb notwendig, weil das Ausklammern strittiger Fragen zu einem Methodenpluralismus führt, der jede beliebige Behauptung als akzeptabel erscheinen läßt²⁾. Die Kritik der theore-

tischen Ansätze und empirischen Arbeiten der Soziologie zu dem vorliegenden Thema, das dort hauptsächlich unter dem Stichwort „soziale Schichtung“³⁾ behandelt wird, muß daher methodologische Aspekte berücksichtigen.

An Hand eines bekannten Beispiels werden wir zunächst das allgemeine Verfahren der Untersuchung der sozialen Schichten beschreiben und kritisch durchleuchten. Dabei werden auch andere Verfahren berücksichtigt, sofern nennenswerte Unterschiede bestehen. Danach wird eine Theorie der Struktur sozialer Systeme entwickelt, auf eine neue data-analysis-Methode verwiesen und deren Anwendung bei der Untersuchung der Struktur sozialer Systeme beschrieben.

1. Beschreibung der soziologischen Verfahren

Bei der Untersuchung der sozialen Schichtung geht es im wesentlichen darum, die postulierten bzw. diagnostizierten Ungleichheiten innerhalb eines sozialen Systems in irgendeiner Form dingfest zu machen, – meistens durch Festlegung von Grenzen, die jeweils zwei hinsichtlich irgendeiner Rangfolge voneinander verschiedene Gruppen trennen.

Es wird unterschieden zwischen „subjektiven“ und „objektiven“ Ansätzen. Beide wurden bereits von WARNER⁴⁾ entwickelt und angewendet. Bei dem „subjektiven“ Verfahren bewerten die Mitglieder sozialer

³⁾ Der Begriff „soziale Schicht“ wird nicht einheitlich verwendet. Er dient z. T. als Oberbegriff für soziale Strukturen überhaupt, z. T. als Ordnungsschema für die Verteilung von sozialem Status. Vgl. MAYNTZ 1969.

⁴⁾ Vgl. WARNER 1949.

¹⁾ Siehe hierzu POPPER 1962.

²⁾ Vgl. ALBERT 1964, S. 4.