

- DOLLFUSS, O. und USSELMANN, P.: Recherches géomorphologiques dans le centre-ouest du Népal. CNRS, Paris (o. J., wahrscheinlich 1971).
- FUCHS, G. und FRANK, W.: The Geology of West Nepal between the Rivers Kali Gandaki and Thulo Bheri. Jahrb. d. Geol. Bu-Anst., Sonderbd. 18, Wien 1970.
- GANSSER, A.: Geology of the Himalayas. London 1964.
- H. M. *Government of Nepal*: The physical development plan for the Kathmandu Valley. Kathmandu 1969.
- GURUNG, H. B.: Pokhara Valley. Edinburgh 1965.
- HAFFNER, W.: Ostnepal – Grundzüge des vertikalen Landschaftsaufbaus. Khumbu Himal, Ergebn. Forsch.-Untern. Nepal Himalaya, Bd. 1, Liefg. 5, S. 389–426, 1967.
- HAGEN, T.: Report on the Geological Survey of Nepal, Vol. 2: Geology of the Thakkhola. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. LXXXVI/2, Zürich 1968.
- : Report on the Geological Survey of Nepal, Vol. 1: Preliminary Reconnaissance. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. LXXXVI/1, Zürich 1969.
- HEUBERGER, H.: Beobachtungen über die heutige und eiszeitliche Vergletscherung in Ostnepal. Zeitschr. f. Gletscherkd. und Glazialgeol. Bd. III, H. 3, S. 349–364, 1956.
- LOMBARD, A.: Un itinéraire géologique dans l'est du Népal. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. 77/1, 1958.
- OESTERREICH, K.: Die Täler des nordwestlichen Himalaya. Pet. Mitt. Erg.-H. No 155, Gotha 1906.
- PAFFEN, KH., PILLEWIZER, W. und SCHNEIDER, H.-J.: Forschungen im Hunza-Karakorum. Erdkunde Bd. X, S. 1–33, 1956.
- SCHWEINFURTH, U.: Die horizontale und vertikale Verbreitung der Vegetation im Himalaya. Bonner Geogr. Abh. H. 20, Bonn 1957.
- TURNER, R. L.: A Comparative and Etymological Dictionary of the Nepali Language, Reprint, London 1965.
- WADIA, D. N.: Geology of India. 3. Aufl., New York 1961.
- WISSMANN, H. v.: Die heutige Vergletscherung und Schneegrenze in Hochasien. Abh. d. math.-nat. Kl. d. Akad. d. Wiss. u. Lit. Mainz, Nr. 14, S. 1101–1407, 1959.

GLAZIALE UND PERIGLAZIALE FORMBILDUNG IN HOCH-SEMYEN, NORD-ÄTHIOPIEN

Mit 4 Abbildungen, 6 Photos und 2 Tabellen

STEFAN HASTENRATH

Summary: Glacial and periglacial phenomena in High Semyen, North Ethiopia.

Glacial morphology in the peak regions of High Semyen is mapped, and altitudinal zonation of periglacial phenomena is studied in an effort to expand on recent field work in the high mountains of East Africa.

Soil frost phenomena are found upwards of 3700 m, with turf exfoliation and micro-terraces in the vegetation cover occurring between 3780 and more than 4350 m. Above 4250 m, stone stripes, fine earth stripes and polygons are most conspicuous, the characteristic dimension of polygons being considerably smaller than in the East African mountains. In general, observations are spatially consistent with conditions in East Africa. A marked asymmetry in the development of periglacial forms is noted, with exposures towards the northerly and westerly quadrants being favoured over the southerly and easterly directions.

Multiple moraine complexes and cirques are embedded in valleys in the northerly and westerly quadrants of Ras Dadjan, Buahit, and Silki-Abba Yared. Moraines are deeply weathered and carry abundant vegetation. Cirque bottoms lie around 4200–4300 m; lowest moraine ends reach to below 4000 m, and in the massif of Silki-Abba Yared even to about 3750 m.

The North-South contrast in glacial and periglacial morphology caused by radiation is peculiar to the outer tropics, and does not occur in equatorial East Africa. The West-East asymmetry results from the powerful diurnal control of circulation systems in low-latitude mountain massifs. This is characterized by a maximum of cloudiness and precipitation in the afternoon, thus reducing the daily totals of insolation on slopes of westerly aspect.

From a comparison with the high mountains of East Africa in terms of altitudinal location, soil and vegetation conditions, it is concluded that the moraines in the peak

regions of High Semyen were not formed in the course of the last few centuries. In the absence of absolute dating the lowest large moraines can tentatively be correlated with moraine complexes widely occurring on Mts. Kenya and Kilimanjaro with ends around 3400 m (11,000 ft.). The multiple smaller moraines in the upper portion of valleys in High Semyen may have their corollary in similarly arranged moraine arcs around 4000 m on Mts. Kenya (13,000–14,000 ft.) and Kilimanjaro (13,000 ft.). A hypothetical older glaciation in High Semyen extending to below 2600 m may need corroboration in the field; if confirmed, it may have to be viewed in perspective with incomplete indications of older lower-reaching glaciations reported for Mts. Kenya and Kilimanjaro. Other correlations between geomorphic events in High Semyen and the mountains of East Africa appear in context less satisfactory.

Pleistozäne Vereisung und klima-morphologische Höhenstufung in den tropischen Hochgebirgen gewinnen zunehmend Beachtung für Fragen der Geo-Ökologie und großräumiger Umweltsveränderungen. Für Ostafrika wird das Verständnis des glazialen und periglazialen Formenschatzes durch den räumlichen Zusammenhang mit der heutigen Gletscherwelt erleichtert. Die hauptsächlichen Moränenkomplexe im Kilimanjaro-Massiv und am Mount Kenya sind nahezu gänzlich kartiert (HUMPHRIES, 1972; BAKER, 1967); ein weniger vollständiges Inventar ist für die Ruwenzoris verfügbar (DE HEINZELIN, 1962; OSMASTON, 1965); Spuren pleistozäner Vereisung am Mount Elgon und in den Aberdares sind, abgesehen von NILSSONS (1940) früheren Aufnahmen, im Gelände und im Luftbild offensichtlich. Literaturangaben konnten im Laufe

der letzten Jahre durch Geländebeobachtungen in sämtlichen ostafrikanischen Hochgebirgen ergänzt werden. Wenngleich es an absoluten Datierungen mangelt, scheint sich für Ostafrika ein in der räumlichen Anordnung sinnvolles Bild der pleistozänen und holozänen Vereisungsphasen zu ergeben, über das an anderen Orten berichtet werden soll. Gleichweise ließen sich aus Geländebeobachtungen die wesentlichen Züge im dreidimensionalen Wandel des periglazialen Formenschatzes erarbeiten.

Ein regionaler Vergleich von Feldbefunden zwischen den ostafrikanischen Hochgebirgen in unmittelbarer Nähe des Äquators und dem benachbarten Hochland von Äthiopien im Norden erschien wünschenswert. Indessen ist die einschlägige morphologische Literatur über Äthiopien widersprüchlich; das Fehlen einer gegenwärtigen Vergleitscherung in den äthiopischen Gebirgen mag die Interpretation möglicher fossiler glazialer und periglazialer Formbildungen erschweren. Eine Ausdehnung meiner Geländearbeiten von den ostafrikanischen Hochgebirgen auf das benachbarte Äthiopien versprach Ergebnisse in zweifacher Hinsicht: einmal sollte die Anschauung aus den äußeren Tropen zum Verständnis der Verhältnisse im äquatorialen Ostafrika beitragen; darüber hinaus erschien mir die Vertrautheit mit der pleistozänen und rezenten Vergleitscherung Ostafrikas eine wesentliche Voraussetzung für das Studium der anscheinend schwerer interpretierbaren Gegebenheiten in Äthiopien. Mit Rücksicht auf eine erwartungsgemäß optimale Ausbildung glazialer und periglazialer Erscheinungen wurde als Untersuchungsgebiet das höchste Gebirge Äthiopiens gewählt, der Hoch-Semyen.

1. Das Untersuchungsgebiet*)

Abb. 1. gibt eine Orientierung über das Untersuchungsgebiet und die Marschroute.

Das Gebirge ist weitgehend aus miozänen Basaltdecken wechselnder Fazies aufgebaut, die von zahl-

*) Die Geländearbeiten wurden im Dezember 1973 durchgeführt.

Ein jeweils eintägiger Aufenthalt auf der Hin- und Rückreise in Addis Abeba wurde zum Besuch von staatlichen Diensten und wissenschaftlichen Institutionen benutzt. Vor Beginn der Geländearbeiten konnten vom Imperial Ethiopian Mapping and Geographic Institute Luftaufnahmen des gesamten Untersuchungsgebiets (AST 4, 2. Februar 1964, 6538-42; AF-58-3, R-82, 8. März 1964, 8336-8340; AF-58-3, R-84, 9. März 1964, 8537-8541, 8582-8586; AF-58-3, R-105, April 1964, 10 413-10 417) beschafft und vorläufig ausgewertet werden. Eine amtliche Karte für das Gebiet in für morphologische Kartierungszwecke geeignetem Maßstab gibt es nicht. Besonders wertvoll war daher die unter Leitung von Werdecker (WERDECKER, 1968; BRANDSTÄTTER, 1968) auf Grund von stereophotogrammetrischen Aufnahmen im Gelände erstellte Karte im Maßstab 1:50 000, wenngleich sie nicht die bei Luftaufnahmen gegründeten Karten gleichen Maßstabs übliche Auflösung erreicht. Ein systematischer Fehler von + 7 m in den Isohypsenwerten ist angegeben, der leicht zu berücksichtigen ist. Ortsbezeichnungen sind auf der Karte in deutscher Phonetik entsprechender Schreibweise wiedergegeben, der auch in der vorliegenden Arbeit gefolgt wird. Im Gelände wurden fortlaufend Ablesungen an einem Aneroid-Höhenmesser notiert, die an Geländepunkte bekannter Höhe anzuschließen waren. Damit ist eine für die anstehenden Zwecke hinreichende Genauigkeit gewährleistet. Daneben wurde ein herkömmlicher Marschkompaß benutzt.

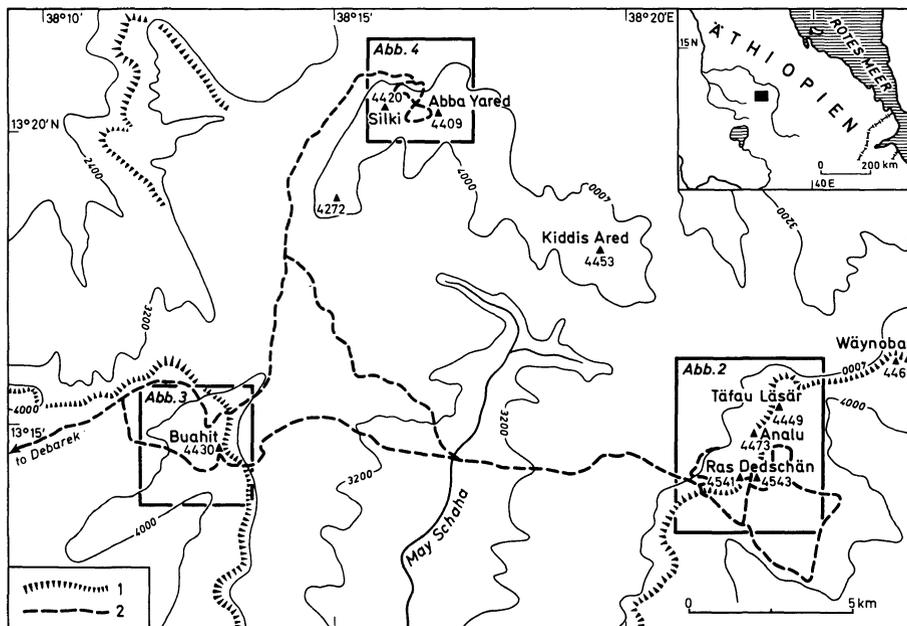


Abb. 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes / Sketch map of the study area
1 Steilstufe; 2 Marschroute; Höhenlinien in m / 1 vertical slopes; 2 route taken; contours in metres

reichen Intrusionslinien durchzogen sind (MOHR, 1967, 1971; KAZMIN, 1973). Gewaltige Steilstufen sind vor allem beiderseits des breiten May Schaha-Tales ausgebildet. Von den drei höchsten Regionen des Untersuchungsgebiets liegen das Buahit-Massiv (4430 m) und das Massiv des Ras Dedschän (4543 m) am Rande solcher Steilstufen; das Massiv von Silki (4420 m) und Abba Yared (4409 m) umfaßt den vermutlichen Vulkankern. Diese drei hier besonders interessierenden Hochregionen sind in Abb. 2 bis 4 getrennt dargestellt. An natürlicher Vegetation gibt es Wald und Baumbestände vor allem in geschützten Talschluchten bis gegen 3800 m. Die Hochregionen oberhalb etwa 3600 m tragen die von den ostafrikanischen Hochgebirgen her vertrauten Bestände von *Senecio* und *Lobelia*. Eine spärlicher werdende Pflanzendecke reicht je nach lokalen Gegebenheiten bis wenig unterhalb der Gipfel. Ackerbau, bevorzugt von Kartoffeln, Weizen, und weiter oberhalb von Gerste, wird bis gegen 3700 m betrieben; noch größere Höhenlagen werden als Schafweiden genutzt.

Tabelle 1: Mittlere Höhenlage (in m) der 0°C-Fläche in der freien Atmosphäre im Raum von Süd-Eritrea (14° 40' N, 40° 00' E), Hoch-Semyen (13° 30' N, 38° 30' E), und Ostafrika (0° 10' S, 37° 40' E, Mt. Kenya, und 3° 00' S, 37° 30' E, Kilimandscharo) für Januar, Juli und im Mittel von Januar, April, Juli und Oktober; berechnet nach Daten von THOMPSON (1965).

	Januar	Juli	Jan, Apr, Jul, Ok
Süd-Eritrea	4700	5060	4860
Hoch-Semyen	4880	5010	4900
Ostafrika	4780	4480	4640

Klimadaten für Hoch-Semyen sind nur unzulänglich verfügbar. LUSANA (1938) hat Beobachtungen über kurze Zeiträume veröffentlicht. Die Regenzeit im Untersuchungsgebiet ist auf die Monate des Nordsummers konzentriert. Eine Orientierung über die thermische Höhenstufung in der freien Atmosphäre kann aus Tabelle 1 gewonnen werden. Witterungsverhältnisse während der Geländearbeiten waren der Jahreszeit entsprechend günstig. Die für die tropischen Hochgebirge charakteristischen tageszeitlichen Zirkulationssysteme waren mit der Neigung zu stärkster Bewölkung in den Nachmittagsstunden und klarem Himmel nachts und morgens ausgeprägt. Von Schauern mit festem Niederschlag wurden wir mehrfach nachmittags überrascht. An schattenreichen Stellen in den Hochlagen war Eis ganztägig zu beobachten.

2. Periglazialer Formenschatz

Die Vertikalabstufung verschiedener Bodenfrostercheinungen konnte bei Auf- und Abstieg in den drei höchsten Gebirgsmassiven des Hoch-Semyen wiederholt verfolgt werden. An fossilen Periglazialformen wurden an Aufschlüssen im Abstieg vom Buahit zum

May Schaha-Tal Solifluktionsschuttdecken bis um 3000 m hinab beobachtet. Allgemein aber war das Augenmerk auf die offenkundigeren rezenten Bildungen gerichtet.

Die niedrigsten, nur undeutlichen Rückstände von Kammeis wurden um 3700 m gefunden. Rasenauffrierungen und Mikro-Terrassetten in der Vegetationsnahe treten von etwa 3750 m an aufwärts auf und sind bis über 4350 m anzutreffen. Die Rückstände von Kammeis werden in diesem Höhenbereich besonders augenfällig: Erdkrümel ordnen sich in parallelen, ungefähr Ost-West verlaufenden Streifen an. Diese Erscheinung ist aus anderen tropischen Gebirgen bekannt (HASTENRATH, 1973, 1974 b), und verdankt ihre Entstehung der Einstrahlungsrichtung zur Zeit des örtlichen Sonnenaufgangs, wenn das Abschmelzen der Eisnadeln einsetzt. Oberhalb 4250 m sind Steinstreifen, Rautenböden und Feinerdepolygone und -streifen die auffälligsten Frostbodenerscheinungen (Photo 1 und 2).



Photo 1: Steinsortierungen und Feinerdepolygone, dem Gefälle folgend deformiert; Steinansammlung in Rillen. Unterhalb 4400 m auf der Ostseite des Buahit

Stone stripes and fine earth polygons deformed in line with the gradient; stones collecting in rills. Below 4400 metres on the east side of the Buahit



Photo 2: Feinerdestreifen am Nordhang des Ras Dedschän, um 4450 m

Fine earth stripes on the northern slope of the Ras Dedschän around 4450 metres

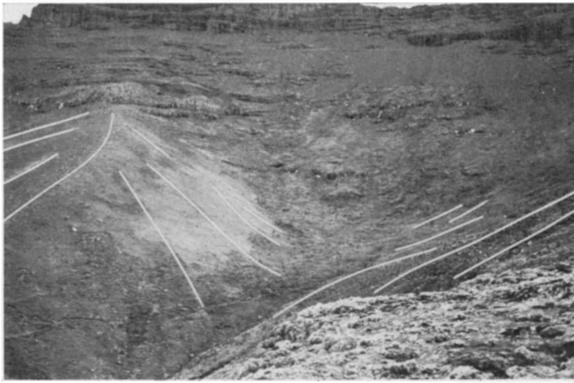


Photo 3: Große Mittelmoräne, benachbarte Moränen und Teil des großen Karkessels in Tal I am Ras Dedschän. Weiße Flecken an Felsleisten sind Eis

Large central moraine, lateral moraines and part of the large cirque basin in Valley I on the Ras Dedschän. The white patches on the rock blocks are ice



Photo 5: Moränenbogen mit sumpfiger Geländestelle im ostwärts gerichteten Tal IX am Ras Dedschän um 4200 bis 4300 m

Moraine curves with marshy land in the eastwards trending Valley IX on the Ras Dedschän at about 4200–4300 metres



Photo 4: Moränen im nordwestwärts gerichteten Tal II am Ras Dedschän: Aufnahmepunkt 3980 m auf Seitenmoräne; dahinter große Mittelmoräne, im Hintergrund Moränen von Eiszunge unterhalb Analu-Gipfel

Moraines in the NW trending Valley II on the Ras Dedschän: point of view 3980 m on lateral moraine; in the background moraines from glacial tongue below the peak of Analu



Photo 6: Moränen im nordnordostwärts gerichteten Oberteil des Tals II (a) im Massiv von Silki-Abba Yared um 4100 m. Im Vordergrund Schnee. (Alle Aufnahmen S. HASTENRATH)

Moraines in the NNE trending upper portion of Valley II (a) in the Silki-Abba Yared Massif at about 4100 metres. Snow in the foreground (all photos S. HASTENRATH)

Diese Vertikalabstufung von Frostbodenerscheinungen ist mit den Angaben von WERDECKER (1955) vergleichbar, der einen Bereich von 3600–4300 m für Rasenauffrierungen, und eine Höhenstufe oberhalb 4200 m für Steinsortierungen angibt.

Die Untergrenze von Frostbodenerscheinungen um 3700 m ist in Zusammenhang mit den Temperaturverhältnissen zu sehen (Tabelle 1). In Ostafrika liegt die Fläche der mittleren Minimumtemperatur von 0 °C ungefähr 1200 m tiefer als die der Mitteltemperatur von 0 °C (HASTENRATH, 1973). Für die Breitenlage des Hoch-Semyen ergäbe sich für die mittlere Minimumtemperatur von 0 °C unter gleichen Voraussetzungen eine Höhenlage um 3700 m, mit einer größeren

Tagesamplitude ein entsprechend niedrigerer Wert. Damit ist der Höhenbereich angezeigt, von wo an aufwärts Frostwechsel mit größerer Regelmäßigkeit auftreten, in befriedigender Übereinstimmung mit der Untergrenze der beobachteten Frostbodenformen.

Die in Hoch-Semyen beobachteten Periglazialerscheinungen sind in Form und Höhenlage den mir aus den ostafrikanischen Hochgebirgen vertrauten Bildungen ähnlich. Sowohl am Kilimandscharo und Mount Kenya (HASTENRATH, 1973) als auch in Hoch-Semyen ordnen sich Steinstreifen, Rautenböden, Feinerdepolygone und -streifen einerseits, und Vegetationsterrassetten und Rasenauffrierungen andererseits, bevorzugt in übereinanderliegenden Stockwerken an. Man kann

FURRER und FREUND (1973) dahingehend zustimmen, daß der höhenwärtige Wandel allmählich ist, und die verschiedenen Formkomplexe in einem breiten Übergangsbereich zusammen vorkommen.

Hinsichtlich der Bildung von Musterböden vermutet BREMER (1965), daß sich in höheren Lagen tropisch-subtropischer Gebiete Gilgai- und Frostmusterböden möglicherweise überschneiden. Dieser Vorschlag ist vor allem für den in Photo 2 abgebildeten Formtypus von Interesse. Die Musterungen in den Photos 6 bis 8 von FURRER und FREUND (1973) und in Photos 4 bis 6 von HASTENRATH (1973) vom Kilimandscharo sind analoge Bildungen. Die Vermutung, daß ein episodisches Austrocknen des Bodens bei der Entstehung dieses Formtypus beteiligt ist, wird durch Beobachtungen in den immerfeuchten Hochregionen der Ruwenzoris bestätigt: dort fehlt dieser Typ völlig. Ohne Versuch einer Erklärung sei darauf aufmerksam gemacht, daß die durch Photo 2 veranschaulichten Exemplare in Hoch-Semyen durchweg wesentlich kleiner (Durchmesser 3–5 cm) sind als etwa ihre Gegenstücke am Kilimandscharo (typischer Durchmesser 10–20 cm).

Im Gegensatz zu den Gebirgen des äquatorialen Ostafrika zeigen die Periglazialerscheinungen in Hoch-Semyen in den nordhemisphärischen Randtropen eine starke Abhängigkeit von der Exposition. Rasenauffrierungen, Steinstreifen, und Feinerdepolygone und -streifen sind auf nordwärts gerichteten Hängen besser ausgebildet als auf Südhängen, und ihre Ausmaße sind eher größer. In den Ursachen weniger offensichtlich und in der Auswirkung weniger bedeutend ist die Bevorzugung von West- gegenüber Ostexposition für die Entwicklung von Periglazialformen. Eine ähnliche Begünstigung der nördlichen und westlichen gegenüber den südlichen und östlichen Quadranten ist in den fossilen Glazialformen zu beobachten und soll weiter unten erklärt werden.

3. Glazialmorphologie

Spuren pleistozäner Vereisung in Hoch-Semyen sind zuerst von NILSSON (1935, 1940) beobachtet worden. NILSSON unterscheidet zwei Vereisungen: für eine jüngere Vereisung gibt er eine Untergrenze von 3500–3800 m an, ohne allerdings Moränen oder andere Einzelheiten zu beschreiben; eine ältere Vereisung soll bis 2600 m herab gereicht haben, wofür NILSSON eine Moräne in der Nähe des Ortes Lowa im May Schaha-Tal als Beweis anführt. Die Entstehung des weiten Tales wird glazialer Erosion zugeschrieben. MINUCCI (1938 a, b) gibt für alle drei Hochregionen des Semyen Beobachtungen von Glazialformen, mit einer Untergrenze von 3800 m, an. Auf Grund seiner Feldbeobachtungen lehnt er NILSSONS Vorstellung einer Vereisung des May Schaha-Tales bis 2600 m herab ab.

In Fortführung der früheren Arbeiten von NILSSON und MINUCCI bestätigt BÜDEL (1954) Vereisungsspuren im Buahit-Massiv, der einzigen von ihm besuchten

Hochregion des Semyen. HÖVERMANN (1954 a, b) hat sich mit der Frage pleistozäner und holozäner Vereisungen in Äthiopien auf Grund von Reisebeschreibungen und eigenen Feldbeobachtungen befaßt und glaubt, daß es sich bei den von MINUCCI (1938 a, b) für die Hochregionen des Semyen beschriebenen Moränenformen um Bildungen aus historischer Zeit handelt. Für eine weitere diesbezügliche Auswertung historischer Reisebeschreibungen sei auf SIMOONS (1960) verwiesen. HÖVERMANN (1954 a) stimmt NILSSONS (1935, 1940) Auffassung einer tiefreichenden Vereisung im May Schaha-Tal zu, vermutet aber, daß sie sich noch bis wesentlich unterhalb 2600 m erstreckt haben dürfte. WERDECKER (1955) bezweifelt, daß die klimatische Schneegrenze in historischer Zeit unterhalb des Gipfelniveaus gelegen haben könnte und zeigt, daß HÖVERMANNs Schlußfolgerungen von fehlerhaften topographischen Unterlagen beeinträchtigt sind. In Übereinstimmung mit NILSSON (1935, 1940) beschreibt WERDECKER (1955) Moränen in niederen Lagen, darunter eine in der Nähe der Ortschaft Lowa um 2700 m. Weiter erwähnt er Moränenablagerungen in den Hochregionen von Buahit und Ras Dedschän. SCOTT (1958) gibt eine kurze Zusammenfassung früheren Schrifttums; Beobachtungen von moränenähnlichen Ablagerungen im May Schaha-Tal werden mit Vorbehalt erwähnt. KULS und SEMMEL (1962) warnen vor Fehlinterpretationen von moränenartigen Bildungen und kar-ähnlichen Formen in den niederen Lagen Äthiopiens, ohne das Vorhandensein echter Glazialformen in den Gipfelregionen des Hoch-Semyen in Frage zu stellen.

MOHR (1963, 1971) wies nach, daß das mächtige May Schaha-Tal tektonisch bedingt ist. Für einen glazigen Ursprung der von NILSSON (1935, 1940) und SCOTT (1958) beschriebenen moränenartigen Ablagerungen fand er bei seinen eigenen Felduntersuchungen keine Bestätigung, wogegen er MINUCCIs (1938 b) Befunde weitgehend bekräftigt; das von HÖVERMANN angenommene Ausmaß der pleistozänen Vereisung in Semyen hält er für weit übertrieben.

In Anbetracht von so widersprüchlichen Auffassungen schien eine systematische Bestandaufnahme von Glazialformen mit Kartierung von Moränen am Platze, wobei vor allem vertikale Anordnungen und räumliche Abfolge zu erfassen waren. Mit der WERDECKERSchen Karte waren erstmals die notwendigsten topographischen Grundlagen für ein solches Unterfangen gegeben. Topographische Karte, Luftbild, Aneroid-Höhenmesser und Marschkompaß waren wesentliche Hilfsmittel bei der Anfertigung von Geländeskizzen, die fortlaufend durch Notizen und Fotografien ergänzt wurden. Dieser Versuch einer skizzenhaften Kartierung war auf die drei höchsten Massive des Hoch-Semyen beschränkt, für die die eindeutigsten Befunde an glazialen Formenschatz zu erwarten waren. Meine Feldbeobachtungen für die niederen Lagen sind dürftiger. Im folgenden seien die Aufnahmen für

die drei Hochregionen, Ras Dedschän, Buahit und Silki-Abba Yared, getrennt dargelegt.

a) Ras Dedschän

Glazialformen am Ras Dedschän, dem höchsten Massiv im Untersuchungsgebiet, sind reichhaltig und schon von Ferne, etwa vom Buahit-Gipfel aus zu erkennen, wie BÜDEL (1954) richtig bemerkt. Eine morphologische Skizze für das Ras Dedschän-Massiv ist in Abb. 2 dargeboten. Moränen sind teils etwas über das

im Gelände zu beobachtende Ausmaß hinaus ausgezeichnet, um die interpretierte Zusammengehörigkeit getrennter Moränenrücken zum Ausdruck zu bringen. Einige kleine Geländerücken im Oberteil der Täler sind nur undeutlich ausgebildet und es mag sich gelegentlich um Toteisformen handeln. Die Kartenskizzen Abb. 3 und 4 sind in ähnlicher Weise angelegt. Um den Bezug im Text zu erleichtern, sind die einzelnen Tälchen im Westen beginnend im Uhrzeigersinn mit römischen Zahlen durchnummeriert.

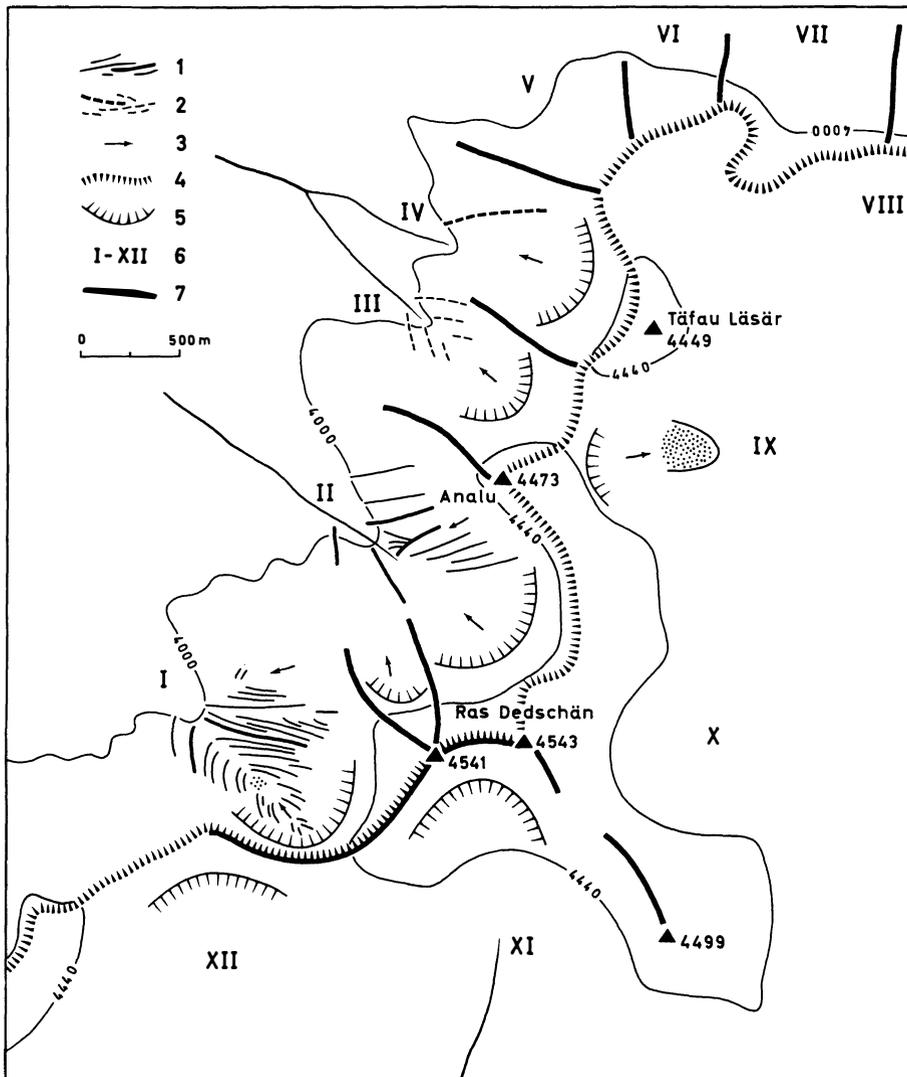


Abb. 2: Morphologische Skizze des Ras Dedschän-Massivs

1 Moränen; 2 auf Grund von Fernsicht und Luftbildern erschlossene Moränen; 3 Richtung einzelner Gletscherzungen – aus der Moränenmorphologie erschlossen; 4 Steilstufen; 5 Kare und karähnliche Becken; 6 Täler – im Uhrzeigersinn nummeriert; 7 Kammlinien

Morphological sketch of the Ras Dedschän Massif

1 moraines; 2 moraines discovered from air photos or through binoculars; 3 direction of individual glacier tongues – reconstructed from moraine morphology; 4 vertical slopes; 5 cirques and cirque-like depressions; 6 valleys – numbered clockwise; 7 ridge lines

Das nach Nordwest gerichtete Tal I endet in einem weiten Karkessel mit Boden um 4150 m und enthält eine Vielfalt von Moränensystemen. Die zu einem zur Zeit eines Höchststandes das gesamte obere Tal geschlossen ausfüllenden Eiskuchen gehörenden Moränen reichen tiefstens bis wenig unterhalb 4000 m hinunter. Bei einem späteren Rückgang fand eine Auflösung in zumindest drei getrennte Akkumulationsbecken und Eiszungen statt. Zwei kleinere Gletscherzungen auf dem westwärts gerichteten Talhang sind durch eine Abfolge von drei oder mehr Rückzugsmoränen ausgewiesen; der größte und wohl am längsten sich behauptende Gletscher lag in dem weiten Karkessel am Südrande des Tales, abgeteilt von der nordwärts gelegenen Gletscherzunge durch eine stattliche, über 10 m hohe Moräne. Diese Moräne war ursprünglich wohl als Mittelmoräne zwischen den beiden Eisbecken angelegt, und entwickelte sich später als Seitenmoräne des langlebigen Gletschers im Südschluß des Tales weiter. Photo 3 enthält in der linken Bildhälfte die große Mittelmoräne, und rechts einen Teil des großen Karkessels. Weiter oberhalb birgt dieses Karbecken noch Moränen, die späteren Schrumpfstadien des Hauptgletschers zuzuschreiben sind. Die Moränen sind durchweg tief verwittert, tragen kräftige Vegetation, und zeigen deutliche Expositionsunterschiede dergestalt, daß die nord- und westwärts gerichteten Flanken häufiger Rasenauffrierungen und weniger üppige Vegetation haben.

Das gleichfalls nach Nordwest gerichtete Tal II liefert ähnliche Einzelheiten zur Vereisungsgeschichte. Tiefste Endmoränen sind bis unterhalb 4000 m herunter auszumachen. Beim Rückzug des Eises erfolgte eine Auflösung in getrennte Gletscherzungen. Ein kleinerer Gletscher erstreckte sich am westsüdwestwärts gerichteten Talhang von einem Akkumulationsbecken unterhalb des Analu-Gipfels herunter. Der größte Eiskörper lag in dem weiten Karkessel um 4200–4300 m im Tal-schluß im Südosten. Durch einen Felsriegel und eine 10–20 m mächtige Mittelmoräne abgeteilt, gab es westlich davon einen Gletscher, der sich aus einem Akkumulationsbecken um gleichfalls 4200–4300 m unterhalb des Nebengipfels des Ras Dedschän nordwärts erstreckte. Es scheint, daß die beiden letztgenannten großen Gletscher schon zur Zeit des Eishöchststandes getrennte Gebilde waren. Am Westrand des vom Nebengipfel des Ras Dedschän herunterführenden Gletschers ist eine um 10 m mächtige Seitenmoräne ausgebildet. Photo 4 ist von dieser Seitenmoräne ostwärts blickend aufgenommen. Expositionsunterschiede mit stärkeren Rasenauffrierungen und dürftigerem Pflanzenwuchs auf der Nord- und Westflanke der Moränen sind auch im Tal II ausgeprägt.

Tal III wurde nicht besucht und Moränen in Abb. 2 wurden nur auf Grund von Luftaufnahmen und Fernbeobachtungen vom Buahit-Massiv aus skizziert. Eine Mehrfachstaffelung von Moränen ist zu erkennen, wobei der zugehörige Gletscher das weite Hochbecken

zwischen Analu und Täfau Läsär als Einzugsgebiet gehabt haben müßte. Gleichweise ließ sich in Tal IV eine große Moräne mit einem zugehörigen Nährgebiet unterhalb des Täfau Läsär ausmachen. Bei Geländebegehungen in diesen beiden nordwestwärts gerichteten Tälern sollten sich weitere glazial-morphologische Einzelheiten nachweisen lassen.

Täler V bis VII und die weiter ostwärts folgenden Täler auf der Nordseite der großräumigen Steilstufe, die auf der Abb. 2 nicht mehr erfaßt sind, wurden nicht besucht. Sie waren von Ferne nicht einzusehen und das Luftbild allein erlaubt keinen zuverlässigen Schluß.

Die sanften südwärts gerichteten Talhänge (VIII) auf der Südseite der Steilstufe zwischen Wäynoobar und Täfau Läsär, die im wesentlichen außerhalb des Kartenausschnittes der Abb. 2 liegen, waren von meiner Marschroute aus gut einzusehen. Moränen fehlen in diesen Talungen offenbar völlig.

Das sich von der Steilstufe zwischen Analu und Täfau Läsär ostwärts erstreckende Tal IX enthält um 4200–4300 m einen bescheidenen nur auf wenige m aufgewölbten Moränenbogen, der eine etwas sumpfige Geländestelle einfaßt (Photo 5). Unterschiede in der Pflanzendecke zwischen Nord- und Südflanken der Moränenrücken sind auch hier angezeit.

In dem nordostwärts gerichteten Tal X waren keine Moränen auszumachen. Ebenso wenig sind sie in den südwärts gerichteten Tälern XI und XII im Süden des Ras Dedschän zu finden. Namentlich der obere Teil von Tal XI erweckt die Vorstellung von einem weiten Eisbecken, aber eindeutige Belege fehlen; gletscherschrammenähnliche ungefähr dem Gefälle folgend Nordnordost-Südsüdwest orientierte Rillen im Oberteil des Beckens um 4380 m sind gesteinsbedingt und nicht Ergebnis glazialer Formung.

b) B u a h i t

Für den höchsten Teil des Buahit-Massivs ist in Abb. 3 eine morphologische Skizze dargeboten. Eine Fülle von Moränenformen ist in das nordnordwestwärts gerichtete Tal I eingebettet. Tiefste Moränen reichen bis gegen 4000 m herunter. Weiter talauf lassen sich ein größerer Eislobus im Osten und eine schmalere Gletscherzunge im Westen unterscheiden, die durch eine lange und um 20 m mächtige Mittelmoräne voneinander abgesetzt sind. In beiden dieser Talungen sind mehrfache Rückzugsstadien auszumachen. Im Oberteil des westlichen Talabschnitts findet sich eine von Moränen eingefasste sumpfige Geländestelle. Der hauptsächlichliche Karkessel ist um 4300 m gelegen. Wiederrum sind Expositionsunterschiede in Vegetation und Rasenauffrierungen unverkennbar. Die Moränen dieses Tals sind zuerst von MINUCCI (1938 b) erwähnt worden, mit einer Untergrenze, die mit meinen Beobachtungen übereinstimmt. Auch BÜDEL (1954) hat anscheinend dieses Tal besucht.

Die abrupt nach Norden beziehungsweise Osten ab-

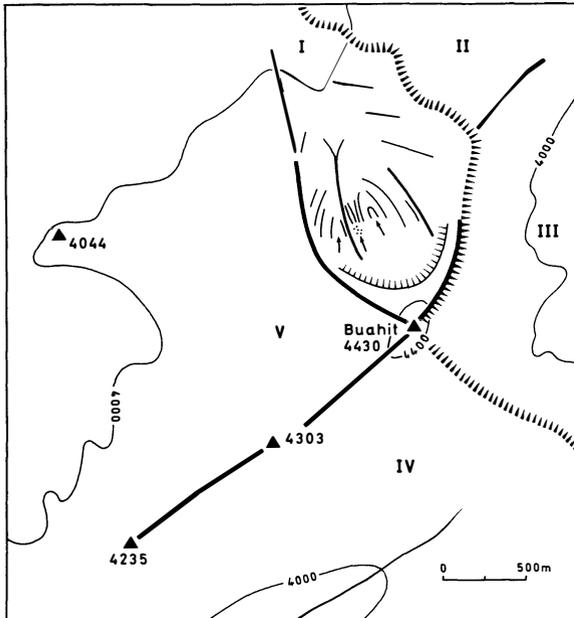


Abb. 3: Morphologische Skizze des Buahit-Massivs
Symbole wie in Abb. 2
Morphological sketch of the Buahit Massif
symbols as in Fig. 2

fallenden Täler II und III gehören der großräumigen Steilstufe an. Moränenrücken waren in keinem der beiden Täler aufzuspüren. Die starke Reliefenergie dürfte für Ablagerung und Erhaltung von Moränen ungünstig sein.

Das weite, sanft nach Südwesten sich absenkende Tal IV ist von NILSSON (1935, 1940) aufgesucht worden; von den von ihm angegebenen Moränen konnte ich keine Spur finden. Ebenso wenig konnte ich Moränen in der westwärts gerichteten Talung V ausmachen. An Gletscherschrammen erinnernde Nordwest-Südost gerichtete Rillen um 4300 m am Kamm zwischen Tälern IV und V sind offenbar durch die Gesteinsstruktur bedingt und nicht glazialen Ursprungs.

c) Silki und Abba Yared

Die Hochregion von Silki und Abba Yared ist nördlichster Ausläufer und Fortsetzung des auf der WERDECKERSchen Karte als Bärtsch Wuha eingetragenen meridional verlaufenden Höhenzuges. Eine morphologische Übersicht über das Gebiet ist in Abb. 4 gegeben.

Das vergleichsweise steile, nordwärts gerichtete Tal I enthält Reste mehrerer Moränenrücken, die bis um 3850 m herunterreichen. Das hauptsächliche Nährgebiet des Gletschers dürfte um 4200–4300 m gelegen haben.

Eine Fülle von Vergletscherungszeugen ist in dem weiten Amphitheater des Tales II enthalten. Es lassen sich in der Endpartie dieses Hochtales vier hauptsäch-

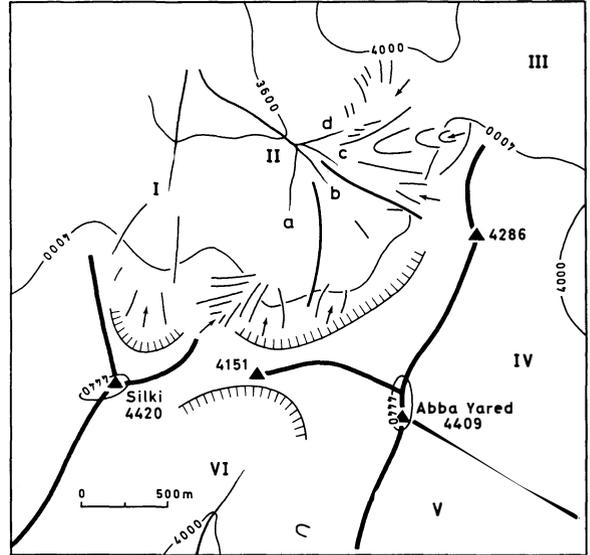


Abb. 4: Morphologische Skizze des Massivs von Silki und Abba Yared
Symbole wie in Abb. 2
Morphological sketch of the Massif of Silki and Abba Yared
symbols as in Fig. 2

liche Sektoren (a, b, c, d) ausscheiden, die in einem Höhenbereich um 3700 m zusammenlaufen. Die vier Sektoren sind von drei zwischen weniger als 10 m bis fast 20 m mächtigen Mittelmoränen voneinander abgetrennt. Tiefste Moränenenden sind bis um 3750 m hinunter zu verfolgen. Spätere zumeist mehrfache Rückzugsstadien sind in allen vier Sektoren auszumachen.

Der westlichste, nach Nordnordost abfallende Sektor (a) trägt in seinem Oberteil ein System von sehr gut erhaltenen Moränen, von dem das nach Ostnordost aufgenommene Photo 6 eine Anschauung gibt. Expositionsgegensätze in Pflanzendecke und Rasenaufrierungen sind auch hier deutlich.

Der ostwärts anschließende, nach Nordwest abfallende Sektor (b) enthält vermutlich noch mehrere Rückzugsmoränen, die bei meiner Kartierung nicht erfaßt worden sind.

Der weiter nordostwärts folgende, nach Westen sich absenkende Sektor (c) hat in einem späten Stadium zumindest zwei getrennte Gletscherzungen enthalten, die zum Teil durch mehrfache Rückzugsmoränen belegt sind; die beiden Zungen haben zwischen sich eine bescheidene Mittelmoräne aufgebaut.

Das Nährgebiet für die Gletscher in diesen drei Sektoren (a, b, c) mag um 4100 m gelegen haben. Der nach Südwesten abfallende Sektor (d) hat beträchtlich geringere Kammhöhen zum Hintergrund und enthält nur spärliche Moränenreste.

Die Täler III, IV und V wurden nicht aufgesucht und waren auch von der Marschroute aus nicht einzusehen;

Luftaufnahmen allein boten keine hinreichende Grundlage für glazial-morphologische Auswertungen. Das sanft nach Süden sich absenkende Tal VI südwärts der hohen Gipfel von Silki und Abba Yared wurde ausgiebig erkundet. Auf dem westwärts gerichteten Talhang war ein moränenförmiger Bogen von kleinen Ausmaßen zu erkennen; ansonsten fehlen Moränen in diesem Tal offenbar völlig. Die glatten Felsflächen am Westhang des Abba Yared um 4200 m geben von Ferne den Anschein glazialer Überformung, wie auch der gesamte obere Abschnitt des Tales V den Eindruck eines gewaltigen Eisreservoirs vermittelt. Indessen sind auf kleinem Raum keine eindeutigen Gletscherschrammen auszumachen.

Die höheren Partien auf der Westseite von Silki und Bärötsch Wuha habe ich nicht besucht. MINUCCI (1938 b) hat diesen Raum berührt und berichtet von Moränen, die bis um 3800 m herunterreichen. WERDECKER (1955) gibt die Aufnahme eines Gletscherschliffes auf der Westseite des Bärötsch Wuha bei 4200 m.

4. *Schlußfolgerungen*

Bei der Auswertung der Feldbeobachtungen in Hoch-Semyen waren mir die von ausgedehnten Geländearbeiten her vertrauten Gegebenheiten in den Gebirgen Ostafrikas ein wesentlicher Bezug. Die in Hoch-Semyen vorherrschenden Formtypen von Periglazialerscheinungen kommen auch am Kilimandscharo und Mount Kenya vor. Feinerdepolygone haben in Semyen kleinere Ausmaße. Erdknospen und die verwandte Form der Wurmerdestreifen fehlen, ebenso wie die vom Mount Kenya beschriebenen „Schlammrillen“ (HASTENRATH, 1973), was mit einer weniger reichlichen Bodendurchfeuchtung zusammenhängen dürfte. Die Vertikalverteilung der verschiedenen Formtypen – mit Rasenauffrierungen und Vegetationsterrassetten zwischen 3750 und mehr als 4350 m, und Steinstreifen, Feinerdepolygonen und -bändern oberhalb 4250 m – steht in gutem räumlichen Zusammenhang mit der Höhenstufung an Kilimandscharo und Mount Kenya und anderen ostafrikanischen Gebirgen. Es sei daran erinnert, daß HÖVERMANN (1954 b) aus Eritrea Steinringe und -streifen um 2600 m beschrieben hat. Für Godjam berichten KULS und SEMMEL (1962) das Fehlen derartiger Bildungen in entsprechender Höhenlage. Eine ausgeprägte Asymmetrie in der Ausbildung von Periglazialformen ist allenthalben in Hoch-Semyen zu erkennen, mit einer Bevorzugung von Nord- und Westexpositionen gegenüber dem südlichen und östlichen Quadranten.

Mannigfache Moränenkomplexe und Karbecken sind in die Täler im Norden und Westen von Ras Dedschän, Buahit und Silki – Abba Yared eingebettet. Eine vergleichbare Glazialmorphologie fehlt im Süden und Osten der Gebirgsmassive. Die Moränen sind durchweg tief verwittert und tragen eine vergleichsweise üp-

pige Pflanzendecke. Karböden liegen um 4200–4300 m, die niedrigsten großen Moränen reichen bis unterhalb 4000 m, im Massiv von Silki – Abba Yared sogar bis um 3750 m. Sollte sich eine erneute Reise nach Hoch-Semyen verwirklichen lassen, so möchte ich die glazial-morphologische Kartierung vor allem in folgenden Gebieten ergänzen (siehe Abb. 1): 1) in den Tälern III bis VII im Ras Dedschän-Massiv und den daran anschließenden nach nördlichen Quadranten gerichteten Tälern im Norden von Wäynobar; 2) in der gesamten Hochregion von Kiddi Ared; 3) auf der Westseite von Silki – Bärötsch Wuha; und 4) im May Schaha-Tal im Raum von Lowa. Indessen bin ich zuversichtlich, daß wesentliche Grundzüge der pleistozänen Vereisung in den Hochregionen des Semyen schon mit der jetzt vorliegenden Bestandsaufnahme erfaßt sind.

Ein Nord-Süd-Gegensatz in der Ausbildung des glazialen und periglazialen Formenschatzes ist für die äußeren Tropen aus der jahreszeitlichen Geometrie der Einstrahlung verständlich; bezeichnenderweise fehlt eine solche Nord-Süd-Asymmetrie im äquatorialen Ostafrika. Merkwürdiger ist der Unterschied zwischen West- und Ostexposition. Er kommt nicht nur in Hoch-Semyen vor, sondern ist auch in der Glazialmorphologie in anderen Teilen der Tropen zu erkennen (HASTENRATH, 1974 a, b). Diese Erscheinung hängt mit den starken tageszeitlichen Zirkulationen in den Gebirgen niedriger Breiten zusammen: das vorherrschende Bewölkungs- und Niederschlagsmaximum am Nachmittag vermindert die Tagessummen des Strahlungsgenusses an westwärts gerichteten Hängen. Schon TROLL (TROLL und WIEN, 1949) hat auf diesen für die tropischen Hochgebirge so überaus wichtigen Mechanismus aufmerksam gemacht.

Da einschneidende klimatische Ereignisse sinnvollerweise nur großräumig zu begreifen sind, ist die Zusammenschau mit der Glazialmorphologie der ostafrikanischen Gebirge besonders wichtig, zumal hier noch die räumliche Kontinuität zur heutigen Vergletscherung gegeben ist. Eine allgemeine Übersicht über die hauptsächlichlichen Moränenstadien am Mount Kenya und Kilimandscharo nach BAKER (1967) und HUMPHRIES (1972) ist in Tabelle 2 zusammengefaßt. Allgemein fehlen absolute Datierungen.

Noch zu Ende des letzten Jahrhunderts reichten die Gletscher am Mount Kenya bis nahe an die obersten großen Moränen, wie aus Fotografien und Expeditionsberichten zu erschließen ist (HASTENRATH, 1974 c). Diese Moränen sind allenthalben im Erscheinungsbild ähnlich: sie sind völlig kahle Schuttrücken ohne Bodenbildung und Vegetation. In den immerfeuchten Ruwenzoris hat sich auf den entsprechenden Moränen eine seichte Pflanzendecke angesiedelt. Es ist kaum zu erwarten, daß im wesentlich trockeneren Hoch-Semyen die Erstbesiedlung rascher vonstatten gehen könnte als an Mount Kenya und Kilimandscharo. Es scheinen somit zwei Umstände gegen eine Interpretation auch der höchsten Semyen-Moränen als Gegenstücke zu den Mo-

ränen des 19. Jahrhunderts in den ostafrikanischen Hochgebirgen zu sprechen: Die Moränen des Hoch-Semyen tragen eine kräftige Pflanzendecke und sie liegen in wesentlich geringerer Höhe; hierbei ist vor allem die vergleichsweise größere Aridität Nordäthiopiens zu beachten, die zusammen mit den niedrigeren Kammhöhen der Eisansammlung unzuträglich ist. Es sei daran erinnert, daß unabhängig von diesem Vergleich mit Ostafrika die von WERDECKER (1955) und SIMOONS (1962) vorgelegte kritische Auswertung von Reisebeschreibungen gegen ein rezentes Alter der Semyen-Moränen spricht.

Nach Höhenlage und Aussehen erinnern die höchsten Moränen des Semyen vielmehr an den nächst tieferen Moränenkomplex der ostafrikanischen Gebirge, nämlich BAKERS „Stages II–IV“ am Mount Kenya und HUMPHRIES' „Little Glaciation“ am Kilimandscharo. Eine Mehrfachstaffelung ist sowohl für die höchsten Moränen des Semyen als auch für die zum Vergleich herangezogenen Moränenkomplexe der ostafrikanischen Hochgebirge charakteristisch.

Die tiefstreichenden Moränen in den Hochregionen des Semyen sind der Höhenlage nach mit den nächst tieferen Moränenkomplexen Ostafrikas, „Younger Maxima, I A–D“ nach BAKER und „Fourth (Main) Glaciation“ nach HUMPHRIES zu vergleichen, für die gleichfalls eine Mehrfachstaffelung belegt ist. Sollten sämtliche Moränen in den Hochregionen des Semyen nur einer Vereisung angehören, so liegt die Korrelation mit den letztgenannten Moränenkomplexen in den ostafrikanischen Gebirgen am nächsten.

Für eine ältere, im weiten May Schaha-Tal bis um 2700–2600 m herunterreichende Vereisung wurden von NILSSON (1935, 1940), WERDECKER (1955) und SCOTT (1958) Feldbeobachtungen beigebracht. HÖVERMANN (1954 a) nimmt sogar eine wesentlich weitere Ausdehnung des Eises an. MINUCCI (1938 b) und MOHR (1963, 1971) haben frühere Feldbefunde überprüft und schließen eine derartige weitreichende Talvergletscherung aus. Meine eigenen Beobachtungen für die niederen Talregionen des Semyen sind wenig umfangreich. Vereisungsspuren sind mir nicht aufgefallen. Die von NILSSON, WERDECKER und SCOTT erwähnten Fundstellen im May Schaha-Tal habe ich nicht besucht. Daß sich deutliche Moränenrücken einer „älteren Vereisung“ in den niederen Tallagen des Semyen erhalten haben sollen, mag in Anbetracht der nur spärlichen Spuren früher und tiefreichender Vereisung in den wesentlich höheren und feuchteren (vgl. JACKSON, 1961) Bergen Ostafrikas überraschen. HÖVERMANN (1954 b) hat auf Grund von Feldbeobachtungen in Eritrea eine Vereisung bis in Höhenlagen um 2000 m vertreten. Nach KULS und SEMMEL (1962) fehlen jegliche Glazialspuren in entsprechenden Höhenlagen im feuchteren und äquatornäheren Godjam; die Autoren sehen sich außerstande, eine Erklärung für die Diskrepanz zwischen den eigenen Beobachtungen für Godjam und HÖVERMANN'S Vorstellungen für Eritrea zu geben.

In Anbetracht dieser weit auseinandergehenden Vorstellungen erscheint eine systematische Suche nach Spuren einer möglichen älteren Vereisung im May Schaha-Tal und niederen Lagen des Semyen sowie in benachbarten Gebieten Äthiopiens wünschenswert; dabei wäre besonders KULS und SEMMELS (1962) Hinweis auf Pseudo-Formen zu beachten. Sollte sich eine tiefreichende ältere Vereisung in Hoch-Semyen bestätigen, so könnte diese am ehesten BAKERS „Older Glaciation“ am Mount Kenya und HUMPHRIES' „Third, Second and First Glaciations“ am Kilimandscharo entsprechen.

Ausgehend von der Forderung, daß größere glazial-klimatische Ereignisse großräumig das gesamte östliche Afrika betroffen haben müssen, wurde versucht, auf Grund von Höhenlage, Erscheinungsbild und räumlicher Anordnung eine Korrelation von Moränenkomplexen in den ostafrikanischen Gebirgen und Nord-Äthiopien vorzunehmen. Für eine solche Zusammenchau wären absolute Datierungen von Moränen besonders wertvoll, aber sie fehlen bisher sowohl für Mount Kenya und Kilimandscharo als auch für Hoch-Semyen.

Tabelle 2: Vereisungsphasen und Moränenstadien am Mt. Kenya und Kilimandscharo (nach BAKER, 1967, und HUMPHRIES, 1972) und in Hoch-Semyen. Zahlen bezeichnen charakteristische Moränenuntergrenzen.

Mt. Kenya Gipfelhöhe 5199 m; 0° 09' S	Kilimandscharo 5895 m; 3° 04' S	Hoch-Semyen 4543 m; 13° 14' N
Rückzug zu heutigem Stand	Rückzug zu heutigem Stand	
„Kleine Eiszeit“ 2 Phasen: VI A, B ≥ 4600 m	Rezente Vereisung (2 Phasen) 5200–4600 m	
Enteisung	mögliche Enteisung	
Rückzug 4 Phasen: II–V 4000–4300 m	kleine Vereisung (obere) kleine Vereisung (untere), 4 Phasen 4000 m	höchste Mo- ränenkom- plexe in der Hochregion 4100–4200 m
	Interglazial?	
Jüngere Maxima 4 Phasen: I A–D 3400 m	Vierte (Haupt-) Vereisung 2 Phasen 3400 m	? ← tiefstreichende Moränen in der Hochregion 4000–3750 m
	Interglazial	
Ältere Vereisung	Dritte Vereisung Zweite und Erste Vereisung	Ältere Vereisung? < 2600 m?

Literatur

- BAKER, B. H.: Geology of the Mount Kenya area. Geol. Survey of Kenya, Report No. 79, 78 pp., 1967.
- BRANDSTÄTTER, L.: Meßtechnik und Darstellungstechnik in der topographischen Kartographie. *Erdkunde*, 22, 39–41, 1968.
- BREMER, H.: Musterböden in tropisch-subtropischen Gebieten und Frostmusterböden. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 9, 222–236, 1965.
- BÜDEL, J.: Klima-morphologische Arbeiten in Äthiopien im Frühjahr 1953. *Erdkunde*, 8, 139–156, 1954.
- FURRER, G., und FREUND, R.: Beobachtungen zum subnivale Formenschatz am Kilimandjaro. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. 16, 180–203, 1973.
- HASTENRATH, S.: Observations on the periglacial morphology of Mts. Kenya and Kilimanjaro, East Africa. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. 16, 161–179, 1973.
- : On the pleistocene glaciation of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, im Druck, 1974a.
- : Spuren pleistozäner Vereisung in den Altos de Cuchumatanes, Guatemala. *Eiszeitalter und Gegenwart*, im Druck, 1974b.
- : Recession of Mount Kenya glaciers during the 20th century. *Proceedings, National Seminar on Human Environment*, Nairobi, forthcoming, 1974c.
- HEINZELIN, J. DE: Carte des extensions glaciaires du Ruwenzori (versant congolais). *Biuletyn Peryglacjalny*, 11, 133–139, 1962.
- HÖVERMANN, J.: Über die Höhenlage der Schneegrenze in Äthiopien und ihre Schwankungen in historischer Zeit. *Nachr. d. Akad. d. Wiss. i. Göttingen, Math.-Phys. Kl.*, Nr. 6, 111–137, 1954a.
- : Über glaziale und „periglaziale“ Erscheinungen in Erithrea und Nordabessinien. *Veröff. Akad. Raumforschung und Landesplanung*, Abhandlungen Bd. 28, Bremen–Horn, 87–111, 1954b.
- HUMPHRIES, D. W.: Glaciology and glacial history. p. 31–71, in: C. Downie and P. Wilkinson: *The geology of Kilimandjaro*. Geology Department, University of Sheffield, 253 pp, 1972.
- JACKSON, S. ed.: *Climatological atlas of Africa*. Government Printer, Pretoria, South Africa (55 maps), 1961.
- KAZMIN, V.: Geological map of Ethiopia, 1:2 000 000. Ministry of Mines, Geological Survey of Ethiopia, 1973.
- KULS, W., und SEMMEL, A.: Beobachtungen über die Höhenlage von zwei klimamorphologischen Grenzen im Hochland von Godjam (Nordäthiopien). *Petermann's Mitteilungen*, 279–284, 1962.
- LUSANA, A.: L'Uogherà e l'Alto Semien. *Gli Annali dell'Africa Italiana*, anno 1, vol. 1, p. 1414–178, 1938.
- MINUCCI, E.: Ricerche geologiche nella regione del Tana. p. 19–35, in: *Missione di studio al Lago Tana*, vol. 1. Reale Accademia D'Italia, Roma, 175 pp, 1938a.
- : Ricerche geologiche nella regione del Semien. p. 37–46, in: *Missione di studio al Lago Tana*, vol. 1. Reale Accademia D'Italia, Roma, 175 pp, 1938b.
- MOHR, P. A.: General report on an expedition to the Semien Mountains. *Bulletin of the Geophysical Observatory*, Addis Abeba, vol. 3, no. 2, 155–167, 1963.
- : Review of the geology of the Simien Mountains. *Bulletin of the Geophysical Observatory*, Addis Abeba, vol. 10, 79–93, 1967.
- : The geology of Ethiopia. Haile Sellasie I University Press, Addis Abeba, reprinted, 268 pp, 1971.
- NILSSON, E.: Traces of ancient changes of climate in East Africa. *Geografiska Annaler*, 17, 1–21, 1935.
- : Ancient changes of climate in British East Africa and Abyssinia. *Geografiska Annaler*, 22, 1–79, 1940.
- OSMASTON, H. A.: The past and present climate and vegetation of Ruwenzori and its neighbourhood. Thesis, Oxford, 238 pp, 1965.
- SCOTT, H.: Biogeographic research in High Simien (Northern Ethiopia), 1952–53. *Proc. Linnean Society of London*, vol. 170, part 1, 91 pp, 1958.
- SIMOONS, F.: Snow in Ethiopia: a review of the evidence. *Geogr. Review*, 50, 402–411, 1960.
- THOMPSON, B. W.: *The climate of Africa*. Oxford University Press, Nairobi–London–New York, 132 pp, 1965.
- TROLL, G., und WIEN, K.: Der Lewisgletscher am Mount Kenya. *Geografiska Annaler*, 31, 257–274, 1949.
- WERDECKER, J.: Beobachtungen in den Hochländern Äthiopiens auf einer Forschungsreise 1953/54. *Erdkunde*, 9, 305–317, 1955.
- : Das Hochgebirgsland von Semyen. *Erdkunde*, 22, 33–39, 1968.

SEASONAL RAINFALL DISTRIBUTION IN TANZANIA AND ITS CARTOGRAPHIC REPRESENTATION

With 4 figures and 2 supplements (III + IV)

S. NIEUWOLT

Zusammenfassung: Die jahreszeitliche Niederschlagsverteilung in Tansania und ihre kartographische Darstellung.

Regenzeiten in Tansania stehen in engstem Zusammenhang mit den jahreszeitlichen Veränderungen in der allgemeinen Zirkulation über Ost-Afrika, die ein Monsunsystem verursachen. In Tansania sind beide Monsune relativ trocken und die meisten Niederschläge fallen während der Übergangsperioden. Ein einfaches Modell einer Regenzone, die sich zweimal im Jahr über das Land bewegt, ist aber eine

ungenügende Grundlage für eine Beschreibung der Niederschlagsverhältnisse, da starke örtliche und zeitliche Abweichungen von diesem Bilde häufig auftreten. Diese Variabilität der Regenfälle wird einerseits durch lokale Faktoren, andererseits durch Unterschiede in der jahreszeitlichen Entwicklung der allgemeinen Luftdruckverteilung verursacht.

Die traditionellen Methoden einer kartographischen Darstellung der Regenzeiten führen daher zu sehr komplizierten oder stark vereinfachten Karten. Wenn aber die Mo-