

# DIE AUSDEHNUNG DER LETZTEISZEITLICHEN VERGLETSCHERUNG AN DER MOUNT-EVEREST-SÜDFLANKE, NEPAL

Helmut HEUBERGER und Herbert WEINGARTNER, Salzburg  
(mit 2 Abbildungen)

## INHALT

1.	Allgemeines .....	71
2.	Moränen .....	74
2.1.	Die Moränen von Khumjung ( $P_6$ ) .....	74
2.2.	Die Moränen von Phakdingma ( $P_4$ ) .....	76
3.	Bodenprofile .....	77
3.1.	Profil 1 ( $P_1$ ): Moro Kharka, 3520 m, ?Parabraunerde .....	77
3.2.	Profil 2 ( $P_2$ ) oberhalb von Ghat, 2780 m, Eisrand, Braunerde .....	77
3.3.	Profil 3 ( $P_3$ ) bei Ghat, Stausedimentterrassenrand, 2660 m, Lockersedimentbraunerde .....	77
3.4.	Profil 4 ( $P_4$ ): Moräne oberhalb von Phakdingma, 2970 m, Braunerde .....	78
3.5.	Profil 5 ( $P_5$ ) oberhalb Monjo, 3450 m, Braunlehm .....	78
3.6.	$P_6$ oberhalb Khunde, 4000 m .....	78
3.7.	Bodenprofile: Zusammenfassung .....	79
4.	Zur Frage der letzteiszeitlichen Schneegrenzdepression .....	79
5.	Zusammenfassung .....	79
	Summary .....	80

## 1. ALLGEMEINES

Die Mount-Everest-Gruppe wird südwärts auf der nepalischen Seite vom Dudh Kosi entwässert (Abb. 1). Über die Reichweite der eiszeitlichen Vergletscherungen im Dudh-Kosi-Tal enthält die bisherige Literatur, auf die nicht näher eingegangen werden muß, keine greifbaren Hinweise. Alle bisherigen Arbeiten über Eiszeitprobleme dieses Gebiets beschränkten sich mehr oder weniger auf das Talgebiet des Khumbu oberhalb des Zusammenflusses von Imja Drangka (von NE) und Nangpo Dsangpo (von NW) bei Namche Bazar. Dort fallen die Zeugen ehemaliger Vereisung auch sofort auf. Unterhalb von Namche Bazar aber, im Pharag, verengt sich das Dudh-Kosi-Tal. Dort ist es sehr schwierig, im häufig schluchtartigen Talgrund oder an den steilen Hängen die Spuren einstiger Vergletscherung weiterzuverfolgen. Diese ungünstigen Voraussetzungen für die Erforschung der eiszeitlichen Talvergletscherung sind kennzeichnend für die meisten Talgebiete des Nepal-Himalaya südlich des Hauptkammes, kein Wunder angesichts der gewaltigen Reliefenergie dieser höchsten Gebirgsflanke der Erde.

Bei seinen früheren Forschungen in diesem Gebiet 1954 und 1966 unterschätzte HEUBERGER diese Schwierigkeit. So fehlte seinen Kartierungen der spät- und postglazialen Gletscher-



ablagerungen der Bezug auf die maximale Ausdehnung der letzteiszeitlichen Vergletscherung. Daher verzichtete er bisher auf eine ausführliche Veröffentlichung dieser Ergebnisse. Seine Forschungsreise von 1984, im ersten Teil gemeinsam mit WEINGARTNER, galt vor allem der Schließung dieser Lücke. Finanziell trug der österreichische Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung diese Reise, wofür ihm die Verfasser sehr danken.

Glücklicherweise decken die von Prof. Erwin SCHNEIDER, Lech, aufgenommenen Karten „Khumbu Himal (Nepal)“ (1955–1974) 1 : 50.000 das gesamte Arbeitsgebiet. Sie wurden, ebenso wie die von E. SCHNEIDER daraus entwickelte „Arbeitskarte Khumbu-Pharag-Shorong“ 1 : 100.000 (Abb. 2) von der ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR VERGLEICHENDE HOCHGEBIRGSFORSCHUNG, München, herausgegeben. Die Verfasser danken der Arbeitsgemeinschaft und Herrn Prof. Schneider dafür, daß sie diese Kartengrundlagen verwenden konnten.

Die hier vorgeführten Beobachtungen beschränken sich auf den Talabschnitt Khumjung – Lukla (Abb. 2). Dabei soll nicht näher auf die Bergstürze von Khumjung – Namche Bazar und von Chaunrikharka (nördlich/nordwestlich von Lukla) eingegangen werden, die auch schon von anderen Autoren kurz erwähnt wurden. Darüber ist eine gesonderte Veröffentlichung vorgesehen. Der Bergsturz von Khumjung baut zur Hauptsache die Terrasse von Namche Bazar – Khumjung – Khunde auf. Er ist älter als das Maximum der letzteiszeitlichen Vergletscherung. Die Bergstürze von Chaunrikharka bei Lukla brachen nach der letzten Hauptvereisung von der westlichen Talflanke nieder und verriegelten das Tal. Die Schlucht unterhalb von Ghat durchsäugt sie und trennt heute die Bergsturzterrasse von Talshawa – Chaunrikharka – Nangbug vom Abbruchgebiet im Westen. Lukla wurde von den Bergsturmassen fast noch erreicht. Das gesamte Pharag oberhalb dieser Bergstürze steht im Zeichen der Stausedimente, die sich hinter diesem Bergsturzriegel ansammelten. Heute sind es Terrassen, vor allem Schwemmkegelterrassen, unter denen die Zeugen der letzteiszeitlichen Hauptvergletscherung verborgen sind, eine weitere Schwierigkeit für die Eiszeitforschung in diesem Talabschnitt.

Abb. 2 zeigt die maximale Ausdehnung der letzteiszeitlichen Vergletscherung. Die Darstellung reicht nur bis zu den Wasserscheiden des Dudh-Kosi-Tals und seiner kleinen Seitentäler im Pharag. Die geradlinigen Begrenzungen im Khumbu östlich, nördlich und westlich von Khumjung wurden willkürlich gewählt, da die Verfasser die hypothetische Rekonstruktion nicht weiter tal- und hangaufwärts fortsetzen wollten. Jene Punkte, an denen die ganze Rekonstruktion hängt, sind herausgehoben und werden im einzelnen besprochen.

Die Felsformen wurden als Zeugen eiszeitlicher Vergletscherung hier nur an einer Stelle herangezogen. Sie sind gewöhnlich nicht so eindeutig, daß ihre Beweiskraft allein alle Zweifel beseitigen könnte. Offensichtlich dauerte die Talvergletscherung im Pharag nie so lange, daß ihre prägende Kraft unzweideutige Spuren im Fels hinterlassen hätte. Bei Felsformen ist es ferner schwierig, Spuren der letzten Eiszeit von denen der älteren Eiszeiten zu trennen.

Die Steilheit der Hänge, die Enge und z. T. jüngere Überformung des Talsohlenbereichs (siehe oben) haben dazu geführt, daß hocheiszeitliche Ufer- oder gar Endmoränen im Pharag kaum erhalten sind. Gewiß werden noch mehr Moränenwälle gefunden werden als die in Abb. 2 verzeichneten. Es ging ja hier nicht um eine lückenlose großmaßstäbige Kartierung.

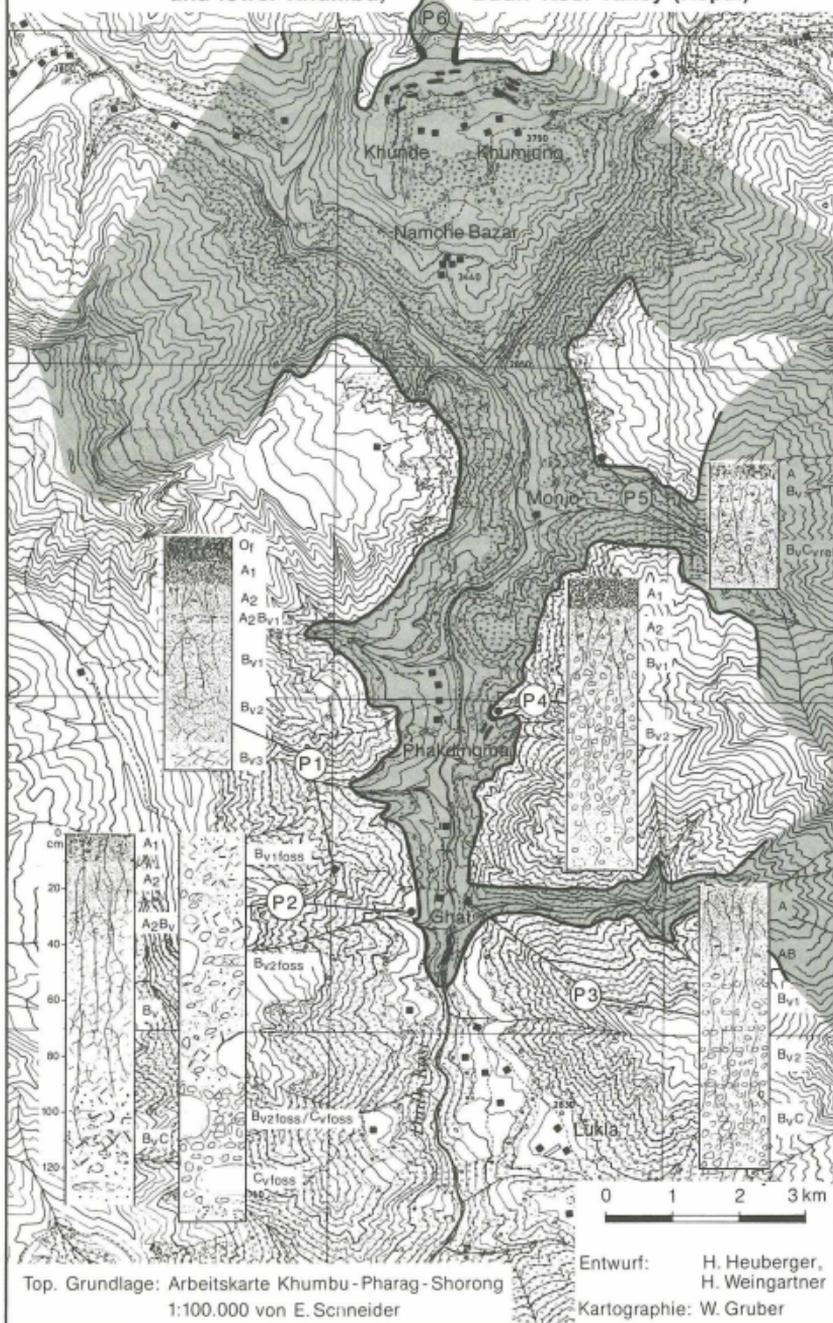
## 2. MORÄNEN

### 2.1. Die Moränen von Khumjung ( $P_6$ )

Die auffälligsten hocheiszeitlichen Eisrandablagerungen säumen den Hang nördlich oberhalb von Khumjung und Khunde (Abb. 2,  $P_6$ ). Als stellenweise zerschnittene Terrassen und z. T. sogar Wälle unterscheiden sie sich grundsätzlich von den viel blockigeren, unruhigeren und steiler geböschten Bergsturzablagerungen südlich von Khumjung – Khunde. Eindeutig sind es

**Abb. 2: Die maximale Ausdehnung der letzten Hauptvereisung im Pharag und im unteren Khumbu, Dudh-Kosi-Tal (Nepal)**

**Fig. 2: Maximum extent of the last main glaciation in Pharag and lower Khumbu, Dudh Kosi Valley (Nepal)**



Eisrandformen der Talgletscher aus dem Imja-Tal von NE und aus dem Nangpo-Tal von NW, die sich hier vereinigten. Sie bilden nicht nur eine einzige Eisrandlage ab, sondern mehrere, z. T. dicht untereinander folgende, was offensichtlich auch einer dichten Zeitfolge entspricht. Jedenfalls gibt es nirgends Anzeichen von Diskordanzen.

Diese Eisrandablagerungen sind in drei Formkomplexen erhalten:

- (1) Der östliche Teil verläuft als langer Rücken über Khumjung. Der bescheidene Quellbach von Khumjung trennt ihn heute größtenteils vom höheren Gehänge.
- (2) Der mittlere Teil springt als auffallende Bastion zwischen Khumjung und Khunde aus dem Gehänge vor.
- (3) Während zwischen dem östlichen und mittleren Teil eine breite Erosionslücke besteht, trennt nur eine tiefe, Khumjung und Khunde von einander scheidende Mur-Rinne die mittlere „Bastion“ vom westlichen Teil über Khunde, der am stärksten gliedert ist.

Die Eisrandfolge reicht im westlichen Teil am tiefsten herab, bis etwa 3.920 m. In gleicher Höhe etwa ragt aus dem Hang der mittleren „Bastion“, dicht östlich der die Bastion teilenden Rinne, eine winzige Verebnung, auf der, isohypsenparallel eingeregelt, ein Moränenblock von 8–10 m Durchmesser liegt. Das ist ein schöner Beweis dafür, daß wir uns hier an der dem ablagernden Gletscher zugewandten Innenseite der Moräne befinden. Dieser Punkt ist wichtig, denn die mittlere „Bastion“ zwischen Khumjung und Khunde könnte man von weitem für die Endmoräne eines ehemaligen Lokalgletschers des Khumbui Yul Lha (5761 m) halten. Und tatsächlich hat ein solcher Lokalgletscher hier den Hauptgletscher noch erreicht. Seine Ufermoränen sind teilweise erhalten. Doch der orographisch linke der beiden Lokalmoränenwälle bösch in flachem Gelände bei 4.150 m plötzlich ab und verschwindet, ohne daß hier Spuren nachträglicher Abtragung erkennbar wären. Das bedeutet, daß der hier schon sehr dünne Lokalgletscher noch in den Hauptgletscher mündete oder zumindest auf Toteis des Hauptgletschers auffuhr. Offensichtlich haben an diesem Punkt nicht beide Gletscher gleichzeitig Moränenwälle aufgeschüttet. Als der Lokalgletscher mit der Bildung dieser Moräne sein letztes Maximum erreichte, hatte wahrscheinlich der Hauptgletscher sein Maximum bereits überschritten. Darauf wird noch eingegangen. – Die Eisränder der Haupttalvergletscherung sind auf der mittleren „Bastion“, z. T. sogar durch Wälle, bis 4.130 m Höhe abgebildet.

So eindeutig sich die Schuttablagerungen der Haupttalvergletscherung von denen des Khumbui-Yul-Lha-Lokalgletschers geomorphologisch trennen lassen – es wäre besser, man könnte sie auch petrographisch davon unterscheiden. Eine genaue sedimentpetrographische Untersuchung würde hier vermutlich Klarheit schaffen. Die Prüfung zahlreicher Geschiebe im Gelände ermöglichte eine solche Abgrenzung jedoch nicht. Nicht einmal die Zurundung der Geschiebe bietet auf den ersten Blick sichere Unterscheidungsmerkmale. Denn auch die Haupttalgletschermoränen enthalten sehr viel schlecht gerundetes, sogar schlecht kantengerundetes Material. Petrographisch tut man sich hier ebenso schwer wie im Pharag. Denn das ganze Pharag, im Khumbu auch noch der Gesamtbereich des Khumbui Yul Lha, bestehen weithin aus Migmatiten<sup>1)</sup>, deren Aussehen extrem wechselt. Typische Granite oder Gneise oder Vertreter der Everest-Serie aus den inneren Tälern wurden jedenfalls nicht gefunden.

Aus den bisherigen Beobachtungen oberhalb von Khumjung – Khunde ergibt sich folgendes Bild: Die Eisrandablagerungen der vereinigten Haupttalgletscher verteilen sich über einen Höhenbereich von mehr als 100 Metern mit einer Obergrenze bei etwa 4130 m. Sie sind hier so

<sup>1)</sup> BORDET, L. (1961): Recherches géologiques dans l'Himalaya du Népal, région du Makalu. Expéditions Françaises à l'Himalaya 1954–1955. Paris, CNRS. Darin u. a. geologische Übersichtskarte 1 : 250.000 von L. BORDET und M. LATREILLE.

reichhaltig, weil der Eisrand ständig Schutt vom Khumbui Yul Lha empfing. Die eisgeschliffenen Flächen oberhalb dieser gesamten Eisrandablagerungen zeigen, daß einerseits die Lokalvergletscherung des Khumbui Yul Lha in größerer Breite weit herabgereicht haben muß, wie man besonders im östlichen Hangbereich sieht. Die Eisrandablagerungen bilden offenbar eine Folge von Gletscherständen nach dem Maximum des Hauptgletschers ab, während denen ein Lokalgletscher vom Khumbui Yul Lha noch einmal im mittleren Bereich der „Bastion“ bis zum Hauptgletscher vorstieß und seine Moränen ablagerte. Während des Hauptgletscher-Maximums könnte es eine breitere Verbindung mit der Lokalvergletscherung des Khumbui Yul Lha gegeben haben. In Abb. 2 ist der letzteiszeitliche Eisrand hier, bezogen auf das abbrechende untere Ende der linken Lokalufermoräne, in 4150 m Höhe eingetragen. Wahrscheinlich lag er noch etwas höher. Die Gefällsverhältnisse der Talvergletscherung bieten hier keine weiteren Anhaltspunkte, denn der große Talgletscher floß verhältnismäßig steil ins Pharag hinab, wie sich bei  $P_5$  oberhalb von Monjo zeigt (siehe 3.5).

## 2.2. Die Moränen von Phakdingma ( $P_4$ )

Im Pharag konnten lediglich oberhalb von Phakdingma wohlausgeprägte Ufermoränen gefunden werden ( $P_4$ ). Hier mündet von Osten das kurze Seitental der Panyali Drangka. Sie wird oberhalb ihrer Mündung stark nach Süden gedrängt, und zwar durch einen Felsrücken. Dieser Rücken fällt von seinem höchsten Punkt im Norden (3134 m) südwärts steil bis 2970 m ab und zieht dann in dieser Richtung sanft weiter. Hier krönen ihn ab 2970 m dicht aneinander drei lange, mit Blöcken gespickte, formfrische Ufermoränen des Haupttalgletschers. Aus Maßstabsgründen sind in Abb. 2 nur zwei eingezeichnet. Der äußerste (Profil 4 in Abb. 2) böschst an geschützten Stellen außen bis zu 40° steil ab. Der mittlere ist am durchgehendsten erhalten. Der innerste zerfällt abwärts in flachem Gelände, war also offensichtlich von Toteis des mittleren Gletscherstandes unterlagert. Im höheren, steileren Bereich des Rückens setzt in 3030 m Höhe ein ganz kurzer Wallrest an, der den tieferen Wällen im Gesamthabitus gleicht (in Abb. 2 nicht eingetragen). Ein weiterer, gleichartiger, noch kürzerer Wallrest setzt bei 3060 m an. Höher hinauf gab es keine sicheren weiteren Anhaltspunkte für den Verlauf des letzteiszeitlichen Gletscherrandes. Mit Sicherheit erreichte dieser hier nicht mehr 3120 m (siehe 3.4.). Wie bei Khumjung gab es hier nahe dem Maximalstand mehrere Gletscherstände, die man aber hier aufgrund der Ufermoränenentwicklung als aktive Vorstöße bezeichnen muß. Während der drei letzten bildete der Haupttalgletscher, den hier kein Seitengletscher erreichte, keine größeren Seitenlappen mehr ins Seitental aus, sondern riegelte das Seitental ziemlich geradlinig ab. Ob es dabei zu einer starken Verfüllung des Seitentals kam oder zu einer Seebildung, konnte bisher nicht erkundet werden. Fortsetzungen dieser Eisränder südlich der Panyali Drangka scheinen am Haupttalhang stellenweise erhalten zu sein, doch konnten diese Örtlichkeiten nicht besucht werden.

Damit sind die bisher gefundenen morphologisch eindeutigen Zeugen der letzten Hauptvereisung aufgezählt. Hier und an den anderen bezeichneten Stellen konnte der Verlauf des Eisrandes nur mit Hilfe von Bodenprofilen eingegrenzt werden. Es zeigte sich rasch, daß diese Profile innerhalb und außerhalb des letzteiszeitlichen Gletscherrandes derart unterschiedliche Stadien der Bodenverwitterung anzeigen, daß wir damit schon im Gelände nur aufgrund der einfachen Profilsprache den Eisrand gut eingrenzen konnten. Wo der letzteiszeitliche Talgletscher nahe seinem Rand die mächtigen älteren Böden nicht ganz abgetragen hat, ergaben sich zweistöckige Profile, wobei die jüngere Bodenbildung dann auch in Bodensedimente eindrang, die vom Eis nicht weit verschleppt und deutlich noch durch ältere Bodenverwitterung geprägt worden waren.

### 3. BODENPROFILE

#### 3.1. Profil 1 (P<sub>1</sub>): Moro Kharka, 3520 m, ?Parabraunerde

Aufgrund der extremen Neigungsverhältnisse und weiterer abtragungsfördernder Rahmenbedingungen (monsunale Sommerregen, Rodung usw.) findet man nur selten ungestörte Bodenprofile. Meistens sind sie gekappt bzw. stockwerkartig aufgebaut. Ein im wesentlichen ungestörtes Bodenprofil ist P<sub>1</sub>, am Rande einer muldenartigen Hangverflachung. Die Horizontabfolge unterscheidet sich, wie noch zu zeigen sein wird, wesentlich von jener der übrigen Profile. Denn hier kann ein unmittelbar glazialer Einfluß zumindest für die letzte Eiszeit ausgeschlossen werden. Der Boden ist unter immerfeuchtem Bergwald entwickelt und zeigt Merkmale, die auf eine vergleichsweise lange Verwitterungsdauer schließen lassen. So fällt das vollständige Fehlen von Grobanteilen auf. Die Bodenart bei P<sub>1</sub> ist Lehm; in den tieferen Partien (etwa ab 80 cm) steigt der Feinsandanteil an. Während die oberen Bodenhorizonte aufgrund der Durchwurzelung noch poröser erscheinen, ist im B<sub>v2</sub>-Horizont (teilweise auch im obersten Bereich des B<sub>v3</sub>-Horizontes) eine deutliche Dichtlagerung festzustellen. Die Verwitterungshorizonte (A<sub>2</sub>B<sub>v1</sub> und B<sub>v1</sub>) weisen streifenförmige Rostflecken (A<sub>2</sub>B<sub>v1</sub>) sowie Eisen- und Mangankonglomerate mit einzelnen Fahlflecken auf (B<sub>v1</sub>). Die profilmorphologische Situation wie auch die einzelnen Horizontmerkmale deuten auf eine Bodendynamik, die durch Ausfällung von Sesquioxiden und schwache Tonverlagerung gekennzeichnet ist. Die Tonanreicherung im B<sub>v2</sub>-Horizont wirkt wasserstauend, so daß es auch zu mäßiger Vergleyung kommt. Diese Merkmale deuten auf Verwitterungsmechanismen, die am ehesten mit Parabraunerdedynamik in Einklang zu bringen sind.

#### 3.2. Profil 2 (P<sub>2</sub>) oberhalb von Ghat, 2780 m, Eisrand, Braunerde

Dieses Profil wurde oberhalb des Waldrandes dicht bei einem Haus an der Böschung eines Weges aufgenommen, wo dieser von einer Verflachung in den Steilhang des Seitentales führt. Hier wird die Einwirkung des Gletscherrandes sichtbar: Durch verschiedene Phasen der Abtragung, Um- und Überlagerung kam es zu keiner ungestörten Bodenentwicklung. Der vielgliedrige Profilaufbau spiegelt diese Verhältnisse wider. Wesentlich ist hier, daß zwei Böden ungleichen Alters unterschieden werden können. Während der hangende Boden auf umgelagerten Feinsedimenten entwickelt ist, folgen im Liegenden unterhalb des B<sub>v</sub>C-Horizontes fossile B<sub>v</sub>-Horizonte, die mit Eisrandablagerungen durchmischt sind. Bemerkenswert ist jedenfalls, abgesehen von der intensiveren Verwitterungsfarbe des Liegenden (7,5 YR 5/6 gegenüber 7,5 YR 4/4), daß an der Basis ein ausgeprägter C<sub>v</sub>-Horizont ansteht. Mehrere Aufgrabungen ober- und unterhalb von P<sub>2</sub> haben diese Situation bestätigt. Offensichtlich wurde hier ein durch chemische Tiefenverwitterung gekennzeichnete Boden vom Eis der letzten Vergletscherung gekappt. Die Reste dieser Verwitterung lassen sich in Gunstlagen (vgl. P<sub>5</sub>; vermutlich auch im Liegenden von P<sub>1</sub>) auffinden. Alle Aufgrabungen oberhalb dieser Stelle lassen keinen unmittelbaren Einfluß der letzten Vereisung mehr erkennen.

#### 3.3. Profil 3 (P<sub>3</sub>) bei Ghat, Stausedimentterrassenrand, 2660 m, Lockersedimentbraunerde

Hinter dem Bergsturzwand von Chaunrikharka kam es zur Auffüllung des engen Haupttales mit Stausedimenten (siehe 1.). Die daraus entstandene Hauptterrasse bildet an der Mündung der Kusum Drangka von Osten eine breite Eckflur. An deren Rand ist Profil P<sub>3</sub> am Abfall ins Seitental aufgenommen. Hier sieht man im Profilaufbau die Bedeutung des Ausgangsmaterials solcher

Stausedimente für die Bodenbildung. Der A-Horizont ist nur schwach humos. Unterhalb des dünnen AB-Übergangs nimmt der Grobanteil stark zu. Als Bodenart dominiert meist Feinsand. Der  $B_{v1}$ -Horizont ist schwach lehmig. Im  $B_{v2}$ -Horizont nimmt der Grobanteil weiter zu, der Tongehalt dagegen ab. Im darunter folgenden BC-Übergangshorizont beträgt der Grobanteil bereits zwei Drittel des Gesamtvolumens, und der Feinsandanteil steigt stark an. Die Grobanteile zeigen keine Verwitterungsspuren; das weist einerseits auf die Jugendlichkeit, andererseits auf die ungünstigen Verwitterungsbedingungen in den Stausedimenten (etwa im Vergleich zum Moränenmaterial – siehe  $P_4$ ) hin.

#### 3.4. Profil 4 ( $P_4$ ): Moräne oberhalb von Phakdingma, 2970 m, Braunerde

An der Innenseite des äußersten von drei langen, gut erhaltenen Moränenwällen (siehe 2.2.) wurde  $P_4$  aufgenommen. Im Vergleich zu  $P_3$  ist der Tongehalt in den  $B_v$ -Horizonten wesentlich höher; die Bodenart ist durchwegs feinsandig-lehmig mit deutlicher Plastizität und Klebrigkeit. Die Profillfolge  $A_1$ - $A_2$ - $B_{v1}$ - $B_{v2}$  entspricht einer gut entwickelten Bauernerde, deren Ausbildung durch den hohen Feinanteil des Ausgangsmaterials begünstigt worden ist. Oberhalb des Eisrandes, der mit dem Wallansatz bei 3060 m (gleiche Bodenbildung wie  $P_4$ ) festgelegt wurde, konnte über einem Steilhang mit unklarem Blockschutt erst wieder bei 3120–3130 m ein Bodenprofil freigelegt werden. Darin fanden sich wieder alle Merkmale von  $P_1$ : Sehr tiefgründige Verwitterung; erst mit dem mächtigen  $C_v$ -Horizont beginnt überhaupt ein Grobanteil. Eine Probe dicht über dem  $C_v$ -Horizont ergab stark klebriges, sehr plastisches Material und als Farbwert 7,5 YR 5/4–6 (gegenüber 10 YR 5/4 als entsprechendem Wert in  $P_4$ ). Diese Stelle lag also während der letzten Eiszeit eindeutig außerhalb des Eisrandes.

#### 3.5. Profil 5 ( $P_5$ ) oberhalb Monjo, 3450 m, Braunlehm

Das Bodenprofil wurde auf dem Rücken zwischen dem Haupttal und dem Seitental der Kyashar Drangka aufgenommen. Auffallend bei dem sehr seichtgründigen Boden ist erneut (vgl.  $P_1$ ) das Fehlen von Grobanteilen. Im Liegenden des  $B_v$ -Horizonts sind zwar einige Steine enthalten, jedoch sind sie durchverwittert und können mit dem Messer geschnitten werden. Die Horizontabfolge lautet dementsprechend:  $A$ - $B_v$ - $B_v C_{ver}$ . Dieser Bodentyp tritt hier sehr kleinräumig und unzusammenhängend auf. Häufig findet man Moränenblöcke an der Oberfläche, etwa bis 3500 m hinauf. Dort enden auch die Anzeichen für nur junge Bodenbildung. Es kann angenommen werden, daß am Zusammenfluß von Haupt- und Seitentalgletscher Teile des älteren Bodens vom Eis der letzten Vergletscherung nicht erodiert, sondern nur gekappt worden sind.

Erst bei 3550 m konnte wieder ein Bodenprofil freigelegt werden mit ähnlichen Merkmalen wie  $P_1$  und das Profil oberhalb  $P_4$  bei 3120–3130 m: Tiefgründiger Lehm mit ganz wenigen und durchverwitterten Steinen, Grobmaterial erst im Übergang zum mächtigen  $C_v$ -Horizont; die Bodenfarbe einer stark klebrigen, sehr plastischen Probe knapp oberhalb dieses Überganges hat jedoch einen Farbwert von nur 10 YR 5/4 (entsprechend 10 YR 4/4 in  $P_5$ ). Diesen Punkt haben die Gletscher der letzten Eiszeit nicht mehr erreicht.

#### 3.6. $P_6$ oberhalb Khunde, 4000 m

Aufschlüsse der Murrinne zwischen Khumjung und Khunde zeigen auf den Eisrandablagerungen der letzten Vereisung eine schwächere Bodenbildung als  $P_4$ .

### 3.7. Bodenprofile: Zusammenfassung

In bezug auf ihre Lage zum Eisrand zeigen die Bodenprofile folgende Hauptunterschiede:

- (1) Profil 1 liegt weit oberhalb des letzteiszeitlichen Eisrandes. Deshalb konnte aus dem Anstehenden ein tiefgründiger, grobanteillfreier Boden entstehen, der durch hohen Tongehalt geprägt ist und parabraunerdeartige Entwicklung zeigt.
- (2) Im Bereich des Eisrandes wurde der ältere Boden gekappt und durch Eisrandsedimente verschüttet. Auf den mehrfach umgelagerten Sedimenten entwickelte sich ein jüngerer Boden, der sich sowohl in der geringeren Intensität der Verwitterungsfarbe, als auch im wesentlich geringeren Tongehalt vom älteren unterscheidet. Der intensiv verwitterte C<sub>4</sub>-Horizont des älteren Bodens deutet ebenfalls auf eine Zäsur in der Verwitterung hin.
- (3) Die Böden innerhalb des Eisrandes werden vom jeweiligen Ausgangsmaterial dominiert. Während die feinanteillarmen, sandig-schottrigen Stausedimente nur eine mäßig entwickelte Lockersedimentbraunerde ermöglichten (P<sub>3</sub>), konnte sich auf feinanteillreichem Moränenmaterial (P<sub>5</sub>) eine deutlich lehmige Braunerde bilden.

## 4. ZUR FRAGE DER LETZTEISZEITLICHEN SCHNEEGRENZDEPRESSION

Wie gezeigt wurde, hängt die Rekonstruktion des letzteiszeitlichen Dudh-Kosi-Gletschers nur an wenigen Punkten, wo die Lage des Eisrandes einigermaßen befriedigend geklärt werden konnte. In diese Rekonstruktion gingen aber an manchen Stellen auch Überlegungen über den Verlauf der letzteiszeitlichen Schneegrenze zur Zeit des Hochstandes ein. Einen unmittelbaren Hinweis auf die Lage dieser Schneegrenze geben lediglich die Moränenwälle des eiszeitlichen Khumbui-Yul-Lha-Gletschers oberhalb von Khumjung (P<sub>6</sub>). Zwei Schwierigkeiten schwächen diese Möglichkeit ab. Erstens scheinen diese Lokalmoränen nicht zur Zeit des Höchststandes des Hauptgletschers abgelagert worden zu sein, sondern bereits im ältesten Spätglazial, vermutlich ziemlich knapp nach dem Höchststand. Zweitens: Das Kar, aus dem dieser Lokalgletscher vorstieß, wird im Hintergrund vom Gipfel 5200 m als höchstem Punkt überragt; doch war dieses Kar nicht abgeschlossen, sondern empfing auch Eis, das vom Khumbui Yul Lha (5761 m) nach Südosten abfloß. Vermutlich verschmolzen auch die Gipfelvereisungen des Gipfels 5200 und des Khumbui Yul Lha. So läßt sich dieser ehemalige Lokalgletscher nicht genau eingrenzen. Da er aber schon dünn war, als er sich mit dem Hauptgletscher vereinigte bzw. auf dessen Toteis auffuhr (siehe 2. 1.), kann man die zugehörige Schneegrenze mit rund 4400 bis 4500 m abschätzen. Die Schneegrenze der neuzeitlichen Gletscherhochstände (entsprechend den 1850er Moränen in den Alpen) läßt sich im Bereich des Khumbui Yul Lha mit rund 5500 m abschätzen mit Hilfe kleiner Gletscher der Umgebung. Die auf diese Weise nur sehr grob ermittelte Schneegrenzdepression der letzten Hauptvergletscherung gegenüber heute beträgt etwa 1000 bis 1100 m. Da der eiszeitliche Schneegrenzhöhenwert wohl nicht genau mit dem Maximum zusammenfällt, liegt die Schneegrenzdepression etwa im Bereich der Erwartungen, ohne daß sich eine besondere Verzerrung durch die Hebung des gesamten Bereichs seit der letzten Eiszeit nachweisen ließe.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Dudh-Kosi-Tal, dem Haupttal südlich des Mount Everest, erreichte die Talvergletscherung der letzten Eiszeit vom Nangpa La (5716 m) bis zum nicht genau fixierten Zungenende unterhalb von Ghat (unterhalb 2500 m) eine Länge von rund 52 km. Ihr ehemaliger Eisrand konnte nur bei Khumjung (P<sub>6</sub>) und bei Phakdingma (P<sub>4</sub>) mit Hilfe von Moränenformen bestimmt werden, die

sonst vor allem im engen Pharag mit seinen steilen Hängen kaum erhalten sind. Im übrigen mußten die Eisrandlagen pedologisch ermittelt werden. Die spät- und postglaziale Bodenbildung hat zur Entwicklung von Braunerde mit Verwitterungstiefen von 1–2 m (auf unverwittertem Ausgangsmaterial) geführt. Außerhalb der Gletschergrenzen aber reichen mächtige parabraunerdeartige Böden mit deutlich intensiverer Färbung, tonreich und metertief ohne Grobanteil, mit ihrer Verwitterung mehrere Meter tief, mit einem mächtigen  $C_v$ -Horizont an der Basis. Nicht überall hat der jüngste Talgletscher diese ältere Bodendecke beseitigt. Oft ist sie nur gekappt, so daß doppelstöckige Profile entstanden.

Namche Bazar, Khumjung und Khunde liegen auf einem großen Bergsturz, der älter als diese letzte Hauptvergletscherung ist. Nach dieser haben Bergstürze von der Westseite des Haupttals im Bereich von Chaunrikharka (nahe Lukla) das Haupttal abgeriegelt und zur Auffüllung des Pharag mit mächtigen Stausedimenten geführt, die vom Dudh Kosi zerschnitten wurden.

### Summary

The extent of glaciation during the last glacial period on the southern flank of Mt. Everest, Nepal

During the last glacial period, glaciation occurred in Dudh-Kosi Valley, the main valley south of Mt. Everest, from Nangpa La (5716 m) over a distance of some 52 km to a point below Ghat (less than 2500 m). The presence of moraines at Khumjung ( $P_6$ ) and Phakdingma ( $P_4$ ) provided the main evidence for the assessment of the previous site of the ice edge. Such moraines are now few, particularly in the narrow Pharag with its steep sides. Remaining proof had to be sought with pedological methods. Late glacial and holocene soil production led to the formation of "Braunerde" (cf. Kubiena) with weathering depths of 1–2 m on nonweathered parent material.

Outside the glaciated area of the last main glaciation, thick "Parabraunerde"-like soils (cf. Kubiena) with distinctly more intensive colouring, are clay-rich, boulderless and gravelless. They can be weathered much more than 2 m deep, with substantial chemically weathered parent material at the base. In spite of the last valley glaciation, some of this soil cover still remains. Frequently only the top layer has been eroded resulting in the formation of double-layered profiles.

Namche Bazar, Khumjung and Khunde are situated on a large landslide which occurred before the last main glaciation. After the last main glaciation, landslides from the western slopes of the main valley near Chaunrikharka (near Lukla) have dammed the main valley. This has led to the Pharag's being filled with thick sediments, later to be cut by the Dudh Kosi.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical  
Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen  
Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [127](#)

Autor(en)/Author(s): Heuberger Helmut, Weingartner Herbert

Artikel/Article: [Die Ausdehnung der letzteiszeitlichen Vergletscherung an der Mount-Everest-Südflanke, Nepal 71-80](#)