Z. dt. Ges. Geowiss., 156/4, S. 531–542, 8 Abb., 1 Tab., Stuttgart, Dezember 2005 **Article**

Lichenometrische Datierung des Moränenkomplexes von Kyangjin Kharka, Langtang Tal, Zentral-Nepal

Horst J. Ibetsberger*

Ibetsberger, H.J. (2005): Lichenometrische Datierung des Moränenkomplexes von Kyangjin Kharka, Langtang Tal, Zentral-Nepal. [Lichenometric dating of the moraine-complex of Kyangjin Kharka, Langtang valley, central Nepal.] – Z. dt. Ges. Geowiss., 156: 531–542, Stuttgart.

Kurzfassung: Die Siedlung Kyangjin Kharka (3.920 m ü. M.) im nördlichen Zentral-Nepal liegt auf einer schmalen Terrasse auf der Nordseite des Langtang Tales, das der Langtang Khola in Ost-/Westrichtung durchfließt. Westlich der Siedlung mündet das Seitental des Ledrub-Lirung Tsang-Gletschers in das Langtang Tal. Das Gletscherbecken des Ledrub-Lirung Tsang ist mit Toteis und Moräne erfüllt. In der Nacheiszeit stieß der Ledrub-Lirung Tsang mehrmals bis in das Haupttal vor. Davon zeugen die Moränenwälle bei Kyangjin Kharka, die durch morphologische, pedologische, sedimentologische und lichenometrische Befunde differenziert werden konnten.

(1) Der äußere Moränenbogen des Ledrub-Lirung Tsang hat das Haupttal abgeriegelt. Das Moränenmaterial ist aufgrund der lithologischen Einförmigkeit von jenem des Haupttalgletschers Langtang Tsang zu unterscheiden. Der schwach podsolierte Boden deutet, wie auf den Ablagerungen des Haupttalgletschers, auf eine spätglaziale Bildung hin.

(2) Die inneren Moränenbögen des Ledrub-Lirung Tsang erreichen noch die Südseite des Haupttales, riegelten dieses aber nicht mehr ab. Die Böden weisen keine Podsolierung auf. Messungen der Thallusdurchmesser von *Rhizocarpum geographicum coll.* ergaben Häufungen bei 170, 160 und 140 mm. Diese Befunde weisen auf ein holozänes Alter hin.

(3) Die innersten Moränenbögen des Ledrub-Lirung Tsang, die das mächtige Gletscherbecken am Ausgang des Seitentales bilden, sind aufgrund der Rohböden über der Moräne und der Thallusdurchmesser von *Rhizocarpum geographicum coll.* von 40–80 mm als neoglazial einzustufen. Die Moränenbastion entspricht einer Ablagerung der „kleinen Eiszeit".

Abstract: The Langtang valley is located in the inner Himalayas of central-north Nepal. It extends in an east-west direction and was strongly glaciated during the Pleistocene. The Langtang Khola drains the valley. One of the tributary glaciers of the main valley glacier was the Ledrub-Lirung Tsang. This glacier deposited moraines near the village of Kyangjin Kharka (3,920 m a.s.l.). The Ledrub-Lirung Tsang has often reached the Langtang valley during the Late-Glacial and the Holocene. Morphological, sedimentological, pedological and lichenometrical studies should help to differentiate the ridges of the moraine-complex of Kyangjin Kharka.

(1) The outer moraine of the Ledrub-Lirung Tsang, which dammed the main valley, is visible in several locations. The ridges show homogeneous material from the catchment area of the Ledrub-Lirung Tsang. The podsolised soils, similar to the soils of the main valley glacier Langtang Tsang, are typical for youngest Late-Glacial deposits.

(2) The inner moraines of the Ledrub-Lirung Tsang are located in the main valley, but have not blocked it. The soils of these ridges show no signs of podsolisation and seem morphologically younger. The thallus diameters of *Rhizocarpum geographicium coll.* show accumulations at 170, 160 and 140 mm. These observations indicate Holocene ages.

(3) The soils of the innermost moraines of the Ledrub-Lirung Tsang, which built up the glacier basin NW of Kyangjin Kharka, are Entisols. The diameters of *Rhizocarpum geographicium coll.* show accumulations between 40 and 80 mm. The moraine basin was deposited during a glacier advance of the "Little Ice Age".

Schlüsselworte: Langtang Tal, Langtang Khola, Tsergo Ri, Ledrub-Lirung Tsang, Langtang Tsang, Kyangjin Kharka, Rhicocarpum geographicum coll., Moränen

Keywords: Langtang valley, Langtang Khola, Tsergo Ri, Ledrub-Lirung Tsang, Langtang Tsang, Kyangjin Kharka, Rhicocarpum geographicum coll., moraines

* Anschrift des Autors: Dr. Horst J. Ibetsberger (E-Mail: horst.ibetsberger@geoglobe.at), FB Geographie, Geologie und Mineralogie, Universität Salzburg, Hellbrunner Straße 34, A-5020 Salzburg, Austria.

DOI: 10.1127/1860-1804/2005/0156-0531

1860-1804/05/0156-0531 $ 4.95
© 2005 E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, D-70176 Stuttgart

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl neuer Ergebnisse geologischer und geomorphologischer Studien, die das Gebiet Langtang / Nepal (Abb. 1) zum Inhalt hatten, publiziert. In erster Linie waren es Untersuchungen, die den pleistozänen Bergsturz des Tsergo Ri (Weidinger & Schramm 1995, Ibetsberger 1996a, b, Ibetsberger & Weidinger 1997, Schramm & Weidinger 1996, Weidinger, Schramm & Surenian 1996, Schramm, Weidinger & Ibetsberger 1998, Weidinger, Schramm & Nuschej 2002), diverse andere Massenbewegungen (Weidinger 1998a) oder die pleistozäne Vergletscherung (Usselmann 1980, Heuberger et al. 1984, Shiraiwa & Watanabe 1991, Bäumler et al. 1996, Heuberger & Ibetsberger 1996, Heuberger & Ibetsberger 1998, Ibetsberger & Weidinger 2004) des Langtang Tales zum Inhalt hatten.

Das Gebiet Langtang (in unterschiedlichen Karten manchmal auch als Langthang oder Langtrang bezeichnet) liegt ca. 60 km nördlich von Kathmandu, nahe der Grenze zu China (Tibet). Das Ost–West verlaufende Langtang Tal gehört mit einer Länge von ca. 60 km zu den Hochtälern des inneren Himalaja. Es wird zu beiden Seiten von 6.000–7.000 m ü. M. aufragenden Gebirgsketten des Langtang Himal (Name für Himalaja) flankiert. Das Tal entwässert der Gebirgsfluss Langtang Khola, der auf 4.400 m ü. M. als Gletscherbach dem Haupttalgletscher Langtang Tsang entspringt, und auf 1.380 m ü. M. bei Syabru Bensi mit dem Bothe Kosi vereint den Trisuli Ganga bildet.

Oberhalb einer Höhe von 3.000 m ü. M. ist das Langtang Tal als klassisches Trogtal ausgebildet. Hier befindet sich der Übergang zwischen letzteiszeitlich vergletschertem und unvergletschertem Gebiet. Die Seitentäler, ebenfalls glaziale Tröge, reichen bis an den Himalajahauptkamm zurück. Sie sind mehrheitlich von hoch aufragenden, moränenumfriedeten Gletscherbecken erfüllt, die bis knapp an das Haupttal reichen. In den Gletscherbecken befindet sich moränenüberdecktes Toteis.

Das Tal des Langtang Khola erstreckt sich Ost–West. Die kristalline Basis bilden die Gesteinsserien

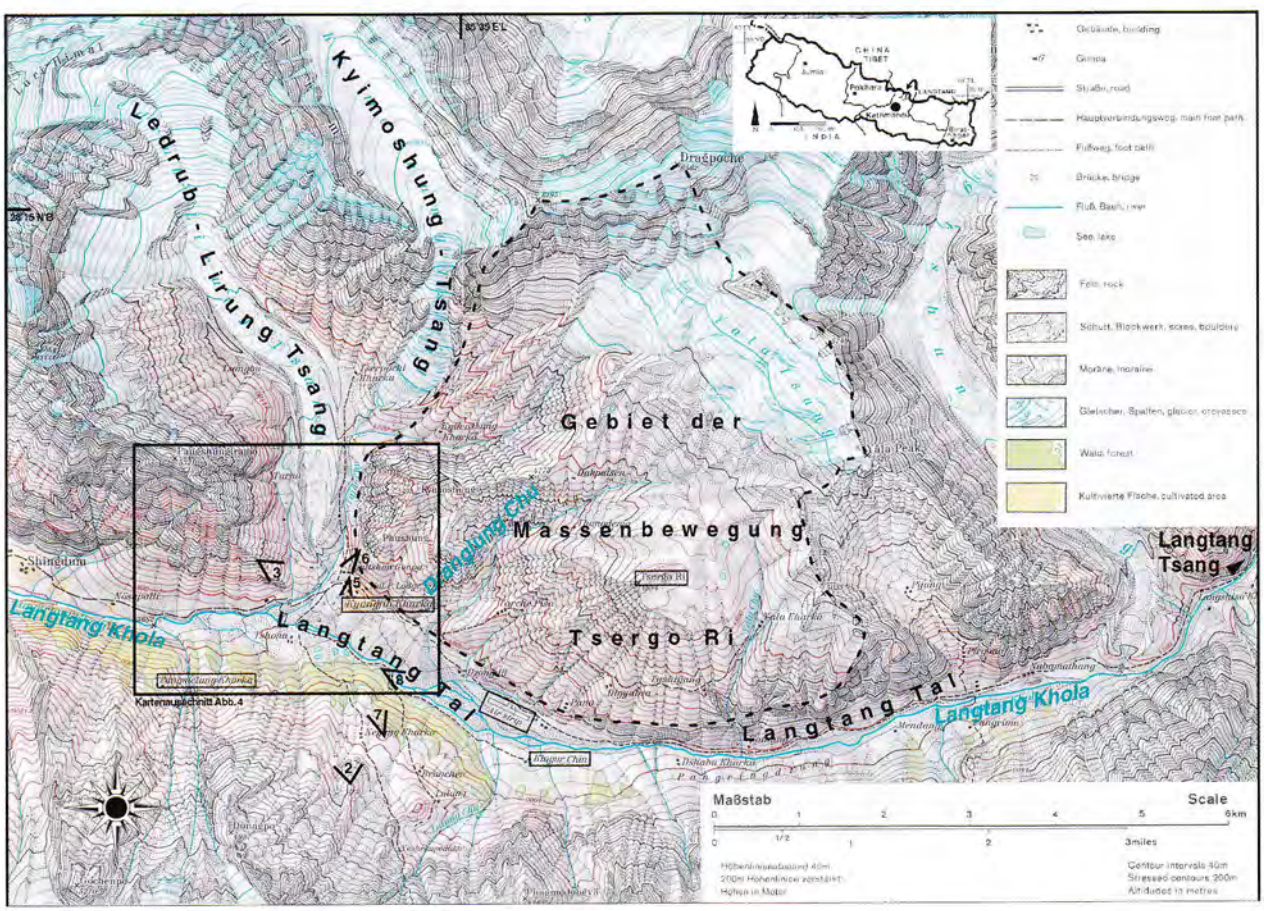

Abb. 1: Detailkarte des Untersuchungsgebietes im oberen Langtang Tal; Markierung des Ausschnittes von Abb. 4; Positionen der Fotos in Abb. 2, 3, 5, 6, 7, 8; Karte 1:50.000, Blatt 0/11 Langthang Himal-Ost, Österreichischer Alpenverein, 1990, Wien.

Fig. 1: Detailed map of the study area in the upper Langtang valley; frame marks area of fig. 4; positions of the fotos in figs. 2, 3, 5, 6, 7, 8; map 1:50,000, sheet 0/11 Langthang Himal-Ost, Österreichischer Alpenverein, 1990, Wien.

der Himalaja-Gneis-Zone, z. B. Gneise, Migmatite, im oberen Langtang Tal auch leukogranitische Intrusionen. Das Einfallen der Serien beträgt 20°–30° und ist deutlich gegen NE gerichtet (Inger & Harris 1992, Reddy, Searle & Massey 1992, Macfarlaine 1993). Das Gebiet des Langtang Himal liegt in einer Zone hoher Hebungsbeträge (Hejl, Schramm & Weidinger 1997).

Das Klima im Langtang Tal wird durch die sommermonsunalen Niederschläge geprägt. Dabei fällt der Niederschlag in Form von Regen und erst ab Höhen von 5000 m ü. M. als Schnee. Das Klima kennzeichnet eine 3:1-Bimodalität der Sommerhalbjahres- zu jenen der Winterhalbjahresniederschläge. Die Klimastation Kyangjin Kharka (3.920 m ü. M.) zeigt im mehrjährigen Mittel ca. 600 mm Niederschlag bei einer Jahresdurchschnittstemperatur unter 2°C (Ibetsberger 1996a).

2. Methodik

Bei den Geländearbeiten, die von 1993–1996 durchgeführt wurden, sollte u. a. die Frage der nacheiszeitlichen Genese des Gebietes von Kyangjin Kharka aufgegriffen und geklärt werden. Der Schlüssel dazu lag in der Erforschung eines mehrgliedrigen Moränenkomplexes. Die Geländebefunde und die Laboranalysen sollten neue Erkenntnisse in Bezug auf die Talentwicklung im oberen Langtang Tal ergeben.

Auf der Grundlage der detaillierten Geländeaufnahme wurden an ausgewählten Standorten Aufschlüsse angelegt, in denen die sedimentologische Zusammensetzung des Lockermaterials und die Bodenbildung untersucht wurden. Lichenometrische (Flechten-) Messungen der Thallusdurchmesser der *Rhizocarpum geographicum coll.* ergänzten die Geländearbeiten.

Im Labor wurde das Sediment granulometrischen und morphometrischen Analysen unterzogen. Mittels Sieb- und Schlämmanalyse wurden Korngrößenbestimmungen durchgeführt. Dazu wurde 4–6 kg an Probenmaterial herangezogen. Das getrocknete und gewogene Sediment wurde nass gesiebt und dem Siebsatz DIN 4188 Norm (1957) entsprechend in die Fraktionen >63 mm, 63–20 mm, 20–6,3 mm, 6,3–2 mm, 2–0,63 mm, 0,63–0,2 mm, 0,2–0,063 mm und <0,063 mm unterteilt. Der Anteil <0,063 mm wurde nach der Methode von Atterberg in Grobschluff (0,063–0,02 mm), Mittelschluff (0,02–0,0063 mm), Feinschluff (0,0063–0,0002 mm) und Ton (<0,0002 mm) unterteilt. Die Ergebnisse wurden in Kornsummenkurven dargestellt (Heuberger & Ibetsberger 1998, Ibetsberger & Weidinger 2004). Zurundungsuntersuchungen nach Pettijohn (1957) sowie eine petrographische Analyse der Gesteine zur Feststellung der Geröllzugbahnen ergänzten das Programm, um das Sediment nach Herkunft, Transport und Ablagerungsmechanismen zu klassifizieren (Heuberger & Ibetsberger 1998).

Die Untersuchungen der Thallusdurchmesser der *Rhizocarpum geographicum coll.* auf den unterschiedlichen Moränenwällen des Ledrub-Lirung Tsang gestalteten sich z. T. diffizil. Vor allem betraf es die Unterscheidung der in situ-Blöcke zu nachträglich umgelagerten Blöcken mit Flechtenaufwuchs. Die erhobenen lichenometrischen Daten sind im Wesentlichen als Ergänzung zu den Bodenuntersuchungen zu verstehen, ob die Unterschiede in der Bodenentwicklung auch in der Größe der Flechtenthalli ihre Entsprechung finden.

3. Der Talbereich von Kyangjin Kharka

Kyangjin Kharka (3.920 m ü. M.) liegt auf der Nordseite des Langtang Tales (Abb. 1, 2). Die höchst gelegene Dauersiedlung im Langtang Tal ist auf einer Terrasse, 50–70 m über der Talsohle, angesiedelt (T in Abb. 3, 4). Die Terrasse ist 120–200 m breit und bricht mit ca. 40° Neigung zur Talsohle hin ab. Im W reichen die Moränenwälle des Seitentalgletschers Ledrub-Lirung Tsang bis an die Siedlung heran. Im E wird die Terrasse durch den großen Schwemmfächer aus dem nördlichen Seitental des Dranglung Chu begrenzt (DC in Abb. 3). Das Gebiet Kyangjin Kharka kennzeichnet eine 500–800 m breite Talsohle. Diese durchströmt der z. T. verwildert fließende Langtang Khola (Abb. 3). Auf der Südseite des Langtang Tales konnte gegenüber der Einmündung des großen Schwemmfächers eine morphologisch schwach ausgebildete Randterrasse eruiert werden. Das Profil zeigt geschichtete, fein- bis mittelsandige, untergeordnet auch schluffige rhythmische Ablagerungen (RT in Abb. 3, 4). Das Niveau der Randterrasse ent-

Abb. 2: Langtang Tal (LT) mit Kyangjin Kharka (KK), Ledrub-Lirung Tsang (LLT), Kyimoshung Tsang (KT) und dem 7.234 m hohen Langtang Lirung (LL).

Fig. 2: The Langtang valley (LT) with Kyangjin Kharka (KK), Ledrub-Lirung Tsang (LLT), Kyimoshung Tsang (KT) and the 7,234 m high Langtang Lirung (LL).

Abb. 3: Die Terrasse (T) von Kyangjin Kharka (KK) wird im W von den Moränen des Ledrub-Lirung Tsang (LLT) und im E vom Schwemmfächer des Dranglung Chu (DC) begrenzt. Die Südseite des Tales zeigt die Randterrasse (RT), der Hintergrund den Langtang Khola mit Talfüllung (TF). EM = spätglaziale Moränenwälle des Langtang Tsang nahe Kingur Chin / Airstrip.

Fig. 3: The terrace (T) of Kyangjin Kharka (KK) is bordered by the moraines of the Ledrub-Lirung Tsang (LLT) in the west and the alluvial fan of the Dranglung Chu (DC) in the east. The south-side of the valley shows the small terrace (RT). In the background flows the Langtang Khola over the valley-sediments (TF). EM = Late-Glacial moraine ridges of the Langtang Tsang near Kingur Chin / Airstrip.

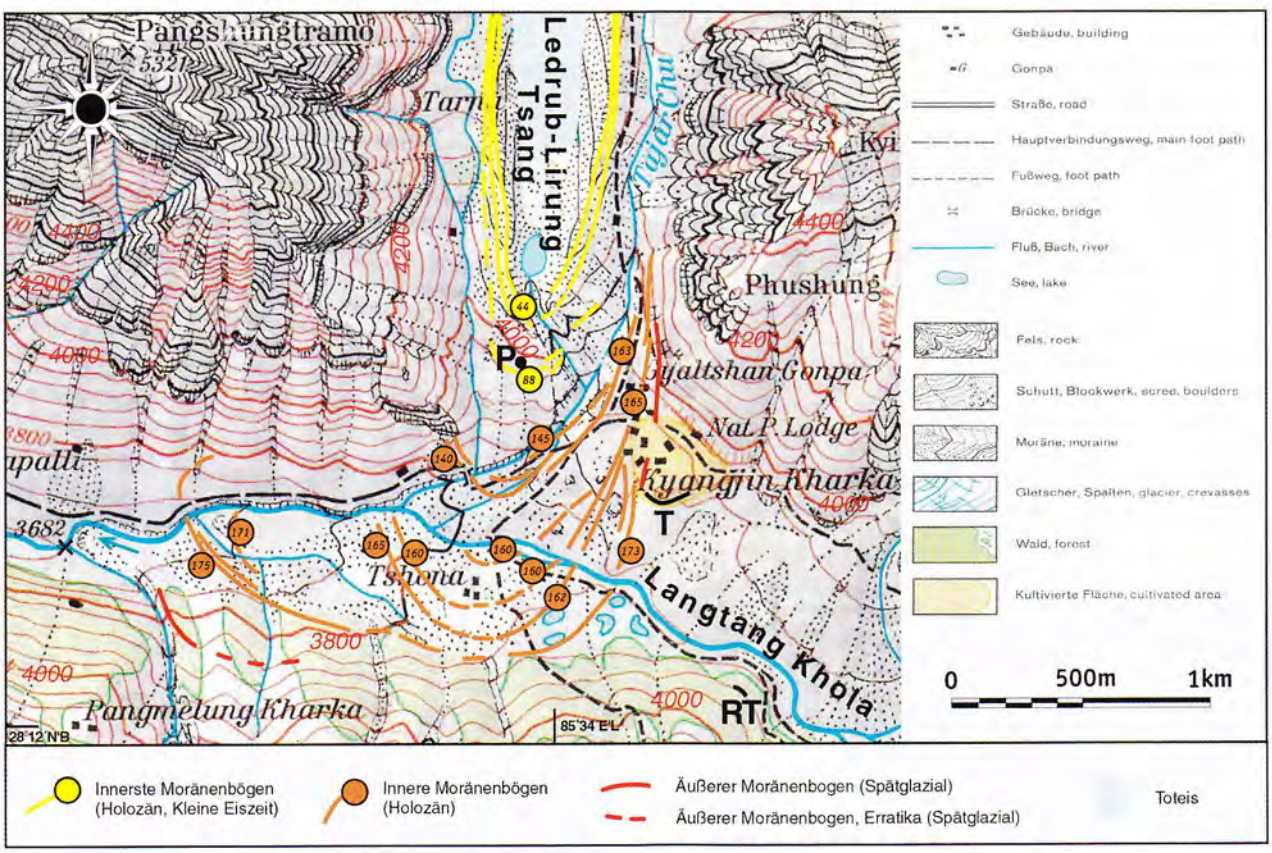

Abb. 4: Karte des äußeren Moränenbogens und der inneren und innersten Moränenbögen des Ledrub-Lirung Tsang, im Gebiet des Moränenkomplexes von Kyangjin Kharka mit Größtthallusdurchmessern der *Rhizocarpum geographicum coll.*; T = Terrasse von Kyangjin Kharka, RT = Randterrasse, P = Profilgrabstelle; Karte 1:50.000, Blatt 0/11 Langthang Himal-Ost, Österreichischer Alpenverein, 1990, Wien.

Fig. 4: Map of outer moraine and the inner and innermost moraines of the Ledrub-Lirung Tsang, in the area of the moraine-complex of Kyangjin Kharka with largest diameters of thallus of *Rhizocarpum geographicium coll.*; T = terrace von Kyangjin Kharka, RT = small terrace, P = profile digging point; map 1:50,000, sheet 0/11 Langthang Himal-Ost, Österreichischer Alpenverein, 1990, Wien.

spricht jenem der Terrasse von Kyangjin Kharka. Dieses Terrassenniveau dürfte auf eine Stausituation in diesem Abschnitt des Langtang Tales zurückgehen.

Wie unterschiedliche Beispiele aus dem Himalaja zeigen, entstehen breite Talabschnitte im Gebirge oftmals durch Talverfüllungen. Das dislozierte Material von Massenbewegungen, wie von Rutschungen oder Bergstürzen, verfüllt dabei den V- oder U-förmigen Querschnitt eines Tales (Uhlir 1997, Weidinger 1998b). Der dadurch entstandene, natürliche Damm verursacht eine Stausituation, es bildet sich ein See. Im Laufe der Jahre kann dieser, bei entsprechend hohen Sedimentationsraten, wieder verfüllt werden (Weidinger & Ibetsberger 2000, Weidinger & Nuschej 2001).

Das dislozierte Material der Großmassenbewegung Tsergo Ri verlegte das Langtang Tal. Dieses Bergsturzereignis fand jedoch bereits vor ca. 40.000 Jahren statt (Spaltspurenalter aus Hejl, Schramm & Weidinger 1997). D. h. jedoch, dass der würm-hochglaziale Haupttalgletscher Langtang Tsang, der vor ca. 20.000 Jahren im Langtang Tal vorstieß, den Großteil der Bergsturzablagerungen ausräumte und abtransportierte (Schramm, Weidinger & Ibetsberger 1998). Somit kommen die Ablagerungen der Großmassenbewegung Tsergo Ri als Ursache der Stausituation nicht in Frage. Sekundäre Rutschungen, Gleitungen oder Sackungen innerhalb des Bergsturzablagerungsgebietes, die zu einem späteren Zeitpunkt das Tal verlegt haben könnten, konnten nicht nachgewiesen werden.

Eine weitere Möglichkeit, die eine Stausituation entstehen lässt, wäre ein Gletschervorstoß. Durch das Anwachsen eines Seitentalgletschers und den Vorstoß des Gletschers bis in das Haupttal könnte dieses zur Gänze abgeriegelt werden. Eine Eis-/Moränenbarriere verursacht den Rückstau der anfallenden Wässer. Es kann zur Ausbildung einer Stausituation kommen.

War es der mächtige Eispanzer des Ledrub-Lirung Tsang, der sich über das bereits eisfrei gewordene Haupttal legte? Aus diesem Grund sollte jetzt der gesamte Moränenkomplex im Westen und Süden von Kyangjin Kharka einer umfassenden Studie unterzogen werden. Hier stellt sich die Frage ob es möglich war, dass der Seitentalgletscher noch einmal bis in das Haupttal vorstieß, als der Haupttalgletscher bereits 3 km weiter talaufwärts, bei Kingur Chin / Airstrip (EM in Abb. 3) seine spätglazialen Endmoränen ablagerte (Heuberger & Ibetsberger 1998).

4. Der äußere Moränenbogen des Ledrub-Lirung Tsang

Bei den Geländebegehungen sollte nun jener Moränenbogen eruiert werden, der aufgrund der Randterrassen postuliert wird und sich über das gesamte Haupttal bis

Abb. 5: Der äußere Moränenwall (MW) im SE von Kyangjin Kharka.

Fig. 5: The outer moraine ridge (MW) in the southeast of Kyangjin Kharka.

auf die Südseite des Langtang Tales erstreckt haben müsste. Auf Grund der Steilheit des Geländes, der räumlichen Nachbarschaft einer Vielzahl von Moränenwällen und der Erosion des zentralen Talbereiches durch den Langtang Khola dürften nur mehr Teile des ursprünglichen Wallbogens erhalten geblieben sein.

Die Moränenwälle, die dem äußeren Moränenbogen entsprechen (Abb. 4), konnten nördlich und südöstlich von Kyangjin Kharka lokalisiert werden (Heuberger & Ibetsberger 1998). Diese flachen Wälle erheben sich nur wenig über das umgebende Niveau. Der Wall im N der Siedlung besteht aus blockigem Material, das von einer geschlossenen Boden- und Vegetationsdecke überzogen wird. Der Wall im SE der Siedlung zeigt dagegen wenig Blockmaterial (Abb. 5). Es ist anzunehmen, dass die großen Blöcke aufgrund der Siedlungsnähe von Menschenhand entfernt wurden. Das Blockwerk dürfte für lokale Bauzwecke Verwendung gefunden haben. Auf Grund dessen ist dieser Wall im Vergleich zu den anderen Wällen morphologisch schwächer ausgeprägt, die ein Mehrfaches an Länge und Höhe erreichen.

Im zentralen Talbereich wurde der äußere Moränenbogen durch den Langtang Khola erodiert. Erst im Hangbereich, auf der Südseite des Langtang Tales, konnten wieder Hinweise auf den Moränenbogen gefunden werden. Hier liegen auf ca. 3.850 m ü. M eine Reihe mehrerer m^3 großer, kantengerundeter Blöcke. Diese Gneisblöcke sind perlschnurartig auf ein und demselben Niveau zu finden. Sie können als Erratika bezeichnet werden, das Niveau als Erratikagrenze (Abb. 4). Im Hangabschnitt unterhalb dieses Niveaus findet sich reichlich kantengerundetes Material, während im Hangabschnitt oberhalb davon lokaler, kantiger Hangschutt auftritt. Dieser morphologisch

wenig, aber nach den Ablagerungen gut ausgeprägte Eisrand des Ledrub-Lirung Tsang setzt sich talabwärts weiter fort.

Der Moränenwall am östlichen Ausgang des Tales von Pangmelung Kharka zeichnet das südwestliche Ende der Gletscherstirn des Ledrub-Lirung Tsang nach (Abb. 4). Bis hierher dürfte der Gletscher während dieses Vorstoßes gereicht haben. Er ist mit einer Höhe von ca. 30 m deutlich mächtiger ausgebildet als die beiden Wälle bei Kyangjin Kharka, jedoch wie diese mit einer geschlossenen Boden- und Vegetationsdecke überzogen.

Die Wälle im N und SE von Kyangjin Kharka bestehen bzw. bestanden aus großen Blöcken. Die Geschiebe >63 mm bestehen zu mehr als 80 % aus Gneisen, untergeordnet aus Glimmerschiefern und Migmatiten. Das Feinkorn tritt im Sediment im Vergleich zum Grobkorn stark zurück. Geschiebeanalysen an Ablagerungen des Haupttalgletschers Langtang Tsang zeigen dagegen einen in etwa gleich hohen Anteil an Migmatiten und Graniten. Gneise treten in diesen Ablagerungen nur zu 20 % auf (Heuberger & Ibetsberger 1998). Dadurch können die unterschiedlichen Ablagerungen geschiebeanalytisch differenziert werden.

Die einzelnen Komponenten, welche die Wälle nördlich und südöstlich von Kyangjin Kharka aufbauen, weisen nur eine geringe Zurundung auf: 60 % sind kantig, 40 % sind kantengerundet (nach Pettijohn 1957). Der Boden über den Wällen zeigt eine schwache Podsolierung und wurde von Zech (in Bäumler et al. 1996) als leicht verbraunter, schwach podsolierter Ranker bezeichnet. Die Vegetationsdecke bildet eine geschlossene Weiderasengesellschaft mit vereinzelten Zwergsträuchern.

Der Wallrücken am östlichen Ausgang des Tales von Pangmelung Kharka zeigt eine weitgehend idente petrographische Zusammensetzung des Materials wie die Wälle im N und SE von Kyangjin Kharka. Die dominanten Gneise und die untergeordnet auftretenden Glimmerschiefer und Migmatite der Kornfraktion >63 mm können zu gleichen Teilen der kantigen und der kantengerundeten Fraktion zugeordnet werden. Der Boden konnte als schwach podsolierter Rohboden ausgewiesen werden. Eine geschlossene Weiderasengesellschaft mit Zwergsträuchern hat das Moränenmaterial bereits überdeckt.

In diesem Zusammenhang wurde auch der Boden einschließlich des Cv-Horizontes der Terrasse von Kyangjin Kharka untersucht. Das in 120 cm Tiefe entnommene, frische Sediment zeigt ein starkes Übergewicht fein- und mittelsandiger Kornbestandteile. Grob- und Mittelschluff bleiben zusammen unter 20 %. Tone und Feinschluffe sind überhaupt nicht vorhanden. Der Boden der Terrasse zeigt eine schwache Podsolierung, die in etwa jener der benachbarten Wälle des äußeren Moränenbogens entspricht.

5. Die inneren Moränenbögen des Ledrub-Lirung Tsang

Innerhalb des äußeren Moränenbogens findet man zwiebelschalenartig angeordnet eine Reihe weiterer Moränenwälle (Abb. 6). Diese sind morphologisch markanter ausgeprägt als der äußere Moränenbogen. Die vorrangige Aufgabe bestand nun darin, die Vielzahl der Moränenwälle zu Moränenbögen zusammenzufügen. Die Moränenwälle liegen dicht beieinander und dürften nicht nur in räumlicher, sondern auch in zeitlicher Nachbarschaft abgelagert worden sein. Da die Moränenwälle morphologisch ähnlich sind und ihr Sediment ein in etwa gleich frisches Gepräge aufweist, dürften sich von außen nach innen immer jüngere Ablagerungen ergeben. Moränenwälle, die von einem späteren Gletschervorstoß überprägt wurden, konnten nicht eruiert werden.

Bei der Kartierung konnten zumindest fünf Moränenbögen unterschieden werden (Abb. 4). Der am weitesten ausgedehnte Moränenbogen erreichte gerade noch die Südseite des Langtang Tales (Ibetsberger & Weidinger 2004). D. h., dass zwischen dem Talfuß der Südseite und dem äußeren der fünf Moränenbögen wahrscheinlich immer ein schmaler Korridor geöffnet gewesen sein dürfte, sodass der Langtang Khola abfließen konnte.

Die einzelnen Moränenwälle sind über Zehner Meter bis mehrere hundert Meter zu verfolgen. Ihre relative Höhe beträgt zwischen 5 und 20 m. Zwischen den einzelnen Moränenwällen ergeben sich 10 bis 30 m breite, flache Becken oder Mulden, die alte Umfließungsgerinne um die Moränenbögen nachzeichnen.

Die Moränenwälle innerhalb des äußeren Moränenbogens, südwestlich der Siedlung Kyangjin Kharka, bestehen aus sehr grobem Blockwerk und weisen keine geschlossene Boden- und Vegetationsdecke auf. Sie werden durchwegs aus mehreren m^3 großen Blöcken aufgebaut, die in einer feinkörnigen Matrix eingebettet sind. Durch eine Reduktion der Matrix, infolge Setzung, Verdichtung und Erosion, ragen einzelne Blöcke deutlich heraus. Die dazwischen liegenden Becken und Mulden kleiden fluvioglaziale Ablagerungen aus (SB in Abb. 6). Die groben Blöcke innerhalb dieser Depressionen wurden dabei von mehrere Meter mächtigen Sanden überdeckt. Diese Flächen weisen selten Rohböden und Vegetationsbedeckung auf.

Die Böden über den Moränenablagerungen sind als leicht verbraunte Ranker ausgebildet. Sie zeigen schwach entwickelte Humushorizonte ohne Anzeichen einer Podsolierung. Je weiter innen die Moränenbögen zu finden sind, um so stärker ist die Tendenz in Richtung einer reinen Rohbodenentwicklung.

Die einzelnen Wallsysteme konnten durch lichenometrische Untersuchungen differenziert werden. So er-

Abb. 6: Die inneren Moränenwälle (MW) und die sedimentverfüllten Becken (SB) im W von Kyangjin Kharka.

Fig. 6: The inner moraine ridges (MW) and the sediment-filled basins (SB) W of Kyangjin Kharka.

Abb. 7: Das mächtige Gletscherbecken des Ledrub-Lirung Tsang (LLT) mit dem gullyartigen Ausfluss (GA); T = tieferes Moränenbecken, H = höheres Moränenbecken, V = Verebnung, P = Profilgrabstelle.

Fig. 7: The glacier basin of the Ledrub-Lirung Tsang (LLT) with the deep gully (GA); T = deeper moraine basin, H = higher moraine basin, V = planation, P = profile digging point.

gaben sich auf dem äußeren der fünf Moränenbögen Thallusdurchmesser der *Rhizocarpum geographicum coll.* von 170 mm. Den Moränenbögen nach innen folgend, ergaben sich Häufungen bei 160 mm und 140 mm (Abb. 4).

6. Die innersten Moränenbögen des Ledrub-Lirung Tsang

Deutlich innerhalb der inneren Moränenbögen liegt das moränenumfriedete Gletscherbecken des Ledrub-Lirung Tsang (Abb. 7). Die mächtige Moränenbastion überragt alle außerhalb davon gelegenen Wallsysteme. Das Gletscherbecken beherbergt im vordersten Abschnitt einen kleinen See, der jedoch bereits größtenteils verlandet ist (Abb. 4). Der mittlere und hintere Abschnitt des Gletscherbeckens ist mit mehreren Zehnern Meter mächtigem Toteis erfüllt, das von einer durchgehenden Schicht an Obermoräne überdeckt wird (Abb. 4).

Die Moränenstirn weist eine deutliche Gliederung auf (Abb. 4). Der tiefer liegende, breitere Beckenbereich (T in Abb. 7) kann von einem darüber liegenden, etwas schmaleren Beckenbereich (H in Abb. 7) differenziert werden. Der höher liegende Teil wurde den tiefer liegenden Ablagerungen aufgesetzt. Zwischen den beiden Ablagerungen ergibt sich eine 10–40 m breite terrassenartige Verebnung (V in Abb. 7), die 5° gegen SW geneigt ist. Sie ist nur im Bereich der Moränenstirn anzutreffen, hervorgehend aus dem äußeren Seitenmoränenwall. Der höhere Stirnbereich geht aus dem inneren Seitenmoränenwall hervor, der bis auf den gullyartigen Ausfluss des Gletscherbeckens als geschlossener Strang verläuft.

Der gesamte Bereich der Moränenstirn zeigt Rohböden mit einem 5–8 cm mächtigen Humushorizont über kristallinem Muttergestein. Lichenometrische Messungen ergaben Thallusdurchmesser der *Rhizocarpum geographicum coll.* von 44 mm im höheren Stirnbereich. Der Bereich der Verebnung ergab Thallusdurchmesser von 60 mm. Der tiefere Stirnbereich weist Thallusdurchmesser von 88 mm auf (Messergebnisse in Abb. 4). Mit Hilfe der lichenometrischen Daten konnte die im Gelände gut sichtbare, morphologische Treppung der Moränenstirn bestens nachvollzogen werden. Der gesamte Komplex dürfte zwei relativ kurz aufeinander folgenden Ereignissen zuzuordnen sein.

Die durchgeführte Profilgrabung (P in Abb. 4, 7) im Bereich der terrassenartigen Verebnung ergab einen seicht gründigen Rohboden (6 cm) über wechselnden Ablagerungen. Zwischen 7 und 31 cm findet man rhythmische Ablagerungen von ca. 3 cm mächtigen hellgrauen Schluff- und Feinsandlagen und ca. 1 cm mächtigen dunkelgrauen Schluff- und Tonlagen. Der Abschnitt zwischen 32 und 46 cm wird aus verschwemmten Moränenmaterial aufgebaut. Zwischen 47 und 97+ cm ergeben sich bis 67 cm fluvioglaziale Sande und Schluffe, darunter deutlich gröberes Kornmaterial, eingebettet in einer sandigen Matrix. Die fluvioglazialen Ablagerun-

gen an der Basis dürften darauf hinweisen, dass über der Moräne, welche den tiefer liegenden Beckenbereich aufbaut, bei beginnendem Abschmelzen der Gletscherfront ein Umfließungsgerinne aktiv gewesen sein dürfte. Bei einem abermaligen Vorstoß des Ledrub-Lirung Tsang, welcher für die Ausbildung der Moräne, die den höher liegenden Beckenbereich aufbaut, verantwortlich ist, wurde das verschwemmte Moränenmaterial abgelagert. Die im Profil darüber ausgebildeten feinkörnigen, rhythmischen Ablagerungen dürften auf eine ruhige Sedimentation in Tümpeln zwischen der tieferen und höheren Moränenstirn zurückzuführen sein. Darüber kam es zur Ausbildung eines gering mächtigen Bodenhorizontes.

Abb. 8: Talfüllung (TF) des Talbereiches östlich von Kyangjin Kharka mit dem Langtang Khola und den spätglazialen Moränenwällen des Langtang Tsang (EM) nahe Kingur Chin / Airstrip.

Fig. 8: Valley-sediments (TF) in the area E of Kyangjin Kharka with the Langtang Khola and the Late-Glacial moraine ridges of the Langtang Tsang (EM) near Kingur Chin / Airstrip.

7. Diskussion

Aufgrund der Untersuchungen kann davon ausgegangen werden, dass der Seitentalgletscher Ledrub-Lirung Tsang, nach bereits erfolgter Abtrennung vom Haupttalgletscher Langtang Tsang am Ende des Spätglazials, noch einmal soweit vorgestoßen war, dass dieser das Haupttal abdämmte. Dabei dürfte es sich um eine den gesamten Talboden durchspannende Eis-/Moränenbarriere (= äußerer Moränenbogen) gehandelt haben, die auf der Südseite des Langtang Tales noch bis auf ca. 3.920 m ü. M. hinauf reichte. Talaufwärts kam es zum Rückstau der Wassermassen des Langtang Khola und zur Ausbildung eines Sees. Davon zeugt die Terrasse von Kyangjin Kharka und die Randterrasse gegenüber der Einmündung des großen Schwemmfächers aus dem Tal des Dranglung Chu. Der moränengedämmte See dürfte, wenn man ein Niveau von ca. 3.920 m ü. M. annimmt, ca. 3 km talaufwärts bis Kingur Chin / Airstrip (EM in Abb. 8) gereicht haben. Dort lag der Haupttalgletscher, der im Uferbereich des Sees seine Endmoränen ausbildete (Heuberger & Ibetsberger 1998). Die enorme Sedimentanlieferung des Haupttalflusses Langtang Khola, bzw. jener aus dem Gebiet der Großmassenbewegung Tsergo Ri, dürfte den See rasch verfüllt haben (Abb. 8).

Die holozäne Entwicklung des Talbereiches von Kyangjin Kharka wurde immer wieder durch die Vorstöße des Ledrub-Lirung Tsang geprägt. Nur 150–200 m innerhalb des äußeren Moränenbogens findet man die inneren Moränenbögen. Diese erreichten gerade noch die Südseite des Langtang Tales. So dürfte auch bei dem am weitesten ausgedehnten holozänen Vorstoß des Ledrub-Lirung Tsang noch immer ein schmaler offener Korridor erhalten geblieben sein. Die Talfurche dürfte dem Langtang Khola ausgereicht haben, das Gletscherzungenende zu umfließen und das obere Langtang Tal zu entwässern. Nachfolgende Gletschervorstöße geringerer Intensität gaben einen immer breiteren Talquerschnitt frei, so dass die alte Sedimentfüllung des dahinter liegenden Talbereiches langsam erodiert werden konnte. Als letzten Rest findet man die Sedimente der Terrasse von Kyangjin Kharka und jene der Randterrasse gegenüber der Einmündung des großen Schwemmfächers aus dem Tal des Dranglung Chu. Die Terrasse von Kyangjin Kharka konnte sich in der Schutzlage des mächtigen Schwemmfächers aus dem Seitental des Dranglung Chu gut erhalten.

Trotz der Mächtigkeit der innersten Moränenbögen, welche das Ledrub-Lirung Tsang-Gletscherbecken bilden, hatte dieser Vorstoß nur mehr unwesentlichen Einfluss auf die Talentwicklung bei Kyangjin Kharka. Das Ledrub-Lirung Tsang-Gletscherbecken wird durch einen 30 m tief eingeschnittenen Gully entwässert. Die zerstörten Moränenbögen im Fußbereich des Gullys deuten möglicherweise auf ein ruckweises Auslaufen der Wassermassen hin, das die Landschaft noch einmal umgestaltete.

Bezüglich der Flechtenvermessungen gibt es nur wenige Vergleichstudien aus einem innerhimalajensischen Trockental, wie dem Langtang Tal. Miehe (1990) beschreibt aus dem Gebiet des Moränenkomplexes von Kyangjin Kharka, dass Thallusdurchmesser der *Rhizocarpum geographicum coll.* von 30–40 mm mit einer weitgehend geschlossenen Pflanzendecke und 30 % Zwergstrauchbeständen gleichzusetzen sind. Thallusdurchmesser der *Rhizocarpum geographicum coll.* von 80 mm sind in Bereichen einer geschlossenen Rohhumusdecke zu finden. Zudem wurde auf Vergleichstudien aus dem Alpenraum zurückgegriffen, die natürlich

Tab. 1: Charakteristika der Moränenbögen des Ledrub-Lirung Tsang bei Kyangjin Kharka.

Tab. 1: Characteristics of the moraine ridges of the Ledrub-Lirung Tsang near Kyangjin Kharka.

	Wallform; Wallhöhe	Sediment	Bodenart; Mächtigkeit	Vegetation	Thallusgröße *Rhizocarpum geographicum*	Alter
Äußerer Moränenbogen	flach, gerundet; 3-30 m	große Blöcke, großteils anthropogen entfernt, feinkörnige Matrix	leicht verbraunter, schwach podsolierter Ranker; 40-45 cm	Weiderasengesellschaft, *Juniperus squamata*	Nicht zu finden	Spätglazial
Innere Moränenbögen	kammartig, spitz zusammenlaufend; 5-20 m	große Blöcke, feinkörnige Matrix	leicht verbraunter Ranker; 15-25 cm	*Hippophae tibetana*, *Rhododendron lepidotum*, etc.	140-175 mm	Holozän
Innerste Moränenbögen	kammartig, breit, massiv; 50-80 m	große Blöcke, feinkörnige Matrix	seichtgründiger Rohboden; 5-8 cm	*Artemisia roxburghiana*, *Rhododendron lepidotum*, etc.	44-88 mm	Holozän. Kleine Eiszeit

nur bedingt auf den Himalaja zu übertragen sind. In den Alpen weisen Thallusdurchmesser von 40–60 mm auf Ablagerungen des Gletschervorstoßes von 1850 hin (Heuberger & Beschel 1958).

8. Zusammenfassung

Die Entstehung des Moränenkomplexes von Kyangjin Kharka konnte durch die Untersuchungen gut dokumentiert werden. So konnten die Ablagerungen erstmals im Vergleich zueinander differenziert werden. Daraus ergeben sich Erkenntnisse, welche die Entwicklung des gesamten Talabschnittes betreffen (Tab. 1).

Die Bodenentwicklung auf den einzelnen Wallmoränen des Moränenkomplexes von Kyangjin Kharka zeigt unterschiedliche Stadien. Während der Boden auf dem äußeren Moränenbogen bereits eine schwache Podsolierung aufweist, sind Anzeichen einer solchen auf den fünf inneren Moränenbögen nicht festzustellen. Die innersten Moränenbögen des mächtigen Gletscherbeckens zeigen Rohböden. Daraus lässt sich eine zeitliche Differenzierung der Ablagerung der einzelnen Moränenwälle ableiten.

Die Messungen der Thallusdurchmesser der *Rhizocarpum geographicum coll.* unterstreichen die Ergebnisse der Bodenentwicklung. So heben sich die inneren Moränenbögen mit Thallusdurchmessern von 140–175 mm deutlich von den innersten Moränenbögen des mächtigen Gletscherbeckens mit 44–88 mm ab. Am äußeren Moränenbogen fehlt *Rhizocarpum geographicum coll.* gänzlich. Dieser zeigt bereits eine höher entwickelte Vegetation, eine Weiderasengesellschaft mit Wacholder-Zwergsträuchern und kleinen Weidengehölzen. Die inneren Moränenbögen werden von einer lückenhaften Rasendecke mit niedrigwüchsigen Sträuchern bedeckt.

Aus der Bodenuntersuchung und den lichenometrischen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass der äußere Moränenbogen am Ende des Spätglazials abgelagert worden sein dürfte, während die inneren Moränenbögen ein holozänes Alter aufweisen. Trotz der engen räumlichen Nachbarschaft dürfte zwischen diesen beiden Ablagerungen ein deutlicher Zeitunterschied bestehen. An den inneren Moränenwällen ist besonders bemerkenswert, dass der äußere der fünf inneren Moränenwälle bis knapp an den spätglazialen Wall heranreichte. Dafür dürften holozäne Klimaverschlechterungen verantwortlich gewesen sein. Das exakte Alter der inneren Moränenbögen müsste durch ^{14}C-Datierungen bestimmt werden. Die innersten Moränenbögen des mächtigen Gletscherbeckens entsprechen dem Gletschervorstoß der „kleinen Eiszeit" (Heuberger & Ibetsberger 1998).

Der Lokalgletscher Ledrub-Lirung Tsang reagierte wesentlich rascher auf holozäne Klimaänderungen als der Haupttalgletscher Langtang Tsang. Während der Ablagerung des spätglazialen Moränenbogens durch den Ledrub-Lirung Tsang endete der Haupttalgletscher Langtang Tsang 3 km talaufwärts bei Kingur Chin / Airstrip. Die dazugehörigen Endmoränen konnten morphologisch und bodenkundlich dem jüngsten Spätglazial zugeordnet werden (Heuberger & Ibetsberger 1998). Als die fünf inneren Moränenbögen abgelagert

wurden, dürfte im obersten Langtang Tal noch ein geschlossenes Eisstromnetz bestanden haben. Dazugehörige Gletscherstände des Langtang Tsang blieben vereinzelt erhalten. Die Moränenbastion des Langtang Tsang Gletscherbeckens aus der „kleinen Eiszeit" befindet sich ca. 14 km östlich von Kyangjin Kharka.

Der Ledrub-Lirung Tsang dürfte aufgrund seiner extrem hohen Gebirgsumrahmung im SE des Langtang Lirung (7.234 m) rascher als der Haupttalgletscher auf holozäne Klimaänderungen reagiert haben. Nähr- und Zehrgebiet liegen relativ nah beisammen. Während die horizontale Distanz beim Ledrub-Lirung Tsang ca. 6000 m ausmacht, beträgt die vertikale Distanz enorme 3000 m. Zudem dürfte der benachbarte Kyimoshung Tsang (Abb. 1) bei seinen holozänen Vorstößen noch mit dem Ledrub-Lirung Tsang verschmolzen sein. Aus diesen Gründen dürften auch geringe klimatische Veränderungen als Oszillationen auf die Gletscherzunge des Ledrub-Lirung Tsang übertragen worden sein. Dies wäre eine Erklärung, dass solch eine Vielzahl an Moränenwällen auf engstem Raum abgelagert worden sind, die gemeinsam den Moränenkomplex von Kyangjin Kharka bilden.

9. Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten im Rahmen des Projektes (P 9433-GEO) unter der Leitung von Prof. Dr. Josef-Michael Schramm wird dem „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung" (Wien) bestens gedankt. Ein aufrichtiger Dank gilt Prof. Dr. Helmut Heuberger für die gemeinsame Forschungstätigkeit in Nepal. Dr. Thomas Voigt, Dr. Hermann Häusler und Dr. Michael Pirrung gebührt ein besonderer Dank für die kritische Durchsicht und Begutachtung des Manuskriptes. Ein besonderer Dank gebührt der DGG für die Abdeckung der Druckkosten der Farbabbildungen durch die R. & M. Teichmüller-Stiftung.

10. Schriftenverzeichnis

Bäumler, R., Kemp-Oberhetinger, M., Zech, W., Heuberger, H., Siebert, A., Madhikarmi, D.P. & Poudel, K.P. (1996): Soil weathering on glacial and glaciofluvial deposits in the Langtang Valley (Central Nepal) and its relation to the glacial history. – Z. Geomorph., N.F., Suppl., 103: 373–387, Berlin.

Hejl, E., Schramm, J.-M. & Weidinger, J.T. (1997): Long term exhumation at the Tsergo Ri landslide area (Langthang Himal, Nepal): information from apatite fission track data. – In: Angiolini, L., Balini, M., Gaetani, M., Germani, D., Torti, V. & Zanchi, A. (Hrsg.): Proc. 12th Himalaya-Karakorum-Tibet Workshop: 149–150, Milano.

Heuberger, H. & Beschel, R. (1958): Beiträge zur Datierung alter Gletscherstände im Hochstubai (Tirol). – Schlern Schriften, 190: 73–100, Innsbruck.

– & Ibetsberger, H. (1996): Problems of Late-Glacial and Holocene advances in Langtang, Nepal. – In: Chalise, S.R. & Khanal, N.R. (Hrsg.): Intern. Conf. Ecohydrology of High Mountain Areas, Ext. Abstr.: 331–333, Kathmandu.

– & Ibetsberger, H. (1998): Problems of Holocene glacier advances in Langtang, Central Nepal. – In: Chalise, S.R. & Khanal, N.R. (Hrsg.): Proc. Intern. Conf. Ecohydrology of High Mountain Areas: 459–465, Kathmandu.

–, Masch, L., Preuss, E. & Schröcker, A. (1984): Quaternary landslides and rock fusion in the Central Nepal and in the Tyrolean Alps. – Mountain Res. Developm., 4/4: 345–362, Boulder/CO.

Ibetsberger, H.J. (1996a): The Tsergo Ri landslide: An uncommon area of high morphological activity in the Langthang valley, Nepal. – Tectonophysics, 260: 85–93, Amsterdam.

– (1996b): Morphological studies at the Dranglung valley in the Tsergo Ri landslide deposit area (Langthang Himal, Nepal). – In: Senneset, K. (Hrsg.): Proc. 7th Int. Symp. Landslides: 773–778, Rotterdam (Balkema).

– & Weidinger, J.T. (1997): Studies of erosional cracks in the Tsergo Ri Landslide area, Langthang Valley, Nepal. – In: Angiolini, L., Balini, M., Gaetani, M., Germani, D., Torti, V. & Zanchi, A. (Hrsg.): Proc. 12th Himalaya-Karakorum-Tibet Workshop: 49–51, Milano.

– & – (2004): Auswirkungen spät- u. postglazialer Vorstöße von Seitentalgletschern auf die Entwicklung des Langtang Tales zwischen Kyangjin Kharka und Langshisa Kharka / Nepal. – GeoÖko, 25: 127–143, Bensheim.

Inger, S. & Harris, N.B.W. (1992): Tectonothermal evolution of the high Himalayan crystalline sequence, Langtang valley, northern Nepal. – J. Metamorph. Geol., 10: 439–452, Oxford.

Macfarlane, A.M. (1993): Chronology of tectonic events in the crystalline core of the Himalaya, Langtang National Park, central Nepal. – Tectonics, 12: 1004–1025, Washington/DC.

Miehe, G. (1990): Langtang Himal, Flora und Vegetation als Klimazeiger und -zeugen im Himalaya. – Dissertationes Botanicae, 158: 1–529, Berlin.

Pettijohn, F.J. (1957): Sedimentary rocks: 718 S., New York (Harper & Row).

Reddy, S.M., Searle, M.P. & Massey, J.A. (1992): Structural evolution of the high Himalayan gneiss sequence. – Geol. Soc. Spec. Publ., 74: 375–389, London.

Schramm, J.-M. & Weidinger, J.T. (1996): Distribution of electrical conductivity at Tsergo Ri landslide, central-north Nepal. – In: Senneset, K. (Hrsg.): Proc. 7th Int. Symp. Landslides: 889–894, Rotterdam (Balkema).

–, – & Ibetsberger, H.J. (1998): Petrologic and structural controls on geomorphology of prehistoric Tsergo Ri slope failure, Langtang Himal, Nepal. – Geomorphology, 26: 107–121, Amsterdam.

Shiraiwa, T. & Watanabe, T. (1991): Late Quaternary glacial fluctuations in the Langtang Valley, Nepal Hima-

laya. – Arctic and Alpine Research, 23: 404–416, Boulder/CO.

Uhlir, C. (1997) : Landslide dammed lakes: a case study of the Lamabagar and Ghat-Chaurikharka landslide deposits (Dolakha and Solukhumbu Districts, Eastern Nepal). – J. Nepal Geol. Soc., 16: 104–105, Kathmandu.

Usselmann, P. (1980): Cartographie géomorphologique et évolution quaternaire d'une haute vallée Himalayenne: Le Langtang. – Rev. Géomorh. dynam., 29/1: 1–7, Paris.

Weidinger, J.T. (1998a): Progressive development and risk-analysis of rockavalanches; case study in the High Himalayan crystalline of the Langthang National Park - Nepal. – J. Nepal Geol. Soc., 18: 319–328, Kathmandu.

– (1998b): Case history and hazard analysis of two lake-damming landslides in the Himalayas. – J. Asian Earth Sciences, 2–3: 323–331, Amsterdam.

– & Ibetsberger, H.J. (2000): Landslide dams of Tal, Latamrang, Ghatta Khola, Ringmo and Dharbang in the Nepal Himalayas and related hazards. – J. Nepal Geol. Soc., 22: 371–380, Kathmandu.

– & Nuschej, F. (2001): Large-scale landslides along the Manali-Leh-Road (Northern India). – J. Asian Earth Sci., 19: 13–14, Amsterdam.

– & Schramm, J.-M. (1995): Tsergo Ri (Langthang Himal, Nepal) - Rekonstruktion der „Paläogeographie" eines gigantischen Bergsturzes. – Geol. Paläont. Mitt. Inns-bruck, 20: 231–243, Innsbruck.

–, – & Nuschej, F. (2002): Ore mineralization causing slope failure in a high-altitude mountain crest – on the collapse of an 8000 m peak in Nepal. – J. Asian Earth Sci., 21: 295–306, Amsterdam.

–, – & Surenian, R. (1996): On preparatory causal factors, initiating the prehistoric Tsergo Ri landslide (Langthang Himal, Nepal). – Tectonophysics, 260: 95–107, Amsterdam.

Manuskript eingegangen: 04.11.2004
Annahme zum Druck: 02.05.2005