

Rutschungen im südwestlichen Annapurna-Massiv des zentralen Nepal-Himalaya

Ein Beitrag zur geographischen Hazardforschung



Peter Christian Ottinger

INAUGURAL - DISSERTATION

zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Naturwissenschaftlich-Mathematischen Gesamtfakultät
der
Ruprecht - Karls - Universität
Heidelberg

Gutachter: HD Dr. Dietrich Schmidt-Vogt

Prof. Dr. Edmund Krauter

vorgelegt von
Diplom-Geograph Peter Christian Ottinger
aus Rosenberg in Oberschlesien

April 2003

Vorwort

Bereits auf Reisen 1995, 1996 und 1997 in verschiedene Landesteile Nepals reifte in mir die Idee, über Naturgefahren im Himalaya eine Arbeit zu verfassen. Die hochentwickelte Terrassenlandwirtschaft an den steilen Hängen im nepalischen Bergland faszinierte mich von Anfang an. Ist sie jedoch nicht stark bedroht durch die heftigen Monsunregen, Erdbeben und Rutschungen? Ich konnte doch so häufig Abrißnischen von Rutschungen, Murkegel und Spuren von Überflutungen mitten in bewohnten Gebieten sehen. Dieser Frage wollte ich nachgehen und über die Naturgefahren, allen voran über die Rutschungen in dem dicht besiedelten Gebirgsraum mehr herausfinden. Ein heftiger Sommermonsun des Jahres 1998 mit zahlreichen frischen Rutschungen veranlaßte mich schließlich, mit meinem physio-geographischen Hintergrund und einigen Erfahrungen aus den europäischen Hochgebirgen diese anspruchsvolle Aufgabe anzugehen.

Zur Entstehung dieser Arbeit haben eine Vielzahl von Personen beigetragen. Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn HD Dr. Dietrich Schmidt-Vogt, der die Arbeit bestens betreut hat und mir jederzeit beratend und engagiert zur Stelle stand, in Nepal wie in Heidelberg. Durch seine große Nepalerfahrung öffnete er mir die Augen für das Verständnis des Landes und seiner Menschen sowie die geoökologischen Zusammenhänge. Herr Prof. Dr. Edmund Krauter, Universität Mainz, begleitete die Arbeit ebenfalls von Anfang an. Ihm gebührt Dank für die immerwährende Diskussionsbereitschaft, und seinen wertvollen Anregungen verdanke ich ein besseres Verständnis der weitreichenden Rolle, welche Rutschungen im Ökosystem des Hochgebirges spielen. Bedanken möchte ich mich auch beim Herrn Prof. Dr. Hans-Georg Bohle für die fruchtbaren Diskussionen und viele Hinweise bezüglich der Konzeption der Arbeit. Herr Prof. Dr. Rainer Altherr interessierte sich sehr für das Vorankommen der Arbeit und ermöglichte (und leitete auch) die Dünnschliffanalysen und röntgenspektographische Untersuchungen meiner Gesteinsproben am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg. Prof. Dr. Hellmut R. Völk, den ich auf drei Nepalreisen begleiten durfte, verdanke ich viele wegweisende Ideen. Ganz besonders herzlichen Dank möchte ich Herrn Dr. Arnold Scheuerbrandt für jahrelange freundschaftliche Unterstützung und fachlichen Gedankenaustausch durch interessanteste Gespräche, die mich immer wieder motivierten, aussprechen. Er trug entscheidend zum Gelingen der Arbeit bei.

Während meiner Aufenthalte in Nepal haben mich zahlreiche Personen unterstützt, von denen ich hier nur einige erwähnen kann – ihnen gilt mein herzlicher Dank. Allen voran Prof. Dr. Bisal Nath Upreti, Department of Geology, Tribhuvan University, Direktor des Nepal Geological Society, Kathmandu für viele Gespräche und nützliche Ratschläge. Eine Immatrikulation am Department of Geography der Tribhuvan University, Kathmandu, und die Hilfe der King Mahendra Stiftung, insbesondere des Annapurna Conservation Area Project

(ACAP) ermöglichte erst die Durchführung der Geländearbeiten im Annapurna-Massiv. Jukka Koivisto von der Firma Finnmap danke ich für die Hilfe beim Beschaffen von aktuellen Karten und Luftbildmaterial in Kathmandu, Elmar Brömse und Jörg Volkmann (beide DED) für die Hilfe bei der Beschaffung von wertvollen Niederschlagsdaten vom Department of Hydrology and Meteorology (DHM, Pokhara-Office). Frau Reeta Lama-Schmidt-Vogt teilte mit mir ihr Wissen und ihre Erfahrungen über das Land und seine Menschen. Schließlich möchte ich mich bei den Magarfamilien aus dem Sikha Valley, die mich aufgenommen haben, für die herzliche Gastfreundschaft, und bei meinen Geländeassistenten Gaju Bahadyr Gurung und Suresh Chetri für die vielen mühevollen Monate auf den schmalen Bergpfaden bedanken.

Dem Deutschen Akademischen Austausch Dienst (DAAD) gilt mein besonderer Dank für ein 15-Monatiges Auslandsstipendium, mit welchem die Geländearbeiten in Nepal größtenteils finanziert werden konnten. Der Deutsch-Nepalischen Gesellschaft (DNG) – besonders ihren Vorsitzenden Dr. Wolf Donner und Herrn Ram Pratap Thapa – sei Dank für einen Flugkostenzuschuß der Gesellschaft.

Ohne die Hilfe von vielen Freunden in Heidelberg könnte die Arbeit nicht fertig gestellt werden. Mein besonderer Dank gilt v.a. Alexander Scheid für seine kameradschaftliche Unterstützung und konstruktive Ratschläge, Christian Böge, der mir bei so manchem Computerproblem zu Seite stand, Frank Woll, der mit seinen Zeichnungen viel zum graphischen Gesamteindruck beigetragen hat, Christina Bommas, Nicole Bruhn-Vögtlin und Brigitte Schauwienold für das gewissenhafte Korrekturlesen.

Besonderer Dank gilt meiner Familie, die über Jahre die finanzielle Hauptlast zu tragen hatte. Schließlich möchte ich mich bei meiner Frau Katrin herzlich bedanken, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit unermüdlich unterstützt hat und etliche durch diese verursachte Strapazen überstehen mußte.

Widmen möchte ich diese Arbeit meiner Familie

Heidelberg, im April 2003

Peter Christian Ottinger

Inhaltsverzeichnis

| | | Seite: |
|-----------|---|--------|
| 1. | Einführung | 1 |
| 1.1 | Einleitung | 1 |
| 1.2 | Die Studie im Kontext der Hazard- und der Rutschungsforschung | 4 |
| 1.2.1 | Geographische Hazardforschung | 4 |
| 1.2.2 | Rutschungsforschung | 8 |
| 1.3 | Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit | 10 |
| 1.4 | Forschungsansatz | 12 |
| 1.5 | Der Naturraum „Nepal-Himalaya“ | 13 |
| 1.5.1 | Allgemeine Charakterisierung | 13 |
| 1.5.2 | Grundzüge der naturräumlichen Einheiten Nepals | 14 |
| 1.6 | Naturgefahren im Nepal-Himalaya | 18 |
| 1.7 | Rutschungen – ein wichtiger Umweltfaktor im Nepal-Himalaya | 23 |
| 1.7.1 | Die besondere Stellung der Rutschungen unter den Naturgefahren in Nepal | 23 |
| 1.7.2 | Rutschungen in jungen Hochgebirgen. Ein Vergleich Himalaya – Alpen | 26 |
| 2. | Methoden | 28 |
| 2.1 | Auswahlkriterien für das Arbeitsgebiet | 28 |
| 2.2 | Sekundäre Informationen über das Arbeitsgebiet | 29 |
| 2.3 | Primäre Datenerhebung. Natur- und sozialwissenschaftliche Geländeforschung | 32 |
| 2.4 | Laboruntersuchungen | 34 |
| 2.4.1 | Dendrochronologische Datierung von Rutschungen | 34 |
| 2.4.2 | Laboruntersuchungen von Gesteinsproben | 35 |
| 3. | Das Arbeitsgebiet – naturräumliche Ausstattung, Besiedlung und Nutzung | 36 |
| 3.1 | Die Lage des Arbeitsgebietes. Das Sikha Valley und das Kali Gandaki Valley (zwischen Tatopani und Kusma) im Bergland Zentralnepals. | 36 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.2 | Naturräumliche Faktoren | 40 |
| 3.2.1 | Geologische Situation | 40 |
| 3.2.1.1 | Einführung | 40 |
| 3.2.1.2 | Kurzer Abriß der Himalaya-Entstehung | 41 |
| 3.2.1.3 | Die geologische Lage innerhalb des Himalaya (Lesser Himalaya) | 42 |
| 3.2.1.4 | Struktur und Tektonik | 45 |
| 3.2.1.5 | Stratigraphie | 46 |
| 3.2.1.6 | Lithologie | 48 |
| 3.2.1.7 | Zusammenfassung | 52 |
| 3.2.2 | Reliefverhältnisse | 53 |
| 3.2.2.1 | Quartäre Reliefentwicklung | 53 |
| 3.2.2.2 | Aktuelle Morphologie des Arbeitsgebietes | 56 |
| 3.2.3 | Klimatische Bedingungen | 59 |
| 3.2.3.1 | Das subtropisch-monsunale Klima im Arbeitsgebiet | 59 |
| 3.2.3.2 | Der Verlauf der Niederschläge | 61 |
| 3.2.4 | Böden | 67 |
| 3.2.5 | Vegetation | 68 |
| 3.3 | Besiedlung und Nutzung im Arbeitsgebiet | 71 |
| 3.3.1 | Bevölkerung und Siedlungen | 71 |
| 3.3.1.1 | Die ethnische Zusammensetzung der Bevölkerung | 72 |
| 3.3.1.2 | Bevölkerungsentwicklung im Arbeitsgebiet | 74 |
| 3.3.2 | Landnutzung | 77 |
| 3.3.2.1 | Bedeutung der Landwirtschaft in Nepal | 77 |
| 3.3.2.2 | Landwirtschaftliches Produktionssystem im Sikha Valley | 78 |
| 3.3.2.3 | Höhenstufen des Anbaus | 80 |
| 3.3.2.4 | Entwicklung der Größe landwirtschaftlich genutzter Fläche | 83 |
| 4. | Rutschungen – Definition und Klassifikation | 84 |
| 4.1 | Definition der Rutschungen | 84 |
| 4.2 | Klassifikation von Rutschungen | 85 |
| 5. | Rutschungen im Arbeitsgebiet – Bestandsaufnahme und Analyse der Ursachen | 88 |
| 5.1 | Bestandsaufnahme der Rutschungen | 88 |
| 5.1.1 | Einführung | 88 |
| 5.1.2 | Der Sikha-Hang (ein Schichtflächenhang) | 89 |
| 5.1.3 | Der Pauder-Hang (ein Schichtkopfhang) | 93 |
| 5.1.4 | Lokale Fallbeispiele für Rutschungen | 94 |
| 5.1.4.1 | Fallbeispiel 1: Der abgleitende „Tallo Sikha-Block“ und die Cithe Khola-Rutschung | 95 |
| 5.1.4.2 | Fallbeispiel 2: Thulo Kharka–Rutschungen | 97 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.1.4.3 | Fallbeispiel 3: Phalate–Rutschungen | 98 |
| 5.2 | Analyse der Ursachen und Auslöser von Rutschungen im Arbeitsgebiet | 101 |
| 5.2.1 | Einführung | 101 |
| 5.2.2 | Natürliche Ursachen von Rutschungen | 102 |
| 5.2.2.1 | Geologie | 102 |
| 5.2.2.2 | Klima / Niederschläge | 105 |
| 5.2.2.3 | Schmelz- und Bergwasser | 106 |
| 5.2.2.4 | Permafrostschwund | 107 |
| 5.2.2.5 | Vegetation | 107 |
| 5.2.2.6 | Topographische / morphologische Situation | 108 |
| 5.2.2.7 | Der Faktor Zeit | 108 |
| 5.2.3 | Anthropogene Ursachen von Rutschungen | 109 |
| 5.2.3.1 | Unsachgemäße Flächennutzung | 109 |
| 5.2.3.2 | Erosion durch Lasttiere | 112 |
| 5.2.3.3 | Straßenbau | 112 |
| 5.2.4 | Auslöser von Rutschungen | 113 |
| 5.2.4.1 | Intensive und langandauernde Starkregenereignisse | 113 |
| 5.2.4.2 | Rapide Schneeschmelze | 114 |
| 5.2.4.3 | Erdbeben | 114 |
| 5.2.5 | Zusammenfassung | 115 |
| 5.3 | Das Problem der „Degradation“ im Zusammenhang mit den Rutschungen | 116 |
| 6. | Die Tatopani-Rutschung vom 26. September 1998 und ihre Folgen: eine Fallstudie | 119 |
| 6.1 | Die Rutschung von Tatopani im September 1998 | 119 |
| 6.2 | Analyse der Ursachen der Rutschung | 120 |
| 6.3 | Direkte Folgen und weitere Bewegungen | 123 |
| 6.4 | Zukunftsaussichten für Tatopani | 126 |
| 6.5 | Maßstab des Ereignisses – ein Exkurs | 127 |
| 7. | Positive Folgen von Rutschungen im Arbeitsgebiet | 129 |
| 7.1 | Langfristige Modifikation des Reliefs und Veränderung des Hangsubstrats. Neue Flächen für die Landwirtschaft | 129 |
| 7.1.1 | Naßreisterrassen auf fossilem Rutschungsmaterial | 129 |
| 7.1.2 | Fossile <i>debris flows</i> im Pokhara Valley – eine “nützliche Naturkatastrophe“ | 130 |
| 7.2 | Kurzfristige positive Folgen von Rutschungen | 131 |
| 7.3 | Der Einfluß von Rutschungen auf die Vegetation – Arealzunahme von Nutzholzbeständen der Nepalischen Erle (<i>Alnus nepalensis</i>) | 133 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 8. | Die Reaktion der Bergbauern auf Rutschungen | 135 |
| 8.1 | Traditionelles Umweltwissen der Bergbauern über Rutschungen | 135 |
| 8.2 | Einfluß der Rutschungen auf Siedlungsanlage und -form | 136 |
| 8.2.1 | Anlage von Siedlungen im Hinblick auf die Gefährdung durch Rutschungen | 136 |
| 8.2.2 | Veränderung der Siedlungsform | 138 |
| 8.3 | Traditionelle Strategien im Umgang mit Rutschungen | 139 |
| 8.3.1 | Vorbeugende Maßnahmen | 140 |
| 8.3.2 | Schadensbegrenzung bei unvermeidbaren bzw. nach bereits abgegangenen Rutschungen | 141 |
| 9. | Zusammenfassung und Schlußfolgerungen | 144 |
| | Literaturverzeichnis | 148 |
| | Summary and Conclusions | 177 |
| | Verzeichnis der Figuren | 180 |
| | Verzeichnis der in der Arbeit vorkommenden nepalischen Bezeichnungen und Eigennamen | 182 |
| | Verzeichnis der Abkürzungen | 184 |
| | Anhang | 185 |
| | Fototeil | 189 |

1. Einführung

1.1 Einleitung

Rutschungen¹ sind hangabwärts gerichtete Bewegungen von Boden-, Fels- und Schuttmassen (*Multilingual Landslide Glossary*, UNESCO Working Party for World Landslide Inventory 1993). Laut KRAUTER (1995), der das UNESCO-Projekt „*World Landslide Inventory*“ koordiniert hat, umfaßt der Begriff „Rutschungen“ demnach Massenschwerebewegungen in Hanglagen und Massentransport durch Wasser. Der Terminus „Rutschungen“ wird in der vorliegenden Arbeit mit dem bisher üblicherweise benutzten Begriff „Massenbewegungen“ gleichgesetzt (vgl. PRINZ 1997). Die genannte Arbeitsgruppe (WP/WL) der UNESCO hat 1993 eine Klassifikation von Rutschungen entwickelt, die hier durchgehend angewandt wird.

In den vergangenen Jahrzehnten erfuhren Rutschungen, v.a. in Berggebieten, ein gestiegenes Interesse seitens der in den 1950er Jahren aufgekommenen Hazardforschung. In der von der UNO deklarierten „*International Decade for Natural Disaster Reduction*“ (IDNDR, 1990 – 2000) erlebte die Hazardforschung ihren bisherigen Höhepunkt. Die Aktualität des Themas wird auch dadurch verdeutlicht, daß die Vereinten Nationen das Jahr 2002 zum „*International Year of the Mountains*“² ausgerufen hat. Das Auftreten von Rutschungen beschränkt sich zwar keinesfalls auf Gebirge, dort treten sie jedoch am häufigsten auf, insbesondere in jungen alpidischen Gebirgen wie dem Himalaya.

Das Potential von Naturgefahren wächst infolge der weltweit spürbaren Klimaänderung (vgl. BECKER & BUGMANN 2001). Es mehren sich Berichte, wonach Häufigkeit und Schadensausmaß von Naturkatastrophen, nach manchen Autoren sogar drastisch, zunehmen (u.a. BERZ 1998, Münchener Rück 1998). KRAUTER (1994) stellt explizit für Rutschungen eine dramatische Zunahme der durch sie verursachten Katastrophen fest.

Nepal gehört zu den Ländern, in denen Rutschungen die erste Stelle unter den Naturgefahren, den „*natural hazards*“, einnehmen (KRAUTER 1994, UPRETI 1996, UPRETI & DHITAL 1996). Der nepalische Himalaya zeichnet sich durch eine junge Geologie und durch hohe Reliefenergie aus. Weite Gebiete des Gebirges sind aus morphologisch weichen Gesteinen aufgebaut. Häufige Erdbeben und die noch immer andauernde starke Hebung des Himalaya machen die meist sehr steilen Hänge noch instabiler, als sie es ohnehin schon sind. Die

¹ Im allgemeinen Sprachgebrauch hat sich für „Rutschungen“ der Begriff „Erdrutsche“ etabliert. In den Medienberichten über Naturkatastrophen wird häufig das Wort „Erdrutsche“ benutzt, und zwar undifferenziert für eine Vielzahl von Massenbewegungen, ebenso wie die Termini „SchlammLawinen“, „Schlammfluten“ bzw. „Schlammströme“ oder „GeröllLawinen“.

heftigen Monsunniederschläge auf der Südseite des Himalaya, wo die vorliegende Studie durchgeführt wurde, verstärken die Tendenz zur Instabilität von Hängen. Die genannten geologischen und klimatischen Voraussetzungen lassen hier zahlreiche Rutschungen vermuten. Dennoch hat sich gleichzeitig in diesem Gebiet im Laufe vieler Jahrhunderte eine hochstehende Kulturlandschaft mit ausgeklügelten Terrassen- und Bewässerungssystemen entwickelt, die eine große Bevölkerungsdichte zuläßt.

Nach allen international gültigen Kriterien ist Nepal eines der ärmsten Entwicklungsländer der Erde (vgl. Kap. 3.3.2.1). Knapp 90% der Bevölkerung leben zu einem großen Teil von der Landwirtschaft. Rutschungen und Überflutungen fordern in den dicht besiedelten Tälern jährlich Hunderte von Todesopfern und verursachen große materielle Schäden. Sie stellen zweifellos die größte natürliche Gefahr für die Landwirtschaft in Nepal dar. Generell wird im Himalaya eine intensive Abholzung für die Zunahme der Rutschungsaktivität verantwortlich gemacht (vgl. Kap. 1.2.2). Angeblich wurde und wird sie durch das starke Bevölkerungswachstum verursacht – eine Annahme, die jedoch Kritik hervorgerufen hat (vgl. v.a. IVES & MESSERLI 1989) und die ich auch aufgrund eigener Beobachtungen nicht bestätigen kann. Damit verbunden ist die Frage nach dem Einfluß der Rutschungen auf die Degradation der Landschaft. Sie wird in dieser Arbeit (Kap. 5.3) im Sinne von SCHMIDT-VOGT (1997, 1998), der die „Degradation“ ausführlich erläutert, diskutiert.

Trotz der zunehmenden Literatur zum Thema Naturgefahren im Himalaya sind viele Aspekte zu Rutschungen bisher noch unterrepräsentiert. Bisher wurden die Rutschungen, bis auf wenige Ausnahmen (v.a. JOHNSON et al. 1982, HAFFNER 1995), hauptsächlich unter dem Gesichtspunkt der Zerstörungen untersucht, die sie in dieser Landschaft angerichtet haben und anrichten. Die sich über Hunderte von Höhenmetern erstreckenden Terrassenhänge und eine hohe Bevölkerungsdichte als hervorragende Merkmale dieser Landschaft deuten jedoch an, daß man die Rutschungen nicht nur als eine Gefahr oder gar als eine Katastrophe ansehen darf. Rutschungen können, was im Rahmen der vorliegenden Studie noch zu zeigen sein wird, auch positive Folgen haben.

Basierend auf den Ergebnissen eigener eineinhalbjähriger Feldforschungen möchte ich in der vorliegenden Arbeit eine differenziertere Interpretation vorstellen, der eine komplexere Betrachtung der Zusammenhänge zugrunde liegt, und die die Rutschungen nicht nur unter dem Blickwinkel ihrer negativen Auswirkungen beurteilt, sondern auch die positiven Folgen solcher Ereignisse hervorhebt. Zu jeder Rutschung gehört neben einem Erosionsgebiet auch ein Akkumulationsgebiet. Dies wird bei der häufigen Fixierung auf die Zerstörungen oft übersehen. Erosion und Akkumulation tragen beide dazu bei, daß Rutschungen einen großen Anteil an der Nivellierung des Reliefs haben.

Das Phänomen „Rutschungen“ wird hier primär aus der Perspektive der Physischen Geographie unter Einbeziehung der humangeographischen Perspektive untersucht, die neben

den Umweltbedingungen auch die sozio-ökonomischen Gegebenheiten in Betracht zieht. Rutschungen stellen durch ihr massives Auftreten und durch ihre Auswirkungen einen integralen Bestandteil der Umwelt dar und als solcher werden sie auch genutzt. Rutschungen spielten bereits bei der Inanspruchnahme des Raumes eine große Rolle. Die überaus vielfältigen Einflüsse von Rutschungen prägen seit Generationen das tägliche Leben der Bergbauern in beträchtlichem Maße. Die Bergbauern haben daher ihre eigenen Strategien entwickelt, mit diesen Phänomenen umzugehen, die in Kapitel 8 vorgestellt werden. Um den Einfluß des Menschen auf die Landschaft zu erfassen, wurde versucht, die Ursachen der Rutschungen im Arbeitsgebiet zu analysieren. Auch wenn nicht in jedem Falle eine genaue Unterscheidung zwischen natürlichen und anthropogenen Ursachen der Rutschungen möglich ist (meistens wirken auch mehrere Faktoren gleichzeitig), lassen die Untersuchungsergebnisse dennoch klare Aussagen hinsichtlich des anthropogenen Einflusses zu.

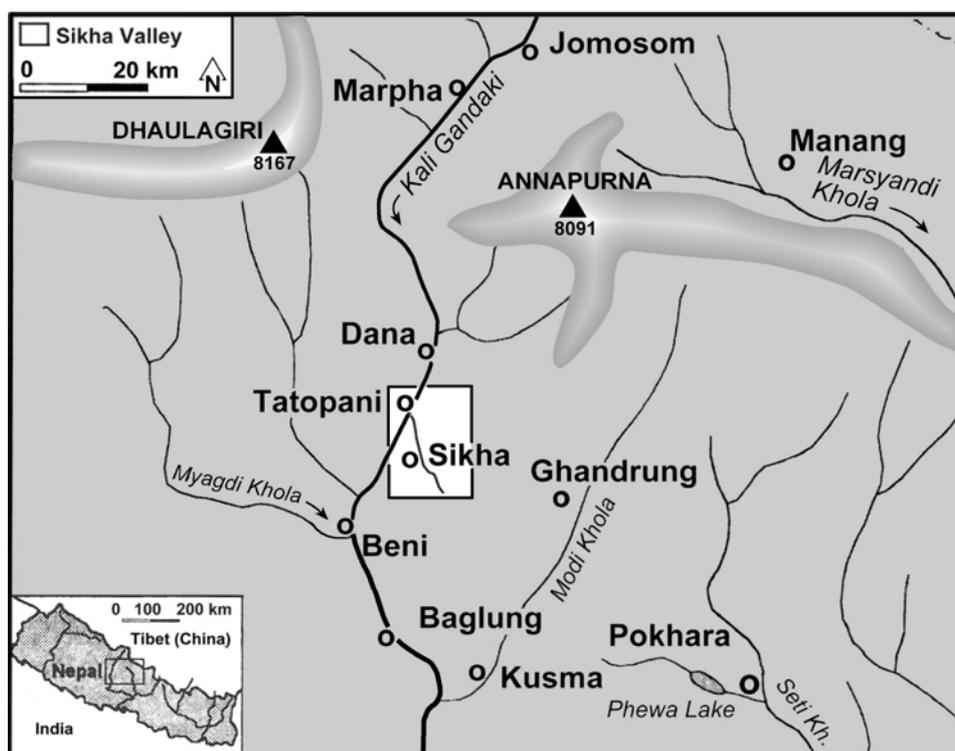


Fig. 1: Die Lage des Arbeitsgebietes Sikha Valley innerhalb Nepals

(Entwurf: P. Ottinger, Kartographie: N. Harm).

Das Arbeitsgebiet im südwestlichen Annapurna-Massiv liegt im Übergang vom nepalischen Bergland, der Wiege der nepalischen Kultur, zum Hochhimalaya. Dieser Bereich ist auch in sozio-kultureller Hinsicht ein Übergangsraum. Das Kernarbeitsgebiet ist das Sikha Valley, ein

östliches Seitental des Kali Gandaki Valley. Zahlreiche Forscher haben das Sikha Valley bereits passiert, aber fast alle sind weiter nördlich bis in das Gebiet von Muktinath / Jomosom im obersten Kali Gandaki Valley gezogen. Lediglich der japanische Anthropologe Jiro KAWAKITA hielt sich von Juni 1963 bis März 1964 längere Zeit im Sikha Valley auf (KAWAKITA 1974). Neben seinen detaillierten anthropologischen Forschungen machte er auch viele Beobachtungen zur Landnutzung und zu Rutschungen, die einen Einblick in die damalige Situation des Tales vermitteln.

Die hier so ausführlich besprochene Untersuchung der Tatopani-Rutschung (Kap. 6) war im ursprünglichen Konzept der Arbeit nicht vorgesehen. Die Rutschung ging im September 1998 unerwartet während meiner Geländearbeiten im Sikha Valley ab und wurde zu einem sehr guten Beispiel für die aktuelle Rutschungstätigkeit im Arbeitsgebiet.

1.2 Die Studie im Kontext der Hazard- und der Rutschungsforschung

1.2.1 Geographische Hazardforschung

Im letzten Jahrzehnt erreichte das wissenschaftliche und gesellschaftliche Interesse an Naturgefahren mit der von den Vereinten Nationen proklamierten „Internationalen Dekade zur Naturkatastrophenvorbeugung 1990-2000“ (IDNDR)² seinen bisherigen Höhepunkt. In diesem Zeitraum wurden Forschungsaktivitäten, die sich mit dem breiten Spektrum von Naturgefahren befassen, weltweit koordiniert. Im Laufe dieser Dekade erkannte man deutlich, daß trotz aller Bemühungen und Vorbeugemaßnahmen Naturgefahren auch in Zukunft ein erhebliches Gefährdungspotential darstellen werden. Die gegenwärtig stattfindende Klimaänderung (*global climate change*) (PRICE & BARRY 1997, BECKER & BUGMANN 2001) läßt vermuten, daß katastrophale Naturereignisse zukünftig sogar noch häufiger auftreten werden als bisher (vgl. KRAUTER 1994, BERZ 1998, Münchener Rück 1998).

Das Gebirge, eines der von Naturgefahren besonders stark betroffenen sogenannten „*Fragile Ecosystems*“, war 1992 bei der „*United Nations Conference on Environment and Development*“ (UNCED) in Rio de Janeiro („Rio-Konferenz“) erneut eines der wichtigsten Themen („*Chapter 13*“ der „*Agenda 21*“). Das von der Generalversammlung der Vereinten Nationen am 10. November 1998 ausgerufene „*International Year of the Mountains – 2002*“ weist darauf hin, daß die Hochgebirgsökosysteme weiterhin im Zentrum des öffentlichen und wissenschaftlichen Interesses stehen werden. Die Altmeister der Gebirgsforschung, Jack D.

² IDNDR – „*International Decade for Natural Disaster Reduction*“.

IVES und Bruno MESSERLI (2001), zeigen in einem kürzlich erschienenen Aufsatz auf, wie diese UN-Erklärung zustande kam, was sich von einem solchen Jahr erwarten läßt und welche Problembereiche sich für die zukünftige Gebirgsforschung ergeben werden.

Die Geowissenschaften beschäftigen sich mit Naturgefahren als einem ihrer Schwerpunkte erst seit den 1950er Jahren, gewissermaßen dem Anfang der Hazardforschung. Die bisherigen theoretischen Ansätze und Konzepte der Hazardforschung werden ausführlich von Bohle (1994) vorgestellt. Bis in die 1970er Jahre hinein dominierte in der Hazardforschung ein stark (umwelt-)deterministischer Ansatz. Dabei wurden die Urgewalten der Natur für alle Naturkatastrophen verantwortlich gemacht. Die Rolle des Menschen bestand nur darin, die Folgen derartiger Ereignisse zu bewältigen. Erst ab Anfang der 1970er Jahre wurden in den humanökologischen Ansätzen der Mensch und seine Wirtschaftsweisen von dem US-Amerikaner Robert KATES als untrennbar von den natürlichen Faktoren in einem Mensch-Umwelt-System angesehen (KATES 1971, BURTON, KATES & WHITE 1978). Nach Hans-Georg BOHLE (1994) beinhaltet der humanökologische Ansatz der Risikoforschung die Grundthese, daß „Naturkatastrophen Ausdruck von Fehlanpassungen des Menschen an natürliche Gefährdungen“ seien. Physiogeographisch orientierte Studien mit diesem Ansatz stellen die natürlichen Prozeßabläufe sowie Häufigkeit, Intensität u.ä. der Extremereignisse in den Vordergrund, während die Humangeographie in diesem Zusammenhang die Problemfelder Risikowahrnehmung und –bewertung sowie die Anpassung bzw. Anpassungsfähigkeit des Menschen untersucht. Die humanökologische Risikoforschung wird seit den 1980er Jahren zunehmend kritisiert, weil sie weiterreichende sozio-kulturelle und politisch-ökonomische Zusammenhänge zu wenig beachte (HEWITT 1983)³.

In den 1990er Jahren bekam die Hazardforschung mit der oben erwähnten Ausrufung der *International Decade for Natural Disaster Reduction* einen großen internationalen Rahmen. Da viele Naturgefahren auch zerstörerische Sekundärwirkungen haben, eignen sie sich besonders für eine fachübergreifende Forschung (PLATE et al. 1993). Timothy FORSYTH (1998) diskutiert in einem Aufsatz ausführlich, wie naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Ansätze in den Umweltwissenschaften kombiniert werden könnten. In ihrem weit beachteten Sammelwerk „*Regions at Risk*“ haben der US-amerikanische Geograph Roger E. KASPERSON, ein Schüler von R. KATES, und seine Mitautoren (KASPERSON et al. 1995) eine sehr fundierte Darstellung des konzeptionellen Rahmens der Hazardforschung aus ökologischer Sicht gegeben. Das nepalische Bergland wurde für das Sammelwerk als eine von neun Regionen ausgewählt, in denen sich eine besonders große Bandbreite von ökologischen und politisch-ökonomischen Bedingungen untersuchen läßt (vgl. Mitautor N.S. JODHA in KASPERSON et al. 1995).

³ Zit. in BOHLE (1994, p. 400).

Die Geographie erlaubt aufgrund ihres breiten Spektrums, die naturwissenschaftliche mit der sozialwissenschaftlichen Perspektive der Naturgefahren in der Risikoforschung zu vereinen. Als das Risiko (*risk*) wird die Wahrscheinlichkeit bezeichnet, daß eine Naturkatastrophe eintritt. Der geowissenschaftliche Ansatz beschäftigt sich mit den Naturgefahren (*natural hazards*) selbst und ihren Ursachen in bestimmten naturräumlich definierten Regionen. Da eine Naturgefahr erst zu einem Hazard wird, wenn sie Menschen bedroht, ist die anthropogene Komponente genauso wichtig. Es stellt sich vorrangig die Frage, welche Menschen oder welche gesellschaftlichen bzw. ethnischen Gruppen in welchen Regionen von den Gefahren bedroht werden. Darüber entscheiden jedoch nicht mehr natürliche, sondern sozio-kulturelle und politisch-ökonomische Faktoren. Mit diesen befaßt sich das Konzept der „Verwundbarkeit“, der „*vulnerability*“, ein zentraler Begriff der geographischen Risikoforschung (BOHLE 1994). Mit sozialwissenschaftlichen Perspektiven geographischer Risikoforschung beschäftigt sich v.a. BOHLE (1994, 1997 und 2001). Er betont die Wichtigkeit einer systematischen Analyse sozialer und regionaler Verwundbarkeit⁴.

Nach CHAMBERS (1989), der sich am ausführlichsten mit der Verwundbarkeit befaßte, lassen sich drei grundlegende Dimensionen der Verwundbarkeit unterscheiden (zitiert nach BOHLE 1994, p. 401):

- „das Risiko einer Streßsituation (...) ausgesetzt zu werden („Risikoträchtigkeit“);
- das Risiko, einem Streßereignis keine geeigneten „Bewältigungsstrategien“ entgegenzusetzen zu können;
- das Risiko, daß der Streß gravierende negative Folgewirkungen für die betroffenen Bevölkerungsgruppen und Regionen mit sich bringt, und das Risiko, daß sich die betroffene Gesellschaft nur schwer oder langsam davon erholen kann“ (CHAMBERS 1989, p. 1).

Es stellt sich dabei die Frage, wann man von einer Krise bzw. einer Katastrophe sprechen kann. In einem Arbeitspapier der deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ): „Entwicklungsorientierte Nothilfe“ heißt es:

„Krise: Die Eskalation von gesellschaftlichen Auseinandersetzungen, die mit bestehenden Lösungsansätzen nicht mehr zu bewältigen ist“ (GTZ 1998, p. 8).

„Katastrophe: Die Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft wird durch ein Ereignis, das hohe menschliche, materielle oder ökologische Verluste nach sich zieht, untergraben oder zerstört. Auslöser sind natürliche bzw. von Menschen verursachte Faktoren“ (GTZ 1998, p. 8).

⁴ Zu Ansätzen der geographischen Risikoforschung und zum Konzept der Verwundbarkeit siehe BOHLE (1994).

KASPERSON et al. (1995) sprechen in diesem Zusammenhang von „environmental criticality“ und schließen in ihrer Definition die Reaktionsmöglichkeiten der Betroffenen ein:

„Environmental criticality refers to situations in which the extent and / or rate of environmental degradation preclude the continuation of current human-use systems or levels of human well-being, given feasible adaptations and societal capabilities to respond“ (KASPERSON et al. 1995, p. 25).

Bei den Betroffenen kann es sich um Einzelpersonen, um Einzelhaushalte, aber auch um ganze Gesellschaften handeln. Das Konzept der Verwundbarkeit (*vulnerability*) wurde bislang am ausführlichsten im Rahmen der Beschäftigung mit Hungerkrisen und Ernährungssicherung angewandt (CHAMBERS 1989, BOHLE, DOWNING, FIELD & IBRAHIM 1993, BOHLE 1994, 1995).

Um den „*human factor*“ in der Hazardforschung zu präzisieren, fordern der britische Geograph Piers BLAIKIE und seine Ko-Autoren (BLAIKIE et al. 1994)⁵ daß:

“the risk faced by people must be considered as a complex combination of vulnerability and hazard. Disasters are the result of the interaction of both, there is no risk if there are hazards but vulnerability is nil, or if there is a vulnerability but no hazard event“ (BLAIKIE et al. 1994, p. 21).

Folglich findet sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, aus der Sicht der Sozialwissenschaftler, bei Naturgefahren stets eine anthropogene Komponente, die unterschiedlich stark am Geschehen beteiligt ist. BLAIKIE et al. (1994) sehen „*natural disasters*“ nur als einen möglichen Auslöser von Problemen an, die letztlich soziale oder politische Ursachen haben.

Gefahren, die der Mensch nicht selbst ausgelöst hat, und deren Auftreten er auch nicht beeinflussen kann, werden in der vorliegenden Studie (reine) „Naturgefahren“ (*natural hazards*) genannt. Hat der Mensch durch seine Aktivitäten ein Naturereignis ausgelöst oder dessen Ausmaß vergrößert, spricht man von einer anthropogenen, bzw. einer „*man-made*-Gefahr“ (*man-made hazard*), auch dann, wenn die Aktivitäten in unsachgemäßen vorbeugenden Maßnahmen gegen eben diese Gefahr bestanden. Zu den *man-made* Gefahren gehören auch die sogenannten „technologischen Gefahren“ (*technological hazards*), wie z.B. Staudammunglücke oder Flugzeugabstürze. Solche Gefahren nehmen mit fortschreitendem Ausbau der Infrastruktur auch in den Entwicklungsländern schnell zu, sind jedoch nicht Thema der vorliegenden Studie (zu *technological hazards* in Gebirgen vgl. v.a. HEWITT 1997).

⁵ BLAIKIE et al. (1994) = BLAIKIE, CANNON, DAVIES & WISNER (1994).

Zu den „reinen“ Naturgefahren zählen Vulkanausbrüche, Erdbeben, Tsunamis und viele meteorologische Gefahren wie Dürre, Stürme, Zyklone, Tornados, usw. Überflutungen infolge von starken und andauernden Regenfällen z.B. müssen dagegen nicht in jedem Falle für den Menschen bedrohlich werden, auch wenn sie in dicht besiedelten Gebieten stattfinden. Wenn aber die Flüsse reguliert sind, die Geländeoberfläche versiegelt ist und die traditionellen Überflutungsbereiche überbaut sind, dann kann ein ansonsten harmloses Naturereignis zu einer *man-made*-Gefahr oder gar zu einer zerstörerischen *man-made*-Katastrophe werden.

1.2.2 Rutschungsforschung

Rutschungen gehören zu Naturgefahren, die in der Physischen Geographie und in den geologischen Wissenschaften⁶ oft als „*Geo-hazards*“, *natural and man-made*, (vgl. MCCALL, LAMING & SCOTT 1992) oder *geological hazards* (vgl. REYNOLDS 1992) bezeichnet werden. Gegenwärtig rücken Rutschungen immer mehr ins Blickfeld der weltweiten Forschung über Gebirge. Dies liegt einerseits an den steigenden Opferzahlen und materiellen Schäden, andererseits an zunehmend umfangreicher Berichterstattung auch über kleinere Ereignisse in entlegenen Regionen der Welt. Die Hazardforschung hat bisher Rutschungen im Verhältnis zu anderen Naturgefahren vernachlässigt. Vulkanausbrüche, Erdbeben, Wirbelstürme oder großflächige Überflutungen sind meist spektakulärer und verursachen oftmals schon bei einzelnen Ereignissen sehr viele Todesopfer und beträchtliche Schäden. In vielen dieser Fälle sind auch Rutschungen als Sekundärereignisse am Geschehen beteiligt.

Die umfassendste Darstellung zu Rutschungen leistet der neu aufgelegte und völlig überarbeitete *Special Report* des US-amerikanischen *Transportation Research Board* (TURNER & SCHUSTER 1996). Eine weltweite Übersicht über das Auftreten von Rutschungen geben BRABB et al. (1989), DIKAU et al. (1996). Rutschungen als ein entscheidender Faktor der Hangentwicklung werden von BRUNSDEN & PRIOR (1984) sowie SELBY (1993) dargestellt. Eine zusammenfassende Darstellung zu Rutschungen und ihren Faktoren aus theoretischer und angewandter ingenieurgeologischer Sicht hat KRAUTER (1995) mit der Neuauflage der „*Phänomenologie natürlicher Böschungen (Hänge) und ihrer Massenbewegungen*“ veröffentlicht. Die Ingenieurgeologie befaßt sich v.a. mit dem Erkennen von Rutschungsgebieten, der Ermittlung ihrer Ursachen sowie mit der Beurteilung des Rutschungsrisikos. Sie macht darüber hinaus Vorschläge, wie Rutschungen saniert werden können (PRINZ 1997, p. 276).

⁶ Zu den geologischen Wissenschaften zählen: Geologie, Geophysik, Mineralogie, Petrologie und Geochemie (JACOBSHAGEN et al. 2000).

In Nepal spielen Rutschungen eine herausragende Rolle. Das in Kathmandu ansässige „*International Centre for Integrated Mountain Development*“ (ICIMOD) koordiniert den größeren Teil der Projekte, die sich mit Rutschungen befassen. 1994 startete ICIMOD ein Programm über "*Landslide Hazard Management and Control*". ICIMOD hat seitdem einige Übersichtsarbeiten herausgegeben, die nach Ländern getrennt diese Problematik skizzieren. Hazard Management bei Rutschungen in China beschrieb LI TIANCHI (1996), in Indien THAKUR (1996) und in Pakistan MALIK & FAROOQ (1996). Die erste Zusammenfassung zu Rutschungen in Nepal gibt SHARMA (1976). Den ausführlichsten Überblick über bisherige Arbeiten zu Rutschungen in Nepal, auch lokale Studien, geben UPRETI & DHITAL (1996).

Das 1999 von der *Nepal Geological Society* (NGS) in Kathmandu durchgeführte "*International Symposium on Engineering Geology, Hydrology, and Natural Disasters with Emphasis on Asia*" erlaubte einen großen Überblick über den Stand der Forschung zum Himalaya und zu den Naturgefahren (NGS 2000).

Nepal, das zu den ärmsten Entwicklungsländern der Erde gehört, ist extrem gebirgig. Die in den 1970er Jahren entwickelte, von IVES & MESSERLI (1989) so bezeichnete „*Theory of Himalayan Environmental Degradation*“, postulierte für Nepal eine „*supercrisis*“. Diese „*Theory*“ basierte auf folgenden Annahmen⁷: Eine rapide wachsende Bevölkerung hat einen erheblich gestiegenen Bedarf an Ackerflächen und Holz (Brenn- und Bauholz sowie Futterbäume) zur Folge. Dieser gestiegene Bedarf führt zur raschen Waldvernichtung. Infolge der obengenannten klimatischen und geologischen Bedingungen kommt es zum katastrophalen Ansteigen von Rutschungen und Bodenerosion. Das wiederum führt zum Verlust von produktivem Boden im Gebirge. Die dadurch erhöhte Sedimentfracht der Flüsse bewirkt eine Erhöhung der Flußbetten. Diese resultiert in häufiger Verlagerung der Flußläufe und löst damit großflächige Überflutungen im Vorland aus. Der infolgedessen beschleunigte Verlust landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Produktionsflächen initiiert dann den nächsten Zyklus von Neulandgewinnung und Waldzerstörung. Da Millionen von Menschen in den alluvialen Ebenen des Himalayavorlandes leben, müßte die dort vorhergesagte Umweltzerstörung die Form einer „*environmental supercrisis and collapse*“ erreichen (IVES & MESSERLI 1989, p. xvii). Diese „*Theory*“ hielt schließlich einer kritischen, auf empirischen Forschungen basierenden Überprüfung nicht stand (v.a. THOMPSON et al. 1986; IVES & MESSERLI 1989). Man hatte von im Vorland des Himalaya abgehenden Vorgängen auf vermutete Aktivitäten der „ignoranten“ Bergbauern v.a. im Nepal-Himalaya geschlossen, wo massive Entwaldung in allen Höhenstufen stattgefunden haben sollte. Es hat sich aber gezeigt, daß auch in einer intensiv genutzten Kulturlandschaft wie dem nepalischen Bergland, wo sorgfältig angelegte Ackerterrassen vielerorts die ursprüngliche Vegetation völlig ersetzt haben, keine nennenswerte Zunahme der Bodenerosion und der Rutschungsaktivität erfolgte (vgl. IVES & MESSERLI 1989, 2001).

⁷ Hier zusammengefaßt nach IVES & MESSERLI (1989).

Rutschungen werden in der vorliegenden Studie zwar zu den Naturgefahren gerechnet, müßten aber aufgrund meiner Erfahrungen in Nepal eine differenziertere Position bekommen und dürfen nicht vorbehaltlos unter der Überschrift „Gefahren“ behandelt werden (vgl. Kap. 7). Ich behalte jedoch den Begriff „Naturgefahr(en)“ bei, weil dieser weit verbreitet und in die Literatur eingegangen ist. In geologisch jungen Gebirgen ist das Auftreten von Rutschungen ein häufiges und „normales“ Naturphänomen. AULITZKI (1986) und ÖROK⁸ (1986) bezeichnen die extremen meteorologischen, hydrologischen und geomorphologischen Naturereignisse in den Alpen gar als eine "Landschaftskonstante"⁹.

1.3 Fragestellung und Zielsetzung der Arbeit

In der vorliegenden Studie sollen die komplexen Zusammenhänge erklärt werden, die zwischen den wirtschaftlichen Aktivitäten der lokalen Bevölkerung, welche im nepalischen Himalaya hauptsächlich landwirtschaftlicher Art sind, und den sehr dynamischen natürlichen Prozessen der Rutschungen bestehen. Rutschungen haben räumlich wie auch zeitlich viel weitreichendere Folgen, als es der Einfluß (*impact*) eines einzelnen solchen Ereignisses auf seine unmittelbare Umgebung vermuten läßt. Der nepalische Himalaya ist zwar wegen seiner morphologischen, geologischen und klimatischen Gegebenheiten (siehe Kap. 1.6 und 3.2) um mit KIENHOLZ et al. (1984a, p. 55) zu sprechen „generell labil“. Da aber der Ackerbau auf terrassierten Hängen in der Regel sorgfältig durchgeführt wird, kann dieses „*Fragile Ecosystem*“ (UNCED 1992, vgl. Kap. 1.2.1) dennoch eine große Bevölkerungsdichte verkraften, besitzt also eine hohe Tragfähigkeit. Es ergeben sich dort allerdings natürliche und zunehmend auch von Menschen verursachte Instabilitäten. Diese beeinträchtigen nicht nur die Situation im Hochgebirge selbst, sondern auch in dessen Vorland.

Alle Naturräume des Himalaya sind im Laufe der Jahrhunderte durch den wirtschaftenden Menschen bereits stark verändert worden. Etwa die Hälfte der nepalischen Bevölkerung lebt heute noch in dem dicht besiedelten Bergland¹⁰, in dem es zur Landwirtschaft kaum Alternativen gibt. In diesem Gebiet stellt sich jedoch sofort die Frage nach den Gefahren durch Rutschungen, Monsunregen und Erdbeben; denn überall sind Abrißrisiken von Rutschungen, Murkegel und Spuren von Überflutungen inmitten dicht besiedelter Gebiete zu erkennen. Dieser scheinbare Widerspruch zwischen der hohen Bevölkerungsdichte und den vielen Naturgefahren in demselben Gebiet sollte untersucht werden.

⁸ ÖROK - Österreichische Raumordnungskonferenz.

⁹ zitiert bei KERSCHNER (1995, p. 46).

¹⁰ Zu naturräumlichen Einheiten Nepals siehe Kap. 1.5.2.

Rutschungen sind die größte natürliche Gefahr für die Landwirtschaft in Nepal, weil sie in vielerlei Hinsicht zu Verlusten an produktivem Boden (*topsoil*) führen. Die Rutschungen und die ihnen oft folgenden Überflutungen in den dicht besiedelten Tälern fordern in Nepal jährlich, nicht nur in Katastrophenjahren, Hunderte von Todesopfern und verursachen große materielle Schäden (vgl. Kap. 1.7). Durch vorbeugende Maßnahmen ließen sich die Zahl der Todesopfer und das Ausmaß der Sachschäden einschränken. Allerdings ist dafür eine genaue Kenntnis des Ursachen-Wirkungs-Gefüges Voraussetzung. Welche Rolle dabei der anthropogene Einfluß, der „*human impact*“, spielt, also die Veränderung der natürlichen Rahmenbedingungen durch den wirtschaftenden Menschen, ist eine der wichtigen Fragen, die in der vorliegenden Arbeit beantwortet werden soll.

Nach Geländevorerkundungen im Frühjahr des Jahres 1997 wurden folgende Arbeitshypothesen aufgestellt:

- 1) Entgegen der vorherrschenden Meinung sind die meisten Rutschungen im Arbeitsgebiet durch natürliche Faktoren verursacht und ausgelöst worden.
- 2) Das Auftreten zahlreicher Rutschungen stellt nicht zwangsläufig eine Krisensituation dar, denn Rutschungen können auch in die Nutzung des betroffenen Raumes integriert werden. Ein Hinweis darauf ist die trotz sehr vieler Rutschungen hohe Dichte einer vergleichsweise wohlhabenden ländlichen Bevölkerung im Arbeitsgebiet.

Ausgehend von diesen Hypothesen verfolgt der vorliegende Beitrag zur Hazardforschung folgende Ziele:

- Es soll eine differenziertere Auffassung über Rutschungen vorgestellt werden, die letztere als integrales Element der Kulturlandschaft ansieht. Da Rutschungsflächen im Arbeitsgebiet ein beträchtliches Areal einnehmen, soll untersucht werden, ob sie sich in die Landnutzung einbeziehen lassen.
- Es soll eine Analyse der Ursachen und Auswirkungen der Rutschungen vorgenommen werden.
- Es soll untersucht werden, inwiefern die Rutschungen an der Degradation der Landschaft beteiligt sind.
- Es soll untersucht werden, ob das häufige Auftreten von Rutschungen zu einer Krisensituation¹¹ in dem dynamischen Ökosystem des Arbeitsgebietes führt.
- Es soll unter Berücksichtigung der Perspektive der Bergbauern die Rolle der Rutschungen in ihrem täglichen Leben verdeutlicht werden.
- Es sollen die bisherigen Wandlungen der Kulturlandschaft und Tendenzen der zukünftigen Entwicklung dargelegt werden.

¹¹ Begriffserklärung siehe Kap. 1.2.1.

1.4 Forschungsansatz

Rutschungen sind vornehmlich Gegenstand der natur- und der ingenieurwissenschaftlichen Forschung (vgl. KRAUTER 1995, TURNER & SCHUSTER 1996). Dabei wurde bislang hauptsächlich die Mechanik der Hangbewegungen sowie die Hangstabilität beim Ausbau oder bei der Instandhaltung der Infrastruktur u.ä. erforscht. Die vorliegende Untersuchung geht dagegen von einem interdisziplinären geowissenschaftlichen Ansatz aus. Primär wird aus der Sicht der Physischen Geographie argumentiert. Ich möchte dabei aber die Relevanz der Rutschungen auch für humangeographische Probleme deutlich machen. Die Rutschungen haben insofern weitreichende soziale und ökonomische Auswirkungen, als eine große Bevölkerungszahl im untersuchten Teil des nepalischen Berglandes von diesen Naturgefahren betroffen ist. Vorrangig habe ich mich mit der Frage der Kausalität beschäftigt, darüber hinaus erstrecken sich meine Untersuchungen auf die Reaktion der Bergbauern auf Rutschungen, deren Aspekte hier allerdings nicht gleichgewichtig behandelt werden sollen wie etwa die geologischen. Es handelt sich um eine problemorientierte Studie, in deren Mittelpunkt eine umfassende Bewertung der Rutschungen als einem der wichtigsten Umweltfaktoren im zentralen Bergland Nepals steht.

In der vorliegenden Arbeit soll am Beispiel der Hazardforschung eine Verbindung von Naturwissenschaften (Physiogeographie, Geologie, Ingenieurgeologie) und Sozialwissenschaften (v.a. Humangeographie) hergestellt werden. Dieser Forschungsansatz berücksichtigt weiterhin geoökologische Aspekte sowie die aktuelle geographische Entwicklungsforschung. Nur ein solcher interdisziplinärer Ansatz kann meiner Auffassung nach dem Thema Rutschungen gerecht werden, denn entwicklungsrelevante Umweltthemen im Himalaya können nicht bearbeitet werden, ohne zugleich die sozio-kulturellen und sozio-ökonomischen Aspekte mitzuberechnen. Andererseits kann eine Studie nicht vollständig sein, wenn sie nur die sozialen Konflikte untersucht und die Wechselwirkungen menschlicher Aktivitäten mit der Umwelt außer Betracht läßt. Die Notwendigkeit einer Verbindung von Natur- und Sozialwissenschaften leitet sich aus der Erfahrung ab, daß aus einem Naturereignis erst dann eine Naturgefahr wird, wenn es den menschlichen Siedlungs- und Wirtschaftsraum schädigt (vgl. Kap. 1.2.1).

Am Beispiel der bereits erwähnten, in den 1970er Jahren entwickelten „*Theory of Himalayan Environmental Degradation*“ wurde besonders deutlich, daß erst eine eingehende, auf empirischen Forschungen basierende Überprüfung, die naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Ansätze in den Umweltwissenschaften kombiniert, manche langlebigen sogenannten „Umweltmythen“ widerlegen kann (v.a. THOMPSON et al. 1986, IVES & MESSERLI 1989, MÜLLER-BÖKER 1997). FORSYTH (1998), der dies ausführlich diskutiert, stellt fest:

„(...) that integrating natural und social environmental science is essential in order to avoid accepting environmental „myths“ uncritically“ (FORSYTH 1998, p.107).

Ein solcher „Mythos“ ist z.B. die Meinung, daß Rutschungen nur zerstörerische Wirkungen hätten. Auf die positiven Aspekte von Rutschungen wird ausführlich im Kapitel 7 eingegangen.

1.5 Der Naturraum „Nepal-Himalaya“

1.5.1 Allgemeine Charakterisierung

Nepal befindet sich im zentralen Bereich des Himalaya-Gebirgsbogens und nimmt mit einer Ost-West-Erstreckung von ca. 800 km etwa ein Drittel davon ein. Im Osten wird Nepal durch das Kangchenjunga-Massiv (8.586 m), im Westen durch den Mahakali Fluß begrenzt. Die Morphologie Nepals wird durch die Kette des Hochhimalaya bestimmt. Diese bildet in den östlichen Landesteilen die Grenze zu Tibet. In Zentral- und Westnepal verläuft der Hochhimalaya innerhalb des Landes, so im Bereich der über 8.000 m hohen Massive des Manaslu- (8.163 m), Annapurna- (8.091 m) und des Dhaulagiri-Himal (8.167 m). Der Hochhimalaya bildet die Klimascheide zwischen dem monsungeprägten Südasien und den Hochplateaus Zentralasiens mit ihrem ausgesprochen kontinentalen Klima. Damit trennt er das in großen Teilen über 4.000 m ü. NN gelegene Tibet-Plateau von der kaum über 50 m ü. NN gelegenen Gangesebene.

Wichtig ist, daß die Klimascheide des Hochhimalaya nicht mit der Wasserscheide gleichzusetzen ist. Vielmehr entspringen alle wichtigen Flüsse Nepals (Karnali, Kali Gandaki, Bhote Kosi, Sun Kosi, Arun) nördlich der Hauptkette und brechen nach Süden durch. Dies gilt ebenso für die größten Flüsse im Himalaya außerhalb Nepals (Indus, Sutlej, Ganges, Brahmaputra). Diese Flußtäler waren schon immer wichtige Verkehrswege im sonst unwegsamen Gebirgsraum zwischen Indien und Tibet. Die Flüsse, im Norden durch Schnee- und Gletscherschmelze gespeist, fließen im Bereich des Tibetischen Himalaya und des Hochhimalaya in hochgelegenen Tälern. Zum Bergland hin überwinden sie einen steilen Geländesprung, um dort wieder mit mäßigem Gefälle weiterzufließen. Der Durchbruch durch die Mahabharat Kette und durch die Siwaliks erfolgt wieder mit steilem Gefälle. Beim Austritt ins Terai werden dann häufig weite Landesteile überflutet.

1.5.2 Grundzüge der naturräumlichen Einheiten Nepals

Bevor die Naturgefahren im nepalischen Himalaya näher untersucht werden (Kap. 1.6) soll ein kurzer Überblick über die wichtigsten naturräumlichen Einheiten Nepals gegeben werden. Hierbei richte ich mich nach den gängigen Einteilungen, die alle im wesentlichen auf die umfassende Beschreibung der Landesnatur Nepals durch den Schweizer Forscher Toni HAGEN (1960) zurückgehen. Alle Einheiten erstrecken sich von Ost nach West über die gesamte Länge des Landes. In dieser Arbeit werden sie mit ihrer Abfolge von Süd nach Nord beschrieben.

Terai

Das Terai ist der nördliche Teil der Gangesebene. Der in Nepal liegende Teil des Terai ist nur zwischen 10 und 50 km breit und lediglich zwischen 60 und 200 m ü. NN hoch gelegen. Alluviale Schwemmfächer kennzeichnen den nördlichen Streifen (Bhabar-Zone), südlich daran schließen sich das flachwellige, mittlere Terai und das ebene südliche Terai entlang der indischen Grenze an. Überaus fruchtbare, jedoch von häufigen Überflutungen betroffene alluviale Flußterrassen und -auen prägen das Terai. Seit es im Zuge der Malariabekämpfung nach 1950 bis auf wenige geschützte Fallaubwälder (Salwälder¹²) entwaldet wurde, ist es inzwischen fast vollständig unter Kultur genommen.

Siwaliks¹³

Die Siwaliks sind die südlichsten Ausläufer des Himalaya. Dabei handelt es sich um am nördlichen Rand der Gangesebene steil nach Norden aufragende, sich von Ost nach West erstreckende Molasse-Ketten mit Höhen von 900 bis 1.500 m ü. NN. Die Sohlen der tiefen, langgezogenen Täler, die oft nur knapp über 100 m ü. NN liegen, bestehen aus sandigen, alluvialen Ablagerungen. Diese Täler werden extensiv genutzt, sind aber inzwischen so dicht besiedelt, daß in den letzten Jahrzehnten Überweidung zur Degradation von Wald- und Weideflächen geführt hat. Zahlreiche aktive Einschneidungen und Gullies verändern rasch das aktuelle Landschaftsbild in den Siwaliks und führen so zu ausgedehnten *badland*-Landschaften. Die Siwaliks stellen deshalb seit jeher einen Ungunstraum für Siedlungen und Landwirtschaft dar.

¹² Sal – *Shorea robusta*.

¹³ In Nepal werden sie oft *Churia Hills* genannt.

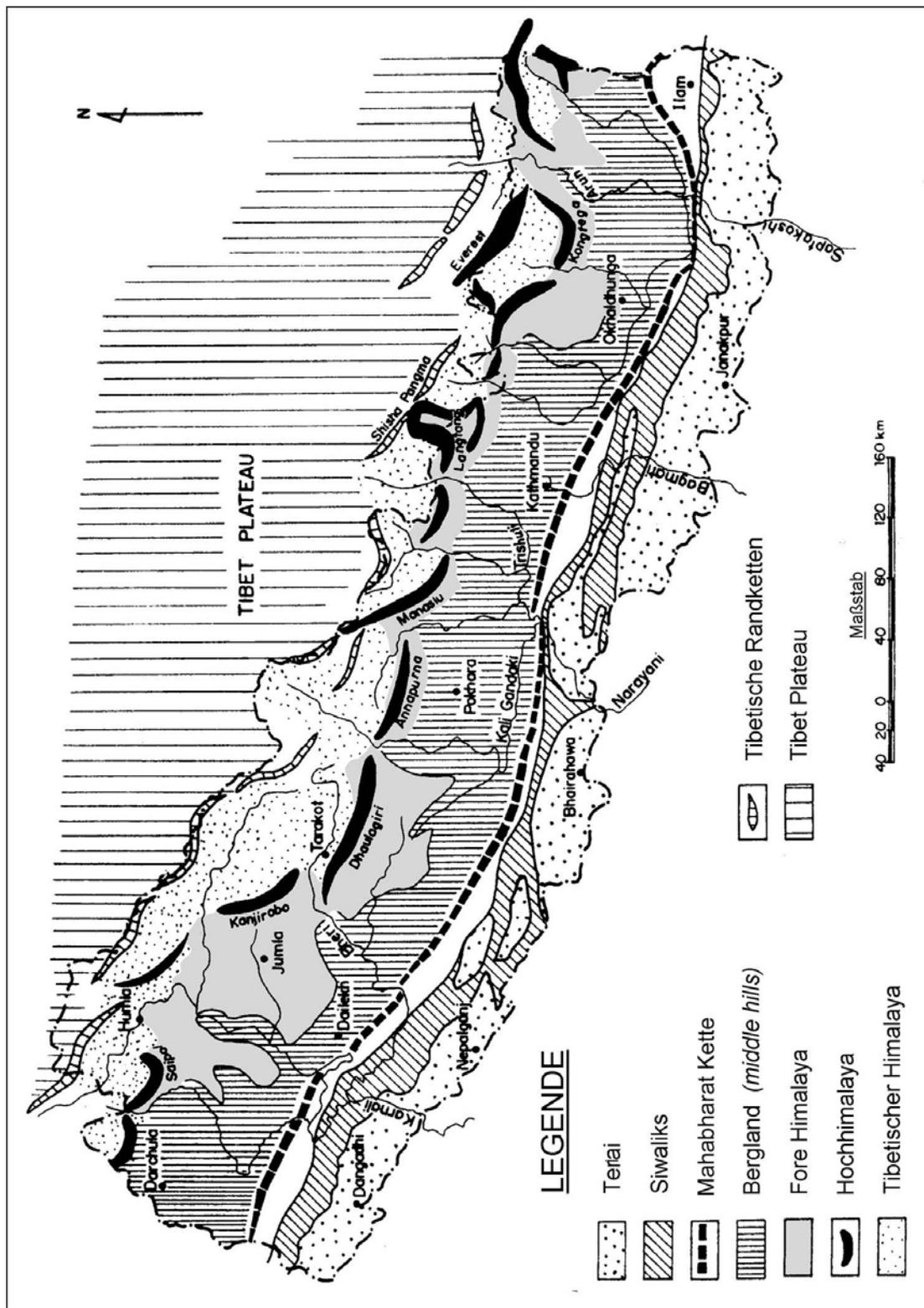


Fig. 2: Naturräumliche Einheiten Nepals.

Verändert nach HAGEN (1980) und UPRETI & DHITAL (1996);

Entwurf: P.Ottinger, Kartographie: N. Harm.

Mahabharat Kette¹⁴ (*Mahabharat Range*)

Die sich an die Siwaliks nördlich anschließende, bis 3.000 m hohe Mahabharat Kette durchzieht das ganze Land von Ost nach West. Sie unterscheidet sich mit ihren steilen Südhängen und den schroffen Graten deutlich von den wesentlich niedrigeren Siwaliks im Süden und den Tälern des Berglandes im Norden. Sie bildet somit eine erste Klimascheide für die aus südöstlichen Richtungen kommenden Monsunniederschläge. Unterbrochen wird die Mahabharat Range nur von den großen Flüssen, die auch den Hochhimalaya entwässern. Die sanft abfallenden Nordhänge der Kette sind dicht besiedelt und werden, außer durch Ackerbau, auch weidewirtschaftlich genutzt.

Bergland (*middle hills, midlands*)

Auf 60 km Breite erstrecken sich, zwischen der Mahabharat Kette und dem Hochhimalaya, die Berge und Täler des nepalischen Berglandes mit Höhen von 200 bis 3.000 m ü. NN, stellenweise sogar bis knapp über 4.000 m ü. NN (vgl. Kap. 3.2.1.2). Das Bergland ist die größte naturräumliche Einheit Nepals und nimmt etwa ein Drittel der Landesfläche ein. Es wird von einem Netz größerer von Nord nach Süd fließender Flüsse und ihren in der Regel von West nach Ost bzw. Ost nach West verlaufenden Nebenflüssen entwässert. Diese sind gezwungen, an der Mahabharat Range umzubiegen, und folgen dem Verlauf der Kette bis zum nächsten Durchbruch. Die Täler mit ihren Flußterrassen und Schwemmkegeln sind dicht besiedelt und eignen sich für Naßreisbau. Das gilt auch für einige der Terrassenhänge mit fruchtbaren kolluvialen oder stark verwitterten Böden. In den höheren Hangbereichen über ca. 1.500 m ü. NN herrscht dagegen über weite Strecken Trockenfeldbau vor. Innerhalb des Berglandes liegen wichtige Täler, intramontane Einbruchsbecken¹⁵. Dort befinden sich die wichtigsten Siedlungs- und Wirtschaftskernräume des Nepal-Himalaya, z.B. das Kathmandu Valley und das Pokhara Valley (Foto 29).

Die im Englischen gebräuchliche Bezeichnung für „Bergland“ „*middle hills*“ bzw. „*midlands*“ ist irreführend, da diese "*hills*" stellenweise Höhen von über 4.000 m ü. NN erreichen und sehr wohl Gebirgscharakter besitzen. Einzelne dieser „*hills*“ werden allerdings auch im Nepalesischen als „*danda*“, also „Hügel“ bzw. „Bergrücken“ bezeichnet; das ganze Bergland wird dann „*pahar*“ genannt. Die Bezeichnung „*himal*“ wird in Nepal nur für permanent schneebedeckte Berge benutzt, d.h. solche, die die Höhe von 4.000 m deutlich überschreiten.

Fore Himalaya

HAGEN (1969)¹⁶ hat eine zusätzliche naturräumliche Einheit in Nepal zwischen dem Bergland und dem Hochhimalaya ausgegliedert, die allerdings nicht durchgehend von Ost nach West

¹⁴ Der - selten benutzte - nepalische Name ist *Mahabharat Lekh*.

¹⁵ Zur Geologie des Berglandes siehe Kap. 3.2.1.3.

¹⁶ zit. bei UPRETI & DHITAL (1996).

vertreten ist (vgl. Fig. 2). Zum Fore Himalaya gehört v.a. das Solokhumbu in Ostnepal und die Gebiete um Dhorpatan und Jumla in Westnepal. Gewöhnlich werden diese Regionen aber zum Bergland gerechnet.

Hochhimalaya (*High* bzw. *Great Himalaya*)

Nach Norden schließen sich die schneebedeckten Gipfel des Hochhimalaya an. Hier findet sich neben dem höchsten Berg der Welt, dem Mount Everest (8.850 m), die weltweit größte Anzahl von 7.000er und 8.000er Gipfeln. So liegen acht der vierzehn 8.000er Gipfel und zahlreiche 7.000er Gipfel auf nepalischem Gebiet. Diese gewaltigen Gebirgsmassive stellen eine ausgeprägte Klimascheide dar. Der Hochhimalaya wird von großen Flüssen in antezedenten Durchbrüchen gequert. Diese bilden zahlreiche, besonders tiefe Schluchten, wie z.B. die Kali Gandaki-Schlucht in Zentralnepal, die z.T. zum Arbeitsgebiet gehört. Große Quertäler gliedern den Hochhimalaya in einzelne Massive, in denen sich die weltweit größten Reliefunterschiede ergeben. Die Hauptketten verlaufen von Ost nach West, von Südsüdost nach Nordnordwest oder von Südost nach Nordwest und weisen schroffe, felsige Grate und Gipfel, steile Abstürze und tief eingeschnittene Täler auf. Große Teile des Hochhimalaya sind von Gletschern oder ewigem Schnee bedeckt. Entsprechend den natürlichen Bedingungen, v.a. durch große Höhen und den Mangel an Ackerland, ist die Hochgebirgszone nur sehr dünn besiedelt.

Tibetischer Himalaya

Nördlich, im Regenschatten der höchsten Massive des Hochhimalaya und südlich der tibetischen Randketten, liegen die semiariden innerhimalayischen Täler und Bergketten des Tibetischen Himalaya. Die dortigen klimatischen und morphologischen Bedingungen ähneln denen des sich nördlich der tibetischen Randketten anschließenden Tibet Plateau. Die Niederschläge konzentrieren sich in diesem Gebiet an den Berghängen und lassen dort immerhin Nadelwald wachsen, der zusätzlich aus Nebelniederschlag gespeist wird. Die hochgelegenen Talböden bekommen jedoch mit nur rund 250 mm pro Jahr kaum noch etwas von diesen Niederschlägen ab¹⁷. SCHWEINFURTH (1957) nennt diese Hochtäler folglich „klimatische Trockentäler“. Dort ist lediglich eine Bewässerungslandwirtschaft möglich. Im Tibetischen Himalaya liegen auch die höchsten Siedlungen Nepals – so z.B. das Dorf Tinkyu (4.200 m) in der Dolpo-Region (KLEINERT 1983).

¹⁷ Die Station Jomosom am oberen Kali Gandaki z.B. bekam im Zeitraum 1958 – 2000 einen mittleren Jahresniederschlag von 263 mm (DHM 2001).

1.6 Naturgefahren im Nepal-Himalaya

Bei jeder Untersuchung, die in einer Gebirgsregion durchgeführt wird, ergibt sich die Frage nach den spezifischen Schwierigkeiten, mit denen das Gebirge den wirtschaftenden Menschen konfrontiert. Bevor zum Arbeitsgebiet übergegangen wird, wird hier der Versuch vorgestellt, die Naturgefahren landesweit zu erfassen.

In Nepal treten aufgrund der speziellen geologischen, klimatischen und morphologischen Situation vielfältige Naturgefahren auf, die ihre Auswirkungen auch gegenseitig verstärken können. Diese wirken sich in den beschriebenen naturräumlichen Einheiten (siehe Kap. 1.5.2) auf sehr unterschiedliche Art und Weise aus. Das Risikopotential dieser Naturgefahren hängt hauptsächlich von ihrer Intensität, von ihrer Frequenz und von ihrer Reichweite ab. Aufgrund dieser drei Kriterien wird hier der Versuch unternommen, anhand von zwei Tabellen einen Überblick über das Auftreten von Naturgefahren in den naturräumlichen Großeinheiten Nepals zu geben (Fig. 3 und Fig. 4). Ich stütze mich dabei auf eigene Geländebeobachtungen und Feldforschungen, die durch Quellenstudien ergänzt werden.

| Naturräumliche Einheiten | Naturgefahren | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------------|---------------|---------------|-------|-------|----------------|
| | Rutschungen | Erdbeben | Starkregen-ereignisse | Überflutungen | Boden-erosion | GLOFs | Dürre | "Kälte-wellen" |
| Terai | + | + | ++ | ++ | + | | o | o |
| Siwaliks | ++ | + | ++ | ++ | ++ | | | |
| Mahabharat K. | ++ | + | ++ | + | ++ | | | |
| Bergland | ++ | + | ++ | + | ++ | + | | |
| Hochhimalaya | + | + | + | o | + | + | | |
| Tib. Himalaya | o | o | o | | + | + | o | |

Legende (Das Bergland ist markiert. Dort liegt das Arbeitsgebiet der vorliegenden Studie):

- ++ - Gefahr sehr hoch, jährlich auftretend
- + - Gefahr hoch bis sehr hoch, episodisch auftretend
- o - Gefahr mäßig, episodisch auftretend
- ohne Signatur – keine Gefahr

Fig. 3: Auftreten von Naturgefahren in naturräumlichen Großeinheiten Nepals
(Entwurf und Graphik: P. Ottinger).

In Fig. 4 werden die einzelnen Naturgefahren nach ihrer Reichweite (lokal bzw. regional) und nach der Art ihres Auftretens (*high intensity / low frequency*, bzw. *low intensity / high frequency*) eingeteilt.

| Kriterien | Rutschungen | Erdbeben | Starkregen- ereignisse | Überflu- tungen | Boden- erosion | GLOFs | Dürre ^{a)} | "Kälte- wellen" ^{b)} |
|----------------|-------------|----------|---------------------------|--------------------|-------------------|----------|---------------------|----------------------------------|
| Reichweite | l | r | l / r | l / r | l | l | r | r |
| <i>hi / lf</i> | x | x | x | x | | x | | |
| <i>li / hf</i> | x | x | | x | x | | | |

Legende:

- l** - lokale Reichweite
- r** - regionale Reichweite
- hi / lf* - *high intensity / low frequency*
- li / hf* - *low intensity / high frequency*
- a), b) - treten selten und dann nur saisonal auf

Fig. 4: Einteilung von Naturgefahren in Nepal nach den Kriterien Reichweite, Intensität und Häufigkeit (*intensity / frequency*).

(Entwurf und Graphik: P. Ottinger)

Rutschungen wurden in Nepal bis in die 1970er Jahre von der Wissenschaft nur in einigen wenigen Gebieten als eine lokale Gefahrenquelle von Bedeutung eingeschätzt. Bis dahin wurden in erster Linie Erdbeben und die jährlich wiederkehrenden Monsunfluten als die zerstörerischsten Naturgewalten genannt. Rutschungen als ernstzunehmende Naturgefahren im Himalaya haben erst seit dem Aufkommen der „*Theory of Himalayan Environmental Degradation*“ (vgl. Kap. 1.2.2) eine wachsende Beachtung gefunden.

Rutschungen fordern in Nepal jedes Jahr Hunderte von Menschenleben (UPRETI & DHITAL 1996). LI TIANCHI (1990) spricht von über 200 Todesopfern, die jedes Jahr bei Rutschungen im gesamten Himalaya zu beklagen sind. Das dürfte m.E. jedoch eine eher konservative Schätzung sein. So starben nach Angaben des *Central Disaster Relief Committee* des nepalischen Innenministeriums allein im Juli des Katastrophenjahres 1993 über 1250 Menschen in Nepal in Folge von Rutschungen und Überflutungen (*Central Disaster Relief Committee 1993*)¹⁸.

¹⁸ Diese Angaben wurden nicht näher differenziert.

Erdbeben stellen die potentiell zerstörerischste Naturgefahr in Nepal dar. Sie können zwar enorme Zerstörungen verursachen, katastrophale Erdbeben kommen aber nur selten vor¹⁹. Zu nennen sind v.a. das Nepal-Bihar-Erdbeben von 1934 bzw. das Udaipur-Erdbeben von 1988. Das Nepal-Bihar-Erdbeben, das bisher schwerste Erdbeben in Nepal mit einer Magnitude von 7 evtl. sogar bis 8,2 (KIENHOLZ et al. 1984) auf der Richterskala, tötete 1934 rund 3.400 Menschen und richtete große Verwüstungen im Kathmandu Valley an (SHARMA 1974). Naturgemäß fordern die Beben die meisten Opfer in den dicht besiedelten Städten. Dort treten auch die größten materiellen Schäden auf. Die moderne Bauweise der Häuser, insbesondere im Kathmandu Valley, ist alles andere als erdbebensicher. Die dicken und schweren Betondeckenplatten, die auf schwachen Wänden aus Ziegeln ruhen, würden bei einem heftigeren Beben über mehrere Etagen hinweg aufeinander fallen und dabei alles zertrümmern, was sich dazwischen befindet.

Im Gebirge werden Erdbeben vor allem durch Sekundärereignisse gefährlich, die von ihnen ausgelöst werden. In erster Linie sind dies Rutschungen, die nach einem starken Beben in großer Zahl auftreten können. Neben den direkten Zerstörungen, die diese Rutschungen verursachen, werden häufig auch Flüsse durch die Rutschmassen blockiert (vgl. Foto 22 und 23; Kap. 7). Das führt zeitverzögert, oft erst nach Tagen oder gar Wochen, wenn der Damm durchbrochen wird, zu beträchtlichen Überschwemmungen.²⁰ Bildet der aufgestaute Fluß einen stabilen Überlauf, dann können manche dieser Dämme recht langlebig sein (vgl. WEIDINGER & IBETSBERGER 2000). Ein erneutes Erdbeben kann einen solchen Damm jedoch plötzlich kollabieren lassen. Das herausschießende Wasser richtet dann flußabwärts erhebliche Verwüstungen in den Uferbereichen an. Es liegen keine Daten darüber vor, welche bei einem Erdbeben die direkten Ursachen für die Zahl der Toten und Verletzten sowie für die materiellen und nichtmateriellen Schäden sind. Die Trümmer der zusammenstürzenden Gebäude, Unfälle auf zerstörten Straßen und Brücken oder in Tunnels sowie Brände infolge von zerstörten Strom-, Öl- und Gasleitungen, all dies sind potentielle Gefahren. Diese Gefahren betreffen allerdings überwiegend dicht besiedelte urbane Räume.

Starkregenereignisse bewirken lokal sehr häufig einen rapiden und hohen Abfluß. Dabei werden oft Flußufer unterschritten (Uferanbrüche; vgl. Foto 35 und 36). Das Material wird dann als Sedimentfracht abtransportiert. Der seines Widerlagers beraubte Hang rutscht schließlich nach (vgl. Kap. 3.2.3.2 und Kap. 5.2.4.1).

¹⁹ Statistisch gesehen ereignet sich in Nepal etwa alle 65 Jahre ein katastrophales Erdbeben. Dies geht aus schriftlichen Berichten hervor, die bis ins Mittelalter zurückreichen. Diese Berichte gibt es allerdings nur für das Kathmandu Valley. Genau genommen wäre somit ein solches Ereignis seit 1999 überfällig. Tatsächlich ist das Thema „Erdbeben“ in der nepalischen Presse präsent. Dort häufen sich in letzter Zeit auch Aufrufe zu Vorbeugemaßnahmen.

²⁰ Das erwähnte Erdbeben von 1934 löste im Himalaya Tausende Rutschungen aus, die zeitweilig Flüsse blockierten und später katastrophale Überschwemmungen bis hinunter in die Gangesebene verursachten (AUDEN 1935).

Überflutungen hängen mit solchen starken Niederschlägen eng zusammen. Abhängig von der Menge und der Intensität der Monsunregen setzen sie in manchen Jahren ganze Landstriche im Vorland des Gebirges unter Wasser. Im Terai kommt es jährlich nach Monsunregen zu zerstörerischen Überflutungen. Die damit verbundene Seitenerosion und das Zusedimentieren der Flußbetten führt zu häufigen Verlagerungen der Flußverläufe und damit wieder zu Überflutungen in anderen Bereichen. Im Hochhimalaya können Überflutungen aber auch eine Folge von ausgebrochenen Seen sein, die zuvor durch Rutschungen oder Moränenmaterial aufgestaut worden waren.

Bodenerosion ist, im Unterschied zu anderen Naturgefahren, ein langandauernder Prozeß und kein singuläres, plötzlich auftretendes Naturereignis, wie z.B. eine Rutschung. Die Bodenerosion stellt jedoch ein häufig auftretendes Vorbereitungsstadium für die Entwicklung von Rutschungen dar. Auf degradierten Flächen können Rillen und Gullies als Initialstadium von Rutschungen entstehen.

Gletscherseeausbrüche (*Glacier Lake Outburst Floods*, **GLOFs**) sind besonders zerstörerische Ereignisse im Hochgebirge. Eine deutliche Zunahme dieser Ereignisse in den letzten vier Jahrzehnten, ist eindeutig als Folge eines Klimawechsels einzustufen. Hierbei handelt es sich um kürzlich neuentstandene Seen, die von schnell zurückschmelzenden Gletschern gespeist werden. Sie bilden sich innerhalb der Moränenwälle der ehemaligen Gletscherzunge, die in der Regel aus wenig durchlässigem Lockermaterial bestehen. Bei steigendem Seepegel wächst zugleich der Druck auf den Moränendamm, der schließlich kollabieren kann²¹. Im nepalischen Himalaya kommen GLOFs seit Anfang der 1960er Jahre im Abstand von wenigen Jahren vor. Im Zeitraum 1960 – 1992 kam es dort bereits 13 mal zu einem GLOF (YAMADA & SHARMA 1993). Zum bislang größten GLOF in Nepal²² kam es am 4. August 1985 am Langmoche Glacier oberhalb Namche Bazar im Khumbu Himal, als der Ausbruch des Dig Tsho²³ ein fast fertiggestelltes Wasserkraftwerk (*Namche Small Hydroelectric Project*) in Thamo völlig zerstörte. Zahlreiche Brücken, Wege und Häuser entlang des Bhote Kosi Valley und des Dudh Kosi Valley wurden dabei noch über 40 Kilometer flußabwärts vernichtet (VUICHARD & ZIMMERMANN 1986, 1987).

Zum vorläufig letzten GLOF in Nepal kam es am 3. September 1998 beim Ausbruch des Tam Pokhari Glacier Lake im Khumbu Himal (DWIVEDI et al. 2000). Unmittelbar gefährdet ist gegenwärtig der Tulagi Lake im Manaslu Massiv, wobei sich allerdings erste Erfolge

²¹ Einige dieser Moränendämme besitzen noch große Eiskerne (*ice-core moraine*). Als Folge der Klimaerwärmung schmilzt dieses Eis langsam und läßt den Moränendamm kollabieren. Der dahinter gestaute See kann sich dann rapide entleeren.

²² Seit den 1950er Jahren. Über davor abgegangene GLOFs ist nichts Genaues bekannt.

²³ *tsho* (tibet.) – See.

einstellen, den Ausbruch dieses Sees mit hohem technischen Einsatz zu verhindern (HANISCH et al. 1996, HANISCH et al. 1998). VÖLK fand am Tulagi Lake deutliche Hinweise (u.a. *debris flow*-Sedimente) auf einen früheren, eventuell in historischer Zeit erfolgten GLOF (VÖLK 1998). Derzeit gibt es mehr als 10 vom Ausbruch bedrohte Seen im nepalischen Himalaya (im Höhenbereich 4.200 – 5.000 m). Manche dieser Seen können sogar mehrmals aufgestaut werden und immer wieder ausbrechen. Einer davon, der Lower Barun Lake (4.650 m) im Makalu-Massiv (8.481 m), brach zuletzt in den 1980er Jahren aus (eigene Angabe) und füllt sich seitdem schnell wieder (Foto 47).

Dürren treten gelegentlich im Terai, in der Regel außerhalb der Monsunzeit, auf (UPRETI & DHITAL 1996). Im Winter 1998 / 1999 erlebte das Terai, mit einer ca. 6-Monate langen Periode ohne einen Tropfen Wasser, die schwerste Trockenperiode seit langem. KAWAKITA (1974) berichtet von einer katastrophalen Dürre, die 1965 das Terai und Nordindien erfaßte und dort zu einer Hungersnot führte. Der Tibetische Himalaya bekommt sehr unregelmäßige Niederschläge, die in manchen Jahren fast ganz ausbleiben, was jedoch typisch für sein semiarides Klima ist.

Im Terai kann es in den Wintermonaten zu sogenannten „**Kältewellen**“ kommen. Im Winter 1998 / 1999 hielt sich dort über mehr als zwei Monate ein dichter bodennaher Nebel, der sich nicht, wie üblich, in den Morgenstunden, sondern oft erst am späten Nachmittag auflöste, an manchen Tagen sogar überhaupt nicht. Die Tagestemperaturen lagen dabei 1998 / 99 kaum über +10° C. Im subtropischen Klima des Terai genügte das, um der Landwirtschaft großen Schaden zuzufügen. Hinzu kam im gleichen Zeitraum die oben erwähnte Trockenheit.

Hagelschlag (*ashina*) tritt häufig in den Monaten April und Mai auf²⁴. Das habe ich in Ghandruk Mitte April 1998 mehrmals in besonders heftiger Form erlebt²⁵. Ende April 2001 gab es große Hagelschäden in den VDCs Bangre und Bhorletat im Westteil des Lamjung District, nahe Pokhara. Nach einem Bericht der „*Kathmandu Post*“ vom 1.5.2001 soll es damals vier Tage hintereinander Hagelschlag gegeben haben. In mehreren Dörfern war ein Totalschaden beim Mais die Folge, so daß die Pflanzen nur noch an Tiere verfüttert werden konnten. Hagel wirkt nicht nur durch den Schlagschaden. Nach einem starken Hagelschlag, der in dieser Gegend im April und Mai oft die Vormonsungewitter begleitet, kann es zu *flash floods* kommen, da das Eis auf dem Boden sofort schmilzt (es ist zugleich die heißeste Jahreszeit). Noch wichtiger dürfte aber sein, daß in Gebieten mit häufigem Hagelschlag kein Obst angebaut werden kann. Mir wurde von jahrelangen erfolglosen Versuchen berichtet, im

²⁴ Hagelschlag ist nicht in Fig. 3 und Fig. 4 aufgeführt.

²⁵ Der April 1998 war in Ghandruk wegen der fast täglichen Gewitter weit überdurchschnittlich naß. Mit 242 mm lag er um 124 % über dem langjährigen Aprilmittel von 108,1 mm (DHM 1999).

Sikha Valley, wie auch in Ghandruk, den Apfelanbau zu etablieren. Der Hagel wurde mir gegenüber als wichtigster Grund für die Aufgabe dieser Projekte angegeben. Meiner Ansicht nach dürfte es aber in dieser Gegend für den Apfelanbau auch zu heiß-humid sein.

1.7 Rutschungen – ein wichtiger Umweltfaktor im Nepal-Himalaya

1.7.1 Die besondere Stellung der Rutschungen unter den Naturgefahren in Nepal

Am Beispiel der Rutschungen lassen sich, am deutlichsten von allen Naturgefahren, die breit gefächerten Wechselwirkungen Mensch-Natur darstellen. Andere Naturgefahren, in Nepal sind dies v.a. die Starkregenereignisse sowie Erdbeben, sind in der Regel überhaupt nicht beeinflussbar, Erdbeben nicht einmal vorhersehbar, so daß man nicht im eigentlichen Sinne von Wechselwirkung sprechen kann. Rutschungen dagegen sind zwar einerseits eine Naturgefahr, andererseits aber eng mit den menschlichen Aktivitäten verknüpft (vgl. Kap. 7 und Kap. 8). Betrachtet man die Zerstörungen, die durch Naturgewalten entstehen, kann man bei Rutschungen noch am ehesten an die Möglichkeit einer Schadensminimierung denken. Das Besondere an Rutschungen gegenüber anderen Naturgefahren ist, daß sie häufig als Sekundärereignisse infolge von anderen Naturereignissen wie Erdbeben, Taifunen bzw. Zyklonen, oder Wolkenbrüchen auftreten. Meistens "nur" als Begleiterscheinungen wahrgenommen, stellen sie jedoch in vielen Gebieten die eigentliche Zerstörungsquelle dar, die für die meisten Opfer verantwortlich ist.

Rutschungen können neben ihrem offensichtlichen Gefahrenpotential auch positive Folgen für die Menschen haben. Das unterscheidet sie grundsätzlich von anderen Naturgefahren, ist aber auf den ersten Blick meist nicht zu erkennen. Fossile Rutschungen haben eine Besiedlung des Himalaya oft erst möglich gemacht, indem sie die Hangneigung der ansonsten sehr steilen Bergflanken verringert haben. Akkumulationsbereiche inaktiver Rutschflächen bilden heute dank ihrer hervorragenden Bodeneigenschaften das beste Ackerland im Zentralhimalaya, das bei günstigem Klima für den Reisanbau genutzt wird (ausführlich dazu vgl. Kap. 7).

Im Arbeitsgebiet im nepalischen Bergland sind Rutschungen allgegenwärtig, und zwar in allen Stadien der Aktivität. Völlig sichere Hangbereiche gibt es dort nicht, nur solche, die mehr und solche, die weniger gefährdet sind. Hinzu kommt, daß bei fossilen (meist postglazialen) oder „schlafenden“ (*dormant*), inaktiven Rutschungen jederzeit die Möglichkeit besteht, daß sie reaktiviert werden. Das trifft auch auf sehr alte Rutschungen zu. Durch

die weit verbreitete Rutschungsaktivität wird die extreme Verkehrsfeindlichkeit des Reliefs noch verstärkt.

Sehr große Rutschungen sind seltene Ereignisse (HEUBERGER et al. 1984, HEUBERGER 1994, ABELE 1994a, WALTHAM 1996). Im Vergleich mit der Länge des menschlichen Lebens ist die Frequenz ihres Auftretens so niedrig, daß bei den Betroffenen ein Gefühl falscher Sicherheit entsteht, was die Rutschungsgefahr angeht. Um die Gefahr zu erkennen und richtig einzuschätzen, wäre eine Beschäftigung mit historischen (oder auch fossilen) Rutschungen eine große Hilfe. Unglücklicherweise fehlen in Nepal Aufzeichnungen zu historischen sowie zu aktuellen Rutschungen.²⁶

Eine landesweite Erfassungsstelle für Rutschungen gibt es noch nicht, demzufolge sind auch aktuelle Angaben oft widersprüchlich. Hier werden als Beispiel Rutschungen der Jahre 2001 und 2002 aufgeführt. Die Zahl der Todesopfer infolge von Rutschungen soll sich für Nepal laut nepalischen Presseberichten auf über 200 Personen für 2001 und auf über 300 Personen für 2002 belaufen haben. 154 dieser Todesfälle konnte ich nach den erwähnten Presseberichten für das Jahr 2001 (Fig. 5a) und 295 für das Jahr 2002 (Fig. 5b) genau lokalisieren. Zusätzlich gab es zahlreiche Verletzte, jeweils weit über einhundert Vermißte und Tausende von Obdachlosen. Hohe materielle Schäden an Gebäuden und Hausrat, Landverluste sowie nichtmaterielle Schäden kamen hinzu.

Aus Fig. 5a und 5b ist klar zu erkennen, daß die große Mehrheit (jeweils mindestens 80%) der Rutschungen mit Todesopfern der Jahre 2001 und 2002 im Bergland erfolgt ist. Keiner der Terai-Distrikte war betroffen, aber auch im Hochhimalaya gab es kaum Rutschungen. Die viele Opfer fordernden Rutschungen in Distrikten mit großem Hochgebirgsanteil (Dhading, Gorkha, Sankhuwasabha, Sindhupalchok, Taplejung) gingen ebenfalls überwiegend im jeweiligen Berglandanteil der betroffenen Distrikte ab. Der Distrikt Myagdi (zu dem das Sikha Valley gehört) weist laut Fig. 5a für 2001, wohl eher zufällig, die zweithöchste Zahl der Todesopfer infolge von Rutschungen auf.

Diese in vielen Fällen nicht genau nachprüfbaren Zahlen für die Jahre 2001 und 2002 können selbstverständlich keinen Anspruch auf Repräsentativität erheben. Es muß davon ausgegangen werden, daß viele Rutschungen, die in den entlegenen Distrikten abgingen, nicht erwähnt werden und andere Angaben oft nur selektiv aufgeschrieben wurden. Es fällt auf, daß in beiden Tabellen keiner der Distrikte des westlichen Landesdrittels auftaucht. Daß dort keine Rutschungen mit Todesopfern abgegangen sein sollen, ist unwahrscheinlich. Wahrscheinlicher ist, daß wegen der dort verstärkt operierenden Maoisten-Guerilla diesbezügliche Anga-

²⁶ In Europa, aber auch z.B. in China (v.a. LI TIANCHI 1996) gibt es immerhin für die letzten Jahrhunderte zu den größten Rutschungsereignissen halbwegs verlässliche Informationen. Seit dem Beginn der industriellen Revolution, dem Kanalbau und besonders dem Eisenbahnbau, sind die Berichte, zumindest was das Ausmaß der Schäden betrifft, verlässlicher (SCHUSTER 1996).

| Distrikt | Zahl der Todesopfer | Distrikt | Zahl der Todesopfer |
|---|---------------------|---------------|---------------------|
| Agarkhanchi | 6 | Nuwakot | 1 |
| Baglung | 3 | Okhaldhunga | 20 |
| Dhading | 33 | Parbat | 8 |
| Dolakha | 16 | Rolpa | 1 |
| Gulmi | 11 | Sankhuwasabha | 11 |
| Kaski | 6 | Sindhupalchok | 9 |
| Myagdi | 28 | Tehrathum | 1 |
| Summe aller Todesopfer (2001): 154 | | | |

Fig. 5a: Zahl der Todesopfer bei Rutschungen des Jahres 2001 in Nepal (nach Distrikten).

Quelle: Berichte der nepalischen Presse (2001); Auswertung und Graphik: P. Ottinger.

| Distrikt | Zahl der Todesopfer | Distrikt | Zahl der Todesopfer |
|---|---------------------|---------------|---------------------|
| Bhojpur | 17 | Lalitpur | 2 |
| Dhading | 7 | Makwanpur | 91 |
| Dhankuta | 13 | Nuwakot | 4 |
| Dolakha | 2 | Ramechhap | 41 |
| Gorkha | 3 | Rasuwa | 3 |
| Kabrepalanchok | 9 | Sindhupalchok | 8 |
| Kaski | 4 | Syangja | 3 |
| Kathmandu | 6 | Taplejung | 27 |
| Khotang | 47 | Tehrathum | 8 |
| Summe aller Todesopfer (2002): 295 | | | |

Fig. 5b: Zahl der Todesopfer bei Rutschungen des Jahres 2002 in Nepal (nach Distrikten).

Quelle: Berichte der nepalischen Presse (2002); Auswertung und Graphik: P. Ottinger.

ben nicht an die Öffentlichkeit gelangen konnten oder durften. Offizielle behördliche Berichte über Rutschungen können deshalb nicht völlig zuverlässig sein, was ebenfalls das Beispiel der Tatopani-Rutschung vom 26. September 1998 (siehe Kap. 6) zeigt, die sowohl in offiziellen Berichten wie in der Presse nur als Randnotiz auftauchte.

1.7.2 Rutschungen in jungen Hochgebirgen. Ein Vergleich Himalaya – Alpen

Die Gefährdung durch Rutschungen hat im Himalaya einen anderen Stellenwert als z.B. in den Alpen. Die Alpen liegen im „Herzen“ Europas und damit mitten im aktiven Wirtschaftsraum der Europäischen Union und der Schweiz. Durch den Alpenraum führen, z.T. über internationale Grenzen hinweg, viele wichtige Verkehrsadern – Eisenbahnlinien, Autobahnen und unzählige andere Straßen mit großem Verkehrsaufkommen. Mehrere größere Städte liegen in Tälern inmitten der Alpen. Darüber hinaus sind die Alpen ein touristisch hoch attraktiver Raum, der jährlich, sowohl im Sommer wie im Winter, Millionen von Besucher anzieht. Aus diesen Gründen führt jede Bedrohung der Infrastruktur durch Rutschungen (oder andere Naturgefahren) zu potentiell hohem finanziellem Schaden und wird deshalb möglichst sofort unter Einsatz aufwendiger finanzieller und technischer Mittel bekämpft. Diese Ausgaben werden durch die Höhe des möglichen Schadens gerechtfertigt. Nicht unbedeutend sind auch die Gelder, die für Prävention ausgegeben werden. Im Gefolge des konstatierten Klimawandels und steigender Bevölkerungszahlen – wobei vor allem das positive Wanderungssaldo zu Buche schlägt – wird sich die Gefährdung der Alpen durch Rutschungen voraussichtlich weiter erhöhen²⁷. In den Alpen nimmt auch die Bebauung in den Gefahrenzonen, v.a. in den Talsohlen (vgl. KERSCHNER 1995) weiter zu, obwohl die Gefahr bekannt ist.

Der Himalaya dagegen liegt abseits der wirtschaftlichen Kernräume der wichtigsten Staaten, die an diesem Hochgebirge Anteil haben. Sowohl für Indien, Pakistan und auch für China ist der Himalaya ein peripherer Raum. Militärisch-strategische Überlegungen überwiegen bei Aktivitäten in den Grenzbereichen dieser Staaten. Ein grenzüberschreitender Verkehr findet nur eingeschränkt statt. In Nepal lebt zwar noch mehr als die Hälfte der Bevölkerung im Gebirge, aber auch dort verlagert sich seit den 1950er Jahren der wirtschaftliche Schwerpunkt des Landes, abgesehen vom Kathmandu Valley, stetig vom Gebirge hinunter ins Vorland. Es gibt nur wenige wichtige Straßen, die den Himalaya durchqueren und selbst diese sind nicht ganzjährig passierbar; Eisenbahnlinien fehlen gänzlich. Durch die relativ niedrige Bevölkerungsdichte und die schlechte Qualität der Straßen bedingt, ist das Verkehrsaufkommen gering. Rutschungen treten demzufolge meist in abgelegenen Gebieten, sogenannten „*remote areas*“ auf und werden in den jeweiligen Hauptstädten der beteiligten Länder meist ignoriert. Die zentralistisch denkenden Bürokraten scheuen in der Regel eine angemessene Beschäftigung mit diesem Problem, es sei denn, eine strategisch wichtige Straße wird beschädigt. In Nepal stellt insbesondere die Verbindung von Kathmandu ins Terai und weiter nach Indien eine solche Ausnahme dar. Sie ist lebenswichtig für die Hauptstadt des Landes. Als im Juli 1993 zahlreiche, durch heftige Niederschläge ausgelöste Rutschungen am unteren Trisuli und seinen Nebenflüssen einige Brücken an der Straße ins Terai und nach

²⁷ KERSCHNER (1995, p. 47) berichtet in diesem Zusammenhang über das „*miracle tyrolien*“ (nach HERBIN 1980) – eine positive Wanderungsbilanz im Bundesland Tirol von über 14500 Personen zwischen 1981 und 1991.

Indien zerstörten, war das Kathmandutal für zwei Monate von jeder Versorgung auf dem Landweg abgeschnitten (*Central Disaster Relief Committee* 1993, u.a.).

Im Gegensatz zu den Alpen weist in Nepal das Gebirge im Zuge der Abwanderungsbewegung ins Terai (Himalaya-Vorland) ein negatives Wanderungssaldo auf. Die Abwanderung aus dem Bergland hat zunehmend den Charakter einer „Bergflucht großen Stils“ angenommen (SCHMIDT-VOGT 1995, p. 91). Hinzu kommt, daß sich im Nepal-Himalaya das natürliche Bevölkerungswachstum verlangsamt. Anders als in den Alpen werden im Nepal-Himalaya, um der Gefahr durch Rutschungen zu entgehen, hauptsächlich mittlere Hanglagen bebaut. Die Talsohlen dagegen sind wegen der dort weit häufiger auftretenden Überflutungen und Rutschungen (v.a. *debris flows*) weniger sicher als in den Alpen und werden daher gemieden.

2. Methoden

2.1 Auswahlkriterien für das Arbeitsgebiet

Eine der wichtigsten Aufgaben stellte anfangs die Auswahl eines geeigneten Arbeitsgebietes dar. Es sollte auf der Grundlage von empirischen Arbeiten ein möglichst umfassendes Bild von der Rutschungsproblematik gezeichnet werden. Die Studie basiert deshalb größtenteils auf Geländearbeiten. Beim Thema „Naturgefahren im Himalaya“ ist man zunächst geneigt, nur an den Hochhimalaya zu denken. Selbstverständlich bestehen dort auch viele Naturgefahren. Der Hochhimalaya ist jedoch sehr dünn besiedelt und wird hinsichtlich der Entwicklung des Landes, zumindest von den Behördenvertretern und anderen offiziellen Personen in Kathmandu, mit denen ich über meine Forschungspläne sprach, als peripher und wenig relevant angesehen. Für die Auswahl des nepalischen Berglandes als Arbeitsgebiet waren drei Gründe ausschlaggebend. Erstens hat das Bergland eine viel höhere Bevölkerungsdichte als der Hochhimalaya. Zweitens weist es im geologischen Untergrund weit verbreitet morphologisch weiche Gesteine auf, während im Hochhimalaya widerständige kristalline Gesteine vorherrschen. Drittens wird die Südseite des Hochhimalaya sehr stark durch den Sommermonsun beeinflusst. Aus diesen Gründen sind im Bergland Nepals die Häufigkeit von Rutschungen und ihre Auswirkungen auf die Kulturlandschaft viel größer als im Hochhimalaya. Dies macht eine Untersuchung des Berglandes lohnender als eine solche des Hochgebirges. Die hier gewonnenen Erkenntnisse haben größere Relevanz für die in Nepal anstehenden Entwicklungsfragen.

Aus eigener Anschauung kannte ich schon den beeindruckend schnellen, auf sehr kurzer horizontaler Distanz vollzogenen landschaftlichen Übergang vom subtropischen Vorland bis hinauf in die alpine Zone des Hochhimalaya. Während früherer Reisen nach Nepal 1995 und 1996 konnte ich auch feststellen, daß bereits alle Bereiche des nepalischen Himalaya durch den wirtschaftenden Menschen stark verändert waren. Da, wie oben erwähnt, die meisten Bewohner des Gebirgsanteils von Nepal in der Bergland-Zone leben, entschied ich mich schließlich, einen Teil des Berglandes als Untersuchungsgebiet auszuwählen. Als besonders geeignet erwies sich das im Annapurna-Massiv in Zentralnepal gelegene Sikha Valley und dessen Umgebung. Dieses Gebiet hat den Vorteil, daß es infolge seiner Höhenlage sowohl das subtropische Reisland wie auch die Stufe des Regenfeldaues, die darüberliegende Stufe der Nebelwälder und schließlich auch die Stufe der noch höher gelegenen alpinen Weiden umfaßt. Damit sind alle typischen Höhenlagen des Berglandes vertreten. Es wurde damit eine Region ausgewählt, die m.E. repräsentativ für das Bergland ist. Das Sikha Valley ist weder zu abgelegen, noch liegt es zu nahe an Kathmandu. Die Bedingungen im Sikha Valley wurden somit nicht durch die Nähe zur einzigen Großstadt des Landes verfälscht. Die Entfernung von

ein bis zwei Tagesmärschen bis zur nächsten Straßenverbindung – in Nepal nichts Ungewöhnliches – schien mir ebenfalls repräsentativ.

Das Sikha Valley wurde so zum Kernarbeitsgebiet (vgl. Fig. 6) und das größere Gebiet zwischen dem Kali Gandaki und dem Modi Khola zum erweiterten Arbeitsgebiet (genaue Abgrenzung siehe Kap. 3.1). Das Gebiet ist zu allen Jahreszeiten zugänglich, was auch den Vorteil hat, daß sich dort Untersuchungen zu Landwirtschaft und Vegetation über einen ganzen Jahreszyklus hinweg durchführen lassen. Der ursprüngliche Plan, die Arbeiten weiter westlich in Bereiche jenseits des Kali Gandaki bis Muri und Dharbang am Myagdi River – bekannt für katastrophale Rutschungen (UPRETI & DHITAL 1996) – auszudehnen, mußte jedoch letztlich wegen der starken Aktivitäten der dort etwa seit Ende 1997 operierenden Maoisten-Bewegung aufgegeben werden.

Zu Vergleichszwecken wurde auch das Kathmandu-Kakani-Gebiet am nördlichen Rande des Kathmandu Valley besucht, wo bereits in den 1980er Jahren umfangreiche Studien zu Rutschungen durchgeführt worden waren (vgl. KIENHOLZ et al. 1993). Auch eigene Erfahrungen aus Langtang, Helambu, dem Makalu-Barun National Park sowie dem Aruntal im Osten Nepals erwiesen sich als nützlich bei den Überlegungen zur Repräsentativität der Ergebnisse.

Auswahl-Kriterien für die Festlegung des Arbeitsgebietes waren also:

- zahlreiche Rutschungen,
- hohe Reliefenergie,
- ländliches Gebiet mit intensiver Landnutzung,
- dichte Besiedlung,
- ganzjährige Forschungsmöglichkeiten.

2.2 Sekundäre Informationen über das Sikha Valley

Die Qualität des Kartenmaterials zum Sikha Valley hat sich in den letzten Jahren stark verbessert. Die erste großmaßstäbige topographische Karte, die das Sikha Valley mit einschließt, wurde erst 1993 von der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung, München, publiziert. Es handelt sich um das Blatt „Annapurna“ im Maßstab 1:100.000. Noch während meiner Geländearbeiten wurde 1998 von der finnischen Firma „Finnmap“ eine Karte (Blatt „Tatopani“) im Maßstab 1:25.000 publiziert. Sie bildet die Grundlage für alle meine Untersuchungen. Glücklicherweise liegt fast das gesamte Arbeitsgebiet im Bereich des Blattes „Tatopani“ sowie der angrenzenden topographischen Karten-

blätter der Firma „Finnmap“. Das erleichterte die Planung der Geländebegehungen beträchtlich.

Topographische Karten auf *Village Development Committee*- (VDC)-Basis gibt es zum Sikha Valley bislang leider nicht. Auch mit Hilfe von Mitarbeitern des VDC-Büros in Sikha konnten die *ward*-Grenzen²⁸ daher nicht genau eintragen werden. Während meines Aufenthaltes dort gab es heftige politische Diskussionen über eine künftige Grenzziehung. Im Jahre 2000 wurde das Sikha VDC sogar in zwei VDCs geteilt. Damit mußten natürlich alle *ward*-Grenzen im Sikha Valley neu gezogen werden.

Im Rahmen des kanadischen *Land Resource Mapping Project* (LRMP 1978) wurden ab 1978 Karten erstellt (u.a. *Land capability map*, Maßstab 1: 50.000, *Land utilization map*, Maßstab 1:50.000), von denen einige auch das Sikha Valley miteinschließen. Die Karten konnten zwar ausgewertet werden, erwiesen sich aber wegen des zu kleinen Maßstabes als wenig hilfreich. Dafür half die *Geological map of the Western Development Region*, Maßstab 1: 125.000 (LRMP 1978), die Lage der Störungen im Arbeitsgebiet auszumachen. Alle diese Karten wurden 1984 vom *Survey Department, Topographical Survey Branch*, Kathmandu publiziert. Eine gute Übersicht zur Geologie (vgl. Kap. 3.2.1), leider nur im Maßstab 1:1.000.000, bietet die neueste „*Geological Map of Nepal*“, herausgegeben vom *Department of Mines and Geology* in Kathmandu (DMG 1994).

Die Verfügbarkeit von stereoskopisch auswertbaren Luftbildern aus den Jahren 1978 und 1996 erlaubt, die zeitliche Dimension in die Untersuchung einzubringen. Im Rahmen des bereits erwähnten kanadischen *Land Resource Mapping Project* wurden erstmals 1978 auch das Sikha Valley und seine Nachbartäler aufgenommen (LRMP 1978). Die Auswertung dieser Aufnahmen lieferte wichtigste Erkenntnisse über den Zustand von Rutschungen, über Änderungen in der Landnutzung, sowie über das Siedlungsmuster ca. 20 Jahre vor Beginn der Geländearbeiten. Diese Luftbilder konnte ich in Kathmandu nach monatelangen Bemühungen beim *Survey Department, Topographical Survey Branch* erwerben. Im Dezember 1996, kurz bevor die Geländearbeiten einsetzen, wurde das Gebiet von der oben erwähnten Firma „Finnmap“ im Rahmen eines landesweit durchgeführten Projektes für Luftbilder erneut befliegen. Zusätzlich zu diesen genannten Luftbildern konnten farbige, dreidimensional auswertbare Diapositive eingesehen werden, die von einer Befliegung zur Vorbereitung der erwähnten Annapurna-Karte 1:100.000 der Gesellschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung aus dem Jahre 1986 stammen. Diese Aufnahmen machte Prof. Erwin Schneider (Lech am Arlberg) unter Mitarbeit von Dr. Robert Kostka (Graz). Der Einblick in diese Diapositive aus dem Jahre 1986, der mir freundlicherweise von Herrn Prof. Dr. Rüdiger Finsterwalder (München) gestattet wurde, erwies sich als sehr wertvoll. Mit ihrer Hilfe konnten Informationen, die aus späteren vor Ort geführten Interviews gewonnen wurden, den

²⁸ „Ward“ ist in Nepal eine Verwaltungseinheit unterhalb der *Village Development Committee* (VDC)-Ebene. Ein VDC besteht i.d.R. aus 9 *wards*.

einzelnen Lokalitäten eindeutig zugeordnet werden. Die Luftbildsätze aus den Jahren 1978 und 1996 konnten während der Geländearbeiten verifiziert werden. Leider wurden sie zu einer Zeit aufgenommen, zu der die Vegetation auf den Rutschungen ein geschlossenes Kronendach aufwies. Auch aktive Rutschungsflächen im Arbeitsgebiet sind beinahe vollständig mit *Alnus nepalensis*-Wäldern bestanden (vgl. Kap. 7.3). Dadurch war eine Unterscheidung von aktiven, inaktiven und fossilen Rutschungen nicht möglich. Technische Möglichkeiten, die trotzdem eine multitemporale kartographische Luftbilddauswertung erlaubt hätten, standen mir leider nicht zur Verfügung.

Für die Bevölkerungsstatistiken liefern die in Nepal in 10-jährigen Abständen landesweit durchgeführten Zensuserhebungen nur einen groben Rahmen (CBS 2001). Sie werden leider nur auf Distriktbasis publiziert und es ist wegen dieser groben Auflösung schwierig, Daten aus Gebirgsregionen mit denen aus den Städten und Talschaften innerhalb derselben Distrikte zu vergleichen. Bevölkerungsdaten unterhalb der Distriktebene waren generell nur schlecht zu bekommen. Glücklicherweise konnte ich aber im Büro des Sikha-VDC unveröffentlichte Daten zu Bevölkerung und Landnutzung aus dem letzten landesweiten Zensus von 1991²⁹ und aus einem Zwischenzensus von 1998 einsehen (siehe Kap. 3.3.1 und 3.3.2).

Es war sehr erfreulich, daß ich vom Pokhara-Office des *Department of Hydrology and Meteorology* (DHM) Niederschlagstagesdaten bekommen konnte (bis einschließlich des Jahres 2000). Bei ihrer Auswertung ergaben sich allerdings manche Schwierigkeiten. Die Verlässlichkeit von Niederschlagsdaten abseits gelegener Stationen ist leider nicht in allen Fällen gegeben, besonders wenn es sich um für jedermann zugängliche Bereiche und nicht um automatisierte Stationen handelt. Dazu gesellen sich noch Probleme mit Lücken bei der Datenerhebung. In einigen Stationen wurden in zahlreichen Fällen monatelang keine Daten erhoben, unglücklicherweise zum Teil auch in der Monsunzeit. Deshalb habe ich in den betroffenen Fällen Werte für die langjährigen Jahresmittel, für die langjährigen Monsunmittel und die langjährigen Monatsmittel der einzelnen Stationen ohne Berücksichtigung von nicht kompletten Jahren berechnet. Wo für eine betroffene Station im selben Jahr Daten für mehrere Monate ausgefallen sind, erscheinen in den Niederschlagsdiagrammen leere Stellen (Diagramme siehe Kap. 3.2.3.2). Die vorhandenen restlichen Monatsangaben wurden für die Berechnung der langjährigen Monatsmittel für ausreichend erklärt.

Zu abgegangenen Rutschungen im Arbeitsgebiet finden sich – abgesehen von den Luftbildern – leider keine Angaben³⁰. Damit war selten eine Korrelation mit Niederschlagsdaten möglich, da weder Datum noch Ausmaß der Rutschungen schriftlich festgehalten wurden. Ich mußte daher versuchen, diese Informationen über die Geländeforschung, d.h. über Geländebeobachtung und Interviews, zu bekommen.

²⁹ Diese Daten wurden im Sikha VDC bereits im Jahre 1990 erhoben.

³⁰ Eine Ausnahme bildet hier nur die Tatopani-Rutschung aus dem Jahre 1998 (vgl. Kap. 7).

2.3 Primäre Datenerhebung. Natur- und sozialwissenschaftliche Geländeforschung

Um dem angestrebten Forschungsansatz gerecht zu werden und eine möglichst umfassende Darstellung der Rutschungsproblematik zu gewährleisten, wurden bei den Geländearbeiten neben den naturwissenschaftlichen auch sozialwissenschaftliche Methoden angewandt. Die naturwissenschaftlichen Methoden beschäftigen sich mit natürlichen sowie anthropogenen Aspekten der Hangstabilität. Die sozialwissenschaftlichen Erkenntnisse, die gewonnen werden konnten, beruhen auf zahlreichen Interviews, v.a. zu Rutschungsaktivitäten und zur Landnutzung im Sikha Valley, aber auch zur Risikowahrnehmung der indigenen Bevölkerung sowie zu deren Lösungsstrategien. Diese Interviews wurden zwischen März 1997 und November 1999 durchgeführt. Aufgrund der rund eineinhalbjährigen Geländeaufenthalte im Sikha Valley konnten zu jeder Jahreszeit Felduntersuchungen durchgeführt und die zur Verfügung stehenden Luftbilder verifiziert werden. Ein längerer Vergleichszeitraum wäre zwar wünschenswert, aber dafür notwendige ältere Aufzeichnungen fehlen gänzlich. Auch über Interviews ließen sich Ereignisse, die länger als 20-25 Jahre zurückliegen, nicht verlässlich nachvollziehen. Als wertvoll erwiesen sich lediglich beschreibende Angaben zu Rutschungen des japanischen Anthropologen Prof. Jiro KAWAKITA, der von Juni 1963 bis März 1964 im Sikha Valley geforscht hat (KAWAKITA 1974).

Bei den Feldarbeiten konnte ich auf zwei sehr gut Englisch sprechende Geländeassistenten zurückgreifen, Gaju Bahadyr Gurung aus Ghandruk und Suresh Chetri aus dem Gorkha Distrikt. Ohne ihre Hilfe hätte ich keinen persönlichen Zugang zu den Bewohnern des Sikha Valley und keine verlässlichen Informationen über Natur und Menschen des Tales bekommen. Im Gelände begleitete mich zumeist Gaju Gurung aus Ghandruk. Dieses Dorf liegt nur wenige Gehstunden vom Sikha Valley entfernt. Da Gaju Gurung nicht direkt aus dem Valley stammte, konnte er mich m.E. unvoreingenommen informieren. Die sehr ergiebige Zusammenarbeit mit Gaju Gurung konnte ich nach seiner Familiengründung leider nicht fortsetzen. Die letzten drei Monate arbeitete ich deshalb mit Suresh Chetri. Er kannte bereits viele Leute im Sikha Valley, denn das Tal war sein hauptsächliches Tätigkeitsgebiet als Trekkingführer. Die Einblicke dieses von außerhalb stammenden Chetri erwiesen sich als wertvolle Ergänzung zu meiner bisherigen Kenntnis, v.a. über das große im Sikha Valley gelegene Chetridorf Ghara.

Standort und Ausgangspunkt für die Feldarbeiten war das zentral im Sikha Valley gelegene Hauptdorf Sikha. Von dort aus unternahm ich 3-5 tägige Geländebegehungen durch entlegene Gebiete, v.a. entlang der Valley-Umrahmung, und übernachtete dann mit meinem Führer und einem Träger im Zelt³¹. Auf den zweitägigen Märschen von und nach Pokhara, der nächstgelegenen Stadt, habe ich alle Zugänge zum Sikha Valley untersucht. In Sikha nahm

³¹ Träger, die ich im Sikha Valley rekrutiert habe, waren in der Regel Angehörige der Berufskasten, v.a. Kami oder Damai, weil Pun Magar nicht (mehr) als Träger arbeiten wollen.

man mich sehr gut auf. Neben meinen beiden Führern hatte ich einige langfristig verfügbare „Schlüsselinformanten“, v.a. in Sikha selbst, aber auch in anderen Dörfern. Besonders hilfreich mit Informationen waren v.a. die Leiter des Sikha VDC-Office, daneben der Naturschutz- und der Waldbeauftragte des VDC (*bansamiti*), einige Lehrer der *secondary school*, der Postbote Ghore, der mir alle Pfade zeigte, sowie einige Besitzer von Lodges und Restaurants.

In der vorliegenden Arbeit wurden überwiegend qualitative Methoden angewandt. Zunächst wurden alle Rutschungen im Arbeitsgebiet inventarisiert, dann wurden typische Beispiele ermittelt und genauer untersucht (vgl. Kap. 5.1.4). Schließlich wurden an einem herausragenden Beispiel, der Tatopani-Rutschung vom 26.9.1998, natürliche und anthropogene Aspekte eines Rutschungsereignisses ausführlich analysiert (vgl. Kap. 6). Die geologische Situation im Arbeitsgebiet ließ sich dank zahlreicher frischer Aufschlüsse erfassen, die einen ungehinderten Einblick in die Beschaffenheit der oberflächennahen Gesteinspartien zulassen (vgl. Kap. 3.2.1). Alle Flächenangaben in der vorliegenden Arbeit wurden mit dem GIS-Programm „Topol“ errechnet.

Während mehrerer Forschungsaufenthalte habe ich, wie oben erwähnt, zahlreiche Interviews mit Bergbauern geführt. Sie wurden als offene Interviews in einer informellen Form, d.h. ohne Fragebogen und nur mit wenigen festgelegten Fragen, durchgeführt (unstrukturierte Interviews). Diese Interviews hatten eher den Charakter längerer Gespräche, meist unter der Beteiligung meines Geländeassistenten. Ich war bestrebt, nach Möglichkeit im Sinne einer „teilnehmenden Beobachtung“ zu arbeiten (vgl. MISCHUNG 1988). Da ich mich lange vor Ort aufhielt, konnte ich auch die Zeiten nutzen, zu denen die Leute nicht viel auf den Äckern zu tun hatten, und sie z.B. im Winter ganz ausführlich befragen.

Dadurch, daß ich schon vor Beginn der eigentlichen Feldarbeiten am Südasien-Institut der Universität Heidelberg die Möglichkeit erhielt, Grundkenntnisse des Nepali zu erwerben, war ich in der Lage, bei Befragungen von Bewohnern des Sikha Valley durch meine beiden Mitarbeiter dem Gespräch zu folgen und zunehmend auch viele informelle Befragungen selber durchzuführen. Sprachlich gab es auch deshalb wenig Probleme, weil die Sikha-Magar inzwischen Nepali als Muttersprache sprechen. Magar können im Sikha Valley, anders als in den nahegelegenen südlicheren Magargebieten (v.a. bei den Thapa-Magar) nur noch ältere Menschen. In der vorliegenden Arbeit wurde auf eine Quantifizierung der durch unstrukturierte Interviews erhaltenen Daten verzichtet, denn es liegt in der Natur der Sache, daß die so gewonnenen Informationen oftmals widersprüchlich waren. Mit der Zeit konnte ich mir aber ein, wie ich meine, verlässliches Gesamtbild der Situation im Sikha Valley verschaffen.

2.4 Laboruntersuchungen

2.4.1 Dendrochronologische Datierung von Rutschungen

Zur Datierung von Rutschungen gibt es keine direkten Meßmethoden. Sind keine schriftlichen Aufzeichnungen bekannt, oder liegt der Abgang einer Rutschung sehr weit zurück, läßt sich oft mittels dendrochronologischer Untersuchungen³² zumindest indirekt das Alter einer Rutschung bestimmen. Im Sikha Valley führte ich 1999 diese Untersuchungen mit einem Zuwachsbohrer durch. Die Proben wurden anschließend in der Sonne getrocknet und nach Deutschland mitgenommen. Die Datierung der Bohrkerne wurde dann am Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg durchgeführt.

Es wurden nur ausgewählte dorfnaher Rutschareale untersucht. Zur Beprobung kam hauptsächlich die Nepalische Erle (*Alnus nepalensis*) in Frage, da sie die einzige Baumart ist, die sehr schnell und weitverbreitet Rutschflächen besiedelt und sich damit für Vergleiche eignet. Schon im ersten Jahr nach dem Abgang einer Rutschung wachsen auf dem Rutschmaterial junge Erlen (ausführlich zu *Alnus nepalensis* vgl. Kap. 7). Wichtig ist auch, daß *Alnus nepalensis* ein laubabwerfender Baum ist und deshalb auch deutlich erkennbare Jahresringe ausbildet. Es sollten jeweils die ältesten Bäume der entsprechenden Rutschareale erfaßt werden. Innerhalb eines größeren Rutschareals sind häufig wechselnde Bereiche mit unklaren Grenzen zu verschiedenen Zeiten von den Rutschungsbewegungen erfaßt. Zu Referenzzwecken wurden deshalb auch einige Bäume der im Vergleich zu *Alnus nepalensis* sehr langsam wachsenden Bäume der Art *Rhododendron arboreum* beprobt, die an klar erkennbaren Rändern eines Rutschbereiches standen.

Die Interpretation ökologischer Zusammenhänge führt häufig zu vereinfachten Darstellungen, da die Zeit der Feldarbeiten nie ausreichen kann, um alle Facetten zu ergründen. Dazu möchte ich als Beispiel meine Datierungsversuche von (sub-)zenten Rutschungen vorstellen. Anfangs hielt ich die dendrochronologischen Untersuchungen für meine Arbeit für sehr erfolgversprechend. Erst nach mehr als einem Jahr Aufenthalt im Arbeitsgebiet habe ich begonnen, dendrochronologische Untersuchungen durchzuführen, denn da ich hauptsächlich dorfnaher Rutschareale im Visier hatte, mußte ich bei meiner Arbeit mit häufigen, zufälligen oder beabsichtigten, Besuchen der Dorfbewohner rechnen. Nach einem Jahr vermutete ich, daß ich so viel Vertrauen bei den Bewohnern des Tales besaß, daß sie mir erlauben würden, die Arbeiten mit dem Zuwachsbohrer durchzuführen, ohne daß sie sich um die Bäume zu sorgen brauchten, in die Löcher hineingebohrt werden mußten. Mein Assistent Gaju Gurung hatte im Vorfeld längere Überzeugungsarbeit geleistet. Meine Freude war groß, als ich seitens der Talbewohner viel Verständnis für mein Vorhaben erntete. Da sich auch die Verwaltung

³² Zu Methoden der dendrochronologischen Datierung vgl. SCHWEINGRUBER (1983) bzw. BRÄUNING (2000).

des ACAP-Schutzgebietes für die Waldbelange im Sikha Valley verantwortlich fühlt, habe ich mich auch an das *ACAP-Headquarter* in Ghandruk gewandt, um „institutionelle“ Hilfe zu bekommen. Mr. Som Ale Magar hat mich dann in Ghandruk mit Empfehlungsschreiben (in Nepali) an alle neun Waldbeauftragten im Sikha Valley (*ward bansamiti*) ausgestattet. Diese Briefe erwiesen sich als sehr nützlich. Erst als ich die meisten Proben genommen hatte und die vorläufigen Ergebnisse (nach makroskopischer Baumringzählung) mit den Dorfbewohnern diskutieren wollte, sagten sie mir, daß die jeweils ältesten Bäume an jedem Probenstandort fehlen würden, weil sie gefällt worden waren. Die Erlen würden mit zunehmendem Alter immer krummer und knorriger und damit als Bauholz unbrauchbar, weshalb sie spätestens nach 25-30 Jahren gefällt werden. Nach Meinung der Bergbauern würden sich dadurch für den Erosionsschutz (bzw. die Rutschungsgefährdung) keine Nachteile ergeben, da nur einzelne große Bäume aus dichten Beständen herausgenommen würden. Um wieviele Jahre meine Rutschungsdatierungen im Einzelfall nach oben korrigiert werden müssen, läßt sich deshalb nicht genau sagen (um maximal 25-30 Jahre). Die Ergebnisse der dendrochronologischen Datierungen wurden, wo sie glaubwürdig erscheinen, in die Ausführungen der folgenden Kapitel einbezogen. Auf eine tabellarische Aufzählung der Ergebnisse habe ich aus den oben genannten Gründen jedoch verzichtet.

2.4.2 Laboruntersuchungen von Gesteinsproben

Mitgebrachte Gesteinsproben aus dem Sikha Valley wurden von Prof. Rainer Altherr am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg bestimmt (ALTHERR 2001a, 2001b). Die Schlüsselgesteinsarten aus dem Arbeitsgebiet wurden dabei durch Anfertigung von Dünnschliffen detailliert untersucht. Bei den die Lithologie im Sikha Valley bestimmenden Phylliten wurde durch eine Röntgenuntersuchung geklärt, ob sie Talk enthalten. Ergebnisse beider Untersuchungen werden im Kap. 3.2.1.6 vorgestellt; das Röntgenspektogramm ist im Anhang abgedruckt.

3. Das Arbeitsgebiet – naturräumliche Ausstattung, Besiedlung und Nutzung

3.1 Die Lage des Arbeitsgebietes. Das Sikha Valley und das Kali Gandaki Valley (zwischen Tatopani und Kusma) im Bergland Zentralnepals

Das Arbeitsgebiet liegt in Zentralnepal an der Südabdachung des Annapurna- und des Dhaulagiri-Massivs und damit an der monsuzugewandten Seite des Hochhimalaya (vgl. Fig. 1 und Fig. 6). Das Gebiet reicht mit seinen Höhenlagen zwischen 817 m – 4.703 m ü. NN vom subtropisch geprägten Reisland über die gemäßigte Zone und die subalpine Zone bis hinauf in die alpine Zone (Klassifikation nach DOBREMEZ, 1976). Nach der Einteilung von SCHWEINFURTH (1957) liegt das Sikha Valley im Äußeren Himalaya³³. Geologisch gesehen gehört das gesamte Arbeitsgebiet zum Lesser Himalaya (vgl. Kap. 3.2.1.3). Im Norden grenzt es an die Main Central Thrust (MCT),³⁴ die den Übergang vom Bergland zum Hochhimalaya markiert. Das Arbeitsgebiet wird hier in ein Kernarbeitsgebiet und ein erweitertes Arbeitsgebiet unterteilt.

Das Sikha Valley – das Kernarbeitsgebiet

Das Kernarbeitsgebiet ist das Einzugsgebiet des Ghar Khola, eines wichtigen östlichen Zuflusses des Kali Gandaki (vgl. Fig. 6). In der vorliegenden Arbeit wird es „Sikha Valley“ genannt, denn es ist gebietsgleich mit dem Gebiet des *Sikha Village Development Committee* (Sikha VDC). VDC ist die nepalische Verwaltungseinheit unterhalb der Distriktebene. Das Sikha Valley liegt im Myagdi District (übergeordnete Verwaltungseinheiten sind: die Dhaulagiri Zone als Teil der Western Developing Region)³⁵. Der Name „Sikha Valley“ wird meist synonym mit „Sikha VDC“ benutzt und wurde von KAWAKITA (1974) eingeführt, der dort in den Jahren 1963-64 die ersten anthropologischen Untersuchungen durchführte. In der vorliegenden Arbeit wird „Sikha Valley“ benutzt, weil es eine naturräumliche Landschafts-

³³ SCHWEINFURTH (1957) unterteilt den Himalaya in den Äußeren, Inneren und den Tibetischen Himalaya. Seiner naturräumlichen Gliederung der Landesnatur Nepals wiederum (SCHWEINFURTH 1957) liegen die drei wichtigsten Flußsysteme des Landes zugrunde. Demnach entspricht das System des Karnali Westnepal, das System des Kali Gandaki Zentralnepal und das System des Sapt Kosi Ostnepal. Die naturräumlichen Einheiten Nepals, nach einer neueren Gliederung von HAGEN (1980), werden im Kapitel 3.2.1.3. besprochen (vgl. Fig. 7).

³⁴ MCT (Main Central Thrust) ist eine wichtige Überschiebung, die das nepalische Bergland (geologisch gesehen den Lesser Himalaya) vom Kristallin des Hochhimalaya trennt (Kap. 3.2.1).

³⁵ Das Arbeitsgebiet liegt sehr zentral in Nepal – die Bezeichnung „Western“ (Developing Region) ergibt sich aus der eigenartigen administrativen Einteilung Nepals in Eastern Developing Region, Central Developing Region, Western Developing Region, Mid-Western Developing Region und Far-Western Developing Region, nach der Kathmandu in der Central Developing Region liegen sollte.

bezeichnung ist. Die einheimischen Bergbauern bevorzugen die Bezeichnung „Sikha“ bzw. „Sikha VDC“, oder – traditionell – „Sikha Panchayat“. Das Sikha Valley liegt rund 40 km nordwestlich von der Stadt Pokhara, die wiederum etwa 200 km westlich von Kathmandu liegt. Das Sikha Valley erstreckt sich von der Mündung des Ghar Khola in den Kali Gandaki bei Tatopani, auf einer Höhe von nur 1.180 m gelegen, bis hinauf zum Ghorepani Paß, der eine Höhe von 2.874 m aufweist (vgl. Fig. 6). Das Einzugsgebiet des Ghar Khola liegt zwischen 1.180 m und 4.703 m ü.NN und umfaßt eine Fläche von 76,1 km².

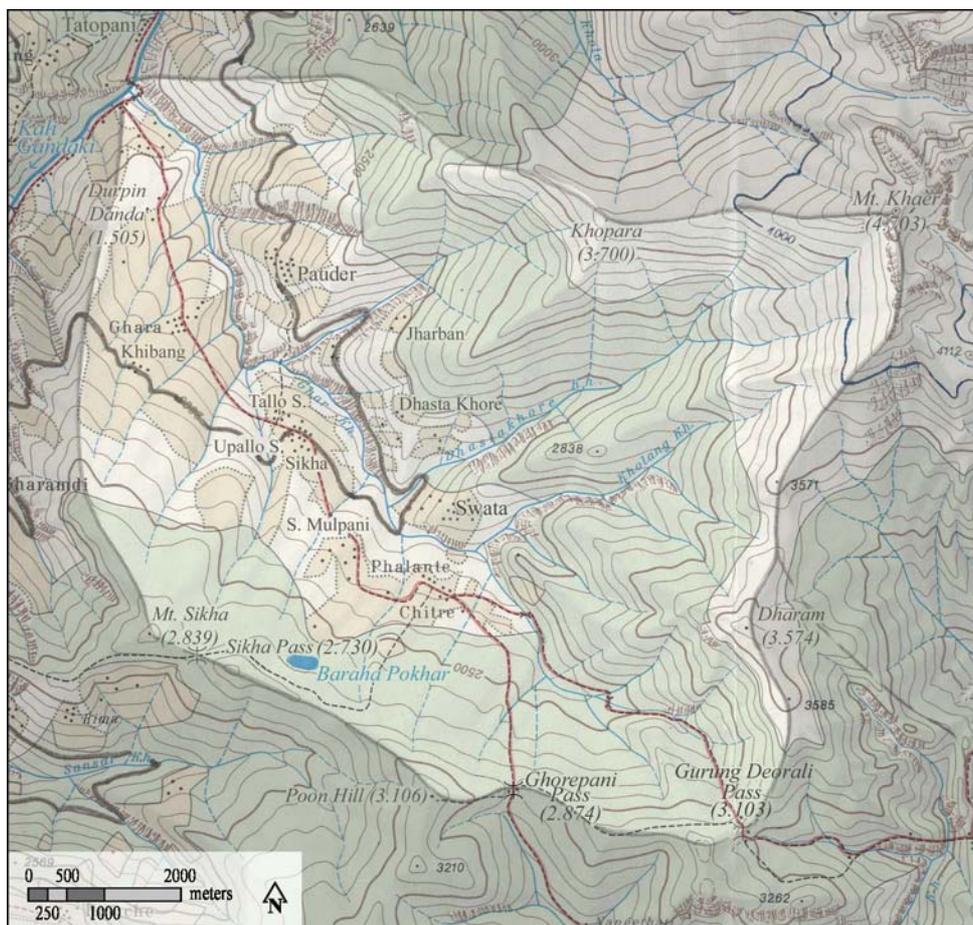


Fig. 6: Das Kernarbeitsgebiet Sikha Valley. Ergänzt nach der Basiskarte: „Annapurna“ (1:100.000) der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung, München (1993); Entwurf: P. Ottinger, Kartographie: N. Harm.

Die Talumrahmung und damit die Grenze des Kernarbeitsgebiets verläuft von Tatopani am Kali Gandaki über den Khopara-Rücken bis zur höchsten Erhebung des Gebietes – Mt. Khaer (4.703 m), dann weiter über den Dharam-Rücken und den Ghorepani Paß (2.874 m) bis hin zum Poon Hill (3.194 m). Von dort verläuft sie über den Sikha-Rücken mit dem Mt. Sikha (2.830 m) wieder zurück nach Tatopani.

Das erweiterte Arbeitsgebiet

Das erweiterte Arbeitsgebiet umfaßt neben dem Sikha Valley zusätzlich das deutlich größere Himalaya-Quertal des Kali Gandaki im Abschnitt zwischen Tatopani (1.220 m) und Kusma (686 m), wo der Modi Khola in den Kali Gandaki mündet (vgl. Fig. 1). Der Kali Gandaki durchfließt den genannten Abschnitt seines Tales, das hier schluchtartigen Charakter besitzt, von Nord nach Süd. Die das Tal begrenzenden Bergrücken reichen hinauf bis knapp über 3.000 m ü. NN. Die Talflanken steigen somit durchweg gut 2.000 m über den Talgrund auf. Nur zwischen Tatopani und Beni (817 m) reicht das Arbeitsgebiet über den Kali Gandaki nach Westen hinaus, auf die rechte Seite des Kali Gandaki Valley. Streng genommen gehört dieser Bereich bereits zum Dhaulagiri-Massiv. Das erweiterte Arbeitsgebiet wird nur im Zusammenhang mit bestimmten Aspekten der Rutschungsproblematik erwähnt. Die Geländearbeiten haben ergeben, daß zahlreiche Rutschungen entlang des Kali Gandaki anschauliche Beispiele für eine für das nepalische Bergland typische Ausprägung von Rutschungen liefern und damit die im Sikha Valley gewonnenen Ergebnisse ergänzen.

Sowohl das **Kernarbeitsgebiet** als auch das **erweiterte Arbeitsgebiet** bestehen fast ausschließlich aus Berghängen. Der Geländeanteil im Talgrund (Flußterrassen) ist zu vernachlässigen. Hangprozesse spielen daher eine besonders bedeutsame Rolle bei der Landschaftsformung. Steilhänge überwiegen, die Hangneigung beträgt in der Regel weit über 20°. Nur selten, auf Schichtflächenhängen, z.B. am ausgedehnten Sikha-Hang, liegt sie zwischen 15° und 20°. Viele Wände der zahlreichen Schluchten stehen beinahe senkrecht. Durch die hohe Reliefenergie handelt es sich beim Arbeitsgebiet um eine ausgesprochen dynamische Landschaft, an der sowohl erosivdenudative als auch akkumulative Prozesse beispielhaft untersucht werden können. Neben dem wissenschaftlichen Interesse, das das Arbeitsgebiet birgt, übt die spektakuläre Gebirgslandschaft auch auf Trekkingtouristen eine große Anziehungskraft aus. Im Jahre 1996 besuchten 49.318 (ausländische) Trekkingtouristen die *Annapurna Conservation Area* (KMTNC 1996).

Zur besseren Verständlichkeit und zum leichteren Einordnen der in der Arbeit genannten Lokalitäten wurden die morphologischen Großformen in drei Größenkategorien eingeteilt:

- Kategorie 1 ist der Himalayahauptkamm, der sich im Arbeitsgebiet entlang der Hauptgipfel des Annapurna- und des Dhaulagiri-Massivs (Verlauf WNW-ESE) hinzieht.
- Kategorie 2 bezeichnet die vom Hauptkamm abgehenden Rücken und die Täler zwischen ihnen. Auf der Südseite des Annapurna-Massivs verlaufen sie meist N-S oder NNE-SSW. Im Arbeitsgebiet gehört dazu der Dharam-Poon Hill-Rücken.
- Kategorie 3 bezeichnet die von den Rücken der Kategorie 2 ausgehenden Rücken und Täler. Im Arbeitsgebiet verlaufen sie in NNE-SSW-Richtung ausgehend vom Dharam-Poon Hill-Rücken. Dazu zählt das Sikha Valley, begrenzt durch den Khopara-Rücken im Norden und den Sikha-Rücken im Süden. Andere Rücken dieser Kategorie in der Umgebung von Sikha sind der Gharamgdi- und der Tikot-Rücken, sowie jenseits des Kali Gandaki der Doba- und der Bega-Rücken.

3.2 Naturräumliche Faktoren

3.2.1 Geologische Situation

3.2.1.1 Einführung

In einem jungen Hochgebirge wie dem Himalaya, in dem die geologischen Prozesse durch andauernde Gebirgsbildung aktiv und sehr dynamisch verlaufen, spielt die Geologie eine entscheidende Rolle als Ursache von Hangmassenbewegungen. In der vorliegenden Untersuchung nimmt die Geologie deshalb eine wichtige Position ein. Sie stellt den Ausgangspunkt der Überlegungen zum Naturraumpotential im Arbeitsgebiet dar. Den Schwerpunkt bilden dabei Felduntersuchungen zu rezenten Prozessen, die für Hangstabilität bzw. -instabilität verantwortlich sind. Die aktiven Hangprozesse im Arbeitsgebiet liefern zahlreiche frische Aufschlüsse, die einen guten Einblick in die Beschaffenheit der oberflächennahen Gesteinspartien geben. Diese lassen sich dadurch genau untersuchen.

Zum geologischen Aufbau des Himalaya liegt eine ganze Reihe von Untersuchungen vor. Die wichtigsten Übersichtsarbeiten stammen von GANSSER (1964), HAGEN (1969), FUCHS (1970, 1981), SEARLE et al. (1987), SHARMA (1990) und WINDLEY (1995). Als aktuelles Beispiel indischer Fachliteratur sei die Arbeit von VALDIYA (1998) genannt. Die in Kathmandu 1980 gegründete *Nepal Geological Society* (NGS) veröffentlicht überwiegend Artikel über Nepal, hauptsächlich im hauseigenen *Journal of Nepal Geological Society*. Die wichtigsten aktuellen Themen darin stammen aus den Bereichen Ingenieurgeologie, Petrologie, Geophysik und Hydrogeologie.

In Bezug auf die Geologie Nepals bleiben weiterhin viele Fragen ungeklärt. Noch nicht beantwortet ist z.B. die wichtige Frage: Wann erreichten die höchsten Himalayagipfel ihre heutige Höhe? Damit ist auch die Frage nach dem Entstehen der Monsunzirkulation in Südasien verbunden. Für eine genauere Rekonstruktion der größeren fossilen Rutschungen (HEUBERGER et al. 1984) wäre es beispielsweise hilfreich zu wissen, mit welchen Beträgen genau die Hebung des Himalaya in der Zeit nach dem letzten Hochglazial vor sich ging. Auch sind noch viele plattentektonische Vorgänge, trotz enormer Fortschritte der Plattentektonik in den letzten Jahren, nur hypothetisch bekannt.

3.2.1.2 Kurzer Abriss der Himalaya-Entstehung

In dem stark reliefierten Nepal-Himalaya gibt die Geologie den Rahmen vor, in dem die Prozesse der Hangformung unter endogenen und exogenen Einflüssen ablaufen, und steuert sozusagen hinter den Kulissen die Landschaftsausprägung. Der zentrale Nepal-Himalaya, in dem sich das Arbeitsgebiet befindet, ist eine tektonisch sehr aktive Region. Da sich viele aktuelle Prozeßabläufe aus der Plattentektonik erklären lassen, soll hier der überregionale geologische Hintergrund zum besseren Verständnis kurz skizziert werden. Es wird allerdings nur auf die für die vorliegende Arbeit relevanten Aspekte eingegangen.

Der Himalaya entstand in Folge einer Kollision der Eurasischen Platte (*Asian Plate* bei VALDIYA 1998) mit dem Indischen Subkontinent, einem Teil der Indoaustralischen Platte (*Indian Plate* bei VALDIYA 1998), entlang einer konvergierenden Plattengrenze. Indien war ursprünglich Teil des Gondwana-Kontinents. Nach dessen Auseinanderbrechen im frühen Mesozoikum begann Indien nach Norden zu driften, gegen die Eurasische Platte. Aus den magnetischen Anomalien im Indischen Ozean läßt sich ableiten, daß sich Indien seit etwa 84 Millionen Jahren (=Ma) gegen den Uhrzeigersinn nach Norden hin bewegt (WINDLEY 1995). Infolge der dadurch ausgelösten Subduktion wurde zunächst die Neo-Thetys geschlossen, ein Paläoozean, der sich zwischen den beiden Kontinenten befand und Teil der Indoaustralischen Platte mit ozeanischer Kruste war. Die ursprüngliche Plattengrenze aus dieser Zeit liegt gegenwärtig jenseits des heutigen Hochhimalaya und ist als die eozäne Neothetys-Geosutur³⁶ bzw. die Indus-Zangpo-Sutur bekannt (GANSSEER 1977). Zum starken Wachstum des Himalaya (Orogenese) kam es aber erst, als im frühen Tertiär vor rund 50 Ma³⁷ die Kollision der kontinentalen Krustenteile der Indischen Platte mit dem Asiatischen Kontinent begann (SEARLE et al. 1988). Südlich der Indus-Zangpo-Sutur d.h. noch innerhalb der Indoaustralischen Platte entwickelten sich vor rund 25-20 Ma großräumige krustale Überschiebungen. Dabei wurden an diesen Überschiebungen Teile des nordindischen Schelfbereichs und ihr krustales Substrat von ihrem Lithosphären-Substrat abgeschert und nach Süden bewegt (EISBACHER 1996). Die nördlichste dieser Überschiebungen (*thrust fault*) ist die sogenannte Main Central Thrust (MCT) – sie trennt den Hochhimalaya vom Lesser Himalaya. Durch diese Überschiebung wurde die Plattenbewegung zunächst aufgefangen. Durch den weiteren Materialzuwachs hat sich die Überschiebungsfront später von der MCT an eine neue Überschiebung – die Main Boundary Thrust (MBT) – verlagert. Diese grenzt nach Süden hin den Lesser Himalaya gegen die Siwaliks (Sub-Himalaya) ab. Die Main Frontal Thrust (MFT) schließlich trennt die gefaltete Molasse der Siwaliks von der alluvialen Gangesebene (Terai)³⁸.

³⁶ Geosuturen (*geosutures*) sind reliktsche Plattengrenzen, d.h. fossile Kontaktzonen zwischen unterschiedlichen Platten innerhalb neu entstandener Intraplattenbereiche (EISBACHER 1996).

³⁷ Über den genaueren Zeitpunkt des Beginns der Kollision herrscht noch keine Einigkeit. Es wird aber von allen Autoren im frühen Tertiär, d.h. vor 65-45 Ma, angesiedelt (WEST 1996). So z.B. von SEARLE et al. (1988) vor 50 Ma, DEWEY et al. (1989) vor 45 Ma und von WINDLEY (1996) vor 55-45 Ma.

³⁸ „Terai“ bezeichnet den nördlichsten Teil der Gangesebene (vgl. Kap. 1.5.2).

Die nordwärtsgerichtete Bewegung Indiens dauert bis heute an, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die allgemein bei ca. 50 mm/a angesetzt wird (DEWEY et al. 1989, EISBACHER 1996). HARRISON et al. (1992, 1993) und MOLNAR et al. (1993) nehmen an, daß das Tibet Plateau bereits vor rund 2-3 Ma eine Höhe ü. NN erreichte, die der heutigen Höhe schon sehr nahe kommt, während der Himalaya weiterhin schnell wächst.

3.2.1.3 Die geologische Lage innerhalb des Himalaya (Lesser Himalaya)

Das Arbeitsgebiet liegt in einem geologisch sehr interessanten Raum. Im Bereich der Kali Gandaki-Verwerfung treffen charakteristische geologische Eigenschaften West- und Zentralnepals aufeinander (SHARMA 1990). Unweit nördlich davon stößt der Tibetische (Thetys-) Himalaya auf den Hochhimalaya und den Lesser Himalaya.

Der nepalische Himalaya wird allgemein in fünf geologisch-tektonische Zonen unterteilt. Von Süden nach Norden sind das: die Terai-Zone, die Subhimalaya-Zone, die Lesser Himalaya-Zone, die Hochhimalaya-Zone und die Tibetische bzw. Tethys-Himalaya-Zone. Sie verlaufen in etwa Ost-West und parallel zueinander. Diese geologische Einteilung entspricht im wesentlichen den großen naturräumlichen Einheiten Nepals. Da die Bezeichnungen in beiden Gliederungen ähnlich sind, sich aber doch nicht ganz entsprechen, kommt es oft zu Verwechslungen. Fig. 8 zeigt die Zuordnung von naturräumlichen und geologischen Einheiten des nepalischen Himalaya. Da das gesamte Arbeitsgebiet im nepalischen Bergland innerhalb des Lesser Himalaya liegt, wird diese Zone im folgenden näher behandelt.

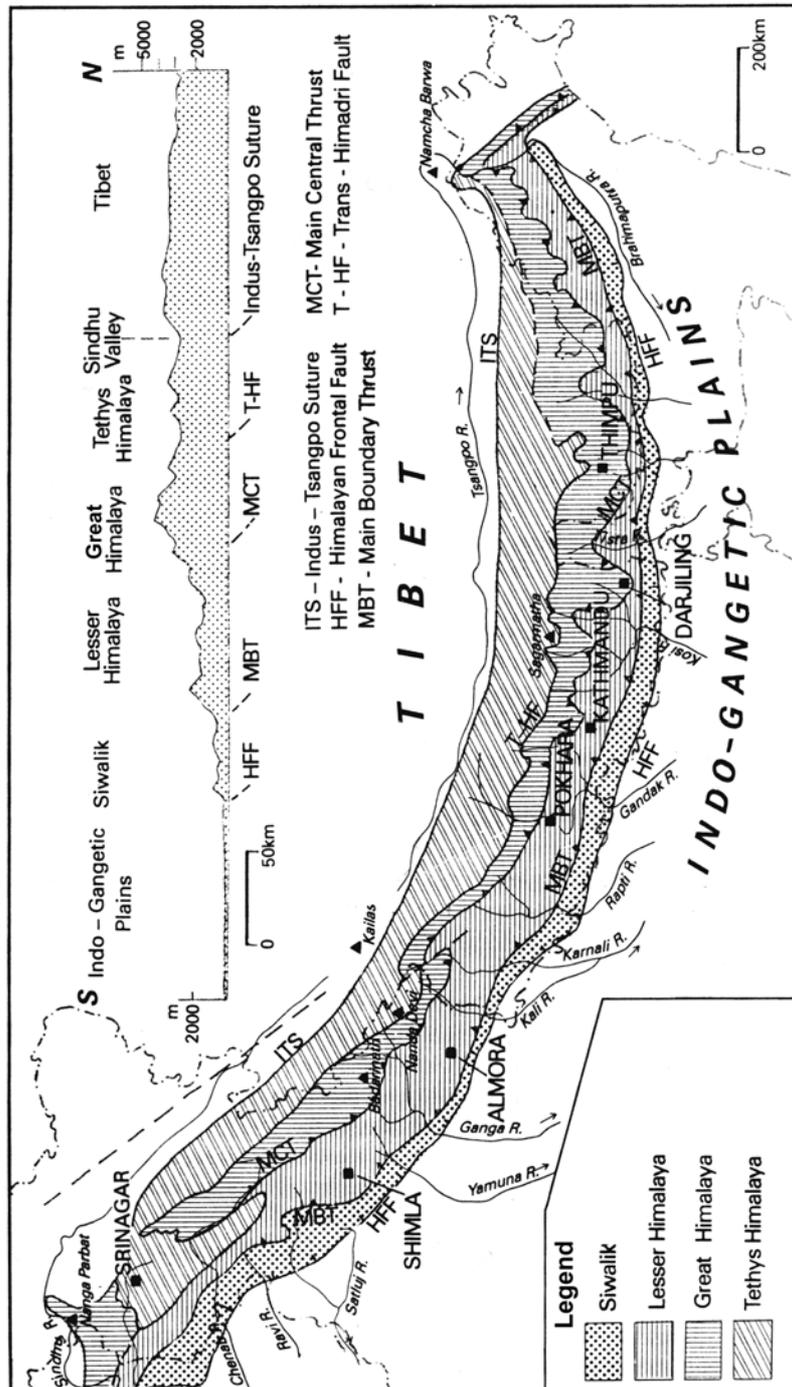


Fig. 7: Geologische Übersicht zum Himalaya;
 nach VALDIYA (1998, p. 10) verändert.

| Naturräumliche Einheiten | Geologisch-Tektonische Einheiten |
|--|----------------------------------|
| Terai | Terai |
| Siwaliks (Churia Hills) und DunValleys | Subhimalaya |
| Mahabharat Range | Lesser (Lower) Himalaya |
| Bergland (<i>middle hills, midlands</i>) | |
| Hochhimalaya | Hochhimalaya |
| Tibetischer Himalaya | Tibetischer (Thetys-) Himalaya |

Fig. 8: Naturräumliche und geologisch-tektonische Gliederung des nepalischen Himalaya;
verändert nach HAGEN (1980) und UPRETI & DHITAL (1996).

Lesser Himalaya³⁹

Der Lesser Himalaya (Lower Himalaya)⁴⁰ entspricht in etwa den naturräumlichen Einheiten Bergland (vgl. Kap. 1.5.2) und Mahabharat Kette⁴¹. Nach Norden hin wird der Lesser Himalaya – wie bereits erwähnt – durch die *Main Central Thrust* (MCT) gegen das Kristallin des Hochhimalayas begrenzt. Die MCT ist eine große, nach Norden einfallende Überschiebung (*thrust*), die entlang der Himalaya-Hauptkette verläuft. Sie quert das Kali Gandaki Valley bei Dana (1.440 m), nur wenige Kilometer nördlich der Mündung des Ghar Khola in den Kali Gandaki. Anschließend verläuft sie dicht unterhalb des Gipfels des Mt. Khaer (4.703 m) und streift damit lediglich das Sikha Valley. Die MCT ist heute noch aktiv und in vieler Hinsicht für die vorliegende Studie relevant. Entlang der MCT läßt sich eine Häufung von heißen geothermalen Quellen beobachten. Im Arbeitsgebiet sind sie in Tatopani am Kali Gandaki (vgl. Kap. 6.) und in der direkten Nachbarschaft außerhalb des Arbeitsgebietes, unterhalb von Chomrong am Modi Khola sowie im Seti Khola Valley zwischen Ghachok und Mirsa, seit etwa 30 Jahren touristisch erschlossen. Am nördlichen Rand des Arbeitsgebiets manifestiert sich die MCT auch in einem spektakulären, rapiden Geländeanstieg, der mehrere tausend Meter umfaßt, und zwar von Höhen um 3.000 – 4.000 m ü. NN bis zu Höhen um 7.000 bis 8.000 m ü. NN auf einer horizontalen Entfernung von nur 10 – 20 km! Im Süden wird der Lesser Himalaya durch die *Main Boundary Thrust* (MBT) gegen die Sub-Himalaya Zone begrenzt. Die MBT liegt allerdings weit südlich des

³⁹ Für die geologische Einheit „Lesser Himalaya“ gibt es keine deutsche Übersetzung.

⁴⁰ WINDLEY (1995) verwendet für Lesser Himalaya den Namen Lower Himalaya.

⁴¹ Der Anteil des Lesser Himalaya in der Mahabharat Kette wird im folgenden nicht weiter behandelt.

Arbeitsgebietes, und die Vorgänge dort werden deshalb in der vorliegenden Arbeit nicht näher erläutert.

Das gesamte erweiterte Arbeitsgebiet liegt innerhalb der Lesser Himalaya-Zone, an der südlichen Abdachung des Annapurna- und des Dhaulagiri-Massivs. Aus größerer Entfernung betrachtet, scheint der Lesser Himalaya weit weniger steil aufzuragen als der Hochhimalaya mit seinen Sieben- und Achttausendern, die das Arbeitsgebiet im Norden unmittelbar begrenzen. Wegen seiner vergleichsweise sanften und bewaldeten Bergrücken und dem Fehlen alpiner Formen (kaum scharfe Felsgrate, schroffe Gipfel, usw.) wird er häufig als (die einzige) "reife" Landschaft in Nepal angesehen (UPRETI & DHITAL 1996). Dieser Meinung folge ich jedoch nicht uneingeschränkt. Durch meine Feldforschungen bin ich zur Einsicht gelangt, daß diese Landschaft seit dem Anfang des Quartärs eine Verjüngung erfahren haben muß, denn auch der Lesser Himalaya ist durch eine große Steilheit der Hänge geprägt (zur Verjüngung der Landschaft im Quartär vgl. auch KUHLE 1982, WEST 1996 bzw. VALDIYA 1998).

Viele Flüsse, die den Hochhimalaya entwässern, wie z.B. der Kali Gandaki, durchbrechen in tiefen Schluchten die Bergzüge des Lesser Himalaya. Die Erosionsbasis am Südrand des (erweiterten) Arbeitsgebietes liegt hier sehr niedrig. Bei Beni liegt sie bei 817 m ü. NN. Nur 18 km weiter flußabwärts, bei Kusma, wo der Modi Khola⁴² in den Kali Gandaki mündet, liegt sie auf nur 686 m ü. NN⁴³. Die andauernde Hebung des Himalaya verstärkt den Prozeß der Eintiefung und hält ihn weiterhin in Gang, aber auch die Schmelzwässer aus den abgeschmolzenen pleistozänen Gletschern haben sich an der Schluchtenbildung maßgeblich beteiligt.

3.2.1.4 Struktur und Tektonik

Die in Kap. 3.2.1.1 beschriebenen (z.T. hypothetischen) Vorgänge der Plattentektonik finden großräumig und über lange Zeitspannen hinweg statt. Deshalb ist es (mit Ausnahme der Erdbeben)⁴⁴ kaum möglich, diese Vorgänge als direkte Ursache für den Abgang einer einzelnen, bestimmten Rutschung auszumachen. Die Plattentektonik nimmt aber hinsichtlich der Ursache von Rutschungen dennoch eine wichtige "vorbereitende" Rolle ein. Die räumlich begrenzt wirkenden aktuellen tektonischen Vorgänge im Arbeitsgebiet lassen sich dagegen genauer untersuchen, insbesondere an einzelnen Störungszonen. Die aktive Überschiebungs-

⁴² Der Modi Khola entwässert die Täler am östlichen Rand des Sikha Valleys.

⁴³ Dieser Zusammenfluß von Kali Gandaki und Modi Khola markiert den südlichsten Punkt des erweiterten Arbeitsgebietes.

⁴⁴ Starke Erdbeben können unmittelbar Rutschungen auslösen (vgl. Kap. 5.2.4.3).

fläche (MCT) wurde bereits erwähnt. Das obere Kali Gandaki-Valley, das rechtwinklig zum Himalaya-Hauptkamm⁴⁵ verläuft, folgt einer wichtigen Querstörung (*transverse fault*). Diese ist sogar auf Satellitenbildern leicht zu erkennen. Solche Zerrgräben (*tensions cracks*) sind typische Erscheinungen im Zentralen Himalaya. Die Kali Gandaki-Querstörung ist für viele Rutschungen zwischen den Orten Baglung und Tatopani verantwortlich. Auch der Ghar Khola, der das Sikha Valley entwässert, folgt einer Störung, die in diesem Fall allerdings parallel zum Generalstreichen des Gebirges verläuft.

In einer so jungen und dynamischen Gebirgsregion ist es kaum möglich die tektonischen Vorgänge genau von den gravitativen Massenschwerebewegungen am Hang zu trennen, und zwar vor allem beiderseits der Kali Gandaki-Schlucht (d.h. entlang der Kali Gandaki-Querstörung). Speziell dort ist dies ohne detaillierte ingenieurgeologische Untersuchungen zur Mechanik der Hangbewegungen nicht möglich. Diese waren nicht das Ziel der vorliegenden Studie. Für die weiteren Ausführungen nehme ich daher ein Zusammenspiel beider Kräfte in diesem Bereich des Arbeitsgebietes an. Diese haben eine beeindruckende Landschaft geschaffen, die den Bergbauern dieser Gegend ein Höchstmaß an Terrassenbaukunst abverlangten.

Die Anordnung der Talachsen – WNW-ESE – im Arbeitsgebiet wird durch Störungen vorbestimmt (vgl. Kap. 3.1), die parallel zum Generalstreichen des Himalaya verlaufen (Strukturtäler). Die Tektonik im Arbeitsgebiet wird auch im Kapitel „Ursachen von Rutschungen“ (Kap. 5.2.2.1) behandelt.

3.2.1.5 Stratigraphie

Das Arbeitsgebiet liegt am nördlichen Rand des Lesser Himalaya. Die Geologie wird dort von der Kuncha Formation dominiert. Nach KOIRALA & KAPHLE (1998, p. 9) vom *Department of Mines and Geology* (Kathmandu)⁴⁶ ist die Kuncha Formation:

"represented by the repeated interbeds of light greenish grey gritty phyllite and quartzite. Its thickness varies from a few thousand meters to several thousand meters at different localities. This is the most predominant unit in the area".

KOIRALA & KAPHLE (1998) benutzen den Namen „Kuncha Formation“ für einen Teil der Lower Nawakot Group⁴⁷. Die gesamte Kuncha Formation bildet ein durch Denudation gekapptes Antiklinorium. Der Bericht des *United Nations Development Project* (UNDP 1981,

⁴⁵ Der Himalaya-Hauptkamm verläuft in diesem zentralnepalischen Abschnitt in E-W-Richtung.

⁴⁶ In Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR), Hannover.

p. 15) gibt die Mächtigkeit der Kuncha Formation mit mehr als 3.000 m an („*the base being nowhere exposed*“). Die mächtigsten Quarzit- oder Phyllit-Formationsglieder erreichen nach dem o.g. Bericht eine Mächtigkeit von bis zu 200 m. Beinahe das gesamte Arbeitsgebiet liegt innerhalb der Kuncha Formation. Nur der äußerste nördliche Rand des Sikha Valley, der Gipfel des Mount Khaer (4.703 m), liegt nördlich der MCT und gehört damit bereits zum Kristallin des Hochhimalaya. Nach der Geologischen Karte im Maßstab 1:1.000.000, herausgegeben vom *Department of Mines and Geology* (Kathmandu, 1994), handelt es sich bei den *Higher Himalayan Crystallines* um prekambrische hochmetamorphe Gneise, Granitgneise, Quarzite, Migmatite und Marmore.

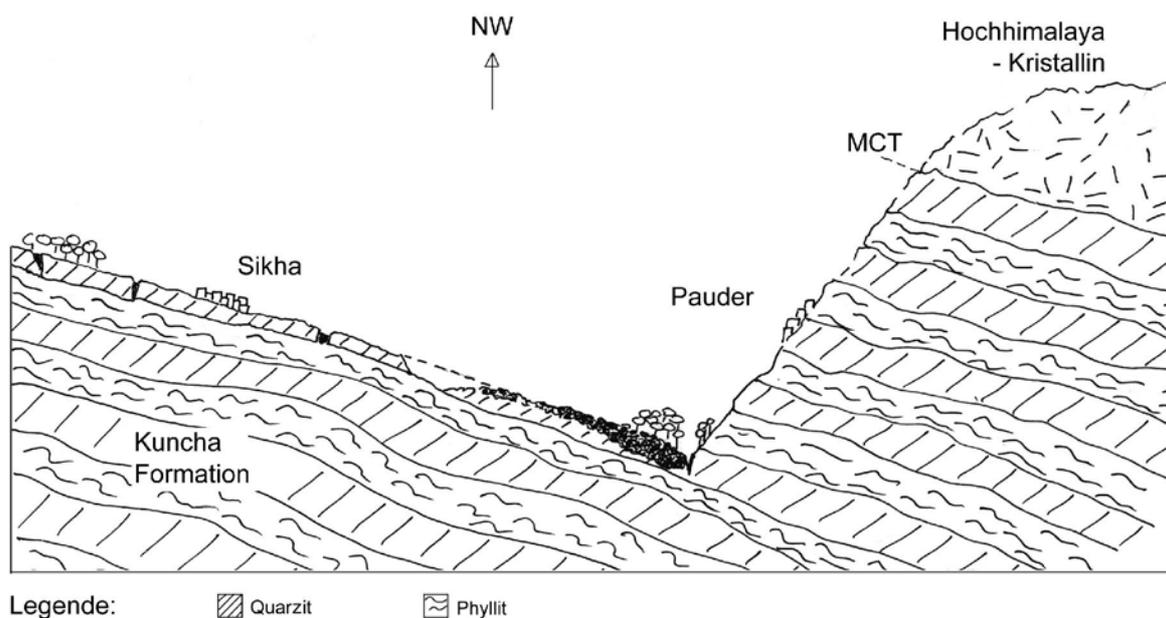


Fig. 9: Geologisches Querprofil des Sikha Valley;

Entwurf: P. Ottinger, Graphik: F.Woll.

⁴⁷ So auch schon der Report des *United Nations Development Project* (UNDP 1981).

3.2.1.6 Lithologie

In diesem Kapitel wird nur auf die Gesteine eingegangen, die im Sikha Valley, d.h. im Kernarbeitsgebiet vorkommen. Im erweiterten Arbeitsgebiet dürften auch keine anderen Gesteine zu finden sein. Im Bett des Kali Gandaki finden sich zwar etliche Gesteinsfragmente, die aus dem Kristallin des Hochhimalaya, d.h. von außerhalb des Arbeitsgebietes stammen. Sie wurden durch glaziale, glazifluviale und fluviale Prozesse sowie durch Rutschungen, v.a. *debris flows*, in ihre heutige Lage gebracht. Auf diese Gesteine wird hier allerdings nicht weiter eingegangen, da sie für das Arbeitsgebiet irrelevant sind.

Im Sikha Valley ist eine **Abfolge von Phylliten und Quarziten** am häufigsten. Sie dominiert weitgehend die geologischen Vorgänge. Besonders ihre Lagerungsverhältnisse am Hang spielen eine Schlüsselrolle bei der Entstehung von Rutschungen. Ihre genauere Untersuchung erwies sich deshalb als sehr aufschlußreich. Die Phyllit / Quarzit-Abfolge ist offensichtlich besonders anfällig für Instabilitäten am Hang, besonders, wenn sie sog. Schichtflächenhänge (*dip slopes*) bildet, deren Fallen der Hangneigung entspricht und bei denen das Streichen der Gesteine parallel zur Tallängsachse verläuft. Diese Voraussetzungen begünstigen Rutschungen in hohem Maße. Der Sikha-Hang ist ein sehr gutes Beispiel für einen solchen Schichtflächenhang (vgl. Kap. 5.1.2 und Foto 1, 2 und 13).

Folgende Gesteine treten im Sikha Valley auf (Bestimmung nach ALTHERR 2001, p.M.):

Phyllite (Quarz-Chlorit-Serizit-Phyllite)

Phyllite⁴⁸ sind geschieferte, schwachmetamorphe Gesteine. Nach dem Grad der Metamorphose werden sie zwischen den Tonschiefern (mit dem niedrigsten Metamorphosegrad der geschieferten Gesteine) und den Glimmerschiefern eingeordnet. Mit steigendem Grad der Metamorphose nimmt auch die Kristallgröße zu. Beim Phyllit sind die tafeligen Mineralien makroskopisch noch nicht erkennbar, bei Glimmerschiefern dagegen schon. Verwitterte Phyllite des Lesser Himalaya zerfallen in sehr dünne Platten und Plättchen, die kleinsten sind ohne Lupe kaum erkennbar. Phyllite bestehen hauptsächlich aus dem metamorphen Mineral Serizit, deshalb werden sie auch gelegentlich Serizitschiefer genannt. Serizit ist eigentlich ein feinkörniger bzw. feinschuppiger Muskovit. Serizit besitzt Plättchen- bzw. Schuppenstruktur und verleiht dem Phyllit seinen silbernen Glanz (deshalb fr. – *schiste lustré*). Dieser Glanz ist charakteristisch für alle Aufschlüsse im Sikha Valley. Da Phyllit leicht verwittert und dabei in sehr kleine Fragmente zerfällt, sind viele Wegabschnitte im Gebiet mit silbrig-seidig glänzendem, weichem Phyllit-Staub bedeckt. In nassem Zustand wird er leicht schmierig und

⁴⁸ Phyllit – von griech. *phyllos* = Blatt.

fließfähig und die Wege werden rutschig, insbesondere wenn diese Schmiere über harte Quarzitpflastersteine fließt.

Dickere Bänke aus reinem Phyllit verhalten sich duktil und bilden Flexuren. Treten sie aber zusammen mit Quarziten auf, gibt es Brüche und scharfe Knicke, die sich von den Quarzitbänken auf die Phyllitbänke übertragen. Im Arbeitsgebiet sind die Phyllite in der Regel zwischen die starren Quarzite eingespannt. Oberhalb der Siedlung Swata gibt es gute Beispiele für Quarzintrusionen im Phyllit. Der Quarzreichtum zeigt dabei eine Verrieselungszone an. Hier markiert eine Störungsbreccie den Verlauf der MCT im Arbeitsgebiet.

Phyllite sind sehr weiche Schiefer, besonders wenn sie Talk⁴⁹ enthalten (nach Literaturberichten über den Lesser Himalaya). Rutschungen werden erwartungsgemäß bei hohem Talkgehalt der Phyllite begünstigt. Deshalb wurde durch eine röntgenspektographische Untersuchung geklärt (siehe Anhang), ob der Phyllit aus dem Sikha Valley auch Talk enthält. Diese Untersuchung wurde am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg unter der Leitung von Prof. Rainer ALTHERR durchgeführt). Als Ergebnis wurde festgestellt, daß kein Talk vorhanden ist⁵⁰ (ALTHERR 2001b).

Ebenfalls am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg unter der Leitung von Prof. Rainer ALTHERR wurde eine Dünnschliffanalyse einer repräsentativen Phyllitprobe (primäres Gestein, unverwittert) aus dem Sikha Valley durchgeführt. Diese Analyse ergab folgenden Mineralienbestand:

- Muskovit (Serizit),
- Chlorit (sein Zustand deutet auf primäres Gestein, unverwittert),
- Quarz (Quarzkristalle berühren sich noch),

Nach ALTHERR (2001) lautet der vollständige Name des Gesteins also:

Quarz-Chlorit-Serizit-Phyllit.

Quarzite

Quarzite sind metamorphe Gesteine, die durch die Umwandlung quarzreicher Sandsteine entstanden sind. Die Quarzite im Arbeitsgebiet sind nach ihren sedimentologischen Eigenschaften kontinentale Quarzite, entstanden im flachmarinen Schelfbereich. Sie sind massig ausgebildet und gut sortiert. Das läßt auf einen sehr reichen Quarzsandstein (Quarzarenit) als Ausgangsgestein schließen (TUCKER 1985).

⁴⁹ Talk ist ein sehr weiches Mineral – Mohshärte 1; bildet oft schuppige und blättrige Aggregate, fühlt sich fettig an; im Arbeitsgebiet eventuell als Kluftfüllung in kristallinen Schiefen enthalten.

⁵⁰ Wenn Talk vorhanden ist, dann weniger als 5 % (Erfassungsgrenze der Röntgenanalyse).

Die hohe Widerstandskraft der Quarzite gegen chemische Verwitterung hat in dem subtropischen Klima des Arbeitsgebietes eine große morphologische Bedeutung. Wo die Quarzite an der Oberfläche sichtbar sind, bilden sie oft Geländestufen oder kleine Zwischenrücken, die den sonst eher flachen Sikha-Hang gliedern (vgl. Foto 13). Bei starkem mechanischem Druck reagieren Quarzite aber spröde und zerbrechen in scharfkantige Quader. Diese werden oft als Pflastersteine für Dorf- und Hausplätze, für Fußwege bzw. als Material für Stufen auf allen wichtigen Wegen im Arbeitsgebiet verarbeitet. Das ist zwar arbeitsintensiv, aber dank des Quarzites ist diese Pflasterung sehr langlebig. Eine mit der Lithologie zusammenhängende Besonderheit im Sikha Valley ist es, daß auch die Hausdächer in den Dörfern mit Quarzitplatten gedeckt werden. Sie sehen den herkömmlichen Schieferplatten, auch weil sie in der Regel vermoost sind, sehr ähnlich. Die Quarzitplatten sind zwar etwas dicker als herkömmliche Schieferplatten und damit auch schwerer, weshalb mehr Bauholz für die Konstruktion der Häuser nötig ist, sie sind aber dafür sehr witterungsbeständig. Der Transport von „echten“ Schieferplatten aus weit entfernten Steinbrüchen wäre außerdem zu kostspielig.

Grünschiefer – Metabasite

Grünschiefer, grünliche Metabasite, sind neben der Phyllit / Quarzit-Wechselagerung die häufigsten Gesteine im Sikha Valley. Sie treten jedoch nur punktuell auf. Da ihre Ansprache makroskopisch nicht verlässlich möglich war, wurde die genaue Zusammensetzung dieser Gesteine durch die Anfertigung zweier Dünnschliffe eindeutig festgestellt. Die Dünnschliffanalyse wurde am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg unter der Leitung von Prof. Rainer ALTHERR durchgeführt und ergab folgenden Mineralienbestand:

Dünnschliffanalyse – Probe Nr. 1 (nach ALTHERR 2001a): ein metamorphes Gestein, das Ausgangsgestein war wahrscheinlich ein feinkörniger Basalt. Es ist keine reliktsche (vormetamorphe) Einregelung mehr zu sehen.

Mineralienbestand:

- aktinolithische Hornblende; das wichtigste Mineral in der Probe,
- Albit,
- Biotit,
- Epidot,
- Titanit,
- Magnetit,
- Clazit, wenig,
- Chlorit,
- ± Quarz,

Gesteinsname: **Grünschiefer**, der Metamorphosegrad entspricht genau dem der Phyllite.

Dünnschliffanalyse – Probe Nr. 2 (nach ALTHERR 2001a): etwas grobkörniger, die Kristalle der aktinolithischen Hornblende sind gröber als in der Probe Nr. 1; sonstige Ergebnisse wie bei Probe Nr. 1.

Die wenigen Grünschiefer, die im Arbeitsgebiet auftreten, haben dank ihrer Härte und Widerständigkeit gegen Verwitterung, vor allem in Relation zu den vorherrschenden Phylliten, trotz eines nur kleinen, punktuellen Areals morphologische Bedeutung. So bilden sie z.B. auf mehreren Abschnitten das Flußbett des Ghar Khola und hemmen so dessen weitere Tiefenerosion. Mit fortschreitender Tiefenerosion würde sich sonst die Erosionsbasis des gesamten Einzugsgebietes senken und größere Gesteinspartien nachrutschen lassen. Dort, wo die Grünschiefer auf einer größeren Strecke das Flußbett des Ghar Khola bilden, ist ihr Vorkommen ebenfalls morphologisch bedeutsam. Der prominente Kot Pakha-Rücken (1.730 m), ein Felssporn, der in den Ghar Khola hineinragt und über diesen ein ca. 180 m hohes Kliff bildet, besteht aus Grünschiefern. Die Grünschiefer sind die einzigen Gesteine im Tal, die „echte“ Klammbildung zulassen. Nahe den Brücken zwischen Ghara und Pauder sowie zwischen Sikha Deorali und Dhasta Khore befinden sich zwei solche Schluchtstrecken.

Oberhalb der *secondary school* von Sikha Mulpani bilden die Grünschiefer einen regelrechten Riegel für das Boden- und Gesteinsmaterial eines großen Gullys, der sich in den letzten Jahren oberhalb dieses Riegels schnell entwickelt (vgl. Foto 12). Nach und nach wird dieser Riegel jedoch zerstört und der Durchlaß verbreitert. Größere Muren können dann das Material aus dem Gully ausräumen und es u.a. auf dem Schulgelände wieder deponieren. Das Gebäude selbst wäre dann akut bedroht. Wenn rechtzeitig entsprechende *check dams* errichtet werden können, ließe sich das möglicherweise für eine gewisse Zeit verhindern. Etwa 400 m weiter westlich von dem o.g. "Schulriegel" gibt es in Sikha Mulpani zwei kleine Grünschiefersteinbrüche. Diese Grünschiefer stellen ein wertvolles Baumaterial dar.

Tonschiefer (*slate*)

Im Arbeitsgebiet kommen Tonschiefer selten vor, nur nahe dem Dorf Pawder fand ich ein größeres Vorkommen. Sie zeichnen sich durch eine so engständige Foliation aus, daß ihre Teilbarkeit mit dem bloßen Auge nicht mehr zu erkennen ist.

Zum Kristallin des Hochhimalaya gehörende Gesteine

Unterhalb des Gipfels des Mt Khaer (4.703 m) verläuft im Höhenbereich zwischen 2.700 m und 3.300 m bereits die erwähnte MCT. Damit treten in diesem kleinen Teil des Sikha Valley auch bereits zum Kristallin des Hochhimalaya gehörende Gesteine auf. Am häufigsten sind dabei **Glimmerschiefer**, die sich oft auch im Bett des Ghar Khola zu finden. Sie wurden dorthin größtenteils durch *debris flows* gebracht. Es ist aber auch denkbar, daß sie durch pleistozäne Gletscher aus dem Mt. Khaer-Kar wegtransportiert worden sind. Manche

Fundstücke lassen sich als **Zweiglimmerschiefer** oder, wenn sie Granate beinhalten, als **Granat-Glimmerschiefer** ansprechen.

Auf dem Khopara-Rücken (3.710 m) und unterhalb stehen feinkörnige **Gneise** (kristalline Schiefer) an. Sie bilden auch teilweise die Gipfelpartie des Mt. Khaer (4.703 m). Auch unmittelbar östlich des Ghorepani Passes, d.h. jenseits der Talumrahmung, finden sich in der Umgebung des Dorfes Ulleri stellenweise Gneise, überregional bekannt als „Ulleri Gneise“. Unterhalb des Gipfels des Mt. Khaer, an der Grenze zur MCT, finden sich auch **Augengneis-Migmatite** (auch u.a. in Tirkhedunga).

3.2.1.7 Zusammenfassung

Die Geologie ist für die Untersuchungen von Rutschungen im Sikha Valley von großer Bedeutung, denn sie bestimmt das Landschaftsbild im Gebiet maßgeblich. Das Arbeitsgebiet ist tektonisch stark geprägt, v.a. durch die überregionale Plattentektonik. Durch die weiter vorstoßende Plattenüberschiebung, die fortschreitende schnelle Hebung des Gebirges und gleichzeitige verstärkte Tiefenerosion der Himalayaflüsse versteilen sich die Hänge und werden instabil. Erdbeben lockern das Gefüge der Gesteine und bereiten so das Material für Hangmassenbewegungen vor. Der Verlauf von Störungen bestimmt die Richtungen von Talachsen, von Streichen und Fallen der Gesteinsformationen und somit auch der Hänge. Die *Main Central Thrust* (MCT) und die rechtwinklich zu ihr verlaufende Kali Gandaki-Verwerfung (*transverse fault*) sind die wichtigsten Störungen im Arbeitsgebiet. Auch der Ghar Khola fließt entlang einer Verwerfung, an deren Ausrichtung sich das Sikha Valley orientiert. Stratigraphisch gehört das Arbeitsgebiet zum Lesser Himalaya und zwar zur Kuncha Formation der Lower Nawakot Group. Lithologisch bestimmt eine Abfolge von Phylliten und Quarziten, die äußerst anfällig für Rutschungen ist, das Gebiet. Landschaftsprägende, asymmetrische Täler werden von schwach geneigten, stufig in sich gegliederten Schichtflächenhängen sowie gegenüberliegenden steilen Schichtkopfhängen gebildet.

3.2.2 Reliefverhältnisse

3.2.2.1 Quartäre Reliefentwicklung

Rutschungen haben seit dem Spätglazial die heutige Morphologie der Hänge entscheidend geprägt. Für heutige Hangprozesse im Sikha Valley ist das Ausmaß der pleistozänen Vergletscherung relevant. Bereiche, die damals nicht vergletschert waren, unterlagen einer intensiven Verwitterung unter periglazialen Bedingungen. Die Rutschungsaktivität selbst dürfte im Bereich des heutigen Arbeitsgebietes während der Vergletscherungsphasen stark eingeschränkt gewesen sein. Erstens waren alle wichtigen Täler des Gebirges mit Eis, das als Widerlager die Hänge abstützte, gefüllt. Zweitens herrschte, wie WEST (1996) ausführt, während der Eiszeiten in Nepal höchstwahrscheinlich nicht nur ein kaltes, sondern auch trockenes Klima. Während der schnellen Rückzugsphase der pleistozänen Gletscher hat dagegen nach Meinung vieler Autoren (vgl. HAEBERLI 1993, SELBY 1993) die Aktivität der Massenbewegungen stark zugenommen. Gründe dafür sind das fehlende Hangwiderlager (weil das Eis geschmolzen ist, und Ablagerungen wegerodiert sind), Permafrostschwund, und eine schnelle Tiefenerosion der Schmelzwässer, die wiederholt den Hangfuß unterschritten haben. Das ließ den Hang immer wieder nachrutschen. Der rezente Permafrostschwund dürfte so weit fortgeschritten sein, daß im Arbeitsgebiet überhaupt kein Permafrost mehr vorhanden ist. Folglich ist er für die vorliegende Arbeit nicht relevant. Der rezente Permafrostschwund wird allerdings als einer der wichtigsten Faktoren für die heute zunehmende Rutschungsaktivität in den Alpen angesehen (v.a. HAEBERLI 1993).

Aufgrund eigener Untersuchungen muß angenommen werden, daß zumindest die über etwa 3.000 m gelegenen Teile des Arbeitsgebietes im Pleistozän vergletschert waren. Belegen läßt sich das auch mit Ergebnissen von Studien, die v.a. die französische Geomorphologin Monique FORT in den 1980er Jahren durchgeführt hat (FORT & FREYTET 1980, FORT 1988, FORT & DERBYSHIRE 1988). Danach lag die spätpleistozäne (*Last Glacial Maximum*) Schneegrenze, hier ELA (*equilibrium line altitude*)⁵¹ genannt, im Annapurna-Massiv nördlich von Pokhara um 1.000 – 1.300 m tiefer als heute. Die Lage der heutigen ELA wird bei 5.000 – 5.200 m ü. NN angegeben. Die Depression der ELA um 1.300 m und mehr im Annapurna-Massiv stellt für den Zentralhimalaya einen sehr hohen Wert dar, der nur mit den Werten aus dem benachbarten, jenseits des Kali Gandaki liegenden Dhaulagiri-Massivs vergleichbar ist (KUHLE 1982). In beiden Fällen ist die Reliefenergie sehr hoch und die Zerschneidung der bereits seit dem Tertiär existierenden Täler besonders tief. So konnten die lawinengespeisten Gletscher (*avalanche-fed glaciers*) schneller in tiefer liegende Bereiche vorstoßen. Unsicherheiten bleiben dennoch bestehen, denn diese Ergebnisse wurden nur mit relativen, auf phäno-

⁵¹ Bei den hier erwähnten fremdsprachigen Autoren wird die ELA nicht näher präzisiert. Der deutsche Forscher Matthias Kuhle, der viel im Annapurna-Massiv gearbeitet hat, verwendet in seinem Werk „Glazialgeomorphologie“ (1991) den Begriff ELA synonym mit Schneegrenze.

menologischen Merkmalen basierenden Datierungsmethoden gewonnen. An der Südseite des Annapurna South (7.219 m) wurde von mir aufgrund der morphologischen Gegebenheiten die heutige ELA bei knapp über 5.000 m angenommen. Für das Sikha Valley heißt das, daß die pleistozäne ELA am Mount Khaer bis 3.700 m hinuntergereicht haben könnte, vorausgesetzt, die Depression der ELA war nicht größer als 1.300 m.

Vergleichstudien in angrenzenden Tälern, v.a. aus dem Modhi Khola Valley und aus dem Madi Khola zwischen Siklis und Taprang,⁵² ergaben ähnliche Werte. FORT findet dafür folgende Erklärung:

"This exceptional Late Pleistocene ELA depression can be explained by the steepness of both orographic and bioclimatic gradients, and by the subsequent abundance of avalanche-fed glaciers, which have in turn influenced the rapid descent of ice down to the subtropical zone" (FORT 1995, p. 262).

Folgende Hinweise auf pleistozäne Vergletscherung finden sich im Sikha Valley:

1. Aufgrund der Höhen von 3.000 – 4.000 m und mehr über NN, muß das Gebiet im Pleistozän vergletschert gewesen sein. Der Gipfel des Mt. Khaer (4.703 m) stellte einen Nunatak dar, und weist mit seinen schroffen Graten und kleinen spitzen Nebengipfeln noch heute deutliche periglaziale Züge auf.
2. Ein Kar an der SW-Flanke des Mt. Khaer, dessen Karrückwand noch deutlich zu erkennen ist, reicht bis zum Berggipfel hinauf. Die Karschwelle liegt in etwa 3.100 m ü. NN.
3. Der Transfluenzpaß von Ghorepani (2.874 m); höchstwahrscheinlich ist auch der östlich davon gelegene Gurung Deurali Paß (3.103 m) als Transfluenzpaß anzusehen.
4. Erratika im Flußbett des Ghar Khola. Das Material stammt aus dem Bereich oberhalb der MCT. Die Erratika könnten aber nicht nur durch den Gletscher, sondern auch durch spätere debris flows in die heutige Position gelangt sein (die MCT ist nicht weit davon entfernt).
5. Der Khopara-Rücken, westlich des Mt. Khaer gelegen, ist bis zu einer Höhe von etwa 3.760 m deutlich vom Eis überschliffen worden.

Das Mt. Khaer-Kar war im Pleistozän mit Sicherheit vergletschert. Wie weit die Khaer-Gletscherzunge in das Sikha Valley hinabgeflossen ist, läßt sich heute nicht mehr eindeutig belegen. Aufgrund der zahlreichen Erratikafunde erreichte sie zumindest die Einmündung des Dhastakhore Khola in den Ghar Khola (heute in 1.920 m Höhe), wahrscheinlich aber reichte sie sogar bis unterhalb des Durpin Danda (heute in 1.420 m Höhe). Für weitere Vorstöße dürfte das Nährgebiet des Gletschers zu klein gewesen sein. Die Erratikafunde, die ich entlang

⁵² Siklis und Taprang liegen etwa einen Tagesmarsch von Pokhara entfernt (in nordöstlicher Richtung).

des unteren Ghar Khola gemacht habe, sind zwar eindeutig, aber diese erratischen Blöcke könnten auch durch *debris flows* in ihre heutige Lage gebracht worden sein. Für fluviale Prozesse sind sie nämlich, mit gelegentlich über 2 Meter im Durchmesser, zu groß. Auch der Bereich des Sikha Valley zwischen dem Dharam (3.649 m), dem Ghorepani-Transfluenzpaß (2.874 m) und dem Poon Hill (3.185 m) war offenbar vergletschert. Über den Ghorepani-Transfluenzpaß floß vermutlich ein Gletscher in das Einzugsgebiet des oberen Bhurungdi Khola.

Gegenwärtig liegt das Sikha Valley unterhalb der Schneegrenze. Pleistozäne Gletscherablagerungen wurden während des Postglazials von den sehr starken Rutschungsaktivitäten erfaßt. Heute fehlen deshalb eindeutige morphologische Zeugnisse der Vergletscherungen außerhalb des Mt. Khaer-Bereiches. An der monsunzugewandten Südseite des Hochhimalaya sind die Spuren der Vergletscherungen im Verlaufe der letzten 10.000 Jahre (Holozän) fast völlig verschwunden. Hohe Niederschläge, intensive Abtragung an steilen, instabilen Hängen und Erdbebenaktivität führten dazu, daß Gletscherablagerungen durch katastrophale Ereignisse wie Rutschungen, Hochwässer und GLOFs⁵³ zerstört wurden. Dichte Vegetation bedeckt heute die höheren Bereiche nahe der Talumrahmung und damit auch eventuelle Tillreste. Im Khaer-Kar verdeckt der von der steilen Karrückwand stammende rezente Hangschutt ältere Sedimente. Nach jeder Ablagerungsphase folgte eine Phase der Erosion. Wie oben ausgeführt, wurden die Gletscherablagerungen offenbar sehr schnell abgetragen. Bis heute sind die glazialen Reste noch undatiert und können nicht einmal bestimmten Vereisungen zugeordnet werden.

Ablagerungen früherer Vereisungen gerieten mit der Hebung des Himalaya in höhere Lagen, wo sie leichter erodiert wurden. In Gunstlagen wurden sie allerdings gelegentlich auch konserviert. Hier zeigt sich eine weitere Verknüpfung der Klimageschichte mit der Tektonik. Es ist unbestritten, daß die Monsunzirkulation in Südasien erst durch das „Auftauchen“ des Himalaya und des Tibet Plateaus entstehen konnte. Im späten Känozoikum erreichte der Himalaya bereits eine Höhe, die ausreichte, um das großräumige Muster der Windzirkulation in Südasien zu ändern. Es gab aber möglicherweise noch weitergehende Folgen. Die Hebung des Tibet Plateaus wird von manchen Autoren als Auslöser der pleistozänen Vereisungen postuliert. Der Glazialforscher Matthias KUHLE sieht Tibet in seinem „Autozyklen-Modell“ als Ausgangspunkt einer globalen Klimaverschlechterung an, die zu den quartären Vereisungen führte (KUHLE 1985, 1993). RUDDIMAN & KUTZBACH (1989) nehmen ebenfalls eine drastische Anhebung des Tibet Plateaus, zusammen mit dem gleichzeitigen Entstehen ähnlich weit ausgedehnter Hochebenen im Westen Nordamerikas, als Ausgangspunkt der pleistozänen Eiszeiten an. Sie führten Computer-Simulationen zu Klimaänderungen durch. Die Hebung hatte demnach Veränderungen in der Zirkulation der Atmosphäre sowie das

⁵³ GLOF – Gletscherseeausbruch (*glacier lake outburst flood*) – siehe Kap. 1.6.

Verstärken der geochemischen Verwitterung zur Folge gehabt⁵⁴. Auch wenn beide oben genannten Theorien nicht allgemein anerkannt werden, gehören sie zu den wichtigsten Theorien, die das plötzliche Einsetzen der Eiszeiten zu erklären versuchen. Die Bedeutung von durch plattentektonische Vorgänge induzierten Albedo-Änderungen für die Klimaentwicklung wird immer häufiger genannt (u.a. BERNER et al. 1995). Damit sind aber Änderungen, die sich in geologischen Zeiträumen von mehreren Millionen Jahren vollziehen, gemeint. Für die verhältnismäßig „kurzzeitigen“ pleistozänen Klimawechsel kämen sie dann jedoch nicht in Frage.

3.2.2.2 Aktuelle Morphologie des Arbeitsgebietes

Im vorangegangenen Kapitel wurde bereits die geologische Lage des Arbeitsgebietes beschrieben. Die großen naturräumlichen Einheiten Nepals (vgl. Kap.1.5.2) werden demnach durch aktive tektonische Verwerfungen getrennt. Nachfolgend soll der Bereich des nepalischen Berglandes, in dem sich das Arbeitsgebiet befindet, näher beschrieben werden. Das Bergland ist historisch gesehen der wichtigste Teil Nepals. Seine Hänge, Flußtäler und tektonischen Beckenlandschaften waren die „Wiege“ Nepals.

Ein wichtiges Charakteristikum des Arbeitsgebietes ist seine sehr große Höhererstreckung (vgl. Foto 1). In seiner unmittelbarer Nähe befinden sich zwei der höchsten Berge des Himalaya, der Annapurna (8.109 m) und der Dhaulagiri (8.167 m). Ihre Gipfel erheben sich in nur 34 km Entfernung. Der Talboden der Kali Gandaki-Schlucht, die dazwischen eingeschnitten ist, verläuft dagegen in einer Höhe von 2.000 m – 1.200 m. Die Kali Gandaki-Schlucht ist daher mit über 6.000 m Tiefe eine der tiefsten Schluchten der Welt⁵⁵. Lediglich 35 km weiter südlich fließt der Kali Gandaki bei Kusma nur noch in einer Höhe von 686 m ü NN. Für den Bereich des zentralnepalischen Berglandes (um das Arbeitsgebiet) sind luv- und sonnseitige, meist grasbewachsene Schichtkopfhänge und flachere, lee- und schattseitige, mit Wald bedeckte Schichtflächenhänge besonders typisch (KUHLE 1982, MIEHE 1982). Der Übergang der Himalaya-Vorketten zum Hochhimalaya hin ist durch den Gegensatz von steilen Felsflanken der Schichtkopfhänge und flachen Schichtflächenhängen geprägt (vgl. auch MIEHE 1982).

Aufgrund der geologischen Struktur (vgl. Kap. 3.2.1) ergibt sich für das asymmetrische Sikha Valley eine ausgeprägte morphologische Zweiteilung in einen flachen Schichtflächenhang (Sikha-Hang) und einen steilen Schichtkopfhang (Pauder-Hang). Die Verteilung der Höhen-

⁵⁴ Die Senkung des Kohlendioxidgehaltes der Atmosphäre führte nach RUDDIMAN & KUTZBACH (1989) zur Abschwächung des Treibhauseffektes und damit zu einer weltweiten Klimaabkühlung.

⁵⁵ Die Nordflanke des Nanga Parbat (8.125 m) erreicht mit rund 6.500 m vergleichbare Werte.

lagen auf die beiden Hänge gibt Fig. 9 wieder. Diese Strukturassymmetrie hat zur Folge, daß sich Rutschungen auf dem Sikha-Hang konzentrieren (vgl. Kap. 5.1.2), während auf dem Pauder-Hang kaum Rutschungen auftreten (vgl. Kap. 5.1.3).

| Höhen (in m ü. NN) | Sikha Valley | | | | | |
|--------------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | Total | | Sikha-Hang | | Pauder-Hang | |
| | km ² | % | km ² | % | km ² | % |
| 1.180 – 1.500 | 1,37 | 1,8 | 0,82 | 2,8 | 0,55 | 1,2 |
| 1.500 – 2.000 | 9,87 | 13,0 | 5,56 | 19,2 | 4,31 | 9,2 |
| 2.000 – 2.500 | 20,57 | 27,1 | 10,01 | 34,5 | 10,56 | 22,5 |
| 2.500 – 3.000 | 26,84 | 35,3 | 11,35 | 39,1 | 15,49 | 33,0 |
| 3.000 – 3.500 | 11,75 | 15,5 | 1,25 | 4,3 | 10,50 | 22,3 |
| 3.500 – 4.000 | 4,11 | 5,4 | -- | -- | 4,11 | 8,7 |
| 4.000 – 4.500 | 1,56 | 2,1 | -- | -- | 1,56 | 3,3 |
| 4.500 – 4.703 | 0,04 | 0,1 | -- | -- | 0,04 | 0,1 |
| Total | 76,11 | 100 | 28,99 | 100 | 47,12 | 100 |

Fig. 10: Verteilung der Höhenlagen im Sikha Valley,
Entwurf und Graphik P. Ottinger auf der Basis der Karte in Fig. 28.

Mittlere Hanglagen werden im Sikha Valley bis auf aktive Rutschungsareale und kleinere Aufforstungsflächen vollständig kultiviert. Die unteren Hangbereiche sind überwiegend sehr steil und gehen oft in Schluchten über. Dieser Zustand wird durch die anhaltende aktive Tiefenerosion von Flüssen und Bächen aufrechterhalten. Flußnahe Bereiche werden deshalb in der Regel nicht kultiviert⁵⁶. Auch bei der Anlage von Wegen werden sie gemieden, denn nach starken Niederschlägen steigt der Wasserpegel in den schmalen Schluchten schnell an. Oft sind dort noch Reste artenreicher Ufer- und Schluchtwälder in einem halbwegs ursprünglichen Zustand erhalten, ebenso dichtes Buschwerk.

Die Formenwelt des Arbeitsgebietes um das Sikha Valley ist in ihren Grundzügen das Ergebnis der plattentektonischen Vorgänge im Rahmen der noch andauernden Gebirgs-

⁵⁶ Eine Ausnahme bildet hier nur die „Ghara-Mulde“, wo die ackerbaulich intensiv genutzten fossilen Rutschungskegel bis zum Ghar Khola hinunterreichen (vgl. Kap. 7.1.1).

bildung. Diese Vorgänge bestimmen die Ausrichtung der Bergrücken und Täler und schufen die flachen Schichtflächen- und die steilen Schichtkopfhänge. Die pleistozänen Vergletscherungen und die postglaziale Um- und Ausräumung von Ablagerungen und damit die zusammenhängenden Massenbewegungen hatten eine Landschaft geprägt, die der heutigen bereits sehr ähnlich gewesen sein dürfte. Die Besiedlung des Gebietes im Gefolge großflächiger Rodungen von Primärwäldern und von Terrassierungen von Berghängen ließ dann das heutige Landschaftsbild entstehen. Die heute ablaufenden Prozesse, im wesentlichen Hangmassenbewegungen, modellieren lediglich die Details der Landschaft. Aber auch dabei sind die geologischen Voraussetzungen entscheidend. Für die Wahrscheinlichkeit des Abgangs der meisten Rutschungen im Sikha Valley ist es nämlich nicht wichtig, ob das Gebiet bewaldet, entwaldet, terrassiert oder bebaut ist, denn die Gleitflächen dieser Rutschungen (*sliding surfaces*) liegen in der Regel zu tief, als daß die Vegetationsdecke stabilisierend wirken könnte. Der anthropogene Einfluß als Ursache macht sich demnach nur bei kleinen, flachgründigen Rutschungen sowie bei der Bodenerosion bemerkbar.

3.2.3 Klimatische Bedingungen

3.2.3.1 Das subtropisch-monsunale Klima im Arbeitsgebiet

Im Arbeitsgebiet herrscht ein subtropisches Monsunklima. In diesem Klima spielen die hygrischen Verhältnisse eine deutlich wichtigere Rolle als die Temperaturverhältnisse. Die Temperaturamplitude ist abhängig von der Höhenlage; je niedriger das Gebiet liegt, desto geringer fällt dort sowohl die Tages- als auch die Jahresamplitude aus. Das Klima wird also entscheidend durch die Höhe über NN modifiziert.

Die großen Unterschiede zwischen den klimatischen Bedingungen der Region des mittleren und der des oberen Kali Gandaki Valley haben schon seit den 1950er Jahren das Interesse zahlreicher Forscher geweckt. Hier bildet der Hochhimalaya eine markante Klimascheide.⁵⁷ Der extrem ausgeprägte Übergang vom subtropisch-monsunalen Klima an der Südabdachung des Annapurna- und des Dhaulagiri-Massivs zum semiariden Klima nördlich der Hauptkette vollzieht sich abrupt auf einer Horizontaldistanz von nur wenigen Kilometern. Die Übergangszone definierte KAWAKITA schon 1956⁵⁸ als „*Ghasa Gateway*“.⁵⁹ Das Forschungsinteresse galt bisher allerdings immer dem nördlich gelegenen, „tibetisch“ geprägten semiariden Teil des Himalaya (FLOHN 1970, MEURER 1982, MIEHE 1982). Zum Arbeitsgebiet, das unmittelbar südlich der Hauptkette liegt, gibt es dagegen lediglich sehr wenige Angaben. Häufig wird es in den oben genannten Arbeiten kurz erwähnt (v.a. MIEHE 1982).

In Nepal ist im allgemeinen eine Abnahme der Niederschläge von Ost nach West festzustellen, da die regenbringenden Monsunwolken während der Sommermonate vorherrschend aus südöstlicher Richtung kommen. Im Bereich um Pokhara (810 m) zeigt sich ein außerordentlich stark ausgeprägter Luv-Effekt. Dort können die Monsunwolken ungehindert, d.h. ohne wesentliche Teile ihrer Feuchtigkeit schon vorher zu verlieren, bis zur steil aufragenden Gebirgsmauer des Annapurnamassivs vordringen, da die Rücken des Berglandes zwischen der Gangesebene und Pokhara nur selten Höhen von 1.500 m ü. NN erreichen. Meist sind diese Rücken jedoch niedriger und verursachen keine nennenswerten Staulagen. Pokhara weist dagegen aufgrund der genannten topographischen Situation eine ausgeprägte, orographisch bedingte Staulage auf.

Die Karte der jährlichen Niederschläge, herausgegeben vom nepalischen *Department of Hydrology and Meteorology* (DHM 1988), gibt für das Gebiet um Pokhara Werte von über 3000 mm an. Die etwa in der Mitte zwischen Pokhara und dem Sikha Valley liegende

⁵⁷ vgl. Kap. 1.5.2.

⁵⁸ KAWAKITA (1956) – zitiert bei SCHWEINFURTH (1957).

⁵⁹ Ghasa (2.085 m) ist ein wichtiger Handelsort am Kali Gandaki. Ghasa liegt 14 km oberhalb der Mündung des Ghar Khola in den Kali Gandaki.

Klimastation Lumle (1.740 m) hat sogar ein Jahresmittel von rund 5400 mm (DHM 2001). Das erweiterte Arbeitsgebiet grenzt zwar an diese Region, doch solche extrem hohen Werte werden im Sikha Valley bei weitem nicht erreicht. Der Poon Hill Rücken, mit Höhen knapp über 3.200 m ü. NN, hält trotz dieser relativ geringen Höhe offenbar einen beträchtlichen Teil der Niederschläge ab. Dieser Höhenrücken ist berühmt dafür, daß er zumeist in Nebel eingehüllt ist. Auch während meiner Geländearbeiten habe ich häufig beobachtet, daß selbst bei sonst wolkenlosem Himmel der Poon Hill Rücken meistens wolkenverhangen war.⁶⁰ Diese lokalklimatische Besonderheit drückt sich auch in der Vegetationsformation aus – der Höhenrücken ist von dichtem Nebelwald⁶¹ bewachsen. Nach meinen Beobachtungen ergibt sich durch das Hindernis, das der Poon Hill-Rücken hier bildet, für das Sikha Valley ein deutlicher Lee-Effekt.

Die ausgeprägte Talwindzirkulation im oberen Kali Gandaki Valley, einem der großen Durchgangstäler im Zentralhimalaya, modifiziert ebenfalls das Klima im Sikha Valley. Meine Beobachtungen ergeben, daß trotz der hohen Niederschläge im Arbeitsgebiet (vgl. Kap. 3.2.3.2), dort die klimatische Situation bereits einen Übergang zu dem „klimatischen Trockental“ erkennen läßt, das schon von FLOHN (1970) u.a. für das oberste Kali Gandaki Valley, d.h. nördlich der *Ghasa Gateway* beschrieben wurde. Der Kali Gandaki hat im Arbeitsgebiet einen einigermaßen geradlinigen Verlauf; sein Tal, tief zwischen den hohen Bergmassiven eingeschnitten, besitzt ausgedehnte Hänge – Voraussetzungen, die SCHWEINFURTH (1993) als typisch für die Entwicklung von klimatischen Trockentälern anführt. Bereits in diesem Abschnitt nehmen die Niederschläge entlang des Kali Gandaki talaufwärts schnell ab (vgl. Niederschlagswerte der Stationen Baglung und Tatopani in Fig. 11). Dies macht sich insbesondere für die Vegetation bemerkbar. So fehlt in diesem Abschnitt des Kali Gandaki Valley die Nebelwaldhöhenstufe, die die hohe Feuchtigkeit anzeigt, weitgehend, während sie in etlichen unmittelbar westlich gelegenen Tälern, die ebenso etwa N-S bzw. NNE-SSW verlaufen, ausgeprägt vorhanden ist, vor allem im benachbarten Tal des Modi Khola.

⁶⁰ Der rege Flugverkehr in der touristischen Hochsaison zwischen Pokhara und Jomson wird von diesen lokalklimatischen Bedingungen stark reglementiert.

⁶¹ vgl. Kap. 3.2.4.

| Klimastation | Baglung | Tatopani | Lete | Jomosom |
|----------------------|---------|----------|------|---------|
| Jahresniederschläge | 1988 | 1577 | 1233 | 262 |
| Monsun-niederschläge | 1634 | 1167 | 757 | 136 |
| Höhe in m über NN | 931 | 1243 | 2384 | 2744 |

Fig. 11: Langjährige Jahres- und Monsunniederschlagsmittel (in mm) in Stationen entlang des oberen Kali Gandaki; nach unveröffentlichten Daten des DHM (2001).

3.2.3.2 Der Verlauf der Niederschläge

Im Bereich des Sikha Valley gibt es Niederschlagsdaten nur für die randlich gelegenen Klimastationen Ghorepani (2.742 m) und Tatopani (1.243 m). Die Klimastation am Ghorepani-Paß weist ein Jahresniederschlagsmittel von 2875 mm auf, in Tatopani wird mit 1577 mm nur etwas mehr als die Hälfte davon gemessen. Für den zentralen Bereich des Kernuntersuchungsgebiets liegen leider keine Klimadaten vor. Daher muß ich mich auf bislang unveröffentlichte Daten von vier in der Umgebung des Sikha Valley gelegenen Klimastationen berufen. Diese Daten wurden mir dankenswerterweise von dem *Pokhara-Office* des nepalischen *Department of Hydrology and Meteorology* zur Verfügung gestellt. Der besondere Wert dieser Daten besteht darin, daß es sich um Tagesangaben handelt, die seit rund 30 Jahren erhoben werden.

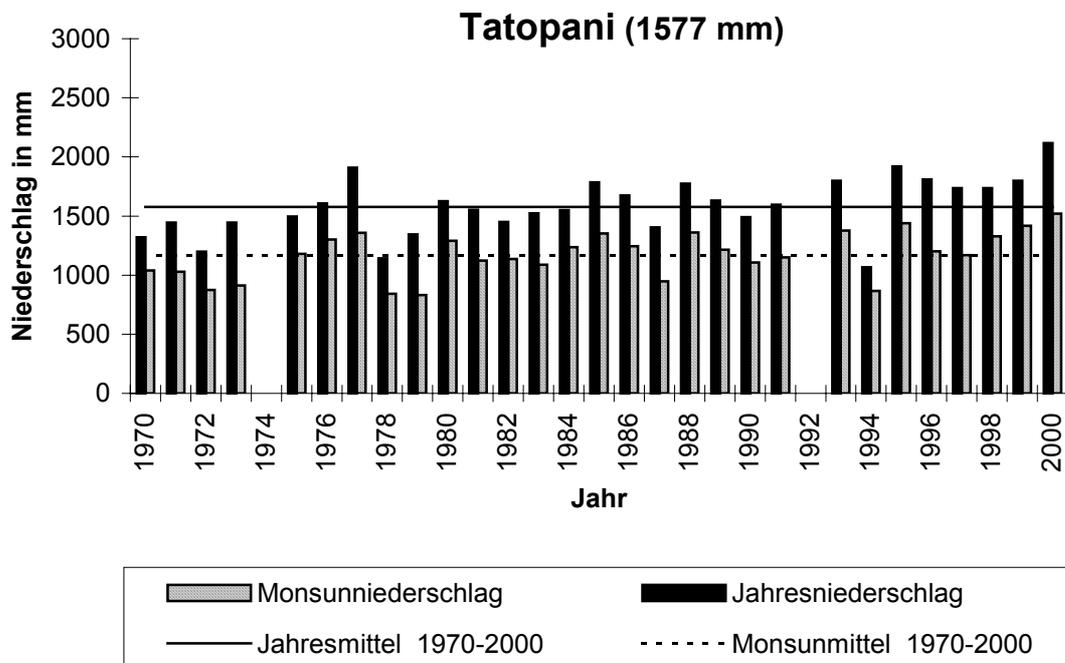
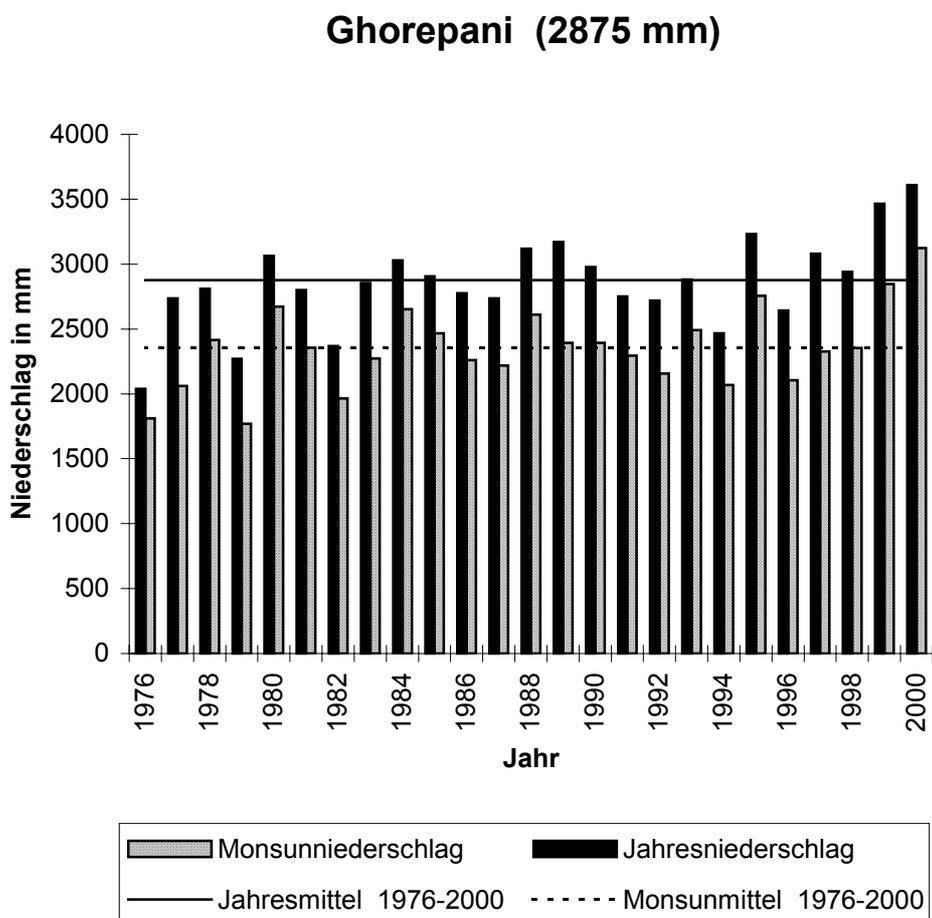


Fig. 12: Tatopani: Niederschlagsdiagramm, (Graphik: P. Ottinger; Quelle: DHM 2001).

Fig. 13: Ghorepani: Niederschlagsdiagramm, (Graphik: P. Ottinger; Quelle: DHM 2001).



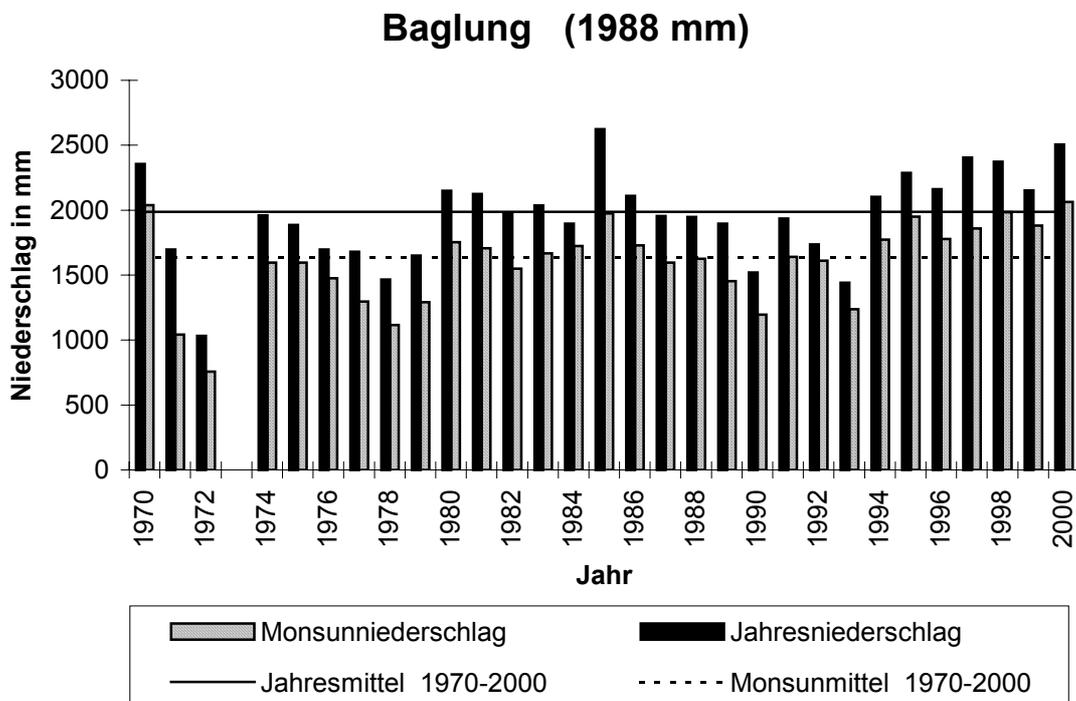
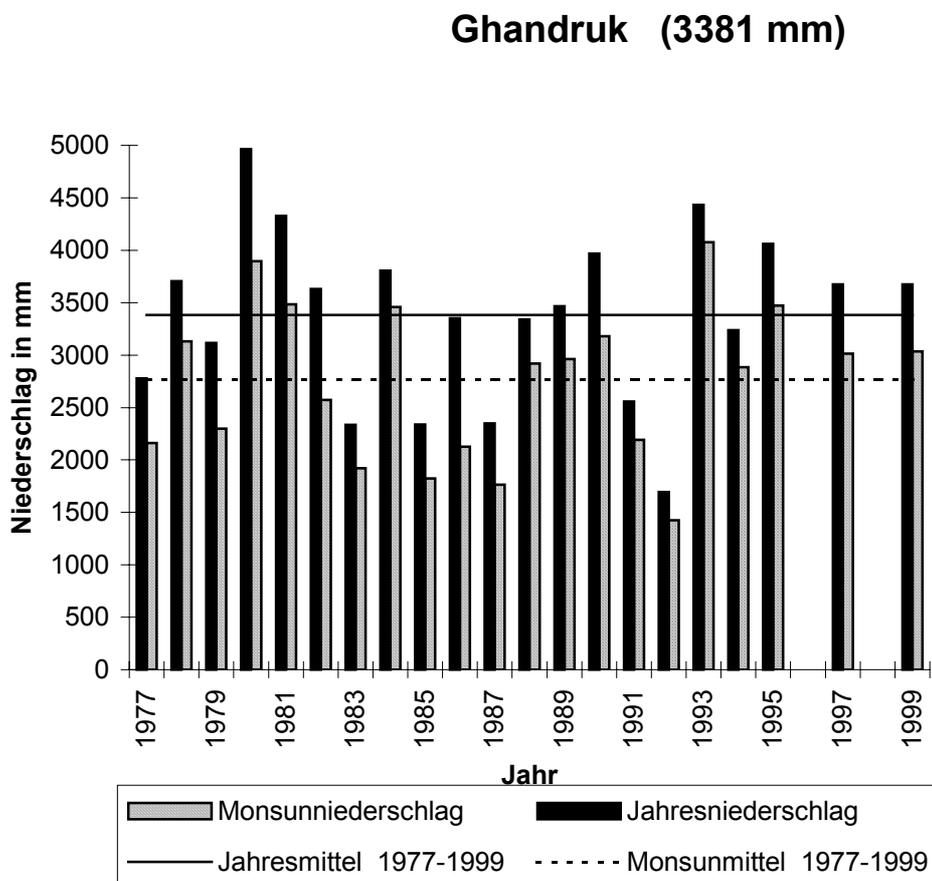


Fig. 14: Baglung: Niederschlagsdiagramm, (Graphik: P. Ottinger; Quelle: DHM 2001).

Fig. 15: Ghandruk: Niederschlagsdiagramm, (Graphik: P. Ottinger; Quelle: DHM 2001).



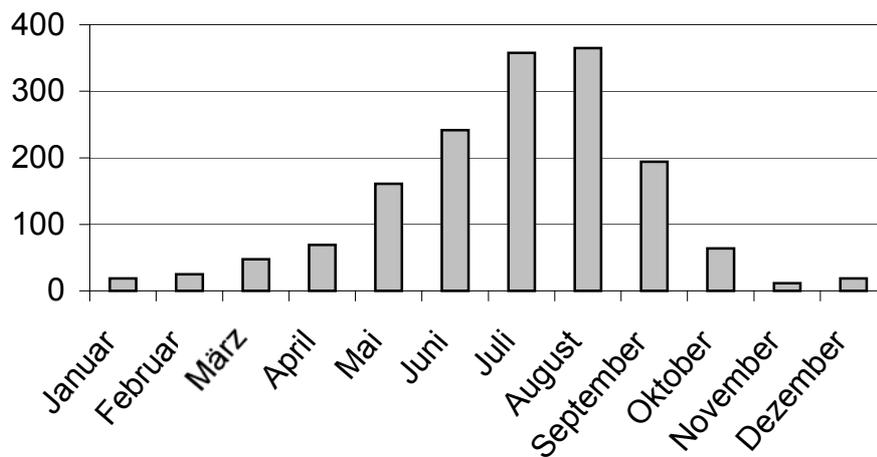
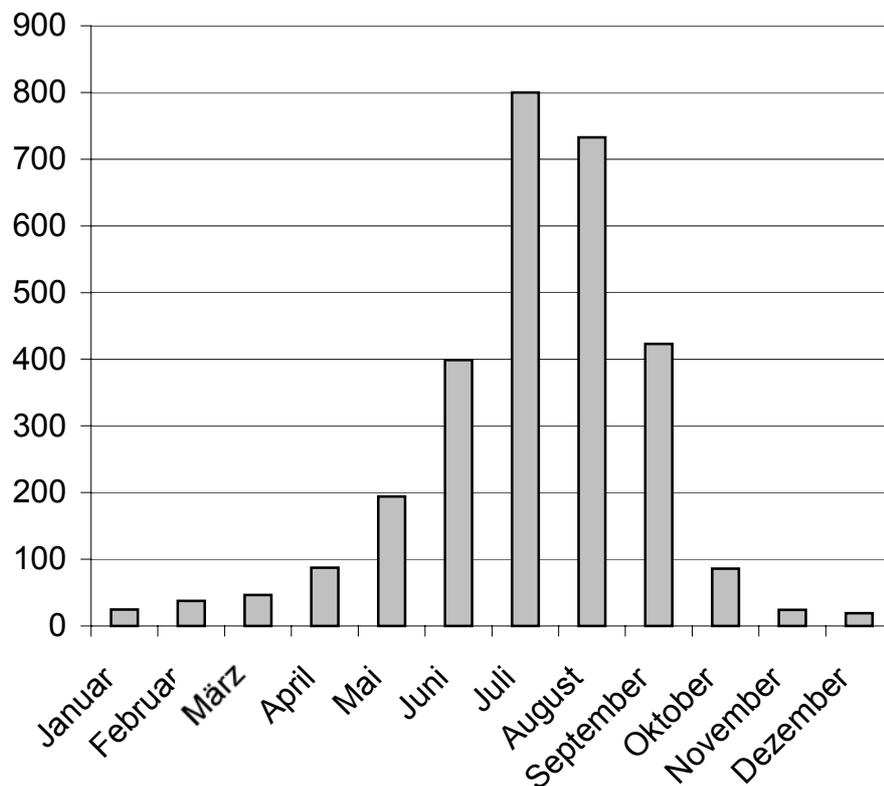


Fig. 16: Tatopani: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1970 – 2000);

Graphik: P. Ottinger; Quelle: DHM (2001).

Fig. 17: Ghorepani: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1970 – 2000);

Graphik: P. Ottinger; Quelle: DHM (2001).



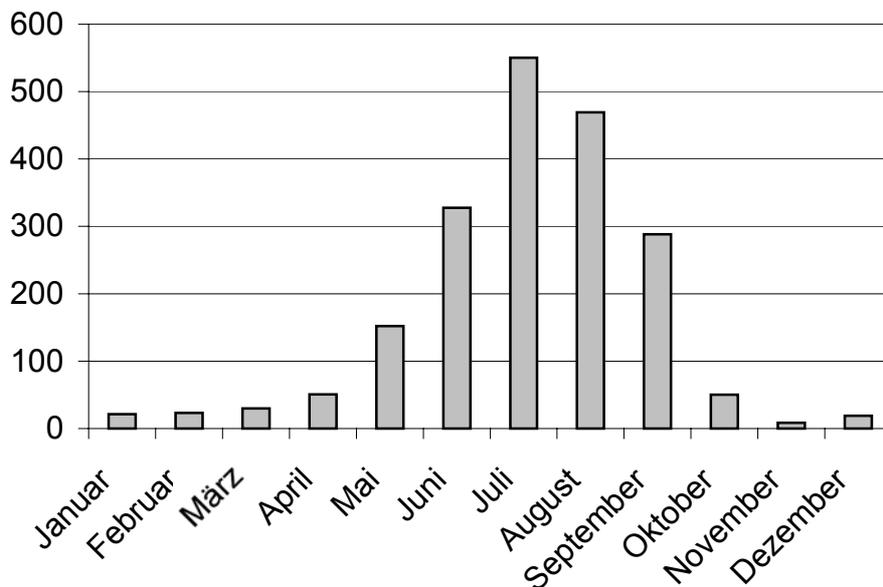
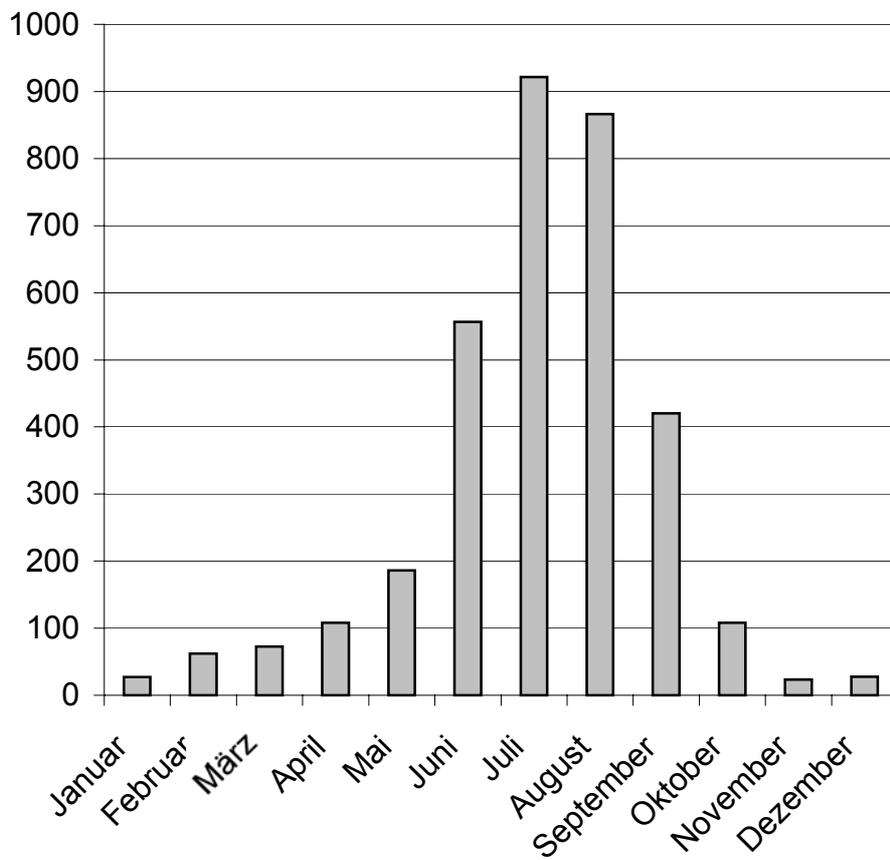


Fig. 18: Baglung: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1970 – 2000);
 Graphik P. Ottinger, Quelle DHM (2001).

Fig. 19: Ghandruk: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1977 – 1999);
 Graphik: P. Ottinger, Quelle DHM (2001).



Die räumliche Verteilung der Niederschläge ist wegen der starken Zerschneidung des Gebietes und großer Höhenunterschiede sehr variabel. Die mittlere Kondensationshöhe liegt entlang des Kali Gandaki Valley bei ca. 4.000 – 4.200 m. Der orographische Effekt erweist sich als sehr wichtig für die regionale Verteilung der Niederschläge. Im Sikha Valley selbst dürften letztere nicht mehr sehr starken Schwankungen unterliegen und primär in Abhängigkeit von der Höhenlage Unterschiede zeigen. Das gilt mit Sicherheit für den Sikha-Hang und die Teile des Pauder-Hanges, die nicht in den Sekundärtälern liegen. Da der Monsunregen überwiegend aus südöstlichen bis südlichen Richtungen kommt,⁶² ist die Regenschattenwirkung des vergleichsweise niedrigen und schwach reliefierten Sikha-Hangs nicht sehr stark. Die modifizierende Wirkung der Talwindzirkulation entlang des Kali Gandaki auf die Niederschlagsverteilung im Arbeitsgebiet wurde bereits im Kap. 3.2.3.1 erwähnt.

Für das Auftreten von Rutschungen ist die Höhe der Niederschläge, die in den Monsunmonaten fallen, entscheidend. Auskunft darüber geben die erstellten Diagramme (Fig. 12-19), die auf der Basis von unveröffentlichten Daten des *Department of Hydrology and Meteorology*, HMG Nepal (DHM 2001) erstellt wurden. Während in gemäßigten Klimazonen davon ausgegangen werden kann, daß nur ein geringer Teil der Niederschläge erosive Eigenschaften besitzt, sind die Regen im subtropischen Nepal im allgemeinen in wesentlich höherem Maße erosionsauslösend (vgl. CARSON 1992), da sie größtenteils als monsunale intensive Starkregen fallen (vgl. Kap. 5.2.2.2).

Niederschläge in Form von Schnee spielen in den Hauptsiedlungsgebieten des Sikha Valley nur eine untergeordnete Rolle. So liegt im Dorf Sikha (1.955 – 2.030 m) nur 2-4 Tage pro Winter eine geringe Menge Schnee.

Hagel tritt nach übereinstimmenden Berichten von Bauern aus dem Sikha Valley und aus dem Modi Khola Valley (Ghandruk) oft in den Monaten April / Mai auf, wenn der Weizen schon fast reif ist. Der Apfelanbau (Äpfel sind *cash crop*) um Ghandruk mußte wegen des häufigen Hagels aufgegeben werden (vgl. Kap. 1.6).

⁶² Außerhalb der Monsunzeit, von Oktober bis Mai, kommen die eher seltenen Niederschläge überwiegend aus westlichen Richtungen.

3.2.4 Böden

Im Arbeitsgebiet, in dem bisher noch keine Untersuchung der Böden durchgeführt wurde, sind auf schwachmetamorphen Gesteinen (Phylliten und Quarziten) unter den Einwirkungen des subtropisch-monsunalen Klimas tiefverwitterte Böden entstanden, die in dieser dynamischen Landschaft leicht remobilisiert werden können. Beträchtliche Auswirkungen auf die Ausbildung von Böden haben die Standortverhältnisse. Insbesondere die Bodenfeuchte unterliegt einem sehr kleinräumigen Wechsel. Die große Schwierigkeit in der Ansprache der Böden ist, daß in stark reliefierten Gebieten einzelne Bodentypen in Abhängigkeit von standörtlichen Faktoren sehr stark variieren (vgl. JACKSON 1987, CARSON 1992). Um sie zu erfassen, wären sehr großmaßstäbige Aufnahmen, deutlich größer als 1:50.000 (LRMP-Karten), nötig. Mit einem ethnoökologischen Ansatz legte MÜLLER-BÖKER (1991) eine sehr interessante Untersuchung zu Böden in Zentralnepal vor. Sie stellte eine lokale Klassifikation der Böden im Gebiet um Gorkha (800 – 1.500 m) aus der Perspektive der Bergbauern dar; mit vielen lokalen Bezeichnungen der Bodentypen.

In den wechselfeuchten Tropen finden sich, auch in hängigem Gelände, sehr weit verbreitet Arcisols, typische Monsunklimaböden, die durch Lessivierung, d.h. Auswaschung von Tonmineralen im Oberboden gekennzeichnet sind (SCHEFFER / SCHACHTSCHABEL 1998, p. 452). Nährstoffe kommen in diesem Klima vorwiegend in der Humusschicht vor, weshalb diese für den Anbau viel wichtiger ist als in den gemäßigten Breiten (vgl. WEISCHET 1977). Wenn z.B. durch Rodung die Pflanzendecke entfernt und der Nachschub von Nährstoffen unterbrochen wird, können in solchen Böden irreversible Schäden entstehen. Die sehr intensive chemische Verwitterung im subtropisch-monsunalen Klima sorgt dafür, daß die Nährstoffe von der Vegetation schnell mobilisiert werden können. Daher sind für den Ackerbau fossile Rutschungen von großer Bedeutung (vgl. Kap. 7). In Hanglagen, v.a. auf Schichtflächenhängen, trägt das Oberflächenwasser ständig Nährstoffe ein, was die Auswaschung von Nährstoffen kompensiert. Auf diese „Düngung“ durch hangabwärtsgerichtete Verlagerung der Nährstoffe wird in Kapitel 7 eingegangen. Die ertragreiche Landwirtschaft um die Dörfer Sikha und Ghara, die im wesentlichen auf fossilem Rutschungsmaterial betrieben wird (vgl. Fotos 3 und 5-8), ist ein Hinweis auf fruchtbare Böden in den Akkumulationszonen der Rutschungen. Diese bestehen hauptsächlich aus Bodenmaterial, das durch erosive Prozesse oberhalb entfernt und unten abgelagert wurde.

Um die Böden vor Abtragung zu schützen, hat im Sikha Valley die ACAP-Verwaltung einige Aufforstungsprogramme in Angriff genommen und degradierte Bereiche v.a. mit *Alnus nepalensis*, *Pinus roxburghii*, *Pinus wallichiana* und *Pinus patula* bepflanzt. Auf alten Reisterrassen finden sich anthropogen beeinflusste Reisböden (*paddy soils*), die auf eine lange Tradition des Anbaus am gleichen Standort hinweisen.

3.2.5 Vegetation

Die Pflanzendecke stellt nach MIEHE (1985, p.3). das wichtigste Nutzungspotential dar. Die Vegetation im Arbeitsgebiet wird geprägt durch dessen Erstreckung über mehrere Höhenstufen. Diese werden entsprechend der natürlichen (primären) Vegetation eingeteilt. Umfassende Arbeiten zur Vegetation des nepalischen Zentralhimalaya stammen von SCHWEINFURTH (1957), STANTON (1972), DOBREMEZ (1976) und von MIEHE (1990).

DOBREMEZ (1984) gibt auf seiner *carte écologique du Népal* (Blatt: Butwal – Mustang, 1: 250.000) die natürliche Vegetation der Region auch um das Sikha Valley wieder. Seine Darstellung ist allerdings sehr stark vereinfacht, was maßstabbedingt ist. So hat er die größte Fläche des Sikha Valley unterhalb von 2.000 m, den Hauptsiedlungsbereich des Tales, als *Forêt riveraine subtropicale à Alnus nepalensis* gekennzeichnet, ebenso wie den Talbodenbereich der Kali Gandaki Valley, der aber bei Beni schon deutlich unter 1.000 m liegt. Beobachtungen anderer Autoren (v.a. MIEHE 1985) sowie meine eigenen widersprechen aber dieser Darstellung hinsichtlich des Sikha Valley. Bei den Pflanzengesellschaften in der Darstellung von DOBREMEZ (1976 und 1984) handelt sich um primäre Vegetation, die im Arbeitsgebiet mittlerweile jedoch vollständig durch anthropogen beeinflusste Sekundärformationen ersetzt worden ist.

Sowohl DOBREMEZ (1976) als auch MIEHE (1982, 1985) haben in der Region um den oberen Kali Gandaki gearbeitet, u.a. im Sikha Valley. Bei der Beschäftigung mit der natürlichen Vegetation im Arbeitsgebiet habe ich mich deshalb hauptsächlich auf diese beiden Autoren gestützt. DOBREMEZ hat zuerst nach „orographischen Kriterien“ fünf *zones floristico-écologiques* in seiner Klassifikation für Nepal ausgegliedert (DOBREMEZ 1976, p. 131). Nach seiner Klassifikation erstreckt sich das in 817 m – 4.703 m Höhe gelegene Arbeitsgebiet⁶³ von der subtropischen (bis 2.000 m) über die gemäßigte (bis 3.100 m) bis hinein in die alpine Zone. Nach MIEHE (1985) wiederum sind die

„Himalaya-Vorketten südlich des Dhaulagiri und Annapurna Himal (...) ein bewaldetes Bergland, das nur in seinen nördlichsten Teilen, im Übergang zum Hohen Himalaya, über die Waldgrenze aufragt. Immergrüner Laubwald, oberhalb 3.000m auch mit winterkahlen Birken und - mit geringem Anteil - Koniferen, ist die potentielle und zonale Vegetation.“ (MIEHE 1985, p.13)

Im folgenden wird, in Anlehnung an MIEHE (1991), nur auf die für das auf der Südabdachung des Himalaya gelegene Arbeitsgebiet relevanten Aspekte der einzelnen Höhenstufen eingegangen:

⁶³ Das erweiterte Arbeitsgebiet – Abgrenzung siehe Kap. 3.1.

Colline Stufe (>1.000 m) – Das Vorkommen des immergrünen tropischen Salbaumes (nep. Sal, *Shorea robusta*) reicht bis zur Obergrenze der Collinen Stufe. Das einzige Salbaum-Vorkommen im Arbeitsgebiet findet sich im Kali Gandaki Valley, am Südrand des erweiterten Arbeitsgebietes. Von Beni über Baglung bis Kusma gibt es ausgedehnte Gebiete, in denen ganze Hänge fast ausschließlich von jungen Salbäumen bewachsen sind. Einige dieser Flächen gehen auf Aufforstungsmaßnahmen zurück. Überwiegend handelt es sich jedoch um spontane Besiedlungen.

Untere montane Stufe (1.000 – 2.000 m) – Unterhalb von 2.000 m fand sich ursprünglich ein „tropischer immergrüner Regenwald“ (SCHWEINFURTH 1957, p. 297) bzw. ein aus *Schima wallichii* und *Castanopsis indica* bestehender Wald (vgl. STANTON 1972, p. 73). Knapp unter der Obergrenze dieser Stufe liegt die Subtropengrenze (etwa 1.800). An feuchten Schatthängen⁶⁴ erreichen in dieser Stufe indomalayische Regenwaldarten bei 2.000 m ihre Obergrenze. Fingerhirse, Reis, Banane, Zitrus und Tee haben hier ihre Kältengrenze. Auf den Sonnenhängen und in strahlungsoffenen Lagen herrscht ein offener Kiefernwald aus *Pinus roxburghii* (Obergrenze bis 2.200 m) vor⁶⁵.

Obere montane Stufe (Nebelwaldstufe, 2.000 – 4.000 m) – Anhand der Dominanz epiphytischer Lebensformen wird sie in drei Stufen untergliedert:

1. Die untere Nebelwaldstufe (2.000 – 2.500 m). Sie besteht aus einem Laubwald mit *Lauraceen* und immergrünen Eichen. Typisch ist ein reicher epiphytischer Besatz mit **Farnen**.
2. Die mittlere Nebelwaldstufe (2.500 – 3.000 m). Hier treten Koniferen (*Tsuga dumosa*), winterkahle Laubbäume (*Acer spp.*) sowie Ericaceen (darunter bis über 15 m hohe Bäume der Art *Rhododendron arboreum*) auf. Statt der epiphytischen Farne ist hier ein dichter Behang aus **Bartmoos** typisch.
3. Die obere Nebelwaldstufe (3.000 – bis zur oberen Waldgrenze)⁶⁶. Hier ist der Anteil der Koniferen (*Abies spectabilis*) und winterkahlen Laubbäume (*Betula utilis*) größer als der Anteil immergrüner Eichen. Großblättrige Rhododendren (*Rhododendron campanulatum*, *Rhododendron barbatum*) bilden meist das Unterholz. Kennzeichnend ist der Behang mit langen **Bartflechten** (*Usnea longissima*). Im oberen Bereich der oberen Nebelwaldstufe finden sich Krummholzvorkommen aus Birken (*Betula utilis*) Rhododendren (*Rhododendron campanulatum*) und Wachholder (v.a. *Juniperus recurva*). Sie können bis zu 4 m hohe Bestände bilden. Diese sind, bedingt durch Bambus-Kolonien (*Arundinaria spp.*) und Schlingpflanzen (*Clematis* und *Rubus spp.*), nur schwer begehbar.

⁶⁴ z.B. auf dem Sikha-Hang.

⁶⁵ Ist typisch für den Pauder-Hang des Sikha Valley.

⁶⁶ Im Sikha Valley liegt die obere Waldgrenze nach eigenen Beobachtungen um 3.500 – 3.700 m, d.h. knapp unterhalb des Khopara Rückens.

Heute dominiert in den Hauptsiedlungsbereichen des Sikha Valley (zwischen 1.500 und 2.300 m) sekundäre Vegetation. Dort, wo im Arbeitsgebiet kein Wald steht, findet sich eine verbuschte Landschaft. Freie Grasflächen kommen kaum vor. Nicht bewachsener Boden, der für Bodenerosion besonders anfällig ist, kommt in größerer Ausdehnung nur auf Ackerterrassen vor, auf denen Mais angebaut wird. Auf ausgedehnten Rutschungsarealen (vgl. Kap. 5.1) steht heute als Pioniervegetation ein *Alnus nepalensis*-Wald (vgl. Kap. 7.3).

3.3 Besiedlung und Nutzung im Arbeitsgebiet

3.3.1 Bevölkerung und Siedlungen

Das nepalische Bergland war und ist noch immer das wichtigste Siedlungsgebiet des Landes. Historisch gesehen ist es die Wiege der nepalischen Kultur. Über die Anfänge der Besiedlung in dem Gebiet um das Sikha Valley gibt es in der bislang vorliegenden Literatur keine verlässlichen Angaben. Die Magar und die mit ihnen ethnisch verwandten Gurung (BISTA 1996) kamen höchstwahrscheinlich aus dem buddhistischen (-lamaistischen) Tibet nach Nepal. Diese aus dem Norden stammenden Einwanderer trafen auf indigene Völker, und haben diese dann zum Teil assimiliert. Die tibeto-mongolischen Völker siedelten v.a. im Bergland oberhalb der niedriggelegenen, malariaverseuchten Gebiete. Sie haben Schwendbau mit einfachen Werkzeugen und Weidewirtschaft betrieben. Seit dem 14. Jahrhundert⁶⁷ kamen viele indo-arische Migranten aus den Ebenen südlich und südwestlich des Himalaya⁶⁸ in das westliche Bergland (des heutigen) Nepals. Es waren in der Regel hochkastige Hindus, v.a. Brahmanen und Chetri, die damals vor den muslimischen Invasoren flohen (BISTA 1996). Sie wanderten in den folgenden Jahrhunderten ostwärts, gewannen die Kontrolle über das gesamte Land und verdrängten die alteingesessenen Völker in höher gelegene Regionen des Berglandes und des Hochhimalaya.

Eine ausführliche Darstellung der Siedlungsgeschichte sowie der Siedlungs- und Hausformen in Nepal-Himalaya findet man v.a. bei KLEINERT (1973, 1983), eine der Volksgruppen und Kasten bei HÖFER (1979). Einen Überblick über die kulturelle, ethnische und auch linguistische Vielfalt Nepals gibt KRÄMER (1996). Auch zum vertikalen Muster der Verteilung von ethnischen Gruppen in Nepal existiert eine umfangreiche geographische und ethnologische Literatur, v.a. die Arbeiten von HAFFNER (1979) und BISTA (1996).

Die wichtigsten Dörfer im Arbeitsgebiet sind: Sikha, Ghara, Pauder, Swata und Khibang im Sikha Valley sowie Doba, Bega, Ghandruk und Tikot in den Nachbartälern. Sie liegen alle in einem verhältnismäßig schmalen Höhenbereich zwischen ca. 1.850 – 2.100 m. Die Höhenlage der Dörfer erklärt sich aus den Anbaugrenzen und mit den klimatischen Bedingungen, die von den jeweiligen Ethnien traditionell bevorzugt werden, aber auch daraus, daß zwei scheinbar günstige Bereiche häufig als gefährlich für die Anlage von Siedlungen angesehen werden: die Sohlenbereiche der Flußtäler und die Kambereiche der sanften Bergrücken, die Wasserscheiden. Dies gilt auch für die weitere Umgebung des Arbeitsgebietes an der Südabdachung des Annapurna-Massivs mit den Dörfern Narcheng, Siklis, Landrung und

⁶⁷ Die hochkastigen Hindus flohen aus Indien in mehreren Migrationswellen während des 11. – 13. Jahrhunderts (KRÄMER 1991, ADHIKARI 1996) vor den Moslem in den Himalaya, haben aber wohl erst etwas später Nepal erreicht. Mit ihnen kamen auch einige wenige unberührbare Kasten nach Nepal.

⁶⁸ d.h. aus dem heutigen Indien.

Dhampus. Im folgenden werden die ethnischen Gruppen, die im Arbeitsgebiet vertreten sind, vorgestellt.

3.3.1.1 Die ethnische Zusammensetzung der Bevölkerung

Die Bevölkerung Nepals gehört nach KRÄMER (1996)⁶⁹ zwei verschiedenen ethnischen Gruppen an. Die erste bilden die „altnepalischen“, tibeto-mongolischen Völker. Sie sprechen tibeto-birmanische Sprachen, sind in verschiedenem Maße „hinduisiert“ und betreiben vor allem Regenfeldbau. Die zweite Gruppe bilden die indo-arischen Völker, die seit langem muttersprachlich Nepali sprechen und vor allem Reis anbauen. Die Grenze zwischen den Siedlungsräumen dieser beiden Hauptgruppen liegt im Höhenbereich von 1.500 – 1.800 m ü. NN. Dieses vertikale Muster der Verteilung von ethnischen Gruppen hat auf vielfältige Weise Einfluß auf die Mensch-Umwelt-Beziehungen, nicht zuletzt also auch auf den Umgang der Bewohner mit Rutschungen (vgl. Kap. 8).

Das Sikha Valley wie auch die Nachbartäler, die im Myagdi und im Parbat District liegen, werden mehrheitlich von **Magar** bewohnt. Es gehört noch zum Hauptsiedlungsgebiet der Magar, das im Sikha Valley fast schon seine nördliche Grenze erreicht. Die Magar zählen zu den „altnepalischen“ Völkern, die das nepalische Bergland schon lange bewohnen. Ihre Sprache gehört zu der tibeto-birmanischen Sprachenfamilie (BISTA 1996⁷⁰). Sie wanderten vermutlich schon im 7. Jahrhundert aus Tibet ein (KRÄMER 1996). Ihr traditionelles Siedlungsgebiet in Nepal wurde das *Bara Magarant*⁷¹ (BISTA 1996) in den heutigen Berglanddistrikten West- und Zentralnepals (Lumbini-, Rapti- und Bheri-Zone). *Bara Magarant* lag südlich und westlich von Sikha Valley. Vermutlich drangen die Magar von dort aus in das Sikha Valley vor. Es kann angenommen werden, daß das Sikha Valley bei der Ankunft der Magar noch vollständig bewaldet war. Sie rodeten also die Wälder und haben höchstwahrscheinlich die Gegend zuerst durch Schwendbau⁷² urbar gemacht. Bevorzugt siedelten sie in den mittleren Hanglagen. Darauf weist die Lage der ersten Siedlung im Sikha Valley, Khibang (2.100 m), hin.

In Flußtälern und in den unteren Hangbereichen, unterhalb von etwa 1.500 m Höhe, leben überwiegend **Chetri** und **Bahun**⁷³. In den Chetridörfern wohnen meistens auch einige wenige

⁶⁹ KRÄMER (1996, p. 12).

⁷⁰ Das Buch „*People of Nepal*“ von Dor Bahadur BISTA erschien in der ersten Auflage schon 1967, ist aber immer noch ein Standardwerk zur Ethnologie Nepals. Hier wird auf die 6. Auflage von 1996 verwiesen, die allerdings gegenüber der ersten nur wenig verändert wurde.

⁷¹ „*Bara Magarant*“ – (nep.): „die zwölf Regionen der Magar“.

⁷² Zum Begriff „Schwendbau“ siehe SCHMIDT-VOGT (1997, 1999b).

⁷³ „Bahun“ ist das nepalische Wort für die Kastenbezeichnung „Brahmane“, welche in Indien gebräuchlich ist.

Bahunfamilien⁷⁴. Reine Bahundörfer gibt es im Arbeitsgebiet nicht. Erst in der Umgebung von Pokhara finden sich einige. Die Chetri gehören den indo-arischen Völkern an, die erst im 14. Jahrhundert von Süden her in den Himalaya gelangten und zuerst in den Tälern siedelten, wo sie den Naßreisanbau einführten. Allmählich verdrängten sie die alteingesessenen Völker in höhere Lagen und etablierten den Reisanbau von den Flußtälern aus bis in eine Höhe von über 1.500 m. Das Chetridorf Ghara im Sikha Valley liegt mit 1.780 m ungewöhnlich hoch für ein Chetridorf in diesem Teil des nepalischen Berglandes und ist damit eine Ausnahme⁷⁵. Wieso die Chetri ausgerechnet in dieses bis dahin nur von Magar bewohnte Tal kamen, heute wohl nicht mehr eindeutig zu klären. Schon in den Jahren 1963-64 versuchte der japanische Anthropologe Jiro KAWAKITA dies zu ergründen, was ihm aber trotz umfangreicher Nachforschungen nur ansatzweise gelang (KAWAKITA 1974). Das Gebiet von Ghara (um 1.800 m) gehörte ursprünglich zur Gemarkung von Khibang (2.060 m). Einigen in das Sikha Valley eingewanderten Chetrifamilien gelang es, sich durch geschickte Pachtverträge an dieser Stelle niederzulassen und schließlich ein großes Dorf zu errichten. In den ebenfalls von Magar bewohnten Nachbartälern durften sie sich nicht niederlassen. Viele der ausgezeichneten Terrassenareale um Ghara gehören allerdings weiterhin den Magar.

Östlich, jenseits des Ghorepani Passes (Kaski District), wird schon der westlichste Teil des Siedlungsraumes der **Gurung** erreicht. Die Gurung wohnen hauptsächlich an den Südhängen des Annapurna-Massivs und des Manaslu-Massivs (PIGNEDE 1966, 1993). Es lassen sich viele Ähnlichkeiten zwischen den Magar und den in direkter Nachbarschaft lebenden Gurung erkennen. Diese Ähnlichkeiten beziehen sich sowohl auf die Landnutzungstechniken wie auch auf kulturelle und historische Aspekte. Jagannath ADHIKARI hat in einem unweit gelegenen Gebiet zwischen Pokhara und dem Sikha Valley eine umfangreiche Untersuchung u.a. unter den Gurung durchgeführt, die auch sehr nützliche Hinweise auf die Lebensweise der Magar im Sikha Valley liefert (ADHIKARI 1996). Gurung und Magar stellen traditionell einen Großteil der Gurkha-Regimenter in der britischen und der indischen Armee.

Entlang der alten Handelsroute, die dem oberen Kali Gandaki folgt, wohnen mehrheitlich **Thakali**, so auch in Tatopani am Rande des Sikha Valley. Thakali sind sehr geschickte Kaufleute. Sie kamen schon in der Vergangenheit zu Wohlstand und Bedeutung, da sie den Salzhandel mit Tibet kontrollierten (v. FÜRER-HAIMENDORF 1975). Ab 1862 besaßen sie sogar ein Monopol darauf (GRAAFEN & SEEGER 1993). Vor einigen Jahren wohnten auch in Sikha noch vier Thakalifamilien (KAWAKITA 1974), die die ersten Restaurants und Übernachtungsmöglichkeiten für Touristen im Sikha Valley anboten. Inzwischen sind sie aber nach Pokhara abgewandert, wo es bessere Möglichkeiten gibt, am Tourismus zu verdienen,

⁷⁴ In Nepal hört man oft die Bezeichnung „Bahun Chetri (community)“ bzw. „Chetri Bahun (community)“ (genauso auch bei BISTA 1996). Damit sind generell hochkastige Hindus gemeint, die in Nepal das öffentliche Leben kontrollieren.

⁷⁵ In Westnepal siedeln die Chetri Bahun bis zu Höhen von 3.000 m, wo sie an die Bereiche grenzen, die von Tibetern bewohnt sind. Es fehlen in Westnepal allerdings die sog. „Altnepalischen“ Völker (Magar, Gurung, Tamang u.a.) ganz, die ja sonst in Nepal die Höhen zwischen 1.500 m und 3.000 m besiedeln (KLEINERT 1973).

und haben dort größere Hotels eröffnet. Den Thakali gehören aber noch immer einige „Ländereien“ mit besonders ertragreichen Reisterrassen in Sikha und in Ghara.

Im Bazarort Beni am Kali Gandaki leben auch **Newar**, Händler und Kaufleute, die ursprünglich aus dem Kathmandu Valley stammen (KRÄMER 1996, p. 13). Die Newar ließen sich u.a. in der Gegend um Pokhara bis hin nach Baglung nieder (SEEBER 1993, p. 667). Die Newar haben landesweit so gut wie alle wichtigen Handelsplätze unter ihrer Kontrolle. Nur entlang der Handelsroute des Kali Gandaki Valley konnten sie wegen der Konkurrenz der dort ansässigen Thakali, die traditionell dort Handel betrieben, kaum Fuß fassen. Im Arbeitsgebiet gibt es deshalb, bis auf wenige Familien in Beni, keine Newar. KAWAKITA nennt einen (im Jahre 1964) von Newar betriebenen Laden in Rhaku oberhalb von Beni als nördlichsten Punkt des Bereiches, in dem die Newar sich niederließen (KAWAKITA 1974, p. 58). Meines Wissens hat sich an dieser nördlichen Siedlungsgrenze der Newar nichts geändert.

In allen größeren Dörfern leben jeweils einige Familien, die den sogenannten Hinduberufskasten (*occupational casts*) angehören wie: **Kami** (Schmiede), **Damai** (Schneider), sowie **Sarki** (Lederverarbeiter). Sie besitzen in der Regel nur sehr wenig Land und sind deshalb gezwungen, ihren Lebensunterhalt als Tagelöhner zu verdienen. Neben ihren „Kastenberufen“ arbeiten sie überwiegend als Landarbeiter. Sie besorgen u.a. das Pflügen der Ackerterrassen mit Ochsespannen – eine Arbeit, die die Magar als minderwertig ansehen und die sie deshalb meiden. Kami und Damai arbeiten aber auch als Lastenträger in der Nachbarschaft, gehen dabei jedoch manchmal im Auftrage z.B. der Lodge- und Restaurantbesitzer bis nach Pokhara. Sie bringen Brennholz aus dem Wald, tragen Steinplatten für Hausdächer und Pflastersteine für Wege aus den Steinbrüchen u.ä. Etwas wohlhabender sind allein die **Sunar** (Goldschmiede), von denen es im Sikha Valley allerdings nur zwei Familien gibt.

3.3.1.2 Bevölkerungsentwicklung im Arbeitsgebiet

Die düsteren Vorhersagen aus den 1970er Jahren, über eine Bevölkerungsexplosion im nepalischen Bergland haben sich nicht erfüllt. Nach der Verdrängung der Malaria in der zweiten Hälfte der 1950er Jahre aus dem damals noch fast unbewohnten Terai setzte dorthin eine starke Einwanderung der Bevölkerung aus anderen Teilen Nepals ein, die seit etwa 40 Jahren andauert. Das verlagert den Schwerpunkt der Bevölkerungsverteilung in Nepal vom Bergland ins Terai. Nach den neuesten Zahlen aus dem nationalen Zensus 2001 wohnen inzwischen bereits 48,5 % der Nepali im Terai, während im Bergland nur noch 44,2 % und im Hochgebirge 7,3 % wohnen (CBS 2001).

| | Bevölkerung 1991 | Bevölkerung 2001 | Wachstumsrate (%) |
|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Nepal | 18.491.097 | 23.214.681 | 2,27 |
| Baglung District | 232.468 | 268.485 | 1,44 |
| Kaski District | 292.945 | 381.580 | 2,64 |
| Myagdi District | 100.552 | 115.351 | 1,37 |
| Parbat District | 143.547 | 158.027 | 0,96 |

Fig. 20: Bevölkerungsentwicklung in Nepal, im Myagdi Distrikt⁷⁶ und in den benachbarten Bergland-Distrikten im Zeitraum 1991 – 2001;

Quelle: Central Bureau of Statistics, Kathmandu (2001).

Die Auswertung von Luftbildern ließ für den Zeitraum zwischen 1978 und 1996 nur einen sehr geringen Zuwachs der Zahl der Häuser im Sikha Valley erkennen. Das ist, wenn auch kein Beweis, so doch ein deutlicher Hinweis darauf, daß es in dieser Zeit kaum ein Bevölkerungswachstum gab. Aus Interviews und Beobachtung, sowohl im Sikha Valley als auch in Pokhara, geht hervor, daß wohlhabendere Magar aus dem Sikha Valley sich stattdessen oft in Pokhara neue Häuser haben bauen bzw. bereits bestehende Gebäude haben erweitern lassen. Während meiner Aufenthalte im Arbeitsgebiet zwischen März 1997 und November 1999 wurde z.B. in Sikha (rund 850 Einwohner, 1998) nur ein einziges neues privates Wohnhaus gebaut. Häufiger werden dagegen Unterkünfte für Trekkingtouristen errichtet, die sich jedoch auf den Luftbildern von normalen Wohnhäusern häufig nicht unterscheiden lassen.

Zensusdaten aus der Zeit vor 1990 konnten für das Sikha Valley nicht mehr aufgefunden werden. Zwar publiziert die Regierung Daten, die nepalweit alle 10 Jahre erhoben werden, allerdings nur für die Distrikte als unterster Verwaltungsebene. Daten auf VDC-Basis werden in der Regel nicht veröffentlicht. Beim Myagdi District-Office in Beni, zu dem auch das Sikha Valley gehört, blieb mein Versuch, solche nicht veröffentlichten Daten zu bekommen, erfolglos.

⁷⁶ Im Myagdi District liegt das Sikha Valley.

| <i>ward</i> | | Häuser | 0 – 5 Jahre | | 6 – 10 | | 11 – 15 | | 16 – 20 | | 21 + | | <i>ward total</i> |
|------------------|-----------------------|-------------|-------------|-----|--------|-----|---------|-----|---------|-----|------|------|-------------------|
| | | | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | |
| 1 | Khibang ⁷⁷ | 157 | 55 | 54 | 60 | 42 | 43 | 48 | 50 | 42 | 231 | 253 | 878 |
| 2 | Chitre | 94 | 41 | 49 | 28 | 39 | 33 | 37 | 23 | 15 | 146 | 148 | 559 |
| 3 | Swata | 153 | 71 | 68 | 58 | 67 | 36 | 63 | 51 | 51 | 292 | 281 | 1038 |
| 4 | Sikha | 157 | 56 | 58 | 55 | 41 | 59 | 48 | 49 | 53 | 284 | 304 | 1008 |
| 5 | Pauder ⁷⁸ | 125 | 34 | 51 | 40 | 37 | 36 | 35 | 37 | 40 | 194 | 208 | 712 |
| 6 | Pauder-Rest | 126 | 42 | 43 | 45 | 43 | 40 | 47 | 35 | 39 | 226 | 205 | 765 |
| 7 | Mathi Ghara | 121 | 39 | 38 | 52 | 33 | 41 | 38 | 35 | 41 | 197 | 194 | 708 |
| 8 | Tallo Ghara | 111 | 53 | 47 | 29 | 40 | 48 | 37 | 31 | 22 | 182 | 198 | 687 |
| 9 | Ghar Khola | 64 | 19 | 14 | 11 | 11 | 30 | 23 | 15 | 29 | 93 | 104 | 349 |
| VDC total | | 1108 | 411 | 422 | 378 | 353 | 366 | 376 | 330 | 332 | 1845 | 1895 | 6704 |

Fig. 21: Bevölkerung in Sikha VDC nach einem Zensus von 1990.

Quelle: Sikha VDC – Office (1990), unveröffentlichte Daten.

M – männlich, F – weiblich,

Im Januar 1999 erhielt ich jedoch von der Verwaltung des Sikha VDC handgeschriebene Daten für die Jahre 1990 und 1998. Beim letzten Zensus von 1998 sind aber nur Erwachsene über 18 Jahre erfasst worden. Aus Fig. 20 läßt sich für das Jahr 1990 die ungefähre durchschnittliche Personenzahl pro Haus berechnen. Sie beläuft sich auf ca. 6 Personen / Haus. Dies wird als die durchschnittliche Haushaltsgröße angenommen. 1998 lebten nach den o.g. Daten 4.999 Erwachsene über 18 Jahre im Sikha Valley (Sikha VDC – Office 1998). Aus Fig. 21 geht u.a. hervor, daß in den Jahren von 1990 bis 1998 die Gesamtbevölkerung im

⁷⁷ Zum *ward* Nr. 1 gehört auch Ghorepani, die jüngste Siedlung im Sikha Valley.

⁷⁸ Zum *ward* Nr. 5 gehören die drei Teile des Hauptdorfes von Pauder (Alt-Pauder).

Sikha Valley von 6.704 um ca. 210 Personen auf ca. 6.915 angewachsen ist. Das würde einem Bevölkerungswachstum von 0,4 % pro Jahr entsprechen. Dieses läßt sich anhand der Aufteilung in Altersgruppen errechnen, wenn man davon ausgeht, daß der Anteil der Kinder unter 18 Jahren an der Gesamtbevölkerung 1998 ebenso wie 1990 bei 38,3 % lag. Ein derart geringes Wachstum bestätigt auch meine Beobachtungen, nach denen die Bevölkerungsentwicklung im Sikha Valley, stagniert. Neben einigen Weilern, die wüst gefallen sind, wurden nämlich bereits etliche Anbauflächen in peripheren Lagen aufgegeben (vgl. Kap. 8).

3.3.2 Landnutzung

In der Kulturlandschaft des Sikha Valley dominieren heute Ackerterrassen das Landschaftsbild. Auch die entlegensten Bereiche des Tales werden zumindest extensiv genutzt. Die Obergrenze des Dauerfeldbaus liegt heute bei ca. 2.500 m ü. NN (vgl. Kap. 3.3.2.3). Jeder landwirtschaftlichen Nutzung im Sikha Valley ging eine Entwaldung voraus. Da heute geringe Aussichten auf größere Ausdehnungen der Anbauflächen bestehen, liegt die Schlüsseldeterminante in der Tragfähigkeit des Bodens. Von grundsätzlicher Bedeutung ist jedoch im Sikha Valley wie im ganzen Äußeren Himalaya auch die Viehhaltung und die damit verbundene Lieferung von Dünger zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (vgl. SCHMIDT-VOGT 1993, p. 202). Sie nimmt laut SCHMIDT-VOGT eine „Schlüsselstellung in der Relation des Menschen zu seiner Umwelt“ ein (SCHMIDT-VOGT 1993, p. 228).

3.3.2.1 Bedeutung der Landwirtschaft in Nepal

Die Produktivität der nepalischen Landwirtschaft bleibt hinter dem starken Bevölkerungswachstum zurück. Bestenfalls stagniert sie. Immer noch leben fast 90%⁷⁹ der Bevölkerung in den ländlichen Gebieten Nepals, und über 80% der Bevölkerung sind immer noch von der Landwirtschaft abhängig (UNDP, Nepal 1998). Trotz einiger Unsicherheiten hinsichtlich der Verlässlichkeit nepalischer Zensusdaten läßt sich gegenwärtig eine langsame Abnahme der Produktivität der nepalischen Landwirtschaft verzeichnen, vor allem im Bergland. Bedenkt man aber, daß die Bevölkerung Nepals in den letzten Jahrzehnten mit einer durchschnittlichen Jahresrate von ca. 2,3 % zugenommen hat⁸⁰, kann man sich ausrechnen, daß schon eine leichte Minderung der Agrarproduktion gravierende Auswirkungen auf die Ernährungslage

⁷⁹ Der *Nepal Human Development Report* 1998 (UNDP, Nepal 1998) gibt hierzu, 88 % an, der Zensus von 2001 85,9 % (CBS 2001).

⁸⁰ Im Bergland liegt die jährliche Wachstumsrate der Bevölkerung unter dem Landesdurchschnitt.

der Bevölkerung haben muß. Die überaus komplexe Grundfrage der Ernährungssicherung gehört zu den Hauptbetätigungsfeldern der geographischen Risikoforschung. Eine ausführliche Darstellung dazu am Beispiel von Nepal findet sich bei BOHLE & ADHIKARI (1998), ADHIKARI & BOHLE (1999) und BOHLE (2001). Die Frage der Ernährungssicherung ist neben dem Bevölkerungswachstum und der Qualität des Ackerbodens von vielen weiteren sozio-ökonomischen und politisch-ethnischen Faktoren abhängig, die jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht diskutiert werden können.

Nepal zählt mit einem durchschnittlichen Jahreseinkommen von ca. 210 US\$ pro Jahr (ADB 1997) zu den ärmsten Ländern der Welt. Der *Nepal Human Development Report* von 1998 (UNDP, Nepal 1998) führt an, daß mehr als die Hälfte der Bevölkerung Nepals von weniger als 1 US\$ pro Tag leben muß. Hinzu kommt natürlich der Ertrag der Subsistenzwirtschaft, der allerdings zahlenmäßig schwer faßbar ist.

3.3.2.2 Landwirtschaftliches Produktionssystem im Sikha Valley

Das Produktionssystem im Sikha Valley wurde von KAWAKITA (1974) detailliert beschrieben. Allerdings waren zur Zeit seiner Feldforschungen (1963 / 1964) die Bauern noch viel stärker an der Subsistenzwirtschaft orientiert als heute, wenn auch m.E. nicht so stark wie von KAWAKITA postuliert. Das landwirtschaftliche Produktionssystem und die Fruchtfolge im Sikha Valley ähneln stark der Situation im Magardorf Chimkhola, die METZ (1989) genau studierte. Chimkhola liegt etwa zwei Tagesmärsche von Sikha in westlicher Richtung entfernt in einer ähnlichen Höhen- und topographischen Lage wie Sikha.

Der Terrassenfeldbau in Nepal unterscheidet grundsätzlich zwischen Bewässerungsterrassen (*khet*) und Trockenterrassen (*bari*), die im Regenfeldbau bewirtschaftet werden. Auf den Bewässerungsterrassen wird im Sikha Valley meistens Reis, gelegentlich aber auch Hirse (*finger millet*, nep. *kodo*), angebaut. Auf den Trockenterrassen dagegen wird überwiegend Weizen (auch Winterweizen) und Mais angebaut. Das charakteristische Muster der *bari*-Terrassen wurde im Sikha Valley von KAWAKITA (1974) beschrieben – er nennt es „*network-terraces*“. Dort können nämlich die schweren Ochsengespanne beim Pflügen von einer Terrasse auf die nächste wechseln, ohne die sorgfältig bearbeiteten Terrassenränder zu zerstören.

| ward | Mandarinen- bäume | Zitronen- bäume | Apfelbäume | Walnuß- bäume | Kühe | Ochsen | Büffel | | Schafe | Ziegen | + Pferde Maultiere |
|------------------------|----------------------|--------------------|------------|------------------|-------------|-----------|------------|----------|--------|--------|--------------------------|
| | | | | | | | F | M | | | |
| 1 Khibang | 0 | 1 | 192 | 30 | 184 35 | 119 8 | 229 22 | 27 | 255 | 78 | 48 |
| 2 Chitre | 0 | 0 | 112 | 4 | 118 3 | 65 0 | 203 0 | 33 | 167 | 97 | 15 |
| 3 Swata | 8 | 21 | 119 | 23 | 299 2 | 140 0 | 455 4 | 66 1 | 628 | 162 | 20 |
| 4 Sikha | 3 | 50 | 159 | 39 | 205 42 | 87 0 | 153 3 | 14 | 17 | 42 | 42 |
| 5 Pauder- Hauptdorf | 45 | 29 | 68 | 20 | 254 7 | 152 0 | 143 0 | 25 | 367 | 182 | 20 |
| 6 Pauder- Rest | 224 | 75 | 60 | 15 | 263 7 | 132 4 | 141 1 | 20 | 150 | 126 | 36 |
| 7 Mathillo Ghara | 69 | 54 | 9 | 9 | 185 6 | 112 1 | 155 3 | 5 | 0 | 108 | 3 |
| 8 Tallo Ghara | 355 | 83 | 4 | 6 | 199 2 | 127 0 | 243 9 | 6 2 | 260 | 129 | 3 |
| 9 Ghar Kh. Gaon | 207 | 57 | 0 | 0 | 57 0 | 44 0 | 89 0 | 0 | 0 | 24 | 0 |
| VDC – total | 911 | 371 | 723 | 145 | 1764 108 | 968 23 | 1941 42 | 196 3 | 1844 | 948 | 187 |

Fig. 22: Obstbaum- und Viehbestand im Sikha Valley 1998.

Quelle: Erhebung des Sikha VDC-Office (1998), unveröffentlichte Daten.

Bei Doppelzeilen gibt die untere Zahl die Zahl der Zuchttiere an („from the farm“).

Es werden zu viele Tiere gehalten, die häufig auch auf von Rutschungen bedrohten Flächen unkontrolliert grasen und so zur weiteren Zerstörung dieser Flächen beitragen (vgl. SCHMIDT-VOGT 1993, p. 199). Die Überweidung konzentriert sich nicht auf bestimmte Bereiche, sondern ist überall verbreitet, und degradiert viele Waldflächen zu *shrublands*. Wenn die durchschnittliche Haushaltsgröße im Sikha Valley mit sechs Personen angenommen wird (vgl. Kap.3.3.1), dann wurden pro Haushalt 4,2 Stück Großvieh (Kühe, Ochsen, Wasserbüffel) sowie 2,4 Stück Kleinvieh (Schafe, Ziegen) gehalten (vgl. Fig. 22, sowie SCHMIDT-VOGT 1993). Als Dunglieferanten sind die Tiere zwar unabdingbar für die Erhaltung der Produktionsleistung von Ackerflächen. Übereinstimmend wird in der Literatur aber die

Haltung einer zu großen Zahl von Weidetieren als das eigentlich gravierende Problem angesehen. METZ (1989, p. 12) hält die Tierhaltung gar für die größte Belastung der Landschaft. Die sehr enge Verbindung von Landwirtschaft und Waldnutzung wird oft als ein Charakteristikum der Nutzung im nepalischen Bergland genannt (vgl. SCHMIDT-VOGT 1993). Auch im Sikha Valley sind die Bauern in ihrer Wirtschaftsweise stark von den umliegenden Wäldern abhängig, die vor allem als Futterlaublieferanten und als Waldweide dienen.

In jüngerer Zeit ergaben sich im Sikha Valley einige neue Entwicklungen in der Landwirtschaft. Obstanbau (Mandarinen, Zitronen, Äpfel) und Gemüseanbau (Salate, Kohl, Kartoffeln) kam auf, doch wegen fehlender Straßenanbindung können städtische Märkte vom Sikha Valley aus immer noch nicht beliefert werden. Die Zunahme des Anbaus von Obst und Gemüse ist größtenteils auf eine seit den 1970er Jahren durch den Trekkingtourismus gestiegene Nachfrage an diesen *cash crops* zurückzuführen. Die Zahl der Touristen unterliegt allerdings starken Schwankungen, was z.B. im Jahre 2001 nach einer Reihe von verheerenden politischen Ereignissen in Nepal deutlich wurde, als die Besucherzahlen völlig einbrachen, nachdem sie sich zwischen 1986 und 1996 von ca. 25.000 auf 49.318 beinahe verdoppelt hatten (KMTNC 1997, p. 30).

3.3.2.3 Höhenstufen des Anbaus

Für den Anbau im Sikha Valley lassen sich folgende Höhenstufen feststellen:

- **Bis 1.800 m ü. NN**

Dieser Bereich wird landwirtschaftlich am intensivsten genutzt, besonders in der Höhenlage zwischen 1.400 und 1.800 m ü. NN. Die Höhenlage von 1.800 m bildet im Sikha Valley die allgemeine Obergrenze des Reisanbaus. Sie gilt im Wesentlichen auch für das übrige Bergland in Nepal und wird, wie erwähnt, als die Subtropenobergrenze angesehen (MIEHE 1991, p. 213). Der Reis ist die Hauptfrucht in diesem Bereich und bildet die Lebensgrundlage der Bergbauern. Bis zu einer Höhe von rund 1.800 m überwiegen bei günstiger Topographie und ausreichender Wasserversorgung Bewässerungsterrassen (*khet*). Die einzige wichtige Siedlung im Sikha Valley in dieser Höhenstufe ist Ghara, ein Chetridorf. In seiner Umgebung liegen auch die qualitativ besten Terrassen des Sikha Valley. Der ursprüngliche, die Vegetation in dieser Höhenstufe bestimmende *Schima walichii-Castanopsis indica*-Wald (DOBREMEZ 1976) ist, bis auf kleine Ufer- und Schluchtwälder in „semiwilder“ Kondition, verschwunden. Diese Restwälder sind oft die einzigen dorfnahen Lieferanten für Feuerholz und Futter. Die Versorgung mit Feuerholz und Futter für Haustiere ist deshalb erschwert. Das Auftreten zahlreicher Futterbäume (*fodder trees*) inmitten von Bewässerungsterrassen ist für die Landschaft hier besonders charakteristisch. Diese Zone ist frost- und schneefrei.

- **Zwischen 1.800 – 2.500 m ü. NN**

Dies ist der Hauptsiedlungsbereich im Sikha Valley. Hier herrschen *bari*-Terrassen vor. In dieser Höhenlage gibt es nur noch sehr wenige *khet*-Terrassen. Die Hauptfrucht ist hier Hirse (*kodo*), daneben werden Weizen (*gahun*) und Mais (*makai*) angebaut. Größere Areale sind noch mit Wald bestanden, v.a. gegen die Obergrenze hin. In diesem Bereich befinden sich inmitten von Ackerterrassenhängen ausgedehnte Rutschungsareale, die allerdings nahezu vollständig von *Alnus nepalensis*-Beständen eingenommen werden. Damit ist dort ausreichend Feuerholz in Siedlungsnähe verfügbar. Auch *Rhododendron arboreum* wird als Feuerholz genutzt. Letzterer wächst allerdings nur oberhalb von ca. 2.300 m. Seit Mitte der 1990er Jahre wird in Sikha in einer Höhe von 2.100 m auf einigen Terrassen Naßreis angebaut. Dies ist eine Neuerung, denn dieser Bereich ist für den Naßreisanbau dieser Region ungewöhnlich hochgelegen. Es sind neue Reissorten, die aus einer (bis 1995 britisch geführten) Forschungsstation in dem nahegelegenen Dorf Lumle (*Lumle Agriculture Research Project*) geliefert werden. Dieser erwähneter Reisanbau wird von den Bauern als ein Experiment betrachtet und deshalb vorerst nur auf einer kleinen Fläche durchgeführt. Bisher bringt er jedes Jahr erfolgsversprechend steigende Erträge. Auf den Nachbarterrassen wird meist Mais angebaut.

- **Zwischen 2.500 m – 3.200 m ü. NN**

Dieser Bereich liegt schon innerhalb der Nebelwaldstufe (vgl. Kap. 3.2.4). Es handelt sich um sehr stark genutzte Höhenwälder (Begriff nach SCHMIDT-VOGT 1990, p. 209). Im Winter liegt dort, je nach Höhenlage, bis zu einigen Wochen lang Schnee. Auf den wenigen dort noch anzutreffenden Terrassen wird als Hauptfrucht Gerste angebaut, gefolgt von Buchweizen und Kartoffeln. In dieser Höhenstufe liegen viele ehemalige sogenannte „Außenäcker“ (*outfields*). Häufig werden sie als Ausgangspunkte für Weideflächen (*kharka*), und nur bei Bedarf auch für den Kartoffelanbau genutzt (vgl. SCHMIDT-VOGT 1993).

In den letzten Jahren wurden im Sikha Valley einige neue Kartoffelfelder (*potato gardens*) angelegt, besonders im Gebiet um Chitre. Die hier angepflanzten Kartoffeln gelten als schmackhaft und werden von der Bevölkerung den importierten vorgezogen. In Chitre werden diese Kartoffelfelder in einer Höhe von 2.500 – 2.600 m ü. NN angelegt. Es hat sich im Gelände gezeigt, daß die Pflege dieser Flächen erfolgreich Rutschungen verhindern kann. Insgesamt soll aber, nach Berichten der Bewohner, die Kartoffelproduktion im Sikha Valley in letzter Zeit kaum gewachsen sein. Dies resultiert aus der Aufgabe von Ackerland im Thulo Kharka-Bereich, einem der traditionellen Gebiete des Kartoffelanbaus (vgl. Kap. 5.1.4.2). Das Thulo Kharka-Gebiet (ca. 2 km²) ist in der Vergangenheit terrassiert worden (Foto 15). Dort wurden einst hauptsächlich Kartoffeln, Buchweizen und Gerste angebaut. Das Gebiet wurde allerdings erst vor etwa 10 Jahren von der Bevölkerung verlassen. Aus den vor Ort gesammelten Informationen geht klar hervor, daß die Aufgabe der Region Thulo Kharka auf die Landflucht junger Leute zurückzuführen ist. Das Gebiet ist zwar ein gutes, recht ebenes Areal. Es weist jedoch eine marginale Lage auf, ist mit ca. 2.700 m ü. NN sehr hoch gelegen

und damit auch naßkalt. Über den Kartoffelanbau berichtet auch METZ (1989, p. 83) aus dem unweit von Sikha gelegenen Magardorf Chimkhola. In Umgebung von Chimkhola hat laut METZ die Fläche der Kartoffelfelder seit den 1950er Jahren deutlich zugenommen. Sie werden dort in einer ähnlichen topographischen Lage wie im Sikha Valley angelegt, verstreut innerhalb der Eichenwälder in den Höhen zwischen 2.400 und 2.700 m.

Dies ist auch die „Blutegelhöhenstufe“. Die in der Monsunzeit auftretenden, überaus lästigen und für das Jungvieh unter Umständen auch gefährlichen Blutegel⁸¹ verhindern eine intensivere Nutzung dieser Höhenstufe durch das Vieh (vgl. SCHMIDT-VOGT 1993). Die *kharkas* (Weiden) werden hier fast ausschließlich in der Trockenzeit vor und nach der Monsunzeit beweidet (SCHMIDT-VOGT 1993, p. 203).

- **Oberhalb 3.200 m ü. NN**

Hier bestimmen die Höhenwälder und die Gebirgsweidewirtschaft das Landschaftsbild. In der subalpinen und alpinen Stufe werden die *kharkas* nur in der Monsunzeit genutzt (SCHMIDT-VOGT 1993, p. 203). Auf dem Khopara-Rücken (3.630 m) entsteht ein neuer Stützpunkt für den Trekking-Tourismus. Vor knapp zehn Jahren wurden etwa dreißig Yaks aus Obermustang in das Sikha Valley eingeführt. Diese Yaks werden auf den Hochweiden am Mt. Kaer (ab ca. 3.200 m) angesiedelt sowie auf weiten Weideflächen unterhalb des Annapurna-Südgipfels (7.219 m), die sich über die Talumrahmung des Sikha Valley hinaus bis in Höhen von knapp 4.800 m erstrecken (Foto 21). Diese lokale Initiative, Gemeinschaftsprojekt mehrerer Dörfer, ist eine Innovation an der Südseite des Annapurna-Massivs. Die Yaks sollen einerseits eine Attraktion für Trekking-Touristen sein (u.a. wird für Yakblut mit medizinischer Wirkung geworben), andererseits erhofft man sich Einkünfte aus der Produktion von Yakkäse. Für die Yaks und andere Weidetiere werden Weideflächen nahe der Waldgrenze von den Hirten durch Einschlag aktiv vergrößert.

⁸¹ Blutegel: nep. juga.

3.3.2.4 Entwicklung der Größe landwirtschaftlich genutzter Fläche

Im Sikha Valley ist zu beobachten, daß eine Abnahme der landwirtschaftlich genutzten Fläche stattfindet. Diese Entwicklung ist auf folgende Tatsachen zurückzuführen:

- In den letzten Jahren erfolgte im Sikha Valley keine Neulandgewinnung mehr. Dies resultiert aus einer Abnahme des Bevölkerungsdrucks; das Bevölkerungswachstum stagniert (vgl. Kap. 3.3.1).
- In marginalen Bereichen werden aufgrund der Abwanderung Ackerflächen aufgegeben. Jetzt verbuschen diese Areale mit Weideunkräutern bzw. werden als Weidegebiete genutzt.
- Waldnahe Ackerflächen werden häufig aufgegeben, da die Offenhaltung der Flächen in Relation zum erwarteten Ertrag zu aufwendig ist. Dadurch kommt es zur Verbuschung und Verwaldung.
- Durch Rutschungen und nachfolgende Bodenerosion werden ebenfalls landwirtschaftliche Nutzflächen zerstört.

Die Waldfläche nimmt auf Kosten des Ackerlandes zwar leicht zu, erfährt aber eine schleichende Degradation (vgl. Kap. 5.3). Alle leicht zugänglichen Stellen unter etwa 2.400 – 2.500 m wurden in der Vergangenheit offenbar im Schwendbau⁸² vollständig gerodet und in Ackerland umgewandelt. Das heißt aber nicht, daß dieser gesamte Bereich auch vollständig entwaldet blieb, sondern es wurden immer bestimmte Flächen neu gerodet, während andere bereits wieder aufgegeben wurden oder aufgegeben werden mußten, v.a. infolge Bodenerosion oder spontaner Verbuschung, die durch den damit gestiegenen Arbeitsaufwand fürs Jäten die Fläche unrentabel werden ließ. Dies ist besonders gegen die Obergrenze des Bereiches hin zu beobachten. Dort steht heute viel als Waldweide genutzter Sekundärwald, der mit offenen Weideflächen durchsetzt ist. In unmittelbarer Waldnähe sind die Erträge niedriger, denn hier ist das Gelände einem ständigen Verbuschungsdruck ausgesetzt. Stellenweise treten dort auch beträchtliche Schäden durch wildlebende Tiere auf.

Für die Höhe der Erträge ist die Verfügbarkeit von natürlichem Dünger von entscheidender Bedeutung. Da es ohne Laub aus den Wäldern und daher ohne Waldbestand keinen natürlichen Dünger gibt, sind die Aussichten auf höhere Erträge dort besser, wo die Waldflächen (in denen die Bergbauern Laub für ihre Tiere holen können) näher bei den Feldern liegen (SCHMIDT-VOGT 1993). Am schlechtesten müßte es demnach im Dorf Ghara (1.780 m) aussehen, da es dort keinen Wald mehr gibt. In Ghara ist es jedoch wärmer (weil niedriger gelegen), und die Terrassen sind qualitativ die besten.

⁸² Zum Begriff „Schwendbau“ siehe SCHMIDT-VOGT (1997, 1999b).

4. Rutschungen – Definition und Klassifikation

4.1 Definition der Rutschungen.

Der Begriff „Rutschung“ wird in der vorliegenden Arbeit dem früher häufig benutzten Begriff „Erdrutsch“ vorgezogen. Der Begriff „Erdrutsch“ wird überwiegend in der allgemeinen Sprache und in den Medienberichten benutzt. Zu sehr wird damit aber suggeriert, daß nur „Erde“ in die Rutschbewegung involviert wäre. Nach der offiziellen Klassifikation der UNESCO (1993) wird bei den beteiligten Materialarten ausschließlich zwischen Boden (*earth*), Fels (*rock*) und Schutt (*debris*) unterschieden. Allerdings ist auch der Begriff „Rutschung“ nicht ideal, da nicht nur „Rutschen“ als Bewegungsart möglich ist.

Die UNESCO-*Working Party for Landslide Inventory* und die *International Association of Engineering Geology* (IAEG) haben eine allgemeingültige Terminologie für Rutschungen vorgeschlagen (WP/WLI, 1993b). Demnach sind die fünf Grundtypen von Rutschungen nach Art der Bewegung: Fallen, Kippen, Gleiten, Driften und Fließen (vgl. Fig. 19)⁸³. Begriffe wie Schlamm- und Schuttstrom (Mure), Steinschlag, Felssturz oder Bergsturz bezeichnen das bewegte Material näher oder geben die Größenordnung des Ereignisses wieder. Der Oberbegriff Rutschungen umfasst somit alle Massenschwerebewegungen und den linienhaften Massentransport durch Wasser in Hanglagen (KRAUTER 1994). Allein der Einfluß der Schwerkraft unterscheidet Rutschungen von anderen Prozessen, in denen Wasser, Wind oder Gletschereis als Abtragungsfaktoren wirken.

In der Fachliteratur gibt es noch einige Konfusion über die Verwendung der Begriffe „Rutschungen“ und „Massenbewegungen“. Aus der oben genannten UNESCO-Definition von 1993 läßt sich ableiten, daß der früher allgemein benutzte übergeordnete Begriff "Massenbewegungen" durch den Begriff "Rutschungen" ersetzbar ist. PRINZ (1997, p. 276) stellt sogar fest, daß der Oberbegriff "Massenbewegungen" international wieder aufgegeben worden ist. In Sinne der UNESCO-Definition entspricht der Begriff „Rutschungen“ dem in der englisch-sprachigen Literatur genutzten Begriff „*landslides*“. Um den Begriff „*landslides*“ gab es bis 1993 in der englischsprachigen Literatur eine ähnliche Unklarheit. Laut JONES (1984) wird „*landslide*“ oft wenig präzise benutzt – "(...) *it is the most over-used and loosely-defined term employed in slope studies*". CRUDEN (1991, p. 29) bemerkt zur Benutzung des Begriffs *landslide* in Nordamerika, daß:

⁸³ Nicht in der Fig. 19 enthalten sind zusammengesetzte Rutschungen (*complex landslides*).

“the term has a much more extensive meaning than its component parts suggest because the phenomena described as landslides are not limited either to the land or to sliding”.

In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff "Rutschung" in seiner weiten Bedeutung benutzt. Wenn es sich um eine festgelegte Rutschung handelt (Art- / Typ-), wird in der Regel die jeweilige genauere Bezeichnung benutzt, z.B. Rotationsrutschung, Translationsrutschung, Felssturz, *debris flow* (Mure), usw. Mit dem Begriff "Rutschung" werden sowohl die Form wie auch das Material bezeichnet. In der vorliegenden Arbeit werden hinsichtlich der Probleme der Rutschungen nur natürliche Böschungen (Hänge) behandelt⁸⁴. KRAUTER (1995) definiert sie folgendermaßen:

„Natürliche Böschungen und Hänge sind geneigte Gelände­flächen, die durch endogene und exogene geodynamische Prozesse entstanden sind. Dazu zählen auch die Uferböschungen an fließenden und stehenden Gewässern. (...) Die Begriffe natürliche Böschungen, Böschungen und Hänge werden im allgemeinen Sprachgebrauch synonym verwendet“ (KRAUTER 1995, p. 549).

4.2 Klassifikation von Rutschungen

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über den Weg hin zu einer einheitlichen internationalen Klassifikation von Rutschungen gegeben werden. Sie wird in der vorliegenden Arbeit ausschließlich angewandt und geht auf die Ergebnisse einer internationalen Arbeitsgruppe (*Working Party*, WP) der UNESCO zurück (WP / UNESCO 1993). CRUDEN & VARNES (1996) schildern den Weg zur ersten offiziellen Klassifikation von Rutschungen und den darin vorkommenden einzelnen Termini.

In den letzten 50 Jahren gab es viele Versuche, Rutschungen so zu klassifizieren, daß eine möglichst umfassende Gültigkeit gewährleistet ist. Bis zur Erstellung der erwähnten offiziellen Klassifikation der Rutschungen (WP / UNESCO 1993) stammten die wichtigsten Klassifikationen von VARNES (1958; 1978) und von HUTCHINSON (HUTCHINSON 1968; SKEMPTON & HUTCHINSON 1969). Zur wichtigsten und in weiten Teilen heute noch gültigen wurde die Klassifikation des amerikanischen Ingenieurgeologen David J. VARNES von 1978.

⁸⁴ Neben den natürlichen gibt es auch künstliche Böschungen. Nach KRAUTER (1995) sind das durch technische Eingriffe hergestellte geneigte Gelände­flächen.

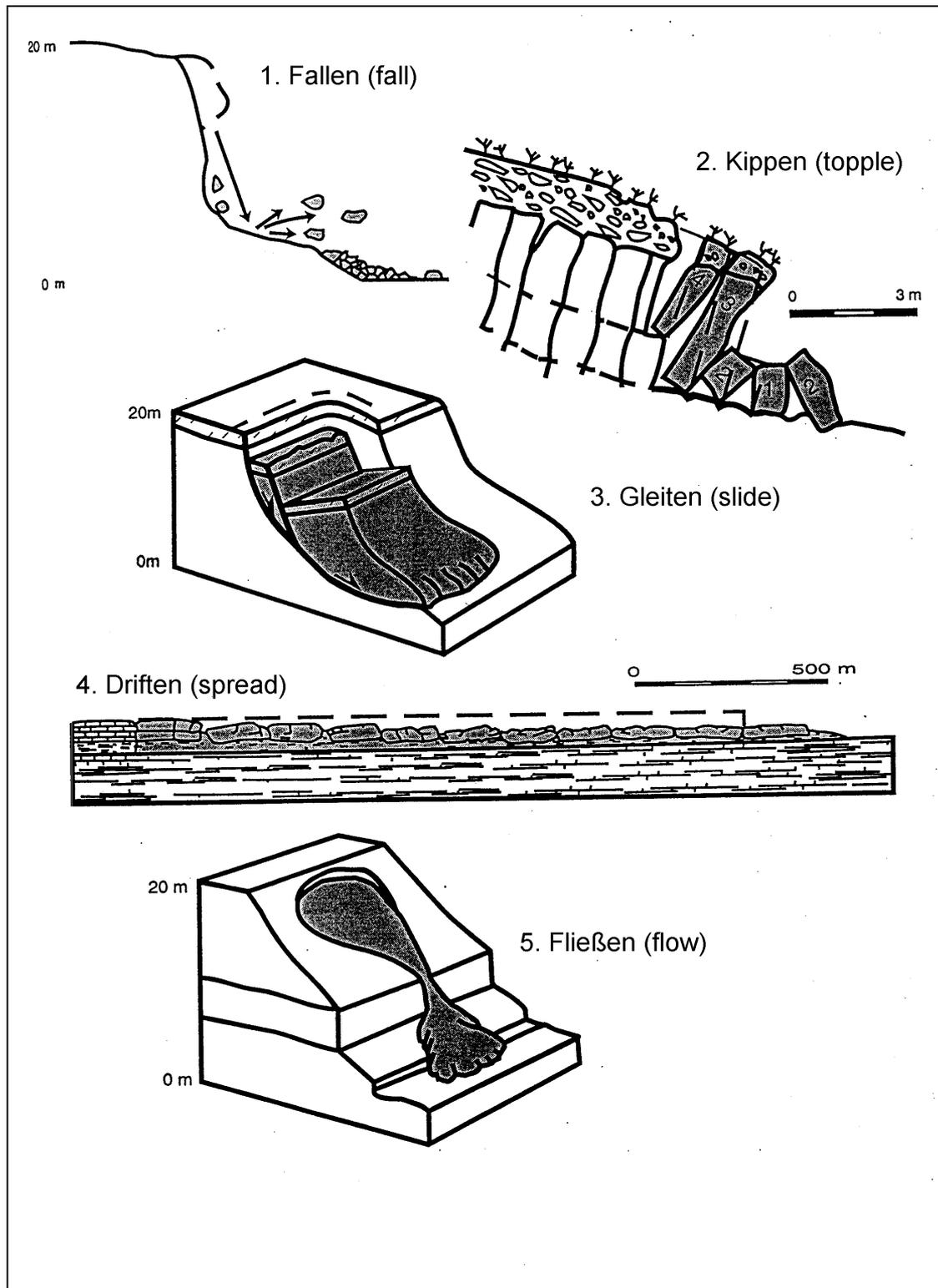


Fig. 23: Grundtypen von Rutschungen nach Art der Bewegung;
nach dem *Multilingual Landslide Glossary*,
(UNESCO-WP/WLI 1993).

Sie wurde im ersten Bericht des *Transportation Research Board* (TRB): "*Special Report 176: Landslides: Analysis and Control*" veröffentlicht und fand weite Beachtung. Klassifikation und Terminologie von VARNES verschmolzen in der Praxis nach und nach mit der von HUTCHINSON. Die *Commission on Landslides and Other Mass Movements* (eine Kommission der *International Association of Engineering Geology*, IAEG) setzte auf der Grundlage dieser beiden o.g. Terminologien die Arbeit an einer allgemein gültigen Terminologie fort.

Die UNO deklarierte für 1990-2000 eine *International Decade for Natural Disaster Reduction* (IDNDR)⁸⁵ und beschleunigte so die Arbeiten der IAEG an der "*Suggested Nomenclature for Landslides*" (1990) und die Einrichtung einer Arbeitsgruppe (*Working Party*, WP) durch die *International Geotechnical Societies* und die UNESCO, die das "*Directory of the World Landslide Inventory*" veröffentlichte (WP/WLI 1992). Dieses UNESCO Projekt wurde von dem Mainzer Ingenieurgeologen Edmund KRAUTER koordiniert (WP/WLI, 1993b). Im Jahre 1993 publizierte die UNESCO-Working Party schließlich mit "*A Suggested Method for Describing the Activity of a Landslide*" (WP/WLI, 1993a) und mit dem "*Multilingual Landslide Glossary*" (WP/WLI, 1993b) zwei Schlüsselwerke, die den vorläufigen Höhepunkt der Bemühungen darstellen. Damit diese offizielle Klassifikation weltweit einheitlich benutzt werden kann, erschien das *Glossary* in den Sprachen: Englisch, Deutsch, Französisch, Spanisch, Russisch und Chinesisch. KRAUTER hat den deutschen Text des *Glossary* herausgegeben (WP/WLI, 1993b). In der vorliegenden Arbeit wird ebenfalls nur diese entsprechende Terminologie verwandt.

Im Arbeitsgebiet werden Rutschungen sowohl von den Magar als auch von den Chetri mit dem nepalischen Wort *pahiro* bezeichnet. Von den in Fig. 23 aufgeführten Rutschungstypen kommen im Arbeitsgebiet Fallen, Kippen, Gleiten und Fließen vor. Nicht aufgeführt in Fig.23 sind zusammengesetzte Rutschungen, die aus einer Kombination von zwei oder mehreren Rutschungstypen bestehen. Auf dem Sikha-Hang überwiegen langfristige sowie plötzliche gleitende Bewegungen (vgl. Kap. 5.1.2). Die letzteren gehen bei starkem Wassereinfluß häufig in fließende Bewegungen über. Dazu gehören auch die für das Gebiet charakteristischen *debris flows* (bzw. Muren, vgl. Foto 30). Das sind wildbachähnliche, hochturbulente Bewegungen von Schutt (*debris*). Auf dem steileren Pauder-Hang kommen kleinere Felsstürze vor, denen oft kippende Bewegungen vorangehen. Im Kali Gandaki Vally kommen alle vier obengennanten Rutschungstypen vor, wobei in den Schluchtabschnitten Felsstürze und –gleitungen dominieren (z.B. Tatopani-Rutschung, vgl. Kap. 6). Ausführliche Darstellungen zu Rutschungstypen finden sich neben dem erwähnten *Multilingual Landslide Glossary* (UNESCO-WP/WLI 1993) bei KRAUTER (1995), DIKAU et al. (1996), CRUDEN & VARNES (1996), sowie PRINZ (1997).

⁸⁵ vgl. Kap. 1.2.

5. Rutschungen im Arbeitsgebiet – Bestandsaufnahme und Analyse der Ursachen

5.1 Bestandsaufnahme der Rutschungen

5.1.1 Einführung

Die Rutschbewegungen auf dem Sikha-Hang wurden bereits auf der Makroebene im Kapitel 3.2.1 (Lesser Himalaya) dargestellt. Hier sollen einzelne Rutschungen auf der regionalen und auf der lokalen Ebene untersucht werden. Es werden Rutschungen beschrieben, die für das Erscheinungsbild des Sikha Valleys bestimmend sind, und die die Art der Landnutzung und damit auch das tägliche Leben der Bergbauern stark beeinflussen.

Das Arbeitsgebiet im Sikha Valley besitzt, entgegen dem ersten „harmlos“ wirkenden Eindruck (sanft geneigter Sikha-Hang, sanfter gerundete Sikha- und Khopara-Rücken), eine junge Topographie, die zum großen Teil das Ergebnis zahlreicher aktiver Rutschungen ist⁸⁶. Der natürliche Formenschatz ist dort sehr vielfältig. Die Geländeoberfläche unterliegt ständigen Veränderungen, die in einzelnen Bereichen sehr schnell ablaufen. Auf dem Sikha-Hang befinden sich mehrere größere Rutschungsareale, die sich nach der UNESCO-Klassifikation von 1993 hauptsächlich als „zusammengesetzte Rutschungen“ ansprechen lassen (vgl. Kap. 4.2). Darin kommt es in einzelnen Teilbereichen zu Translations- und Rotationsbewegungen. Die Gleitflächen dieser Rutschungen dürften schätzungsweise nicht tiefer als rund 20 m liegen. Die Rutschungen befinden sich in allen Stadien der Aktivität. Hier werden nur aktive Rutschungen behandelt, d.h. solche die gegenwärtig in Bewegung sind.

Bei der Mehrzahl der aktiven Erosionsformen im Sikha Valley handelt es sich um Gullies, die sich meist vom Ghar Khola ausgehend den Hang hinaufarbeiten (vgl. Foto 37 und 38). Manche dieser Gullies durchziehen den Hang auf einer Distanz von bis zu 1.000 Metern. Die meisten erreichen aber nur die Hälfte davon. Sie vergrößern sich hauptsächlich durch Seitenerosion an den Rändern. Dadurch entsteht der größte Teil der Materialverluste an terrassierten Anbauflächen. Die Tiefeneinschneidung der Gullies ist nur während der Monsunzeit sehr stark. Die Flanken dieser Gullies werden dadurch versteilt und sind fortan instabil. Infolgedessen fällt immer wieder Material in die Tiefenrinne. Da nicht alles Material gleich ausgeräumt werden kann, bremst das zeitweilig die Tiefenerosion. Damit durchläuft

⁸⁶ Zu dem häufig in der Literatur vermittelten Eindruck einer „reifen Landschaft“ vgl. Kapitel 3.2.1.

ein Großteil der Lockermaterialfüllung in den Gullies mehrfach eine Folge von Erosion und Ablagerung, bis sie schließlich den Vorfluter erreicht.

5.1.2 Der Sikha-Hang (ein Schichtflächenhang)

Zuerst werden die großflächig wirkenden Vorgänge, die Bewegungen von ganzen Hängen im Arbeitsgebiet steuern, erläutert. In diesem Kapitel werden die Rahmenbedingungen auf der Mesoebene skizziert, und die Ausgangssituation für weitere, kleinere Rutschungen auf der Lokalebene dargestellt. Diese werden im Detail im Kapitel 5.1.4 beschrieben.

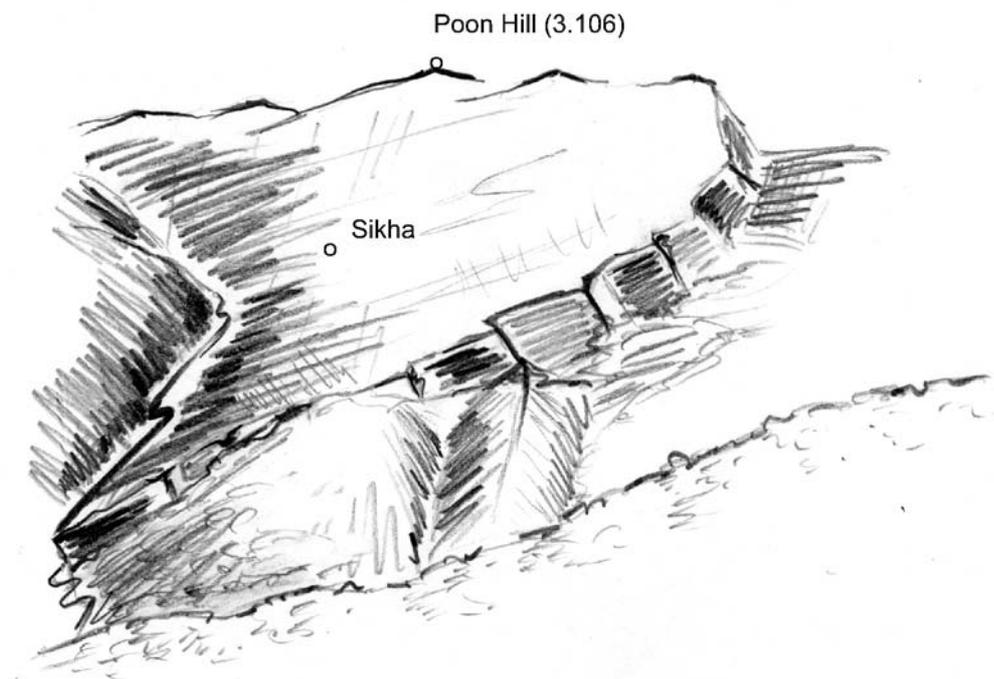


Fig. 24: Der Sikha-Hang, ein Schichtflächenhang.

Blick gegen SE von jenseits des Kali Gandaki aus gesehen, vgl. Foto 2;

Entwurf P. Ottinger, Graphik F. Woll.

Das Sikha Valley ist – wie bereits erwähnt – ein asymmetrisches Strukturtales mit einem flachen Schichtflächenhang (*dip slope*) und einem steilen Schichtkopfhang (vgl. Fig. 9; Foto 1 und 2). Das Rutschungsgeschehen konzentriert sich auf den Schichtflächenhang. Dieser wird nach Sikha, dem wichtigsten Dorf im Tal, das zentral auf dem Hang liegt, hier „Sikha-Hang“ genannt. Der Sikha-Hang erstreckt sich über 9,5 km vom Ghorepani-Paß bis zum Durpin-Danda und hat eine Fläche von 28 km² (vgl. Fig. 10). Seine relative Höhe liegt bei 800 – 1.300 m. Sie ändert sich entsprechend dem Verlauf des Ghar Khola, der Tiefenlinie des Tales, und dem Verlauf des Sikha-Rückens, der Reliefobergrenze. Die Grundzüge der Morphologie des gesamten Hanges und der benachbarten Täler und Bergrücken werden durch Rutschungen i.w.S.⁸⁷ bestimmt. Der bis zu 3.000 m mächtigen Kuncha Formation (UNDP 1981) kommt dabei die wichtigste Rolle zu. Die Kuncha Formation besteht aus einer monotonen Phyllit / Quarzit-Gesteinsabfolge, die das Gebiet hauptsächlich aufbaut. Andere im Gebiet vorkommende Gesteine (Kap. 3.2.1.5) spielen nur bei kleineren lokalen Rutschungen eine Rolle.



Fig. 25: Der Sikha-Hang (links) und südlich anschließende Schichtflächenhänge.

Blick gegen SSE; Entwurf: P.Ottinger, Graphik: F. Woll.

⁸⁷ Vgl. Kap. 4.1 – Oberbegriff Rutschungen.

Ich folge der Meinung von VÖLK (p.M. 1998), daß der gesamte Sikha-Schichtflächenhang infolge des Zusammenspiels von Talzuschub und Bergzerreißung sehr langsame Rutschungsbewegungen erfährt. Diese angenommenen Bewegungen sind allerdings kaum meßbar – sie liegen wohl im Millimeterbereich pro Jahr. Damit folge ich der Meinung von KRAUTER (1994, p. 427), der, allerdings für mitteleuropäische Verhältnisse, davon ausgeht, daß:

„(...) jeder Hang Massenschwerebewegungen in der Größenordnung von Zehntel- bis Millimeter je Jahr ausführt. Die Frage der Hangstabilität hängt also vom Zeitfaktor ab und davon, welche Bewegungsbeträge akzeptiert werden. Die Fragestellung müßte daher lauten „Wie schnell bewegt sich ein Hang?“ und nicht „Wie hoch ist seine Stand-sicherheit?“.

Für das tektonisch sehr aktive Arbeitsgebiet setze ich die Bewegungsraten aber höher als in Mitteleuropa an. Damit sind langandauernde gravitative Massenbewegungen gemeint, die allerdings oft schwer von tektonischen Vorgängen zu unterscheiden sind. Der japanische Geologe Masahiro CHIGIRA (1992) grenzt das Prozeßpaar Bergzerreißung und Talzuschub („*gravitational mass rock creep*“ oder einfach „*mass rock creep*“ – MRC) unter dem Aspekt seiner phänomenologischen Ausprägung in der Landschaft, von tektonischen Vorgängen ab. Als Kriterium zieht er die weitaus geringere Tiefe der Gleitflächen (*sliding surfaces*) bei gravitativen Vorgängen heran. Charakteristische Landschaftsformen, die auf die MRC hindeuten, sind laut CHIGIRA (1992): *ridge-top depressions*, *linear depressions* und *double or multiple ridges*.

CHIGIRA (1992, p. 157): “Mass movement that accompanies long-term gravitational deformation of rocks without a well-defined master sliding surface is (...) here referred to as “gravitational mass rock creep” or simply “mass rock creep” (MRC), following the usage of RADBRUCH-HALL (1978)”.

Der Italiener BROILI bemerkte schon 1967 in seiner Arbeit über die Vaiont-Rutschung in den Dolomiten bei Longarone (an der Piave),⁸⁸ daß MRC wichtig für die praktische Ingenieurgeologie ist, weil es üblicherweise großen katastrophalen Rutschungen vorausgeht (BROILI 1967).

Der Sikha-Hang gliedert sich in mehrere größere Schuppen (vgl. 13). Diese wiederum sind in kleinere Schuppen bzw. einzelne Blöcke unterteilt, die voneinander abgesetzt sind, und zwar sowohl vertikal wie horizontal. Infolge des Talzuschubs kommt es in der unteren Hanghälfte zu lokalen Überschiebungen einzelner Gesteinslagen übereinander, die sich an der Oberfläche als „Buckel“ äußern (*bulging*). Meistens handelt es sich um entlang einer im Phyllit entstandenen Gleitfläche abgerutschte Quarzitbänke, eventuell noch mit ihrer kolluvialen

⁸⁸ Bei der Vaiont-Rutschung kamen 1963 über 2.000 Menschen zu Tode (KIERSCH 1964).

Auflage. Häufig wird so in diesen „Buckeln“ durch die Rutschbewegung eine horizontale Lagerung der Gesteine vorgetäuscht. Die „Buckel“ sind morphologisch am Hang als Verflachungen zu erkennen, die talwärts durch eine scharfe Geländekante begrenzt werden. Diese Kante ist dann als Kliff erkennbar. Die „Buckel“ bilden oft kleine Felsburgen und bis zu 15 m hohe Kliffs, meistens sind sie aber deutlich niedriger. Diese Felsburgen zerfallen jedoch relativ schnell durch Kippbewegungen (*topplings*) und nachfolgende Felsstürze (*rock falls*). Die einzelnen Bänke sind bereits selektiv herausgewittert. Am Fuß der Wände liegen z.T. mächtige Schutthalden. Häufig werden Flexuren gebildet – die duktil reagierenden Phyllite sind in der Lage, die Bewegungen mitzumachen, die mitfahrenden darüberliegenden Quarzitäbanke jedoch nicht. Sie zerbrechen scharf in einzelne Blöcke bzw. kleinere Platten. Als Ergebnis dieser Bewegungen besteht die Hangoberfläche des Sikha-Hanges aus vielen kleineren Flächen und Stufen sowie aus Hangverflachungen mit zahlreichen vertikalen und horizontalen Trennflächen, entlang derer sich die rezenten Bewegungen vollziehen. Diese Trennflächen folgen zwei Hauptrichtungen: erstens der parallel zur Kali Gandaki-Störung (Blattverschiebung; *strike-slip fault*) verlaufenden Störungsschar (ca. N-S orientiert), zweitens der NW-SE verlaufenden lokalen Verwerfung, die den Verlauf des Ghar Khola bestimmt.

Die langsamen (hypothetischen) Rutschbewegungen im westlichen Teil des Sikha-Hangs sind komplexer. Letzterer bildet einen "Keil" zwischen der Kali Gandaki-Schlucht und dem Sikha Valley (vgl. Foto 26), d.h. zwischen einer Quer-Störung (*transversal fault*) und dem Normalstreichen des Gebirges. Jede Rutschung führt hier auch zu Entlastungsbewegungen im Untergrund der von der Auflast befreiten Oberfläche. Die Hangbewegungen erfolgen überall dorthin, wo es einen freien Raum gibt, also auch in Richtung der Kali Gandaki-Schlucht. Dort an den Schluchtenkliffs gibt es häufig größere Geländesprünge, die sogar mehrere hundert Meter betragen können (vgl. Foto 41).

Von jenseits des Kali Gandaki, von den gegenüberliegenden Bergflanken des Dhaulagiri aus betrachtet, erscheint der Sikha-Hang auffällig schwach geneigt und flach (Fig. 24 und 25; Fotos 2 und 26). Er ist aber nicht der einzige Hang, der diese Merkmale aufweist. Es gibt ähnliche Hänge in der unmittelbaren Nachbarschaft. Diese folgen dem Sikha-Hang in Richtung Süden, bedingt durch eine Folge von gleich asymmetrischen Tälern. Der Sikha-Hang ist der nördlichste von ihnen, denn nach Norden hin schließt sich an ihn das Kristallin des Hochhimalaya an. Die Wasserscheiden (Rücken), die diese asymmetrischen Täler voneinander abgrenzen, liegen in sehr ähnlichen Höhen um 2.500 – 2.800 m (und sehen von ferne wie eine „Gipfflur“ aus). Diese Schichthänge fallen allesamt gegen NE ein. Auf ihrer Oberfläche gehen viele Rutschungen ab, die dem Schichtfallen folgen. Ihre Bewegungsrichtung wird durch das Vorhandensein der Kali Gandaki-Schlucht modifiziert. Dieser große freie Raum lenkt auch das langsame Kriechen der Hänge in Richtung auf die Schlucht um, und zwar beiderseits des Kali Gandaki.

5.1.3 Der Pauder-Hang (ein Schichtkopfgang)

Im Gegensatz zum Sikha-Hang ist der steile Pauder-Hang (Schichtkopfgang) gegenwärtig nicht von größeren Rutschungen betroffen. Bei den dort auftretenden Rutschungen überwiegen kleine Felsstürze, denen oft kippende Bewegungen vorangehen (vgl. Fig. 23). Diese Felsstürze treten vorwiegend im Schluchtabschnitt des Ghar Khola und an steilen Hängen der kleineren Seitentäler bis zu einer Höhe von ca. 2.200 m. Nur am mittleren Dhasta Khore Khola befindet sich in ca. 2.260 m ü. NN eine seit 1996 ständig aktive Rotationsrutschung, die auch einige kleinere Felsstürze und auch kleine *debris flows* lieferte. Diese erreichten aber nur das Bachbett und haben in dem dicht bewaldeten und unbewohnten Gebiet keine Schäden verursacht.

5.1.4 Lokale Fallbeispiele für Rutschungen

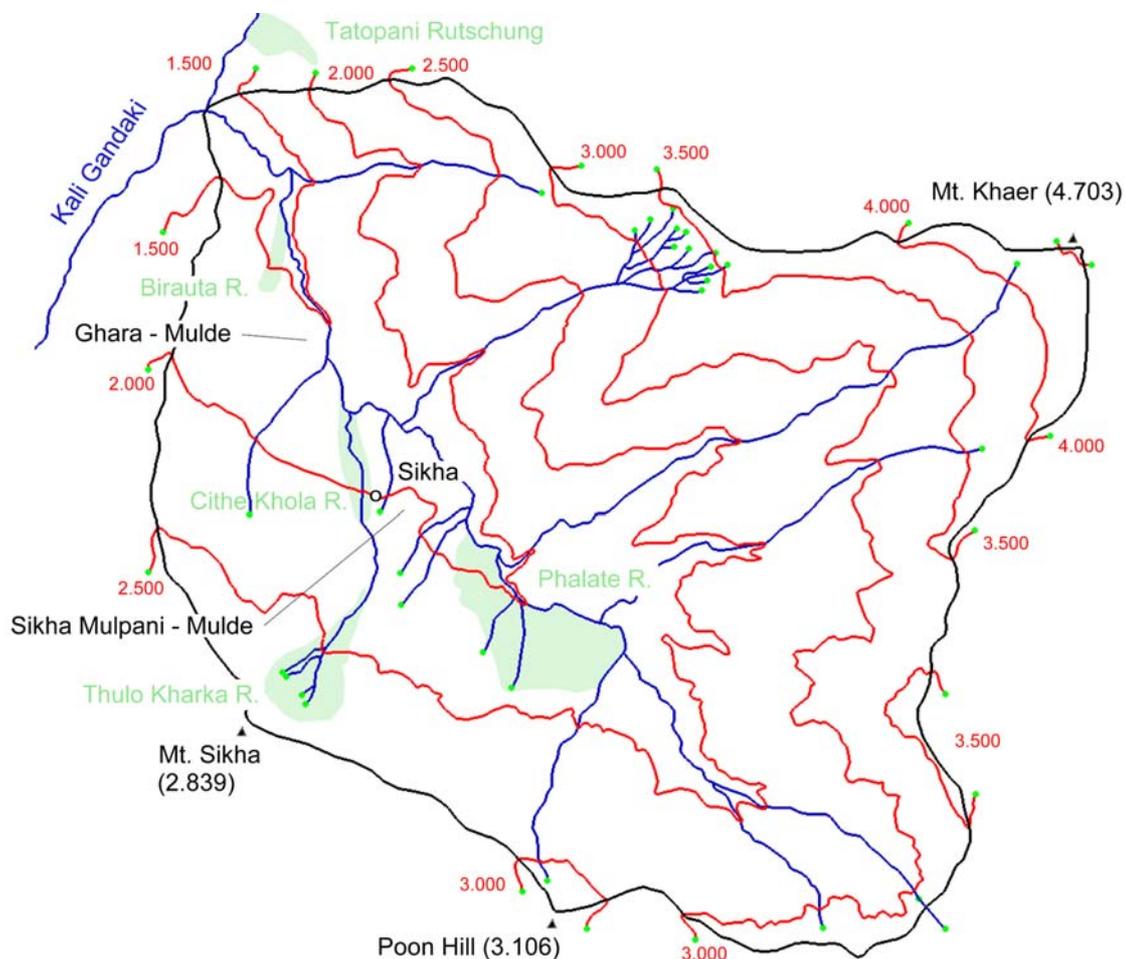


Fig. 26: Übersichtskarte zu den wichtigsten aktiven Rutschungsgebieten im Sikha Valley;
Entwurf: P. Ottinger, Kartographie (GIS-Topol): C. Böge.

In den folgenden Kapiteln werden die auf der Karte in Fig. 26 grün unterlegten wichtigsten Rutschungsareale des Sikha Valley besprochen, mit Ausnahme der Birauta-Rutschung, die aber auf den Fotos 9 und 10 abgebildet ist. Sie wurde erst im letzten Jahrzehnt wieder aktiv, besonders in dem auf Foto 10 erfaßten Bereich.

5.1.4.1 Fallbeispiel 1: Der abgleitende „Tallo Sikha-Block“ und die Cithe Khola-Rutschung

Der langsam nach N-NW abgleitende⁸⁹ „Tallo Sikha-Block“ wurde von mir nach einem Dorfteil von Sikha – Tallo Sikha – benannt⁹⁰ (vgl. Foto 3). Seinen westlichen Rand bildet ein 60-80 m hohes und rund 700 m langes Kliff. Die Bebauung in Tallo Sikha reicht bis zur Kliffkante. Entlang des Klifffußes fließt ein kleiner Bach – der Cithe Khola. Während der Monsunmonate unterschneidet der Bach mit wechselnder Intensität die Basis des Kliffs. Das Gerinne nimmt bereits die Form eines Gully mit asymmetrischen Wänden an. Die Phyllitbänke, in denen das Gullybett entstand, fallen in Richtung des Kliffs ein, und so wird das fließende Wasser gegen den Kliffuß gedrängt. Der Gully sammelt einerseits das Material aus der Felswand, andererseits dient er als Transportweg für das Material zum Ghar Khola hin. Das Kliff besteht größtenteils aus einem überdurchschnittlich mächtigen Phyllit-Formationsglied, dessen Basis bis unter die Hangoberfläche reicht und nicht aufgeschlossen ist. Nur der oberste Kliffteil besteht aus einer Quarzitbank, die die Ausbildung einer scharfen Kante ermöglicht hat. Die Foliation im Phyllit ist hier sehr engständig, was Gleitbewegungen begünstigt. Die Gleitfläche (-zone?) des „Tallo Sikha-Blocks“ liegt wahrscheinlich nahe der Kliffbasis.

Zur Cithe Khola-Rutschung⁹¹ liefern insbesondere die Luftbilder von 1986 eindeutige Hinweise. Nach Berichten der Einwohner war diese Rutschung Anfang der 1980er Jahre sehr aktiv. Der Gully war damals tiefer als heute. Das ganze Kliff war ein einziger Aufschluß und hatte sich damals den ersten Häuser des Dorfes bis auf 1-2 m genähert. Nördlich, unterhalb der letzten Häuser des Dorfes, war das nackte Gestein sogar bis ca. 10 m über die Kliff-Oberkante freigelegt worden. Auf den farbigen Dias setzen sich silber glänzende aktive Rutschflächen klar von der Umgebung ab. Unterhalb des Tallo Sikha-Kliffs gab es Anfang der 1980er Jahre noch Reisfelder. Der größtenteils gepflasterte Hauptweg im Sikha Valley verlief damals auch deutlich näher am Ghar Khola. Heute ist von diesem Weg nichts mehr zu sehen, denn das Kliff blieb weiter aktiv und vernichtete alle Wegspuren. Oberhalb des Kliffs allerdings läßt sich der alte Wegverlauf noch gut sichtbar bis ins Dorf verfolgen. Der Hauptverkehrsweg zwischen Tallo Sikha und Cithe Khola mußte damals wie heute immer wieder repariert werden. Seit etwa 4-5 Jahren hat sich die Schlucht wieder schneller hangaufwärts vergrößert und bedroht schon jetzt die Gebäude an der Brücke über den Cithe Khola. Er erodiert nun das Kliff und verlegt es langsam zurück. Damit ist aber die darüberliegende Siedlung Tallo Sikha, wenn auch nicht sofort, doch zumindest mittelfristig, gefährdet. Jedes Jahr erfolgt ein langsames Abrutschen von völlig zerlegten Phyllitfragmenten; Größe 2-10 cm, max. 15 cm.

⁸⁹ Dieses Abgleiten nehme ich aufgrund von morphologischen Kriterien an.

⁹⁰ tallo (nep.) – unten; das untere (Dorf).

⁹¹ khola (nep.) – Bach, kleinerer Fluß.

Rund 750 m oberhalb des Tallo Sikha-Kliffs in Richtung Thulo Kharka⁹² versucht man bereits seit Jahrzehnten das Community-Gelände (die Allmende) mit einiger Sorgfalt vor Rutschungen zu bewahren. Es ist Teil des Einzugsgebietes des Cithe Khola, oberhalb der oben erwähnten Rutschung. Ein ehemals völlig degradierter und heute immer noch aktiver Hangbereich wurde größtenteils mit *uttis* (*Alnus nepalensis*) aufgeforstet. Die Bäume sind heute ca. 12 Jahre alt. Ein etwa 50 m breiter Streifen entlang eines periodischen Baches gilt laut Aussagen der Bergbauern als „Niemandland“ und wurde sich selbst überlassen. Viele Bauern aus Sikha haben nämlich behauptet, daß sie für ihre Tierherden einen breiten Weg zu höher gelegenen Weiden bräuchten. An der Oberfläche treten im „Niemandland“ sehr feinblättrige Phyllite auf, die unter den Hufen der Haustiere völlig zerfallen und sich dann leicht auswaschen lassen. Dieser genannte Hangteil wird also weiter zerstört. Mit seiner fortgeschrittenen „mini-Badlandbildung“ im Phyllit ist dieses Stück Land ein typisches Beispiel für Bodenerosion im Arbeitsgebiet. Ansätze von Gullyenstehung sind dort bereits klar zu erkennen. Inzwischen läßt sich der Schaden mit lokalen Mitteln nicht mehr beheben. Nordöstlich vom Bach werden dagegen die Terrassen, die sich in Privatbesitz befinden, gut gepflegt. Seit vier Jahren wird auf einigen davon Naßreis angebaut. In einer Höhe von 2.100 m ist das eine Neuerung in Sikha, denn dieser Bereich ist ungewöhnlich hochgelegen für Naßreisanbau in dieser Region.

Zusammenfassung

Seit mindestens 18 Jahren unterschneidet der Cithe Khola intensiv den Kliffuß am ableitenden Tallo Sikha-Block. Der direkt darüber gelegene Dorfteil Tallo Sikha ist dadurch unmittelbar gefährdet. Heute ist die Lage allerdings weniger brisant als in der ersten Hälfte der 1980er Jahre. Ob die während des Monsuns 1999 wiedererwachte Aktivität den Beginn einer heftigeren Gleitphase darstellt, muß abgewartet werden. Völlige Sicherheit wird es dort allerdings nie geben. Die Nähe der Rutschung zum genannten Dorfteil würde teure künftige Sicherungsmaßnahmen rechtfertigen. Es muß dafür jedoch ein Geldgeber gefunden werden.

⁹² thulo kharka (nep.) – große Weide, (Alm).

5.1.4.2 Fallbeispiel 2: Thulo Kharka – Rutschungen

Das Thulo Kharka-Gebiet wurde bereits im Kap. 5.1.2 im Zusammenhang mit den großräumigen Bewegungen (Talzuschub-Bergzerreißung / *gravitational mass rock creep*) des Sikha-Hangs erwähnt. Demnach ist Thulo Kharka ein Zerrgebiet mit zahlreichen NE-gerichteten Rissen von bis zu 1 km Länge (Foto 45). Die 5-10 m hohe Hauptabrißkante der Rutschung liegt bei etwa 2.650 m. Der Thulo Kharka-Rutschbereich hat die auffällige Form eines hangabwärts gerichteten Dreiecks und umfaßt eine Fläche von ca. 45 ha / 0.45 km². Er liegt unterhalb des Sikhapasses (2.730 m) im Höhenbereich von 2.480 m ü. NN bis 2.690 m ü. NN (vgl. Fig. 6). Darüberhinaus stellt er das obere Einzugsgebiet des Cithe Khola dar, der im weiteren Verlauf nach 2 km an der Basis des Tallo Sikha-Kliffs entlang fließt (vgl. Kap. 5.1.4.1).

Oberhalb der aktiven Rutschungen befindet sich ein größeres Gebiet mit aufgelassenen Terrassen. Die wenigen, weit verstreut stehenden Häuser werden nicht mehr bewohnt. Inzwischen hat sich dieser Terrassenbereich zum größten Weidegebiet auf dem Sikha-Hang gewandelt (vgl. Foto 14). Das Regenwasser kann nicht kanalisiert werden und versorgt deshalb ungehindert die unterhalb liegenden Rutschungen mit Wasser. Offenbar treten hier mehrere Gleitflächen übereinander auf (vgl. Foto 15). Es stellt hier ein hohes Potential für Serienrutschungen dar. Der Begriff geht auf KRAUTER (1995) zurück. Er beschreibt einen Mechanismus, der durch eine Primärrutschung in Gang gesetzt wird. Bei Serienrutschungen „wird der obere Hangteil entlastet und der untere belastet“ (KRAUTER 1995, p. 584).

Im Paßbereich gibt es einige sanfte, langgestreckte, hangparallele Mulden. In der Verlängerung nach SE liegt nach etwa einem Kilometer in einer ähnlichen langgestreckten Mulde der kleine Baraha Pokhari⁹³, ein ca. 1,5 ha großer See. Die Tendenz zur Doppelgratbildung ist hier deutlich erkennbar. Offenbar handelt es sich bei diesen Mulden um Zerrgräben. Sie weisen auf Bergzerreißung und das Nachrutschen von Material in den freiwerdenden Raum des darunterliegenden aktiven Rutschbereiches hin.

Das Rutschgebiet kann für das Dorf Sikha sehr gefährlich werden, falls ein größerer *debris flow* (vgl. 4.2) entstehen sollte, denn der Rutschbereich entwässert in Richtung Tallo Sikha. Die Zungen vieler kleiner *debris flows* lassen sich bereits leicht identifizieren, aber noch haben sie das eigentliche Rutschgebiet nicht verlassen. Bei erhöhtem Wasserangebot könnte es aber zu solch einem gefährlichen *debris flow* kommen.

Die Rutschbewegungen in dem „Dreieck“ sind recht kompliziert. Wahrscheinlich hat das ganze Gebiet eine tiefere Basis-Gleitfläche. Zusätzlich muß es kleinere, oberflächennahe Gleitflächen geben. In dem genannten Gebiet sind bereits einige Rotationsrutschungen mit

⁹³ pokhari (nep.) – ein See; Baraha – Lokalgottheit, in der Umgebung des Sikha Valley verehrt.

gut ausgebildeten Absatsschollen abgegangen. Diese Rutschungen sind auch für die erkennbare Seitenerosion verantwortlich. Es treten wohl auch Translationsrutschungen auf. Auch Gullies durchziehen die Rutschmassen. Auf dem Foto 15 ist zu erkennen, wie völlig verwitterte und zerscherte Phyllitmassen über eine darunterliegende „Platte“ aus Quarzit hinuntergleiten. Auch diese Platten sind nur ein kleineres Reststück einer größeren Scholle und sind ihrerseits bereits abgeglitten und rotiert.

Zusammenfassung

Der dreiecksförmige Thulo Kharka-Rutschbereich entstand infolge von großräumigen Abschiebungsbewegungen des Sikha-Hangs und stellt eine Zerrstruktur (einen Zerrgraben) dar. Sekundär kommt es dort zu zahlreichen Rotationsrutschungen mit flach einfallenden Gleitflächen, die wahrscheinlich alle auf eine gemeinsame Gleitfläche (-zone?) einspielen. Viele linienhaft aneinandergereihte, dem Gesteinsstreichen folgende Wasserquellen stützen diese Hypothese. Der Bereich besteht aus tiefgründig verwitterten Phylliten, die außerordentlich leicht zu mobilisieren sind. Auch die Quarzitlagen sind weitgehend zerstört und in kleinere Blöcke zerfallen. Sollte aus dem Thulo Kharka-Bereich ein größerer *debris flow* den Cithe Khola hinunter kommen, wäre das Dorf Tallo Sikha akut gefährdet. Die Aufforstungsversuche und Weideverbote im gesamten Thulo Kharka-Bereich können dagegen wenig ausrichten. Einzig erfolgsversprechende Maßnahme erscheint mir, dem Rutschbereich das Wasser weiträumig zu entziehen. Von finanziellen Belangen abgesehen, wäre es aber schwierig, dies so durchzuführen, daß das Wasser den Hang nicht an einer anderen Stelle durchweichen kann und dort Rutschungen auslösen würde. Der Rutschbereich mit seinen 45 ha hat allerdings eine ausreichend große Fläche, so daß er auch ohne Zufluß von außen genügend Regenwasser aufnehmen kann.

5.1.4.3 Fallbeispiel 3: Phalate – Rutschungen

Das größte Rutschareal im Sikha Valley ist der Teil des Sikha-Hanges, der sich unterhalb der Dörfer Phalate und Chitre bis zum Ghar Khola erstreckt (vgl. Fotos 11, 12, 37 und 38). Es nimmt eine Fläche von über 190 ha / 1,9 km² an, die in einer Höhenlage von 1.880 – 2.220 m ü. NN liegt. Der größte Gully reicht sogar bis 2.360 m ü. NN hinauf. Etwa zehn große Gullies (mit zahlreichen Seitenarmen) durchziehen das Gebiet. Die kleinen Zwischenrücken werden durch Seitenerosion angegriffen, stellenweise sind sie schon ganz verschwunden. Neben den Gullies treten dort auch viele einzelne Rutschungen auf, hauptsächlich Translationsrutschungen, die dem Einfallen der Schichtflächen der Phyllit / Quarzit-Wechselagerung folgen. Die Phalate- Rutschungen wurden in Fig. 27 ohne ihre Vegetationsbedeckung

gezeichnet, denn diese (v.a. der dominierende *Alnus nepalensis*-Wald) behindert das Erkennen der Rutschungen.

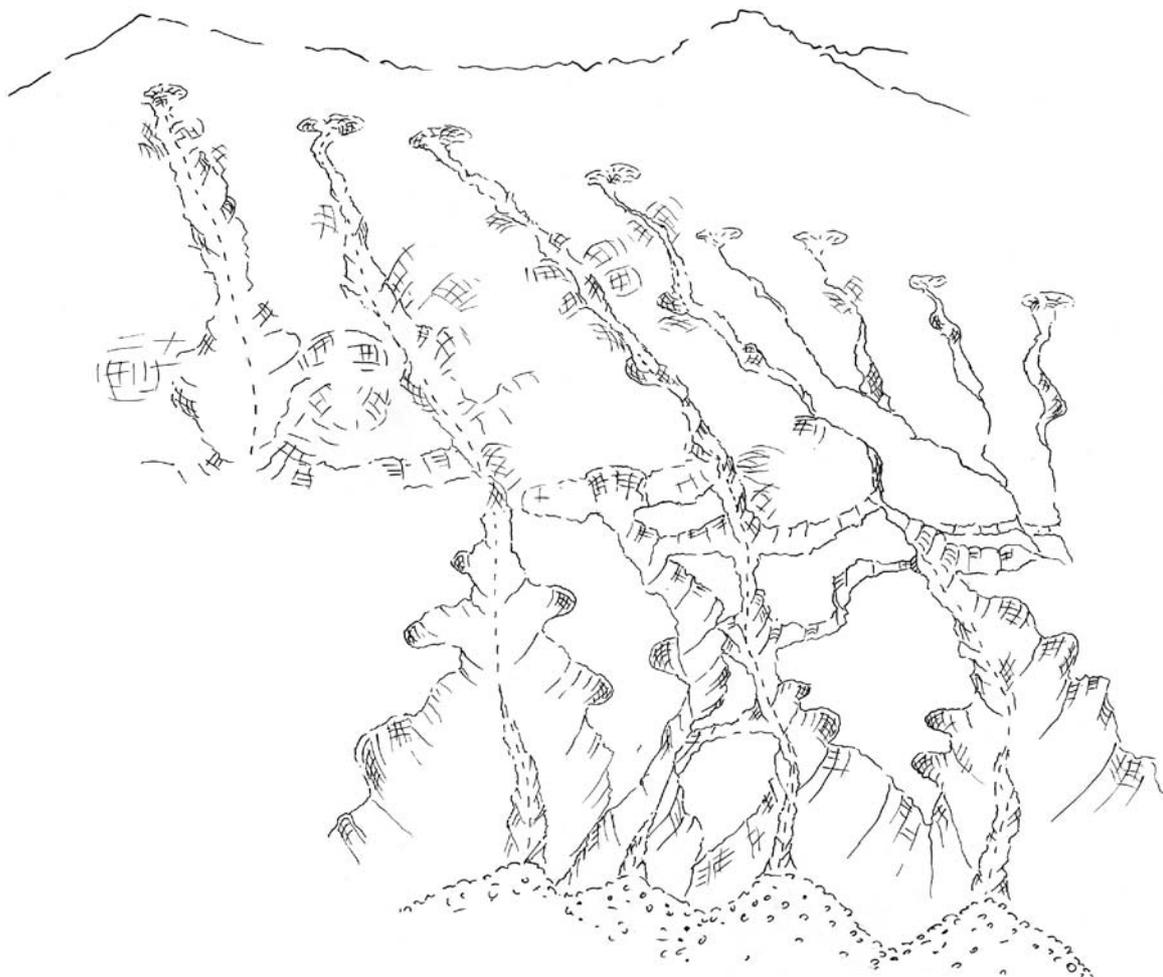


Fig. 27: Der Sikha-Hang mit den Phalate-Rutschungen.

Gezeichnet ohne Berücksichtigung der Vegetationsbedeckung,
Blick vom Gegenhang in Richtung SW; Entwurf: P. Ottinger, Graphik: F. Woll.

Im gesamten Gebiet verstreut liegende Terrassenreste weisen darauf hin, daß dieser Bereich früher durchweg terrassiert war. Somit ist inzwischen eine sehr große Fläche für die Landwirtschaft verlorengegangen. Bei genauerer Betrachtung der Aufschlüsse, die die tiefen Einschnitte der Gullies liefern, läßt sich beobachten, daß diese ehemaligen Terrassen bereits auf fossilem (postglaziale?) Rutschmaterial angelegt wurden. Dieses Material kann leicht remobilisiert werden. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Prozeß, der durch eine der Inkultur-nahme vorausgegangene großflächige Entwaldung initiiert wurde, noch andauert.

Da das Rutschgebiet vollständig mit *Alnus nepalensis* bestanden ist, bildet es ein riesiges Brennholzreservoir (vgl. Kap. 7). Die *Alnus nepalensis*-Bäume zeigen eine erstaunliche Standhaftigkeit, auch dann noch, wenn ihre Wurzeln bereits durch Erosion freigelegt wurden. Sie können lange unbeschadet mit dem Substrat „mitrutschen“ (vgl. Foto 39). Nach Angaben der Dorfverwaltung dürfen *uttis* dort nicht geschlagen werden. Umgefallene Bäume darf man allerdings mitnehmen, Trockenholz natürlich auch. Mehrfach sah ich Leute beim Zersägen eines großen Baumstammes, erhielt jedoch keine Auskunft auf meine Frage, auf welche Art und Weise dieser Baum zu Fall kam. Stellenweise kommen in diesem großen Rutschareal Flächen mit Terrassen vor, die erst vor kurzem aufgelassen werden mußten. Diese Terrassen werden jedoch weiterhin beweidet. Um sie zu erreichen, ziehen die Ziegen- und Schafherden jedoch auch über schon akut bedrohte Flächen. Dort fressen sie die gesamte Vegetation ab, die die Erosion aufhalten oder zumindest verlangsamen könnte.

Zusammenfassung

Die Phalate-Rutschungen stellen das größte und das am weitesten degradierte Rutschgebiet im Sikha Valley dar. Viele große Gullies sind bereits durch das gesamte terrassierte Anbaugebiet der Weiler Phalate und Ghopte Kharka (Ortsteile von Chitre) durchgezogen und haben sogar die darüberliegenden bewaldeten Flächen erreicht. Das wird ihr Wachstum in Richtung hangauf vorläufig verlangsamen. Da aber ihr Fußbereich durch den Ghar Khola weiterhin unter schnitten wird, werden sie dennoch weiter wachsen. Es ist insgesamt ein sehr aktives Rutschgebiet. An eine Rekultivierung ist auch mittelfristig nicht zu denken. Mit ingenieur-technischen Maßnahmen ließe sich die Seitenerosion der kleineren Gullies / Rutschungen möglicherweise stoppen, zumindest aber deutlich verlangsamen.

Es besteht zwar ein generelles Weideverbot im gesamten Rutschareal. Es wird jedoch selten befolgt. Von baulichen Schutzmaßnahmen dort haben die einheimischen Bergbauern bis jetzt abgesehen. Angesichts der Nähe zu vielen Ortschaften und einzelnen Höfen würde man mehr vorbeugende Maßnahmen erwarten. Die finanziellen und technischen Mittel der Bergbauern sind zwar begrenzt, nicht aber ihre Kenntnisse. Aus vielen Gesprächen mit ihnen konnte ich sehr wohl große Sorgen um dieses Gebiet heraushören. Am plausibelsten erscheint mir deshalb die Erklärung, daß sich die Bergbauern aufgrund ihrer seit Generationen gewachsenen Erfahrung im Umgang mit Rutschungen im klaren darüber sind, daß sie dieses Gebiet in absehbarer Zukunft ackerbaulich nicht nutzen werden können. Das rechtfertigt wohl auch ihre scheinbare Gelassenheit.

5.2 Analyse der Ursachen und Auslöser von Rutschungen im Arbeitsgebiet

5.2.1 Einführung

Bevor auf die Ursachen und Auslöser von Rutschungen im Arbeitsgebiet eingegangen wird, sollen einige allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt werden. Während Rutschungen zumeist auf mehrere, oft gleichzeitig wirkende Ursachen zurückzuführen sind, haben sie in der Regel nur einen, zeitlich unmittelbar zuvor wirkenden Auslöser (*trigger*), der die Gesteinsmassen sehr plötzlich von ihrem Untergrund löst und sie in Bewegung setzt.

Unabhängig von der Art der Rutschungen läßt sich beobachten daß:

- Versteilung der Hänge,
- verwitterungs- bzw. erosionsbedingte Veränderung der Eigenschaften und / oder des Zustandes des Hangmaterials und
- Veränderung der Wasserverhältnisse auf und unter der Hangoberfläche

die wichtigsten Faktoren sind, die für eine Stabilitätsminderung an Hängen verantwortlich gemacht werden können. Dabei ist nicht entscheidend, ob die Rutschungen natürliche Ursachen haben, oder ob sie durch Eingriffe des Menschen abgehen.

Unter den Ursachen von Rutschungen nehmen die geologischen Verhältnisse sowie die Niederschlagsverhältnisse eine herausragende Stellung ein. KRAUTER bemerkt dazu:

„Die Ursachen von Rutschungen liegen in Veränderungen des Gleichgewichts zwischen rückhaltenden Kräften (die Festigkeitseigenschaften des Bodens oder Felsens) und den angreifenden Kräften im Hang (z.B. Schwerkraft und Wasserdruck) durch permanent und episodisch wirkende Faktoren. Wenn das Verhältnis von rückhaltenden zu angreifenden Kräften kleiner oder gleich 1 ist, versagt dieses Gleichgewicht“ (KRAUTER 1994, p.422).

Der Grad der Hangstabilität wird bereits bei der Entstehung der Gebirge und bei der Bildung der Gesteine angelegt. Nach LOUIS & FISCHER (1979) unterliegen Hangbewegungen generell dem Einfluß der Schwerkraft mit dem Ziel der Massenverteilung auf eine Fläche. Meistens läßt sich dabei keine scharfe Grenze zwischen natürlichen und anthropogenen Ursachen solcher Hangbewegungen ziehen.

5.2.2 Natürliche Ursachen von Rutschungen

Die natürlichen Ursachen von Rutschungen im Arbeitsgebiet sind:

1. Geologie,
2. Klima / Niederschläge,
3. Schmelz- und Bergwasser,
4. Permafrostschwund,
5. Vegetation,
6. topographische / morphologische Situation
7. und der Faktor Zeit.

5.2.2.1 Geologie⁹⁴

Die Geologie ist die „Ur-Ursache“ aller Rutschungen, schrieb schon 1932 der Schweizer Geologe Albert HEIM. Nach KRAUTER (1995) ist in der Regel der geologische Aufbau die Primärursache der Hang- und Böschungsbewegungen. Die Kenntnis der tektonisch entstandenen Schwächezonen oder Zonen verstärkter Wasserführung im Gebirgskörper erleichtert die Erkennung und Lokalisierung von Rutschungen (vgl. KRAUTER 1994).

Im Arbeitsgebiet werden Rutschungen durch folgende geologische Faktoren begünstigt:

- a) die Lagerungsverhältnisse der Gesteine (v.a. Schichtflächenhänge),
- b) die Lithologie, insbesondere die für Rutschungen sehr anfällige Abfolge von Phylliten und Quarziten und deren Trennflächen,
- c) die Tektonik – hier v.a. die andauernde Hebung des Himalaya und die begleitenden Erdbeben; daneben die aktive N-S Störung entlang des Kali Gandaki, die NW-SE verlaufende Störung entlang des Ghar Khola sowie die räumliche Nähe zur MCT,
- d) die Entlastungsbewegungen des Gebirges,
- e) die Zunahme der Reliefenergie durch Verjüngung der Landschaft im Quartär.

a) Lagerungsverhältnisse der Gesteine:

Das Sikha Valley ist aufgrund seiner Geologie struktur-asymmetrisch⁹⁵, d.h. es weist einen Schichtflächen- und einen Schichtkopfhang auf. Diese geologische Struktur favorisiert das Auftreten von Rutschungen auf dem Schichtflächenhang (Sikha-Hang) in starkem Maße. Der Schichtkopfhang (Pauder-Hang) dagegen ist, obwohl viel steiler, weit stabiler, und wird nur selten von Rutschungen betroffen, und dann v.a. von kleinen Felsstürzen oder kleinen *debris*

⁹⁴ Zur Darstellung der regionalen und lokalen geologischen Situation siehe Kap. 3.2.1.

⁹⁵ vgl. auch Kap. 3.2.2.1.

flows entlang der steilen Wildbäche. Das Streichen der Gesteine im Sikha Valley verläuft parallel zur Talachse (um 140° NW-SE). Die Gesteine fallen mit 20° nach NE ein.

b) Lithologie:

Eine sehr mächtige Abfolge von Phylliten und Quarziten bestimmt die Lithologie im Arbeitsgebiet (Kap. 3.2.1.5). Wasser dringt durch zahlreiche Spalten in dem harten, aber spröden und brüchigen Quarzit leicht in den Hang ein. Es staut sich dann an der nahezu wasserundurchlässigen Phyllitbank. Durch die darüberliegenden Gesteine gerät das Wasser unter hohen hydrostatischen Druck und bildet so einen feinen Gleitfilm zwischen der Phyllitbank und der nächsten darüberliegenden Quarzitbank. Bei ausreichend erhöhtem Porenwasserüberdruck kann so ein Gesteinspaket angehoben werden. Dadurch versagen die rückhaltenden Kräfte am Hang, und das Gesteinspaket gerät in Bewegung. Die Art und der Grad der Verwitterung und die daraus resultierenden mechanischen Eigenschaften der Phyllit / Quarzit-Abfolge variieren lokal stark. Überall dort, wo eine Phyllitbank stark verwittert ist, und wo sie gleichzeitig parallel zur Hangoberfläche einfällt, ist eine Rutschung leicht möglich. Vor allem in mächtigen Phyllitbänken, die üblicherweise eine engständige Foliation aufweisen, bilden sich häufig Gleitzonen (vgl. Tallo Sikha-Kliff, Kap. 5.1.4.2). Auch eine Zerrachelung der Geländeoberfläche am Sikha-Hang durch zahlreiche tiefeingeschnittene Gullies ist weit verbreitet.

Diese lithologische Situation besteht potentiell fast überall im Arbeitsgebiet. Es ist jedoch wichtig zu wissen, an welchen Stellen sie tatsächlich vorkommt. Um dies sicher zu klären, müßte man tiefe Bohrungen durchführen. Diese Möglichkeit stand mir allerdings nicht zur Verfügung. Dafür half mir die Beobachtung, daß auf zahlreichen steilen Felswänden (Schichtkopfhängen) im Arbeitsgebiet eine Art von weißen Schlieren auffällt (vgl. Foto 46). Diese Schlieren haben ihre Quellen oft in größeren Höhen und können sich über mehrere hundert Höhenmeter nach unten erstrecken. Bei näherem Hinsehen entpuppten sie sich als ein feinkörniger Phyllitzersatz. Der Zersatz quillt in den dort oben austreichenden Phyllitbänken unter Aufnahme von Sickerwasser aus Klüften auf, wodurch sich sein Volumen vergrößert. Deshalb wird er unter Auflast aus der Wand herausgedrückt und läuft an der Wand entlang hinunter. Von den steilen Wänden fließt das Wasser dabei sofort ab, der Rest verdunstet. Übrig bleibt nur ein feiner Film aus Serizitschuppen, der die Wand weiß färbt. Dies wiederholt sich oft an denselben Ausgängen der erwähnten Phyllitbänke, so daß dort aus dem feinen Film eine dickere Kruste wird, die nicht mehr leicht durch Regen abgewaschen werden kann. Diese Austrittstellen weisen auf die Lage stark verwitterter Phyllitbänke hin und markieren auch potentielle Gleitflächen, entlang derer eine Rutschung (bzw. in diesem Fall am Kliff: eine Felsgleitung, *rock slide*) abgehen kann.

Die oben beschriebene Prozeßfolge dürfte eine der wichtigsten Ursachen für die meisten Rutschungen im Arbeitsgebiet sein. Sie läuft natürlich auch an allen Schichtflächenhängen im

Gebiet ab, an denen die Phyllit / Quarzit-Abfolge nach Hangaußen einfällt. Die meisten Austrittsstellen sind dort aber so gelegen, daß der austretende Zersatz nicht sichtbar ist, weil er von der Vegetation verdeckt oder durch Bäche abtransportiert wird. In diesem Fall ist das Phänomen nicht so spektakulär wie auf weithin sichtbaren steilen Felswänden (Schichtkopfhängen), und kann nicht so einfach als Hinweis auf durch Rutschungen gefährdete Stellen benutzt werden.

c) Tektonik:

Im Himalaya führt die mehrfach erwähnte starke Hebung des Gebirges (im cm-Bereich) im Zuge plattentektonischer Vorgänge zur Versteilung des Reliefs; Flüsse schneiden sich gleichzeitig schnell tiefer ein. Auch wenn starke Erdbeben in Nepal bislang selten waren⁹⁶, so zerrütten doch langfristig häufige Erschütterungen das Gebirge tiefgründig. Es handelt sich hierbei also um zeitlich unabhängige Ereignisse, die Rutschungen vorbereiten. Nach der *“Simplified seismic risk map of Nepal”* (BAJRACHARYA 1994; abgebildet bei UPRETI & DHITAL 1996, p. 24) liegt das Arbeitsgebiet innerhalb der Zone mit dem höchsten Erdbebenrisiko (Zone 5).

Am 29. März 1999 konnte ich in Ghandruk⁹⁷ das Chamoli-Erdbeben wahrnehmen (Magnitude nach verschiedenen Quellen 6,3 – 6,8 auf der Richterskala). Chamoli liegt im Kumaon-Himalaya, unweit westlich der nepalischen Grenze (lat. 30°49'N, long. 79° 23'E). Dort gab es an diesem Tag 110 Todesopfer⁹⁸. SAH & BARTARYA (1999) berichten von Hunderten von Rutschungen als Folge des Bebens. Die Dorfbewohner von Ghandruk berichteten mir, daß sie Erdbeben dieser Intensität mehrfach im Jahr spüren würden. Sie waren deshalb keineswegs beunruhigt, und das Beben hatte in Ghandruk und Umgebung auch keine unmittelbaren Folgen. Selbstverständlich lag die Bebenstärke im ca. 450 km entfernten Ghandruk weit niedriger als im Epizentrum bei Chamoli.

d) Entlastungsbewegungen des Gebirges:

Das Einschneiden der Täler in einem in Hebung begriffenen Gebiet kann zu sogenanntem „*valley rebound*“ führen (CRUDEN & VARNES 1996). Die Hebung eines Gebietes bei gleichzeitiger Eintiefung der Flüsse führt generell zur Versteilung der Hänge (v.a. in der Kali Gandaki-Schlucht) und damit zu verstärkter Rutschungsgefahr. Nach dem Ausräumen der pleistozänen Ablagerungen erfolgten im Arbeitsgebiet Abschiebungen und Entlastungsbewegungen des Gebirges (Kap. 3.2.2.1 und 5.1.2).

⁹⁶ Zu Erdbeben in Nepal siehe auch Kap. 1.6.

⁹⁷ Ghandruk (erweitertes Arbeitsgebiet) ist mit ca. 5.000 Einwohnern eines der größten Gurungdörfer. Es liegt in rund 2.000 m Höhe am Westhang des Modi Khola Valleys.

⁹⁸ Zum Chamoli-Erdbeben siehe mehrere Artikel im *Journal of Nepal Geological Society* (1999).

e) die Zunahme der Reliefenergie durch Verjüngung der Landschaft im Quartär:

Vgl. dazu Kap. 3.2.2.1 „Quartäre Reliefentwicklung“.

5.2.2.2 Klima / Niederschläge

Die Hangformen und die Rutschungsaktivität werden entscheidend vom Klima beeinflusst (KRAUTER 1995, p. 550). Beim Auftreten von außergewöhnlichen klimatischen Ereignissen (*climatic events*) – das sind über dem langjährigen Mittel liegende oder besonders intensive Niederschläge – kommt es oft zu einer Häufung von Rutschungsabgängen; katastrophale Hochwässer führen zu Uferanbrüchen in flußnahen Bereichen (vgl. Foto 35 und 36). Die Rutschungsaktivität im Arbeitsgebiet hängt nachweislich von der Höhe der Niederschläge, v.a. in der Monsunzeit, ab. Der Monsun des Jahres 1996 war sehr stark und führte zu großen Schäden (zerstörte Häuser und Felder). Der Monsun des Jahres 1997 war schwach, und es folgten nur wenige Hangbewegungen und wenige Schäden. Im Jahre 1998 fielen die Niederschläge wieder höher aus, und es kam zu zahlreichen Initialrutschungen im Arbeitsgebiet, wie die große Tatopani-Rutschung (Kap. 6). Obwohl aber auch das folgende Jahr 1999 überdurchschnittlich naß war (die Niederschläge waren noch höher als 1998), kam es in dieser Zeit nur zu kleineren Rutschungen. Offenbar hat bereits der Abgang der zahlreichen Rutschungen des Vorjahres die Menge des leicht mobilisierbaren Lockermaterials in Hanglagen entscheidend verringert.

Die Korrelation von Regendaten, Luftbilddauswertung und Berichten von Bewohnern zeigt deutlich, daß v.a. die erste Hälfte der 1980er Jahre überdurchschnittlich feucht war (vgl. Klimadiagramme in Kap. 3.2.3.2). In diese Zeit fiel auch die höchste Aktivität der Rutschungen im Arbeitsgebiet. Der Regen wirkte dabei einerseits direkt als Auslöser von Rutschungen (nach Starkregenereignissen), andererseits als Ursache der Rutschungen durch allgemein erhöhten und langandauernden Porenwasserüberdruck im Gebirge und durch die gesteigerte Aktivität der Hochwässer sowohl des Kali Gandaki und des Ghar Khola, als auch in den nur saisonal wasserführenden Gullies im Sikha Valley.

Die zweite Hälfte der 1980er Jahre war dagegen viel trockener als die erste. Auch für die Rutschungsaktivität im Arbeitsgebiet läßt sich in diesem Zeitraum eine deutliche Beruhigung der Situation feststellen. Die meisten Rutschflächen wurden von der Vegetation so weit überwuchert, daß sie auf den Luftbildern von 1996 kaum noch zu erkennen sind. Erst durch die Geländebegehungen konnten sie genau erfaßt werden.

Die Auswertung der Regendaten ergab, daß sich die erhöhten Niederschläge entweder sofort als Auslöser (*trigger*) von Rutschungen betätigen, oder aber sich erst mit Verzögerung bemerkbar machen, nachdem sich ein Niveau des Porenwasserüberdrucks gebildet hat, dessen

Überschreitung Rutschungen auslöst. Die Niederschläge führen sowohl kurz- als auch langfristig zum Anstieg des Porenwasserüberdrucks. Die Dauer dieser Verzögerung ist von so vielen Faktoren abhängig, daß sie hier nicht verlässlich bestimmt werden kann. Die wichtigsten dieser Faktoren sind, neben der Regenmenge selbst, die Beschaffenheit der Felsformationen und ihre Lagerungsverhältnisse. Diese Faktoren entscheiden über die Zeit, die das Wasser zum Durchdringen der Felsformationen benötigt. Die erwähnte Verzögerung kann Tage, Wochen oder manchmal sogar einige Jahre währen. Bei der großen Rutschung von Tatopani / Kali Gandaki im September 1998 vergingen z.B. zwischen dem letzten Niederschlag und der Rutschung gut drei Wochen (vgl. Foto 21 – 25 und Kap. 6). Viele feuchte Jahre hintereinander sind natürlich besonders geeignet, um die Rutschungsaktivität dauerhaft aufrechtzuhalten, aber auch um fossile Rutschungen zu reaktivieren.

Die Zone der maximalen Niederschläge liegt im Sikha Valley in der näheren Umgebung des Poon Hill-Rückens. Die dortige Station Ghorepani (2.742 m) weist fast die doppelten Niederschlagswerte (Jahres- und Monsunsummen) auf, wie die am Talausgang gelegene Station Tatopani (1.243 m).⁹⁹ Das könnte z.T. auch erklären, warum es bei Chitre, Phalate und Swata im Vergleich zu Sikha-Ghara mehr Rutschungen gibt. Im unteren Sikha Valley sind schon ansatzweise Einflüsse des Kali Gandaki-Trockentales zu spüren.

Im weitesten Sinne ebenfalls eine Folge der geologischen Situation ist die allgemein bekannte Tatsache, daß durch die Hebung des Tibetischen Plateaus die normale Hadley-Zirkulation der Atmosphäre gestört wurde und der südasiatische Sommermonsun entstand (WINDLEY 1995). Dieser wiederum führt seitdem zu heftigen Niederschlägen, die ihrerseits erneut Rutschungen auslösen können.

5.2.2.3 Schmelz- und Bergwasser

Durch zahlreiche Zerrspalten auf dem Sikha-Hang (Schichtflächenhang) kann Wasser leicht in den Hang eindringen. Die Gesteinsgrenzen in der Phyllit / Quarzit-Abfolge bilden dann Zonen verstärkter Wasserführung. Die massigen Quarzite sind zwar primär impermeabel, die Sikha Valley-Quarzite haben jedoch viele Klüfte, die das Infiltrieren des Wassers ermöglichen. Relativ impermeabel sind mineralisierte Tone, z.B. Phyllite. Im Ortsteil Sikha Mulpani (*mul* – nep. Quelle) mit besonders vielen Rutschungen zeigen wichtige Quellhorizonte die gefährdeten Stellen an.

⁹⁹ vgl. dazu die Klimadiagramme im Kap. 3.2.3.2.

5.2.2.4 Permafrostschwund

Permafrostschwund wird für Hochgebirge häufig als Ursache von Rutschungen angegeben (vgl. KRAUTER 1995, HAEBERLI et al. 1993). Das sich in der Permafrostzone in den Trennflächen haltende Eis „fungiert quasi als Bindemittel“ (KRAUTER 1995, p. 564). Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch im Arbeitsgebiet im Postglazial das Abschmelzen von Permafrost etliche Rutschungen verursachte. Heute hat der Permafrostschwund im Sikha Valley keine Bedeutung mehr, da die untere Permafrostgrenze bereits oberhalb der Talumrahmung liegt (siehe dazu Kap. 3.2.2.2). Das Akkumulationsmaterial postglazialer Rutschungen läßt sich aber beispielsweise während Starkregenereignissen immer wieder sowohl in den Talsohlen als auch in Hanglagen remobilisieren.

5.2.2.5 Vegetation

Die Vegetation beeinflusst den Wasserhaushalt im Hangsubstrat erheblich, indem sie die Infiltration der Niederschläge in den Boden verzögert. Ein großer Teil des Wassers wird so dem Oberflächenabfluß entzogen, wodurch die Rutschungsanfälligkeit der oberen Bodenschichten gesenkt wird. Wird allerdings die Vegetationsdecke entfernt oder beschädigt, hat dies direkte Folgen für die hydraulischen Bodeneigenschaften. GILMOUR et al. (1987) berichten nach Untersuchungen in den nepalischen Berglanddistrikten Sindhupalchok und Khabrepalanchok, daß:

“the development of a well vegetated and protected soil surface is likely to decrease the incidence of overland flow from short duration, high-intensity rainfall events, which occur several times each monsoon season. While this is likely to have little impact on downstream flooding it is almost certain to have an important local effect on reducing surface soil erosion (but not mass soil movement)” GILMOUR et al. (1987, p. 248).

Diese wichtige letzte Einschränkung, sehe ich auch im Falle des Sikha Valley als zutreffend an, denn in der vorliegenden Studie wird ja die Meinung vertreten, daß die Vegetation zwar die Bodenerosion beeinflusst, aber die im Gebiet auftretenden Rutschungen in der Regel zu tiefgründig wurzeln, als daß sie von der Vegetation entscheidend beeinflusst werden könnten. Andererseits lockern ihre Wurzeln den Boden und das Gestein auf. In den Grenzbereichen zwischen wenig gestörten Primärwäldern, Sekundärwäldern und Ackerterrassen (vgl. Foto 17) werden Rutschungen durch das Nebeneinander verschiedener Wurzelungssysteme begünstigt (pM Krauter).

5.2.2.6 Topographische / morphologische Situation

Die Rutschungsgefährdung einer Lokalität ist abhängig von ihrer Lage im Gelände. Hangneigung, Kammlage, Spornlage usw. bedingen eine unterschiedlich hohe Rutschungswahrscheinlichkeit. Die Zerteilung des Kernarbeitsgebietes aufgrund struktureller Asymmetrie wurde schon mehrfach erwähnt (Kap. 3.2.2.1). Der Hauptgrund für das häufige Auftreten von Rutschungen auf dem Sikha-Hang und das fast völlige Fehlen von Rutschungen auf dem Pauder-Hang ist die Lagerungsweise der Gesteine (Schichtflächen- bzw. Schichtkopfhang). Die unterschiedliche Exposition beider Hänge dürfte dagegen als Ursache der Rutschungen kaum eine Rolle spielen. PRINZ (1997) sieht die Expositionsabhängigkeit von Rutschungen (in Mitteleuropa) vorwiegend auf im Pleistozän entstandene Rutschungen beschränkt: historische Rutschungen zeigen nach PRINZ (1997, p. 278) kaum noch eine Häufung an Süd- und Südwesthängen.

5.2.2.7 Der Faktor Zeit

Ausgelöst durch Schwankungen des Grundwasserspiegels führen nach KRAUTER (1995, p. 569) häufige Spannungsänderungen zu einer Ermüdung des Gesteinsmaterials (Alterungsprozeß) und damit zu verstärkter Hanginstabilität. Auf dem Sikha-Schichtflächenhang ist davon auszugehen, dass sich flach einfallende Trennflächen und Schichtfugen in der Phyllit / Quarzit-Abfolge mit der Zeit öffnen und so eine direkte Bewässerung potentieller Gleitzonen begünstigen. Die Reaktivierung fossiler, hauptsächlich postglazialer Rutschungen spielt im Sikha Valley ebenfalls eine große Rolle. Diese kann sowohl natürliche wie auch anthropogene Ursachen haben. Die Reaktivierung fossiler Rutschungen kann nur selten einer bestimmten Ursache zugeordnet werden. Sie wird aber keinesfalls immer nur vom Menschen verursacht, sondern kann sehr wohl auch natürliche Ursachen haben, wie z.B. Erdbeben oder die erosive Aktivität von frischen *debris flows* (Muren).

5.2.3 Anthropogene Ursachen von Rutschungen

Die anthropogenen (*man-made*) Ursachen für Rutschungen sind in der Regel indirekt und nicht beabsichtigt (KRAUTER 1995) und im Unterschied zu den natürlichen Ursachen meist auch vermeidbar. Diese häufigsten anthropogenen Ursachen im Arbeitsgebiet sind:

1. unsachgemäße Flächennutzung,
2. Erosion durch Lasttiere,
3. unsachgemäßer Straßenbau.

5.2.3.1 Unsachgemäße Flächennutzung

Von den Ursachen von Rutschungen im Arbeitsgebiet, die auf eine unsachgemäße Flächennutzung zurückzuführen sind, sind hier vor allem zu nennen:

- a) Entwaldung,
- b) Walddegradation,
- c) Überweidung,
- d) Unterweidung,
- e) Feuerlegen,
- f) unsachgemäßer Ackerbau.

a) Entwaldung:

Für die Beurteilung der rezenten Veränderungen und der Zukunftstendenzen in der Rutschungsaktivität wäre es hilfreich zu wissen, wie die Bewaldung des Tales in historischer Zeit aussah. Das Sikha Valley ist seit mindestens 200 Jahren besiedelt (KAWAKITA 1974). Es gibt zu wenige Hinweise darauf, wie die Hänge auf die Entwaldung reagierten, als diese um 1850 ihren Höhepunkt erreichte (KAWAKITA 1974). Es stellt sich die Frage, ob die Rutschungsaktivität als eine Folge der Entwaldung bei der Inkulturzunahme zunahm.¹⁰⁰ Es gibt aber keinerlei Hinweise darauf, wie lange es von den Rodungen bis zum Abgang von Rutschungen dauerte. Auch über den Zeitraum, den die Rodungen in Anspruch nahmen, ist nichts bekannt.

Bei der Inkulturzunahme des Tales fand, um die heutigen Terrassenflächen und Weidegründe zu schaffen, sicherlich eine großflächige Entwaldung (*deforestation*) statt. Es muß angenommen werden, daß damals viele flachgründige Rutschungen als Reaktion abgingen.¹⁰¹ Diese kamen

¹⁰⁰ Vor der Besiedlung war das gesamte Gebiet mit Wald bedeckt. Unter Entwaldung verstehe ich die Rodung des Waldanteils, der sowohl auf den ehemaligen als auch auf den heutigen terrassierten Ackerflächen stand.

¹⁰¹ Siehe dazu die in Kap. 5.2.2.5 gemachte Einschränkungen.

aber inzwischen zur Ruhe. Es gibt m.E. keine Rutschungen im Sikha Valley, die schon über Jahrhunderte hinweg ununterbrochen aktiv sind. Alle fossilen Rutschungen stellen aber weiterhin ein Gefahrenpotential dar. Wird die Sekundärvegetation zerstört, können diese fossilen Rutschungen wieder aktiv werden, ebenso wie durch die weitere Anschneidung der Gullyränder.

Heute kann im Sikha Valley von aktiver Entwaldung keine Rede mehr sein. Ich kenne alle Lokalitäten im Sikha Valley aus eigener Anschauung. Weder konnten im Gelände frisch entwaldete Flächen beobachtet werden, noch haben mir die Bewohner oder meine Assistenten davon berichtet. Lediglich unterhalb des Khopara- und Dharam-Rückens gibt es Stellen (über 3.200 m ü. NN), wo die Walddegradation ein Tempo erreicht, bei dem man schon fast von Entwaldung sprechen kann. Dabei handelt es sich aber um spezielle, nur lokal zu beobachtende, Vorgänge an der oberen Waldgrenze. Als Ursache von Rutschungen kommen sie wegen ihrer Lage auf Verflachungen am stabilen Schichtkopfgang nicht in Frage. Langfristig können sie eventuell zu Hanginstabilitäten führen. Es wurde jedoch schon darauf hingewiesen, daß auch eine geschlossene Grasdecke die Hangoberfläche gut vor Erosion schützen kann.

b) Walddegradation:

Eine langsam fortschreitende Walddegradation, durch Brennholz-, Bauholz- und Streuentnahme verursacht, stellt im Sikha Valley ein ernstes Problem dar. Sie kann zu verstärkter Hanginstabilität führen. In den Wäldern des Sikha Valley weiden zahlreiche Haustiere nicht kontrolliert (*unchecked grazing*). Neben Kühen, Ziegen und Schafen wurden von mir häufig sogar grasende Wasserbüffel auf ausgedehnten, von einem *Alnus nepalensis*-Wald bestehenden, dorfnahe Rutscharealen beobachtet (z.B. Phalate-Rutschungen, vgl. Kap. 5.1.4.3).

c) Überweidung:

Waldweide ist überall im Sikha Valley verbreitet, und so sind leicht zugängliche dorfnahe Plätze teilweise bereits sehr stark überweidet. SCHMIDT-VOGT (1993) bemerkt hinzu, daß die Zeit des größten Weidedruckes in die Monate mit den heftigsten Niederschlägen fällt. Dabei wird der Boden, der durch Überweidung entblößt und durch die Hufe des Viehs gelockert worden ist, abgespült (SCHMIDT-VOGT 1993, p. 228). „Echte“ Weiden (Almen) im Sikha Valley gibt es nur oberhalb der oberen Waldgrenze. Auch breite „Schneisen“, die dazu dienen, die Wanderung der Tiere in die oberen Weiden (*kharkas*) zu ermöglichen, sind stark gefährdet oder bereits völlig zerstört, insbesondere im Bereich der Wasserscheiden. Die von diesen Bereichen ausgehende Gefahr von Schlamm- oder Schuttströmen wird vergrößert, wenn die den Boden schützende Grasnarbe durch Überweidung oder Vieh verletzt wird (vgl. KRAUTER 1995).

d) Unterweidung:

Einen Sonderfall stellt laut KRAUTER (1994) die sogenannte „Unterweidung“ dar, d.h. das nicht abgeweidete Gras kann zu hoch wachsen. Bei Starkregen kann dann das umgelegte Gras wie ein Schilfdach wirken. Das Regenwasser fließt sofort an der Oberfläche ab. Das ist ein sehr interessanter Aspekt für eine Untersuchung in einem Abwanderungsgebiet. Der über 2.500 m hochgelegene Thulo Kharka-Bereich (vgl. Foto 14 und 15 und Kap. 5.1.4.2) ist eine solche Gegend (mit Wüstungen).

e) Feuer:

Ab Februar und bis etwa zum Ende der Trockenzeit (Mitte Mai) wird das Gras aus dem Vorjahr abgebrannt. Im Sikha Valley (gehört zum ACAP-Schutzgebiet) ist dies eigentlich verboten, aber niemand hält sich daran. Eine Kontrolle ist praktisch unmöglich, v.a. in abseits gelegenen Bereichen. Besonders bedenklich ist das Abbrennen sehr steiler Hänge. An manchen Stellen scheint es zwar unmöglich, daß dort noch ein Tier weiden kann; dennoch werden solche Hänge bis in die alpine Stufe hinein abgebrannt. Jenseits des Kali Gandaki werden allerdings weit größere Flächen abgebrannt als im Sikha Valley. Es ist nur ein schwacher Trost, daß dieses Gebiet nicht mehr Teil des ACAP-Schutzgebietes und praktisch unbewohnt ist.

In der Trockenzeit scheinen zwar natürliche Feuer nichts Ungewöhnliches zu sein. Auch im Winter kann es Gewitter geben, wobei ein Blitz das trockene Gras leicht entzünden kann. Solche Fälle dürften aber im Arbeitsgebiet selten auftreten. Bei gemeinsamen Gesprächen erwähnten die Bewohner des Gebiets Blitzeinschläge aber nicht als Ursache von Bränden. Es war ihnen zwar unangenehm, wenn ich sie auf das Abbrennen der Hänge ansprach, aber sie haben es nicht bestritten. Mein Assistent Gaju Gurung erzählte mir, daß sich noch immer alle Familien daran beteiligen. Man weiß jedoch nie mit Sicherheit, ob nicht doch ein Blitz an dem Feuer schuld war.

SCHMIDT-VOGT (1990a) gibt für den Nepal-Himalaya eine zusammenfassende Darstellung der Einflüsse des Feuers auf die *high altitude forests*, d.h. Wälder in einem breiten Höhenbereich von 2.700 m bis zu 3.600 m, im nepalischen Bergland (Vorberge des Jugal Himal). Er konstatiert, daß Feuer in diesen Höhen ein häufiges und saisonales Phänomen ist, welches überwiegend in der Trockenzeit (Dezember bis März) vorkommt und eher begrenzte Flächen betrifft. SCHMIDT-VOGT sieht hauptsächlich anthropogene Ursachen für diese Feuer, die vorzugsweise rund um die temporären Unterkünfte von Hirten und Jägern entstehen. Ebenfalls werden häufig Bambus- und *Juniperus*-Bestände abgebrannt, um die Weideflächen zu vergrößern

f) Unsachgemäßer Ackerbau:

Zahlreiche oberflächennahe Rutschungen beginnen häufig an Terrassenstufen, v.a. wenn sie nicht mehr oder nicht richtig bewirtschaftet werden. Dazu zählen im Arbeitsgebiet v.a. wegen Abwanderungsbewegungen aufgelassene Terrassenareale in peripheren Lagen. Im Sikha Valley werden aber die Terrassenhänge ansonsten sehr sorgfältig gewartet. Ein bestehender starker Zusammenhalt in den Magar-*communities* garantiert hier bei Bedarf die Durchführung entsprechender Maßnahmen, z.B. Ausbesserungen nach Starkregenereignissen.

HAFFNER (1995) sieht den Grund für Rutschungen an terrassierten Hängen hauptsächlich in der mangelnden Terrassenpflege. Er wertet die Bepflanzung der „die Terrassenhänge gliedernden Tälchen“, die überschüssiges Hangwasser ableiten sollen, mit Bambus oder anderen Gehölzen als traditionelle Bodenschutzmaßnahme. Wenn diese nicht konsequent durchgeführt wird, können die Tälchen durch heftige Monsunniederschläge „schluchtartig erweitert“ und dadurch erst Rutschungen ausgelöst werden.

5.2.3.2 Erosion durch Lasttiere

Die vielen Maultierkarawanen, die – abgesehen von der Monsunzeit – jeden Tag durch das Sikha Valley ziehen, tragen entscheidend zur Zerstörung der Wege bei. Besonders an Stellen, wo ein Weg mächtige Phyllitbänke passieren muß, wird er schnell zur Schlammpest. Regen begünstigt diesen Vorgang natürlich. Das führt dazu, daß die Wege an solchen Stellen ständig erneuert werden müssen. Diese Arbeiten werden von den Bewohnern des jeweiligen *wards* in Gemeinschaftsarbeit ausgeführt. Für die Versorgung der Dörfer sind diese Maultierkarawanen allerdings unentbehrlich. Der Verpflegungsbedarf der Lodges und Restaurants, die den Touristen zur Verfügung stehen, ist sehr groß und wächst noch. Besonders beim Transport von schwergewichtigen Waren wie Getreidesäcken oder Flaschengetränken für Touristen sind Maultiere kostengünstiger als Träger. Gerade das große Gewicht dieser Lasten verursacht jedoch die genannten Schäden.

5.2.3.3 Straßenbau

Durch den Straßenbau werden häufig Rutschungen verursacht. Brücken- und Straßenschäden durch Hochwasser, die in der Regel aber eher als *debris flows* zu bezeichnen sein dürften, könnte man zu technologischen Schäden zählen, eine eindeutige Zuordnung ist jedoch problematisch. Das Zusammenspiel von steilem Relief, Monsunregen und andauernder Hebung des

Gebirges stellt Straßenkonstrukteure vor immense Schwierigkeiten. Gleichzeitig sind ihre finanziellen Mittel begrenzt. Straßen können entweder nur entlang der Flußtäler im schmalen Talgrund gebaut werden, oder sie müssen steile Hänge und Pässe queren, z.B. alle Straßen über die Kathmandutal-Umrahmung oder der Tribhuvan Highway zwischen Naubise und Hetauda. Es sind in ihrer Mehrheit bedrohte Hänge, wo auch ohne Straßenbaumaßnahmen viele Rutschungen abgehen. Sie werden von der Konstruktion einer Straße in keiner Weise beeinflusst. Wird die Straße infolge von Rutschungen zerstört, handelt es sich in einem solchen Fall eindeutig um eine Naturgefahr.

Die einzige Straße im Arbeitsgebiet verbindet seit 1998 Beni im Kali Gandaki Valley mit Pokhara. Durch den Bau dieser Straße im Abschnitt zwischen Baglung und Beni und dadurch ausgelöste Rutschungen wurden in kürzester Zeit enorme Schäden verursacht. Die Straße wird dennoch weiter flußaufwärts gebaut. Allerdings kann sie nur kurz oberhalb Beni direkt am Kali Gandaki entlang geführt werden. Weiter flußaufwärts beginnt eine sehr enge Schlucht mit hohen und steilen Wänden, die ein großes Hindernis für die Straßenführung darstellt. Zwischen Galeshor und Beg Kholga gibt es aber bereits heute mehrere, z.T. sehr ausgedehnte Rutschareale (meist Uferrutschungen), die erst überwunden werden müssen.

5.2.4 Auslöser von Rutschungen

Auslöser von Rutschungen ist in den meisten Fällen das Wasser (KRAUTER 1995, p. 556), v.a. im Gefolge heftiger und / oder langandauernder Niederschläge bzw. einer rapiden Schneeschmelze). Die zweite Stelle unter den Auslösern von Rutschungen nehmen Erschütterungen durch Erdbeben ein.

5.2.4.1 Intensive und langandauernde Starkregenereignisse

Gewitter mit intensiven, einige Stunden dauernden Niederschlägen oder mäßig starke Niederschläge, die aber einige Tage dauern, können zahlreiche Rutschungen auslösen. Es ist schwierig, aus den spärlich vorhandenen Daten einzelne Rutschungen einem bestimmten Niederschlagsereignis zuzuordnen. Die Tageswerte der Niederschläge, die von Klimastationen im Arbeitsgebiet stammen (Kap. 3.2.3.2), liefern zwar klare Hinweise auf Starkregenereignisse, entsprechende Aufzeichnungen über den Zeitpunkt von Rutschungsabgängen existieren allerdings nicht. Auch wurden und werden „laufende“ Rutschungen nirgendwo erfaßt. Aus Interviews vor Ort läßt sich oft das Jahr, manchmal auch der Monat, aber nicht das genaue Datum

einer Rutschung rekonstruieren. Somit ist eine Korrelation mit den Niederschlagsdaten nicht direkt möglich.

5.2.4.2 Rapide Schneeschmelze

Eine rapide Schneeschmelze, etwa nach einem Schneefall im Frühjahr, führt zu sehr starken Abflüssen, wie z.B. im April 1997. Das gleiche gilt für Schneefall während der Monsunzeit (in Höhen über 3.000 m ü. NN). Im Arbeitsgebiet treten allerdings beide Fälle nur selten auf. Eine besondere Gefährdung resultiert aus dem Zusammentreffen der Schneeschmelze mit einem Starkregenereignis (WIECZOREK 1996, p. 81).

5.2.4.3 Erdbeben

Erdbeben spielen als Auslöser (*trigger*) von Rutschungen eine große Rolle, denn sie können bereits ab einer Stärke von 5 auf der Richterskala Rutschungen auslösen (KRAUTER 1994, p. 423). Wiederholte Erdbeben bewirken auch längerfristig eine Auflockerung der Fels- und Bodenpartien, also Instabilitäten in Hängen. Diese führen u. U. erst zu Rutschungen, wenn ein Auslöser, z.B. ein erneutes Erdbeben, hinzukommt. Auch die Jahreszeit, in der sich das Beben ereignet, ist nicht ohne Bedeutung, denn ein wassergesättigter Boden reagiert stärker auf ein Erdbeben als ein trockener Boden. Daher ereignen sich die durch Erdbeben ausgelösten Rutschungen v. a. in den Monsunmonaten

5.2.5 Zusammenfassung

Die wichtigsten Ursachen für Rutschungen im Sikha Valley

1. Hangmaterial und seine Lagerungsverhältnisse.
(Gesteinsart und Verwitterungsgrad, Schichtflächenhang)
2. Tektonik.
(Plattentektonik, Neotektonik - rezente Störungen)
3. Klima.
(Regenmenge und -intensität)
4. Eingriffe des Menschen.
(Walddegradation, unkontrollierte Beweidung)

Fig. 28: Die wichtigsten Ursachen für Rutschungen im Sikha Valley.

Die Reihenfolge entspricht dem Bedeutungsgrad der Ursachen.

Anhand der oben aufgeführten Erläuterungen und der Datierung der Rutschungsbeispiele in Kap. 5.1.4.1 läßt sich folgendes festhalten: die meisten Rutschungen im Arbeitsgebiet haben natürliche Ursachen. Anthropogen bedingte Rutschungen (*man-made landslides*) treten dagegen selten auf.

5.3. Das Problem der „Degradation“ im Zusammenhang mit den Rutschungen

Der Begriff „Degradation“ wird in der vorliegenden Arbeit in einem breiten Kontext verstanden. SCHMIDT-VOGT (1997, 1998) diskutiert „Degradation“ ausführlich am Beispiel der Walddegradation durch den Schwendbau in Thailand. Er unterscheidet dabei zwischen den Prozessen, die zur qualitativen Degradation der Wälder in Relation zu einem definiertem Ausgangszustand führen und zwischen der Degradation der Funktionen dieser Wälder. In diesem Sinne werden mit dem Begriff „Degradation“

„Prozesse, die eine Zustandsverschlechterung bewirken, d.h. von einem, wie auch immer definiertem Optimalzustand fortführen“ (SCHMIDT-VOGT 1997, 75)

bezeichnet. Darunter versteht SCHMIDT-VOGT (1997, 1998) die Degradation von ökologischen, landschaftsökologischen und ökonomischen Funktionen, d.h. es geht nicht nur um eine Degradation der Bodenfruchtbarkeit und des Waldes, sondern allgemein um die Beeinträchtigung der Vielfalt von Lebensräumen und Nutzungsformen.

Das Sikha Valley ist eine seit mindestens zwei Jahrhunderten stark genutzte Kulturlandschaft (KAWAKITA 1976). Die dort herrschenden natürlichen und anthropogenen Bedingungen wurden bereits in Kap. 3 behandelt. Da Rutschungsflächen im Sikha Valley ein beträchtliches Areal (5-10 m²) einnehmen und häufig auch mitten in Ackerterrassenhängen auftreten, stellt sich die Frage nach den Gesamtfolgen der vielen mit den Rutschungen im Zusammenhang stehenden Vorgänge. Da mangels schriftlicher Überlieferung nur sehr wenig Gesichertes über die Vergangenheit des Sikha Valley bekannt ist, ergibt sich für das Maß der Degradation ein grundsätzliches Problem: man muß sich auf einen unbekanntem Ausgangszustand beziehen¹⁰². Die ursprüngliche Vegetation im gesamten Gebiet bildeten mehrere Waldformationen mit hypsozonaler Verbreitung und Artenzusammensetzung (vgl. DOBREMEZ 1976 und Kap. 3.2.5). Damit ist zunächst offensichtlich, daß im Sikha Valley jeder ackerbaulichen Nutzung eine Entwaldung vorausgegangen ist. Dieser Prozeß findet jedoch gegenwärtig nicht mehr statt. Mithilfe der Auswertung von Luftbildern läßt sich zwischen 1978 und 1996 sogar eine leichte Zunahme der Waldfläche im Sikha Valley feststellen, z.B. im Umkreis der Dörfer Chitre und Pauder.

Die heutige Zunahme der Waldfläche im Sikha Valley beruht nach meiner Auffassung darauf, daß sich auf Rutscharealen Sekundärwälder mit einem lokal unterschiedlichen Artenreichtum entwickelt haben. Die Geländearbeiten ergaben, daß sich die neu entstandenen Wälder nach ihrer Lage am Hang in vier Kategorien einteilen lassen:

¹⁰² vgl. dazu allgemein MÄUSBACHER (1997).

1. *Alnus-nepalensis*-Wälder auf aktiven bzw. zeitweilig inaktiven Rutschflächen.
2. linienhafte Ausbreitung von artenreichen Schlucht- und Uferwäldern entlang von Erosionsrinnen und Wildbächen. Die bewachsenen steilen Ränder dieser Erosionsrinnen werden zwar als Laublieferanten genutzt, aber vom Einschlag verschont, um der Seitenerosion vorzubeugen.
3. artenarme, mit wenig nützlichen und auch mehrheitlich von den grasenden Tieren gemiedenen Pflanzenarten bestandene, offene Wälder mit vielen Weidelichtungen.
4. degradiertes Ackerland, das zu Buschwald geworden ist.

Eine Ausnahme bilden aber die Höhenwälder im Sikha Valley, in denen durch lokale Kahlschläge in den Rhododendron-Birken-Dickichten eine „aktive“ Erweiterung der Weidefläche an der oberen Waldgrenze erfolgt (Foto 18). Die Degradation der Höhenwälder ist besonders stark entlang der Wasserscheide im Abschnitt Poon Hill – Khibang und auf dem Khopara-Rücken (vgl. Fig. 6). Die Bezeichnung „Höhenwälder“ (bzw. „*high altitude forests*“) wird hier nach SCHMIDT-VOGT (1993) auf Wälder in Höhenlagen von rund 2.700 m bis zur aktuellen oberen Waldgrenze von rund 3.700 m angewandt.

Auf Ackerterrassen (Privatland) werden auch im Sikha Valley zunehmend Futterbäume zur Deckung der Versorgungsengpässe gepflanzt. Inzwischen sind sie zu einem charakteristischen Element der Kulturlandschaft im Äußeren Nepal Himalaya geworden (vgl. SCHMIDT-VOGT 1993; Fotos 5 und 10). Da es keinen Futteranbau gibt, wird ein Laub- und Brennholzvorrat angelegt, der hochwertig und für die Bergbauern leicht zugänglich ist. Das ist ein landesweit zu beobachtender Trend im nepalischen Bergland und FOX (1993, p. 89) erklärt es sogar als „*the positive influence of population growth*“. KOLLMAIER (1999) untersuchte den Arten-reichtum und die weitreichenden Auswirkungen von Futterbäumen in Nepal detailliert.

Die Wälder im Sikha Valley sind gegenwärtig bereits sichtbar degradiert. Von einer Entwaldung kann man zwar nicht sprechen, aber eine schleichende Degradation ist offensichtlich. Aufforstungsprojekte der ACAP-Verwaltung sind nur lokal erfolgreich – bis auf die neu-errichteten Materialbahnen (*ropelines*). Damit können die Bewohner nämlich verhältnismäßig leicht auch noch die wenigen übriggebliebenen walddreichen Teile des Tals erreichen, v.a. entlang der Wasserscheide, die gegenwärtig zwar genutzt werden, aber immer noch einen wichtigen Beitrag zu Hangstabilität zu leisten vermögen. Auch eine weitgehende Terrassierung setzt die Stabilität der Hänge im wesentlichen nicht herab, wenn sie sorgfältig durchgeführt wird (IVES & MESSERLI 2001). Sie ist jedoch mit dauerndem großem Arbeitsaufwand verbunden, z.B. für Ausbesserungsmaßnahmen nach häufigen starken Niederschlägen.

Zu einer langsamen Degradation der Bodenfruchtbarkeit durch Bodenerosion, kommt es im Sikha Valley vor allem dort, wo durch natürliche Ursachen bedingte Rutschungsvorgänge Ackerterrassen angreifen (Kap. 5.2.2). Dies ist eine Degradation der ökonomischen Funktionen im Sinne von SCHMIDT-VOGT (1997, p.76). Die nepalische Landwirtschaft ist durch einen chronischen Mangel an Düngemitteln charakterisiert (UNDP, Nepal 1998). Die Nutzung von Kunstdünger ist in weiten Teilen des Landes noch nahezu unerschwinglich. Deshalb kommt gerade der Verfügbarkeit von Naturdünger eine entscheidende Rolle als Nährstofflieferant für die Ackerflächen zu (SCHMIDT-VOGT 1993). Da weder Stallhaltung von Vieh (außer bei Wasserbüffeln) noch Grünlandwirtschaft bekannt sind, müssen die siedlungsnahen Wälder in die Landwirtschaft integriert werden (Weide, Grünfütter). So wird die Biomasse aus dem Wald entnommen und gelangt über den Umweg durch den tierischen Magen direkt als wertvoller Viehdung auf die Terrassenfelder (bei der *goth*-Landwirtschaft). Dieses System der unkontrollierten Beweidung verhindert, daß Rutschungen von der Vegetation schnell stabilisiert werden können, was in dem subtropischen Klima ansonsten schnell vonstatten ginge. Die hauptsächlichen Ursachen und insbesondere die Auslöser von Rutschungen sind aber andere (vgl. Kap. 5.2).

6. Die Tatopani-Rutschung vom 26. September 1998 und ihre Folgen: eine Fallstudie

Die Rutschung von Tatopani ging am 26. September 1998 während meiner Feldarbeiten im Sikha Valley ab. In ihrem Gefolge kam es oberhalb des Dorfes Tatopani zu weiteren Hangbewegungen. Die Beobachtung dieser Bewegungen über 15 Monate hinweg sowie Diskussionen darüber und Maßnahmen, die zur Lösung des Problems getroffen wurden, sollen hier als besonders bedeutender Fall einer Rutschung und ihrer Auswirkungen im Arbeitsgebiet vorgestellt werden.

6.1 Die Tatopani-Rutschung im September 1998

Am 26. September ging in den frühen Morgenstunden (7.00-7.30 Uhr) in Tatopani Bazar am Kali Gandaki (1.220 m) eine große Rutschung ab. Ein 540 m hoher Teil der linken Flanke eines Felssporns, der in die Kali Gandaki-Schlucht hineinragt, hatte sich unterhalb von Goganpani von der Felswand gelöst und rutschte ins Flußbett (Fotos 22-25). Die Rutschmassen blockierten die 200 m breite Schlucht völlig und stauten den Kali Gandaki acht Stunden lang auf. Der so entstandene Stausee überflutete fast das gesamte Dorf Tatopani bis zu einer Höhe von über 2 m. Einige Häuser wurden dabei völlig zerstört (Foto 21). Ein nepalischer Träger, der eine Last Äpfel aus Thakkhola herantrug, wurde getötet, als er gerade die Stelle passierte, an der die Rutschung den Hauptverkehrsweg zerstörte. Seine zwei Kameraden entgingen um Haaresbreite dem Tod.

Knapp 24 Stunden nach dem Abgang der Rutschung traf ich am 27. September 1998 in Tatopani ein. Immer noch waren über der Rutschung dichte Staubwolken zu beobachten, die über 800 m Höhe erreichten. Diese Staubwolken deuteten auf einen für diese Jahreszeit ungewöhnlich trockenen Abgang hin. Die Vegetation an den Talflanken war in Rutschungsnähe mit einer mehrere Millimeter dicken Staubschicht überzogen. Inzwischen hatte der Kali Gandaki den aus Rutschmaterial bestehenden 32 m hohen Damm auf einer Breite von ca. 25 m durchbrochen. Der See, der am Vortag hinter dem neuen Damm gebildet worden war, hatte sich teilweise bereits wieder entleert (Foto 22 und 23). Deshalb stand das Dorf Tatopani auch nicht mehr unter Wasser.

Die entlang des Kali Gandaki führende Hauptreiseroute war jedoch durch die Rutschung auf einer Länge von rund 450 m völlig zerstört worden. Von Süden her war Tatopani damit nur

noch über einen steilen Saumpfad erreichbar, der sich an der Schluchtwand oberhalb des Kali Gandaki bis zum Dorf Bhurung hinauf schlängelt. Dieser Pfad war erst am Vortag direkt nach dem Abgang der Rutschung behelfsmäßig gesichert worden, denn er war lange nicht mehr benutzt worden und daher verfallen. Dieser Umweg bewirkte nun einen Zeitverlust von 3-6 Stunden und war außerdem gefährlich. Ebenfalls durch diese Rutschung unterbrochen wurde die Stromversorgung der gesamten Umgebung, denn drei der Strommasten, die an dem Hauptweg standen, waren mit ihm in den Fluß gestürzt¹⁰³. Der Weg nach Tatopani war inzwischen zwar theoretisch von der Polizei gesperrt worden, die Polizisten griffen jedoch nicht entschieden genug durch. Allerdings wagten es die meisten Reisenden in den nächsten Tagen aus Angst vor weiteren Rutschungen ohnehin nicht, die einzige Hängebrücke über den Kali Gandaki in Richtung Tatopani zu passieren.

Aus der freigelegten Wand, der oben sehr steil einfallenden und deutlich sichtbaren Gleitfläche der Rutschung, fielen immer wieder einzelne Blöcke oder gar kleine Felsstürze herab und lösten neue Staubwolken aus. Als Abschluß der großen Rutschbewegung vom Vortag fiel nochmals ein beträchtlicher Felssturz auf die Rutschmassen. Seine Blöcke lagen nun weit sichtbar an der Oberfläche der sonst feinkörnigeren Rutschmassen. An einigen Bankgrenzen trat noch Wasser aus der frisch freigelegten Felswand aus. Das führte unterhalb zum Abgang von kleinen *debris flows* (Muren) in dem noch frischen Rutschmaterial auf dem Fuß der Rutschung. Diese Wasseraustritte waren und sind potentiell gefährlich – sie deuten auf mögliche neue Gleitflächen hin. Der obere Teil des Hauptabrisses der Rutschung (Krone) war bis zu einer Höhe von 1.760 m senkrecht und stellenweise sogar überhängend. Diese Überhänge sind dann später, z.T. allerdings erst im Herbst 1999, ebenfalls abgestürzt.

6.2 Analyse der Ursachen der Rutschung

Der großen Rutschungsbewegung vom 26. September 1998 ging bereits am 10. August eine kleinere Felsgleitung an derselben Stelle voraus. SIKRIKAR & PIYA (1998, p. 2) geben an, daß dort bereits mehrmals zuvor, beginnend mit dem Udayapur-Erdbeben vom 22. August 1988 (Magnitude 6.4), eine große alte Rutschung reaktiviert worden war. Auf Fotos 23 und 24 lassen sich neben der frischen auch ältere Rutschungen erkennen.

Im folgenden werden die möglichen Faktoren, die als Ursache der Tatopani-Rutschung in Frage kommen, diskutiert. Obwohl die Rutschung von Tatopani gegen Ende der Monsun-saison abging, also in der Zeit, in der die meisten Rutschungen eintreten, war **kein starkes Regenerignis Auslöser** der Rutschung gewesen. In Tatopani selbst gibt es einen Regen-

¹⁰³ Diese Stromleitung versorgt u.a. das Sikha Valley. Der Strom wird von einem kleinen Wasserkraftwerk (2 MW, 1991 fertiggestellt) am Miristi Khola produziert. Das Kraftwerk liegt ca. 4 km oberhalb von Tatopani.

messer (Klimastation des nepalischen *Department of Hydrology and Meteorology*, DHM). Die hier ermittelten Niederschlagsdaten zeigen deutlich, daß es in den letzten drei Wochen vor dem 26. September 1998 kaum geregnet hatte (Fig. 29). Das langjährige (1970 – 2000) Mittel für Tatopani beläuft sich auf 1577 mm Niederschlag (vgl. Fig. 12 und 16 im Kap. 3.2.3.2). Das Jahr 1998 lag mit 1736 mm nur um 10,1 % darüber. Das langjährige (1970 – 2000) Mittel für die Monsunniederschläge (bei DHM-Daten immer nur 1. Juni – 30. September) beläuft sich entsprechend auf 1167 mm. Der Monsun 1998 lag also mit 1329 mm um 13,9 % über dem langjährigen Mittelwert. Solche geringfügigen Schwankungen können m.E. nicht für den Abgang einer überdurchschnittlich großen Rutschung verantwortlich gemacht werden (ein Jahrzehntereignis). Obwohl 1998 ein „El Niño-Jahr“ war, blieben in diesem Jahr die Niederschlagswerte in Zentralnepal etwa im durchschnittlichen Bereich¹⁰⁴.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.9. | 2.9. | 3.9. | 4.9. | 5.9. | 6.9. | 7.9. | 8.9. | 9.9. | 10.9. | 11.9. | 12.9. | 13.9. | 14.9. | 15.9. |
| 28 | 5 | 8 | 3 | 9 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 4 | 5 | 5 |
| September 1998: 107 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.9. | 17.9. | 18.9. | 19.9. | 20.9. | 21.9. | 22.9. | 23.9. | 24.9. | 25.9. | 26.9. | 27.9. | 28.9. | 29.9. | 30.9. |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Summe September 1998: 107 mm; langjähriges Mittel (1970-2000) – 194 mm.

Fig. 29: Tatopani / Kali Gandaki: Höhe der Tagesniederschläge im September 1998 (in mm).

Quelle: Department of Hydrology and Meteorology, HMG Nepal (1999, unveröffentlichte Daten).

Das Dorf Tatopani liegt in einem Gebiet mit hoher **Erdbebentätigkeit**; die bereits mehrfach erwähnte MCT¹⁰⁵ verläuft nur 4-6 km nördlich von Tatopani (bei Dana). Der Rutschung ging zwar kein Erdbeben direkt voraus, das für ihren Abgang verantwortlich gemacht werden könnte, doch häufige Erschütterungen setzen langfristig die Kräfte herab, die für den inneren Zusammenhalt des Gebirges verantwortlich sind, und erleichtern den Abgang von Rutschungen. Die tektonisch vorgezeichnete Schwächezone, in der die Rutschung auftrat, ist offensichtlich mitverantwortlich für ihren Abgang, denn die Gleitfläche der Rutschung streicht parallel zur Kali Gandaki-Störung aus (Kap. 3.2.1).

Meiner Meinung nach sind, wie schon bei den Rutschungen im Sikha Valley, hauptsächlich die **Lagerungsverhältnisse der Gesteine** für den Abgang der Rutschung in Tatopani

¹⁰⁴ Das gleiche gilt auch z.B. für das Mt. Everest-Gebiet (BERTOLANI et al. 2000a).

¹⁰⁵ MCT – Main Central Thrust; diese wichtige Überschiebung markiert die Grenze zwischen dem Kristallin des Hochhimalaya und dem Lesser Himalaya (Kap. 3.2.1.1).

verantwortlich zu machen. Die Phyllit-Quarzit Abfolge ist sehr instabil, wenn viel Bergwasser vorhanden ist. Das ist gegen Ende der Monsunzeit stets der Fall, wie auch am 26. September 1998. VÖLK (2000) sieht in seinen Untersuchungen die Tatopani-Rutschung als Ausdruck des Mechanismus von **Talzus Schub** und **Bergzerreissung** an, der die gesamte Region erfaßt.

Nachdem der Regen des nachfolgenden Monsuns des Jahres 1999 die an einer Hangstufe verbliebenen lockeren Schuttmassen ausgeräumt hatte, zeigte sich die Gleitfläche „in vollem Glanz“. Deutlich sind einzelne Phyllitbänke zu sehen, entlang derer die darüberliegenden Gesteine im September 1998 abgeglitten waren. Die Gesteine fallen nach NE, also gegen den Hang ein. **Als Auslöser** kann in diesem Fall **der hohe Porenwasserüberdruck**, der sich über die Monsunzeit kontinuierlich aufgebaut hatte, angenommen werden.

Der zwei Monate nach der Rutschung angefertigte Bericht der „Disaster Relief Section“ des nepalischen Innenministeriums¹⁰⁶ macht die **Kultivierung des Hanges** oberhalb der Tatopani-Rutschung für ihren Abgang mitverantwortlich. Diese Meinung teile ich nicht. Der abgerutschte Teil des Hanges war sehr steil und nur mit trockenem, dornigem Gestrüpp und Gräsern bewachsen (edaphische Trockenheit). Der menschliche Einfluß beschränkte sich dort auf das Abbrennen der steilen Grashänge, die beweidet werden. Sowohl 1997 wie 1998 (jeweils im März und April, also noch vor der Rutschung vom September 1998) wurden die Schluchthänge oberhalb von Tatopani eigener Beobachtung zufolge großflächig abgebrannt. Besonders nachts stellte der lichterloh brennende Grashang ein „Spektakel“ dar. Daß dieses Abbrennen langfristig auch die (Gras-)Vegetation zerstört, so daß dann das Regenwasser ungehindert in den Hang eindringen kann, ist allerdings unbestritten. Viel mehr Wasser kann jedoch durch die breiten Spalten im Gestein nahe der Krone der Rutschung eindringen. Sie sind durch **tektonische Aktivität** und Entlastungsbewegungen des Gebirges entstanden und waren nach Berichten aus Tatopani schon vor dem September 1998 vorhanden gewesen. **Hangfußunterschneidung** durch den in der Monsunzeit wiederholt hochwasserführenden Kali Gandaki ist auch nicht völlig auszuschließen.

Die intensive Kultivierung (nur Regenfeldbau) beschränkt sich fast ausschließlich auf flachere Hangbereiche oberhalb der Krone der Rutschung. Solche Hänge sind im gesamten Kali Gandaki Valley, nicht nur in diesem Schluchtabschnitt, ähnlich terrassiert. Sie stellen dort den „Normalzustand“ am Hang dar. Die intensive Kultivierung als Ursache der Tatopani-Rutschung anzunehmen, würde bedeuten, daß auch überall sonst in der Gegend alle Hänge ständig hochgradig gefährdet wären. Diese Behauptung wäre jedoch übertrieben.

Zusammenfassend muß man feststellen, daß der Abgang der Tatopani-Rutschung nicht einer einzigen Ursache zugeschrieben werden kann. Rutschungen dieser Größe haben in der Regel immer mehrere Ursachen, die zusammen wirken und sich eventuell gegenseitig verstärken.

¹⁰⁶ Ministry of Home Affairs, Nepal. Disaster Relief Section (1998): Recent disasters occurred in Nepal during the monsoon season of 1998; Kathmandu.

Nach der Art der Bewegung und des Materials ist die Tatopani-Rutschung als eine extrem schnelle Felsgleitung (*extremely rapid rock slide*) zu bezeichnen. Der **anthropogene Einfluß** läßt sich im Falle der Tatopani-Rutschung insgesamt schwer abschätzen, aber er liegt sicher deutlich hinter den natürlichen Ursachen zurück.

6.3 Direkte Folgen und weitere Bewegungen

Für die Darstellung der direkten Folgen der Tatopani-Rutschung und weiterer Hangbewegungen habe ich mich, neben meinen eigenen Beobachtungen, auf die Informationen von Mr. Bhuvan GAUCHAN gestützt, der mit seiner Familie in Tatopani wohnt und dort eine größere Lodge und ein Restaurant besitzt und deshalb das gesamte Geschehen im Bereich von Tatopani besonders aufmerksam verfolgt.

Der Feinmaterialanteil war in den Schuttmassen, die im Flußbett lagen, anfänglich noch recht hoch. Mit dem Monsunregen des Jahres 1999 wurde dieses Feinmaterial aber nach und nach ausgewaschen. Das führte zur Absenkung der Dammhöhe. Die beschriebene große Tatopani-Rutschung (vom 26. September 1998) induzierte auch zwei kleinere Rutschungen auf der gegenüberliegenden Talseite, weil der Kali Gandaki durch die Rutschmassen an die rechte Schluchtwand gedrückt wurde. Seitdem bearbeitet er intensiv diesen neuen Prallhang und unterschneidet dabei fossile Murkegel, die dort schon früher zur Ruhe gekommen waren. Diese anhaltende Flußaktivität erschwert weiterhin eine langlebige Rekonstruktion des Hauptverkehrsweges entlang des Kali Gandaki, der diese Murkegel querte.

In Tatopani (rund 600 Einwohner) leben immer noch 60% der Bevölkerung vom Tourismus (p.M. GAUCHAN 1999). Hauptattraktion sind die "Hot Springs", die heißen Quellen. Die sehr wichtigen Einnahmen aus dem Trekkinggeschäft würden wegfallen, wenn nichts unternommen würde, um die Gefahr zu beseitigen, bzw. die Folgen der Rutschung. Nach dem Abgang der Rutschung sprachen Dorfvertreter vergeblich beim Innenministerium (*Disaster Relief Section, Ministry of Home Affairs*) vor. Abgesehen vom oben erwähnten Bericht wurde seitens der zuständigen Behörden jedoch nichts unternommen. Die Einwohner von Tatopani wollten in Eigenregie den Durchlaß vergrößern, den der Kali Gandaki noch am Tag der Rutschung selbst geschaffen hatte und den er seitdem weiterhin nutzt. Dazu wären jedoch Wasserkanonen mit mindestens 200 m langen Schläuchen nötig gewesen, wie sie bei der Goldsuche eingesetzt werden, oder ähnliche Pumpen von der Feuerwehr. Diese konnte oder wollte die Feuerwehr aber nicht zur Verfügung stellen. Die außergewöhnliche Trockenheit in der Zeit nach dem Monsun des Jahres 1998 wäre für alle Arten von Baumaßnahmen sehr günstig gewesen. Die wertvolle Zeit in den Trockenmonaten wurde jedoch nicht genutzt. Andererseits hatte der Kali Gandaki zu dieser Zeit wegen des niedrigen Wasserstands selbst

nicht genug Kraft, mehr Material auszuräumen. Das änderte sich erst mit dem Einsetzen des nächsten Monsuns Anfang Juni 1999.

Im April 1999 lag die Oberfläche des oberhalb der Rutschung entstandenen Sees aufgrund der Flußerosion bereits um 3-4 m unter dem ursprünglichen Niveau vom September 1998 (nach dem Dammdurchbruch). Man rechnete in Tatopani allerdings während des kommenden Monsuns, in spätestens zwei Monaten, mit einer neuerlichen kurzfristigen Überflutung des Dorfes. Deshalb wurde im April eine große Mauer aus Gabions gebaut. Gabions sind mit Blöcken und Steinen gefüllte Stahldrahtkäfige, die meistens zur Sicherung und Befestigung von künstlichen Böschungen eingesetzt werden. Das Baumaterial war glücklicherweise an Ort und Stelle im Flußbett vorhanden. Einzig die Stahlnetze für die Gabions mußten von außerhalb besorgt und von Trägern herantransportiert werden. Diese Mauer sollte den Uferrand der Terrasse von Tatopani vor der Seitenerosion des Kali Gandaki schützen. Das Ufer selbst wurde auch befestigt. Der wichtigste Grund für den Bau der gewaltigen Mauer war die Hoffnung, die Hauptströmung im Kali Gandaki in Richtung des linken Ufers zu verlagern und so die Rutschungsmassen, die den Fluß von links her teilweise blockierten, erodieren und das Wasser für sich arbeiten zu lassen. Auf diese Weise sollte sich der Pegel des Stausees senken. Der Kali Gandaki würde stärker in die Tiefe erodieren und die alte Schotterterrasse, auf der das Dorf Tatopani steht, nicht weiter gefährden. Auf dem Fuß der Rutschung lag viel neues, grobes Material aus den zahlreichen kleineren Felsstürzen, die während des vergangenen halben Jahres seit September 1998 von den oberen Teilen der steilen Wand abgegangen waren. Es handelte sich hauptsächlich um Material, das nach der September-Rutschung zwar noch oben verblieben war, aber anschließend viele Spalten bekam und gelockert wurde. Der Kronenbereich der Wand zeigte immer noch viele Überhänge im lockeren Phyllit – diese sind später, wie erwähnt, ebenfalls nach und nach abgestürzt.

In Tatopani wollte man auch die Badebecken an den „*Hot Springs*“ (den wichtigsten touristischen Anziehungspunkt von Tatopani) wieder ausheben. Die Finanzierung der Arbeiten konnte aber nicht gesichert werden. Diese ausbetonierten Becken waren nach der Rutschung gänzlich mit Sediment aufgefüllt und zerstört worden, was zu finanziellen Einbußen im Tourismusgeschäft geführt hatte. Zu diesem Zeitpunkt war die touristische Frühjahrssaison 1999 aber bereits in vollem Gange. Viele Trekker, die nur 4-5 Tage Zeit haben, wählten und wählen Tatopani oft als Höhepunkt ihres kurzen Treks, vorausgesetzt, die *pools* sind in Betrieb.

Im April 1999 traf ich an der Tatopani-Rutschung mit nepalischen Ingenieurgeologen zusammen, die die Rutschmassen auf ihre Stabilität hin untersuchten. Sie waren beim Bau des Wasserkraftwerks „*Kali Gandaki A*“ beschäftigt. Dieses wird 80 km flußabwärts dicht unterhalb der Mündung des Andhi Khola in den Kali Gandaki errichtet. Nach seiner

geplanten Fertigstellung im Jahre 2002¹⁰⁷ wird es mit einer Leistung von 144 MW das größte Kraftwerk Nepals sein. Die Aufgabe der Ingenieurgeologen in Tatopani bestand darin, eine mögliche Bedrohung für die Baustellen des Kraftwerks abzuschätzen. Ein befürchteter größerer *debris flow* könnte dort nämlich katastrophale Folgen haben. Eine Verbesserung der Sicherheitslage in Tatopani selbst war dabei aber nicht beabsichtigt. Meiner Einschätzung nach geht jedoch von den Rutschmassen in Tatopani keine Bedrohung für das Kraftwerk „Kali Gandaki A“ aus. Ihr Volumen ist zu gering, um über eine Distanz von 80 km Schäden zu verursachen. Das heißt aber auch, daß für Tatopani aufgrund dieser neuerlichen Untersuchung keine Verbesserungsmaßnahmen seitens der Baustellenbetreiber zu erwarten sind.

Ereignisse zwischen Juni und November 1999

Am 2. Juni 1999, kurz nach Beginn des Monsuns, ging wieder ein kleiner Felssturz ab – am rechten oberen Rand der Krone der Rutschung. Ein weiterer Teil der Überhänge, die größtenteils schon seit September 1998 bestanden, ist inzwischen auch abgestürzt. Anfang Juni war die Vegetation schon wieder grün. Auf dem Rutschkegel sah man kleine Spülrinnen. Das Feinmaterial war ausgewaschen worden und bildete kleine Schwemmfächer am Rinnenausgang. Die Gabionmauer stand gut. Der Flußpegel hatte sich weiter gesenkt. Die Badebecken (*pools*) waren aber immer noch völlig zusedimentiert. Die Trekkingsaison war längst vorbei, und vor dem Einsetzen des Monsuns machte es keinen Sinn mehr, die *pools* zu erneuern. Der erste Monsunregen hatte inzwischen einen Teil der Gleitfläche freigewaschen. Sie war jetzt teilweise freigelegt, und man erkannte, daß sie sich aus mehreren kleineren Gleitflächen zusammensetzte.

Es gab keine größeren Rutschungen während des Monsuns 1999. Der Kali Gandaki erodierte wieder ein Stück mehr den im September 1998 entstandenen Damm. Der Durchlaß wurde um weitere rund 5 m verbreitet. Auf dem Fuß der Rutschung hatten sich zwei tiefe Gullies entwickelt. Am Ausgang des größeren, rechten Gullys war ein kleiner Murkegel als Ergebnis dieser sekundären Materialumlagerung entstanden. Die neue Gabionmauer in Tatopani widerstand den Monsunfluten unversehrt. Der Kali Gandaki hatte sich tief in seine Sedimente vom letzten Jahr eingeschnitten. Sein Pegel lag nun ca. 4-5 m niedriger als noch im Herbst 1998. Somit war auch eine neue Schotterterrasse entstanden. Die Badebecken liegen seitdem wieder deutlich oberhalb des Pegels des Kali Gandaki und könnten nun, vom Sediment geräumt, wiederhergestellt werden. Damit wartete man allerdings bis zum Ende des Monsuns. Im **November 1999** waren die *pools* erneuert worden und wieder voll in Betrieb.

¹⁰⁷ Nach mehreren Verschiebungen wird zuletzt eine Fertigstellung für die erste Hälfte des Jahres 2002 angestrebt (*Nepali Times* vom 27.7.2001).

6.4 Zukunftsaussichten für Tatopani

Mr. GAUCHAN bemerkte mir gegenüber, daß es zuletzt drei verheerende Hochwasserereignisse im Quellgebiet des Kali Gandaki gegeben habe. 1984 erreichte das erste Hochwasser Tatopani. Es gab nur geringe Schäden. 1987 gab es dagegen nach einem katastrophalen Hochwasser eine verheerende Flut in Tatopani. Dabei wurden in Ober-Tatopani 16 und in Unter-Tatopani 6 Häuser zerstört. In Chhoser wurden 18-20 Häuser zerstört. 1988 wurde dann die große Hängebrücke über den Kali Gandaki zwischen Tatopani und Ghar Khola Gaon durch ein Hochwasser zerstört. Die bekannte Trekkingroute (*Annapurna Circuit*) verlief daraufhin von Dana über Pawder nach Sikha und erst dann wieder auf dem „Normalweg“ weiter zum Poon Hill und nach Pokhara. Tatopani lag demnach, bis zur Konstruktion einer neuen Hängebrücke über den Kali Gandaki, nicht mehr auf der Trekkingroute.

Mündliche Berichte über frühere, d.h. vor 1978 erfolgte größere Rutschungen und Hochwasserzerstörungen bei Tatopani konnte ich nicht genau nachprüfen.¹⁰⁸ Mir gegenüber hieß es, sie hätten sich kurz nach dem Ende der Rana-Herrschaft ereignet, d.h. kurz nach 1951.¹⁰⁹ Toni HAGEN (1960) berichtet von großen Zerstörungen bei Tatopani und weiter flußabwärts entlang des Kali Gandaki und seiner Seitentäler (Rutschungen und katastrophale Hochwasser), die während seiner Forschungsreise in den Monsunmonaten des Jahres 1954 aufgetreten waren.

Die Zukunftsaussichten für Tatopani sind ungewiß. Es ist schwierig vorherzusehen, wann und in welcher Größenordnung weitere Bewegungen am Hang erfolgen werden. Daß sie überhaupt auftreten, steht jedoch außer Frage, wenn man die zahlreichen Zerrspalten (*tension cracks*), die parallel zur Abrißkante am rechten Rand der Krone der Rutschung (genau oberhalb Tatopani) verlaufen, betrachtet. Die oben analysierten Ursachen der Rutschung vom September 1998 wirken unvermindert weiter. Die Stabilität des neugeschaffenen Kliffs wird über die Art der weiteren Bewegungen entscheiden. Eine einfache Abhängigkeit zwischen Regenmenge und Rutschungshäufigkeit läßt sich jedenfalls nicht erkennen. So brachte z.B. der Monsun des folgenden Jahres 1999 ergiebigere Niederschläge als der des Jahres 1998, ohne daß es dadurch zu nennenswerten Bewegungen am Hang gekommen wäre. Allerdings waren auch schon die drei vorangegangenen Jahre (1995 – 1997) überdurchschnittlich feucht (vgl. Kap. 3.2.3.2). Mit einem entsprechenden *monitoring system* ließe sich in Zukunft womöglich eine unmittelbar bevorstehende Rutschung vorhersehen, jedoch nicht verhindern. Im Moment weist aber nichts darauf hin, daß ein derartiges System installiert werden könnte und sollte.

¹⁰⁸ Zu dieser Zeit gab es noch keine Klimastationen in der Region.

¹⁰⁹ Die Ranas wurden 1951 gestürzt, und die tatsächliche Macht in Nepal fiel dann wieder an die Könige der Shah Dynastie (KRÄMER1996).

Gemessen an der überragenden Bedeutung von Tatopani als Touristenzielort, aber auch als Bazar und als Raststation an einem der bedeutendsten Handels- und Pilgerwege (Muktinath im obersten Kali Gandaki Valley, ca. vier Marschtage oberhalb von Tatopani, ist eines der heiligsten Orte Nepals sowohl für Buddhisten wie für Hindus), ist die Untätigkeit der lokalen und auch der nationalen Behörden unverständlich. Die politische Instabilität in Nepal mit oft wechselnden Regierungen auch auf der Distriktebene spielt dabei sicherlich eine Rolle. Die durch die Rutschung im September 1998 unterbrochene Elektrizitätsversorgung wurde z.B. erst während des Wahlkampfes, kurz vor den Bundeswahlen im Mai 1999 wiederhergestellt. Der „Wohltäter“ gewann anschließend die Wahlen zum Distriktschef (Myagdi District). Die lokalpolitische Dimension dieses Naturereignisses soll in der vorliegenden Arbeit nicht ausführlich behandelt werden, auch wenn sich dazu noch viel mehr interessante Aspekte fanden. Auf die Aussichten angesprochen, behördliche Unterstützung bei der Bewältigung der Folgen der Rutschung zu erhalten, hat mich der Eingangs erwähnte Hotelbesitzer in Tatopani, Mr Bhuwan GAUCHAN, nur auf das wohl bekannte Buch von Dor Bahadur BISTA (1991) „Fatalism and Development“ hingewiesen.

Eine Felsgleitung am 20. September 1988 im Dorf Pahirani am Myagdi Khola (Myagdi District) blockierte den Fluß für zwei Wochen (SHARMA 1990, p. 438). Erst mit Hilfe der nepalischen Armee wurde am 10. Oktober der Rutschungs-Damm durchbrochen. Pahirani ist nicht weit von Tatopani entfernt, so daß dessen Bewohner von der Aktion wußten und ebenfalls ähnliche Hilfe erhofften.

6.5 Maßstab des Ereignisses – ein Exkurs

Die Tatopani-Rutschung vom September 1998 muß man zweifellos in die Kategorie der großen rezenten Rutschungen in Nepal aufnehmen. Wenn man in längeren Zeiträumen denkt, relativiert sich seine Bedeutung allerdings. Die Fotoaufnahmen des Rutschareals vom Gegenhang oberhalb Tatopani relativieren seine Größe im Vergleich zur Hanggröße (Foto 2). Das gleiche gilt für die morphologische Bedeutung dieser Rutschung. Die Tatopani-Rutschung ist in einer "strategischen Lage" abgegangen, d.h. direkt bei einer wichtigen Ortschaft, und erst das macht sie bedeutend.

Die Rutschung in Tatopani vom 26.9.1998 war bei weitem die größte, die während meines Aufenthaltes im Arbeitsgebiet abgegangen ist. In den letzten Jahrzehnten hatte sich dort ebenfalls keine größere Rutschung ereignet. Im Vergleich mit den übrigen Rutschungen im Sikha Valley müßte man sie als sehr groß bezeichnen, zumal es sich um eine Einzelbewegung handelt. Auch im ganzen Kali Gandaki Valley bis unterhalb von Kusma kam es in den letzten 10 Jahren zu keiner größeren Rutschung. Betrachtet man die Tatopani-Rutschung von der viel

begangenen Hauptverkehrsroute im Talgrund entlang des Kali Gandaki aus, macht sie mit ihrer Höhe von 540 m einen gewaltigen und furchterregenden Eindruck. Steigt man aber am Gegenhang etwas höher, so ändert sich der Blickwinkel. Beim langsamen Aufstieg sind die Grundzüge der Landschaftsstruktur um die Rutschung herum immer besser erkennbar. Vor allem zeichnen sich erst aus einer Entfernung von mehreren Kilometern mögliche tektonische Störungen sowie fossile Rutschungen klar ab. Aus einer Höhe von knapp über 2.000 m über dem Fußbereich der Rutschung, der größtmöglichen Höhe, aus der man noch die ganze Rutschung sehen kann, sieht es so aus, als sei hier einfach nur ein Gesteinspaket von einem der zahlreichen Felssporne entlang einer der vielen kleineren und größeren Gleitflächen abgeglitten, um den „Normalzustand“ in der Kali Gandaki-Schlucht wieder herzustellen. In der Vergangenheit müssen vielfach ähnliche Hangbewegungen (*adjustments*) stattgefunden haben. Darüber liegen jedoch keine Berichte vor. In Zukunft könnten sich solche Hangbewegungen wie die in Tatopani alle paar Jahrzehnte oder sogar alle paar Jahre ereignen. Die Angabe eines solchen Wiederholungsintervalls trifft natürlich keine Aussage darüber, ob nicht jederzeit eine weitere Bewegung dieses Ausmaßes stattfinden könnte. Ohne aufwendige technische Monitoringmaßnahmen bleibt daher das Geschehen am Hang oberhalb von Tatopani weiterhin unvorhersehbar.

7. Positive Folgen von Rutschungen im Arbeitsgebiet

7.1 Langfristige Modifikation des Reliefs und Veränderung des Hangsubstrats. Neue Flächen für die Landwirtschaft

Rutschungen können neben ihrem offensichtlichen Gefahrenpotential auch positive Folgen für die Menschen haben. Das unterscheidet sie grundsätzlich von anderen Naturgefahren, was aber meist nicht auf den ersten Blick zu erkennen ist. HAFFNER (1995) beschäftigte sich bereits Anfang der 1990er Jahre, wie eingangs erwähnt, mit „positiven Aspekten von Erosionsprozessen“. Seinen Ausführungen zufolge zeitigen die Erosionsprozesse ihre positiven Folgen nicht nur in den alluvialen Flußebenen des Himalaya-Vorlandes. Am Beispiel der zentralnepalischen Berglandregion von Ghorka zeigt er auch, wie Erosion kleinräumig positiv wirksam sein kann. Die Tatsache, daß in der Ghorka-Region schon seit mindestens 1500 Jahren an einem recht steilen Südhang nachweislich Ackerbau betrieben wird, erklärt HAFFNER damit, daß die Nährstoffarmut tief verwitterter und ausgelaugter tropischer Böden hier zumindest teilweise „durch ständige erosive Nachlieferung von frischer, wenig verwitterter, d.h. mineralreicher Bodensubstanz“ kompensiert wird (HAFFNER 1995, p. 736; nach WEISCHET 1977).

Ich möchte aufzeigen, daß bereits im Gebirge selbst positive Folgen von Rutschungen erkennbar sind. Letzlich haben fossile Rutschungen eine Besiedlung des Himalaya erst ermöglicht, indem sie die Hangneigung der ansonsten sehr steilen Bergflanken verringert haben. Akkumulationsbereiche inaktiver Rutschflächen bilden im nepalischen Bergland dank ihrer hervorragenden Bodeneigenschaften bestes Ackerland, d.h. sie stellen einen edaphischen Gunstraum dar. Bei günstigem Klima wird dieses Ackerland z.B. für den Reisanbau genutzt. Lokal kann die Erosion sogar das Ertragspotential von Böden in Hanglagen erhöhen, wie Feldstudien von HAFFNER (1995, p. 735) im Bergland von Gorkha ergeben haben.

7.1.1 Naßreisterrassen auf fossilem Rutschungsmaterial

Erst eine im Laufe von Jahrtausenden erfolgte weiträumige Verringerung der Hangneigung infolge von Erosions- und Akkumulationsprozessen ermöglichte eine Besiedlung der Hanglagen in den Gebirgsregionen Nepals in größerem Ausmaß. Die Bodenakkumulation am Hang und in den Tälern bildet die Voraussetzung für eine erfolgreiche Landwirtschaft. Die fossilen Rutschungen lieferten hier eine dicke Kolluviumschicht als geeignete Grundlage für den

Ackerbau (vgl. u.a Foto 3, 5, 29, 44). Dieses Material wurde in der Vergangenheit mehrfach umgearbeitet und besitzt sehr gute Bodeneigenschaften, die den Anbau ermöglichen und eine Terrassierung erleichtern. Die Anordnung der Terrassen kann daher sogar Aufschluß über die Verteilung von fossilen Rutschungen am Hang geben.

Im Arbeitsgebiet finden sich unterhalb der Dörfer Ghara und Sikha dank fossiler Rutschungen besonders gut für einen Anbau geeignete Böden. Die in diesem Bereich liegenden bewässerten Reisterrassen sind sogar die qualitativ besten im gesamten Sikha Valley. Dort ist die Rutschungsaktivität heute gering. Die großen Blöcke, die sich in mehreren fossilen Blockströmen zwischen den Dörfern Sikha, Ghara und Khibang finden, erhöhen die Standsicherheit der Ackerterrassen beträchtlich (Foto 7 und 8). Sie verhindern, daß das Feinmaterial im Hangsubstrat sowie die Nährstoffe, beide von entscheidendem Einfluß auf die Bodenfruchtbarkeit, nach starken Niederschlägen vom Wasser ausgewaschen werden können. Im ältesten Dorf im Sikha Valley, im Magardorf Khibang (2.060 m), wurden solche bis über 10 m³ großen Blöcke sogar direkt in die Hauskonstruktion integriert (Foto 33 und 34). Das bewirkt auch bei Gebäuden eine hohe Standsicherheit. Tatsächlich gibt es im näheren Umkreis von Khibang als einziger Siedlung im Sikha Valley keine Rutschungen. Durch die Nutzung dieser Blockströme als Siedlungsareal mußte keiner der für Ackerterrassen geeigneten Bereiche der Anlage einer Siedlung geopfert werden.

7.1.2 Fossile *debris flows* im Pokhara Valley – eine „nützliche Naturkatastrophe“

Das spektakulärste Beispiel von ackerbaulich nutzbarer Neulandbereitstellung liefern die bekannten *debris flow*-Terrassen von Pokhara (ca. 45 km² !), die unweit des Arbeitsgebietes liegen (Foto 29). Sie entstanden durch Rutschungen, die man schon einer Kategorie „*mega-events*“ zurechnen müßte. Nach Fig. 4 in Kap. 1.6 waren es *high intensity / low frequency* Naturereignisse. Das Alter dieser Rutschungsereignisse ist bislang noch nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Nach den neuesten Untersuchungen (KOIRALA & RIMAL 1996) waren es im wesentlichen nur drei Hauptereignisse; ihre Sedimente werden Tallakot, Ghachok bzw. Pokhara Formation genannt. Das letzte *event* soll erst vor etwa 600 – 1100 Jahren stattgefunden haben (YAMANAKA et al. 1982, FORT 1987b), und nicht schon deutlich früher, was bislang vermutet wurde. KOIRALA & KAPHLE (1998) geben sein Alter nicht sehr genau mit „*pleistocene-recent*“ an. Historische Beweise (d.h. Archivberichte) für dieses Ereignis fehlen allerdings noch. Damals lösten sich aus dem oberen Talkessel des Seti Khola riesige *debris flows* (also Großmuren) und rasten bis in das Becken von Pokhara hinunter. Das Material dieser Rutschungen stammte aus riesigen Depots von Lockermaterial, das sich im Laufe des Quartärs am Fuße der steilen Wände des Annapurna-Massivs angesammelt hat.

Dieses Material reichte aus, um das rund 25 km entfernte Pokharabecken bis zu einer Höhe von über 85 m vollständig aufzufüllen. Dadurch wurde in einer tief zerschnittenen Landschaft eine weitläufige, fast völlig ebene Fläche geschaffen, die leicht terrassiert werden konnte. Gegenwärtig sind diese *debris flow*-Terrassen, abgesehen vom Kathmandu Valley, das qualitativ beste und durch aktuelle Erosion kaum gefährdete Reisanbaugebiet im nepalischen Himalaya. Die zerklüfteten Talhänge, die sich heute über die besagte Ebene erheben, vermitteln einen guten Eindruck vom Aussehen der Landschaft vor den Abgängen dieser Rutschungen (Foto 29).

Die Folgen dieser Rutschungen werden in dieser Studie überaus positiv eingeschätzt. Es handelte sich dabei, wenn man allein die Landnutzung und die Besiedlungsmöglichkeiten einbezieht, sozusagen um eine „nützliche Naturkatastrophe“. Das betroffene Gebiet um das heutige Pokhara Valley war zur Zeit des letzten *debris flow*, falls dieser tatsächlich erst vor rund 600 Jahren stattgefunden haben sollte, möglicherweise schon besiedelt. Über eventuelle Opfer dieser Naturkatastrophe ist jedoch nichts überliefert.

7.2 Kurzfristige positive Folgen von Rutschungen

Über geologische Zeiträume hinweg positive Folgen von Rutschungen wie die oben beschriebenen erschließen sich dem Betrachter leicht, kurzfristige positive Folgen solcher Ereignisse sind dagegen nicht so leicht erkennbar.

Im Zusammenhang mit den positiven Aspekten von Rutschungen sind auch die Ausführungen von KIENHOLZ et al. (1984b), GURUNG (1989) sowie von IVES & MESSERLI (1989) in Betracht zu ziehen. Die genannten Autoren berichten von Bauern aus dem nepalischen Bergland, aus dem Rande des Kathmandu Valley gelegenen Gebiet von Kakani, die Rutschungen absichtlich auslösen würden, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen. Insbesondere GURUNG (1989) erwähnt eine Technik, die Newarbauern entwickelt haben, um durch absichtlich ausgelöste Rutschungen das Gefälle der steilen Hänge zu verringern bzw. um bisher ackerbaulich ungenutztes Land zu terrassieren. Dies führe allerdings häufig zu unbeabsichtigten Schäden und es sei darüber hinaus schwierig vorherzusagen, wie sich eine einmal ausgelöste Rutschung weiter entwickeln wird. Ich habe zu Vergleichszwecken 1999 das Kakani-Gebiet ebenfalls aufgesucht. Da die Reliefenergie dort weit niedriger ist als im Sikha Valley, ist diese Maßnahme im Kakani-Gebiet m.E. eher möglich, allerdings auch nur in einem kleinen Maßstab. Die Bergbauern im Sikha Valley dagegen konnten aus ihrer Erfahrung nichts über solche absichtlich ausgelösten Rutschungen berichten und fanden diese Idee auch nicht seriös.

Robert L. SCHUSTER vom U.S. Geological Survey berichtet von Rutschungen ganz anderer Qualität, die absichtlich ausgelöst wurden „to obtain socioeconomic benefits“ (SCHUSTER 1996, p. 31). Er nennt ein Beispiel aus Kasachstan (damals noch eine Sowjetrepublik), wo in den Jahren 1966-67 oberhalb von Alma Ata, an der Nordabdachung des Tianshan gelegen, ein 100 m hoher Rutschungsdamm errichtet wurde, wobei große Mengen Sprengstoff eingesetzt wurden. Dieser Damm sollte die kasachische Hauptstadt fortan vor den verheerenden *debris flows* schützen.

Der Salzburger Geologe UHLIR (1999) stellt eine weitere potentielle Nutzung von Rutschungen vor. Er schlägt vor, in Nepal Seen, die infolge von Flußblockierungen durch Rutschungen entstanden sind, zur Energiegewinnung zu nutzen, in einem konkreten Fall am Tama Koshi (ca. 100 km östlich von Kathmandu) etwa durch die Errichtung eines *run-off-the-river type* Wasserkraftwerks (120 MW!). Vor rund 400 Jahren hat nämlich eine Rutschung dort einen 300 m hohen Damm geschaffen, der inzwischen stabil und wasserundurchlässig geworden ist. Ein an dieser Stelle erbautes Wasserkraftwerk wäre deshalb sehr kostengünstig. Die geplante Nutzung eines anderen, mit 570 m (!) weltweit höchsten historischen Rutschungsdammes zur Energiegewinnung erwähnt SCHUSTER (1996, p. 30). 1911 ging im heutigen Tadschikistan die Usoy-Rutschung mit einem Volumen von 2.5 km³ ab und blockierte den Fluß Murgob. Der dadurch entstandene Stausee Sarez (*Sarezskoye Ozero*) hat heute noch eine Länge von 60 km.

Bei meinen ersten Reisen in Nepal bewunderte ich die handwerklichen Fähigkeiten der Bergbauern, die sich in der Anlage von Terrassen, speziell von Naßreisterrassen auf ausgedehnten Berghängen, am besten widerspiegeln. Dabei fiel mir auf, daß viele Terrassen, auch die qualitativ besten, an Stellen angelegt worden waren, die gefährdet aussahen. Die Terrassen waren entweder auf fossilen Rutschungen errichtet worden, die den Eindruck erweckten, als ob sie jederzeit reaktiviert werden könnten, oder aber an durch Steinschlag gefährdeten Stellen unterhalb von steilen Felswänden. Wollte man diese Beobachtung als ein Ausweichen des Terrassenbaus auf periphere Flächen und als eine Antwort auf starkes Bevölkerungswachstum interpretieren, müßten die genannten Terrassen bereits vor längerer Zeit angelegt worden sein, denn bereits vor 1950 fand im nepalischen Bergland ein starkes Bevölkerungswachstum statt. KAWAKITA (1974, p. 459) gibt Berichte eines „Dorfältesten“ über eine Verfünffachung der Zahl der Haushalte in Sikha im Zeitraum zwischen 1868 und 1963 wieder. Seit den 1960er Jahren nimmt die Bevölkerung des nepalischen Berglandes wegen der Abwanderung ins Terai allerdings nicht mehr so schnell zu. Die von mir untersuchten Hangterrassen sahen nicht so aus, als ob sie erst in den letzten Jahren angelegt wurden. Mitunter waren es große Komplexe von breiten Terrassen, die sich in gutem Zustand befanden und durch stabile Steinmüerchen gestützt wurden. Derartige Anlagen sind aber stets im Laufe von Jahrhunderten entstanden.¹¹⁰ Das schnelle Bevölkerungswachstum müßte

¹¹⁰ Hervorragende Beispiele dafür finden sich außer in Sikha und Ghara im Sikha Valley auch bei Bahundanda am mittleren Marsyandi, bei Dhunche am oberen Trisuli oder bei Num am mittleren Arun.

also bereits vor längerer Zeit erfolgt sein. Dafür konnten bislang allerdings keine verlässlichen Angaben ermittelt werden. Es muß also eine andere Erklärung für die Anlage solcher Terrassen in offensichtlich gefährdeten Hang-bereichen geben.

Bei der Untersuchung mehrerer solcher terrassierter Hänge mußte ich feststellen, daß sie nicht nur vereinzelt auftreten, sondern daß die meisten Reisterrassen an solchen „gefährdeten“ Stellen angelegt worden sind, in manchen Tälern sogar alle Terrassenanlagen. Gleichzeitig sind die morphodynamischen Prozesse an den betroffenen Hängen sehr aktiv. Das erfordert ein Umdenken bezüglich der Beurteilung dieser Lagen. Die Gefahren, die dabei von Massenbewegungen ausgehen, dürfen zwar nicht ignoriert, ihre „Gefährlichkeit“ muß jedoch relativiert werden. Die gefährdeten Stellen können keinesfalls nur periphere Bedeutung haben, im Gegenteil, es handelt es sich bei ihnen offenbar um die Gunsträume für die Anlage von Terrassen.

7.3 Der Einfluß von Rutschungen auf die Vegetation – Arealzunahme von Nutzholzbeständen der Nepalischen Erle (*Alnus nepalensis*)

Wenn man von Sikha Deorali (2.030 m) aus talaufwärts in Richtung Phalate blickt (Foto 11), staunt man darüber, daß so viel Fläche mit Wald bestanden zu sein scheint, obwohl es sich doch um ein landwirtschaftlich intensiv genutztes Gebiet handelt. Erst bei näherem Hinsehen erkennt man, daß es erstaunlich dicht mit Bäumen bestandene Rutschungsflächen sind (vgl. Phalate Rutschungen, Kap. 5.1.3.4). Die Bäume gehören nur wenigen Arten an (Foto 39). Mit großem Abstand am häufigsten kommt dabei *Alnus nepalensis* vor, in höheren Lagen, über ca. 2.300 m, kommt *Rhododendron arboreum* dazu. Die meisten Bäume stehen auf aktiven bzw. nur zeitweilig inaktiven Rutschflächen. Da man die Rutschareale nicht überblicken kann, weil ein geeigneter Aussichtspunkt auf dem Sikha-Hang fehlt, bekommt man erst anhand der dominierenden Verbreitung der Nepalischen Erle (*Alnus nepalensis*)¹¹¹ eine Vorstellung von der Ausdehnung der Rutschbereiche. *Alnus nepalensis* ist dafür ein zuverlässiger Indikator, da sie ausschließlich auf Rutschflächen steht. Nur selten ist hier eine (dann aber völlig verwitterte) offene Felsfläche zu sehen.

Besonders die zahlreichen kleinen aktiven Rutschungen wirken sich auf diese Weise positiv auf den Vegetationsbestand aus. Der eigentliche Abgang einer Rutschung ist zwar zunächst nichts Positives, insbesondere nicht für die Eigentümer oder die Bearbeiter der betroffenen Terrassen. Doch schon nach wenigen Jahren werden viele dieser Rutschflächen in die Landnutzung integriert. Sie bleiben kein Ödland inmitten der Kulturlandschaft, sondern

¹¹¹ *Alnus nepalensis* (nep. *uttis*; engl. *Himalayan Alder*).

werden für bestimmte Funktionen genutzt (vgl. Foto 40). Frische Rutschflächen werden rasch von den besonders schnellwüchsigen Nepalischen Erlen kolonisiert. DOBREMEZ (1976) fügt hinzu, daß die Besiedlung der Parzellen durch *Alnus nepalensis* so schnell vonstatten geht, daß das Alter der Bäume es gestatte, genau zu bestimmen, wann die Rutschungen oder die Rodungen stattgefunden haben. Dies stimmt nach meinen Erfahrungen aber nur in wenigen Fällen, wie aus den dendrochronologischen Untersuchungen hervorgeht (vgl. Kap. 2.4.1).

Die Standortansprüche der Nepalischen Erle sind, abgesehen vom hohen Lichtbedarf, eher bescheiden. Sie wächst entlang von Wasserläufen, v.a. aber auf Rutschungen und Schwemmfächern, und ist gut an nasse Standorte angepaßt. Die Erle ist ein ausgesprochener Pionierbaum und ein Nitratfixer im Boden. In den Dörfern wird die Nepalische Erle aktiv als Erosionsschutz in den Dörfern gepflanzt. Außerhalb der Siedlungen pflanzt sie sich selbst durch Stockausschlag fort. Sie wächst sehr schnell, solange sie noch jung ist, mehrere Meter pro Jahr, und liefert dann große Mengen Brennholz, die wichtigste Energiequelle in weiten Teilen Nepals. Es ist zwar nur von mäßiger Qualität, dafür aber viel billiger als das aller anderen vorhandenen Baumarten.¹¹² Mit spätestens 25 –30 Jahren wird sie gefällt und zu Bauholz verarbeitet, denn ältere Bäume sind knorrig und nicht mehr gerade gewachsen. Früher wurde auch gute Holzkohle aus dem Erlenholz gewonnen.

Von *Alnus nepalensis* bestandene Rutschungsflächen werden neben der Produktion von schnell nachwachsendem Brennholzvorrat auch als Weidegebiete genutzt. Auch in ihrer Funktion als Bausteinlieferanten (*dhunga khani* – Steinbrüche) sind sie sehr wertvoll. Mittel- oder langfristig werden Rutschungsflächen nach Möglichkeit rekultiviert und sind dann schon nach wenigen Jahren nicht mehr als Rutschungsgebiete auszumachen.

Seit einigen Jahren wird auch in der Region um das Sikha Valley in diesen natürlich entstandenen *Alnus nepalensis*-Wäldern der Große Kardamom (*Amomum subulatum*)¹¹³ als *cash crop* angebaut. Durch dieses agroforstliche System wird das degradierte Areal wieder aufgewertet (SCHMIDT-VOGT 1999b), wodurch die Rutschungen eine wichtige Funktion in der Kulturlandschaft übernehmen. SCHMIDT-VOGT (1999b) erläutert die Vorzüge des Kardamomanbaus im Schatten der Nepalischen Erlen (*Alnus nepalensis*) auf Rutschungen als erfolgreiches traditionelles agroforstliches System in Nepal. Dieser Anbau stammt aus der Region um Darjeeling und breitete sich dann in Ostnepal aus (ZOMER & MENKE 1993). So weit nach Westen (Sikha Valley) drang er erst vor wenigen Jahren vor.

¹¹² Die Magar im Sikha Valley sind heute so weit „hinduisiert“, daß sie ihre Toten verbrennen. Bei dem Holz, das bei der Feuerbestattung genutzt wird, handelt es sich statt um Sandelholz zunehmend um Holz von *Alnus nepalensis*. Jedoch wird gemäß der Hindutradition auch stets ein kleines Stück Sandelholz in den Scheiterhaufen gelegt. Beim Aufschichten des Scheiterhaufens werden alte Erlen besonders geschätzt, denn Holz von jungen Bäumen lodere nur kurz auf.

¹¹³ *Amomum subulatum* – nep.: alainchi.

8. Die Reaktion der Bergbauern auf Rutschungen

8.1 Traditionelles Umweltwissen der Bergbauern über Rutschungen

Mit der Auswahl eines Arbeitsgebietes in einer Region, in der sich die Folgen von Rutschungen besonders stark auf die Lebensweise und die Wirtschaftsform der Bevölkerung auswirken, erhält der Fragenkomplex „*human response*“ besondere Bedeutung. Das Sikha Valley ist seit mindestens zwei Jahrhunderten¹¹⁴, das Kali Gandaki Valley schon bedeutend länger¹¹⁵ besiedelt, so daß die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt bereits einige Zeit hatten um zu reifen.

Das reiche Wissen der Bergbauern über ihre Umwelt und über die dort drohenden Gefahren wird häufig nicht genügend berücksichtigt. In der Fachliteratur finden sich aber seit den frühen 1980er Jahren zunehmend Berichte über die Umweltkenntnisse der Bauern des nepalischen Berglandes. JOHNSON et al. (1982) sowie GURUNG (1989) haben sich z.B. mit dem Umweltwissen und mit der Wahrnehmung von Naturgefahren, vor allem von Rutschungen, durch die Bergbauern im Gebiet um Kakani-Kathmandu beschäftigt. Über die erstaunliche Fülle von Bezeichnungen der Bauern im Berglandgebiet von Gorkha für verschiedene Böden hat MÜLLER-BÖKER (1991) berichtet.

Als Beispiel für die Umweltkenntnis der Bauern im Sikha Valley sei hier die gemeinsame Betrachtung von Luftbildern¹¹⁶ mit Bergbauern in Tallo Sikha erwähnt. Dabei offenbarten nicht nur meine Stamminformanten, sondern auch andere Personen eine sehr genaue Kenntnis der Örtlichkeiten und topographischen Situationen im Tal, und das, obwohl sie nie zuvor ein Luftbild gesehen hatten, das ja eine Perspektive bietet, aus der sie bislang ihre Heimat nie hatten sehen können.

Der Umgang der Bergbauern mit Rutschungen muß im Zusammenhang mit anderen Landnutzungstechniken und Maßnahmen gesehen werden, denn auch solche Maßnahmen, die zum Schutz der Wälder und zur Pflege der Ackerterrassen getroffen werden, dienen direkt oder indirekt dem vorbeugenden Schutz vor Rutschungen. Meine Gespräche mit Bergbauern ergaben, daß diese hervorragend über die einzelnen Rutschungen in ihrer Umgebung Bescheid wissen, auch wenn sie darüber keine schriftlichen Aufzeichnungen besitzen.

¹¹⁴ vgl. KAWAKITA 1976, und Kap. 3.3.1.

¹¹⁵ SIMONS et al. (1996) berichten von Siedlungen bereits aus den vorchristlichen Jahrhunderten im oberen Kali Gandaki Valley.

¹¹⁶ Luftbilder im Maßstab von 1:50.000.

Für die Bergbauern sind Rutschungen nur in den seltensten Fällen unvorhersehbare Ereignisse. So können sie in der Regel sehr wohl einschätzen, wo Rutschungen am wahrscheinlichsten auftreten werden. Was sie oft nicht wissen können, ist aber, wann genau diese Rutschungen abgehen und welches Ausmaß sie erreichen werden. Beinahe jede Rutschung kündigt sich jedoch vorher an¹¹⁷. Angesichts der existenziellen Bedeutung, die diese potentiellen Rutschungen für die Bergbauern darstellen, sind diese natürlich sehr wachsam und beobachten alle Hinweise auf Hangbewegungen sehr genau. Nur bei Rutschungen, die durch Erdbeben ausgelöst werden, werden die Bauern überrascht und können nicht mehr angemessen reagieren. Schon die ständige Bereitschaft, potentielle Rutschungen zu verhindern bzw. auf aktive zu reagieren, bestimmt das Leben der Bergbauern grundlegend. Für den Umgang mit Rutschungen haben sie daher zahlreiche Strategien entwickelt (vgl. Kap. 8.3). Sie sorgen in erster Linie für eine geeignete Drainage der Hänge, so daß auch in der Monsunzeit das Wasser schnell aus dem gefährdeten Bereich abgeleitet werden kann. EHLERS (1996) spricht in diesem Zusammenhang von „*creative adjustment*“ der Bergbauern, die auf einer differenzierten, in praktische Verhaltensweisen transportierten Umweltwahrnehmung und -bewertung beruht.

8.2 Einfluß der Rutschungen auf Siedlungsanlage und -form

8.2.1 Anlage von Siedlungen im Hinblick auf die Gefährdung durch Rutschungen

Die Untersuchungen haben ergeben, daß im Arbeitsgebiet ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen der Standortwahl für die Anlage von Siedlungen und der Gefährdung durch Rutschungen in bestimmten topographischen Lagen besteht. Es fällt auf, daß ältere Dörfer im Sikha Valley auf sehr stabilem Untergrund errichtet worden sind. Rund um das Magardorf Khibang (2.060 m), die älteste Siedlung im Sikha Valley, sind z.B. überhaupt keine Rutschungen zu erkennen. Dabei wird dort laut KAWAKITA (1974) seit mindestens 200 Jahren intensive Landwirtschaft betrieben. Viele jüngere Siedlungen, z.B. Chitre, Phalate und Sikha Mulpani, sind dagegen des öfteren von Rutschungen betroffen. Bei eingehender Untersuchung wird deutlich, daß Khibang in einer in Bezug auf Rutschungen sehr sicheren Lage, und zwar inmitten eines fossilen Blockstroms, errichtet wurde (vgl. Kap. 7). Dem Ort kommt eine besondere Bedeutung für die Siedlungsgeschichte des Untersuchungsgebiets zu. Nachdem sich in Khibang erstmals gegen Ende des 19. Jahrhunderts ein Bevölkerungsüberschuß ein-gestellt hatte, wurde er zum Ausgangspunkt für

¹¹⁷ vgl. die Vorgeschichte der Tatopani-Rutschung (Kap. 6.2).

jede weitere Besiedlung des Sikha Valley (vgl. KAWAKITA 1974). Die Erforschung der Siedlungsgeschichte erwies sich aufgrund fehlender schriftlicher Aufzeichnungen als schwierig, sie hat jedoch für die Erfassung sicherer Ortslagen sehr große Bedeutung. Es ließ sich aber ermitteln, daß die Besiedlung, wie schon im wesentlichen von KAWAKITA (1974, p. 64) dargestellt wurde, in der Reihenfolge verlief, die aus Fig. 30 zu ersehen ist.

Während der Geländearbeiten konnte ermittelt werden, daß die Gemarkungen der jüngsten Gruppensiedlungen bzw. der Rodungsweiler im Sikha Valley auch am stärksten durch Rutschungen gefährdet sind. Der Grad der Bedrohung, das Risiko von Rutschungen in den einzelnen Siedlungen, entspricht der genannten Siedlungsabfolge. Er nimmt dabei stetig zu (siehe dazu Fallbeispiele wichtiger Rutschungsareale in Kap. 5.1.4). Meine Untersuchungen ergaben jedoch keinesfalls, daß in den jüngeren Ortschaften die Wirtschaftsweise der Bergbauern besonders unsachgemäß gewesen war oder ist. Ebenso wenig trifft es zu, daß die unmittelbare Umgebung der älteren Dörfer stärker geschützt, oder, daß für die Standortsicherheit schädliche Aktivitäten unterlassen worden sind. Vielmehr haben die Bergbauern offensichtlich bereits bei der Anlage der ersten Dörfer genau gewußt, und wissen es auch heute noch, welche Hanglagen und topographischen Situationen für die Errichtung von Siedlungen am sichersten sind. Mit fortschreitendem Bevölkerungszuwachs blieben jedoch für neue Ansiedlungen zunehmend nur noch unsichere Lagen übrig. Diese Aussage gilt selbstverständlich hauptsächlich für den Sikha-Hang, wo Rutschungen eine große Rolle spielen. Auf dem steilen Pauder-Hang dagegen liegt, abgesehen von dem alten Haufendorf Pauder, mit Swata nur eine einzige weitere nennenswerte Siedlung. Hier wären zukünftige Untersuchungen sicherlich lohnenswert.

KAWAKITA führte seine Studien in den Jahren 1963-64 durch und konstatierte damals ein schnelles Bevölkerungswachstum im Sikha Valley (vgl. Kap. 3.3.1). Meine Geländearbeiten (1997 – 1999) ergaben jedoch für die letzten etwa 10-20 Jahre eine Stagnation der Bevölkerungszahl. Dies wird durch die Erhebungen des Sikha-VDC-Büros für die Jahre 1990 – 1998 bestätigt (vgl. Kap. 3.3.1). Die obengenannte Siedlungsabfolge wird sich daher in naher Zukunft nicht mehr fortsetzen. Es läßt sich sogar feststellen, daß aus den peripheren Lagen zunehmend eine Abwanderung stattfindet,¹¹⁸ die interessanterweise in etwa der umgekehrten Reihenfolge der ursprünglichen Besiedlungsfolge entspricht. Die erwähnten Rutschungen dürften dabei sicherlich eine wichtige Rolle spielen.

¹¹⁸ Es ließ sich nicht ermitteln, wieviele Personen das Sikha Valley in den letzten Jahren verlassen haben. Als indirekter Beweis der Abwanderung mag das überproportional schnelle Wachstum der nahegelegenen Stadt Pokhara dienen, die das wichtigste Zuzugsziel der Magar aus dem Sikha Valley ist, wenn auch manchmal nur für einen Übergangszeitraum. Nach den vorläufigen Zensusdaten (2001) wuchs Pokhara von 95.288 Einwohner (1991) auf 159.104 Einwohner (2001), was einen Zuwachs von 66,97 % in diesen 10 Jahren bedeutet (www.citypopulation.de vom 25.2.2002).

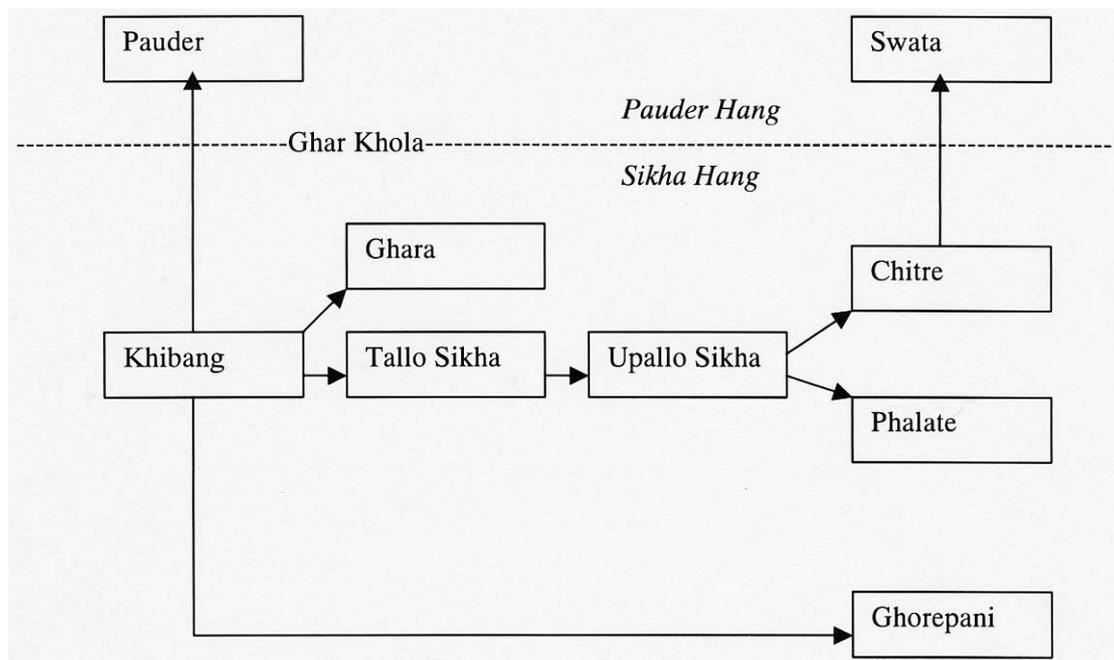


Fig. 30: Siedlungsabfolge im Sikha Valley.

Ergänzt nach KAWAKITA (1974, p. 64), Entwurf und Graphik: P. Ottinger.

8.2.2 Veränderung der Siedlungsform

Abgesehen von dem Einfluß, den Rutschungen auf die (ursprüngliche) Anlage der Dörfer im Sikha Valley hatten, führen sie heute in einigen Dörfern zu einer deutlichen Veränderung der traditionellen Siedlungsformen. Eine zunächst kompakte Siedlung (z.B. Sikha Mulpani oder Chitre), oder bei jüngeren Weilern eine Streusiedlung (z.B. Neu-Phalate), wandelt sich nach und nach in ein langgezogenes „Wegedorf“. Zwischen Sikha und Chitre liegt das größte Rutschareal im Sikha Valley (Phalate-Rutschungen – vgl. Kap. 5.1.4.3). An der Stelle heutiger Rutschungen wurde noch vor einigen Jahrzehnten auf Terrassen Regenfeldbau betrieben. Viele Häuser standen dort in Streulage über den Hang verteilt. Damals gab es noch kaum Trekkingtouristen im Sikha Valley und auch keine Lodge, so daß es keinen besonderen Vorteil bedeutete, ein Haus direkt am Weg zu besitzen. Seit der starken Zunahme des Trekkingtourismus, d.h. seit etwa 20 Jahren (KMTNC 1996), wurden Häuser, die durch Rutschungen zerstört worden waren, zwar wieder aufgebaut, aber nun nicht mehr in der Nähe ihrer ursprünglichen Plätze, sondern ausschließlich entlang des Hauptweges. So konnte der Ausfall in der Landwirtschaft durch Einnahmen aus dem Trekkingtourismus zumindest teilweise kompensiert werden. Manchmal wurde ein altes Haus abgebaut, bevor es zerstört werden konnte. In vielen Fällen aber ging alles verloren, und am Hauptweg entstand zunächst

nur eine Bretterbude, die als *tea shop* für Trekker diente. Noch vor rund 20 Jahren war z.B. das alte Chitre kein „Wegedorf“, sondern ein geschlossenes Haufendorf. Unterhalb von Chitre gab es in den letzten 20 Jahren vermutlich die deutlichsten durch Rutschungen entstandenen Landverluste im gesamten Sikha Valley (vgl. Kap. 5.1.4.3). Die Rutschungen schreiten gegenwärtig von unten, d.h. vom Ghar Khola aus, immer näher an Chitre heran. Die Häuser des Dorfes mußten und müssen allmählich 200-300 m hangaufwärts verlegt werden. Inzwischen säumen die neuerrichteten Häuser den ebenfalls nach oben verlegten Hauptweg. Ob diese neuen Lagen aber auch langfristig sicher bleiben, steht keinesfalls fest, solange die hangaufwärts gerichtete Ausweitung der Rutschungen anhält.

Oft stellte ich mir die Frage: Woher wußten die Bauern, welche topographischen Situationen geeignet für die Anlage von Dörfern waren? Sie mußten lange, auf genauer Beobachtung basierende Erfahrung und Umweltwissen über das betreffende Gebiet gesammelt haben. Bevor ein Dorf angelegt wurde, hatten die Bauern in dem betreffenden Gebiet sicher schon häufig gejagt, Holz gesammelt, Bäume gefällt usw. Sie kannten also auch die lokalen Gefahren des zu erschließenden Gebietes. Außerdem brachten sie entsprechende Erfahrungen aus ihren ursprünglichen Siedlungsgebieten mit. Sehr wichtig bei der Anlage von Siedlungen und Terrassen, v.a. von Naßreisterrassen (*khet*-Land), waren und sind ein sicherer Zugang zu Wasservorkommen sowie eine sichere Zu- und Ableitung von Wasser. Dabei müssen die Bauern auf die Veränderung des Hanggleichgewichtes achten und es, wenn nötig, durch terrassenbauliche Maßnahmen ausbalancieren.

8.3 Traditionelle Strategien im Umgang mit Rutschungen

Schon den im Kapitel 8.2 beschriebenen Überlegungen der Bergbauern bei der ursprünglichen Anlage von Siedlungen und größeren Terrassenkomplexen mußten Überlegungen zur Vermeidung von Rutschungsrisiken vorausgehen, so daß auch diese strenggenommen zu den traditionellen Strategien im Umgang mit Rutschungen (*coping strategies*) gerechnet werden müssen. Die Bergbauern verhalten sich nicht passiv, sondern tragen aktiv zur Gestaltung ihrer Umwelt bei. Das geht so weit, das sie im Extremfall Rutschungen absichtlich auslösen, wie es GURUNG (1989) von Newar aus dem Kathmandu Valley berichtet (vgl. Kap. 7.2).

Um die Zahl und das Ausmaß von Rutschungen zu verringern, wurden aber seit jeher auch konkrete Maßnahmen getroffen. Meines Erachtens muß man vorbeugende Maßnahmen, die flächendeckend bzw. verstärkt an als gefährdet bekannten Stellen getroffen werden, von Maßnahmen unterscheiden, die getroffen werden, wenn eine Rutschung sich nicht (mehr) vermeiden läßt, oder nachdem eine Rutschung bereits erfolgt ist.

8.3.1 Vorbeugende Maßnahmen

Zur Pflege von Ackerterrassen, die die Erosion und damit auch das Entstehen von Rutschungen verhindern soll, gehört besonders die Pflege der Terrassenränder. Die Erosion von Ackerterrassen setzt gewöhnlich an den Terrassenrändern an. Um diese zu schützen, läßt man dort häufig Gras wachsen. Im Arbeitsgebiet (v.a. im Bereich der Talböden, z.B. entlang des Kali Gandaki und des Burungdi Khola) werden beim Naßreisterrassenanbau (*khet*-Land) auch Sojabohnen an den Terrassenrändern angebaut. Hierbei handelt es sich um eine Form des in der Region immer häufiger anzutreffenden „kombinierten Anbaus“. Es werden aber auf Privatland auch zunehmend Futterbäume gepflanzt (vgl. SCHMIDT-VOGT 1993, KOLLMAIER 1999).

Weideverbote und Umzäunung gefährdeter oder potentiell gefährdeter Flächen, sowie zum Erosionsschutz aufgeforsteter Flächen, werden im Sikha Valley als *community*-Maßnahme unternommen. Am effektivsten als Umzäunung, allerdings auch am aufwendigsten, sind Steinmüerchen (Trockenmauerwerk). So errichtete stabile Müerchen halten auch den schweren Wasserbüffeln stand. Stacheldraht wird ebenfalls verwendet, ist aber leichter zu zerstören. Nach erfolgreich durchgeführten Maßnahmen ist ein effektives lokales Kontrollsystem zu installieren. Allerdings ergaben Befragung z.B., daß dafür im Sikha Valley zuständige Personen ihre meiste Zeit in dem zwei Tagesmärsche entfernten Pokhara verbringen. Die Einhaltung der Weideverbote ist nicht immer gewährleistet. In abgelegenen, vor Blicken der anderen „versteckten“ Talbereichen ist eine Kontrolle erschwert. Darüberhinaus fungieren oft Kinder als Hirten.

Um eine zu starke Zerstörung der Wege durch Lasttiere (vgl. Kap. 5.2.3.2) zu vermeiden, die zu Rutschungen führen kann, werden manche Wege bzw. einzelne Wegabschnitte zeitweilig für Maultierkarawanen gesperrt, und die Lasttiere müssen wechselnde Routen benutzen. Der Weg muß im Fall einer Rutschung neu angelegt werden, was sehr arbeitsintensiv ist und darüber hinaus zu Problemen mit den jeweiligen Grundbesitzern führen kann. In der Monsunzeit sind keine Maultierkarawanen im Sikha Valley unterwegs,¹¹⁹ u.a. weil dann alle Wege im Tal stark aufgeweicht sind. Die Saumtiere weiden deshalb von Anfang Juni bis Mitte September auf oberhalb der Nebelwaldstufe, d.h. auf über 3.000 m hoch gelegenen Weideflächen, den *kharkas*.

Die Höhenwälder werden nach Möglichkeit geschont. In den dicht besiedelten Bereichen des Sikha Valleys sind die Wälder inzwischen bis auf wenige Restbestände verschwunden. Die

¹¹⁹ Nur im Kali Gandaki Valley ziehen auch in der Monsunzeit Maultierkarawanen entlang, wenn auch weniger als sonst. Die westlichen Touristen bleiben zu dieser Zeit zwar aus, und damit muß ihre Verpflegung in der Monsunzeit nicht herantransportiert werden. Dagegen wandern dann viele einheimische oder indische Pilger zum „Heiligtum“ nach Muktinath. Jenseits der Himalaya-Hauptkette, am obersten Kali Gandaki also (Thakkhola), ist der Monsuneinfluß ohnehin kaum spürbar, weshalb die Maultierkarawanen dort keine Schäden verursachen.

einzigsten dort noch bestehenden großen Waldflächen sind monokulturartige *Alnus Nepalensis*-Bestände (vgl. Foto 39). Diese Bestände werden zwar vielfältig genutzt (vgl. Kap. 7.3), sie liefern jedoch kein hochwertiges Bauholz. Dieses können nur noch die Höhenwälder liefern. Ein Holzeinschlag dort würde aber grundsätzlich das Rutschungsrisiko im darunterliegenden Hauptsiedlungsbereichen deutlich steigern. Um diesem Risiko vorzubeugen, darf in diesen Höhenwäldern heute kein Holz geschlagen und aus dem Sikha Valley kein Bauholz mehr ausgeführt werden. Die deshalb notwendige Holzeinfuhr ins Tal ist dagegen erlaubt. Da das Bauholz im Sikha Valley vergleichsweise teuer ist und seine Entnahme streng kontrolliert wird, wird hochwertiges Bauholz (v.a. *Abies spp.* und *Tsuga dumosa*) aus der südlich angrenzenden Histan-VDC herangeschafft, wo es in der Poon Hill-Region noch reichlich Höhenwälder gibt (bis knapp über 3.200 m). Dort ist Bauholz noch preiswert zu erhalten. Das Holzbeschaffungsproblem wird damit allerdings nur verlagert und erhöht das Rutschungsrisiko in der Poon Hill-Region. Dieses Gebiet liegt bereits außerhalb des ACAP-Schutzgebietes, und die lokalen Kontrollen sind dort offenbar nicht restriktiv genug. Die Verarbeitung von Bauholz gehört andererseits zu den berechtigten Bedürfnissen der Bergbauern, und gegenwärtig gibt es im Sikha Valley kein alternatives Baumaterial. Diese Situation wird sich in absehbarer Zeit auch nicht ändern.

Im Sikha Valley wird neuerdings versucht, kleinere tiefeingeschnittene Gullies durch *Check dams* (Wildbachverbauungen) zu entschärfen. Diese werden aus einfachen Gabion-Konstruktionen errichtet, z.B. bei der Schule in Sikha Mulpani, die direkt am Ausgang eines Gully liegt (vgl. Foto 11 und 12).

8.3.2 Schadensbegrenzung bei unvermeidbaren bzw. nach bereits abgegangenen Rutschungen

Eine traditionelle, einfache, jedoch erfolgreiche Strategie, den *impact* der durch Rutschungen oder auch durch Überflutungen entstandenen Verluste an Ackerland zu begrenzen, ist es, die Besitzsplitterung innerhalb der einzelnen Betriebe zu fördern, denn bei einer Streuung der Anbauflächen werden im Falle von Rutschungen nicht alle Flächen eines Betriebes auf einmal zerstört (*risk sharing*). Die einzelnen Bergbauernhaushalte besitzen durchweg zahlreiche Felder (*plots*), die oft weit zerstreut voneinander liegen. Es handelt sich hier um eine selbstentwickelte Strategie, mit deren Hilfe Schäden durch Rutschungen bzw. Überflutungen minimiert werden können. Aus demselben Grund ist es übrigens bei einer Unterbrechung der Wasserversorgung wichtig, daß ein Bauer nicht nur *khet*-, sondern auch *bari*-Terrassen besitzt, denn eine solche Risikostreuung ist auch im Falle weit überdurchschnittlicher oder – seltener – ausbleibender Niederschläge von Vorteil. Die Verteilung der einzelnen Felder einer Familie auf verschiedene Lokalitäten mit

unterschiedlichem Risiko von Rutschungen ist im nepali-schen Bergland weit verbreitet (vgl. auch METZ 1989, p. 123). Der an sich schon bescheidene Besitz, meist unter 1 ha / Haushalt, wird infolge einer derartigen Realteilung in noch kleinere Parzellen aufgesplittert. Teilweise wird diese Besitzsplitterung zwar allein durch die schwierige Topographie erzwungen, es stehen aber auch rationelle Überlegungen dahinter. Die Besitzsplitterung erlaubt nämlich eine Differenzierung des Spektrums der angebauten Feldfrüchte. Dadurch können in dieser Landschaft mit großen Höhenunterschieden mehrere Höhenstufen auf kurzer horizontaler Distanz mit ihren verschiedenen klimatischen Bedingungen (für verschiedene Ansprüche verschiedener Pflanzen) berücksichtigt werden.

Helfen andere Maßnahmen nicht, bleibt als einziger Ausweg die Abwanderung, bzw. eine vorübergehende Flucht aus den von Rutschungen gefährdeten Bereichen. Hierbei stellt sich jedoch das Problem der mangelnden Alternativen. Im Falle der Rutschung von Baiseri am Kali Gandaki (vgl. Foto 41 und 42) habe ich diese Problematik über zwei Jahre hinweg verfolgt. Dort hatten die Bewohner bei den ersten Anzeichen eines Felssturzes, der sich schon wochenlang vorher durch wiederholten Steinschlag angekündigt hatte, zunächst das Dorf verlassen. So war dort niemand anwesend, als am 22.11.1997 ein größerer Felssturz von einer Steilwand ins Dorf fiel und einige Häuser zerstörte. Kurz darauf kehrten sie zurück, hatten sich aber vorgenommen, für die gesamte kommende Monsunzeit das Dorf zu verlassen. Das ist jedoch nur zwei Familien gelungen. Die meisten fanden keine andere Möglichkeit, für mehrere Monate unterzukommen. Die Stelle der vorjährigen Rutschung wurde aber von hierfür abgestellten Personen dauernd beobachtet. Da es in der Monsunzeit des Jahres 1998 zu keinen weiteren Hangbewegungen kam, wurde eine Abwanderung nicht mehr für notwendig gehalten.

Über eine ähnliche Situation berichtete mir Mr. Mustangi aus Tallo Sikha, der Pächter einer Lodge direkt am Rand des Tallo Sikha Kliffs gelegen¹²⁰ (vgl. Kap. 5.1.4.1). Mr. Mustangi sagte, daß er, wenn es in der Monsunzeit einen schweren Regen gibt, in der Nacht nicht schläft. Er geht dann mehrmals mit der Taschenlampe hinaus und schaut sich das Kliff hinter seinem Haus an. Dort ist ein großer harter Quarzitblock in der weichen Phyllitmasse plaziert. Er hat dort kleine Markierungen angebracht. Wenn er sieht, daß sich dieser Block nicht bewegt, geht er halbwegs beruhigt wieder zurück ins Haus. Auch wenn der Phyllit ringsherum schmiert und nachrutscht, beunruhigt ihn das noch nicht sonderlich, da dies bei jedem Regen passiert. Erst, wenn der Block in Bewegung geraten würde, würde er das Haus verlassen. Es sei in ganz Sikha üblich, daß in jedem Haushalt eine Person die Lage in der Nacht, bei Bedarf, in ähnlicher Weise überprüft. Das ist ein hervorragendes Beispiel für ein lokales Monitoring System.

¹²⁰ Er findet kein Grundstück für den Bau eines Hauses in Sikha, weil er aus Thimi kommt. Freiwerdende Grundstücke und Häuser dürfen in Sikha aber nur innerhalb der Familie verkauft oder vererbt werden. Auch entfernte Verwandte müssen gefragt werden. Damit ist ein Grunderwerb durch Außenstehende beinahe unmöglich.

Die Bergbauern könnten weitere Schutzmaßnahmen gegen Rutschungen durchführen, würden sie nur seitens der zuständigen Behörden eine finanzielle Unterstützung erhalten. Das ist aber eher eine theoretische Möglichkeit. In Schadensfällen denken die Bauern gewöhnlich nicht daran, diese den entsprechenden Regierungsstellen zu melden, weil sie wissen, daß dies nichts bewirkt, selbst wenn sich diese Stellen tatsächlich für zuständig erklären. Es gibt zwar beim nepalischen Innenministerium ein *Department for Natural Disasters*, jedoch keine funktionierenden Abteilungen auf Distriktebene, zumindest nicht in der Region, in der das Untersuchungsgebiet liegt. Auch das Beispiel der Tatopani-Rutschung (vgl. Kap. 6) zeigt ein erstaunliches Desinteresse und Untätigkeit seitens der Behörden. Hilfe kommt höchstens von Politikern, die selbst aus der betroffenen Region stammen. Die Nichtregierungsorganisationen, die NGOs, spielen, bis auf eine lokale Hilfsorganisation der Gurkhasoldaten – das *Gurkha Welfare Scheme* – kaum eine Rolle. Diese Organisation der Gurkha-Soldaten und Offiziere ist eine eigenständige Institution, die sich sehr erfolgreich mit Errichtung von Hängebrücken, Fußpfaden, Wasserleitungen u.ä. beschäftigt. Ihr vertrauen die Einheimischen weit mehr als der Regierung, von der sie Hilfe gar nicht erst erwarten.

Eine Maßnahme nach bereits abgegangener Rutschung stellt der teilweise Wiederaufbau von Bagarchap im Marsyangdi Valley dar. Dort war es im November 1995 zu einer katastrophalen Rutschung (*debris flow*) gekommen, die 20 Todesopfer, 11 Nepalis und 9 Trekkingtouristen, gefordert hat. Von 35 Häusern im Dorf wurden 18 zerstört. Bereits im März 1997 (Foto 48) wurden die ersten wiederaufgebauten Lodges rechtzeitig zur Frühjahrstrekkingssaison fertig-gestellt, und zwar genau inmitten des Murgangs (*debris flows*). Das ist umso verwunderlicher, als an der gleichen Stelle bereits zum dritten Mal eine solche Rutschung stattgefunden hat (nach 1944 und 1970). Bei einem Wiederholungsintervall von nur 25 Jahren müßten sich die älteren Bewohner noch gut an das vorangegangene Ereignis erinnern können. Daraus läßt sich schließen, daß die Risikoakzeptanz der Bevölkerung in diesem Falle sehr hoch zu sein scheint. Ungeachtet des sonst vernünftigen Umgangs der Bergbauern mit Rutschungen, wird hier dieses Verhalten als irrational bewertet. Die Bereitschaft, trotz eines hohen Kenntnis-stands über das Risiko und über die Gefahren gefährdete Flächen wieder zu bebauen, bedarf einer Erklärung. Hier wird offensichtlich auf kurzfristige Gewinne spekuliert, die so hoch sind, daß ein etwaiger Verlust nach mehreren Jahren durchaus einkalkuliert werden kann. Das bewußte Inkaufnehmen von Risiken um des wirtschaftlichen Vorteils willen ist seit längerem auch aus dem Alpenraum bekannt. Dort wurden häufig Chalets für den Skitourismus in lawinen- und murengefährdeten Bereichen errichtet. Wenn dann eine Mure nach vielen Jahren die Gebäude zerstört, so ist das für den Eigentümer finanziell noch immer kein Verlust.

9. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

In der vorliegenden Studie wird, von einem geowissenschaftlichen Ansatz ausgehend, die bedeutende Rolle der Rutschungen für die bergbäuerliche Bevölkerung und für die Landschaftsausprägung im nepalischen Himalaya und speziell im Arbeitsgebiet aufgezeigt. Nepal gehört zu den Ländern, in denen die Rutschungen die erste Stelle unter den Naturgefahren einnehmen. Am Beispiel des Sikha Valley, eines östlichen Seitentales des oberen Kali Gandaki Valley, im Bergland Zentralnepals im südwestlichen Annapurna-Massiv gelegen, wird dies detailliert diskutiert. Es wird hier eine differenzierte Sicht auf Rutschungen vorgestellt, in der Rutschungen als ein integraler Bestandteil der Kulturlandschaft angesehen werden. Die Untersuchungen haben nämlich ergeben, daß Rutschungsflächen weder einen Totalverlust für die Landwirtschaft darstellen, noch einfach nur Ödland sind, sondern daß sie vielseitig in die Landnutzung einbezogen werden.

Die Ursachen der Rutschungen im Sikha Valley und seiner Umgebung wurden eingehend analysiert. Da die Geologie entscheidende Aspekte zur Entschlüsselung der Ursachen von Rutschungen liefert, wurde dem geologischen Hintergrund viel Raum gewidmet. Die geologischen Faktoren, wie die Art des Hangmaterials, dessen Lagerungsverhältnisse sowie die Tektonik, sind in einer jungen und dynamischen Gebirgsregion die wichtigsten. Als weitere Ursache kommen die sehr hohen Niederschläge hinzu, die hauptsächlich in der Monsunzeit und oft als Starkregenereignisse auftreten. Die naturräumliche Ausstattung des Gebietes begünstigt daher das häufige Abgehen von Rutschungen.

Es stellte sich letztlich heraus, daß die meisten Rutschungen im Untersuchungsgebiet natürliche Ursachen haben. Trotz des nur spärlich vorhandenen Datenmaterials zur Entwicklung der Bevölkerungszahlen und der nur wenig erforschten Siedlungsgeschichte ließ sich ermitteln, daß der anthropogene Anteil an den Ursachen der Rutschungen geringer ist als zunächst angenommen. Die oben genannten Faktoren haben eine beeindruckende Landschaft geschaffen, die den Bergbauern dieser Gegend ein Höchstmaß an Terrassenbaukunst abverlangten. Sie haben seit Jahrhunderten durch sorgfältige Terrassierung auch steiler Hänge ihren Lebensunterhalt gesichert. Durch unsachgemäße Landnutzung können die Bergbauern lokal das Abgehen von Rutschungen zwar beschleunigen, doch das trifft in der Regel nur für kleinere, flache Rutschungen zu; diese Vorgänge werden jedoch gemeinhin zur Bodenerosion gerechnet.

Rutschungen lassen sich bislang direkt noch nicht verläßlich datieren. Das ist nur indirekt möglich. Es liegen auch nicht genug Befunde vor, um sichere Angaben zur allgemeinen Entwicklungstendenz der Rutschungsaktivität im Arbeitsgebiet zu machen, und auch der hier

erfaßte Zeitraum von etwa zwanzig Jahren ist für verlässliche Aussagen zu Tendenzen zu kurz. Aufgrund der Ergebnisse der eineinhalbjährigen Geländearbeiten (1997-1999), der Interviews und der Auswertung von Luftbildaufnahmen konnten aber die Hangbewegungen, die in den letzten zwei Jahrzehnten im Sikha Valley und seiner näheren Umgebung erfolgt sind, qualitativ erfaßt werden. Auch der Luftbildvergleich läßt keine eindeutige Aussage darüber zu, ob die Rutschungsaktivität insgesamt im Sikha Valley zunimmt oder nicht, denn die Rutschungs-areale sind durchweg bewachsen, und das geschlossene Kronendach verhindert eine klare Abgrenzung der betroffenen Flächen. Sicher ist, daß ausgedehnte, von vielen Gullies durch-zogene Rutschareale, die am Ghar Khola ihren Ursprung haben, sich weiter hang-aufwärts entwickeln und sich dabei auch seitlich verbreitern. Besonders der Rutschbereich zwischen den Siedlungen Chitre, Phalate und Sikha Mulpani, die sogenannten „Phalate-Rutschungen“ (1,9 km²) dehnt sich unaufhaltsam aus. Höchstwahrscheinlich ist dieses gesamte rutschungs-aktive Areal bis in die jüngere Vergangenheit hinein ackerbaulich genutzt worden, denn vielerorts sind dort noch alte Terrassenreste erkennbar. Durch die Rutschungen wird langfristig ein sehr großes Anbauareal für die Landwirtschaft verloren gehen.

Die Auswirkungen der Rutschungen auf die Umwelt werden ausführlich vorgestellt. Sie sind sehr weitreichend, können jedoch nicht als „katastrophal“ im Sinne der Ausführungen in Kap. 1.2.1 bezeichnet werden. Die negativen Folgen von Rutschungen wie Landverluste, Zerstörung der Infrastruktur, und Todesopfer überwiegen zwar bei weitem. Die vorliegende Studie stellt jedoch heraus, daß es auch positive Folgen dieser Hangbewegungen gibt, ein in der Fachliteratur bisher unterrepräsentierter Aspekt. Diese sollten jedoch nicht vernachlässigt werden. Indem es durch Rutschungen zu Geländeverflachungen kam, wurde eine Besiedlung und ackerbauliche Nutzung im Arbeitsgebiet erst ermöglicht. Da ausgedehnte Rutschareale, auch solche, die gegenwärtig aktiv sind, von vielfach nutzbaren *Alnus nepalensis*-Wäldern bestanden sind, wird der Druck auf die wertvolleren Höhenwälder abgemildert. Die Rutschflächen liefern zudem große Mengen Brennholz, das für die Bevölkerung in weiten Teilen Nepals noch immer die wichtigste Energiequelle darstellt. Rutschungsflächen können außerdem Weidegebiete sein und geeignete Bausteine liefern. Zur Ruhe gekommenes Rutschmaterial bildet dank seiner günstigen Wasserspeichereigenschaften die besten Böden u.a. für den Reisanbau (edaphische Gunstlagen). Langfristig bringen Rutschungen frische Nährstoffe auf die Ackerflächen und „düngen“ diese. Das ist bei dem in Nepal allgemein bestehenden Mangel an Natur- und Kunstdünger höchst wertvoll.

Es ist schwierig, gegenwärtig einen Trend bezüglich der Umweltdegradation im Sikha Valley festzustellen. Langfristig gesehen verschlechtert sich zwar auch im Sikha Valley die Lage hinsichtlich der Qualität des landwirtschaftlich produktiven Bodens. Diese Qualitätsminderung ist jedoch ein sehr langsamer Prozeß, der für die Bewohner nicht unmittelbar existenzbedrohend ist. Sie sind mehrheitlich Magar, für die sich, im Unterschied zu den Chetri, im und außerhalb des Sikha Valley zunehmend alternative Verdienstmöglichkeiten

neben der Landwirtschaft eröffnen, vor allem der Dienst als Gurkhasoldaten in der britischen bzw. der indischen Armee und der Trekkingtourismus.¹²¹ Die genannten Verdienstmöglichkeiten bewegen gegenwärtig einen nicht unbeträchtlichen Teil der Bevölkerung des Tales zur Abwanderung in die schnell wachsenden Städte Beni, Baglung, Pokhara oder gar nach Kathmandu bzw. ins Terai. In höheren Bereichen des Sikha Valley, d.h. über 2.500 m, werden viele Ackerflächen deshalb heute ohnehin nicht mehr bewirtschaftet. Dadurch wiederum wird der Druck auf die Naturressourcen, Wald und Boden, abgefedert, was sich auch sonst vielerorts im nepalischen Bergland beobachten läßt.

Der Umgang mit den so stark präsenten Rutschungen weist also nicht auf eine Krisensituation, sondern auf eine alltägliche „Normalsituation“ für die Bergbauern hin, mit der sie gelernt haben zu leben. Im Laufe der Zeit haben sich die Bergbauern bemerkenswert gut an die sich ändernde Umwelt angepaßt. Sie haben zudem zahlreiche Maßnahmen entwickelt, um die Rutschungen einzudämmen. Ungelöst ist jedoch noch das Problem der unkontrollierten Beweidung durch freilaufendes Vieh. Allerdings zeigt die neuerliche Umzäunung einiger höhergelegener Areale dort bereits positive Wirkung, wo diese Umzäunung auch eingehalten wird. Möglicherweise läßt sich in den genannten Rutschbereichen die Rutschungsaktivität mittelfristig auch mit Hilfe kostengünstiger biotechnischer Maßnahmen eindämmen. Die Rutschungen würden dann die darunter liegenden Ortschaften im Hauptsiedlungsgebiet des Sikha Valley vorerst nicht mehr gefährden.

Die Arbeiten im Sikha Valley haben ergeben, daß dort die landwirtschaftliche Nutzfläche gegenwärtig insgesamt langsam, aber stetig abnimmt. Jedes Jahr gehen Terrassenflächen durch eine langsame Ausdehnung der schon länger aktiven Rutschungen oder, seltener, durch Initialrutschungen verloren. Ihre Rekultivierung wird zwar an vielen erfolgsversprechenden Stellen von den Bergbauern in Eigenregie betrieben, kann jedoch die entstandenen Flächenverluste nur zu einem kleinen Teil wettmachen. Mit einer Rekultivierung kann, je nach Größe des Schadens, oft erst nach einigen Jahren oder gar Jahrzehnten begonnen werden. Darüber hinaus haben diese Terrassen selbst dann ihre ursprüngliche Qualität oft noch nicht wiedererlangt und können deshalb nur noch im Regenfeldbau und nicht mehr als Bewässerungsland genutzt werden.

Die topographische Lage der Hauptdörfer im Arbeitsgebiet scheint noch immer überwiegend sicher zu sein. Allerdings werden jüngere Einzelgehöfte in Streulage immer wieder bedroht und auch zerstört. Die Dörfer werden daher im Gefolge der Hangbewegungen auch weiterhin ihre Gestalt verändern. Häuser, die verstreut am Hang standen, werden bei unmittelbar drohender Rutschungsgefahr von den Bergbauern zerlegt und an einer als sicher angenommenen Stelle wieder aufgebaut, meist an einem der Trekkingwege. Eine Streusiedlung verwandelt sich dadurch nach und nach in eine Reihensiedlung – ein „Wegedorf“.

¹²¹ Dies gilt genauso für die Gurung aus den östlichen Nachbartälern.

Die Rutschungen im Sikha Valley sind trotz ihres Ausmaßes für nepalische Verhältnisse nicht spektakulär, da sie vorrangig auf verhältnismäßig schwach geneigten Schichtflächenhängen auftreten und größtenteils bewachsen und nur aus der Nähe zu erkennen sind. Sie gehören in die Kategorie der *low-magnitude / high-frequency* Ereignisse. Nur die weit größere Tatopani-Rutschung bildet hier als ein *high-magnitude / low-frequency* Ereignis mit einer Höhe von 540 m eine Ausnahme. Die Tatopani-Rutschung ging im September 1998 ab (in einem El-Niño- / La-Niña-Jahr), während der Geländearbeiten im Arbeitsgebiet, und wurde im Rahmen dieser Untersuchung zu einer Fallstudie einer besonders spektakulären Rutschung (Kap. 6).

LITERATURVERZEICHNIS

- ABELE, G. (1974): Bergstürze in den Alpen: ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen; in: *Wissenschaftliche Alpenvereinshefte*, H. 25, München.
- ABELE, G. (1994a): Large Rockslides: Their causes and movement on internal sliding planes; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 14, No. 4, pp. 315-320.
- ABELE, G. (1994b): Felsgleitungen im Hochgebirge und ihr Gefahrenpotential; in: *Geographische Rundschau* 46, H. 7-8, pp. 414-420.
- ADB (Asian Development Bank, 1997): Asian Development Outlook; Manila.
- ADHIKARI, J. (1996): The Beginnings of Agrarian Change. A Case Study in Central Nepal; TM Publication, Kathmandu, pp. 371.
- ADHIKARI, J. & BOHLE, H.-G. (1999): Food Crisis in Nepal. How Mountain Farmers Cope; Adroit Publishers, Delhi; pp. 204.
- ALFORD, D. (1992): Hydrological Aspects of the Himalayan Region; in: ICIMOD, Occasional Paper No. 18; Kathmandu, pp. 68.
- ALLAN, N.J. (1991): From autarky to dependency: society and habitat relations in the South Asian mountain rimland; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 11, No. 1, pp. 65-74.
- ALTHERR, R. (2001a): Dünnschliffanalysen von Gesteinsproben (Phyllit, Grünschiefer) aus dem Sikha Valley, Zentralhimalaya, Nepal; Mineralogisches Institut, Universität Heidelberg; (unveröff.).
- ALTHERR, R. (2001b): Röntgenuntersuchung zur Talkbestimmung im Phyllit aus dem Sikha Valley, Zentralhimalaya, Nepal; Mineralogisches Institut, Universität Heidelberg, (unveröff.).
- AUDEN, J. (1935): Traverses in the Himalayas; in: Geological Survey of India, Rec. 69, pp. 123-167.

- AUGUSTINUS, P.C. (1996): Rock mass strength and the stability of some glacial valley slopes; in: *Zeitschrift für Geomorphologie* (40)(1), pp. 55-68.
- BAADE, J. & MÄUSBACHER, R. (2000): Environmental Change and Settlement History – Preliminary Results from the Muktinath Valley, Inner Himalayas, Nepal; in: *Marburger Geographische Schriften*, 135, pp. 40-52.
- BALLANTYNE, C.K. & BENN, D.I. (1994): Paraglacial Slope Adjustment and Resedimentation Following Recent Glacier Retreat, Fåbergstølsdalen, Norway; in: *Arctic and Alpine Research*, Vol. 26., No. 3, pp. 255-269.
- BANSKOTA, M. & KARKI, A.S. (eds.) (1994): Sustainable Development of Fragile Mountain Areas of Asia; ICIMOD, Kathmandu, pp. 56.
- BANSKOTA, M. & KARKI, A.S. (eds.) (1998): Mountains 2000 and Beyond; Int. Conference on Sustainable Development of the Hindu Kush Himalayan Region, Wildbad Kreuth, Germany 22-24 June.
- BECKER, A. & BUGMANN, H. (eds.) (2001): Global Change and Mountain Regions. The Mountain Research Initiative; International Geosphere-Biosphere Programm (IGBP) Report 49, IGBP Secretariat, Royal Swedish Academy of Science, Stockholm, pp. 86.
- BERNER, U. & DELISLE, G. & STREIF, H. (1995): Klimaänderungen in geologischer Zeit; in: *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, Bd. 41, H. 2, pp. 69-82.
- BERTOLANI, L., BOLLASINA, M., VERZA, G.P. & TARTARI, G. (2000a): Pyramid Meteorological Station. Summary Report 1994-1998; Ev-K²-CNR Committee, Milan, Italy, pp. 77.
- BERTOLANI, L., BOLLASINA, M. & TARTARI, G. (2000b): Recent biennial variability of meteorological features in the Eastern Himalayas; in: *Geophysical Research Letters*, Vol. 15, pp. 2185-2188.
- BERZ, G. (1998): Das wachsende Naturkatastrophen-Risiko an der Schwelle zum 21. Jahrhundert; in: *Journal der Heidelberger Geographischen Gesellschaft*, Nr. 13, pp. 57-73.
- BISHOP, B.C. (1990): Karnali under Stress. Livelihood Strategies and Seasonal Rhythms in a Changing Nepal Himalaya; University of Chicago, *Geography Research Paper* nos. 228-229; pp. 460.

- BISTA, D.B. (1991): Fatalism and Development. Nepal's Struggle for Modernisation; Orient Longman, Calcutta, pp. 187.
- BISTA, D.B. (1996): People of Nepal; 6. Aufl., Department of Publicity, Kathmandu.
- BLAIKIE, P. & BROOKFIELD, H. (1987): Land degradation and society; Methuen, London.
- BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. & WISNER, B. (1994): At Risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters; Routledge, London, pp. 284.
- BOHLE, H.-G. (1992): Hungerkrisen und Ernährungssicherung; in: *Geographische Rundschau*, Nr. 44, H. 2, pp. 78-87.
- BOHLE, H.-G. (ed.) (1993): Worlds of Pain and Hunger: Geographical Perspectives on Disaster Vulnerability and Food Security; Freiburger Studien zur Geographischen Entwicklungsforschung, Bd. 5, Breitenbach, Saarbrücken.
- BOHLE, H.-G. (1994): Dürrekatastrophen und Hungerkrisen. Sozialwissenschaftliche Perspektiven geographischer Risikoforschung; in: *Geographische Rundschau*, Nr. 46, H. 7-8, pp. 400-407.
- BOHLE, H.-G. (1997): Strategien zum Überleben bei nepalesischen Bergbauern. Marktwirtschaft löst Tauschhandel ab; in: *Forschung – Mitteilungen der DFG 4/97*, pp. 4-8.
- BOHLE, H.-G. (2001): Neue Ansätze der geographischen Risikoforschung. Ein Analyse-rahmen zur Bestimmung nachhaltiger Lebenssicherung von Armutgruppen; in: *Die Erde*, 132, pp. 119-140.
- BOHLE, H.-G. & ADHIKARI, J. (1998): Rural Livelihoods at Risk: How Nepalese Farmers Cope with Food Insecurity; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 18, No. 4, pp. 321-332.
- BOHLE, H.-G., DOWNING, T.E., FIELD, J.O. & IBRAHIM, F.N. (eds.) (1993): Coping with Vulnerability and Criticality. Case Studies on Food-Insecure People and Places; Freiburger Studien zur Geographischen Entwicklungsforschung, Bd. 1, Breitenbach, Saarbrücken, pp. 376.
- BRABB, E.E. & HARROD, B.L. (eds.) (1989): Landslides: Extent and Economic Significance; A.A.Balkema, Rotterdam.

- BÄRUNG, A. (2000): Ecological Division of Forest Regions of Eastern Tibet by Use of Dendrochronological Analyses; in: MIEHE, G. & ZHANG YILI (eds.): Environmental Changes in High Asia. Proceedings; Marburg / Lahn, pp. 111-127.
- BRAUNS, T. & SCHOLZ, U. (1997): Shifting Cultivation – Krebs Schaden aller Tropenwälder? in: *Geographische Rundschau*, No. 49, H. 1, pp. 4-10.
- BROILI, L. (1967): New knowledges on the geomorphology of the Vaiont slide slip surfaces; in: *Felsmech. Ingenieurgeologie*, 5, pp. 38-88.
- BRUNSDEN, D., JONES, D.K.C., MARTIN, R.P. & DOORNKAMP, J.C. (1981): The geomorphological character of part of the Low Himalaya of Eastern Nepal; in: *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. 37, pp. 25-72.
- BRUNSDEN, D. & PRIOR, D.B. (eds.) (1984): Slope Instability; Wiley, Chichester, New York, pp. 620.
- BRYAN, R.B. (ed.) (1987): Rill Erosion; in: *Catena*, Suppl. 8.
- BUNZA, G. (1975): Klassifizierung alpiner Massenbewegungen als Beitrag zur Wildbachkunde; in: Int. Symposium „Interpraevent 1975“, Bd. 1, Fachbereich I, Innsbruck pp. 9-24;.
- BURTON, I., KATES, R.W. & WHITE, G.F. (1978): The Environment as Hazard; Oxford University Press, New York.
- CARSON, B. (1985): Erosion and Sedimentation Processes in the Nepalese Himalaya; ICIMOD, Occasional Paper, No. 1, Kathmandu.
- CARSON, B. (1992): The Land, the Farmer, and the Future. A Soil Fertility Management Strategy for Nepal; in: ICIMOD, Occasional Paper No. 21; Kathmandu, pp. 74.
- CARTER, A.S. & GILMOUR, D.A. (1989): Increasing Tree Cover on Private Farm Land in Central Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 9, pp. 381-391.
- CARTER, W.N. (1992): Disaster Management. A Disaster Manager's Handbook; Asian Development Bank, Manila, Philippines, pp. 417.
- Central Bureau of Statistics (CBS) (2001): Preliminary Results of Population Census 2001; Kathmandu, Nepal.

- Central Disaster Relief Committee, Ministry of Home (1993): Disaster of July 1993 in Nepal; Kathmandu, pp. 90.
- CHAMBERS, R. (1989): Vulnerability, Coping and Policy; in: IDS Bulletin 20, pp. 1-7.
- CHIGIRA, M. (1992): Long-term gravitational deformation of rocks by mass rock creep; in: *Engineering Geology*, 32, pp. 157-184.
- COSTA, J.E. (1984): Physical Geomorphology of debris flows; in: COSTA, J.E. & FLEISHER, P.J. (eds.): *Developments and Applications of Geomorphology*; Berlin, Heidelberg, pp. 268-317.
- CRUDEN, D.M. (1991): A Simple Definition of a Landslide; in: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 43, pp. 27-29.
- CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J. (1996): Landslide Types and Processes; in: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (eds.) (1996): *Landslides: Investigation and Mitigation*; Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council; National Academy Press; Washington, D.C., pp. 36-75.
- Department of Hydrology and Meteorology (DHM), HMG Nepal (1988): Climatological Records of Nepal; Kathmandu.
- Department of Hydrology and Meteorology (DHM), HMG Nepal (1999, 2001): Niederschlagsdaten, Kali Gandaki-Region; (unveröff.).
- DEWEY, J.F., CANDE, S. & PITMAN, W.C. (1989): Tectonic evolution of the India / Eurasia collision zone; in: *Eclogae Geol. Helv.* 82 (3), pp. 717-734.
- DHITAL, M.R. & KHANAL, N. & THAPA, K.B. (1993): The Role of Extreme Weather Events, Mass Movements, and Land Use Changes in Increasing Natural Hazards; ICIMOD, Kathmandu, pp. 123.
- DIKAU, R., BRUNSDEN, D., SCHROTT, L. & IBSEN, M.-L. (eds.) (1996): *Landslide recognition: identification, movement and causes*; John Wiley & Sons, Chichester; pp. 251.
- DIXIT, A. (1990): Landslide Hazards in Nepal – Causes and Assessment; in: *Water Nepal*, Vol. 2, No.1; Kathmandu.
- DIXIT, K.M. (1997): Schluß mit der Entwicklungshilfe!!; in: *Nepal Information*, Nr. 79; Deutsch-Nepalische Gesellschaft, Köln, pp. 61-63.

- DOBREMEZ, J.-F. (1976): Le Népal. Écologie et biogéographie; Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp. 356.
- DOBREMEZ, J.-F. (1984): Carte écologique du Népal. Région Butwal-Mustang 1 : 250.000; Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp. 30.
- DOBREMEZ, J.-F. (ed.) (1986): Les collines du Népal central: écosystèmes, structures sociales et systèmes agraires; Vol. I & II, Paris.
- DONNER, W. (1994): Lebensraum Nepal. Eine Entwicklungsgeographie; Mitteilungen des Instituts für Asienkunde Hamburg, Bd. 226, Hamburg, pp. 728.
- DONNER, W. (1995): Grundfragen der wirtschaftlichen Entwicklung Nepals; in: GAENZLE, M. & SCHMIDT-VOGT, D. (eds.): Nepal und die Himalaya-Region. Vierte Heidelberger Südasiengespräche; Beiträge zur Südasienforschung, Südasien-Institut, Universität Heidelberg, Bd. 166; Franz Steiner Verl., Stuttgart, pp. 47-52.
- DOPPLER, W. (1994): Landwirtschaftliche Betriebssysteme in den Tropen und Subtropen. Genesis, Entwicklungsprobleme und Entwicklungspotential; in: *Geographische Rundschau*, No. 46, H. 2, pp. 65-71.
- DWIVEDI, S.K., ACHARYA, M.D. & SIMARD, R. (2000): The Tam Pokhari Glacier Lake Outburst Flood of 3rd September 1998; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 22, pp. 539-546.
- EDWARDS, D.M. (1996): The Trade in Non-Timber Forest Products from Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 16 (4), pp. 383-394.
- EHLERS, E. (1996): Traditionelles Umweltwissen und Umweltbewußtsein und das Problem nachhaltiger landwirtschaftlicher Entwicklung – unter besonderer Berücksichtigung asiatischer Hochgebirge; in: *Journal der Heidelberger Geographischen Gesellschaft*, Nr. 10, pp. 37-51.
- EISBACHER, G.H. (1996): Einführung in die Tektonik; Enke, Stuttgart, pp. 374.
- EISBACHER, G.H. & CLAGUE, J.J. (1984): Destructive Mass Movements in High Mountains: Hazard and Managment; in: Geological Survey of Canada, Paper 84-16, Ottawa, pp. 230.
- ERISMANN, T. H. (1979): Mechanisms of large landslides; in: *Rock Mechanics*, 12, pp. 15-46.

- EXO, S. (1990): Local resource management in Nepal: Limitations and prospects; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 10, No. 1, pp. 16-22.
- FLOHN, H. (1970): Beiträge zur Meteorologie des Himalaya; in: *Khumbu Himal*, Bd. 7, Lieferung 2, pp. 25-45.
- FORSYTH, T. (1998): Mountain Myths Revisited: Integrating Natural and Social Environmental Science; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 18, No. 2, pp. 107-116.
- FORT, M. (1986): Glacial Extension and Catastrophic Dynamics along the Annapurna Front, Nepal Himalaya; in: *Göttinger Geographische Abhandlungen*, H. 81, pp. 105-125.
- FORT, M. (1987a): Geomorphic and Hazards Mapping in the dry, continental Himalaya: 1:50.000 Maps of Mustang District, Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 7, No. 3, pp. 222-238.
- FORT, M. (1987b): Sporadic morphogenesis in a continental subduction setting: an example from the Annapurna Range, Nepal Himalaya; in: *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplement Bd. 63, pp. 9-63.
- FORT, M. (1988): Catastrophic sedimentation and morphogenesis along the High Himalayan Front. Implications for paleoenvironmental reconstructions; in: WHYTE, P. (ed.): *The Palaeoenvironments of East Asia from Mid-Tertiary*; Centre of Asian Studies, Hong Kong, pp. 195-214.
- FORT, M. (1995): The Himalayan Glaciation: Myth and Reality; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 11, Special Issue, pp. 257-272, Kathmandu.
- FORT, M. & DEBRYSHIRE, E. (1988): Some characteristics of till in the Annapurna Range (Nepal Himalaya); in: WHYTE, P. (ed.): *The Palaeoenvironments of East Asia from Mid-Tertiary*; Centre of Asian Studies, Hong Kong, pp. 195-214.
- FORT, M. & FREYET, P. (1980): The Quaternary sedimentary evolution of the intramontane basin of Pokhara, in the relation to the Himalayan Midlands and their hinterland (West Central Nepal); in: *Contemporary Geoscientific Researches in Himalaya*, Vol. 2, A.K. Sinha ed., Publ. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehradun, India, pp. 91-96.
- FORT, M. & FREYET, P. & COLCHEN, M. (1982): Structural and sedimentological evolution of the Thakkhola Mustang Graben (Nepal Himalayas); in: *Zeitschrift für Geomorphologie* N.F., Suppl., Bd. 42, pp. 75-98.

- FOX, J.M. (1987): Livestock ownership patterns in a Nepali village; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 7, No. 2, pp. 169-172.
- FOX, J. (1993): Forest resources in a Nepali Village in 1980 and 1990: The positive influence of population growth; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 13, No. 1, pp. 89-98.
- FUCHS, G. (1981): Outline of the Geology of the Himalaya; in: *Mittl. Österr. Geol. Ges.*, 74/75, pp. 101-127, Wien.
- FUCHS, G. (1982): Explanations of the Geologic – Tectonic Map of the Himalaya; Wien.
- FÜRER-HAIMENDORF, C. von (1975): *Himalayan Traders*; London.
- FÜRER-HAIMENDORF, C. von (1989): *Exploratory Travels in Highland Nepal*; Sterling Publishers Private Limited, New Delhi; pp. 176.
- GAENZLE, M. & SCHMIDT-VOGT, D. (eds.) (1995): *Nepal und die Himalaya-Region. Vierte Heidelberger Südasiengespräche; Beiträge zur Südasienforschung, Südasiens-Institut, Universität Heidelberg, Bd. 166; Franz Steiner Verl., Stuttgart, pp. 162.*
- GANSSER, A. (1977): The great suture between Himalaya and Tibet: A preliminary note; in: *Himalaya: Science de la Terre, C.N.R.S., Paris, Memoir 268*; pp. 181-192.
- GANSSER, A. (1999): Facts and theories on the Himalayas; in: *Eclogae Geol. Helv.*, Vol. 84, pp. 33-59.
- GERRARD, A.J. & GARDNER, R.A.M. (2000): The role of landsliding in shaping the landscape of the Middle Hills, Nepal; in: *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl. 122, pp. 47-62.
- GILL, G.J. (1991): Indigenous Erosion Control Systems in the Jikhu Khola Watershed; in: SHAH, P.B. et al. (1991): *Soil Fertility and Erosion Issues in the Middle Mountains of Nepal. Workshop Proceedings, Jikhu Khola Watershed, April 22-25, 1991; Kathmandu, pp. 152-164.*
- GILMOUR, D.A. (1988): Not seeing the Trees for the Forest: A Re-appraisal of the Deforestation Crisis in two Hill Districts of Nepal, in: *Mountain Research and Development*, Vol. 8, No. 4, pp. 343-350.

- GILMOUR, D.A. (1991): Trends in Forest Resources and Management in the Middle Mountains of Nepal; in: SHAH, P.B. et al. (1991): Soil Fertility and Erosion Issues in the Middle Mountains of Nepal. Workshop Proceedings, Jikhu Khola Watershed, April 22-25, 1991; Kathmandu, pp. 33-46.
- GILMOUR, D.A. & BONNEL, M. & CASSELLES, D.S. (1987): The Effects of Forestation on Soil Hydraulic Properties in the Middle Hills of Nepal. A Preliminary Assessment; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 7, No. 3, pp. 239-249.
- GILMOUR, D.A. & FISHER, R.J. (1991): Villagers, Forests and Foresters. The Philosophy, Process and Practise of Community Forestry in Nepal; Kathmandu.
- GILMOUR, D.A. & NURSE, M.C. (1991): Farmer initiatives in increasing tree cover in Central Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 11, No. 4, pp. 329-337.
- GLADE, T. (2000): Modelling landslide-triggering rainfalls in different regions of New Zealand – the soil water status model; in: *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl. 122, pp. 63-84.
- GRAAFEN, R. (1997): Veränderungen im Siedlungsbild von Pokhara (Nepal) nach der Schließung der tibetisch-nepalesischen Grenze; in: *Colloquium Geographicum*, Bd. 23, Raumwirksame Staatstätigkeit, pp. 75-83.
- GRAAFEN, R. & SEEBER, C. (1993): Alte Handelsrouten im Himalaya. Das Kali-Gandaki-Tal in Nepal; in: *Geographische Rundschau*, No. 45, H. 11, pp. 674-679.
- GRANER, E. (1997): The Political Ecology of Community Forestry in Nepal; Freiburg Studies in Development Geography, Bd. 14; Verl. für Entwicklungspolitik, Saarbrücken, pp. 341.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) (1998): Entwicklungsorientierte Nothilfe (EON). Arbeitskonzept der GTZ; Eschborn, pp. 33.
- GURUNG, H.B. (1964): The Pokhara Valley; (eine geographische Dissertation, Edinburgh; unveröffentlicht.
- GURUNG, S.M. (1989): Human Perception of Mountain Hazards in the Kakani-Kathmandu Area: Experiences from the Middle Mountains of Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vo. 9, No. 4, pp. 353-364.

- HAEBERLI, W. et al. (1993): Mountain Permafrost and Climatic Change; in: *Permafrost and Periglacial Processes*; Vol. 4, pp. 165-174.
- HAFFNER, W. (1979): Nepal Himalaya. Untersuchungen zum vertikalen Landschaftsaufbau Zentral- und Ostnepals; in: *Erdwissenschaftliche Forschung*, Bd. 12, Wiesbaden, pp. 125.
- HAFFNER, W. (1995): Positive Aspekte von Erosionsprozessen; in: *Geographische Rundschau*, No. 47, H. 12, pp. 733-739.
- HAGEN, T. (1960; 1980): Nepal. Königreich am Himalaya; Kümmerly & Frey, Bern; pp. 264.
- HAGEN, T. (1995): Perspektiven der Entwicklungszusammenarbeit mit Nepal; in: GAENZLE, M. & SCHMIDT-VOGT, D. (eds.): Nepal und die Himalaya-Region. Vierte Heidelberger Südasiengespräche; Beiträge zur Südasienforschung, Südasiens-Institut, Universität Heidelberg, Bd. 166; Franz Steiner Verl., Stuttgart, pp. 53-69.
- HAMILTON, L.S. & BRUIJNZEEL, L.A. (1997): Mountain watersheds – integrating water, soils, gravity, vegetation, and people; in: MESSERLI, B. & IVES, J.D. (eds.): Mountains of the World. The Global Priority; The Parthenon Publishing Group, New York, pp. 337-370.
- HANISCH, J. (1995): Large-scale Valley Damming of Kali Gandaki (Nepal). Lacustrine Sediments Upstream and Debris Flow Deposits Downstream; 10th Himalaya-Karakoram-Tibet Workshop; Ascona, Switzerland.
- HANISCH, J., KOIRALA, A. & GRABS, W.E. (1996): Ausbrüche von Gletscherseen in Nepal und ihre mögliche Verhinderung; in: *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 42, 1, pp. 8-13.
- HANISCH, J., DELISLE, G., POKHREL, A.P., DIXIT, A.M., REYNOLDS, J.M. & GRABS, W.E. (1998): The Tulagi Glacier Lake, Manaslu Himal, Nepal – Hazard Assessment of a Potential Outburst; in: Proceedings of 8th International IAEG Congress; Balkema, Rotterdam, pp. 2209-2215.
- HARRISON, M. et al. (1992): Raising Tibet; in: *Science*, Vol. 255, pp. 1663-1670.
- HARRISON, M. et al. (1993): Isotopic Preservation of Himalayan / Tibet uplift, denudation and climatic histories of two molasse deposits; in: *Journal of Geology*, Vol. 101, pp. 157-175.

- HEDIN, S. (1909): Transhimalaja. Entdeckungen und Abenteuer in Tibet; Bd. 1-3, F.A. Brockhaus, Leipzig.
- HEIM, A. (1932): Bergsturz und Menschenleben; 1. Aufl., Zürich, Fretz & Wasmuth.
- HERBIN, J. (1980): Le tourisme au Tirol autrichien ou la mongagne aux montagnards; Grenoble.
- HEUBERGER, H. (1973): Zur Höhenschichtung der Bevölkerung und der Kulturlandschaft im Dudh-Kosi-Tal, Mount Everest-Gebiet, Ost-Nepal; in: RATHJENS, C., TROLL, C. & UHLIG, H. (eds.): Vergleichende Kulturgeographie der Hochgebirge des Südlichen Asiens; Erdwissenschaftliche Forschung, Bd. 5; Franz Steiner Verl., Wiesbaden; pp. 31-39.
- HEUBERGER, H. (1975): Das Ötztal. Bergstürze und alte Gletscherstände. Kulturgeographische Gliederung; in: *Innsbrucker Geographische Studien*, 2, pp. 213-249.
- HEUBERGER, H. (1976): Kulturgeographische Stockwerke und Wanderbewegungen im Hochgebirge am Beispiel des Mt.-Everest-Gebietes; in: Verhandlungen des Deutschen Geographentages 40, Wiesbaden, pp. 771-774.
- HEUBERGER, H. (1994): The giant landslide of Köfels, Ötztal, Tyrol; in: *Mountain Research and Development* 14, pp. 290-294.
- HEUBERGER, H., MASCH, L., PREUSS, E. & SCHROCKER, A. (1984): Quaternary landslides and rock fusion in Central Nepal and in the Tyrolean Alps; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 4, No. 4, pp. 345-362.
- HEWITT, K. (1997): Risk and Disasters in Mountain Lands; in: MESSERLI, B. & IVES, J.D. (eds.) (1997): *Mountains of the World. A Global Priority*; Parthenon, New York, pp. 371-407.
- HÖFER, A. (1979): The Caste Hierarchy and the State in Nepal. A Study of the Muluki Ain of 1854; in: *Khumbu Himal*, Bd. 13/2, München, pp. 25-240.
- HOFER, T. & MESSERLI, B. (1997): *Floods in Bangladesh*; Bern.
- HUTCHINSON, J.N. (1988): General Report: Morphological and Geotechnical Parameters of Landslides in Relation to Geology and Hydrology, in: BONNARD, C. (ed.): *Proc., Fifth International Symposium on Landslides*; A.A. Balkema, Vol. 1, Rotterdam, pp. 3-35.

- IVES, J.D. (1986): Glacial Lake Outburst Floods and Risk Engineering in the Himalaya; in: ICIMOD Occasional Paper No. 5; Kathmandu, pp. 42.
- IVES, J.D. (1987): The theory of Himalayan environmental degradation: Ist validity and application challenged by recent research; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 7, No. 3, pp. 189-199.
- IVES, J.D. & MESSERLI, B. (1981): Mountain Hazards Mapping in Nepal. Introduction to an Applied Mountain Research Project; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 1, No. 3-4, pp. 223-230.
- IVES, J.D. & MESSERLI, B. (1989): The Himalayan Dilemma: Reconciling Development and Conservation; Routledge, London, pp. 295.
- IVES, J.D. & MESSERLI, B. (2001): Perspektiven für die zukünftige Gebirgsforschung und Gebirgsentwicklung; in: *Geographische Rundschau*, 53, H. 12, pp. 4-7.
- IVES, J.D. & MESSERLI, B. & THOMPSON, M. (1987): Research Strategy for the Himalayan Region. Conference Conclusions and Overview; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 7, No. 3, pp. 332-344.
- IWATA, S. & YAMANAKA, H. & YOSHIDA, M. (1982): Glacial Landforms and River Terraces in the Thakkhola Region, Central Nepal; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 2, Special Issue, pp. 81-94.
- JACKSON, J.K. (1987): Manual of Afforestation in Nepal; Nepal - United Kingdom Forestry Research Project, Forest Survey and Research Office, Department of Forest; Kathmandu, pp. 402.
- JACKSON, W.J., TAMRAKAR, R.M., HUNT, S. & SHEPHERD, K.R. (1998): Land-Use Changes in Two Middle Hills Districts of Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 18, No. 3, pp. 193-212.
- JÄGER, S. (1997): Fallstudien zur Bewertung von Massenbewegungen als geomorphologische Naturgefahr; in: *Heidelberger Geographische Arbeiten*, H. 108, Heidelberg, pp. 151.
- JAHN, A. (1964): Slopes morphological features resulting from gravitation; in: *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. 5, pp. 59-72.
- JODHA, N.S. (1995): The Nepal middle mountains; KASPERSON, J.X., KASPERSON, R.E. & TURNER II, B.L.: Regions at Risk. Comparisons of Threatened Environments; Tokyo,

New York, Paris, pp. 140-185.

- JOHNSON, K. & OLSON, E.A. & MANANDHAR, S. (1982): Environmental knowledge and response to natural hazards in mountainous Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 2, No. 2, pp. 175-188.
- JONES, D.K.C. (1984): Landslide Hazard Assessment in the Context of Development; in: BRUNSDEN, D. & PRIOR, D.S. (eds.): *Slope Instability*; John Wiley & Sons, London, pp. 117-141.
- JOSHI, S.C. (ed.) (1986): *Nepal Himalaya. Geocological Perspectives*; Himalayan Research Group; Tallital, Naini Tal, India; pp. 506.
- KASPERSON, J.X., KASPERSON, R.E. & TURNER II, B.L. (1995): *Regions at Risk. Comparisons of Threatened Environments*; Tokyo, New York, Paris, pp. 588.
- KATES, R.W. (1971): Natural Hazard in Human Ecological Perspective: Hypotheses and Models; in *Economic Geography* 47, pp. 438-451.
- KAWAKITA, J. (1974): *The Hill Magars and their Neighbours. Hill Peoples Surrounding the Ganges Plain; Synthetic Research of the Culture of Rice-cultivating Peoples in South-east Asian Countries*, Vol. III; Tokai University Press, Tokyo, pp. 484.
- KERSCHNER, H. (1995): Naturereignisse – Naturgefahren. Hochwasser und Wildbäche im alpinen Lebensraum; in: *Geographische Rundschau* 47, H. 1, pp. 46-51.
- KIENHOLZ, H., HAFNER, H. & SCHNEIDER, G. (1984a): Stability, Instability, and Conditional Instability Mountain Ecosystem Concepts based on a Field Survey of the Kakani Area in the Middle Hills of Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 4, No. 1, pp. 55-62.
- KIENHOLZ, H., SCHNEIDER, G., BICHSEL, M., GRUNDER, M. & MOOL, P. (1984b): Mapping of mountain hazards and slope stability; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 4, No. 3, pp. 247-266.
- KIENHOLZ, H. & ERISMANN, T. & FIEBIGER, G. & MANI, P. (1993): Naturgefahren: Prozesse, Kartographische Darstellung und Massnahmen; in: *Verh. des Deutschen Geographentages Bd. 48 - Basel 1991*, pp. 293-312.

- KIERNAN, K. (1991a): Geomorphological evidence for quaternary climatic change in the low Sino-Burman Ranges; in: *Singapore Journal of Tropical Geography*, Vol. 12, No. 2, pp. 112-123.
- KIERNAN, K. (1991b): Tropical Mountain Geomorphology and Landscape Evolution in north-west Thailand; in: *Zeitschrift für Geomorphologie*, Vol. 35, No.2, pp. 187-206.
- KIERSCH, G.A. (1964): Vaiont Reservoir Disaster; in: *Civil Engineering*, Vol. 34, No. 3, pp. 32-39.
- King Mahendra Trust For Nature Conservation (KMTNC) (1997): Annapurna Conservation Area Project. A New Approach In Protected Area Management; Pohara, Nepal, pp. 39.
- KIZAKI, K. (1995): Recent Tectonics in the Nepal Himalayas: A Synthesis; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 11, Special Issue, pp. 131-140; Kathmandu.
- KLEINERT, C. (1973): Haus- und Siedlungsformen im Nepal Himalaya unter Berücksichtigung klimatischer Faktoren; in: *Hochgebirgsforschung*, Bd. 4, München.
- KLEINERT, C. (1983): Siedlung und Umwelt im Zentralen Himalaya; in: *Geocological Res.*, Vol. 4, Wiesbaden, pp. 269.
- KLEINERT, C. (1993): Tradition und Wandel der Haus- und Siedlungsformen im Tal des Kali Gandaki in Zentralnepal; in: SCHWEINFURTH, U. (ed.): *Neue Forschungen im Himalaya. Erdkundliches Wissen*, Bd. 112, pp. 113-127.
- KLINK, H.-J. (1996): *Vegetationsgeographie*; 2. Aufl., Westermann, Braunschweig, pp. 240.
- KNALL, B. (1995): Wirtschaftliche Entwicklung, Partizipation und Dezentralisierung in Nepal; in: GAENSZLE, M. & SCHMIDT-VOGT, D. (Hrgs.) (1995): *Nepal und die Himalaya-Region. Vierte Heidelberger Südasiengespräche; Beiträge zur Südasienforschung*, Südasiens - Institut, Universität Heidelberg, Bd. 166; Franz Steiner Verl., Stuttgart, pp. 74-80.
- KOIRALA, A. & KAPHLE, K.P. (1998): Report on Engineering and Environmental Geological Map of Pokhara Valley; Department of Mines and Geology, Kathmandu, pp. 20.
- KOIRALA, A. & RIMAL, L.N. (1996): Geological hazards in Pokhara Valley, western Nepal; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 14, Sp. Issue; Kathmandu, pp. 99-108.

- KRÄMER, K.-H. (1991): Nepal – der lange Weg zur Demokratie; Horlemann, Bad Honnef, pp. 278.
- KRÄMER, K.-H. (1996): Ethnizität und nationale Integration in Nepal. Eine Untersuchung zur Politisierung der ethnischen Gruppen im modernen Nepal; Beiträge zur Südasienforschung, Südasien-Institut, Universität Heidelberg, Bd. 174; Franz Steiner Verl., Stuttgart; pp. 474.
- KRAUS, H. (1967): Das Klima von Nepal; in: Khumbu Himal, Bd. 1, Lieferung 4, pp. 301-321.
- KRAUTER, E. (1988): Applicability and usefulness of field measurements on instable slopes; in: BONNARD, C. (ed.): Landslides – Proceedings of the 5. Internat. Symposium on Landslides; Balkema, Rotterdam, pp. 367-373.
- KRAUTER, E. (1992): Hangrutschungen - ein Umweltproblem; in: MATTHIAS, H.J. & GRÜN, A. (eds.): Ingenieurvermessung 92. Beiträge zum XI. Internationalen Kurs für Ingenieurvermessung, Zürich, 21. - 25.9.1992, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie; Ferd. Dümmler's Verlag, Bonn; pp. V4/1-V4/12.
- KRAUTER, E. (1994): Hangrutschungen und deren Gefährdungspotential für Siedlungen; in: *Geographische Rundschau*, Bd. 46 (1994), H. 7-8, pp. 422-428.
- KRAUTER, E. (1995): Phänomenologie natürlicher Böschungen (Hänge) und ihrer Massenbewegungen; in: SMOLTCZYK, U. (ed.): Grundbau-Taschenbuch, 5. Aufl., Teil 1; Ernst & Sohn, Berlin, pp. 549-600.
- KRAUTER, E. & FEUERBACH, J. (1993): Engineering-geophysical methods for ground investigations; in: ANAGNOSTOPOULOS, A. et al. (eds.): Geotechnical Engineering of Hard Soils - Soft Rocks; Balkema, Rotterdam, pp. 203-208.
- KRAUTER, E. & WOSZIDLO, H. & BÜDINGER, H. (1984): Schlußbericht zum Forschungsvorhaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft; Schwerpunktprogramm: Ingenieur-geologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen“; Mainz, pp. 54.
- KUHLE, M. (1982): Der Dhaulagiri- und Annapurna-Himalaya. Ein Beitrag zur Geomorphologie extremer Hochgebirge; in: *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. 41, Text- (pp. 229) und Abbildungsteil (pp. 184).

- KUHLE, M. (1985): Ein subtropisches Inlandeis als Eiszeitauslöser; Südtibet- und Mt. Everest-Expedition 1984, Georgia Augusta, pp. 35-51.
- KUHLE, M. (1991): Glazialgeomorphologie; Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, pp. 213.
- KUHLE, M. (1993): Eine Autozyklentheorie zur Entstehung und Abfolge der quartären Kalt- und Warmzeiten auf der Grundlage epirogener und glazialisostatischer Bewegungsinterferenzen im Bereich des tibetischen Hochlandes; in: *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 137, H. 3, pp. 133-152.
- LI TIANCHI (1990): Landslide Management in the Mountain Areas of China; Occasional Paper No. 15, ICIMOD, Kathmandu.
- LI TIANCHI (1996): Landslide Hazard Mapping and Management in China; ICIMOD, Kathmandu, pp. 36.
- LIU, G. & EINSELE, G. (1994): Sedimentary history of the Tethyan basin in the Tibetan Himalayas; in: *Geologische Rundschau* 83, pp. 32-61.
- LOUIS, H. & FISCHER, K. (1979): Allgemeine Geomorphologie; 4 Aufl., Berlin, Walter de Gruyter, pp. 814.
- MAHAT, T. & GRIFFIN, D. & SHEPHERD, K. (1986): Human Impact on Some Forests of the Middle Hills of Nepal; 1. Forestry in the Context of the Traditional Resources of the State; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 6, pp. 223-232.
- MALIK, M.H. & FAROOQ, S. (1996): Landslide Hazard Management and Control in Pakistan. A Review; ICIMOD, Kathmandu, pp. 68.
- MARSTON, R. & KLEINMAN, J. & MILLER, M. (1996): Geomorphic and Forest Cover Controls on Monsoon Flooding, Central Nepal Himalaya; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 16, pp. 257-264.
- MARTENS, J. (1981): Wald und Waldvernichtung im Nepal-Himalaya; in: *Natur und Museum* 111 (10), Frankfurt a.M., pp. 301-340.
- MATTHIESSEN, P. (1978; 1996): The Snow Leopard; Harvill Press, London, pp. 312.
- MÄUSBACHER, R. (ed.) (1997): Degradierete Landschaften; Jena, pp. 101.

- MESSERLI, B. & HOFER, T. (1992): Die Umweltkrise im Himalaya. Fiktion und Fakten; in: *Geographische Rundschau*, 44 (7-8), pp. 435-445.
- MESSERLI, B. & HOFER, T. & WYMANN, S. (eds.) (1993): Himalayan Environment, Pressure – Problems – Processes. 12 years of research; *Geographica Bernensia*, G 38, pp. 206.
- MESSERLI, B. & IVES, J.D. (eds.) (1997): Mountains of the World. A Global Priority; Parthenon, New York, pp. 493.
- MESSERSCHMIDT, D.A. (1990): Indigenous environmental management and adaptation: An introduction to four case studies from Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 10, No. 1, pp. 3-4.
- METZ, J.J. (1989a): The Goth System of Resource Use at Chimkhola, Nepal; unpublished PhD thesis, University of Wisconsin, Madison; pp. 418.
- METZ, J.J. (1989b): Himalayan Political Economy: More Myths in the Closet?; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 9, No. 2, pp. 175-186.
- METZ, J.J. (1990a): Forest-Product Use in Upland Nepal; in: *Geographical Review* 80 (3), pp. 279-287.
- METZ, J.J. (1990b): Conservation Practices at an Upper-Elevation Village of West Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 10, No. 1, pp. 7-15.
- METZ, J.J. (1991a): An outline of the patterns of natural vegetation use in upland Nepal; in: *Banko Janakari* 3 (1), pp. 21-34.
- METZ, J.J. (1991b): A Reassessment of the Causes and Severity of Nepal's Environmental Crisis; in: *World Development*, Vol. 19, No. 7, pp. 805-820.
- METZ, J.J. (1995): Development in Nepal: Investment in the Status Quo; in: *GeoJournal* 35.2, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht; pp. 175-184.
- MEURER, M. (1982): Geoökologische Untersuchungen im nepalesischen Kali-Gandaki-Tal. Die klimatische Differenzierung eines Himalaya Durchbruchstales in dreidimensionaler Sicht; in: *Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung*, Reihe I, Bd. 8, pp. 163-186.
- MIEHE, G. (1982): Vegetationsgeographische Untersuchungen im Dhaulagiri- und Annapurna-Himalaya; *Diss. Bot.* 66 (1&2), Vaduz.

- MIEHE, G. (1985): Höhenstufen der Vegetation und ihre bergbäuerliche Erschließung im Dhaulagiri- und Annapurna-Himalaya, dargestellt anhand einer Vegetationskarte 1:100.000; Vegetationskartierung als Vorerkundung für Entwicklungsprojekte; in: Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg 148, pp. 1-40.
- MIEHE, G. (1990): Langtang Himal. Flora und Vegetation als Klimazeiger und -zeugen im Himalaya. A prodromus of the vegetation ecology in the Himalayas (mit einer kommentierten Flechtenliste von J. Poelt); in: Diss. Bot., Bd. 158, J. Cramer Verl., Berlin, pp. 529.
- MIEHE, G. (1991): Der Himalaya, eine multizonale Gebirgsregion; in: WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. (eds.): Ökologie der Erde. Geo-Biosphäre, Bd. 4, Stuttgart, pp. 181-230.
- MIEHE, G. (1995): Höhenstufen und Landschaftsgürtel in vergleichender Sicht; in: Jahrbuch 1994. Marburger Geographische Gesellschaft, Marburg.
- Ministry of Home Affairs, Nepal. Disaster Relief Section (1998): Recent disasters occurred in Nepal during the monsoon season of 1998; Kathmandu.
- MISCHUNG, R. (1988): Welchen "Wert" haben ethnographische Daten? Grundsätzliche Überlegungen und Erfahrungsbeispiele zu Ideal und Praxis völkerkundlicher Feldforschung; in: Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe I, Bd. 16, pp. 75-99.
- MÜLLER-BÖKER, U. (1991): Knowledge and Evaluation of the Environment in Traditional Societies of Nepal; in: *Mountain Research and Development*, No. 11,2, pp. 101-114.
- MÜLLER-BÖKER, U. (1997): Die ökologische Krise im Himalaya - ein Mythos?; in: *Geographica Helvetica*, Bd. 52, No. 3; pp. 79-88.
- Münchener Rück (1998): Weltkarte der Naturgefahren, Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, München, pp. 55.
- Nepal Geological Society (NGS) (2000): Proceedings. International Symposium on Engineering Geology, Hydrology, and Natural Disasters with Emphasis on Asia, 28-30 September 1999, Kathmandu, Nepal; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 22, Special Issue, pp. 602.

- NOHLEN, D. & NUSCHELER, F. (1993): Indikatoren von Unterentwicklung und Entwicklung; in: NOHLEN, D. & NUSCHELER, F. (eds.): Handbuch der Dritten Welt, Bd. 1: Grundprobleme, Theorien, Strategien; Verl. J.H.W. Dietz Nachf., Bonn, pp. 76-108.
- OJHA, E.R. (1997): Agricultural Terracing. Development Perspectives; Ratna Pustak Bandar, Kathmandu.
- OJHA, E.R. (1999): Dynamics and Development of Highland Ecosystems; Walden Book House, Kathmandu, pp. 279.
- ONO, Y. (1986): Glacial Fluctuations in the Langtang Valley (Nepal Himalaya); in: Göttinger Geogr. Abh. H. 81, pp. 31-38.
- ÖROK (1986): Raumordnung und Naturgefahren; in: Fink, M. (ed.): Österreichische Raumordnungskonferenz, Schriftenreihe Nr. 50.
- PANDAY, K. (1982): Fodder Trees and Tree Fodder in Nepal; Swiss Development Cooperation, Berne & Swiss Federal Institute of Forestry Research, Birmensdorf; pp. 107.
- PARTAP, T. & WATSON, H.R. (1994): Sloping Agricultural Land Technology (SALT). A Regenerative Option for Sustainable Mountain Farming; in: ICIMOD Occasional Paper No. 23; Kathmandu, pp. 140.
- PLATE, E., CLAUSEN, L., DE HAAR, U., KLEEBERG, H.-B., KLEIN, G., MATTHES, G., ROTH, R. & SCHMINCKE, U. (eds.) (1993): Naturkatastrophen und Katastrophenvorbeugung; Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), VCH Verlagsgemeinschaft, Weinheim.
- PLATE, E. & KRON, W. (1993): Naturkatastrophen und Katastrophenschutz. Die Internationale Dekade für Katastrophenvorbeugung (IDNDR); in: *Geographische Rundschau* (45), H. 12, pp. 749-750.
- PRICE, M.F & BARRY, R.G (1997): Climate Change; in: MESSERLI, B. & IVES, J.D. (eds.) (1997): Mountains of the World. A Global Priority; Parthenon, New York, pp. 409-445.
- PRINZ, H. (1997): Abriß der Ingenieurgeologie; 2. Aufl., Enke, Stuttgart, pp. 546.
- RADBRUCH-HALL, D.H. (1978): Gravitational creep of rock masses on slopes; in: VOIGHT, B. (ed.): Rockslides and Avalanches, Vol. 1, Natural Phenomena. (Developments in Geotechnical Engineering, Vol. 14A), Elsevier, Amsterdam, pp. 607-657.

- RAMIREZ, P. (ed.) (2000): Resunga. The Mountain of the Horned Sage; Himal Books, Nepal, pp. 304.
- RAMSAY, W.J.H. (1986): Erosion Problems in the Nepal Himalaya - an Overview; in: JOSHI, S.C. (ed.) (1986): Nepal Himalaya. Geocological Perspectives; Himalayan Research Group; Tallital, Naini Tal, India; pp. 359-395.
- RATHJENS, C., TROLL, C. & UHLIG, H. (eds.) (1973): Vergleichende Kulturgeographie der Hochgebirge des Südlichen Asiens; Erdwissenschaftliche Forschung, Bd. 5; Franz Steiner, Wiesbaden; pp. 184.
- REGMI, M.C. (1978): Land Tenure and Taxation in Nepal; Ratna Pustak Bandar, Kathmandu.
- REGMI, M.C. (1988): An economic history of Nepal 1846-1901; Nath Publishing House, Varanasi, pp. 184.
- REUTER, F. & KLENGEL, K.J. & PASEK, J. (1992): Ingenieurgeologie; 3. Aufl., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie GmbH, Leipzig, Stuttgart, pp. 603.
- REYNOLDS, J.M. (1992): The identification and mitigation of glacier-related hazards: examples from the Cordillera Blanca, Peru; in: MCCALL, G.J.H., LAMING, D.J.C. & SCOTT, S.C.: Geohazards. Natural and man-made; Chapman & Hall, London, pp. 143-157.
- RIEGER, H.C. (1995): Verstädterungsprobleme in Nepal; in: GAENZLE, M. & SCHMIDT-VOGT, D. (eds.) (1995): Nepal und die Himalaya-Region. Vierte Heidelberger Südasiengespräche; Beiträge zur Südasienforschung, Südasien-Institut, Universität Heidelberg, Bd. 166; Franz Steiner Verl., Stuttgart, pp. 101-114.
- RIES, J. (1994): Bodenerosion in der Hochgebirgsregion des östlichen Zentral-Himalaya untersucht am Beispiel Bamti / Bhandar / Surma, Nepal; in: Freiburger Geogr. Hefte., No. 42, Freiburg i. Br., pp. 397.
- RÖTHLISBERGER, F. & GEYH, M.A. (1985): Glacier variations in Himalayas and Karakoram; in: *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Vol. 21, pp. 237-249.
- RUDDIMAN, W.F. & KUTZBACH, J.E. (1989): Forcing of Late Cenozoic Northern Hemisphere Climate by Plateau Uplift in Southern Asia and the American West; in: *Journal of Geophysical Research*, Vol. 94, No. D15, pp. 18409-18427.

- SAH, M.P. & BARTARYA, S.K. (1999): The effect of Chamoli Earthquake on hill slope stability and hydrogeological regime in Gharwal Himalaya; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 20, p. 186.
- SAKAI, H. (1983): Geology of the Tansen Group of the Lesser Himalayas in Nepal; in: Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D (Geology), v. XXV (1), pp. 27-74.
- SCHEFFER, F. / SCHACHTSCHABEL, P. (eds.) (1998): Lehrbuch der Bodenkunde; 14. Aufl., Enke, Stuttgart, pp. 494.
- SCHMELZER, R. (1999): Massenbewegungen im Hochgebirge: Talzuschub und Bergsturz im Annapurna-Himal, Manang District, West Nepal; Heidelberg, Univ., Dissertation.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1987): Community Forestry in the Hills of Nepal; in: EFFENBERG, C. (ed.): Developments in Asia: Economic Political and Cultural Aspects; Beiträge zur Südasiensforschung, Bd. 112, Heidelberg, pp. 504-539.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1990a): Fire in high altitude forests of the Nepal Himalaya; in: GOLDHAMMER, J.G. & JENKINS, M.J. (eds.): Fire in ecosystem dynamics. Proceedings of the Third International Symposium on Fire Ecology, Freiburg, FRG, May 1989. The Hague, pp. 191-199.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1990b): High Altitude Forests in the Jugal Himal (Eastern Central Nepal): Forests Types and Human Impact; in: *Geoecological Res.*, Vol.6, pp. 210, Stuttgart.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1993): Die Gebirgsweidewirtschaft in den Vorbergen des Jugal Himal (Nepal); in: SCHWEINFURTH, U.(ed.): Neue Forschungen im Himalaya. Erdkundliches Wissen, Bd. 112, pp. 191-230.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1995): Die Entwaldung im Nepal-Himalaya. Ursachen, Ausmaß, Folgen; in: GAENZLE, M. & SCHMIDT-VOGT, D. (eds.) (1995): Nepal und die Himalaya-Region. Vierte Heidelberger Südasiengespräche; Beiträge zur Südasiensforschung, Südasiens-Institut, Universität Heidelberg, Bd. 166; Franz Steiner Verl., Stuttgart, pp. 89-96.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1997): Walddegradation durch Schwendbau in Nord-Thailand; in: MÄUSBACHER, R. (ed.): Degradierete Landschaften; Jenaer Geographische Schriften, Bd. 7, pp. 75-101.

- SCHMIDT-VOGT, D. (1998): Defining Degradation: The Impacts of Swidden on Forests in Northern Thailand; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 18, No. 2, pp. 135-149.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1999a): Swidden farming and fallow vegetation in Northern Thailand; in: *Geocological Research*, Vol. 8., Franz Steiner Verl., Stuttgart.
- SCHMIDT-VOGT, D. (1999b): Traditionelle agroforstliche Nutzungssysteme in Nepal; in: *Die Erde* (130, 3-4), pp. 315-330.
- SCHMIDT-VOGT, D. (2000): Indigenous agroforestry systems in Nepal; in: THAPA, R.P. & BAADEN, J. (eds.): *Nepal: Myth and reality*; Delhi, pp. 66-81.
- SCHOLZ, F. (1993): Hilfe zur Selbsthilfe. Wirkungsvolle Ansätze zur Armutsbekämpfung; in: *Geographische Rundschau*, Vol. 45, H. 5, pp. 284-289.
- SCHREIER, H. & SHAH, P.B. & BROWN, S. (1995): *Challenges in Mountain Resource Management in Nepal. Processes, Trends, and Dynamics in Middle Mountain Watersheds*; ICIMOD, Kathmandu, pp. 263.
- SCHROEDER, R.F. (1985): Himalayan subsistence systems: indigenous agriculture in rural Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 5, pp. 31-41.
- SCHUSTER, R.L. (1996): Socioeconomic Significance of Landslides; in: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (eds.): *Landslides: Investigation and Mitigation*; Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council; National Academy Press; Washington, D.C., pp. 12-35.
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1983): *Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie*; Stuttgart.
- SCHWEINFURTH, U. (1956): Über klimatische Trockentäler im Himalaya; in: *Erdkunde* 37, pp. 297-302.
- SCHWEINFURTH, U. (1957): Die horizontale und vertikale Verbreitung der Vegetation im Himalaya; *Bonner Geogr. Abh.*, H. 20.
- SCHWEINFURTH, U. (1965): Der Himalaya – Landschaftsscheide, Rückzugsgebiet und politisches Spannungsfeld; in: *Geographische Zeitschrift*, 53,4, pp. 241-260.

- SCHWEINFURTH, U. (1993): Vegetation und Himalaya-Forschung; in: SCHWEINFURTH, U. (ed.): Neue Forschungen im Himalaya. Erdkundliches Wissen, Bd. 112, pp. 11-29.
- SCOTT, C.A. & WALTER, M.F. (1993): Local Knowledge and Conventional Soil Science Approaches to Erosional Processes in the Shivalik Himalaya; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 13, No. 1, pp. 61-72.
- SEARLE, M.P., COOPER, D.J.W. & REX, A.J. (1988): Collision tectonics of the Ladakh-Zaskar Himalaya; in: *Phil. Trans. Royal Soc. London, A* 326, pp. 117-150.
- SELBY, M.J. (1985): *Earth's Changing Surface*; Clarendon Press, Oxford, pp. 607.
- SELBY, M.J. (1993): *Hillslope material and processes*; Oxford University Press, Oxford, pp. 451.
- SHAH, P.B. et al. (1991): Soil Fertility and Erosion Issues in the Middle Mountains of Nepal. Workshop Proceedings, Jikhu Khola Watershed, April 22.25, 1991; Kathmandu, pp. 285.
- SHARMA, C.K. (1974): Landslides and Soil erosion in Nepal; Sangeeta Sharma, 23/281 Bishal Nagar, Kathmandu, pp. 93.
- SHARMA, C.K. (1990): *Geology of Nepal Himalaya and Adjacent Countries*; Sangeeta Sharma, 23/281 Bishal Nagar, Kathmandu, pp. 479.
- SHEPHERD, G. (1982): *Life Among the Magars*; Sahayogi Press, Kathmandu, Nepal, pp. 269.
- SHRESTHA, B. (1992): Rural Development Projects in Nepal: Programmed to Forget the Poor; *Himal* (March-April 1992).
- SHRESTHA, N.B. (1990): *Landlessness and Migration in Nepal*; Westview Special Studies on Social, Political, and Economic Development; Westview Press; Boulder, San Francisco; pp. 284.
- SIKRIKAR, S.M. & PIYA, B. (1998): Tatopani Landslide of 10. Aswin 2055. Tatopani Village, Myagdi District; Dept. of Mines and Geology, Kathmandu.
- SIKRIKAR, S.M. & RIMAL, L.N. (1998): *Landslide Hazard Zonation Mapping in the Phewa Lake Catchment Area, Pokhara, Nepal*; Dept. of Mines and Geology, Kathmandu, pp. 32.

- SIMONS, A., SCHMIDT, B. & WENINGER, B. (1996): Das Kollektivgrab Mebrak 63 im Mustang-Distrikt, Nepal; *Eurasia Antiqua* 2, pp. 383-395.
- SINGH, J.S. & SINGH, S.P. (1987): Forest Vegetation of the Himalaya; in: *The Botanical Review*, Vol. 53, No. 1, pp. 80-192.
- SOETERS, R. & WESTEN VAN, C.J. (1996): Slope Instability Recognition, Analysis, and Zonation; in: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (eds.): *Landslides: Investigation and Mitigation*; Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council; National Academy Press; Washington, D.C., pp. 129-177.
- STAINTON, J.D.A. (1972): *Forests of Nepal*; John Murray, London, pp. 181.
- STONE, L. (1990): Conservation and human resources: Comments on four case studies from Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 10, No. 1, pp. 5-6.
- STORRS, A. & STORRS, J. (1990): *Trees and Shrubs of Nepal and the Himalayas*; Pilgrims Book House, Kathmandu, pp. 367.
- STRÜBEL, G. (1995): *Mineralogie. Grundlagen und Methoden*; Enke, Stuttgart, pp. 264.
- TAMANG, D. (1990): *Indigenous Forest Management Systems in Nepal: A Review*; HMG Ministry of Agriculture – Winrock International, Research Series, No. 12; Kathmandu, pp. 47.
- TAYLOR, C.E. (ca. 1951): A medical survey of the Kali Gandak and Pokhara Valleys of Central Nepal; in: *The Geographical Review*, pp. 421-437.
- THAKUR, V.C. (1996): *Landslide Hazard Management and Control in India*; ICIMOD, Kathmandu, pp. 51.
- THAPA, G.B. & WEBER, K.E. (1989): Population and Environment in the Hills of Nepal; in: *Asia-Pacific Population Journal*, Vol. 4, 49-70.
- THOMPSON, M. (1998): The new World Disorder: Is Environmental Security the Cure?; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 18, No. 2, pp. 117-122.
- THOMPSON, M. & WARBURTON, M. (1985): Uncertainty on a Himalayan scale; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 5, No. 2, pp. 115-135.
- TUCKER, M.E. (1985): *Einführung in die Sedimentpetrologie*; Enke, Stuttgart pp. 265.

- TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (eds.) (1996): Landslides: Investigation and Mitigation; Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council; National Academy Press; Washington, D.C., pp. 673.
- UHLIG, H. (1973): Der Reisbau im Himalaya; in: RATHJENS, C., TROLL, C. & UHLIG, H. (eds.): Vergleichende Kulturgeographie der Hochgebirge des Südlichen Asiens; Erdwissenschaftliche Forschung, Bd. 5; Franz Steiner Verl., Wiesbaden; pp. 77-104.
- UHLIG, H. (1976): Bergbauern und Hirten im Himalaya; in: Abh. 40. Deutsch. Geographentag Innsbruck; Wiesbaden, pp. 549-586.
- UHLIG, H. (1980): Der Anbau an den Höhengrenzen der Gebirge Süd- und Südostasiens; in: Arbeiten des Geographischen Inst. Univ. Saarlandes 29, pp. 279-310.
- UHLIR, C.F. (1999): A hydro power plant at a landslide dam – the benefit of a natural disaster; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 20, Special Issue p. 3.
- UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) (1992): Agenda 21, Chapter 13, New York.
- UNDP, Nepal (United Nations Development Programme) (1981): Mineral Exploration, Nepal; Technical Report. Geology of Kathmandu Area and Central Mahabharat Range, Nepal Himalaya; New York.
- UNDP, Nepal (United Nations Development Programme) (1998): Nepal Human Development Report 1998; Kathmandu 295.
- UNESCO Working Party for World Landslide Inventory (WP/WLI) (1993a): A Suggested Method for Describing the Activity of a Landslide; in: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 47, pp. 53-57.
- UNESCO Working Party for World Landslide Inventory (WP/WPI) (1993b): Multilingual Landslide Glossary; Bi-Tech Publishers, Richmond, British Columbia, Canada, pp. 59.
- UPRETI, B.N. (1996): Natural Hazard Reduction in Nepal: Need for Action; in: News Bulletin. Nepal Geological Society, Vol. 13, pp. 53-55.
- UPRETI, B.N. & DHITAL, M.R. (1996): Landslide Studies and Management in Nepal; ICIMOD, Kathmandu; pp. 87.

- VALDIYA, K.S. (1998): *Dynamic Himalaya*; Universities Press (India) Ltd., Hyderabad, pp. 178.
- VARNES, D.J. (1978): Slope Movement Types and Processes; in: SCHUSTER, R.L. & KRIZEK, R.J. (eds.): *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control*; TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 11-33.
- VÖLK, H.R. (1989): Die Bergsturzkatastrophe im Veltlin 1987; in: *Geowissenschaften*, Bd. 7, H. 1, pp. 1-9.
- VÖLK, H.R. (1998a): Geomorphological and depositional features around Thulagi Glacial Lake in Manaslu Himal, central Nepal; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 17, pp. 53-58.
- VÖLK, H.R. (1998b): Cut and fill valley morphology with cryopediments in the Manang area adjacent to the Annapurna mountain range of the Higher Himalaya, Nepal; in: *Berliner Geographische Abhandlungen*, Bd. 63, pp. 169-179.
- VÖLK, H.R. (2000): The 1998 Tatopani Landslide in the Kali Gandaki Valley of Western Nepal: cause and relation to mass rock creep; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 22, pp. 405-412.
- UICHARD, D. (1986): Geological and petrographical investigations for the Mountain Hazards Mapping Project, Khumbu Himal, Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 6, No. 1, pp. 41-52.
- UICHARD, D. & ZIMMERMANN, M. (1986): The Langmoche flash-flood, Khumbu Himal, Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 6, No. 1, pp. 90-93.
- UICHARD, D. & ZIMMERMANN, M. (1987): The 1985 catastrophic drainage of a moraine-dammed lake, Khumbu Himal: cause and consequences; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 7, No. 2, pp. 91-110.
- WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. (1983-90): *Ökologie der Erde*; Bd. 1-4; Stuttgart.
- WALTHAM, T. (1996): Very large landslides in the Himalayas; in: *Geology Today*, No. 181, Sept. – Oct. 1996; Blackwell Science Ltd., pp. 181-185.
- WEIDINGER, J.T., IBETSBERGER, H.J. (2000): Landslide dams of Tal, Latamarang, Ghatta Khola, Ringmo and Darbang in the Nepal Himalayas and related hazards; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 22, Sp. Issue, pp. 371-380.

- WEIDINGER, J.T. & SCHRAMM, J.-M. (1995): A Short Note on the Tsergo Ri Landslide, Langtang Himal, Nepal; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 11, Special Issue, pp. 281-287.
- WEISCHET, W. (1977): Die ökologische Benachteiligung der Tropen; Stuttgart.
- WEST, R.M. (1996): The Cenozoic of Nepal: mountain elevation and vertebrate evolution; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 14, pp. 11-19.
- WIECZOREK, G.F. (1996): Landslide Triggering Mechanisms; in: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (eds.): *Landslides: Investigation and Mitigation*; Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council; National Academy Press; Washington, D.C., pp. 76-90.
- WINDLEY, B.F. (1995): *The Evolving Continents*; John Wiley & Sons, Chichester, New York, pp. 526.
- World Bank / HMG (1994): *Emergency Flood Damage Assessment; Assessment of July 1993 Floods and Flood Estimation Procedures For Middle Mountains Regions of Nepal*; unpublished report submitted to the World Bank / HMG by the Snowy Mountains Engineering Corporation Limited.
- Worldwatch Institute (ed.) (1997): *Worldwatch Institute Report – Zur Lage der Welt 1997. Daten für das Überleben unseres Planeten*; Fischer Taschenbuch Verl., Frankfurt am Main, pp. 314.
- WU, T.H. & TANG, W.H. & EINSTEIN, H.H. (1996): *Landslide Hazard and Risk Assessment*; in: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (eds.): *Landslides: Investigation and Mitigation*; Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council; National Academy Press; Washington, D.C., pp. 106-118.
- YAMADA, T. & SHARMA, C.K. (1993): *Glacier Lakes and Outburst Floods in the Nepal Himalaya*; in: *Snow and Glacier Hydrology*, IAHS Publ. No. 218, pp. 319-330.
- YAMANAKA, H. & IWATA, S. (1982): *River terraces along the middle Kali Gandaki and Marsyangdi Khola, central Nepal*; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 2, Special Issue, Kathmandu, pp. 95-112.
- YAMANAKA, H., YOSHIDA, M. & ARITA, K. (1982): *Terrace landform and Quaternary deposit around Pokhara Valley, central Nepal*; in: *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 2, Special Issue, Kathmandu, pp. 113-142.

ZIMMERMANN, M. et al. (1986): Mountain Hazard Mapping in the Khumbu Himal, Nepal, with the Prototype Map, Scale 1:50.000; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 6, No. 1, pp. 29-40.

ZHENG BENXING (1989): The influence of Himalayan uplift on the development of Quaternary Glaciers; in: *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl. Bd. 76, pp. 89-115;

ZISCHINSKI, U. (1969): Über Sackungen; in: *Rock Mechanics*, Vol.1, pp. 30-52.

ZOMER, R. & MENKE, J. (1993): Site index and biomass productivity estimates for Himalayan alder-large cardamom plantations: A model agroforestry system of the Middle Hills of Eastern Nepal; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 13, No. 3, pp. 235-255.

ZURICK, D.N. (1990): Traditional knowledge and conservation as a basis for development in a West Nepal village; in: *Mountain Research and Development*, Vol. 10, No. 1, pp. 23-33.

Karten:

Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung (1993): „Annapurna“,
1: 100.000; München.

Department of Mines and Geology (DMG), HMG Nepal (1994): Geological Map of Nepal,
Scale 1:1.000.000; Kathmandu.

DOBREMEZ, J.-F., JOSHI, D.P., BOTTER, P., JEST, C & VIGNY, F. (eds.) (1984): Carte
écologique du Népal ; Butwal-Mustang 1 : 250.000 ; Centre national de la recherche
scientifique; Paris.

Finnmap, Finnland (1998): „Tatopani“, topographische Karte im Maßstab 1:25.000.

Land Resource Mapping Project, Kanada (LRMP 1978): Land capability map, Maßstab
1: 50.000; Land utilization map, Maßstab 1:50.000; Geological map of the Western
Development Region, Maßstab 1: 125.000.

Luftbilder:

Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung, München (1986).

Finnmap, Finnland (1996).

Land Resource & Mapping Project, Canada (LRMP) (1978).

Summary and conclusions

The present study, which has an earth sciences approach, will point out the important role of landslides for the mountain farming population and for the character of the landscape in the Nepalese Himalayas and, in particular, in the study area. Nepal is among the countries where landslides top the list of the natural hazards. This is discussed in detail using the example of the Sikha Valley, a branch valley to the east of the upper Kali Gandaki Valley, in the middle hills of Central Nepal in the southwestern Annapurna Massif. A differentiated view of landslides is presented, in which landslides are regarded as an integral part of the cultural landscape, the investigations having shown that slide areas neither constitute a total loss for agriculture nor are they simply waste land, rather they can be utilized in many different ways.

The causes of the landslides in the Sikha Valley and its surrounding area were analyzed in detail. Since geology supplies decisive aspects for decoding the causes of landslides, a large portion of this paper has been devoted to the geological background. The geological factors, such as the type of slope material, its bedding conditions as well as tectonics are the most important factors in a young and dynamic mountain region. Another cause which comes into consideration is the very heavy precipitation occurring mainly during the monsoon season and often falling in the form of heavy rains. The area's natural characteristics favor therefore the frequent occurrence of landslides.

It ultimately transpired that most of the landslides in the area studied have natural causes. Despite the sparseness of the data material available on the development of the population figures and the only poorly researched settlement history it was determined that the anthropogenic portion of the causes of the landslides is smaller than initially assumed. The factors listed above have created an impressive landscape which demanded of the mountain farmers of this region maximum skill in the art of terrace-building. For centuries they have secured their livelihood by means of careful terracing, even of steep slopes. The mountain farmers can accelerate the occurrence of landslides locally by means of improper land use, but this generally applies only to smaller, flat landslides, and these processes are generally classified as soil erosion.

It has not been possible until now to date landslides directly and reliably. This can only be done indirectly. Nor do sufficient findings exist to allow reliable statements as to the general development trend of the slide activity in the study area and also the period of time of about twenty years covered here is too short for reliable statements as to trends. On the basis of the results of the one-and-a-half years of fieldwork (1997-1999), the interviews and the evaluation of aerial photographs it was, however, possible to record qualitatively the slope movements that have taken place during the past two decades in the Sikha Valley and its near vicinity. Nor does the comparison of aerial photographs permit any clear statement as to

whether landslide activity on the whole is on the rise or not in the Sikha Valley since the slide areas are all overgrown, and the closed tree canopy makes a clear delimitation of the affected areas impossible. It is certain that extensive landslide areas crossed by many gullies and originating on the Ghar Khola are spreading further upslope and are also becoming wider. Particularly the slide area between the settlements of Chitre, Phalate and Sikha Mulpani, known as the “Phalate landslides” (1.9 km²) is expanding unabated. Most probably this entire active landslide area has been used for agriculture up until the recent past since in many places one can still recognize the remains of old terraces. In the long term, landslides are causing the loss of a very large area for agricultural cultivation.

The effects of the landslides on the environment are described in detail. They are very extensive, but cannot be described as “disastrous” within the meaning of Chapter 1.2.1. The negative consequences of landslides such as loss of land, destruction of infrastructure and death predominate by far, but the study shows that there are also positive consequences of these slope movements, an aspect that has until now been underrepresented in the literature. They should, however, not be neglected. It was the flattening of the topography caused by landslides that made settlement and agricultural utilization in the study area possible in the first place. The fact that extensive landslide areas, even those which are presently active, are stocked with *Alnus nepalensis* woods, which have many uses, lessens the pressure on the more valuable high forests. The slide areas also supply large quantities of fuelwood which is still the most important source of energy for the population in large areas of Nepal. Landslide areas can also be used as grazing areas and supply stone suitable for use as building material. Thanks to its good water-storing properties, slide material that has come to rest forms the best soils for, among other things, rice farming (favorable edaphic locations). In the long term, landslides supply fresh nutrients for the agriculturally cultivated areas, which they “fertilize”. Given the general lack of natural and artificial fertilizers in Nepal, this is extremely valuable.

It is difficult to ascertain a trend at present as regards the degradation of the environment in the Sikha Valley. Viewed in the long term, the situation as regards the quality of the agriculturally productive soil is deteriorating in the Sikha Valley, too, but this reduction in quality is a very gradual process and does not pose a direct threat to the existence of the inhabitants. They are for the most part Magar for whom, as opposed to the Chetri, alternative earning opportunities to agriculture are opening up to an increased extent in and outside of the Sikha Valley, particularly as Gurkhas in the British and Indian armies as well as in trekking tourism.¹²² These employment opportunities currently motivate a not insignificant portion of the population of the valley to migrate to the rapidly growing towns of Beni, Baglung, Pokhara or even Kathmandu or into the Terai. In higher areas of the Sikha Valley, i.e. above 2,500 m, many agricultural areas are therefore no longer cultivated. This takes some of the

¹²² This applies equally to the Gurung from the neighboring valleys to the east.

pressure off the natural resources, forest and soil, as can also be seen in many other areas of the mountain country of Nepal.

The way the so strongly present landslides are dealt with does not therefore point to a crisis situation but to a normal everyday situation for the mountain farmers with which they have learned to live. Over the course of time the mountain farmers have adapted remarkably well to the changing environment. They have also developed numerous measures for curbing the landslides. The problem of the uncontrolled grazing by free-roaming cattle is, however, still unsolved. However, the recent fencing of some higher areas has already shown positive effects where this fencing is adhered to. It is possible that the slide activity in the listed slide areas can also be curbed in the medium term with the help of cost-effective biotechnological measures. The landslides would then no longer endanger the settlements lying below in the principal settlement area of the Sikha Valley for the time being.

The work in the Sikha Valley has shown that, on the whole, the agriculturally cultivated area there is gradually, but steadily, decreasing at present. Every year terraces are lost due to the gradual expansion of the landslides which have already been long active or, more rarely, by first-time landsliding. Although the mountain farmers are recultivating them independently in many promising locations, this can only make up to a minor extent for the areas lost. Depending on the extent of the damage, in many cases one cannot begin with recultivation until several years or even decades have passed. Moreover, many of these terraces have not recovered their original quality even then and can, therefore, only be used in rain-fed farming and no longer as irrigated land.

The topographic location of the principal villages in the study area still appears to be predominantly safe. However, again and again more recent individual scattered farms are threatened and even destroyed. The shape of the villages will therefore continue to change as a consequence of the slope movements. Houses standing scattered on the slope are disassembled by the mountain farmers when directly threatened by landslides and re-erected again where it is assumed to be safe, usually on one of the trekking routes. Consequently, a scattered settlement is gradually transformed into a row settlement, a "route-side village".

Despite their extent, the landslides in the Sikha Valley are not spectacular by Nepalese standards since they occur predominantly on relatively gently sloping dip slopes and are for the most part overgrown and only recognizable from a short distance. They belong to the category of the low-magnitude / high-frequency events. The only exception is the far larger Tatopani landslide which, with an elevation of 540 m, is a high-magnitude / low-frequency event. The Tatopani landslide occurred in September 1998 (in an El Niño / La Niña year), during the fieldwork in the study area, and was used in this study as a case study of a particularly spectacular landslide (Chap. 6).

Verzeichnis der Figuren

| | Seite: |
|--|---------------|
| Fig. 1: Die Lage des Arbeitsgebietes Sikha Valley innerhalb Nepals. | 3 |
| Fig. 2: Naturräumliche Einheiten Nepals. | 15 |
| Fig. 3: Auftreten von Naturgefahren in naturräumlichen Groseinheiten Nepals. | 18 |
| Fig. 4: Einteilung von Naturgefahren in Nepal nach den Kriterien Reichweite, Intensität und Häufigkeit (<i>intensity / frequency</i>). | 19 |
| Fig. 5a: Zahl der Todesopfer bei Rutschungen des Jahres 2001 in Nepal (nach Distrikten). | 25 |
| Fig. 5b: Zahl der Todesopfer bei Rutschungen des Jahres 2002 in Nepal (nach Distrikten). | 25 |
| Fig. 6: Das Kernarbeitsgebiet Sikha Valley. | 37 |
| Fig. 7: Geologische Übersicht zum Himalaya. | 43 |
| Fig. 8: Naturräumliche und geologisch-tektonische Gliederung des nepalischen Himalaya. | 44 |
| Fig. 9: Geologisches Querprofil des Sikha Valley. | 47 |
| Fig. 10: Verteilung der Höhenlagen im Sikha Valley. | 57 |
| Fig. 11: Langjährige Jahres- und Monsunniederschlagsmittel (in mm) in Stationen entlang des oberen Kali Gandaki. | 61 |
| Fig. 12: Tatopani: Niederschlagsdiagramm (1970 – 2000). | 62 |
| Fig. 13: Ghorepani: Niederschlagsdiagramm (1970 – 2000). | 62 |
| Fig. 14: Baglung: Niederschlagsdiagramm (1970 – 2000). | 63 |
| Fig. 15: Ghandruk: Niederschlagsdiagramm (1977 – 1999). | 63 |
| Fig. 16: Tatopani: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1970 – 2000). | 64 |
| Fig. 17: Ghorepani: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1970 – 2000). | 64 |
| Fig. 18: Baglung: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1970 – 2000). | 65 |
| Fig. 19: Ghandruk: Niederschlagsdiagramm – Monatsmittel (1977 – 1999). | 65 |
| Fig. 20: Bevölkerungsentwicklung in Nepal, im Myagdi Distrikt und in den benachbarten Bergland-Distrikten im Zeitraum 1991 – 2001. | 75 |
| Fig. 21: Bevölkerung in Sikha VDC nach einem Zensus von 1990. | 76 |
| Fig. 22: Obstbaum- und Viehbestand im Sikha Valley 1998. | 79 |
| Fig. 23: Grundtypen von Rutschungen nach Art der Bewegung (nach dem <i>Multilingual Landslide Glossary</i> , UNESCO-WP/WLI 1993). | 86 |
| Fig. 24: Der Sikha-Hang, ein Schichtflächenhang. | 89 |
| Fig. 25: Der Sikha-Hang und südlich anschließende Schichtflächenhänge. | 90 |
| Fig. 26: Übersichtskarte zu den wichtigsten aktiven Rutschungsgebieten im Sikha Valley. | 94 |

| | | |
|---|---|-----------|
| | 181 | |
| Fig. 27 | Der Sikha-Hang mit den Phalate-Rutschungen. | 99 |
| Fig. 28: | Die wichtigsten Ursachen für Rutschungen im Sikha Valley. | 115 |
| Fig. 29: | Tatopani / Kali Gandaki: Höhe der Tagesniederschläge im September 1998. | 121 |
| Fig. 30: | Siedlungsabfolge im Sikha Valley. | 138 |
| Anhang – Röntgenspektrogramme (I – III) | | 186 – 188 |
| Fotos (1 – 48) | | 190 – 214 |

Verzeichnis der in der Arbeit vorkommenden nepalischen Bezeichnungen und Eigennamen

| | |
|--------------|---|
| ashina | Hagelschlag, |
| gahun | Weizen, |
| ban | Wald, |
| bansamiti | „Waldbeauftragte“ einer adm. Verwaltungseinheit, |
| bari | Regenfeldbauterrasse, |
| bato | Weg, |
| beni | Zusammenfluß, |
| bensi | Talgrund, |
| bhanjyang | Paß, |
| bhir | Kliff, Steilhang |
| bugyen | hochalpine Weide, |
| danda | Hügel, Bergrücken, |
| daura | Brennholz, |
| deorali | Paß, |
| dhunga | Stein, |
| dhunga khani | Steinbruch, |
| gandak | Fluß (großer), |
| gaon | Dorf, |
| ghar | Haus, |
| himal | mit ewigem Schnee bedeckter Berg, |
| kali | schwarz, |
| kath | Holz, |
| kharka | Weide, Alm, |
| khet | bewässerte Ackerterrasse (für Naßreis oder Hirse), |
| khola | Fluß (kleiner bis mittelgroßer), |
| kodo | Hirse, |
| mades | Flachland, Himalayavorland, |
| mato | Boden (<i>topsoil</i>), |
| mukhya | Dorfvorsteher (veraltet), |
| mul | Quelle, |
| pahar | nepalisches Bergland, |
| pahiro | Rutschung, |
| pani | Wasser, |
| pokhari | kleiner See, Teich, |
| rato | rot, |
| rukh | Baum, |
| sal | Salbaum (<i>Shorea robusta</i>), |
| seti | weiß, |
| tal | der See, |
| thanti | (Schutz-)Unterkunft für (Muktinath-)Pilger, |
| thulo | groß, |
| uttis | Nepalische Erle (<i>Alnus nepalensis</i>), |
| VDC | nep. Verwaltungseinheit unter der Distriktebene |
| ward | nep. Verwaltungseinheit; i.d.R. bilden 9 wards ein VDC, |

Eigennamen:

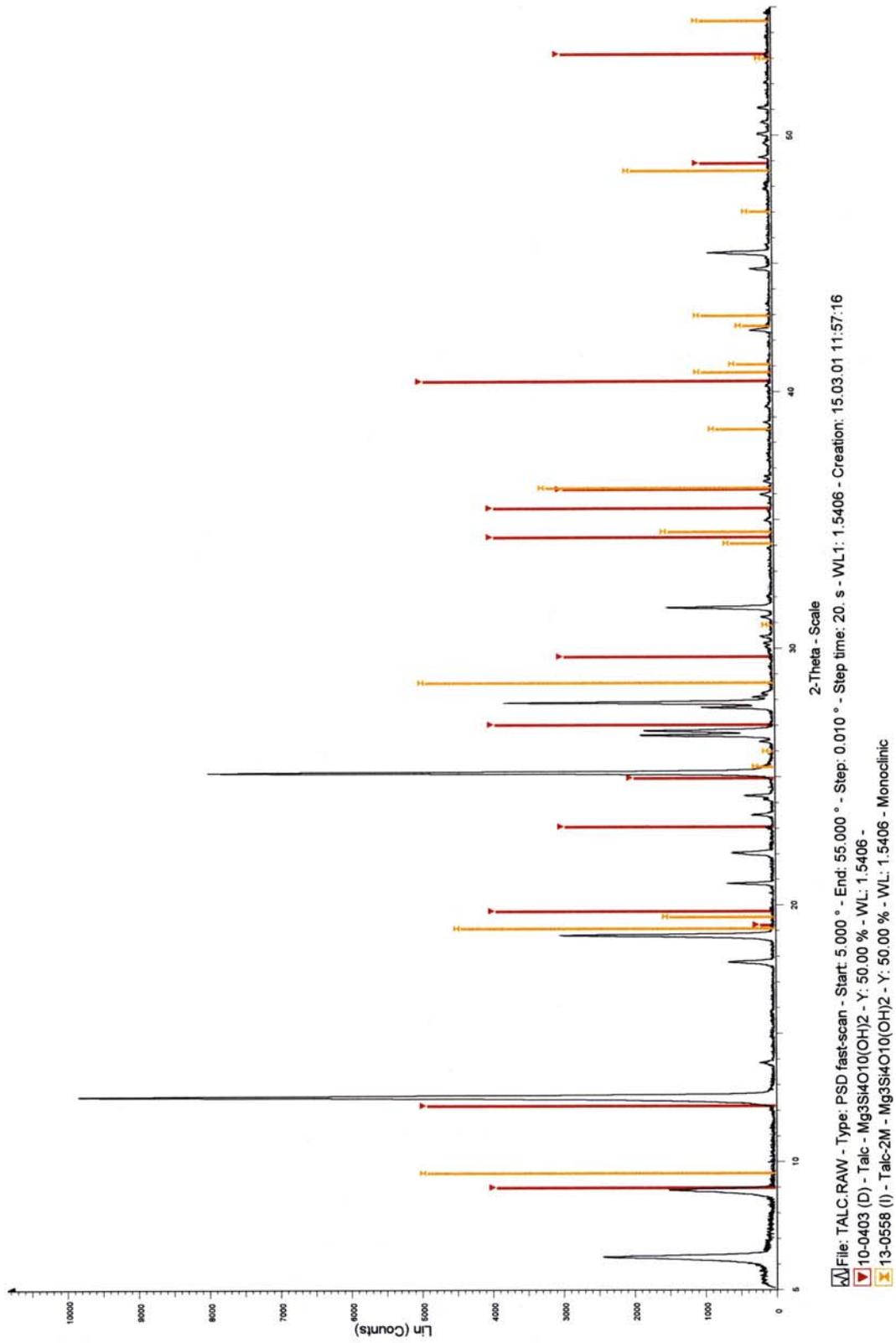
| | |
|----------------|--|
| Baraha Pokhari | <i>baraha</i> – lokale Gottheit im Sikha Valley; <i>pokhari</i> – kleiner See, Teich, |
| Ghorepani | Pferde-Wasser, |
| Jogi Mara | <i>Saint Killer</i> (Rutschungsname an der Straße Kathmandu – Mugling,) |
| Mt. Khaer | nach <i>khaer</i> – lokale Gottheit im Sikha Valley, |
| Mahadev Bensi | <i>Foothill of Mahadeva</i> , Gott der Zerstörung, (Rutschungsname an der Straße Kathmandu – Mugling Kathmandu – Mugling), |
| Phalate | von <i>phalat</i> – Eichenart, häufig in der unteren Nebelwaldstufe |
| Poon Hill | Berggrücken, nach dem Magar- Hauptclan im Sikha Valley, den <i>Pun</i> , benannt, |
| Sikha | ?? |
| - Tallo S. | das Unterdorf, |
| - Upallo S. | das Oberdorf, |
| Tatopani | Heisses-Wasser, |
| Thulo Kharka | Große Weide (Alm), |

Verzeichnis der Abkürzungen

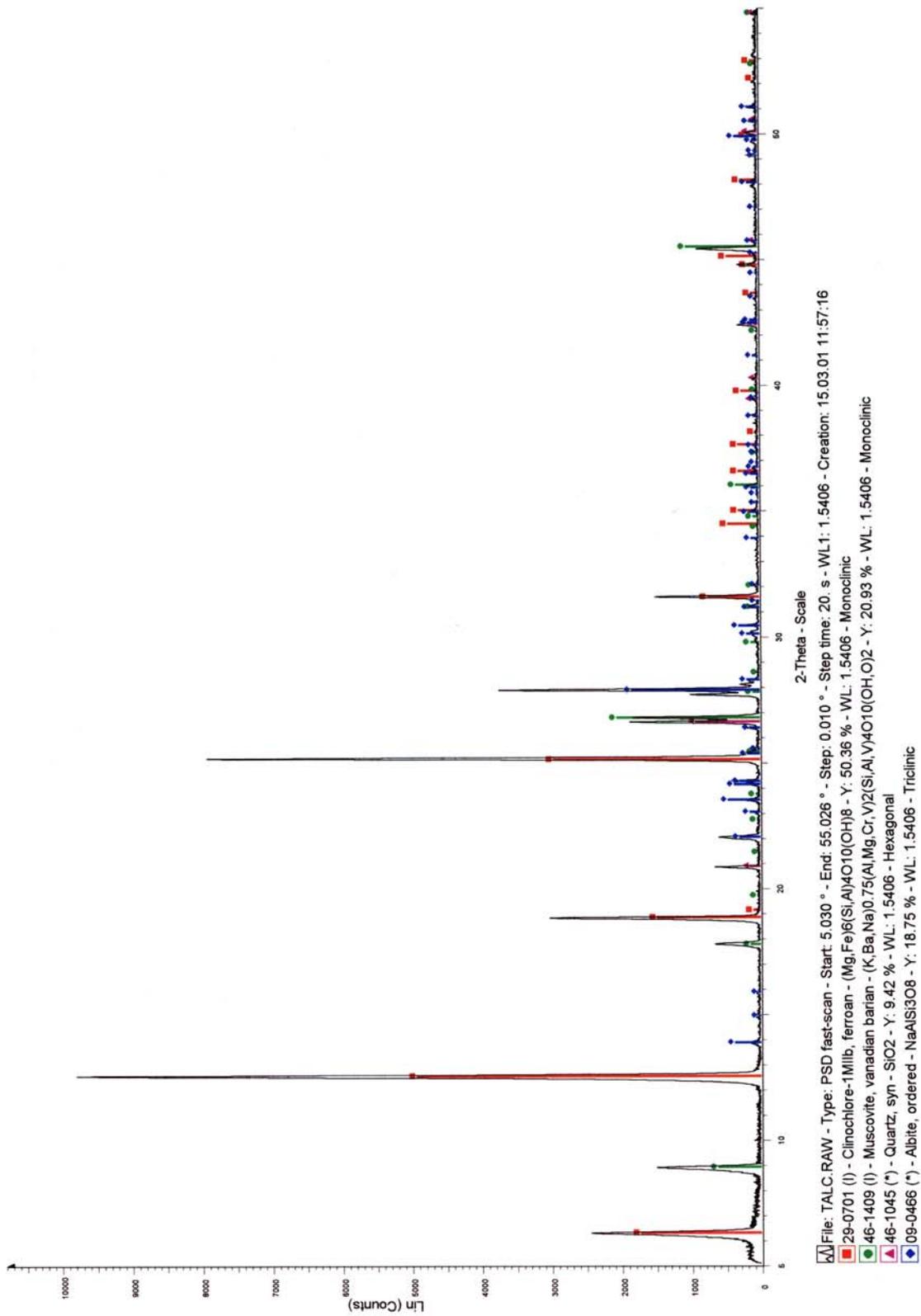
| | |
|--------------|---|
| ACAP | Annapurna Conservation Area Project |
| ADB | Asian Development Bank |
| BGR | Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe, Hannover |
| DHM | Department of Hydrology and Meteorology, HMG Nepal |
| GTZ | Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit |
| HDI | Human Development Index |
| HMG | His Majesty's Government |
| IDNDR | Internationale Dekade zur Katastrophenvorbeugung (International Decade for Natural Disaster Reduction) |
| KMTNC | King Mahendra Thrust for Nature Conservation |
| MCT | Main Central Thrust |
| UNCED | United Nations Conference on Environment and Development |
| UNDP | United Nations Development Programme |
| UNESCO WP/WI | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Working Party for Landslide Inventory |
| VDC | Village Development Committee |

Anhang

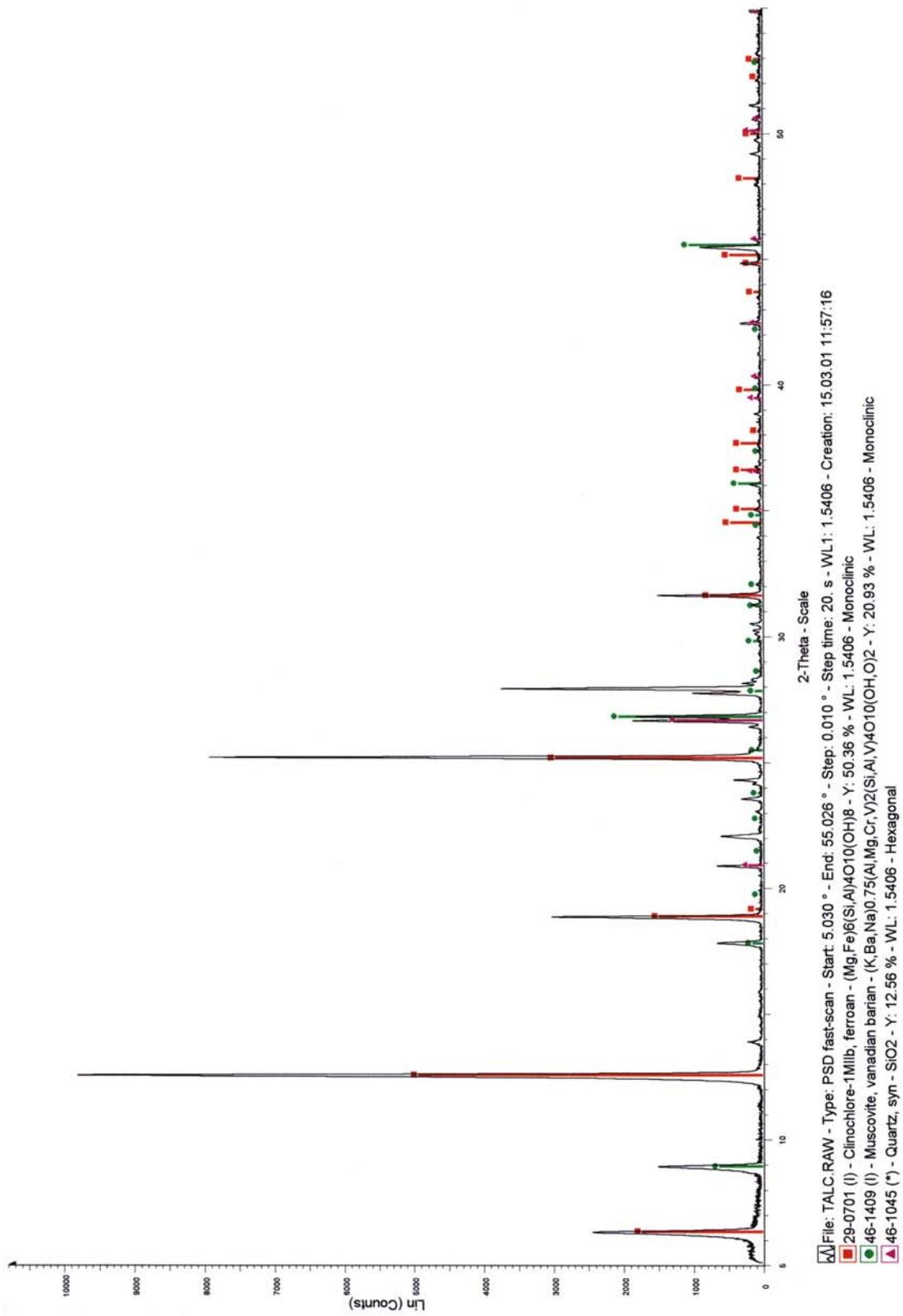
Untersuchungen zum Talkgehalt im Phyllit; Röntgenspektrogramme I, II und III;
durchgeführt unter der Leitung von Prof. Dr. Rainer Altherr,
Mineralogisches Institut der Universität Heidelberg.



Röntgenspektrogramm I



Röntgenspektogramm II



Röntgenspektrogramm III

Fototeil

Alle Fotos bis auf Foto 21 (Mr. Bhuwan Gauchan, Tatopani) sind eigene Aufnahmen.



Foto 1: Sikha Valley, das Einzugsgebiet des Ghar Khola. Blick vom Ghorepani-Rücken (3.210 m) gegen das sich im Hintergrund erhebende Dhaulagiri-Massiv (8.164 m). Dazwischen liegt das Kali Gandaki Valley (Talsole bei der Mündung des Ghar Khola in den Kali Gandaki in 1.180 m Höhe). Aufnahme gegen NW – 30.11.1998.



Foto 2: Sikha Valley vom Mundra Caravane Dil (3.120 m) jenseits des Kali Gandaki aus gesehen. Im Hintergrund, an der Talumrahmung, erhebt sich der Ghorepani-Rücken. Von dort wurde das Foto 1 aufgenommen. Links unten im Bild die Tatopani-Rutschung (mit Pfeil) vom 26.9.1998 oberhalb des Kali Gandaki. Das Dorf Sikha ist mit x markiert. Aufnahme gegen SE – 25.10.1999.



Foto 3: Das Magardorf Tallo Sikha (1.955 m), ein geschlossenes Haufendorf. Rechts von den Häusern eine terrassierte fossile Rutschung, die an der typischen Schüsselform noch als Rutschung zu erkennen ist. Aufnahme kurz nach dem Einsetzen des Sommermonsuns – 11.6.1999.



Foto 4: Das Magardorf Upallo Sikha (2.010 m, 15 Gehminuten oberhalb Tallo Sikha gelegen), ein geschlossenes Haufendorf, vom Gegenhang aus gesehen (gegen Ende der Trockenzeit). Aufnahme gegen SW – 16.4.1997.



Foto 5: Bewässerte Reisterrassen (*khet*-Terrassen) mit Futterbäumen unterhalb des Dorfes Ghara (1.420 – 1.580 m); gleicher Ausschnitt wie bei Foto 6. Direkt dahinter eine mit Nepalischen Erlen (*Alnus nepalensis*) dicht bewachsene Rutschung (vgl. Foto 6). Aufnahme in der Zeit der Reisernte – 28.10.1999.



Foto 6: Reisterrassen mit Futterbäumen unterhalb des Dorfes Ghara (1.420 – 1.580 m); gleicher Ausschnitt wie bei Foto 5. Die Rutschung ist jetzt sichtbar, da die Erlen *Alnus nepalensis* ihr Laub abgeworfen haben. Aufnahme in der ausgehenden Trockenzeit – 16.3.1998.



Foto 7: Reisterrassen auf fossilen Rutschungen unterhalb von Ghara. Viele fossile Blockströme durchziehen den Hang. Die großen Blöcke werden in die Terrassen integriert und dienen deren Standfestigkeit. Sie verhindern, daß das Feinmaterial im Hangsubstrat sowie die Nährstoffe nach starken Niederschlägen ausgewaschen werden können. Aufnahme – 24.11.1998.



Foto 8: Detail von Foto 7. Reisterrassen auf fossilen Rutschungen unterhalb von Ghara. Der Waldstreifen (*Alnus nepalensis*) dahinter markiert eine tief eingeschnittene erosive Rinne (Gully). Aufnahme – 19.11.1998.



Foto 9: Birauta-Rutschung (um 1.600 m) im Sikha Valley (topographische Lage siehe Fig. 26). Derselbe Hangbereich wie auf Foto 8, vom Gegenhang aus gesehen. Aufnahme – 23.10.1999.

Foto 10: Birauta-Rutschung (um 1.600 m). Nahaufnahme von Foto 9 mit dem während des Sommermonsuns 1998 aufgefrischten siedlungsnahen Rutschungsbereich. Aufnahme – 23.10.1999.

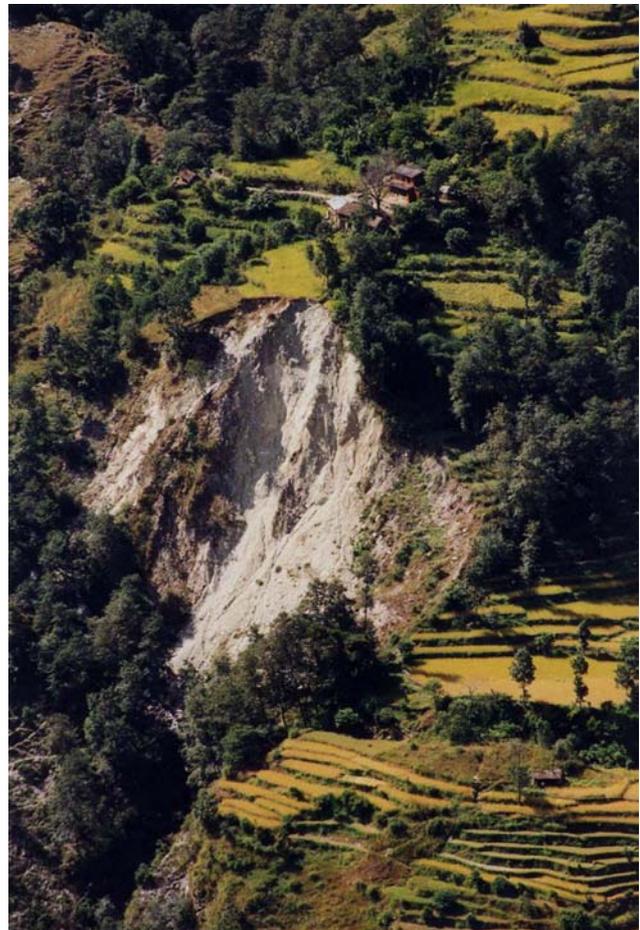




Foto 11: Blick von Sikha Deorali (2.036 m) talauf. Zu Anfang der Monsunzeit sind hier zahlreiche Rutschungen kaum sichtbar, da sie größtenteils bewaldet sind. Die meisten dieser Wälder bestehen beinahe ausschließlich aus Beständen der Nepalischen Erle (*Alnus nepalensis*). Aufnahme gegen SSE – 10.6.1999.



Foto 12: Detail von Foto 11. Sikha Mulpani; links unten im Bild, direkt am Ausgang einer sehr aktiven Rutschung, steht die Sikha Schule mit Hof. Aufnahme – 10.6.1999.



Foto 13: Sikha Valley vom Dharam-Rücken aus gesehen (3.535 m). Hier zu sehen der Sikha-Hang; ein Schichtflächenhang (*dip slope*), auf dem sich das Rutschungsgeschehen im Tal konzentriert. Aufnahme gegen SW – 14.11.1999.



Foto 14: Thulo Kharka (um 2.700 m) mit geschneitelten Bäumen und infolge der Abwanderung aus peripheren Lagen aufgegebenen *bari*-Terrassen (Regenfeldbau). Aufnahme – 22.11.1998.



Foto 15: Der große Thulo Kharka-Rutschbereich mit zahlreichen sekundären Rotationsrutschungen (unterhalb des Bereiches von Foto 14). Aufnahme gegen SSW – 27.4.1999.



Foto 16: Tadapani-Paß (2.721 m), ein wichtiger Übergang auf dem Weg vom Sikha Valley nach Ghandruk bzw. nach Chomrong im oberen Modi Khola Valley. Die obere Nebelwaldstufe mit blühenden, bis über 15 m hohen Rhododendren (*Rhododendron arboreum*). Aufnahme – 31.3.1999.



Foto 17: Die Ulleri-Rutschung (Krone der Rutschung in 2.090 m Höhe), verursacht durch Uferunterschneidung des Bhurungdi Khola am Hangfuß. Eine typische Situation: der Abgang der Rutschung erfolgte an der Grenze „Primärwald“ / Sekundärwald (hier Buschwald), jedoch nicht im aktuell kultivierten Gebiet. Aufnahme – 11.6.1999.



Foto 18: Der Dharam-Rücken (3.574 m) am nordöstlichen Rand des Sikha Valley. Weidegebiete nahe der oberen Waldgrenze. Weidelichtungen mit Hirtenunterkünften um 3.455 m. Rechts im Hintergrund der Poon Hill (3.210 m). Aufnahme – 9.11.1999.

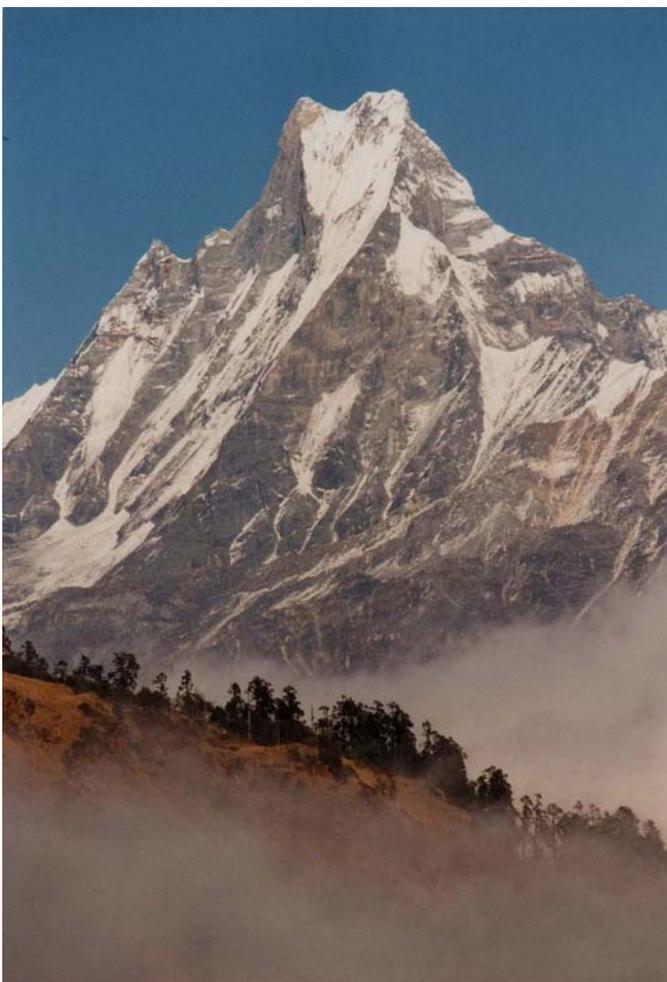


Foto 19: Der heilige Berg mit dem steilen Doppelgipfel – Machhapuchhare (6.993 m). Im Vordergrund die obere Nebelwaldstufe (v.a. *Abies spectabilis* und *Tsuga dumosa*) am Dharam-Rücken (3.265 m). Aufnahme gegen ENE – 30.11.1998.



Foto 20: Die während der Monsunzeit stark genutzten hochalpinen Weidegebiete (4.615 m) am Mt. Khaer (4.703 m). Links im Hintergrund der Gipfel des Annapurna-Süd (7.219 m). Aufnahme – 11.11.1999.



Foto 21: Das Dorf Tatopani (1.220 m) 2-3 Stunden nach dem ersten Abgang der Tatopani-Rutschung (siehe auch Fotos 22-25). Der Pegel des vollständig aufgestauten Kali Gandaki steigt und setzt Tatopani langsam unter Wasser (Aufnahme: Bhuwan GAUCHAN, Tatopani, 26.9.1998).



Foto 22: Die Tatopani-Rutschung (Felsgleitung, *rock slide*) 24 h nach dem Hauptrutschungsabgang. Der Kali Gandaki hat den frisch entstandenen Rutschungsdamm bereits durchbrochen. Viele Überhänge entlang der Rutschungskrone (1.760 m) gehen immer noch als kleinere Felsstürze (*rock falls*) ab und erzeugen große Staubwolken. Aufnahme – 27.9.1998.

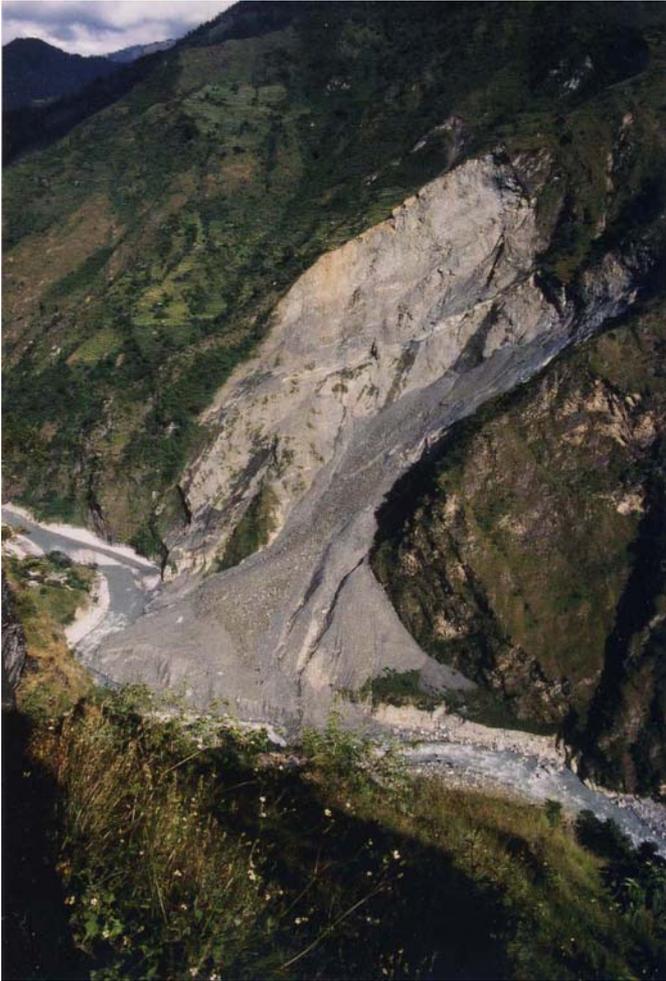


Foto 23: Die Tatopani-Rutschung mit der Talsohle des Kali Gandaki Valley ein Jahr nach dem Rutschungsabgang. Blick vom Gegenhang (Bhurung) aus. Aufnahme gegen NE – 24.10.1999.

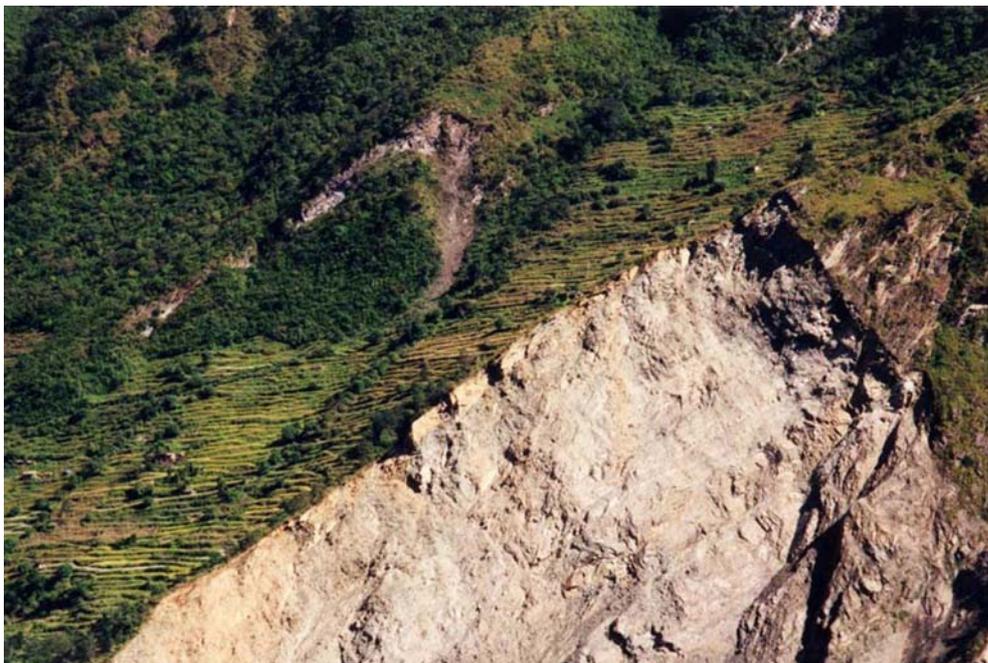


Foto 24: Detail von Foto 23. Die Tatopani-Rutschung; der Hauptabriß mit der Krone (1.760 m) der Rutschung; links davon eine ältere Rutschung. Aufnahme – 24.10.1999.



Foto 25: Fuß der Tatopani-Rutschung in der Talsohle des Kali Gandaki Valley. Das flußaufwärts gelegene Dorf Tatopani (1.220 m) wurde nur an seinem südlichsten Rand erfaßt (drei Häuser zerstört). Die Uferterrasse war bereits in den 1980er Jahren durch mehrmalige Hochwässer teilweise zerstört worden. Aufnahme gegen SSW – 23.10.1999.



Foto 26: Die Kali Gandaki-Schlucht zwischen Tatopani und Tiplyang. Blick flußabwärts nach Süden. Links oben das Sikha Valley mit dem Schichtflächenhang (Sikha-Hang). Aufnahme – 24.10.1999.



Foto 27: Eine Magarfamilie aus Goganpani vor ihrem Maisspeicher. Goganpani (1.830 m) liegt direkt oberhalb der Tatopani-Rutschung. Aufnahme – 23.10.1999.



Foto 28: Ein Magar aus Ghorepani mit einem verletzten Waldvogel in der Nähe des Ghorepani-Passes (2.874 m). Aufnahme – 11.6.1999.



Foto 29: *Debris flow*-Terrassen bei Pokhara. Dank dieser Rutschungen ist eine fruchtbare Reislandschaft entstanden. Große Rutschungen am tief zerrachelten Gegenhang lassen das Aussehen des Pokharabeckens vor dem Abgang der riesigen *debris flows* erahnen (das letzte von drei angenommenen Mega-events soll vor 600-1100 Jahren stattgefunden haben). Aufnahme – 30.5.1999.



Foto 30: Ein *debris flow* (Mure) verwüstete im August 1999 einige Reisterrassen bei Sudame am Bhurungdi Khola. Ablagerungen von mehreren solchen *debris flows* wurden in diesem Hangbereich bereits schnell und sehr erfolgreich rekultiviert in den letzten Jahren. Aufnahme – 25.10.1999.



Foto 31: Träger mit ihrer Last auf dem Hauptverkehrsweg im Kali Gandaki Valley (Strommasten für die Weiterführung der Stromleitung im Sikha Valley). Aufnahme – 16.3.1998.



Foto 32: Ein Gurung bringt Bauholz nach Hause. Aufnahme – 3.1.1999.

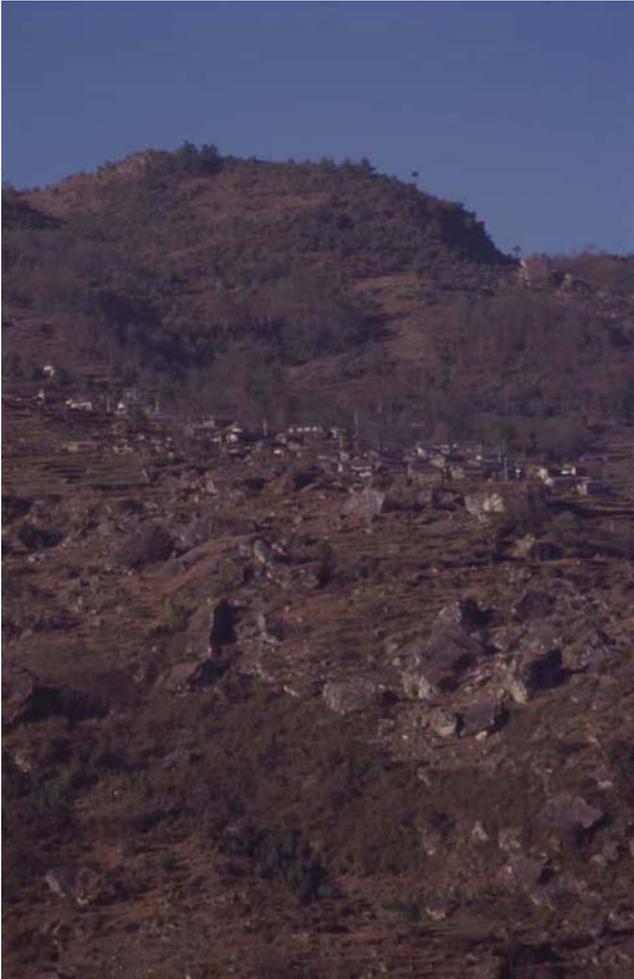


Foto 33: Das auf einem fossilen Blockstrom errichtete Magardorf Khibang (2.060 m), die älteste Siedlung im Sikha Valley. Bis über 10 m^3 große Blöcke wurden direkt in die Hauskonstruktionen integriert. Das erhöht die Standsicherheit der Gebäude und spart gutes Ackerland (siehe auch Foto 34). Aufnahme gegen SW – 26.11.1998.



Foto 34: Das Magardorf Khibang (2.060 m) im Sikha Valley; ein Detail von Foto 33. Links im Bild steht ein Haus mit einem früher in der Region weitverbreiteten ovalem Grundriß, das direkt auf einem großen Felsblock errichtet wurde. Aufnahme – 26.11.1998.



Foto 35: Blick flussaufwärts auf das Modi Khola Valley unterhalb von Naya Pool (1.040 m); gleiche Ansicht wie auf Foto 36. Uferabbrüche an Prallhängen. Bleiben die Ufer (bzw. Uferterrassen) unbefestigt, geht jährlich wertvolles Bewässerungsland verloren. Parallel zum Rutschungsrand sind bereits neue Zerrspalten (*cracks*) sichtbar. Aufnahme in der Mitte der Trockenzeit – 20.1.1999.



Foto 36: Das Modi Khola Valley unterhalb von Naya Pool (1.040 m); gleiche Ansicht wie auf Foto 35. Gegen Ende der Monsunzeit hat sich das Landschaftsbild völlig verändert. Aufnahme – 21.9.1999.



Foto 37: Sikha Valley – großflächige, größtenteils mit Nepalischen Erlen (*Alnus nepalensis*) bestandene Phalate-Rutschungen (um 2.300 m). Aktiver Rutschungsbereich mit Terrassenresten in Insellage. Aufnahme – 22.4. 1997.



Foto 38: Sikha Valley, Phalate-Rutschungen (um 2.300 m). Detailansicht von Foto 37. Ein steilwandiger aktiver Gully. Inaktive bzw. zeitweilig inaktive Bereiche sind bis zum Gullyrand von *Alnus nepalensis*-Wald bestanden. Aufnahme – 22.4. 1997.



Foto 39: Detail von Foto 11. Erlen- (*Alnus nepalensis*-)Wald auf einer Rutschung. Die Erlen können aktive Rutschungen besiedeln und langsam mit dem Hangsubstrat mitrutschen, auch noch, wenn ihre Wurzeln schon teilweise freigelegt sind. Sie bilden hier einen großen und schnell nachwachsenden Brennholzvorrat. Aufnahme – 25.1.1999.



Foto 40: Phalate-Rutschungen (um 2.300 m). Ältere Exemplare von *Alnus nepalensis* werden von Magar aus Sikha auch als Bauholz genutzt. Aufnahme – 23.4. 1997.



Foto 41: Baiseri am Kali Gandaki (960 m). In der Monsunzeit (August 1998) löste sich vom oberen Kliffrand ein kleinerer Felssturz. Die Sturzmasse sprang über einen rampenähnlichen Felsvorsprung auf das gegenüberliegende Flußufer und zerstörte drei Häuser am Nordrand des Dorfes Baiseri. Aufnahme – 16.11.1998.



Foto 42: Felssturz (*rock fall*) von Baiseri am Kali Gandaki (960 m). Detailansicht von Foto 41. Aufnahme – 16.11.1998.



Foto 43: Ein Felssturz vom August 1998 nahe Sudame (1.280 m) am Burungdi Khola. Nach einem Jahr bereits wieder begrünt. Der Akkumulationsbereich der Rutschung kann in wenigen Jahren wieder terrassiert werden. Alle auf dem Foto sichtbaren Reisterrassen wurden vor wenigen Jahren auf Rutschungsmaterial angelegt. Aufnahme – 19.9.1999.



Foto 44: Schule oberhalb von Tirkhedunga (1.560 m) am Burungdi Khola. Ein frischer *debris flow* hatte zwei Monate zuvor einige Reisterrassen zerstört. Die gesamte Umgebung besteht aus ähnlichen fossilen, bereits völlig rekultivierten Rutschungen. Aufnahme – 17.10.1999.



Foto 45: Der dreiecksförmige Thulo Kharka-Rutschungsbereich mit dem Sikha Paß (2.730 m) vom Gegenhang (Khopara-Rücken 3.710 m) aus gesehen. Aufnahme gegen SW – 16.11.1999.



Foto 46: Der Weiler Sonari (1.340 m), am Fuße eines Bergrückens, der zum Mundra Caraune Dil (3.120 m) führt, gelegen. Im Gipfelbereich des sichtbaren Steilwand (bis 2.599 m) wurden die Grashänge vollständig abgebrannt. Phyllitersatz quillt aus der Wand und bildet weiße Schlieren am Kliff. Am rechten Bildrand ist der Kali Gandaki zu sehen; 4 km unterhalb von Tatopani. Aufnahme gegen N – 23.1.1999.



Foto 47: Der Lower Barun Lake (4.560 m) im Makalu-Massiv. Dieser Gletschersee brach höchstwahrscheinlich in den 1980er Jahren aus (Gletscherseeausbruch = GLOF). Seitdem füllt sich der heute 1,55 km lange See wieder. Im Hintergrund der Chamlang (7.319 m). Aufnahme aus 5.045 m gegen SW – 16.10.1996.



Foto 48: Das Dorf Bagarchhap (2.082 m) am oberen Marsyangdi Khola. Im November 1995 forderte dort ein *debris flow* (eine Mure) 20 Todesopfer und zerstörte 18 der 35 Häuser. Katastrophen von ähnlichem Ausmaß sollen sich nach Angaben der Dorfbewohner genau dort bereits 1945 und 1970 ereignet haben. Die Häuser (*trekking-lodges*) werden jedoch an der ursprünglichen Stelle, am bekannten Trekkingweg (*Annapurna Circuit*) wieder aufgebaut. Aufnahme – 28.3.1997.