

**NATURGEFAHREN UND NATURRISIKEN IM
NEPĀL-HIMĀLAYA**

EINE GEOGRAPHISCHE ANALYSE VON URSACHEN,
AUSWIRKUNGEN UND DER WIRKSAMKEIT VON
SCHUTZMASSNAHMEN

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
„Doktor der Naturwissenschaften“

am Fachbereich für Mathematik und Informatik,
Physik und Geographie der
Justus–Liebig–Universität Gießen

Institut für Geographie

vorgelegt von
Alexandra Titz

Gießen, 2005

D 26

Dekan: Herr Prof. Dr. V. Metag

1. Gutachter: Frau PD Dr. P. Pohle
2. Gutachter: Herr Prof. Dr. W. Haffner

Datum der Disputation: 18. Juli 2005

DANKSAGUNG

Zu Beginn der vorliegenden Arbeit gebührt mein besonderer Dank meinen Lehrern Frau PD Dr. P. Pohle und Herrn Prof. Dr. W. Haffner. Ihnen verdanke ich neben der eigentlichen Anregung zur Dissertation und dem Forschungsthema eine große Offenheit gegenüber fachinhaltlichen Interessen und eine stete Diskussionsbereitschaft. Sie haben mir ein freies und unabhängiges Arbeiten ermöglicht, standen mit ihrem großen fachlichen Wissen und praktischen Erfahrungen immer zur Seite und haben den Fortgang meiner Arbeit mit großem Interesse begleitet.

Mein Dank gilt ferner all jenen, die zur Planung und Durchführung der Geländearbeiten in Nepāl beigetragen haben. Ganz besonders möchte ich mich bei allen nepalesischen Mitarbeitern und Helfer bedanken. An erster Stelle sind meine Mitarbeiter Govinda Tamang (Thulopthal/Dolakhā Distrikt), Penpa Lama (Pokharā/Kāski Distrikt) und Bakhat Lama (Mirge/Dolakhā Distrikt) zu nennen, deren Tätigkeit als Organisatoren, Übersetzer und Begleiter bei den Feldarbeiten von unschätzbarem Wert gewesen ist. In diesem Zusammenhang gilt mein Dank allen nepalesischen Familien, die mich während meiner Feldaufenthalte stets offen und mit herzlicher Gastfreundschaft in ihr Zuhause aufgenommen haben und mich dadurch an ihrem Leben haben teilhaben lassen. Ein herzliches Dankeschön gilt ebenfalls allen Mitarbeitern des *Nepal Research Centers* in Kāṭhmāṇḍu, das während meiner Nepalaufenthalte zu einem zweiten Zuhause geworden ist. Auch Herrn G. B. Kalikote, dem ehemaligen langjährigen Manager des Centers, sei für die Hilfe bei der Überwindung manch organisatorischer Schwierigkeiten zu Beginn meiner Arbeiten in Nepāl gedankt. Für zahlreiche Anregungen, Diskussionen und die Bereitstellung von Materialien sei folgenden Personen gedankt: Frau Anu Newa und Frau Ishanu vom *Survey Department/HMG, Ministry of Forests*, Herrn Dr. M. B. Poudyal Chhetri vom *Home Ministry*, Frau Greta Rana und Herrn Pradeep Mool vom *International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD)*, Herrn Man B. Thapa vom *United Nations Development Programme (UNDP)/Disaster Management Programme*, Herrn Rupendra R. Shakya vom *Department of Mines and Geology* sowie Herrn Shree Khamal Dwivedi vom *Department of Water Induced Disaster Preparedness (DWIDP)*.

Dem Evangelischen Studienwerk e.V. Villigst und dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) danke ich für die finanzielle Unterstützung meines Dissertationsprojektes.

Für die Mithilfe bei der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit bis zur Druckreife gilt mein Dank Lisett Ritter und Bernd Goecke für die Bearbeitung von Abbildungen und Karten sowie Luise Rogalla, Werner Henn und Roland Wittner für das Korrekturlesen des Manuskripts.

Meiner Familie möchte ich herzlich für die vielfältige Unterstützung und das Verständnis danken, die sie mir während meiner Feldaufenthalte und der Ausarbeitung der Dissertation zu Teil werden ließen.

VERSCHRIFTUNGSREGELN

Die Transliteration von Nepāli-Wörtern erfolgte in Anlehnung an TURNER (1980), die Verschriftung der Nepāli-Toponyme orientierte sich an den amtlichen nepalesischen Karten. Die Verschriftung der Eigennamen von Personen erfolgte in Anlehnung an die jeweils verwendeten Quellen.

Es gelten die folgenden Ausspracheregeln:

ā	ist ein langer Vokal wie <i>a</i> im englischen <i>car</i>
ã (ũ, ã, õ)	die Tilde über einem Vokal bezeichnet Nasalisierung, <i>ã</i> wie <i>en</i> im französischen <i>encore</i>
ṭ (ḍ, ṇ, ṣ)	der Punkt unter einem Konsonanten markiert einen Retroflexlaut, <i>ṭ</i> und <i>ḍ</i> wie <i>tin</i> und <i>dog</i> im Englischen
h	einem Konsonanten folgend, wird deutlich aspiriert
c	wie <i>c</i> im italienischen <i>cello</i>
ch	wird aspiriert wie <i>ch</i> im englischen <i>check</i>
ś	wie <i>sh</i> im englischen <i>shower</i>
ṅ	der Punkt über dem <i>n</i> bezeichnet den velaren Nasal wie <i>ng</i> im englischen <i>long</i>
ñ	markiert den palatalen Nasal wie <i>ñ</i> im spanischen <i>año</i>

INHALTSVERZEICHNIS

	<i>Seite</i>
Danksagung	I
Verschriftungsregeln	II
Inhaltsverzeichnis	III
Verzeichnis der Tabellen	VII
Verzeichnis der Karten	VII
Verzeichnis der Bilder	VIII
Verzeichnis der Abbildungen	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
Abstract	XI
1. EINLEITUNG	1
1.1 Thema und Zielsetzung der Arbeit	1
1.2 Konzeption und wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit	4
1.3 Methodische Grundlagen	8
1.4 Definition zentraler Begriffe	13
2. NATURGEFAHREN UND NATURRISIKEN IM NEPÄL-HIMĀLAYA	18
2.1 Typisierung von Naturgefahren und Naturrisiken im Nepāl-Himālaya	18
2.2 Naturgefahrenmanagement in Nepāl	27
2.2.1 Der Natural Calamity Relief Act 1982	27
2.2.2 Maßnahmen im Rahmen der Internationalen Dekade für die Vorbeugung von Naturkatastrophen	29
2.2.3 Die Agenda 21 und das Internationale Jahr der Berge 2002	31
2.2.4 Die Entwicklungspläne Nepāls	32
2.3 Stand der Naturgefahrenforschung und ihre Bedeutung für den Nepāl-Himālaya	34
3. DAS KONZEPT EINER MODERNEN RISIKOBETRACHTUNG	41
3.1 Disziplinäre Sichtweisen der Risikoforschung	41
3.2 Das Risikokonzept in der Naturgefahrenforschung	42
3.3 Durchführung der Risikoanalyse für Naturgefahren am Beispiel des Nepāl-Himālaya	45
3.3.1 Systemabgrenzung und Systembeschreibung	48
3.3.2 Gefahrenbeurteilung	49
3.3.2.1 Grundlagendaten	50
3.3.2.2 Geomorphologische Geländeanalyse	53
3.3.3 Expositions- und Schadenpotenzialanalyse	58
3.3.3.1 Schadenobjekte, Objektkategorien und Schadenpotenzialklassen	60

4.	SYSTEMABGRENZUNG UND SYSTEMBESCHREIBUNG	62
4.1	Geographische Systemgrenzen	62
4.1.1	Die naturräumliche und administrative Gliederung Nepāls	62
4.1.2	Auswahlkriterien und räumliche Abgrenzung der Untersuchungsgebiete	63
4.1.2.1	Räumliche Abgrenzung der Untersuchungsgebiete im Hohen Himālaya	67
4.1.2.2	Räumliche Abgrenzung der Untersuchungsgebiete im Nepalesischen Mittelland	69
4.1.2.3	Räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes im Terāi	75
4.2	Inhaltliche Systemgrenzen	77
4.2.1	Gefahrenbringende Prozesse im Nepāl-Himālaya	77
4.2.1.1	Gletscherseeausbrüche/GLOFs	78
4.2.1.2	Hochwasserprozesse	81
4.2.1.3	Murprozesse	83
4.2.1.4	Massenbewegungsprozesse	86
4.2.1.5	Erdbeben	89
4.3	Konditionelle Systemgrenzen	91
4.3.1	Charakterisierung der untersuchten Siedlungen	91
4.3.1.1	Bagarchhāp	91
4.3.1.2	Manāñ	92
4.3.1.3	Lārjuñ	93
4.3.1.4	Tātopānī	95
4.3.1.5	Jaljale	96
4.3.1.6	Pokhare und Thulīnāgī	97
4.3.1.7	Karmaiyā	99
4.3.2	Bevölkerungsgeographische und ethnisch-kulturelle Grundlagen	100
4.3.2.1	Bevölkerungsdichte und regionale Verteilung	100
4.3.2.2	Ethnische Differenzierung der Bevölkerung	102
4.3.3	Geologisch-tektonische Verhältnisse	104
4.3.3.1	Geologisch-tektonische Verhältnisse im Hohen Himālaya	104
4.3.3.2	Geologisch-tektonische Verhältnisse im Nepalesischen Mittelland	106
4.3.3.3	Geologisch-tektonische Verhältnisse im Terāi	107
4.3.4	Klimatologische Differenzierung	108
4.3.4.1	Klimatologische Charakterisierung der Siedlungen im Hohen Himālaya	108
4.3.4.2	Klimatologische Charakterisierung der Siedlungen im Nepalesischen Mittelland	111
4.3.4.3	Klimatologische Charakterisierung der Siedlung im Terāi	112
4.3.5	Die natürliche Vegetation	113
4.3.5.1	Die natürliche Vegetation im Hohen Himālaya	113
4.3.5.2	Die natürliche Vegetation im Nepalesischen Mittelland	114
4.3.5.3	Die natürliche Vegetation im Terāi	114
4.3.6	Landnutzung und Wirtschaftssysteme	115
4.3.6.1	Landnutzung und Wirtschaftssysteme im Hohen Himaylaya	115
4.3.6.2	Landnutzung und Wirtschaftssysteme im Nepalesischen Mittelland	116
4.3.6.3	Landnutzung und Wirtschaftssysteme im Terāi	117

5.	GEFAHRENBEURTEILUNG	119
5.1	Kartierbericht und Karte der Naturgefahrenprozesse der Siedlung Bagarchhāp	119
5.2	Kartierbericht und Karte der Naturgefahrenprozesse der Siedlung Manāñ	124
5.3	Kartierbericht und Karte der Naturgefahrenprozesse der Siedlung Lārjuñ	129
5.4	Kartierbericht und Karte der Naturgefahrenprozesse der Siedlung Tātopāni	134
5.5	Kartierbericht und Karte der Naturgefahrenprozesse der Siedlung Jaljale	139
5.6	Kartierbericht und Karte der Naturgefahrenprozesse der Siedlungen Pokhare und Thulināgi	143
5.7	Kartierbericht und Karte der Naturgefahrenprozesse der Siedlung Karmaiyā	147
6.	EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENTIALANALYSE	152
6.1	Expositions- und Schadenpotenzialanalyse Bagarchhāp	152
6.2	Expositions- und Schadenpotenzialanalyse Manāñ	154
6.3	Expositions- und Schadenpotenzialanalyse Lārjuñ	156
6.4	Expositions- und Schadenpotenzialanalyse Tātopānī	158
6.5	Expositions- und Schadenpotenzialanalyse Jaljale	161
6.6	Expositions- und Schadenpotenzialanalyse Pokhare und Thulīnāgī	163
6.7	Expositions- und Schadenpotenzialanalyse Karmaiyā	165
7.	SCHUTZMASSNAHMEN IM RAHMEN DES NATURGEFAHRENMANAGEMENTS	168
7.1	Technische Maßnahmen	168
7.1.1	Technische Maßnahmen an rutschungsgefährdeten Hängen	169
7.1.2	Technische Maßnahmen an Wildbächen und Flussläufen	171
7.1.3	Technische Maßnahmen an Gletscherseen	174
7.1.4	Technische Maßnahmen bei Erdbeben	174
7.1.5	Ingenieurbiologische Maßnahmen	175
7.1.6	Die Schutzfunktion des Waldes	176
7.1.7	Die Bedeutung bestehender Bewirtschaftungssysteme	178
7.2	Nicht-technische Maßnahmen	180
7.2.1	Risikoanalyse, Gefahrenkarten und raumplanerische Maßnahmen	180
7.2.2	Versicherungen	181
7.2.3	Vorbeugung durch Frühwarnung	181
7.2.4	Permanente und temporäre Evakuierung	183
7.2.5	Vorbeugung durch bereitchaftserhöhende Maßnahmen (<i>preparedness</i>)	184
8.	SCHUTZMASSNAHMEN IN DEN UNTERSUCHTEN SIEDLUNGEN	185
8.1	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Schutzmaßnahmen	185
8.1.1	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen in Bagarchhāp	185
8.1.2	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen in Manāñ	188
8.1.3	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen in Lārjuñ	188
8.1.4	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen in Tātopānī	191
8.1.5	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen in Jaljale	192
8.1.6	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen in Pokhare und Thulīnāgī	193
8.1.7	Beurteilung der Wirksamkeit durchgeführter Schutzmaßnahmen in Karmaiyā	195

8.2	Mögliche Maßnahmen zum wirksamen Schutz der untersuchten Siedlungen	198
8.2.1	Technische Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials	198
8.2.1.1	Bagarchhāp	198
8.2.1.2	Manāñ	199
8.2.1.3	Lārjuñ	200
8.2.1.4	Tātopānī	201
8.2.1.5	Jaljale	203
8.2.1.6	Pokhare und Thulīnāgī	205
8.2.1.7	Karmaiyā	206
8.2.2	Nicht-technische Maßnahmen zur Verminderung des Schadenpotenzials	208
8.2.2.1	Risikoanalyse, Gefahrenkarten und raumplanerische Maßnahmen	208
8.2.2.2	Versicherungen	209
8.2.2.3	Frühwarnung	210
8.2.2.4	Evakuierung	211
8.2.2.5	Bereitschaftserhöhende Maßnahmen	212
8.3	Naturgefahrenmanagement in Nepāl – Problembereiche und Verbesserungsmöglichkeiten	213
8.3.1	Wissenschaftlicher Bereich	213
8.3.2	Technologischer Bereich	214
8.3.3	Ökonomischer Bereich	215
8.3.4	Politisch-institutioneller Bereich	216
9.	POTENTIELLE MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG DER UNTERSUCHTEN SIEDLUNGEN	218
9.1	Möglichkeiten zur Ausweitung in Bagarchhāp	218
9.2	Möglichkeiten zur Ausweitung in Manāñ	219
9.3	Möglichkeiten zur Ausweitung in Lārjuñ	220
9.4	Möglichkeiten zur Ausweitung in Tātopānī	221
9.5	Möglichkeiten zur Ausweitung in Jaljale	221
9.6	Möglichkeiten zur Ausweitung in Pokhare und Thulīnāgī	222
9.7	Möglichkeiten zur Ausweitung in Karmaiyā	223
10.	ZUSAMMENFASSUNG	224
11.	LITERATURVERZEICHNIS	231

VERZEICHNIS DER TABELLEN

	<i>Seite</i>
Tab. 1: Summe der jährlichen Erdbeben (Stärke 2 bis unter 7) in Nepāl	20
Tab. 2: Todesopfer nach Naturgefahren und entstandenen Sachschäden in Nepāl 1983 bis	23
Tab. 3: Tote, Verletzte, betroffene Familien und Sachschäden in Nepāl 1983 bis 2001	25
Tab. 4: Eigenschaften von Gefahren-Hinweiskarten und Gefahrenkarten	59
Tab. 5: Im Rahmen der Fallbeispiele verwendete Objektkategorien und Schadenpotenzialklassen	61
Tab. 6: Geographische Lage der untersuchten Siedlungen	65
Tab. 7: Ethnische Differenzierung der Bevölkerung in den untersuchten Siedlungen	103
Tab. 8: Charakterisierung der untersuchten Siedlungen	118

VERZEICHNIS DER KARTEN

	<i>Seite</i>
Karte 1: Erdbeben-Epizentren in Nepāl und angrenzenden Regionen, geologische Bruchsysteme und seismologische Stationen	19
Karte 2: Betroffenheit der Distrikte Nepāls durch Naturereignisse 1997-2001	26
Karte 3: Nepāl – Administrative Gliederung und Lage der untersuchten Siedlungen	66
Karte 4: Topographische Karte des Mustāñ Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung	68
Karte 5: Topographische Karte des Manāñ Distrikts und Lage der untersuchten Siedlungen	70
Karte 6: Topographische Karte des Myāgdi Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung	72
Karte 7: Topographische Karte des Sindhupālchok Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung	73
Karte 8: Topographische Karte des Dolakhā Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung	74
Karte 9: Topographische Karte des Sarlāhi Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung	76
Karte 10: Karte der Naturgefahrenprozesse Bagarchhāp	123
Karte 11: Karte der Naturgefahrenprozesse Manāñ	127
Karte 12: Karte der Naturgefahrenprozesse Lārjuñ	132
Karte 13: Karte der Naturgefahrenprozesse Tātopānī	137
Karte 14: Karte der Naturgefahrenprozesse Jaljale	141
Karte 15: Karte der Naturgefahrenprozesse Pokhare und Thulīnāgī	144
Karte 16: Karte der Naturgefahrenprozesse Karmaiyā	149
Karte 17: Gefahren-Hinweiskarte Murprozess Bagarchhāp	153
Karte 18: Gefahren-Hinweiskarte Rutschprozess Manāñ	155
Karte 19: Gefahren-Hinweiskarte Murprozess Lārjuñ	157
Karte 20: Gefahren-Hinweiskarte Hochwasserprozess Tātopānī	160
Karte 21: Gefahren-Hinweiskarte Hochwasser- und Massenbewegungsprozess Jaljale	162
Karte 22: Gefahren-Hinweiskarte Gullyerosion Pokhare und Thulīnāgī	164
Karte 23: Gefahren-Hinweiskarte Hochwasserprozess Karmaiyā	166

VERZEICHNIS DER BILDER

	<i>Seite</i>
Bild 1: Mitarbeiter Govinda Tamang (links) übersetzt beim Interview mit einer Chetri-Familie (auf dem Boden sitzend) vor deren Haus in Karmaiyā/ Sarlāhi Distrikt	10
Bild 2: Hoher Himālaya – Dhaulāgiri-Himāl	64
Bild 3: Nepalesisches Mittelland bei Dhulikhel	64
Bild 4: Terāi-Landschaft bei Hariharpur/Rautahaṭ	64
Bild 5: Bagarchhāp (2100 m NN) auf dem Schwemmkegel des Ghaṭṭe Kholā	92
Bild 6: Manāñ (3500 m NN) auf einer fluvio-glazialen Terrasse oberhalb des renzenten Flussbettes des Marsyāñdi Kholā	93
Bild 7: Das Kāli Gaṇḍakī-Tal bei Lārjuñ.	94
Bild 8: Tātopānī (1250 m NN) auf einer fluvialen Terrasse in der Kāli Gaṇḍakī-Schlucht	95
Bild 9: Die geschlossene Siedlung Jaljale in Hanglage auf 2040 m NN	97
Bild 10: Die Streusiedlungen Pokhare und Thulīnāgī (1680-2100m NN) am Kalimati-Gully	98
Bild 11: Karmaiyā (130 m NN) auf einem erhöhten Riedel am Ufer des Bāgmatī	99
Bild 12: Infolge des Murganges von 1995 wurden Felsblöcke von bis zu 8 m Durchmesser in der Siedlung abgelagert.	121
Bild 13: Bagarchhāp vor dem Murereignis von 1995	122
Bild 14: Bagarchhāp im Jahr 2001: im Zentrum des Schwemmfächers fehlen die Gebäude, die 1995 zerstört worden sind.	122
Bild 15: Photographie von Toni Hagen aus dem Jahr 1952.	126
Bild 16: Blick über Manāñ auf den Gangapurna (7455 m NN) im September 2001.	126
Bild 17: Potenziell rutschungsgefährdeter Hang nördlich von Manāñ	128
Bild 18: Infolge des Murgangs von 2002 stark beschädigtes Gebäude.	130
Bild 19: Lārjuñ vor dem Murereignis vom Juli 2002.	133
Bild 20: Lārjuñ im März 2003.	133
Bild 21: Das Kāli Gaṇḍakī-Tal bei Tātopānī im Frühjahr 2003.	138
Bild 22: Anrissgebiet und Rutschmasse der Felsgleitung von Tātopānī.	138
Bild 23: Quelle, Seitenerosion und Übersarung des Utise Kholā	142
Bild 24: Relikte Ablagerungen im Bereich der Siedlung Jaljale	142
Bild 25: Der Kalimati-Gully, vermutlich zwischen 1987 und 1990	145
Bild 26: Der Kalimati-Gully 2001	145
Bild 27: Hangrutschung im <i>khet</i> infolge von Ufererosion des Charnawati Kholā.	145
Bild 28: Ufererosion am Bāgmatī im Siedlungsbereich von Karmaiyā.	151
Bild 29: Männer befüllen im Marsāñdi-Tal eine Gabion-Stützmauer mit Steinen.	170
Bild 30: Hinweisschilder am Ortseingang von Bagarchhāp	187
Bild 31: Technische Schutzmaßnahmen in Lārjuñ	190
Bild 32: Wildbachsperre aus Gabionen und Verschalung eines Gerinnes	194
Bild 33: Das Bāgmatī-Wehr bei Karmaiyā	196
Bild 34: Errichtung einer Stützmauer und Drainagemaßnahmen zur Sicherung einer großflächigen Rutschung am Mayāñdi Kholā/Distrikt Myāgdi	203

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

	<i>Seite</i>
Abb. 1: Lage der untersuchten Siedlungen im schematischen Querprofil Nepāls	3
Abb. 2: Todesopfer und Sachschäden in Nepāl nach Naturgefahren	24
Abb. 3: Organisationsstruktur der verschiedenen <i>Relief-Committees</i>	28
Abb. 4: Schema eines modernen Risikokonzepts: Analyse, Bewertung und Management	42
Abb. 5: Untersuchungsebenen des Risikos	43
Abb. 6: Schema einer Risikoanalyse	47
Abb. 7: Das System der Gefahrenprozesse - Disposition und auslösende Ereignisse	77
Abb. 8: Schematische Darstellung eines Wildbacheinzugsgebietes	84
Abb. 9: Rotationsrutschung (links) und Translationsrutschung (rechts)	88
Abb. 10: Jahresgang von Temperatur und Niederschlag am den Stationen Cāme, Mārphā, Jirī und Karmaiyā	110
Abb. 11: Geologischer Aufbau des Hanges nördlich der Siedlung Manāñ	124
Abb. 12 : Schematische Darstellung von Wildbachsperrern	172
Abb. 13: Schematische Darstellung zur erdbebensicheren Errichtung von Gebäuden	175

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ACAP	Annapurna Conservation Area Project
ADB	Asian Development Bank
CNDRC	Central Natural Disaster Relief Committee
DAAD	Deutscher Akademischer Austauschdienst
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DNDRC	District Natural Disaster Relief Committee
DPTC	Disaster Prevention Technical Centre
DWIDP	Department of Water Induced Disaster Preparedness
FUG	Forest User Group
GLOF	Glacial Lake Outburst Flood
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
HED	Himalayan Environmental Degradation
HMG	His Majesty's Government
ICIMOD	International Centre for Integrated Mountain Development
IDNDR	International Decade for Natural Disaster Reduction
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
LNDRC	Local Natural Disaster Relief Committee
LRMP	Land Resource Mapping Project
MAB	Man and Biosphere
MBF	Main Boundary Fault
MCT	Main Central Thrust
MFT	Main Frontal Thrust
MENRIS	Mountain Environment and Natural Resources' Information Systems
NCRA	Natural Calamity Relief Act
NGMPP	Nepal German Manuscript Preservation Project
NPC	National Planning Commission
NR	Nepalesische Rupien
RNDRC	Regional Natural Disaster Relief Committee
RTSC	Relief and Treatment Sub-Committee
SATA	Swiss Association for Technical Assistance
SSRSC	Supply, Shelter and Rehabilitation Sub-Committee
STC	Scientific and Technical Committee
UN	United Nations
UNDP	United Nations Development Programme
UNU	United Nations University
VDC	Village Development Committee

ABSTRACT

On a global scale, natural hazards continue to strike and increase in magnitude, complexity and economic impact. In particular, a disproportionately high human, social and economic cost on Least Developed Countries (LLDC) just like Nepāl as well as a significant detrimental impact of natural disasters on the development process becomes apparent.

In recent decades, natural hazards in the Nepāl-Himālayas such as landslides, floods and debris flows have claimed the lives of thousands Nepalese and continue to put people, villages and basic infrastructure at risk. Due to tectonic activity, unstable geological formations and intense monsoon rainfalls, the Nepāl-Himālayas are virtually prone to the occurrence of natural hazards. Up to now, the assessment of natural hazards in Nepāl has been based on single events and in particular on their impact on infrastructure, whereas hazard assessment for settlements, especially for rural settlements, has been neglected for a long time. In contrast to previous research projects, the present study, which is a contribution to geographical hazard research, places emphasis on cause and effect of natural hazards, indigenous and scientific disaster management mechanisms as well as on the feasibility of expanding the rural settlements under investigation into safe areas.

The presented data was ascertained during the author's fieldwork in Nepāl and was largely gained by geomorphological mapping, photographic documentation, numerous interviews and the analysis of statistical data. The fieldwork was concentrated on carefully selected rural settlements in the High Himālayas, the Middle Mountains and the Terāi. Methodologically, a comprehensive geographical risk analysis, which provides a conceptual framework of hazard assessment and evaluation, had been applied. Thus, the geographical risk analysis framework consisting of system delimitation, identification and assessment of hazards as well as exposure analysis is exemplarily presented for mass movements, debris flows and flood processes in the Nepāl-Himālayas.

One main goal of the present investigation was to identify, classify and document natural hazards in order to delimit areas of clashes between natural hazards and rural settlements. Therefore, as a first step, hazards maps on a regional scale were established. Subsequently, different indigenous and scientific disaster management mechanisms were evaluated with regard to the safety they could afford. Recommendations concerning the implementation of different technical and non-technical measures were made in order to reduce the potential danger as well as potential damage and losses within the settlements. Apart from the identification and assessment of natural hazards, another main objective was to estimate the potential damage to the settlements. Due to inadequate data, the potential damage was estimated within the framework of a qualitative analysis by classifying objects such as buildings, roads and agricultural land. Thus, areas of clashes between the natural processes and the objects at risk could be identified. Finally, after having identified potentially endangered settlement areas, possibilities for expanding the settlements into safe areas were discussed.

1. EINLEITUNG

Wie zahlreiche Statistiken belegen (vgl. EN-DAT, 2004; MÜNCHENER RÜCK 2001; 2002), sind global in absoluten Zahlen ein Anwachsen von Naturkatastrophen und extremen Naturereignissen mit hohen Verlusten an Menschenleben sowie zunehmende, materielle Schäden zu verzeichnen. Insbesondere für die Bevölkerung von Entwicklungsländern ist aufgrund eines niedrigen Entwicklungsstandes und fehlenden Bewältigungsstrategien eine steigende Katastrophenanfälligkeit festzustellen. Während in absoluten Zahlen die Mehrzahl der materiellen Schäden in den Industrienationen zu verzeichnen sind, sind die materiellen Schäden in absoluten Zahlen in Entwicklungsländern zwar niedriger, stellen jedoch einen höheren Anteil am Bruttosozialprodukt der betroffenen Länder dar, wobei die Verluste bis zu 40 % des Bruttosozialprodukts betragen können. Darüber hinaus werden nahezu 25 % der gesamten Todesfälle in Entwicklungsländern durch extreme Naturereignisse verursacht (vgl. TOBIN & MONTZ, 1997).

Extreme Naturereignisse und deren negativen Folgen und Auswirkungen stehen dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung entgegen. Finanzielle Mittel, die für Katastrophenhilfe und Wiederaufbau verwendet werden müssen, gehen der Entwicklung der betroffenen Länder verloren. So wendete die *Asian Development Bank* (ADB) in den 1990er Jahren 20 % ihrer Kredite für Wiederaufbaumaßnahmen auf (vgl. DEUTSCHES KOMITEE FÜR KATASTROPHENVORSORGE, 2002). Der globale Wandel, der auch vor Entwicklungsländern nicht halt macht, wird neue Risiken zur Folge haben und die Menschheit vor bisher unbekannte Herausforderungen stellen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist ein Paradigmenwechsel weg von einer „Kultur der Reaktion“ hin zu einer „Kultur der Prävention“ (KOFI ANNAN, zitiert in UNISDR, 2002b) dringend erforderlich.

1.1 THEMA UND ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Im Nepāl-Himālaya stellen extreme Naturereignisse wie Erdbeben, Hangrutschungen, Gletscherseeausbrüche, Hochwasserereignisse und Murgänge eine wachsende Bedrohung für die Bevölkerung dar. Derartige Ereignisse werden jedoch erst dann zu den viel zitierten '*natural hazards*', wenn sie auf Menschen einwirken und deren Lebensgrundlage empfindlich stören (GEIPEL, 1992:2). Das Auftreten natürlicher Extremereignisse wird im Nepāl-Himālaya aufgrund der seismischen Aktivität und der jungen Geologie des Gebirges, dem Einfluss des Monsuns und extremen klimatischen Bedingungen sowie der gewaltigen Reliefunterschiede geradezu begünstigt. Durch Veränderungen in der Landnutzung, dem unvermindert hohen Bevölkerungswachstum, einer erhöhten Mobilität der Bevölkerung und der Verdichtung von Personen und materiellen Werten im Terāi und urbanen Zentren wächst das Schadenpotenzial des Landes dramatisch an. Extreme Naturereignisse stellen aber nicht nur eine Gefährdung für den Menschen und seinen Lebensraum, sondern auch ein beträchtliches Handicap für die zukünftige kulturelle und strukturelle Entwicklung Nepāls dar.

Naturgefahrenforschung im Nepāl-Himālaya beschäftigte sich bislang aus einer naturwissenschaftlich-technischen Perspektive mit Einzelprozessen an Infrastrukturanlagen. Im Gegensatz zu bisherigen Forschungsarbeiten liegt der Fokus der Arbeit auf den häufig auftretenden, klein- und mittelmaßstäbigen natürlichen Extremereignissen wie Hangrutschungen, Überschwemmungen und Murgängen sowie den in der geographischen Naturgefahrenforschung stark vernach-

lässigten ländlichen Siedlungen Nepāls. Stellen technische Maßnahmen und Nothilfemaßnahmen bislang die einzige Möglichkeit zum Umgang mit Naturgefahren in Nepāl dar, werden in dieser Arbeit verstärkt präventive, nicht-technische Maßnahmen diskutiert. Die Bearbeitung der Fragestellung erfolgt aus einer integrativen Perspektive, wobei der anthropogeographisch-sozialwissenschaftlichen Perspektive eine besondere Bedeutung zukommt. Die Arbeit orientiert sich konzeptionell an einer systematisch strukturierten Risikoanalyse, die bei Risikobetrachtungen für Maßnahmen der Raumplanung in der Schweiz zur Anwendung kommt (vgl. Kap. 3).

Der Nepāl-Himālaya hat sich zur Bearbeitung des Themenkomplexes Naturgefahren/Naturrisiken aufgrund seiner extremen natur- wie auch kulturräumlichen Differenzierung als besonders interessantes Untersuchungsgebiet erwiesen. Da sich die Lokalbevölkerung durch ein breites Spektrum an Anpassungsformen im Bereich der Lebens-, Siedlungs- und Wirtschaftsweise den rasch wechselnden Umwelt- und somit Lebensbedingungen in den verschiedenen Naturräumen angepasst hat, ist es ihnen gelungen auch extreme Lebensräume zu besiedeln und zu nutzen. In historischen Zeiträumen konzentrierten sich Siedlungs- und Wirtschaftsräume in der Regel auf Landschaftsbereiche, die als relativ sicher galten. Potenziell gefährdete Bereiche hingegen wurden weitestgehend gemieden und die menschliche Nutzung des Raumes wurde den dort herrschenden Gefahren angepasst. Im 20. Jahrhundert hat der Bevölkerungs- und Nutzungsdruck auf den Nepāl-Himālaya jedoch stark zugenommen. Die stetig wachsende Bevölkerung Nepāls konkurriert um den immer knapper werdenden Lebensraum und dringt notgedrungen auch in potenziell gefährdete Siedlungsbereiche vor. Immer häufiger werden Siedlungen von Naturereignissen bedroht, beschädigt oder gar zerstört, wodurch alljährlich zahlreiche Todesopfer und Schäden in Millionenhöhe zu beklagen sind (vgl. HMG, 2001c). Nennenswerte Anpassungen der menschlichen Raumnutzung an die Gefahren bzw. eine Anpassung der Gefahren an die menschliche Raumnutzung haben jedoch kaum stattgefunden. Vielmehr wurde die Strategie der Meidung von Gefahren früherer Zeiten abgelöst durch ein steigendes Bedürfnis nach Schutz vor Naturgefahren. Mögliche Lösungsansätze des Dilemmas aus wachsendem Bevölkerungsdruck, gesteigerten Nutzungsansprüchen an den Lebensraum und der Bedrohung des Siedlungsraumes durch Naturereignisse sollen im Verlauf der vorliegenden Arbeit aufgezeigt und erörtert werden.

Die geschilderten Umstände stellen zum einen ein Hindernis für die nachhaltige Entwicklung Nepāls dar, zum anderen stellen sich angesichts des stetig hohen Bevölkerungswachstums immer dringlicher die Fragen nach sicheren Ausweitungsmöglichkeiten und wirksamen Schutzmaßnahmen für bestehende Siedlungen. Damit verfolgt die Arbeit im Wesentlichen die folgenden Fragestellungen:

- Welche Typen von Naturgefahren und Naturrisiken treten in den untersuchten Siedlungen in welchem Ausmaß auf?
- Wie hoch ist das Gefahrenpotenzial der Siedlungen einzustufen?
- Hat die Lokalbevölkerung Anpassungsformen zum Schutz der Siedlungen vor Naturereignissen entwickelt und wie wirksam sind diese? Wie wäre ein wirksamer Schutz realisierbar?
- Besteht die Möglichkeit, die untersuchten Siedlungen bei Bedarf in nicht gefährdete Bereiche auszuweiten?

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, im Rahmen einer empirischen Studie entlang des natur- wie kulturgeographisch stark differenzierten Höhenprofils Nepāls in ausgewählten ländlichen Sied-

lungen des Hohen Himālayas, des Nepalesischen Mittellandes und des Terāis (vgl. Abb. 1) Typen von Naturgefahren und Naturrisiken unter Anwendung eines systematischen Risikokonzepts zu identifizieren, zu klassifizieren und zu dokumentieren. Daneben soll eine Ursachenanalyse der Schadensereignisse, eine Bilanzierung der entstandenen Schäden sowie eine Beschreibung und kritische Beurteilung der Wirksamkeit getroffener Schutzmaßnahmen erfolgen. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen sollen wirksame Möglichkeiten zum Schutz der Siedlungen diskutiert werden und potenziell nicht gefährdete Bereiche identifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen vorrangig dazu dienen, die dringlichen Fragen nach geeigneten und nachhaltigen Schutzmaßnahmen sowie nach Ausweitungsmöglichkeiten der Siedlungen zu beantworten.

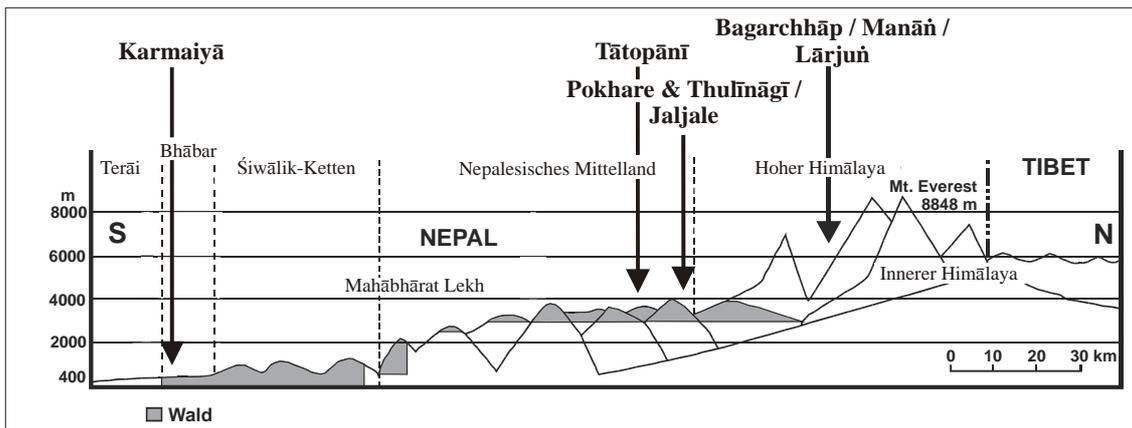


Abb. 1: Lage der untersuchten Siedlungen im schematischen Querprofil Nepāls (verändert nach HAFFNER, 1982; Entwurf & Grafik: A. Titz)

Nach einer Einführung in die Thematik und der Darlegung der wissenschaftstheoretischen und methodischen Grundlagen erfolgt in Kapitel 2 eine Einführung in den Themenkomplex Naturgefahren und Naturrisiken in Nepāl. Kapitel 3 legt die theoretische Vorgehensweise im Rahmen einer modernen Risikobetrachtung dar. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Ermittlung des Gefahrenpotenzials für die einzelnen Siedlungen. Dies wird im Rahmen einer systematischen Risikoanalyse in den Kapitel 4, 5 und 6 durchgeführt. In Kapitel 7 werden unterschiedliche technische und nicht-technische Schutzmaßnahmen vorgestellt. Aufbauend auf den Ergebnissen der Risikoanalyse wird in Kapitel 8 die Wirksamkeit bereits getroffener Maßnahmen beurteilt. Darüber hinaus werden Maßnahmen erörtert, die einen wirksamen und nachhaltigen Schutz der untersuchten Siedlungen ermöglichen können. Ausgehend von der Ermittlung des Gefahrenpotenziales sowie möglicher Schutzmaßnahmen werden in Kapitel 9 nicht gefährdete Bereiche aufgezeigt, in die bei Bedarf eine Erweiterung der Siedlung erfolgen kann.

1.2 KONZEPTION UND WISSENSCHAFTSTHEORETISCHE EINORDNUNG DER ARBEIT

Die umfassende und komplexe Thematik der vorliegenden Arbeit macht eine konzeptionelle Einordnung sowie eine Abgrenzung gegenüber anderen geographischen Forschungsgebieten notwendig. Im folgenden Kapitel soll dargestellt werden, an welchen wissenschaftlichen Konzepten sie sich orientiert und anlehnt.

Bereits durch den Titel der Arbeit wird programmatisch der Bezug zur Hazardforschung¹ angesprochen, die spezielle Interaktionen im Mensch-Umwelt-System betrachtet. Erste Ansätze der Hazardforschung entwickelten sich Anfang der 1950er Jahre innerhalb der US-amerikanischen Geographie als relativ einfache Mensch-Umwelt-Interaktionsforschung. Anlass dafür war die Diskrepanz zwischen Schutzmaßnahmen, Schäden und menschlichen Verhaltensweisen, die im Rahmen der Beschäftigung mit Hochwasser- und Dürrekatastrophen in den USA² und der Bewertung der in diesem Zusammenhang getroffenen Regierungsmaßnahmen offensichtlich wurde (vgl. GEIPEL, 1992). Die Relevanz der Hazardforschung ist bis heute ungebrochen. Angesichts der weltweiten Zunahme extremer Naturereignisse und der erhöhten Störanfälligkeit von Systemen ist damit zu rechnen, dass ihr auch in Zukunft eine wachsende Bedeutung zukommen wird. Politischen Rückenwind erhielt die wissenschaftliche Beschäftigung mit Naturgefahren und Naturrisiken durch die Internationale Dekade zur Verminderung der Naturgefahren (*International Decade of Natural Disaster Reduction*, IDNDR) von 1990 bis 1999, in der die Vereinten Nationen (*United Nations*, UN) zu einem verstärkten Kampf gegen die Verluste durch Stürme, Erdbeben und andere Extremereignisse aufgerufen hatten (vgl. Kap. 2.2.2). Ziel dieser Dekade war es, in einer internationalen Anstrengung darauf hinzuwirken, im Besonderen die Verwundbarkeit von Entwicklungsländern gegenüber Naturgefahren und Naturkatastrophen zu verringern. Dabei galt das Hauptaugenmerk nicht ausschließlich technischen Maßnahmen, vielmehr wurde deutlich, dass ein Zusammenwirken von politischen, gesellschaftlichen und technischen Maßnahmen zur Lösung der Aufgaben notwendig ist (vgl. BOHLE, 1994, 2001).

Während in den Anfängen der Naturgefahrenforschung ausschließlich meteorologischen Naturgefahren wie Hochwasser, Dürre oder Orkane im Mittelpunkt des Interesses standen, so kommt heute auch geologischen Naturgefahren wie Erdbeben, Vulkanausbrüchen und Massenbewegungen eine bedeutende Rolle zu. Die Naturgefahrenforschung hat sich im Laufe weniger Jahrzehnte zu einem interdisziplinären Forschungsgebiet entwickelt, mit dem sich neben Naturwissenschaftlern vor allem Ingenieure, Wirtschaftswissenschaftler und sogar Psychologen beschäftigen. Da es für die Naturgefahrenforschung keine einheitliche Theorie gibt, reichen die wissenschaftlichen Konzepte von geophysikalischen Prozessen bis zur behavioristischen Psychologie. Bereits diese kurze Darstellung verdeutlicht, dass die Naturgefahrenforschung in den vergangenen Jahrzehnten eine Reihe von wissenschaftlichen Ansätzen hervorgebracht hat, die im Folgenden erläutert werden sollen.

Bis in die 1970er Jahre dominierte ein stark (umwelt-)deterministisch geprägter Ansatz die theoretische Konzeption der Naturgefahrenforschung, der traditionell allein die geophysikali-

¹ Der Definition zentraler Begriffe der Hazardforschung ist Kapitel 1.4 gewidmet.

² Schwere Hochwasser in der 1930er Jahren, 'dust bowl' in den Great Plains (vgl. GEIPEL, 1992)

schen Prozesse für Naturgefahren verantwortlich machte (*'violent forces of nature, separate from human forces'*, vgl. TOBIN & MONTZ, 1997:8). Anfang der 1970er Jahre gewann der humanökologische Ansatz, der den Menschen und seine Wirtschaftsweise als untrennbar von natürlichen Faktoren in einem Mensch-Umwelt-System ansieht, für die geographische Forschung zu Naturgefahren und Naturrisiken zunehmend an Bedeutung. Die Arbeiten des amerikanischen Wissenschaftlers White sowie seiner Schüler Burton und Kates (vgl. WHITE, 1974; KATES, 1976; BURTON, KATES & WHITE, 1978) haben großen Anteil an der Etablierung der Naturgefahrenforschung als *human based discipline*. Im Gegensatz zu den humanökologischen Ansätzen der Bevölkerungs- und Sozialgeographie, die naturgeographische Faktoren weitestgehend ausklammern, verfolgt der humanökologische Ansatz in der geographischen Naturgefahrenforschung explizit die gegenseitige Wechselwirkung zwischen einem „natürlichen Ereignissystem“ (natürlichen Extremereignissen) und einem „menschlichen Nutzungssystem“ (Formen der menschlichen Anpassung) (KATES, 1971:436, zitiert in BOHLE, 1994:400). Auf dem Feld der Physischen Geographie beschäftigte man sich mit den natürlichen Prozessabläufen bei Extremereignissen, in der Anthropogeographie lag fortan das Hauptaugenmerk auf menschlichen Verhaltensweisen vor, während und nach einem Extremereignis (Risikowahrnehmung, Bewusstsein über und Bewertung von Risiken). Dabei wurde jedoch von der *bounded rationality* des Menschen ausgegangen: das menschliche Verhalten ist generell rational und logisch, wird jedoch durch die Wahrnehmung und vorhandenes Wissen begrenzt, so dass Fehlwahrnehmungen zu Fehleinschätzungen der Natur führen (vgl. KATES, 1971; TOBIN & MONTZ, 1997). Anfang der 1980er Jahre kam jedoch aufgrund der mangelnden Einbettung der humanökologischen Forschung in größere soziokulturelle und politisch-ökonomische Zusammenhänge vermehrt Kritik an der humanökologischen Naturgefahrenforschung auf. Aus dieser Kritik wurden verschiedene alternative Konzepte abgeleitet, wobei der gesellschaftswissenschaftlichen Kontextanalyse und der politischen Ökonomie eine besondere Bedeutung zukommt.

Mit MITCHELL et al. (1989) gehen die Ansätze im gesellschaftswissenschaftlichen Kontext davon aus, dass jede Naturkatastrophe in einen gesellschaftlichen Kontext eingebettet ist, in dem diese wirksam wird. Ausgehend von dieser These entscheiden somit die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, nicht die natürlichen Extremereignisse selbst, über das jeweilige Ausmaß einer Naturkatastrophe. Das Hauptaugenmerk dieses Ansatzes ruht dabei auf Handlungsspielräumen und Zwängen, denen gefährdete Bevölkerungsgruppen ausgesetzt sind, da die Wahrnehmung, Bewertung und entsprechende Verhaltensweisen in Bezug auf Naturgefahren in erster Linie von gesellschaftlichen Zielen, ökonomischen Risiken und kulturellen Normen einer Gesellschaft abhängig sind (vgl. BOHLE, 1994).

Beim politisch-ökonomischen Ansatz stehen die wirtschaftlichen und politischen Machtverhältnisse im Mittelpunkt des Interesses, da diese letztendlich dafür verantwortlich sind, welche Region bzw. welche Bevölkerungsgruppen besonders verletzlich gegenüber Naturereignissen sind (Unterentwicklung, Marginalisierung, Konsequenzen für marginalisierte Bevölkerungsgruppen). Als Konsequenz daraus ergibt sich, dass eine exakte, in den ökologischen, sozialen, politisch-ökonomischen und historischen Kontext eingebettete Kenntnis von Verwundbarkeit einen theoretisch wie auch praktisch besonders bedeutsamen Aspekt der geographischen Risikoforschung ausmacht.

In der jüngeren Vergangenheit hat insbesondere das sozialwissenschaftliche Konzept der Verwundbarkeit oder Vulnerabilität (*vulnerability*) betroffener gesellschaftlicher Gruppen und geographischer Räume in der geographischen Naturgefahrenforschung wieder an Bedeutung ge-

wonnen (vgl. CHAMBERS, 1989). BLAIKIE et al. definieren Vulnerabilität in diesem Zusammenhang als '*characteristics of a person or group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard*' (1994:9). Der Vulnerabilitätsansatz kam bereits Anfang der 1970er Jahre auf, wurde aufgrund einer erklärtermaßen marxistischen Perspektive einiger wissenschaftlicher Autoren und der Fokussierung auf Armut³ als Ursache von Verwundbarkeit marginalisiert. Als Meilenstein in der Entwicklung des Konzepts sei an dieser Stelle HEWITT's Werk '*Interpretation of calamity from the viewpoint of human ecology*' (vgl. HEWITT, 1983) genannt. Das Konzept der Verwundbarkeit stellt nach BOHLE (1994:400) einen Versuch dar, das jeweilige „Katastrophenrisiko“ von gesellschaftlichen Gruppen oder geographischen Regionen zu erfassen und zu erklären. Als entscheidendes Kriterium dafür werden jedoch nicht ausschließlich natürliche Faktoren angesehen, vielmehr erfasst eine Analyse der Verwundbarkeit über ökonomische Kriterien hinweg die „mehr oder weniger verwundbare Position einer Person, Gruppe oder Region im gesamtgesellschaftlichen Kontext“ (BOHLE, 1994:401), bezieht also soziale, politische und ökonomische Dimensionen mit ein. CHAMBERS (1989) grenzt in diesem Zusammenhang Verwundbarkeit deutlich von Armut ab. Es sein zwar in der Regel die Armen, die den verschiedensten Risiken ausgesetzt sind, aber nicht alle Armutgruppen seien gleichermaßen verwundbar. Da es abgesehen vom Einkommen zahlreiche nicht-ökonomische Bestimmungsfaktoren für Verwundbarkeit gibt, kann mit dem komplexen ökologischen, soziokulturellen und politisch-ökonomischen Konzept der Verwundbarkeit nach BOHLE (1994) das jeweilige Katastrophenrisiko von gesellschaftlichen Gruppen und geographischen Regionen eindeutiger erfasst und erklärt werden. CHAMBERS (1989) umreißt in seiner umfassenden Definition von Verwundbarkeit drei grundlegende Dimensionen:

- das Risiko, einer Stresssituation ausgesetzt zu werden (Risikoträchtigkeit);
- das Risiko, einem Stressereignis keine geeigneten Bewältigungsstrategien entgegenzusetzen zu können;
- das Risiko, dass 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 erholen kann.

In diesem Zusammenhang versuchen BLAIKIE et al. (1994), ausgehend von der Kritik am humanökologischen Ansatz zu Beginn der 1980er Jahre, den *human factor* erneut und mit größerer Präzision in die Naturgefahrenforschung einzuführen. Nach BLAIKIE et al. (1994) ist das Konzept der Vulnerabilität zentral für das Verständnis von Naturgefahren und ihrer Verminderung. Sie schlagen daher Wege vor, Sozial- und Naturwissenschaften analytisch in Form eines '*disaster pressure and release model*' zu kombinieren (BLAIKIE et al., 1994:21ff.). In diesem Modell entstehen *disaster* am Schnittpunkt zweier gegensätzlicher Kräfte, den Vulnerabilität erzeugenden Prozessen auf der einen und der Naturgefahr auf der anderen Seite. Ähnlich wie bei einem „Nussknacker“ führt ansteigender Druck von beiden Seiten zum *disaster*. Die *release*-Idee des Modells beruht auf der Reduktion der Vulnerabilität, wodurch das *disaster* entschärft wird. Die Autoren vertreten daher in ihrem Werk *At Risk* (vgl. BLAIKIE et al. 1994) den Standpunkt, dass die soziale, politische und ökonomische Umwelt gleichermaßen Ursache einer Naturgefahr sein kann wie die natürliche Umwelt.

³ Kritik manifestierte sich hauptsächlich daran, dass die kurzfristige Überwindung von Armut und somit der Verwundbarkeit als unrealistisch angesehen wurde.

Die Naturgefahrenforschung ist zudem dem Bereich der Wahrnehmungsgeographie bzw. der Perzeptionsgeographie zuzuordnen, die sich über den Wahrnehmungsansatz mit den Interaktionen in der Mensch-Natur-Beziehung beschäftigt. Bei der bisherigen geographischen Naturgefahrenforschung wurde immer von einem objektiven Raumverständnis ausgegangen. Menschen nehmen jedoch nur einen Teil der räumlichen Wirklichkeit wahr, wobei die Wahrnehmung von der momentanen Aufmerksamkeit, vom Interesse, vom momentanen räumlichen Geschehen, von sozialen und zahlreichen anderen Faktoren abhängig ist. Die Untersuchung der Art und Weise, wie Entscheidungs- und Handlungsträger ihre Umwelt kennen, wahrnehmen, deuten und bewerten, ist das Anliegen des perzeptionsgeographischen Ansatzes (vgl. HARD, 1973). Der Mensch unterzieht hierbei die subjektiv wahrgenommene Umwelt einem Selektionsvorgang. Auf der Basis der nach dem Selektionsprozess noch wahrgenommenen räumlichen Gegebenheiten und nach der Bewertung dieser Erscheinungen trifft der Mensch die Entscheidung über sein subjektives räumliches Verhalten. Der Untersuchung menschlicher Verhaltensweisen im Raum auf der Basis subjektiver Raumwahrnehmung kommt in der Naturgefahrenforschung eine besonders wichtige Rolle zu. Die subjektive Wahrnehmung, Deutung und Bewertung eines Naturereignisses, entstandener Schäden sowie bestehender Risiken beeinflussen das räumliche Verhalten der betroffenen gesellschaftlichen Gruppen außerordentlich. Die Reaktionen nach einem Naturereignis können von einer Verdrängung der Ereignisse, der Akzeptanz des Risikos, der kurzfristigen Anpassung durch technische Maßnahmen bis hin zu langfristigen, kulturellen Anpassungsleistungen der betroffenen gesellschaftlichen Gruppen reichen. Vorgang und Art der Selektion sowie der Bewertung sind durch eine hohe Inter- und Intraindividualität gekennzeichnet, weshalb die Perzeptionsgeographie der Psychologie näher steht als ihrer Nachbardisziplin Soziologie (vgl. BORSDORF, 1999).

Als strukturierende allgemeine Kategorie kann für die vorliegende Arbeit die Zeit gesehen werden. In Bezug auf die zeitliche Perspektive ergeben sich hierbei zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen: Zum einen kann von einem historisch-genetischen Aspekt ausgegangen werden, bei dem die konkrete historische Vergangenheit betrachtet wird, so z.B. die Besiedlungsgeschichte einer Region oder das Auftreten historischer Naturereignisse. In Bezug auf die Frequenz oder Magnitude der Naturereignisse ergibt sich zum anderen ein funktional-dynamischer Aspekt, bei dem die Zeit als abstrakte Dimension betrachtet wird (WIRTH, 1979:87).

Die Forschung zu Naturgefahren und Naturrisiken zeichnet sich für die Geographie durch einen starken Anwendungsbezug aus. Die Geographie kann sich heute nicht darauf beschränken, die geographische Substanz lediglich zu erfassen, zu beschreiben und zu erklären, wie dies zur Zeit der großen geographischen Entdeckungen und Entschleierungen der Erde üblich war. Vielmehr kommt ihr heute die Aufgabe zu, raumgestaltende Kräfte und ihre Dynamik zu erkennen, Prognosen für die Zukunft zu entwickeln und diese zu bewerten, um so Planungsvorschläge für die räumliche Entwicklung aufstellen zu können. Die Entwicklung räumlicher Planungen ist das Anliegen der Angewandten Geographie. Somit kann die vorliegende Arbeit ebenfalls in diesen Bereich der Geographie eingeordnet werden.

War die Grundperspektive der geographischen Naturgefahrenforschung in Europa lange Zeit von den naturwissenschaftlichen Ansätzen der Physischen Geographie dominiert, vollzog sich in den 1990ern ein Paradigmenwechsel zu einer ganzheitlichen Betrachtungsweise mit sozialwissenschaftlichen Ansätzen der Anthropogeographie sowie multi- und interdisziplinären Ansätzen. So argumentiert LESER (1981), noch ganz unter dem Eindruck des (umwelt-)deterministischen Ansatzes, dass die Grundperspektive der geographischen Naturgefahrenforschung eine naturwissenschaftliche bleiben müsse, was mit LESER (1981:18) allgemein ein systemati-

sches Vorgehen sowie den Einsatz des geoökologischen Methodenapparates erfordert. Denn auch quasinatürliche, durch den Menschen ausgelöste Naturgefahren würden trotz anthropogenen Ursprungs wie natürliche Prozesse ablaufen, was grundsätzlich eine naturwissenschaftliche Perspektive erfordere. VARLEY (1994) vertritt die entgegengesetzte Perspektive und fordert, dass der Fokus der Naturgefahrenforschung von den natürlichen Prozessen auf die sozialen Prozesse verschoben werden müsse. In diesem Zusammenhang betont TERRY (1994:20), dass es erst die Menschen sind, die es ermöglichen, dass ein Naturereignis zur Naturgefahr wird: *'The hazard is natural; a disastrous outcome is not, and is in many senses largely caused by the vulnerability conditions generated by human systems.'* Im Rahmen der IDNDR, insbesondere jedoch durch die UN-Konferenzen in Rio de Janeiro 1992 und Yokohama 1994, wurde deutlich, dass die Naturgefahrenforschung einer integrativen Sichtweise bedarf, die gleichermaßen natur- und geisteswissenschaftliche Perspektiven berücksichtigt. Dieser Paradigmenwechsel resultierte im Wesentlichen aus zwei Einsichten: Zum einen wurde erkannt, dass Naturgefahren nicht ausschließlich mit technischen Maßnahmen begegnet werden kann; zum anderen wurde deutlich, dass sowohl die Anfälligkeit gegenüber Naturgefahren als auch deren negativen Auswirkungen über den Bezug zum Menschen, d.h. über gesellschaftliche und soziale Prozesse, definiert werden müssen.

Um Struktur in das weite Forschungsfeld der Naturgefahrenforschung zu bringen, seien an dieser Stelle die fünf Hauptfragen der Hazardforschung nach KATES (1976:134, zitiert in GEIPEL, 1992:2) aufgeführt:

- Welche Gebiete sind hazardgefährdet?
- Wie werden hazardgefährdete Gebiete genutzt bzw. welche Schäden drohen?
- Wie wird der Hazard von den potentiell Betroffenen wahrgenommen und bewertet?
- Wie werden mögliche Abwehrstrategien und Gegenmaßnahmen angenommen?
- Wie lässt sich die Verwundbarkeit im sozialen Kontext realistischer Weise reduzieren?
- Wie kann im Schadensfall optimal reagiert werden?

Ausgehend von einer traditionell geographischen Fragestellung gelangt man über ingenieurwissenschaftliche und psychologische Aspekte schließlich zu einer angewandt geographischen Dimension, die einen praktischen Handlungsansatz liefert. Mit der vorliegenden Arbeit möchte sich die Verfasserin an den oben aufgeführten Hauptfragen der Hazardforschung orientieren.

1.3 METHODISCHE GRUNDLAGEN

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, mit einem breiten Spektrum an sozialwissenschaftlichen und naturwissenschaftlichen Methoden der komplexen Fragestellung sowie den unterschiedlichen Betrachtungs- und Maßstabsebenen gerecht zu werden. Zudem erfolgte bei der Auswahl der Methoden neben dem rein wissenschaftlichen Zweck vor allem eine Orientierung an der praktischen Durchführbarkeit. Sehr zeitaufwendige oder kostspielige Methoden wurden ausgeklammert, auch war es aufgrund der Transportmöglichkeit in Nepal und den oftmals langen Fußmärschen nicht möglich, schwere Ausrüstung mitzuführen.

Da sich nicht nur die Geographie sondern auch zahlreiche andere Disziplinen mit Naturgefahren und Naturrisiken beschäftigen, hat sich im Laufe der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit diesem Themenkomplex ein weit gefächertes Methodenspektrum entwickelt. An dieser

Stelle lediglich ein Überblick über die im Rahmen der vorliegenden Arbeit angewandten Untersuchungsmethoden gegeben. Auf das Konzept der Risikoanalyse, an der sich die Arbeit konzeptionell orientiert, wird in Kapitel 3 gesondert eingegangen.

Führt man Forschungen in dem Entwicklungsland Nepāl durch, so wird der Untersuchende mit einer Vielzahl natürlicher und soziokultureller Sachverhalte konfrontiert, über die er in der Regel ein limitiertes Vorwissen besitzt. Diese „fremden“ Sachverhalte gilt es in einem ersten Schritt kennen und verstehen zu lernen, was bedeutet, dass sich der Untersuchende zunächst mit der geistigen, kulturellen und materiellen Tradition des Landes auseinandersetzen muss und Kenntnisse über die historischen Erfahrungen und politischen Entwicklungen erlangen sollte.

In den Jahren 2001 und 2003 erfolgten zwei insgesamt neunmonatige Feldaufenthalte in Nepāl, in denen die erforderlichen Untersuchungen für die vorliegende Arbeit durchgeführt wurden. Diesen Aufenthalten gingen bereits 1999 und 2000 zwei ca. zweimonatige Feldaufenthalte in der Hochgebirgsregion des Mustāñ Distrikts voraus, die der Materialsammlung und Datenerhebung für die Diplomarbeit dienen (vgl. TITZ, 2000) und zu Voruntersuchungen für die Dissertation genutzt wurden. Durch die wiederholten Aufenthalte konnte sich ein recht freundschaftliches Verhältnis zu den Bewohnern entwickeln, was besonders für Befragungen und weitere Datenerhebungen von Vorteil gewesen ist. Durch das vom Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen im Mustāñ Distrikt durchgeführte und koordinierte DFG-Schwerpunktprogramm „Tibet Himalaya“ (vgl. POHLE & HAFFNER, 2001) konnte vom Kontakt zu Schlüsselinformanten profitiert werden. Aber auch in den weiteren Untersuchungsgebieten ermöglichte die Gastfreundschaft der Nepalesen das Zusammenleben mit den Familien sowie die Teilnahme an familiären und religiösen Festen, so dass tiefe Einblicke in das Alltagsleben und die Kultur des Landes möglich waren. Einen wesentlichen Beitrag dazu leisteten die nepalesischen Mitarbeiter Pen Pa Lama sowie Govinda Tamang und Bakhat Lama. Entsprechend der unterschiedlich intensiven Geländearbeit in den einzelnen Siedlungen ist im weiteren Verlauf der Arbeit eine unterschiedliche Dichte der Darstellung von Felddaten und Ergebnissen unvermeidlich.

Als grundlegende Untersuchungsmethoden kamen für die vorliegende Untersuchung neben der **Kartierung** vor allem die **Beobachtung** und das **Interview** zur Anwendung. Nach GIRTLE (1988) sind Beobachtung und Interview strategisch nicht voneinander zu trennen, da man sich lediglich im Rahmen eines Interviews vergewissern kann, ob die „Interpretationen der fremden Realität“ (GIRTLE, 1988:9) auch zutreffend sind.

Die Beobachtung dient im Rahmen der Feldforschung als wichtige Erkenntnisgrundlage (vgl. LESER, 1980). Der Beobachtende bemüht sich zwar um Intersubjektivität, die Beobachtung erfolgt jedoch vor dem gedanklichen Hintergrund eines subjektiven Erfahrungs- und Weltbildes, so dass der Beobachtungsprozess einer unbewussten bzw. bewussten Filterung unterliegt, welche die Aussagequalität verändert. Inzwischen existiert eine Vielzahl spezieller Beobachtungstechniken. Während der Feldarbeiten zu vorliegender Arbeit wurden im Wesentlichen die folgenden Beobachtungstechniken angewendet:

- Direkte Beobachtung: Es werden Beobachtungen gemacht – auch nicht direkt erklärbare Phänomene – die durch Fotos, Skizzen oder Feldbucheinträge dokumentiert werden.
- Vergleichende Beobachtung: Prozesse und Kräfte im Raum sind nur selten direkt zu beobachten, sie müssen oft indirekt aus Räummustern und Geofaktorenmerkmalen durch Vergleich erschlossen werden.

- **Teilnehmende Beobachtung:** Diese Betrachtungstechnik wurde aus der klassischen ethnologischen Forschung übernommen (vgl. GIRTLE, 1988). Dabei bietet die Teilnahme⁴ an Gesprächen und besonderen Aktivitäten der Bevölkerung die Möglichkeit, die kulturelle Distanz zwischen „Forscher“ und „fremder Kultur“ zu verringern. Das Beobachtete wird jedoch nicht in einen systematischen Erhebungsplan aufgenommen.

Die große wissenschaftliche Bedeutung der Beobachtung wird von CICOUREL (1974:80; zitiert in GIRTLE, 1988:23) herausgestellt: „Der teilnehmende Beobachter muss schließlich die 'common-sense'-Konstrukte des Alltagslebens, die ‚Alltagswirklichkeiten‘, mit denen die Handelnden ihre Umwelt interpretieren und auf Grund deren sie handeln, ‚in den Griff bekommen‘, damit er seine wissenschaftliche Beschreibung überhaupt wissenschaftlich verwerten kann.“

Über die Beobachtung hinaus wurden durch Retrospektivbefragungen in der Bevölkerung weitere Informationen eigenständig erhoben. Zur Dokumentation der Naturgefahren und Naturrisiken, der entstandenen Schäden sowie der möglicherweise getroffenen Schutz- und Anpassungsmaßnahmen in den untersuchten Siedlungen wurde über den gesamten Untersuchungszeitraum als grundlegende Arbeitsmethode der Feldforschung das Interview angewandt. So stammt ein Großteil der Informationen aus insgesamt 70 Interviews mit der Lokalbevölkerung, die mit Hilfe eines Übersetzers geführt wurden (vgl. Bild 1).

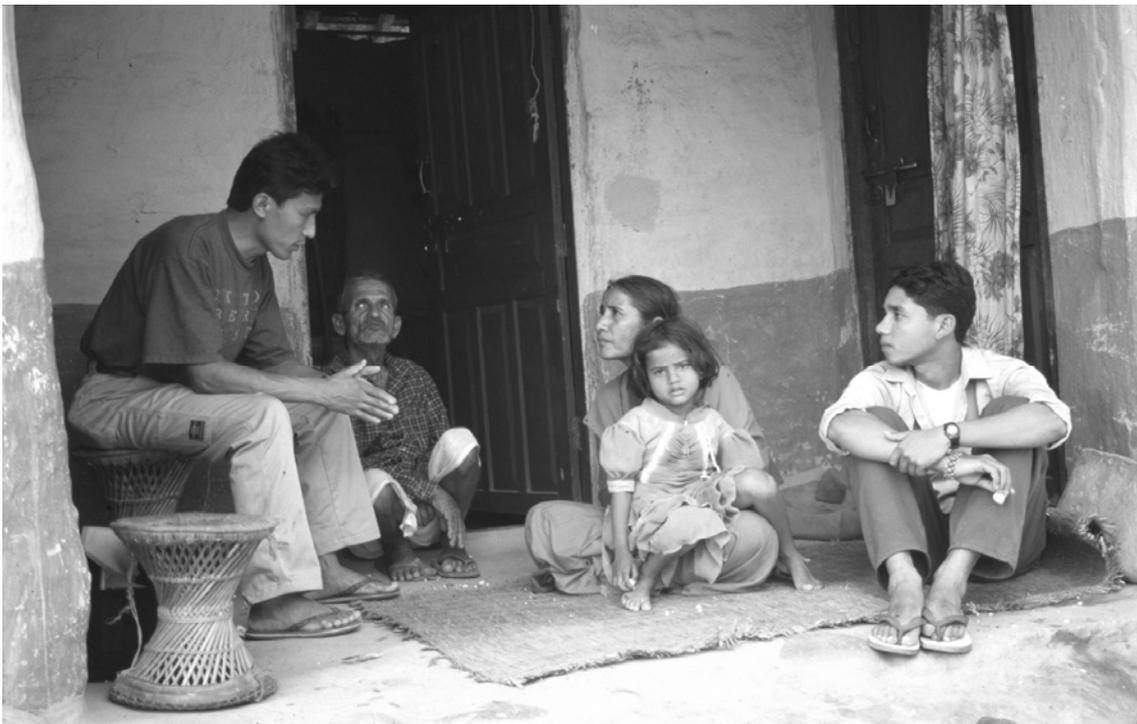


Bild 1: Mitarbeiter Govinda Tamang (links) übersetzt beim Interview mit einer Chetri-Familie (auf dem Boden sitzend) vor deren Haus in Karmaiyā/Sarlāhi Distrikt. (Aufnahme: A. Titz, Februar 2003)

⁴ Wie GIRTLE (1988) betont, ist „Teilnahme“ ein sehr flexibler Begriff. Er fasst es bereits als Teilnahme auf, wenn ein Außenstehender z.B. durch ein Mitglied der interessierenden Gruppe in diese eingeführt wird und es ihm ermöglicht wird, das Handeln der Gruppe zu beobachten und mit anderen Mitgliedern zu sprechen.

Als Interviewform wurde ein qualitatives, halbstandardisiertes, offenes Interview gewählt. Dabei dienten wenige standardisierte Fragen dazu, das Interview zu strukturieren und ein Mindestmaß an Grundinformationen zu den Siedlungen und zu Naturereignissen zu erlangen. Weitere, in die Tiefe gehende Fragen ergaben sich meist im Gesprächsverlauf. Der entscheidende Vorteil halbstandardisierter Interviews liegt darin, dass die Möglichkeit besteht, spontan auf neue Gesichtspunkte einzugehen, die sich im Laufe eines Gespräches entwickeln. Ein standardisiertes Interview stellt eine für Nepalesen unübliche und verkrampfte Gesprächssituation dar, zudem besteht die Gefahr aufkommender Langeweile oder Misstrauens. Neben den Einzelinterviews mit SchlüsselinformantInnen kam es auch – oft unbeabsichtigt – zu Gruppeninterviews, beispielsweise während der Feldarbeiten oder abends in den Gastfamilien.

Bei den Befragungen kam es des Öfteren vor, dass wissentlich falsche Angaben gemacht wurden. Dies geschah jedoch nie in böser Absicht sondern liegt vielmehr „in der Natur“ der Nepalesen: sie geben nicht gerne zu, dass sie über einen bestimmten Sachverhalt nichts wissen, und geben daher lieber irgendeine – wenn auch falsche – Information. Die Protokollierung während der Interviews erwies sich teilweise als problematisch, da alle Fragen und Antworten übersetzt werden mussten. Zudem wurde die Interviewgruppe häufig von neugierigen Kinder und nicht minder neugierigen erwachsene Dorfbewohner umringt. Die Vorteile eines halboffenen Interviews für die vorliegende Fragestellung liegen auf der Hand, Aufzeichnung und Auswertung gestalteten sich jedoch erheblich schwieriger als bei standardisierten Interviews. War die Heterogenität der gewonnenen Ergebnisse anfänglich ernüchternd, so konnte auf diese Weise jedoch eine Vielzahl von Informationen gewonnen werden, die bei einem standardisierten Interview möglicherweise verloren gegangen wären. Bei der Auswertung der halbstandardisierten Interviews waren jedoch nur selten quantifizierbare Aussagen möglich.

Im Rahmen von Kartierungen wurden thematische Sachverhalte aus Physiogeographie und Anthropogeographie in verschiedenen Maßstäben im Gelände, also vor Ort, aufgenommen. Zum einen wurden Ortspläne der untersuchten Siedlungen erstellt, die als Grundlage für die Gefahren-Hinweiskarten dienten (vgl. Kap. 6), zum anderen wurden im Rahmen der Geländeanalyse geomorphologische Kartierungen⁵ durchgeführt (vgl. Kap. 5). Bei den thematischen Kartierungen wurde im Aufnahmemaßstab 1:25.000 bzw. 1:10.000 gearbeitet, Kartengrundlagen standen aus unterschiedlichen Quellen zur Verfügung. Für die Kartierungen in den Siedlungen Bagarchhāp, Manāñ, Lārjuñ, Tātopānī, Jaljale und Karmaiyā wurde auf die topographischen Kartenblätter des *Survey Department* (HMG) als Kartiergrundlage zurückgegriffen. Für die Siedlung Lārjuñ lag darüber hinaus eine Karte der Arbeitsgemeinschaft für Vergleichende Hochgebirgsforschung im Maßstab 1:50.000 vor (vgl. ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR VERGLEICHENDE HOCHGEBIRGSFORSCHUNG; 2001). Ebenso konnte für die untersuchten Siedlungen Pokhare und Thulīnāgī auf eine topographische Karte im Maßstab 1:5.000 des DFG-Schwerpunkts „Nepal-Forschung“ zurückgegriffen werden (vgl. Kap. 3.3.2.1).

Die Interpretation von thematischen Karten und Luftbildern als typisch geographische Fernerkundungsmethoden wurden gewählt, um die komplexe Darstellung eines aus vielen miteinander verknüpften Einzelfaktoren bestehenden Sachverhaltes zu erreichen. Des Weiteren dienten terrestrische Bilder (Fotografien) dazu, die vor Ort erfassten Informationen bildlich zu dokumentieren. Durch den Vergleich von Aufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten konnten so bei-

⁵ In Kapitel 3.3.2.2 wird auf die Methodik der durchgeführten geomorphologischen Kartierungen detailliert eingegangen.

spielsweise die Dynamik von Landschaft, Siedlungen und auch Naturgefahren erfasst werden (vgl. Kap. 5).

Da für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit auch quantitative Grundlagendaten von Bedeutung sind, wurden die Schadenstatistik des *Home Ministry* (HMG), klimatologische Daten sowie der Bevölkerungszensus einer statistischen Auswertung unterzogen (vgl. Kap. 2.1, Kap. 4.3). Im Rahmen der Feldarbeiten war es aus zeitlichen Gründen nicht möglich, über einen längeren Zeitraum eigenständige Klimamessungen oder detaillierte Datenerhebungen zur Bevölkerung durchzuführen. Die Verwendung der amtlichen Statistiken erfolgte lediglich unter Vorbehalt, da Unregelmäßigkeiten bei der amtlichen Datenerhebung eher die Regel als die Ausnahme bilden.

Neben den fächerübergreifenden Methoden der Literatur- und Statistikauswertung kamen zusammenfassend folgende fachspezifische Arbeitsweisen zur Anwendung:

- a) aus dem Bereich der Physischen Geographie:
 - Geomorphologische Kartierung
 - Geländebeobachtung und Geländebeschreibung
 - Beschreibung der Landnutzung
 - Vegetationsbeschreibung
- b) aus dem Bereich der Fernerkundung:
 - Interpretation von thematischen Karten
 - Interpretation von Luftbildern
- c) aus der Anthropogeographie:
 - Befragung von Schlüsselpersonen zu historischen Naturereignissen und deren Auswirkungen sowie möglicherweise getroffenen Gegenmaßnahmen
 - Befragung von Schlüsselpersonen zur ethnischen Zusammensetzung der Bevölkerung in den untersuchten Siedlungen
 - Beschreibung der Bevölkerungszusammensetzung und qualitative Abschätzung der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung
 - Beschreibung von Bevölkerungsdichte und Bevölkerungsverteilung
 - Erhebung der Ortsnamen und deren Bedeutung
 - Beschreibung und Kartierung der Haus- und Siedlungsformen.

Allgemein ist die wissenschaftliche Betätigung vor Ort in Nepāl noch immer ein sehr zeitaufwendiges und körperlich anstrengendes Unterfangen, das mit zahlreichen Einschränkungen verbunden ist. In den Hochgebirgsregionen, die in der Zwischenzeit touristisch voll erschlossen worden sind, ist eine vergleichsweise komfortable Unterbringung und Verpflegung gewährleistet. Die einzelnen Siedlungen sind jedoch nur durch mehrtägige Fußmärsche zu erreichen, wodurch man, in Verbindung mit zu überwindenden Höhen von bis zu 5400 m, an die Grenzen der physischen Leistungsfähigkeit gelangt. Auch im Nepalesischen Mittelland waren die Siedlungen nur durch mehrstündige Fußmärsche von einer Fernstraße aus erreichbar. Da viele Siedlungen im Nepalesischen Mittelland und im Terāi nicht touristisch erschlossen sind, ist man bezüglich Unterbringung und Verpflegung auf die große Gastfreundschaft und Offenheit der Nepalesen angewiesen.

1.4 DEFINITION ZENTRALER BEGRIFFE

Die Definition zentraler Begriffe der Forschung zu Naturgefahren und Naturrisiken wird nicht immer einheitlich vollzogen. Vielfach treten Verständigungsschwierigkeiten auf, da mit identischen Termini nicht die identischen Vorstellungsinhalte verknüpft werden. Durch die heterogene Herangehensweise in der Forschung an diesen Themenkreis, der sich längst zu einem interdisziplinären Forschungsfeld entwickelt hat, werden zentrale Begriffe in Abhängigkeit vom wissenschaftlichen Hintergrund der Fragestellung in verschiedensten Publikationen teilweise ausdrücklich, zum Teil aber auch stillschweigend unterschiedlich definiert. Eine eindeutige Bestimmung der in dieser Arbeit verwendeten Begriffe ist daher erforderlich. Zwei zentrale Begriffe werden bereits mit dem Titel der vorliegenden Arbeit explizit angesprochen: Naturgefahr und Naturrisiko. Diese beiden Begriffe sollen zum einen derart definiert werden, wie sie im Kontext der Fragestellung zu verstehen sind. Zum anderen sollen sie gegenüber weiteren Begriffen wie Naturereignis, Naturkatastrophe oder Vulnerabilität abgegrenzt werden.

Die genannten Begriffe lassen sich besonders anschaulich anhand einer Wirkungskette definieren, an deren Anfang – in Anlehnung an die Fragestellung der Arbeit – zunächst ein **Naturereignis** steht. Ein Naturereignis ist in der Regel als ein zumeist geologisch oder meteorologisch verursachtes Ereignis in der Umwelt, wie beispielsweise Erdbeben, Überschwemmungen oder Vulkanausbrüche, und der dadurch bewirkten Sekundärereignisse zu definieren (vgl. GEIPEL, 1992; POHL & GEIPEL, 2002). Durch das Verursachen von Schäden, von Toten und Verletzten, wirtschaftlichen oder auch immateriellen Schäden wird das Naturereignis zu einer **Naturgefahr**. Mit GEIPEL (1992:2) gesprochen werden „solche extremen Naturereignisse erst dann zu 'natural hazards', wenn sie sich nicht mehr nur im quasi menschenleeren Raum abspielen, sondern auf das betroffene Individuum, auf Gruppen und Gesellschaften auf meist unvorhergesehene Weise einwirken, ihre Lebensbezüge stören oder ganz unterbrechen, Schäden an Leib, Leben und Eigentum hervorrufen und dazu zwingen, dass man sich durch Anpassungsreaktionen (*adjustments*) mit ihnen auseinandersetzt.“ Bei Naturgefahren handelt es sich also um natürliche Prozesse, deren Prozessablauf sowie deren Effekte Menschen und ihre Habe nachhaltig schädigen können. Naturgefahren lassen sich laut GEIPEL (1992) nach unterschiedlichen Kriterien wie Stärke, Geschwindigkeit, Dauer, Zahl der Todesopfer oder Schadenshöhe klassifizieren. Meist erfolgt jedoch eine Klassifikation infolge der Ursachen der Naturgefahren, die in der Vergangenheit zum Großteil von geophysikalischen Prozessen dominiert wurde. Nach der Auffassung von SMITH (1996) engen derartige physisch verhaftete Klassifikationen die Erforschung von Naturgefahren zu sehr ein, da diese meist aus einer eng verflochtenen Prozesskette bzw. einer Kombination unterschiedlicher Prozesse resultieren und eine Kaskade an Auswirkungen zur Folge haben, die von biophysischen bis hin zu ökonomischen Auswirkungen reichen. KATES (1976:18) klassifiziert Naturgefahren beispielsweise nach folgenden Prozessen:

- Atmosphärisch: Regen, Schnee, Wind, extreme Temperaturen;
- Hydrologisch: Überschwemmungen, Gletschervorstoß, Packeis;
- Geologisch: Massenbewegungen, Erdbeben, Vulkanausbruch;
- Biologisch: Epidemien bei Menschen, Pflanzen, Wild- und Haustieren, Tier- oder Pflanzeninvasionen, Wald- und Buschbrände;
- Technologisch: Verkehrsunfälle, Industrieunfälle, Krieg etc.

Bereits SCHNEIDER (1980) betont, dass zahlreiche Prozesse der Natur neben physikalischen Parametern als Quelle des Geschehens in zunehmendem Maße durch das Verhalten der

menschlichen Gesellschaft beeinflusst werden, also lediglich quasinatürlich sind. „Dabei wirkt der Mensch nicht nur als Auslöser, es kommt durch eine horizontale und vertikale Vergrößerung der Personen- und Vermögensdichte, die mit dem Anwachsen der Bevölkerung und der zunehmenden Zivilisation verbunden ist, zu einer Erhöhung der Trefferwahrscheinlichkeit durch Naturereignisse.“ (SCHNEIDER, 1980:2). SMITH (1996) kritisiert in diesem Zusammenhang, dass speziell in der von Geographen verfasste Fachliteratur die so genannten *natural hazards* im Mittelpunkt des Interesses stehen, die BURTON & KATES (1964, zitiert in SMITH, 1996:9) als *'those elements of the physical environment harmful to Man and caused by forces extraneous to him'* definieren, den menschlichen Einfluss also völlig außer Acht lassen. In Kenntnis der zentralen Rolle des Menschen im Konflikt mit geophysikalischen Prozessen spricht SMITH daher von *environmental hazards*, da er dadurch sowohl die natürliche als auch die anthropogene Komponente abgedeckt sieht. Als Konsequenz daraus unterscheidet SMITH (1996) natürliche (geophysikalische), technologische (*man-made*) sowie soziale (*human behavior*) Gefahrentypen. Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch die Bezeichnung Naturgefahr beibehalten, da in erster Linie geologische, hydrologische und meteorologische Ereignisse betrachtet werden.

Naturgefahren sind also durch die Einwirkungen eines extremen Naturereignisses auf Menschen und ihre Habe und Werke definiert, die eine drastische Veränderung des sozioökonomischen Umfeldes zur Folge haben. In der Fachliteratur zu Naturgefahren und Naturrisiken wird des Weiteren der Begriff **Naturkatastrophe** verwendet, der, wie auch der Begriff Naturgefahr, über die Auswirkungen auf den Menschen definiert wird. Eine Naturkatastrophe ist von einer Naturgefahr primär durch eine erheblich höhere Anzahl an Toten und Verletzten sowie höhere Schäden zu unterscheiden. Es existiert jedoch keine allgemein gültige Definition, ab welcher Schadenhöhe ein Ereignis als Katastrophe zu bezeichnen ist. Eine quantitative Definition für eine Katastrophe geben beispielsweise SHEEHAN & HEWITT (1969, zitiert in SMITH, 1996:20):

- mindestens 100 Tote oder
- mindestens 100 Verletzte oder
- einen Sachschaden von mindestens 1 Mio. US \$.

SMITH (1996) kritisiert eine derartig quantitative Definition als zu wenig aussagekräftig, da z.B. Menschen, die infolge von Verletzungen oder Hunger sterben, also nicht durch eine direkte Einwirkung eines Naturereignisses, sowie unterschiedlich schwere Verletzungen und Folgekrankheiten nicht berücksichtigt werden. Auch werde ein Sachschaden in Höhe von 1 Mio. US \$ in einem Industrieland wesentlich rascher erreicht als in einem Entwicklungsland, wobei derart hohe Schäden in Industrieländern zudem schneller und einfacher zu kompensieren seien.

Die Vereinten Nationen definieren eine Katastrophe als *'an event, concentrated in time and space, in which a community undergoes severe danger and incurs such loss to its members and physical appurtenances that the social structure is disrupted and the fulfilment of all or some of the essential functions of the society is prevented.'*⁶(UNDRO, 1984, zitiert in SMITH, 1996: 20). Diese qualitative Definition vermittelt nach der Auffassung von SMITH (1996:20) *'a better idea of the social stress created by disaster, although no threshold or scale is given.'* Die Definition der Vereinten Nationen vereinigt zudem zwei weitere, wichtige Kriterien für eine Katastrophe:

⁶ Eine Katastrophe ist ein Ereignis, in Raum und Zeit konzentriert, bei dem eine Gesellschaft einer schweren Gefährdung unterzogen wird und derartige Verluste an Menschenleben oder materielle Schäden erleidet, dass die lokale gesellschaftliche Struktur versagt und alle oder einige wesentlichen Funktionen der Gesellschaft nicht mehr erfüllt werden können.

es handelt sich um ein in der Häufigkeit betrachtet seltenes Ereignis, das konzentriert in bestimmten Bereichen oder Regionen der Erde auftreten kann. Eine Naturkatastrophe ist somit von einer Naturgefahr, gleich durch welches extreme Naturereignis verursacht, durch den Grad der Auswirkungen auf eine betroffene Gesellschaftsgruppe zu unterscheiden. Auch POHL & GEIPEL (2002) betonen, dass Naturkatastrophen aufgrund der entstandenen Schäden an Menschen und Sachwerten als solche bewertet werden, also ein außergewöhnliches Naturereignis mit folgenschweren Auswirkungen auf Mensch, Umwelt und Wirtschaft darstellen. Eine griffige Definition geben PLATE & MERZ (2001:1): „Naturkatastrophen entstehen durch die Einwirkung eines extremen Naturereignisses auf Menschen und ihre Habe und Werte, so dass mindestens lokal, wenn nicht national, das sozioökonomische Umfeld drastisch verändert wird. Folgerichtig wird eine Katastrophe durch ihre Auswirkungen auf die Menschen definiert. Das Ausmaß einer Katastrophe wird durch die Stärke des Naturereignisses und durch die Verletzlichkeit der betroffenen Menschen und ihrer Habe bestimmt.“

In der vorliegenden Arbeit wird die Verwendung des Begriffes Naturgefahr gegenüber dem Begriff Naturkatastrophe bevorzugt. Zwar haben die in Nepäl auftretenden Naturgefahren für die betroffenen Bevölkerungsgruppen ebenfalls drastische Veränderungen im soziökonomischen Umfeld zur Folge. Meist sind jedoch nur einzelne Familien von einem Ereignis betroffen und nicht ganze Gesellschaften wie bei der Flutkatastrophe 2004 in Südasien oder dem Erdbeben 2005 in Pakistan und Indien. Im Vergleich zu Industrienationen sind die in Entwicklungsländern wie Nepäl entstehenden Schäden objektiv und in absoluten Zahlen gemessen niedrig, der Wert der beschädigten oder zerstörten Objekte kann für die betroffenen Menschen subjektiv jedoch einen sehr hohen Wert besitzen (vgl. TERRY, 1994). Zudem treten die Naturgefahren nicht konzentriert in einem bestimmten Gebiet auf, vielmehr sind alle Bereiche vom Tiefland über das Mittelgebirge bis hinauf in den Hohen Himalaya alljährlich betroffen. Es handelt sich also um keine seltenen Ereignisse, deren Auswirkungen mit wachsendem Abstand vom Geschehen in Vergessenheit geraten, tragischer Weise sind sie in Nepäl nahezu ein alltäglicher Bestandteil des Lebens. JONES (1992) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen *low magnitude-high frequency*- und *high magnitude-low frequency*-Ereignissen, wobei die kumulierten Schäden von *low magnitude-high frequency*-Ereignissen in ihrer Summe diejenigen der *high magnitude-low frequency*-Ereignisse sogar übersteigen können. Mit JONES (1992) gesprochen liegt das Hauptaugenmerk der vorliegenden Arbeit somit auf den in Nepäl auftretenden *high magnitude-low frequency*-Ereignissen.

Ebenso wie die Naturgefahr oder die Naturkatastrophe bezieht sich auch das **Naturrisiko** bzw. das naturbedingte Risiko auf ein mögliches natürliches Extremereignis, mit dem in einem bestimmten Gebiet zu rechnen ist. Als Risiko definiert SCHNEIDER (1980:3) in diesem Sinne die Möglichkeit der „unerwünschten, negativen Wirkung“ eines Ereignisses. GEIPEL (1992) fasst im Gegensatz dazu das Risiko jedoch derart auf, dass die drohende Naturgefahr das Risiko darstellt, das derjenige eingeht, der an einem Ort wohnt, an dem mit dem Auftreten bestimmter Naturgefahren zu rechnen ist. Wie er weiter fortführt, geht die Naturgefahr aus der Interaktion natürlicher und sozialer Systeme hervor, die jedoch beide nicht als Kausalität gleichgesetzt werden können. Da natürliche Systeme neutral sind, ist es der Mensch, der die Umwelt in Ressourcen oder *hazards* verwandelt, indem er das natürliche Angebot für ökonomische, soziale und ästhetische Zwecke nutzt. Auch KIENHOLZ (1977) definiert den Begriff Gefahr als ein objektiv drohendes Unheil oder Schaden, während er den Begriff Risiko als subjektiv eingegangene Gefahr im Sinn eines Wagnisses auffasst. Ausgehend vom wissenschaftlichen Hintergrund der Fragestellung kann der Risikobegriff somit sehr unterschiedlich ausgelegt werden.

In zahlreichen Publikationen, die sich mit Risikoforschung befassen, wird das Risiko mathematisiert über den Erwartungswert R als Produkt einer quantitativen Angabe, die ein mögliches Ereignis und seine Folgen betrifft (Schadenausmaß, Schadensumfang oder Schadenhöhe S) und einer quantitativen Angabe über die Wahrscheinlichkeit, mit welcher dieses Ereignis bzw. seine Folgen eintreten (Eintrittshäufigkeit bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit H) dargestellt (BANSE, 1996:35)⁷:

$$R = H \times S. \quad (1)$$

Dabei wird von einer reziproken Beziehung zwischen Auftretenswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß ausgegangen, d.h. kleine Schäden treten häufiger auf, wobei bei gleichem R große Schäden eine geringere Wahrscheinlichkeit aufweisen. Mangels genügender Präzision wurde dieser quantifizierende Risikoansatz in Teilen kritisiert, da z.B. Naturrisiken nur schwer zu quantifizieren seien.

Davon ausgehend kann zwischen einem objektiven und einem subjektiven Risiko unterschieden werden. Das objektive Risiko ist im mathematischen oder versicherungstechnischen Verständnis im Sinne einer Eintrittswahrscheinlichkeit zu verstehen, die das Produkt aus Frequenz (Wiederholungswahrscheinlichkeit) und Magnitude (Stärke) des Ereignisses ist. Das subjektive Risikoverständnis hingegen bezieht sich auf die Rolle des Menschen oder der Gesellschaft, wo unter Umständen „riskante“ Entscheidungen getroffen werden müssen, ist also im Sinne eines sozialwissenschaftlichen Risikobegriffes „menschlich“ gemacht. Auch POHL & GEIPEL (2002) fassen den Risikobegriff derart auf, dass Gefahrenpotentiale latent vorhanden sind, der Mensch jedoch nur die Wahl zwischen verschiedenen Risiken hat oder sie gar durch sein Verhalten selbst produziert. Bei der Entscheidungsfindung bilden beispielsweise das zu erwartende Schadensausmaß oder entgangener Nutzen eine wichtige Kalkulationsgröße. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff Risiko daher als eine Kombination aus der geschätzten bzw. erwarteten Auftretenswahrscheinlichkeit eines extremen Naturereignisses und der möglichen, erwarteten Schäden und Auswirkungen, der so genannten **Vulnerabilität** (Verletzlichkeit, *vulnerability*), aufgefasst.

Allgemein kann der Begriff Vulnerabilität als Verletzlichkeit bzw. Verwundbarkeit aufgefasst werden. LI (2000) betont, dass die Vulnerabilität durch die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses in Kombination mit der Fähigkeit der betroffenen Menschen, damit fertig zu werden, bestimmt wird. Er unterscheidet weiterhin eine physische, räumliche und sozioökonomische Vulnerabilität. Erstere beinhaltet beispielsweise Siedlungsstrukturen, Infrastruktur, Nutzpflanzen sowie Nutztiere und steht in engem Zusammenhang mit der räumlichen Vulnerabilität, die durch die Lage, den Standort und dem Ausgesetzt-Sein gegenüber einem Naturereignis bestimmt wird. Die sozioökonomische Vulnerabilität ist zum einen im Sinne von Verlust an potentiellen Arbeitsplätzen, entgangener Produktion oder auch Entwicklung zu verstehen, umfasst also Sekundäreffekte und Langzeitschäden. Da Menschen bedingt durch ihren sozialen Status, Beruf, Ethnie, Kaste, Alter oder Geschlecht unterschiedlich stark verletzlich sind, kommt der sozioökonomischen Vulnerabilität auch in diesem Zusammenhang eine Bedeutung zu (vgl. BLAKIE et al., 1994; LI, 2000).

⁷ Nach BANSE (1996) hat der quantifizierende Risikoansatz in einigen Bereichen wie dem Versicherungswesen und in technischen Bereichen seine Brauchbarkeit bewiesen. Er kann jedoch nur sinnvoll angewendet werden, wenn die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses hinreichend genau angegeben werden kann und dessen negativen Auswirkungen quantitativ eindeutig bestimmbar sind.

Zusammenfassend seien kurze Definitionen der zentralen Begriffe geben, wie sie in der vorliegenden Arbeit aufgefasst werden und Verwendung finden:

Naturereignis: Ein Naturereignis ist ein geologisch, atmosphärisch, hydrologisch oder biologisch verursachtes Ereignis in der Umwelt wie z.B. Erdbeben, Vulkanausbrüche, Massenbewegungen oder Überschwemmungen.

Naturgefahr (*hazard*): Unter einer Naturgefahr wird das aus einem natürlichen Prozess objektiv drohende Unheil im Sinne einer Bedrohung verstanden. Dieser natürliche Prozess kann zukünftig auf Menschen einwirken oder hat in der Vergangenheit auf Menschen eingewirkt, und hat durch das Einwirken seines Prozessablaufes sowie dessen Effekte und Auswirkungen auf Individuen, Gruppen oder Gesellschaften zu Schäden an Menschen, ihrer Habe und Werke geführt.

Naturkatastrophe (*disaster*): Eine Naturkatastrophe ist ein in Raum und Zeit außergewöhnlich extremes Naturereignis, das auf meist unvorhergesehene Weise auf Menschen, ihre Habe und Werke einwirkt und zu drastischen Verlusten an Menschenleben und immensen materiellen Schäden führt. Dies führt zumindest lokal, wenn nicht sogar national, zu einer drastischen Veränderung des sozioökonomischen Umfeldes, infolge dessen gesellschaftliche Strukturen versagen und alle oder wesentliche Funktionen der Gesellschaft nicht mehr erfüllt werden können. Eine Naturkatastrophe übersteigt die Selbsthilfekapazität der betroffenen Menschen und erfordert überregionale oder sogar internationale Hilfe.

Naturrisiko: Das Naturrisiko ist die qualitative oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit des Eintretens und der Tragweite der Schadenwirkung. Während das Naturrisiko als mathematisches Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und Schadenausmaß quantitativ erfasst werden kann, wird in der vorliegenden Arbeit das Schadenausmaß qualitativ charakterisiert. Von diesem objektiven Risiko ist ein subjektives Risiko zu unterscheiden, das der Mensch durch seine Nutzungsentscheidung für eine gefährdete Lokalität eingeht.

Vulnerabilität: Die Verletzlichkeit eines Standortes oder einer gesellschaftlichen Gruppe definiert sich über die Kombination der Eintrittswahrscheinlichkeit eines extremen Naturereignisses, der möglichen Schäden bei dessen Eintritt sowie der unzureichenden Möglichkeit oder Fähigkeit der betroffenen Menschen, sich vor negativen Auswirkungen zu schützen und sich von den Folgen zu erholen. Der Grad der Vulnerabilität ist von physischen, räumlichen und sozioökonomischen Faktoren wie z.B. der Lage/dem Standort, vorhandener Infrastruktur, sozialem Status, Alter oder Geschlecht sowie Organisationsstrukturen abhängig.

2. NATURGEFAHREN UND NATURRISIKEN IM NEPÄL-HIMĀLAYA

2.1 TYPISIERUNG VON NATURGEFAHREN UND NATURRISIKEN IM NEPÄL-HIMĀLAYA

Der Nepāl-Himālaya neigt aufgrund zahlreicher natürlicher Faktoren wie der großen Reliefunterschiede, der jungen und komplexen Geologie des Gebirges, der seismischen Aktivität sowie den extremen und zudem wechselhaften klimatischen Bedingungen vermehrt zum Auftreten extremer Naturereignisse, die durch ihr Einwirken auf den menschlichen Lebensraum zu Naturgefahren werden. Sowohl von Seiten der nepalesischen Regierung als auch von Seiten zahlreicher Wissenschaftler unterschiedlichster Fachrichtungen wird das komplexe Wirkungsgefüge zwischen Mensch und Umwelt, das den Themenkreis der Naturgefahren und Naturrisiken maßgeblich bestimmt, noch immer auf ein stark vereinfachtes Modell reduziert, das der *Theory of Himalayan Environmental Degradation* (vgl. IVES & MESSERLI, 1989; vgl. Kap. 2.3) inneohnt. In diesem Modell werden anthropogene Einflüsse wie beispielsweise das hohe Bevölkerungswachstum, unangepasste Landnutzungs- und Bewässerungssysteme, ungeplante Siedlungen, Überweidung und Entwaldung für ein vermehrtes Auftreten extremer Naturereignisse und wachsende Schäden verantwortlich gemacht. Die Bewältigung dieses Problemkreises wird in Nepāl durch einen Mangel an technisch kompetenten Fachleuten, eine rückständige Infrastruktur, den Mangel an finanziellen Mitteln, mangelndes politisches Engagement und oftmals langwierige Entscheidungsfindungen erschwert.

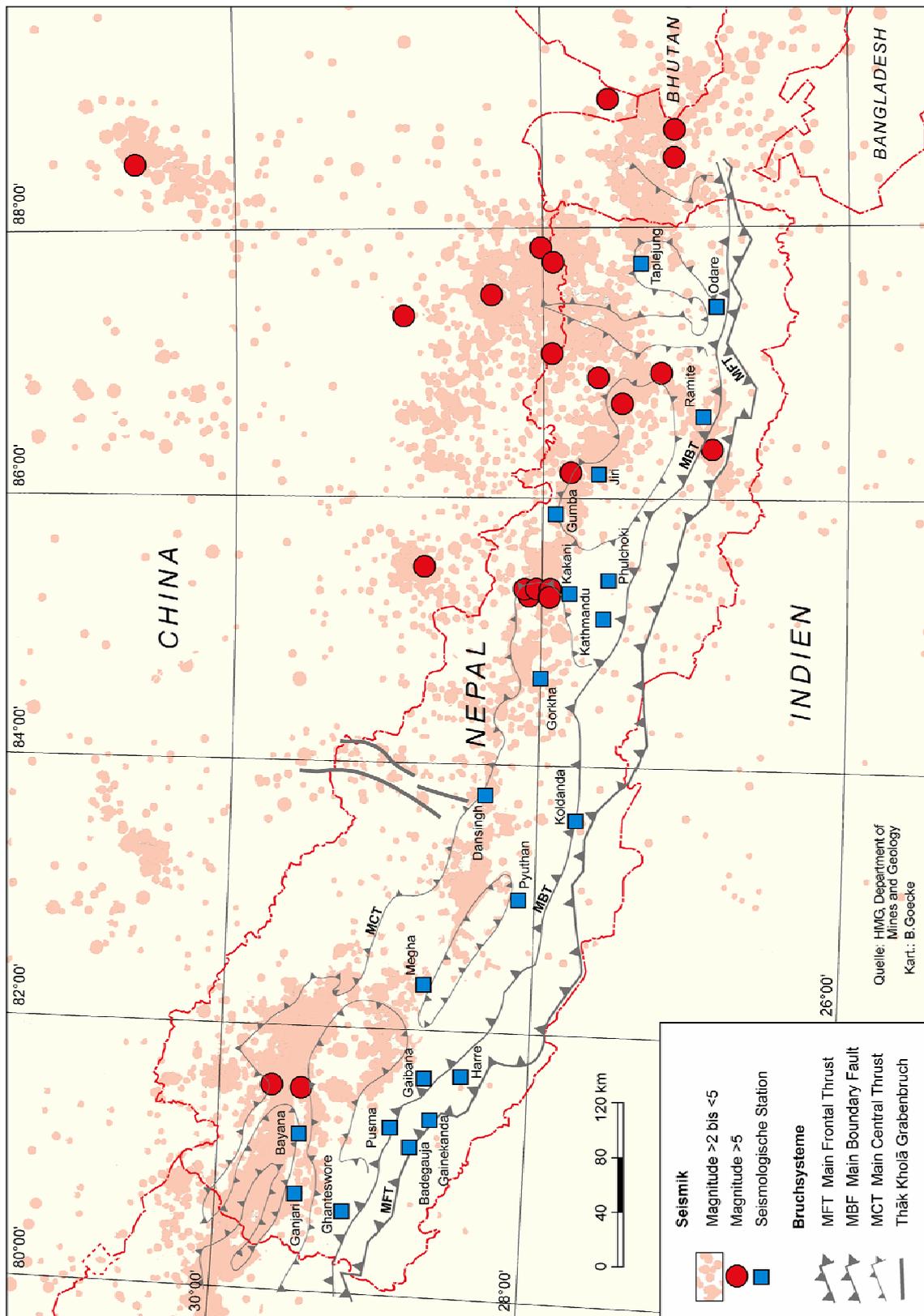
An dieser Stelle sei zunächst ein Überblick über die verschiedenen Typen von Naturgefahren gegeben, die im Nepāl-Himālaya auftreten und statistisch erfasst werden. Gemäß dem *Natural Calamity Relief Act* (vgl. HMG, 1982) werden in Nepāl neben natürlichen Extremereignissen auch quasinatürliche Ereignisse wie Industrieunfälle, Verkehrsunfälle, Explosionen oder Vergiftungen der Umwelt erfasst. Für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit sind jedoch nur die natürlichen Gefahren wie Erdbeben, Hangrutschungen, Hochwasser und Überschwemmungen sowie Murgänge und *Glacial Lake Outburst Floods*⁸ (GLOFs, Ausbrüche von Gletscherseen) von Interesse.⁹ Darüber hinaus treten nahezu alljährlich extreme Naturereignisse wie Feuer, Epidemien, Lawinen, Sturm, Hagel, und Blitzschlag auf.

Erdbeben

Bedingt durch die Lage auf einem transkontinentalen Erdbebengürtel sind in Nepāl häufig Erdstöße zu verzeichnen. Durch die Norddrift des Indischen Subkontinents und dessen Kollision mit der Tibetische Platte erfährt das Gebiet zwischen dem Gangestiefland und der Himālaya-Hauptkette eine ständige Anhebung. Die Verklebung von Gesteinsschichten führt zu hohen Drücken im Erdinneren, bei Entlastung dieser Drücke kommt es zu Erdbeben. Dabei stellen nicht die Beben selbst, sondern die durch sie bewirkten Sekundäreffekte wie beispielsweise einstürzende Gebäude oder Bergstürze eine große Gefahr dar.

⁸ *Glacial Lake Outburst Floods* werden in den amtlichen Statistiken bislang nicht berücksichtigt.

⁹ Diese gefahrenbringenden Prozesse werden in Kapitel 4.2.1 detailliert erläutert.



Karte 1: Erdbeben-Epizentren in Nepāl und angrenzenden Regionen, geologische Bruchsysteme und seismologische Stationen (nach HMG, Department of Mines and Geology & D.A.S.E., 1999)

Die frühesten Aufzeichnungen über Erdbeben stammen aus dem Indischen Himālaya (893 n.Chr.). Aus Nepāl bzw. aus dem Tal von Kāṭhmāṇḍu sind Erdbeben aus den Jahren 1253/1255, 1260, 1408, 1681, 1810, 1833 und 1934 mittels historischer Aufzeichnungen und Chroniken zu belegen (vgl. CHITRIKAR & PANDAY, 1996; PANT, 2002), wobei die Beben von 1833 und 1934 aufgrund ihrer folgenschweren Auswirkungen am ausführlichsten dokumentiert sind. Eines der bislang zerstörerischsten Erdbeben ereignete sich am 15. Januar 1934. Damals wurde das Tal von Kāṭhmāṇḍu von einem dreiminütigen Erdbeben der Stärke 8,4¹⁰ heimgesucht, das weite Teile Kāṭhmāṇḍus und der benachbarten Städte Pāṭan und Bhaktapur zerstörte. Insgesamt war eine Fläche von 8 Mio. km² betroffen, widersprüchlichen Angaben zu Folge verloren bis zu 16.000 Menschen ihr Leben, mehr als 300.000 Gebäude wurden zerstört. 1980 ereignete sich ein Erdbeben der Stärke 6,5, dessen Epizentrum im Distrikt Bajhān lag; 178 Menschen starben und 40.000 Gebäude wurden zerstört. Am 21. August 1988 ereignete sich ein Erdbeben der Stärke 6,6, das 721 Todesopfer forderte, ca. 65.000 Gebäude wurden zerstört. Das Epizentrum lag diesmal im indischen Bundesstaat Udaipur und erschütterte in Nepāl das Gebiet zwischen Bhaktapur und den Distrikt Ilām.

Im Jahr 1978 wurde die erste seismologische Messstation vom *Department of Mines and Geology* errichtet, heute zeichnen 21¹¹ seismologische Stationen Erdstöße in ganz Nepāl auf (vgl. HMG, 2000b). In den Jahren 1994 bis 1999 waren im Durchschnitt täglich 10 Beben der Stärke 2 bis unter 5 sowie ein Beben der Stärke 6 bis unter 7 zu verzeichnen (vgl. Karte 1; vgl. UPRETI, 2001a, b). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anzahl der jährlich in Nepāl zu verzeichnenden Erdstöße der Stärke 2 bis unter 7.

Tab. 1: Summen der jährlichen Erdbeben (Stärke 2 bis unter 7) in Nepāl (vgl. NAKARMI, 1997)

Jahr	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Summe der Beben	700	900	1500	1700	2200	1600

Überschwemmungen, Hangrutschungen und Murgänge

Nepāl verfügt über mehr als 6000 Flüsse und Ströme, die allesamt in südlicher Richtung in den Ganges entwässern. Insbesondere die Monsunniederschläge, die zwischen Juni und September bis zu 80 % der jährlichen Niederschläge bringen, lassen die Flüsse in dieser Jahreszeit über die Ufer treten. Der Terāi ist meist am schlimmsten von Überschwemmungen und Flussverlagerungen betroffen, da sich die stark wasserführenden Flüsse aus dem Nepalesischen Mittelland und dem Hohen Himālaya über ein großes Gefälle in den nahezu ebenen Terāi ergießen. Bei den bislang schwersten Überschwemmungen im Jahr 1993 kamen 1336 Menschen ums Leben, eine halbe Million Menschen waren von den Überschwemmungen betroffen (vgl. Kap. 5.7). Auch 1998, 1999 sowie im Jahr 2002 kam es zu schweren Überschwemmungen in Nepāl (vgl. HMG, 2002e).

Infolge der ergiebigen monsunalen Niederschläge treten im Nepalesischen Mittelland und dem Hohen Himālaya, im Besonderen auf der monsunexponierten Himālaya-Südabdachung, verstärkt Hangrutschungen und Murgänge auf. Massenbewegungen werden durch das stark verwitterte, erosionsanfällige Gestein geradezu begünstigt, und die hohen Reliefenergien

¹⁰ Die Stärke der Beben wird nach der Richter-Skala angegeben.

¹¹ Stand 2001

induzieren einen massiven und schnellen Transport großer Massen bergab. Neben Überschwemmungen stellen Massenbewegungen die massivste Naturgefahr für den Nepāl-Himālaya dar, alljährlich sind zahlreiche Todesopfer und Vermisste zu beklagen. Durch die Zerstörung von Gebäuden, landwirtschaftlichen Nutzflächen und Infrastruktureinrichtungen wie Strassen und Wasserkraftwerken entstehen zudem enorme ökonomische Verluste (vgl. Tab. 2, Tab. 3).

GLOF (Glacier Lake Outburst Flood)

Im Nepāl-Himālaya dominieren Firnkessel- und Lawinengletscher, die sich durch kleine Nährgebiete oberhalb der Gleichgewichtslinien auszeichnen bzw. mit ihrer gesamten zusammenhängenden Fläche unterhalb der Firnlinie liegen. Sie verfügen dennoch über eine vergleichsweise lange, häufig schuttbedeckte Zunge und werden durch Lawinenstürze aus Steilflanken und Gipfelkämmen gespeist (RATHJENS, 1982). Wie in den Alpen zu verzeichnen, so befinden sich auch im Nepāl-Himālaya zahlreiche Gletscher auf dem Rückzug. Als Folge dessen staut sich bei einigen Gletschern Schmelzwasser hinter den End- oder Seitenmoränen zu Seen auf.¹² Im Falle des Imja-Gletschers im Khumbu-Himāl ist sogar eine Seenbildung auf der Gletscheroberfläche zu verzeichnen (vgl. WATANABE et al. 1994, 1995). Durch den Bruch der Moränen - etwa durch eine Gletscherwohle, eine Schallwelle, Tunnel- oder Sickerröhrenbildung - kann es zu einem plötzlichen Ausbruch des Sees kommen. Ergießen sich die Wassermassen ohne Vorwarnung talabwärts in besiedeltes Gebiet, können sie dort unter Mitführung von Geröll zu großen Schäden führen. Gletscherseen und deren Ausbrüche wurden in der Vergangenheit kaum zur Kenntnis genommen, da sie sich in entlegenen, unbesiedelten bzw. sehr dünn besiedelten Regionen des Hohen Himālayas ereignet haben (vgl. MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI, 2001). Durch die rasch anwachsende Bevölkerung und den Ausbau der technischen Infrastruktur, wie etwa Verkehrswege und Wasserkraftanlagen, wird dieser Naturgefahr insbesondere aufgrund drohender sozioökonomischer Schäden nun auch in Nepāl ein gesteigertes Interesse entgegengebracht.

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit Gletscherseen und GLOFs begann in Nepāl mit dem Ausbruch des Dig Tsho im Khumbu Himāl am 4. August 1985. Ausgelöst wurde dieses Ereignis durch den Abgang einer Eislawine in den Dig Tsho, deren Schallwelle den Bruch des Moränendamms zur Folge hatte. Die Konsequenzen für das Sherpa-Land waren katastrophal: in kürzester Zeit ergossen sich 5 Mio. m³ Wasser durch das Bhoṭe Koshī- und Dudh Koshī-Tal, eine nicht genau bezifferte Zahl von Menschen kam ums Leben, 30 Häuser, 14 Brücken sowie ein Wasserkraftwerk im Wert von 1,5 Mio. US \$ wurden zerstört (vgl. VUICHARD & ZIMMERMANN, 1986, 1987). Ein 2001 erschienenes, von ICIMOD/MENRIS in Kooperation mit UNEP/RRC-AP erstelltes Gletscherinventar für Nepāl führt 3.252 Gletscher und 2.323 Gletscherseen auf, von denen 20 als potenziell gefährlich, d.h. ausbruchsgefährdet, eingestuft werden (vgl. MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI, 2001).

¹² Es kommen auch eisgestaute Gletscherseen vor (vgl. 4.2.1), im Nepāl-Himālaya ist jedoch der Typ moränengestauter Seen am weitesten verbreitet.

Feuer

In der sehr heißen Trockenzeit ($>35\text{ }^{\circ}\text{C}$) von April bis Juni, vor Einsetzen des Monsuns, kommt es besonders im Terāi, aber auch im Nepalesischen Mittelland, häufig zu Bränden. Mögliche Gründe liegen in den sehr ärmlichen Wohnverhältnissen, dem Kochen am offenen Feuer, der Siedlungsstruktur mit dicht zusammen stehenden Häusern sowie der Verwendung von traditionellen, jedoch leicht brennbaren Baumaterialien wie Stroh, Ried und Holz. Aufgrund der Beschädigung oder Zerstörung von Wohngebäuden und der Vernichtung von Ernten sind hohe wirtschaftliche Verluste zu beklagen. Zahlreiche Menschen verlieren ihr Leben oder tragen schwerste Verbrennungen davon.

Epidemien

Nicht etwa die alljährlich auftretenden Naturgefahren wie Überschwemmungen, Hangrutschungen und Murgänge fordern die meisten Todesopfer in Nepāl, sondern Epidemien (vgl. Tab. 2; Abb. 2). Aufgrund mangelnder Hygiene, verunreinigtem Trinkwasser und einer schlechten Gesundheitsversorgung sind im Besonderen Kinder sowie alte und schwache Menschen von Erkrankungen wie Cholera, Gastroenteritis, Japanischer Encephalitis, Meningitis, Typhus, Hepatitis und Malaria betroffen.

Lawinen

Lawinen kommen in den Hochlagen des Nepāl-Himālaya häufig und in großer Zahl vor, fordern aufgrund topographischer und klimatischer Besonderheiten jedoch kaum Todesopfer oder Sachschäden. Während im Westhimālaya durch den Einfluss der Westwinddrift überwiegend winterliche Schneefälle zu verzeichnen sind, erhält der wechselfeucht-tropische Nepāl-Himālaya während des Monsuns gewaltige Schneemassen. Die Schneegrenze im Nepāl-Himālaya liegt je nach Exposition zwischen 5000 und 6000 m NN; zwar kann Niederschlag temporär hinunter bis in die Hochtäler des Hohen Himālayas als Schnee fallen, dieser apert aufgrund der ganzjährig hohen Einstrahlung jedoch schnell wieder aus (vgl. RATHJENS, 1982). Lawinen kommen daher in der Regel nur oberhalb der Dauerschneegrenze, d.h. oberhalb von 5000 m NN, vor. Da der Vertikalabstand zwischen Dauerschneegrenze und oberer Siedlungsgrenze im Nepāl-Himālaya nahezu 1000 Höhenmeter beträgt, sind keine Dauersiedlungen durch Lawinenabgänge betroffen. Sind dennoch Todesopfer durch Lawinen zu beklagen, handelt es sich meist um Trekkingtouristen oder Bergsteiger. 1995 kamen bei verschiedenen Lawinenereignissen im Khumbu- und Kanchenjungha-Gebiet 43 Menschen ums Leben, die meisten von ihnen waren ausländische Bergtouristen.

Sturm, Blitzschlag und Hagel

Stürme treten meist zwischen März und Mai auf, Blitzschläge und Hagel häufig während des Monsuns. Diese Naturereignisse verursachen auf der einen Seite große Ernteschäden, auf der anderen Seite fordern sie immer wieder Todesopfer und führen durch die Zerstörung von Gebäuden oder Gebäudebränden zu enormen Sachschäden. Hagel tritt vor allem zu Beginn sowie am Ende des Monsuns auf. Zwar sind kaum Todesopfer zu beklagen, die Ernteschäden durch Hagel sind jedoch beträchtlich. 2001 kamen 38 Menschen durch derartige Naturereignisse ums Leben, über 30 Menschen wurden verletzt und 843 Gebäude wurden zerstört (vgl. HMG, 2002e).

Dürre

Die nördlich der Himālaya-Hauptkette gelegenen Landesteile Nepāls sind aufgrund ihrer Lage im Regenschatten des Hohen Himālaya generell sehr trocken, in manchen Regionen nahezu wüstenhaft. Aber auch die fruchtbaren Ebenen im Terāi sind von Zeit zu Zeit von Dürren betroffen. Die Ursachen dafür liegen in der ungleichen und irregulären Verteilung der Monsunniederschläge, die nicht nur im Jahresgang (z.B. zu spätes Einsetzen des Monsuns), sondern auch in aufeinander folgenden Jahren einer hohen Variabilität unterworfen sind. Dies trägt auf der einen Seite zu einer Erhöhung der Feuergefahr bei, auf der anderen Seite werden durch das Ausbleiben der Niederschläge landwirtschaftliche Anbauprodukte geschädigt (1994: 157.628 ha; vgl. HMG, 2002e), was zu erheblichen wirtschaftlichen Einbußen führt und Subsistenzbauern vor existenzielle Probleme stellt.

Die in den Tabellen 2 und 3 wiedergegebenen Zahlen vermitteln einen Eindruck der in den Jahren 1983 bis 2001 durch extreme Naturereignisse verunglückten Menschen und verursachten Schäden. Neben den Sachschäden sind in Tabelle 2 die Todesopfer nach verursachendem Naturereignis aufgeführt. In Tabelle 3 werden neben Todesopfern auch Angaben zu Verletzten und betroffenen Familien gegeben, darüber hinaus werden die Sachschäden stärker differenziert. Diese vom *Department of Water Induced Disaster Preparedness* (DWIDP) veröffentlichten Daten werden vom *Department of Narcotic Drugs Control and Natural Disaster Management* erhoben, als Datenquelle dienen die nepalesischen Tageszeitungen *Kathmandu Post* und *Rising Nepal*. Die Daten können daher mit großen Ungenauigkeiten behaftet sein und werden nur unter Vorbehalt verwendet. Da auf diesem Weg der Datenerhebung möglicherweise nicht alle Opfer und Schäden exakt erfasst werden darf davon ausgegangen werden, dass die Zahlen zu Toten, Verletzten und Vermissten sowie zu Sachschäden noch weitaus höher liegen.

Tab. 2: Todesopfer nach Naturgefahren und entstandene Sachschäden in Nepāl 1983 bis 2001 (Datenquelle: HMG, 1998, 2000a, 2001c 2002e); NR = Nepalesische Rupien

Jahr	Todesopfer							Sachschäden (Mio. NR)
	Erdbeben	Rutschung, Flut	Feuer	Epidemien	Sturm, Hagel, Blitzschlag	Lawinen	Total	
1983	-	293	69	217	-	-	579	240
1984	-	363	57	521	-	-	941	49
1985	-	420	52	915	-	-	1.387	23
1986	-	315	96	1.101	-	-	1.512	23
1987	-	391	62	426	2	-	881	2.005
1988	721	328	23	427	-	14	1.513	6.099
1989	-	680	109	879	28	20	1.716	4.172
1990	-	307	46	503	57	-	913	139
1991	-	93	90	725	63	-	971	43
1992	2	71	97	1.128	20	-	1.318	52
1993	-	1.336	43	100	45	-	1.524	5.189
1994	-	49	43	626	47	-	765	184
1995	-	203	73	520	34	43	873	1.933
1996	3	258	61	494	75	4	895	1.579
1997	-	83	65	951	49	12	1.160	410
1998	-	273	54	840	23	-	1.190	1.230
1999	-	193	39	1.207	22	5	1.466	509
2000	-	173	38	141	26	-	378	1.142
2001	1	196	26	154	38	-	415	527
Total	727	6.025	1.143	11.875	529	98	20.397	25.548

Bei Betrachtung von Tabelle 2 und Abbildung 2 wird deutlich, dass die meisten Todesopfer in Nepāl (58,2 %) aufgrund von Epidemien zu beklagen sind. Im Rahmen der natürlichen Extremereignisse, die für die vorliegende Arbeit von Interesse sind, folgen Hangrutschungen und Überschwemmungen mit einem Anteil von 29,5 % der Todesopfer. Leider werden in der amtlichen nepalesischen Statistik Opfer und Schäden infolge von Hangrutschungen und Überschwemmungen in einer Variablen zusammengefasst, eine detailliertere Unterscheidung nach Gefahrentyp wäre hier wünschenswert. Seltene Schadensereignisse wie Erdbeben haben in den Jahren von 1983 bis 2001 lediglich 3,6 % der Opfer gefordert. Diese vergleichsweise geringe Opferzahl täuscht darüber hinweg, dass nahezu täglich Beben unterschiedlicher Magnitude im Nepāl-Himālaya zu verzeichnen sind. Bei einem starken Beben in einem dicht besiedelten Raum wie beispielsweise dem Kāṭhmāṇḍu-Tal müsste mit einer unüberschaubar großen Zahl von Opfern gerechnet werden. Da Lawinen generell in siedlungsfernen Räumen auftreten, fordert dieses Naturereignis mit 0,5 % sehr wenige Opfer. Wie bereits zuvor erwähnt, handelt es sich bei Lawinenopfern häufig um Bergsteiger oder Expeditionsteilnehmer. Der Anteil der Todesopfer aufgrund von Feuer sowie Hagel, Sturm und Blitzschlag ist mit insgesamt 8,2 % im Vergleich zu den übrigen Opferzahlen überraschend hoch.

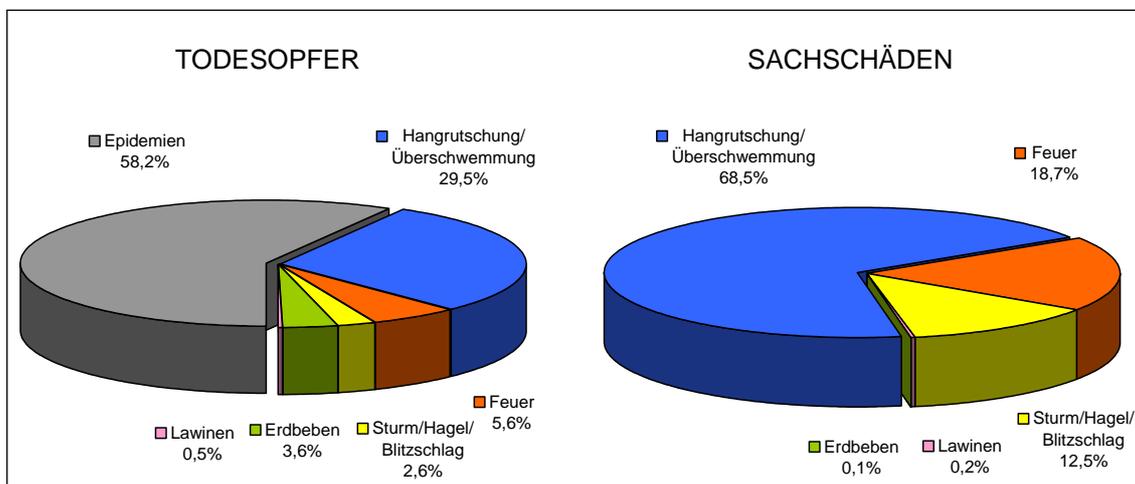


Abb. 2: Todesopfer und Sachschäden in Nepāl nach Naturgefahren (Datenquelle: HMG, 1998, 2000a, 2001c, 2002e)

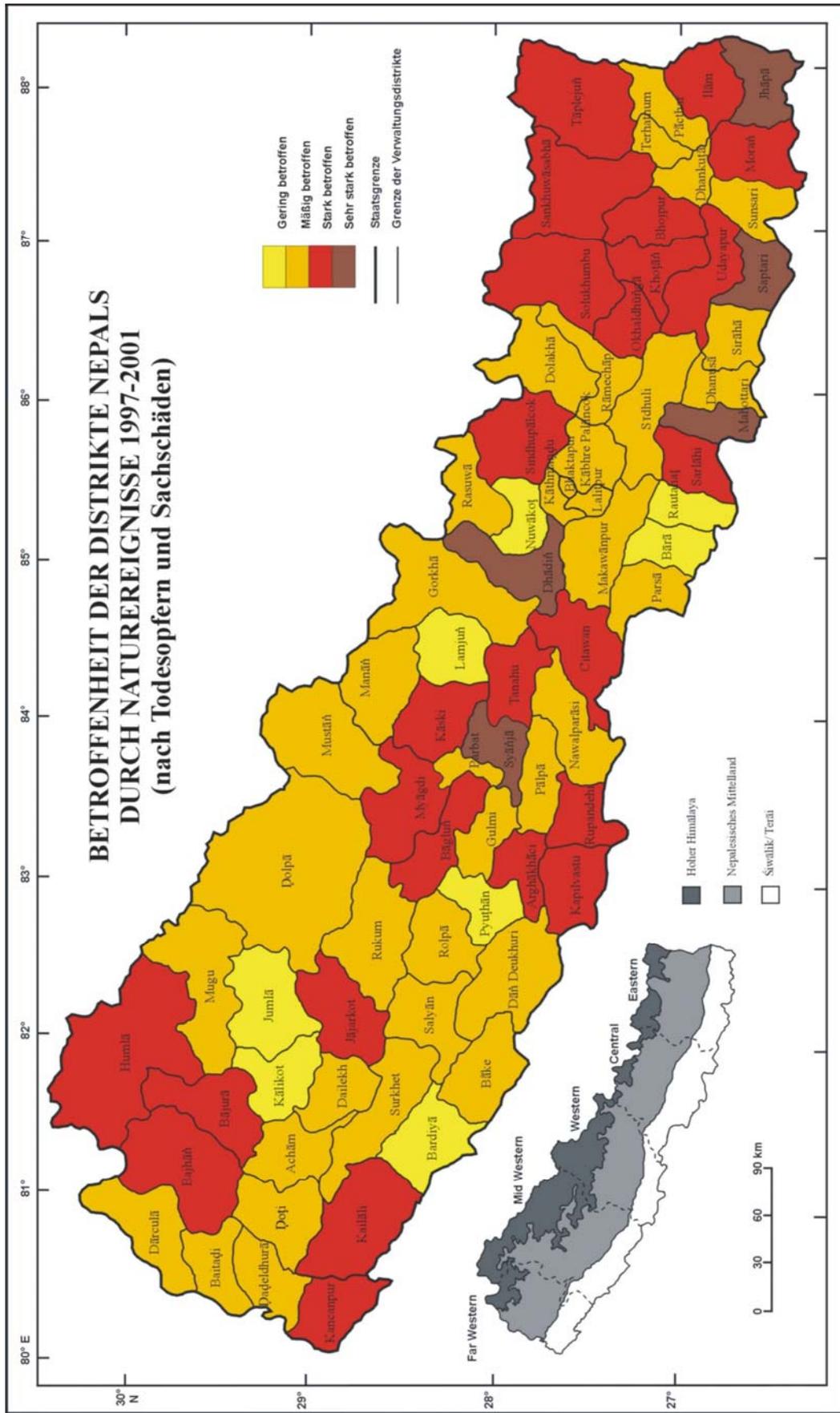
Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, verursachen Hangrutschungen und Überschwemmungen mit einem Anteil von 68,5 % die meisten Schäden. Neben Gebäuden und landwirtschaftlichen Nutzflächen sind meist Infrastruktureinrichtungen wie Verkehrswege oder Wasserkraftwerke betroffen. Die vergleichsweise hohen Schäden infolge von Feuer (18,7 %), Hagel, Sturm und Blitzschlag (12,5 %) kommen hauptsächlich durch Schäden an landwirtschaftlichen Nutzflächen, Ernteschäden und Gebäudeschäden zustande. Durch Lawinen verursachte materielle Schäden sind bedingt durch die siedlungsfernen Prozessabläufe in der Statistik mit 0,2 % vernachlässigbar klein. Auch durch Erdbeben sind im von der Statistik erfassten Zeitraum von 1983 bis 2001 keine nennenswerten Schäden verursacht worden. Die Verfasserin geht jedoch davon aus, dass lediglich durch Erdbeben verursachte Primärschäden in der Statistik berücksichtigt werden. Erdbeben können sekundäre Ereignisse wie Hangrutschungen auslösen, die ihrerseits wiederum zu großen Schäden führen können.

Tab. 3: Tote, Verletzte, betroffene Familien und Sachschäden in Nepäl 1983 bis 2001 (nach HMG, 2002e)

Jahr	Personen		Betroffene Familien	Schäden/ Sachschäden			
	Tot	Verletzt		Vieh	Häuser	Landverlust [ha]	Schadenssumme [Mio. NR]
1983	579	-	-	248	12	-	240
1984	941	-	-	3.547	10.597	1.242	49
1985	1.387	-	-	3.399	7.166	1.355	23
1986	1.512	-	-	6.566	3.370	1.315	23
1987	881	162	97.036	1.852	36.220	18.858	2.005
1988	1.584	12.538	70.197	2.788	108.801	-	6.099
1989	1.716	3.014	-	4.240	7.648	-	4.172
1990	913	196	8.462	867	6.352	1.132	139
1991	971	43	6.426	642	5.510	283	43
1992	1.318	17	11.535	1.586	13.997	135	52
1993	1.524	246	90.911	-	21.911	-	5.189
1994	765	155	11.701	1.329	3.234	392	184
1995	873	1.937	134.216	2.053	10.275	41.867	1.933
1996	895	1.527	58.329	2.480	30.014	6.063	1.579
1997	1.160	1.120	46.054	1.191	4.825	6.063	410
1998	1.190	117	36.987	1.179	15.082	327	1.230
1999	1.466	146	17.842	650	4.304	182	509
2000	378	162	24.900	1.017	6.886	889	1.142
2001	415	132	15.908	665	6.103	-	527
Total	20.467	21.512	630.504	38.657	302.307	80.467	25.548

Eine Betrachtung der Tabelle 3 verdeutlicht, welche Verluste und Schäden infolge extremer Naturereignisse das Entwicklungsland Nepäl alljährlich zu bewältigen hat. Besonders die Angaben zu den betroffenen Familien, geht man für Nepäl von einer durchschnittlichen Familiengröße von fünf Personen aus, führt vor Augen, wie viele Menschen von den negativen Auswirkungen betroffen sind. Naturgefahren in Nepäl haben in den Jahren von 1983 bis 2001 mehr als 20.000 Menschenleben gefordert, darüber hinaus waren in diesem Zeitraum annäherungsweise 3 Millionen Menschen direkt von den negativen Auswirkungen betroffen. Wenn auch nahezu 12.000 Menschen durch Epidemien ihr Leben verloren haben, so ist eine Zahl von rund 8.000 Todesopfern, die ihr Leben aufgrund von klein- oder mittelmaßstäbigen Naturereignissen verloren haben, sehr hoch und weist auf einen dringenden Handlungsbedarf hin.

In den Jahren 1988, 1993 und 1995 ereigneten sich in Nepäl extreme Naturereignisse, deren negativen Auswirkungen überdurchschnittlich viele Todesopfer forderten oder enorme Sachschäden verursachten (vgl. Tab. 3). Das Udaipur-Erdbeben am 21. August 1988 forderte allein 721 Todesopfer sowie 12.500 Verletzte und führte zu Schäden in Höhe von über 6.000 Mio. NR – die höchste Schadenssumme, die in Nepäl je infolge eines Naturereignisses entstanden sind. Im Juli 1993 fielen im Einzugsgebiet des Bāgmatī innerhalb von 24 Stunden die höchsten Niederschläge, die in Nepäl jemals aufgezeichnet wurden. Diese lösten in gesamt Südost-Nepäl gewaltige Hangrutschungen und Überschwemmungen aus, die über 1.300 Menschen mit dem Leben bezahlen mussten. Darüber hinaus entstanden Sachschäden von mehr als 5.000 Mio. NR. Zwar waren im Monsun 1995 weniger Todesopfer und Sachschäden durch Hangrutschungen und Überschwemmungen zu beklagen, es dennoch waren über 130.000 Familien bzw. über 650.000 Menschen von den negativen Auswirkungen betroffen.



Karte 2: Betroffenheit der Distrikte Nepäls durch Naturereignisse 1997-2001 (Datenquelle: HMG, 1998, 2000a, 2001c, 2002e)

Entwurf und Grafik: A. Titz

Durch den Verlust von Gebäuden, Vieh und vor allem landwirtschaftlicher Nutzfläche wird einer Vielzahl von Familien die Lebensgrundlage entzogen. Der rein ökonomische Schaden von über 25.500 Mio. NR (1983-2001), was umgerechnet etwa 284 Mio. EUR entspricht, macht deutlich, welche Rückschläge die Entwicklung des Landes durch die Einwirkung von Naturgefahren zu bewältigen hat. Die Problematik wird zusätzlich durch die Tatsache erschwert, dass nicht einzelne Gebiete lokal betroffen sind, sondern alle Landesteile in unterschiedlich starkem Ausmaß unter den negativen Folgen extremer Naturereignisse zu leiden haben (vgl. Karte 2).

2.2 NATURGEFAHRENMANAGEMENT IN NEPÄL

Im Nepäl-Himälaya wird das Auftreten extremer Naturereignisse durch gewaltige Reliefunterschiede, den Einfluss des Monsunklimas mit einem ausgesprochenen Niederschlagsmaximum in den Monaten Juni bis September sowie durch die Lage auf einem Erdbebengürtel geradezu begünstigt. Amtlichen Aufzeichnungen zu Folge treten im Durchschnitt rund 12.000 Naturereignisse größeren und kleineren Ausmaßes pro Jahr auf (vgl. HMG, 2001c), wobei nahezu alle Ereignisse, hauptsächlich Überschwemmungen und Massenbewegungen, während des Monsuns auftreten.

In Jahren mit besonders stark ausgeprägtem Monsun sind daher überdurchschnittlich viele Todesopfer und erheblich höhere Sachschäden zu beklagen. So wurde Nepäl im Juli 1993 nach fünftägigen, sintflutartigen Monsunniederschlägen von den schlimmsten Überschwemmungen und Erdbeben der vergangenen 40 Jahre heimgesucht. Mehr als 1300 Menschen verloren dabei ihr Leben, über 500.000 Menschen waren von den Ereignissen betroffen (HMG, 2002e). Neben 10.000 Häusern und rund 42.000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche wurden zahlreiche Infrastruktureinrichtungen zerstört oder beschädigt, so dass das Entwicklungsland Nepäl Schäden in einer Höhe von umgerechnet 58 Mio. EUR zu kompensieren hatte.

Rechtliche Voraussetzungen für einen adäquaten Umgang mit Naturgefahren sind in Nepäl nur bedingt gegeben. Trotz der langjährigen, traurigen Erfahrung mit den alljährlich auftretenden Naturereignissen muss festgestellt werden, dass sich das Naturgefahrenmanagement in Nepäl nahezu ausschließlich auf provisorische Rettungs- und Hilfsmaßnahmen beschränkt. Vorbeugung und Bereitschaftserhöhung stellen dagegen völlig neue Konzepte dar, die nur zögerlich in Form von lokal begrenzten Projekten und Programmen, die sich meist auf das dicht besiedelte Kāṭhmāṇḍu-Tal konzentrieren, implementiert werden. An dieser Stelle seien die bislang von der Nepalesischen Regierung und Nichtregierungs-Organisationen erstellten Pläne und Programme kurz erläutert.

2.2.1 DER NATURAL CALAMITY RELIEF ACT 1982

Der 1982 von seiner Majestät Birendra Bir Bikram Shah Dev (Regierungszeit 1972 – 2001) auf Rat und mit Zustimmung des Nationalpañcāyats¹³ erlassene *Natural Calamity Relief Act* (im Folgenden NCRA) bildete ein erstes verbindliches Regelwerk für den Umgang mit Naturgefahren und Naturrisiken in Nepäl (vgl. HMG, 1982). Rettungs- und Hilfsmaßnahmen wurden zuvor nur auf der Basis freiwilliger Sozialarbeit durchgeführt. Der *Natural Calamity Relief Act* 1982 wurde in den Jahren 1989 und zuletzt 1992 im Rahmen der Internationalen Dekade für die

¹³ Beim Pañcāyat-System handelte es sich um eine erstmals 1962 und per Volksreferendum 1980 erneut eingeführte Regierungsform, die 1990 mit Einführung der Konstitutionellen Monarchie wieder abgeschafft wurde (vgl. MÜLLER, 1984:70f.).

Vorbeugung von Naturkatastrophen (IDNDR) weiter ergänzt (vgl. 2.2.2). Der NCRA erschöpft sich allerdings in der Beschreibung von Aufgaben, Pflichten sowie dem Verantwortungsbereich des *Ministry of Home Affairs*, darüber hinaus werden keine weiteren Institutionen genannt, die mit dem Naturgefahrenmanagement betraut werden sollen. Auch die so genannten *Natural Disaster Relief Regulations* (im Folgenden NDRR), ohne die der NCRA nicht voll funktionsfähig ist, konnten bislang nicht formuliert werden.

Im Auftrag des *Ministry of Home Affairs* wurden ein *Central Natural Disaster Relief Committee* (im Folgenden CNDRC) sowie die *District Natural Disaster Relief Committees* (im Folgenden DNDRC) gebildet, die ständig aktiv sind und sofortige Rettungs- und Hilfsmaßnahmen im Falle eines Naturereignisses koordinieren und durchführen sollen (vgl. Abb. 3). Das CNDRC wurde unter Vorsitz des Innenministers gebildet, um Programme und Maßnahmen betreffend der zu leistenden Hilfs- und Rettungsmaßnahmen zu formulieren und diese umzusetzen. Das CNDRC stellt Ressourcen und andere Hilfsmittel zur Verfügung, die dann vor Ort durch das jeweilige DNDRC verteilt werden sollen. Je nach Schwere eines Naturereignisses sollen gemäß NCRA das *Relief and Treatment Sub-Committee* (im Folgenden RTSC) und das *Supply, Shelter and Rehabilitation Sub-Committee* (SSRSC) in Aktion treten, die als Exekutivorgane des CNDRC fungieren. Zudem erfüllen die Subkomitees eine beratende Funktion gegenüber dem CNDRC (vgl. CHHETRI & BHATTARAI, 2001).

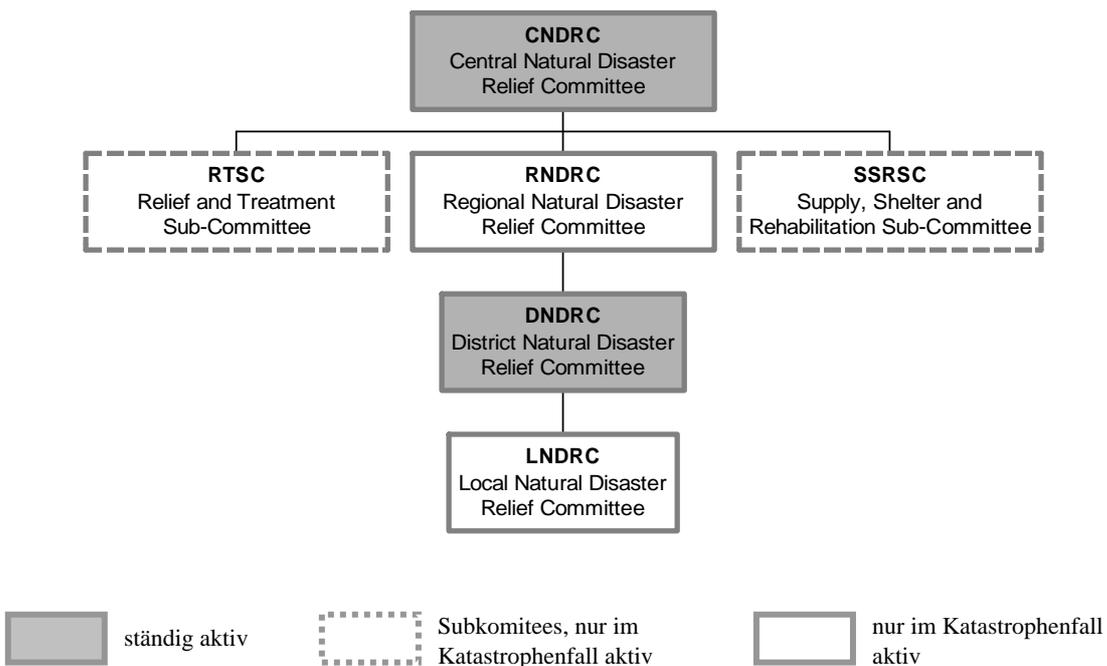


Abb. 3: Organisationsstruktur der verschiedenen *Relief-Committees* (nach CHHETRI & BHATTARAI, 2001)

Das *Ministry of Home Affairs* bildet das ranghöchste Organ des *Disaster Managements*, dem die Aufgabe der sofortigen Reaktion und Maßnahmenkoordination im Katastrophenfall zukommt. Darüber hinaus hat es die Funktion, nationale Politiken zu formulieren und umzusetzen, Rettungs- und Hilfsmaßnahmen zu koordinieren sowie neben Daten zu extremen Naturereignissen vor allem finanzielle Mittel, die zur Milderung der Folgen extremer Naturereignisse eingesetzt werden sollen, zu akquirieren. Die *Regional Natural Disaster Relief Committees* (im Folgenden

RNDRC) und die *Local Natural Disaster Relief Committees* (im Folgenden LNDRC) sind „ruhende“ Institutionen, die lediglich im Falle eines extremen Naturereignisses aktiv werden.

Der *Natural Calamity Relief Act* setzt zudem Normen und Standards für die Höhe bzw. den Umfang der unmittelbar zu leistenden Hilfs- und Entschädigungsleistungen in Form von Geld oder Sachmitteln fest. Im Oktober 2002 galten die folgenden Bestimmungen:

- Die Hinterbliebenen eines Todesopfers (Familie) erhalten einmalig NR 10.000¹⁴;
- Verletzte haben das Anrecht auf eine angemessene medizinische Versorgung, die durch das jeweilige DNDRC sichergestellt wird;
- Familien, die ihr Haus verloren haben, erhalten bis zu NR 4.000 sowie sieben Kilo Reis;
- wurde das Haus nicht zerstört, ist jedoch beschädigt oder einsturzgefährdet, erhält die Familie bis zu NR 2.000;
- betroffene Familien erhalten NR 500 für Kleidung und andere Gebrauchsgegenstände;
- wurde Land oder die Ernte völlig zerstört, erhalten die Opfer als Soforthilfe NR 500;
- den Opfern wird Bauholz zu einem verbilligten Preis zur Verfügung gestellt.

Der *Natural Calamity Relief Act* wird bislang nur halbherzig umgesetzt. Im Rahmen von Interviews, die während der Feldarbeiten mit unmittelbar von extremen Naturereignissen betroffenen Personen geführt wurden, wurde deutlich, dass nur ein geringer Prozentsatz der Betroffenen tatsächlich finanzielle Hilfe oder Zuwendungen in Form von Sachmitteln durch das LNDRC oder das DNDRC erhalten haben. Auch die Absicht des *Ministry of Home Affairs*, nationale Politiken zum Naturgefahrenmanagement zu formulieren und diese auch tatsächlich umzusetzen, beschränkt sich bislang weitestgehend auf die Papierform.

2.2.2 MASSNAHMEN IM RAHMEN DER INTERNATIONALEN DEKADE FÜR DIE VORBEUGUNG VOR NATURKATASTROPHEN

Auf Anregung des Präsidenten der *American Academy of Sciences*, Frank Press, erklärten die Vereinten Nationen durch die Resolution 44/236 der Generalversammlung der Vereinten Nationen vom 22.12.1989 die 90er Jahre des 20. Jahrhunderts zur *International Decade for Natural Disaster Reduction* (IDNDR). Ausschlaggebend für die Einrichtung der Dekade war das erschreckende Ausmaß der Zunahme von Naturkatastrophen und der durch sie hervorgerufenen Schäden sowie der Aspekt, dass ein Großteil der extremen Naturereignisse in Entwicklungsländern auftreten und die Entwicklungsbemühungen der betroffenen Länder erheblich beeinträchtigen. Übergeordnetes Dekadenziel war es, in einer internationalen Anstrengung den Mitgliedsstaaten der UN die Möglichkeiten zur Bewältigung von Naturkatastrophen politisch bewusst zu machen und darauf hinzuwirken, insbesondere die Verwundbarkeit von Entwicklungsländern gegenüber Naturkatastrophen durch ein Zusammenwirken politischer, wirtschaftlicher und technischer Maßnahmen zu verringern (vgl. PLATE & MERZ, 2001).

Die Mitgliedsländer der UN wurden dazu aufgerufen, Nationalkomitees einzurichten, in welchen alle Bemühungen des jeweiligen Landes zur Erfüllung der Ziele der IDNDR zusammengeführt werden sollten. Viele Länder, darunter auch Nepal, folgten dieser Aufforderung, allerdings mit sehr unterschiedlichen Strukturen. Zu Beginn der Dekade wurden die Ziele im Rahmen der

¹⁴ 1€ entspricht NR 92 bzw. 1 US \$ entspricht NR 71 (Stand Mai 2005)

Tokio-Deklaration durch einen internationalen Expertenkreis in allgemeiner Form aufgestellt. Diese allgemeinen Prinzipien wurden daraufhin durch ein Wissenschaftlich-Technisches-Komitee (*Scientific and Technical Committee, STC*) in konkrete, für alle beteiligten Länder erreichbar scheinende Aufgaben übersetzt und in drei Dekadenzielen formuliert. Demnach sollten bis zum Jahr 2000 als Teil einer nachhaltigen Entwicklung die folgenden Maßnahmen von allen Ländern umgesetzt werden:

- Gefährdung durch natürliche Extremereignisse identifizieren und in Karten darstellen;
- Erstellung landesweiter Pläne zur Katastrophenvorbeugung und zum Katastrophenschutz;
- Zugang zu globalen, regionalen, nationalen und lokalen Vorhersagesystemen.

Zahlreichen internationalen Regierungen wurde bewusst, in welchem Umfang die Aufwendungen für Katastrophenhilfe nach dem Eintreten eines extremen Naturereignisses internationale Förderprogramme belasten und welches menschliche Elend durch vorbeugende Maßnahmen hätte verhindert werden können. Daher erwartete man sich von diesem Maßnahmenkatalog eine wachsende Erkenntnis für die signifikanten Vorteile von Vorbeugung und Milderung der Folgen von Naturkatastrophen.

Das Prinzip der Vorbeugung als wichtige Maßnahme für das international proklamierte Ziel einer nachhaltigen Entwicklung ist in den letzten Jahren als wissenschaftliche Erkenntnis stärker in den Vordergrund gerückt. War die IDNDR zu Beginn allein auf Naturereignisse als Ursache von Naturgefahren ausgerichtet, so traten in Folge der UN-Konferenzen über Umwelt und Entwicklung (Rio de Janeiro, 1992) und Reduzierung der Naturgefahren (Yokohama, 1994) auch von Menschen ausgehende Aktionen als Ursache von Naturgefahren in den Vordergrund (vgl. UNISDR, 2002a). Die Erfahrungen der IDNDR hatten zudem einen konzeptionellen Wechsel von einer Kultur der Reduktion von Naturgefahren hin zur Vorbeugung gegen Naturkatastrophen zur Folge. In diesem Sinne stellte UN-Generalsekretär KOFI ANNAN zum Ende der Dekade (1999) fest: *'We must, above all, shift from a culture of reaction to a culture of prevention. Prevention is not only more than cure; it is also much cheaper. [...] Above all, let us not forget that disaster prevention is a moral imperative, no less than reducing the risks of wars.'* (vgl. KOFI ANNAN, zitiert in UNISDR, 2002b). Daher ist die *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR), Nachfolger der IDNDR, explizit auf die Vorbeugung von Naturkatastrophen als Aufgabe zur Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet.

Die an der IDNDR beteiligten Länder waren *'at different stages of institutional development with regard to natural disaster activities, Nepal, with the advent of the IDNDR, is in process of forming a framework. [...] Countries have appointed a national IDNDR committee or a central organization to coordinate the disaster mitigation activities of government bodies and other groups. They have accepted in principle the need to integrate disaster prevention and environmental protection strategies into their national development plans.'* (vgl. UN, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1995).

Das nationale IDNDR-Komitee in Nepal setzte sich aus Mitgliedern verschiedener Ministerien, dem Roten Kreuz und weiteren Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen zusammen. Auch hier war das übergeordnete Ziel, die Verluste an Leib und Eigentum zu vermindern, falls möglich durch die Verhinderung von extremen Naturereignissen oder durch die Milderung der negativen Folgen und Auswirkungen auf Leben und Eigentum (vgl. UN, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1995). Auf Wunsch der UN hat Nepal ein hochrangig besetztes nationales Komitee zur IDNDR unter Vorsitz des *Home Ministers* aufgebaut. Gemäß

den UN-Vorgaben wurde 1996 vom *Ministry of Home Affairs* der *National Action Plan on Disaster Management* im Rahmen der IDNDR verabschiedet (vgl. HMG, 1996). Darin werden die von verschiedenen Institutionen, die mit dem Naturgefahrenmanagement betraut wurden, durchzuführenden dringlichen Maßnahmen zur Bereitschaftserhöhung, Milderung, Rehabilitation und Wiederaufbau spezifiziert. Es war vorgesehen, die Ziele des *National Action Plan on Disaster Management* als multisektorale Aktivitäten in die Entwicklungspläne einzubringen (vgl. Kap. 2.2.4).

2.2.3 DIE AGENDA 21 UND DAS INTERNATIONALE JAHR DER BERGE 2002

Auf Initiative Kirgisiens wurde von den Vereinten Nationen das Jahr 2002 zum „Internationalen Jahr der Berge“ erklärt. Ziel war es, den 1992 auf dem Umweltgipfel in Rio de Janeiro angestoßenen Prozess der nachhaltigen Entwicklung weiterzuführen und zu verstärken. Eines der wichtigsten Resultate des Umweltgipfels von Rio de Janeiro 1992 war die Agenda 21¹⁵, die Lösungsansätze und Strategien für eine nachhaltige Entwicklung im 21. Jahrhundert enthält (vgl. UNEP, 2003).

Laut Präambel der Agenda 21 soll eine nachhaltige Entwicklung durch eine Vereinigung von Umwelt- und Entwicklungsinteressen und deren stärkere Beachtung im Rahmen einer globalen Partnerschaft erreicht werden. Da die erfolgreiche Umsetzung der Agenda 21 in erster Linie Aufgabe der Regierungen ist, ist sie Ausdruck einer politischen Verpflichtung auf höchster Ebene. Eine entscheidende Voraussetzung für die Umsetzung sind politische Konzepte, Pläne, Leitsätze und Prozesse auf nationaler Ebene, wobei die jeweilige Regierung auf eine möglichst umfassende Beteiligung der Öffentlichkeit sowie eine tatkräftige Mithilfe nichtstaatlicher Organisationen und anderer Gruppen angewiesen ist (vgl. UNEP, 2003).

Da die natürliche Umwelt der meisten Berggebiete der Erde zunehmend von Zerstörung bedroht ist, umfasst das Kapitel 13 der Agenda 21 zwei Programmbereiche, die sich mit dieser Problematik befassen. Dabei wird deutlich, dass Naturgefahren und Naturrisiken eine zentrale Rolle im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung von Bergökosystemen zukommt (vgl. UNEP, 2003):

- Schaffung und Ausbau der notwendigen Wissensgrundlage über die Ökologie und die nachhaltige Entwicklung von Bergökosystemen: als Handlungsgrundlage dient die Anfälligkeit des ökologischen Gleichgewichts durch anthropogene Eingriffe und natürliche Ursachen. Wichtiges Ziel des Programms ist die Erfassung von Informationen für die Errichtung von Datenbanken und Informationssystemen zu nennen, um eine Bewertung von Umweltrisiken und Naturkatastrophen in Berggebieten zu erleichtern. Als Maßnahmen werden zum einen die Verbesserung der meteorologischen, hydrologischen und physikalischen Monitoring- und Analyse-Möglichkeiten genannt, zum anderen die Ausweisung von Gefahrenzonen, die besonders anfällig für Bodenerosion, Hochwasser, Erdbeben, Erdbeben, Schneelawinen und andere Naturereignisse sind.
- Förderung einer integrierten Entwicklung von Wassereinzugsgebieten und alternativen Möglichkeiten der Existenzsicherung: In Wassereinzugsgebieten treten aufgrund der zunehmenden Zerstörung der Umwelt gravierende Probleme auf. Auch Berg- und Hochlandregionen des Himālayas sind durch die in Folge des wachsenden Bevölkerungsdruckes zunehmend praktizierte Bewirtschaftung marginaler Standorte

¹⁵ Resolution 44/228 der Generalversammlung der Vereinten Nationen (UN) vom 22.12.1989

bedroht. Als ein Programmziel wird explizit die Schaffung der erforderlichen technischen und institutionellen Grundlagen für die betroffenen Länder zur Milderung der Auswirkungen von Naturkatastrophen in Form von Vorbeugemaßnahmen, der Einteilung in Zonen unterschiedlichen Gefährdungsgrades, der Entwicklung von Frühwarnsystemen, Evakuierungsplänen und Hilfslieferungen aufgeführt. Als Maßnahmen werden unter anderem die Förderung der regionalen Zusammenarbeit und der Austausch von Daten und Informationen zwischen Ländern genannt, die sich eine Gebirgskette oder ein Flusseinzugsgebiet teilen. Auf lokaler Ebene sollen das Problembewusstsein und die Bereitschaft zur Katastrophenverhütung sowie zur Milderung der Auswirkungen von Katastrophen im Verbund mit modernsten Frühwarnsystemen und Vorhersagesystemen gefördert werden.

Mit dem Kapitel 13 der Agenda 21 wird den Bergökosystemen somit der gleiche Stellenwert in der global geführten Debatte um Umwelt und Entwicklung eingeräumt wie dem globalen Klimawandel, der Desertifikation und der Abholzung der tropischen Regenwälder.

Im Rahmen des Internationalen Jahres der Berge 2002 sollte dem Kapitel 13 der Agenda 21 „Bewirtschaftung empfindlicher Ökosysteme: Nachhaltige Bewirtschaftung von Berggebieten“ besondere Bedeutung beigemessen werden. Um die nachhaltige Entwicklung der Berggebiete zu fördern, fanden auf internationaler, nationaler, regionaler und lokaler Ebene Aktivitäten statt, die das Bewusstsein für die globale Bedeutung von Bergökosystemen erhöhen sollten. Auch in Nepal fanden im *International Year of Mountains 2002* zahlreiche Kongresse, Workshops und andere Aktivitäten statt, die größtenteils durch das *International Centre for Integrated Mountain Development* (ICIMOD) organisiert und durchgeführt wurden (vgl. ICIMOD, 2003).

2.2.4 DIE ENTWICKLUNGSPÄNE NEPÄLS

Die Erstellung von Entwicklungsplänen als systematische Grundlage zur ökonomischen Entwicklung von Nepal begann 1956 mit der Formulierung des 1. Entwicklungsplanes (1956-1961). Danach folgten neun weitere Entwicklungspläne, aktuell ist der 10. Plan (2002-2007) gültig.

Übergeordnetes Ziel der Entwicklungspläne 1-4 war die Entwicklung der Infrastruktur, wobei das Hauptaugenmerk auf dem Straßenbau und der Elektrifizierung lag. Im Bereich der Infrastrukturentwicklung wurden bis heute jedoch kaum Fortschritte erzielt. Das vorrangige Ziel der Pläne 5 und 6 bildete die Entwicklung der Landwirtschaft und des industriellen Sektors, wobei seit dem 6. Plan (1980-1985) die Bekämpfung der Armut als Entwicklungsziel integriert ist. In den folgenden Entwicklungsplänen bildet die Bekämpfung der Armut jeweils eines der obersten Ziele, im derzeit aktuellen 10. Plan (2002-2007) bildet die Bekämpfung der Armut das übergeordnete Ziel, um die Entwicklung des Landes voranzutreiben. Seit Mitte der 1980er Jahre wurden Konzepte zur Landnutzung und zur nachhaltigen Nutzung der Ressourcen in die nationalen Entwicklungspläne integriert, um die im Land vorherrschende Armut zu lindern und somit eine nachhaltige Entwicklung durch eine Vereinigung von Umwelt- und Entwicklungsinteressen zu ermöglichen. Auch die lokale Agenda 21 Nepäls sieht vor, die Linderung der Armut in den sozialen und ökonomischen Entwicklungsprozess zu integrieren.

Im 9. Entwicklungsplan (1997-2002) wird die Notwendigkeit unterstrichen, die Wirksamkeit und Effektivität des Naturgefahrenmanagements zu stärken. Der Plan beschränkt sich jedoch auf die Formulierung sehr weniger, allgemein gehaltener Ziele. So werden die Verhinderung und Reduzierung von Naturkatastrophen, die Linderung der Folgen durch verbesserte Vorhersa-

getechnologien, die Erstellung von Gefahrenkarten, Vulnerabilitäts- und Risikoanalysen, die Entwicklung von Frühwarnsystemen sowie die bessere Ausbildung von Fachpersonal als Ziele genannt. In Kapitel 9.1 *Environment and Resource Management* heißt es dazu: 'A Natural Disaster Management Information System will be developed. National and international resources will be mobilised for mapping of areas prone to earthquake, flood, landslides, etc., for integrated disaster mitigation, control and management.' (vgl. HMG, 2003a). Wie daraus hervorgeht, sind die Ziele des *National Action Plan on Disaster Management* (vgl. Kap. 2.2.2) in den 9. Entwicklungsplan nur unzureichend eingebunden.

Im 10. Entwicklungsplan (2002-2007; vgl. HMG, 2003b) wird dem Naturgefahrenmanagement in Nepāl größere Bedeutung beigemessen. Ernüchternd ist allerdings die Tatsache, dass die bereits im 9. Entwicklungsplan sehr vage formulierten Ziele erneut aufgegriffen werden. Eine Umsetzung der Ziele des 9. Entwicklungsplanes in Bezug auf Naturgefahren hat also nicht oder nur in geringem Umfang stattgefunden. Es ist verwunderlich, dass Naturgefahrenmanagement an zwei unterschiedlichen Stellen des aktuellen Entwicklungsplanes aufgegriffen wird, zum einen als *Water induced disaster prevention* im Kapitel Bewässerung, zum anderen als *Natural and man made created disaster management* im Kapitel Bevölkerung (vgl. HMG, 2003b). Ein eigenes Kapitel zur Handhabung von Naturgefahren existiert nicht. Dies verdeutlicht, dass die zuständige Regierungsbehörde, die *National Planning Commission* (NPC), weder über die allgemeine Handhabung des Naturgefahrenmanagements noch über die Zuständigkeiten der verschiedenen Behörden und Institutionen im Bilde ist. Dadurch bedingt kommt es in den Kapiteln des 10. Entwicklungsplanes, die das Naturgefahrenmanagement in Nepāl behandelnden, zu zahlreichen Überschneidungen in Bezug auf Ziele, Programme und Kritikpunkte.

Das übergeordnete Ziel des 10. Entwicklungsplanes besteht darin, mittels einer systematischen und effektiven Handhabung natürlich und menschlich verursachter Gefahren das Leben in Nepāl sicherer zu machen. Weitere Ziele bilden die Formulierung von Politiken, Gesetzen, Bestimmungen und Richtlinien zum Naturgefahrenmanagement, die Erstellung von Gefahrenkarten für von Erdbeben, Überschwemmungen oder Hangrutschungen betroffene bzw. gefährdete Gebieten, die Durchführung von Modellprojekten zur Minimierung der durch Naturgefahren verursachten Schäden, eine allgemeine Verbesserung der Datenerhebung, eine verbesserte Information betroffener Bevölkerungsgruppen und die Durchführung bereitschaftserhöhender Maßnahmen sowie die Stärkung der lokalen Selbstverwaltung. Erstmals sehen raumplanerische Maßnahmen vor, von einer Errichtung von Gebäuden in überschwemmungsgefährdeten Gebieten „abzuraten“. Darüber hinaus soll das Naturgefahrenmanagement in das Curriculum der Sekundarschulen eingebunden werden. Ein sinnvolles Programm, das im Kāṭhmanḍu-Tal bereits modellhaft umgesetzt worden ist, ist die Errichtung von *storage centers* in allen fünf Entwicklungsregionen des Landes, in welchen z.B. Werkzeuge und medizinische Hilfsmittel für sofortige Rettungsmaßnahmen nach einem extremen Naturereignis verwahrt werden (vgl. HMG, 2003b). Kritisiert wird im Allgemeinen die mangelnde Kooperationsgemeinschaft der mit dem Naturgefahrenmanagement betrauten Behörden und offiziellen Stellen, die Vernachlässigung präventiver Schutzmaßnahmen, der Mangel an modernen Informationstechnologien sowie das fehlende Bewusstsein für die Bedeutung des Naturgefahrenmanagements.

Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass Nepāl zur Umsetzung der im 10. Entwicklungsplan formulierten Ziele für das Naturgefahrenmanagement stark von der finanziellen Unterstützung durch internationale Entwicklungsprogramme und Entwicklungsorganisationen abhängig ist und das Budget als limitierender Faktor bei der Verwirklichung der Ziele wirken könnte. Diese Befürchtung ist angesichts der aktuellen politischen Lage in Nepāl durchaus realistisch. Infolge

der Machtübernahme durch König Gyanendra Bir Bikram Shah am 1. Februar 2005 ist zum einen fraglich, inwieweit die von ihm eingesetzte „Regierung“ funktionsfähig ist und Politiken umsetzen kann und wird. Zum anderen besteht die Gefahr, dass Entwicklungsprogramme nicht fortgeführt werden und sich internationale Entwicklungsorganisationen aus Nepal zurückziehen.

2.3 STAND DER NATURGEFAHRENFORSCHUNG UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DEN NEPÄL-HIMĀLAYA

In der jüngeren Vergangenheit ist ein wachsendes wissenschaftliches Interesse an der Thematik Naturgefahren und Naturrisiken in Nepal zu verzeichnen. Zudem sind in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten eine Vielzahl von Forschungsprojekten durchgeführt und eine Fülle von Fachliteratur zu diesem Themenkreis veröffentlicht worden, so dass an dieser Stelle ein Überblick darüber gegeben werden soll.

An den Beginn der Naturgefahrenforschung für Nepal ist die *Theory of Himalayan Environmental Degradation* (im Folgenden HED-Theorie) zu setzen, die Ende der 1970er Jahre aufkam und die Himalaya-Forschung, im Besonderen die Nepal-Forschung, der 1970er und 1980er Jahre entscheidend prägte. Bei der HED-Theorie handelt es sich um ein von Wissenschaftlern, internationalen Organisationen und Medien proklamiertes und von Politikern unreflektiert übernommenes Szenario der allmählichen Degradation des natürlichen Lebensraumes in den Hochlagen des Himalayas bis hin zu seiner völligen Zerstörung. Vor allem der Nepal-Himalaya galt in den 1970ern stellvertretend für die gesamte Himalaya-Region als Schauplatz einer der weltweit größten Umweltkatastrophen.

Das Szenario der HED-Theorie basiert auf miteinander verflochtenen und dennoch eigenständigen, durch eine Reihe von Annahmen verbundene Komponenten, aus deren Entwicklung sich ein Umwelt- und sozioökonomischer Zusammenbruch der Himalaya-Region prognostizieren lässt. Eine Zusammenfassung der Theorie, hier jedoch auf den Nepal-Himalaya bezogen, stellt sich nach IVES & MESSERLI (1989) folgendermaßen dar:

- Die Bevölkerung Nepals ist nach 1950 durch die Ausrottung der Malaria im Terai und deutlichen Verbesserungen im Gesundheitswesen stark angewachsen.
- Diese „Bevölkerungsexplosion“ wird durch unkontrollierte, illegale Migration von Indern ins nepalesische Terai verschärft. Da über 90 % der Bevölkerung von Subsistenzlandwirtschaft leben, steigt in Folge dessen der Bedarf an Feuerholz und Bauholz sowie an landwirtschaftlichen Nutzflächen enorm an.
- Die nepalesischen Subsistenzlandwirte erhöhen den Nutzungsdruck auf die noch vorhandenen Waldflächen. Von 1950-1980 ist die Waldbedeckung in Nepal bereits um 50 % zurückgegangen, bis zum Jahr 2000 wird mit einer völligen Entwaldung gerechnet.
- Die fortschreitende Entwaldung sowie die Anlage von Ackerterrassen in immer steileren Hängen führen zu einem katastrophalen Anstieg der Bodenerosion, durch Erdrutsche geht zusätzlich Ackerland verloren.
- Die fehlende Vegetationsdecke bedingt einen erhöhten Oberflächenabfluss während der Monsunzeit sowie katastrophale Überschwemmungen, Flussverlagerungen und die Ablagerung von Geröll und Schotter auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in den vorgelagerten Flussebenen.

- Die erhöhte Sedimentfracht der Himālaya-Flüsse führt zur Versandung und Erhöhung des Ganges-Brahmaputra-Deltas, wodurch die Gefahr von Überschwemmungen erhöht wird.
- Um die erosionsbedingten Landverluste zu kompensieren, werden die Entwaldung und die Anlage von Ackerterrassen im Gebirge weiter vorangetrieben. Da Feuerholz zur Mangelware wird, wird in zunehmendem Maße Dung als Brennmaterial genutzt.
- In Folge des fehlenden Eintrags von natürlichem Dünger auf den Ackerterrassen werden geringere Erträge erzielt, die geschwächte Bodenstruktur wird anfälliger für Erdbeben.

Seit ECKHOLM (1975, 1976) seine *Losing-ground-theory* und Thesen wie '*Topsoil washing down into India and Bangladesh is Nepal's most precious export.*' (ECKHOLM, 1975:764) publizierte, die Weltbank die vollständige Entwaldung Nepāls für das Jahr 2000 prophezeite¹⁶, RIEGER (1981) über die Umweltzerstörung im Himālaya berichtete und Sandra Nichols 1982 den von der Weltbank finanzierten Film *The Fragile Mountain* veröffentlichte, wurden die Szenarien der HED-Theorie immer wieder anhand von Einzelbeispielen aufgegriffen und verbreitet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zahlreiche Arbeiten aus dem Problemkreis Bevölkerungsexplosion, Entwaldung, Erosion, Überschwemmung und Flutkatastrophen durch die Verbindung von einzelnen, allgemein als richtig anerkannten Problemkreisen mit unzutreffenden Annahmen und Prognosen dazu beigetragen haben, ein falsches Bild über die Bergregionen Nepāls zu vermitteln (vgl. IVES & MESSERLI, 1989). Dabei lassen sich nach RIES (1994) drei Fehlerbereiche identifizieren: Die Größenordnung der Problembereiche wurde zu hoch eingeschätzt, der menschliche Einfluss auf das Prozessgeschehen wurde überschätzt, die natürlichen Faktoren unterschätzt und die postulierte Kausalkette beruhte auf reinen Annahmen.

Wurde die Theorie in den 1970ern in weiten Kreisen akzeptiert und waren die Wälder des Nepāl-Himālaya Anfang der 1970er zentrales Thema der Umweltdiskussion, so wurde die Diskussion in den 1980ern und 1990ern kontrovers geführt und bis heute nicht abgeschlossen. In den 1980ern trat eine Gegenbewegung ein, getragen vor allem von Wissenschaftlern aus dem Kreis um JACK IVES, die ihre Position in einem Buch zusammenfassten und es den Vertretern der HED-Theorie entgegenhielten (vgl. IVES & MESSERLI, 1989). JACK IVES und BRUNO MESSERLI, die selbst Untersuchungen zu Naturgefahren im Nepāl-Himālaya durchführten, sahen sich im Rahmen ihrer Forschungsarbeit dazu gezwungen, die generellen Annahmen, auf denen diese Theorie aufgebaut ist, einer kritischen Überprüfung zu unterziehen. Die HED-Theorie konnte schließlich einer kritischen, auf empirischen Forschungen basierenden Überprüfung nicht standhalten. Ausgehend von der wissenschaftlichen Auseinandersetzung und Kritik seit Ende der 1980er stellt sich die heutige Situation wesentlich differenzierter dar, da die HED-Theorie durch detaillierte Untersuchungen in weiten Teilen entkräftet wurde. Bereits Ende der 1980er zeichnete sich ein wesentlich moderateres Bild von der Umweltsituation Nepāls ab.

Dennoch wird diese Theorie auch in der jüngeren Vergangenheit noch immer von einigen Wissenschaftlern und anderen Autoren, darunter ausgesprochene Nepāl-Kenner, vertreten, obgleich jegliche solide Datengrundlage fehlt (vgl. BASNET, 1998; DONNER, 1994; FRANZ, 1990; KRAUTER, 1994; LAMPING & LAMPING, 1995; REGMI, 1994): '*The root cause of*

¹⁶ „Nepal hat die Hälfte seiner Waldbedeckung innerhalb von 30 Jahren (1950-1980) verloren und wird im Jahre 2000 keine Wälder mehr besitzen.“ (WORLD BANK, 1979).

environmental degradation is, however, the rapid growth of population in the limited resource base of the country.' (BASNET, 1998:231); "Man lässt der Bevölkerungsexplosion und der Naturzerstörung mangels finanzieller Mittel und wahrscheinlich auch mangels Einsicht in die Gefährlichkeit der sich vollziehenden ökologischen Entwicklung ihren Lauf." (FRANZ, 1990:189); „Die Überschwemmungen im Delta [Ganges-Brahmaputra-Delta, Anm. d. Verf.] sind zur alljährlich wiederkehrenden Katastrophe geworden. Sie sind die Folge der jahrzehntelangen Umweltzerstörung durch Raubbau an den Wäldern in Nordindien und Nepal.“ (LAMPING & LAMPING, 1995:185).

Die HED-Theorie wird von IVES & MESSERLI (1989) in ihrem Werk *The Himalayan Dilemma. Reconciling development and conservation* in Form von acht Thesen zusammengefasst und im Ganzen in Frage gestellt und kritisiert. Nach IVES & MESSERLI (1989) ist die Theorie stark vereinfacht, Ursache und Wirkung werden verwechselt und die postulierten Annahmen sind unhaltbar bzw. werden durch unzuverlässige Daten untermauert (vgl. IVES, 1987). Zudem ist die Kausalkette der HED-Theorie in hohem Maße mit politischem und sozialem Sprengstoff beladen, der zwei Effekte hat: Zum einen ermöglicht das Festhalten an der Theorie indischen und bangladeschischen Politikern, die Verantwortung für hausgemachte Probleme bequem nach „oben“ in den Himālaya zu verlagern. Den Bergbewohnern wird Unwissenheit und Schuld zugeschrieben, während die Tieflandbewohner als Opfer dargestellt werden (vgl. MÜLLER-BÖCKER, 1997b). Dies würde die Tiefländer in ihrer Opferrolle dazu ermächtigen, ökonomische, politische oder militärische Repressalien zu fordern (vgl. IVES, 1987). Zum anderen kam das in der Theorie aufgebaute Image Nepāls von absoluter Hilflosigkeit und dem unvermeidlichen ökologischen sowie sozio-ökonomischen Chaos der nepalesischen Regierung sehr entgegen, da auf diese Weise die in keinem Verhältnis zur Größe des Landes und seiner Bevölkerungszahl stehende internationale und bilaterale Entwicklungshilfe gerechtfertigt werden konnte. Die Theorie war intellektuell befriedigend und wurde daher als „Köder“ von Hilfsorganisationen und lokalen Regierungen akzeptiert (vgl. IVES, 1987, 1998).

Kritik an der HED-Theorie manifestierte sich hauptsächlich an zwei Hauptthesen, nämlich dem enormen Bevölkerungswachstum sowie der rasanten Entwaldung¹⁷ (und deren Einfluss auf die vorgelagerten Tiefebenen) in den Gebirgsregionen Nepāls. Wie die vergangenen Volkszählungen jedoch belegen, wächst die Bevölkerung im Terāi und in urbanen Zentren stärker an als im Nepalesischen Mittelland und dem Hohen Himālaya (vgl. HMG, 1975, 1984a, 1992, 2002c). Neben anhaltend hohen natürlichen Bevölkerungsbewegungen in allen geographischen Regionen Nepāls wird dies durch den anhaltenden Trend der Binnenwanderung aus den Gebirgsregionen in den Terāi verursacht. HRABOVSKI & MIYAN (1987) sowie SMADJA (1992) und VIRGO & SUBBA (1994) konnten zeigen, dass kein ursächlicher Zusammenhang zwischen Bevölkerungsdruck, Entwaldung und Erosion herzustellen ist. FOX (1993) demonstriert in diesem Zusammenhang sogar den positiven Einfluss des Bevölkerungswachstums auf die Zunahme von Bäumen auf Privatland (vgl. auch KOLLMAIR, 1999).

Auch die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Entwaldung wurden in der HED-Theorie stark überzeichnet (vgl. BYERS, 1986). Es konnte gezeigt werden, dass die intensive Nutzung und

¹⁷ SCHMIDT-VOGT (1995) gibt zu bedenken, dass die Thematik Wald und dessen Gefährdung auf viele Menschen, vor allem in den industrialisierten Ländern, eine große Anziehungskraft ausübt, da der „Wald Inbegriff des Natürlichen und der Zustand der Wälder Sinnbild für den Zustand der Natur insgesamt ist.“ (SCHMIDT-VOGT, 1995:89).

Entwaldung in Nepāl keine jungen Phänomene¹⁸ sind und die Wälder des nepalesischen Berglandes bereits um 1900 in etwa auf die heute aktuellen Arealgrenzen zurückgedrängt waren (BYERS, 1986 für Sargamāthā; MAHAT, GRIFFIN & SHEPHERD, 1986a, 1986b, 1987a, 1987b für Sindhupālchok und Kābre Palāncok). Insgesamt ist es äußerst schwierig, quantitative Aussagen über die Situation des nepalesischen Waldes zu treffen, da die Daten über Waldflächen und Waldrückgang stark divergieren (vgl. MÜLLER-BÖKER, 1997b).

In der jüngeren Vergangenheit richtete sich der Blick zunehmend auf Probleme des Waldmanagements, insbesondere auf das Management auf Gemeindeebene im Rahmen von *Forest User Groups* (FUGs) (vgl. GAUTAM, WEBB & EIUMNOH, 2002; JACKSON, TAMRAKAR, HUNT & SHEPHERD, 1998; SEELAND, 1997). Des Weiteren wurden die deutliche Zunahme privater Baumpflanzungen (vgl. CARTER, 1992; CARTER & GILMOUR, 1989; GILMOUR, 1988) sowie agroforstliche Nutzungsmodelle und deren Bedeutung für die Konzeption von integrierten Ressourcen-Managementprojekten untersucht (vgl. GILMOUR & NURSE, 1991; SCHMIDT-VOGT, 1995, 1997, 1999).

Zahlreiche Untersuchungen in Nepāl konnten zeigen, dass es durch Entwaldung nicht zwangsläufig zu negativen Veränderungen im Bodenwasserhaushalt kommt und Aufforstungen nur in äußerst geringem Maße die Infiltration erhöhen bzw. den Oberflächenabfluss vermindern (vgl. BURTON, SHAH & SCHREIER, 1989; MARSTON, KLEINMAN & MILLER, 1996). Damit wurde mit dem so genannten forsthydrologischen Paradigma (vgl. GERMANN & WEINGARTNER, 2003) gebrochen, das besagt, dass Wälder, insbesondere Aufforstungen, in steilen alpinen Einzugsgebieten die Spitzen von Hochwasser dämpfen. Nach GERARD & GARDNER (2002) ist jedoch nicht der Vorgang der Entwaldung, sondern die Folgenutzung der betreffenden Fläche von entscheidender Bedeutung. Empirische und experimentelle Untersuchungen aus den Bereichen Erosion und Oberflächenabfluss konnten zeigen, dass agrare Ökosysteme weniger erosionsanfällig sind als Wald (CARSON, 1985; GILMOUR, 1988; RIES, 1994, RIES & SCHWEIZER, 1996). Da die im Rahmen dieser Untersuchungen ermittelten Erosionsraten unter verschiedenen Landnutzungen zum Teil mit sehr unterschiedlichen Mess- und Schätzmethoden erhoben wurden, sind die Ergebnisse jedoch kaum vergleichbar.

Die Ereigniskette der *Highland-Lowland-Interaction*, die besagt, dass Veränderungen und Intensivierungen der Landnutzung im Himālaya Überflutungsvorgänge in den vorgelagerten Tiefebenen beeinflussen, haben BRUIJNZEEL & BREMMER (1989) untersucht. Wie weitere Forschungsarbeiten belegen¹⁹, können vom Menschen verursachte Veränderungen der natürlichen Prozesse im Himālaya lediglich auf lokaler Ebene festgestellt werden. Zwischen menschlichen Aktivitäten im Gebirge und Katastrophen in der Ebene, insbesondere Hochwasser, hohe Suspensionsfrachten und die von ihnen verursachten Überschwemmungen, ist kein ursächlicher Zusammenhang festzustellen (vgl. RIES, 1995a, b; HOFER, 1998; HOFER et al., 1996).

¹⁸ GRIFFIN, SHEPHERD & MAHAT (1988) vergleichen die Entwaldung und Walddegradation in Nepāl, das bis Mitte der 1950er von Industrialisierung und Technologisierung nahezu unberührt gewesen ist, mit der altertümlichen und mittelalterlichen Entwicklung im Mittelmeerraum.

¹⁹ Laut HOFER et al. (1996) sind Niederschläge im Himālaya bedeutungslos für Überschwemmungen in Bangladesch, da die Abflussspitzen mit zunehmender Distanz vom Niederschlagsereignis allmählich abflachen und in einen hohen Basisabfluss verwandelt werden. Für Überschwemmungen in den dem Himālaya vorgelagerten Tiefländern ist letztendlich eine Kombination aus hohem Basisabfluss und lokalen Abflussspitzen von Bedeutung.

In der Himālaya-Forschung hat sich seit den 1980er Jahren ein Paradigmenwechsel vom so genannten *'human impact'* zur Vorstellung eines komplexen autochthonen Umweltwissens vollzogen. Der Bergbauer der Himālaya-Region wird nicht länger als *'ignorant abusing farmer'* gesehen, vielmehr gilt er – dem *indigenous knowledge*-Trend folgend – als *'expert of his locality'* (MÜLLER-BÖKER, 1997b:86). In diesem Zusammenhang gibt JODHA (1995) folgendes zu bedenken: *'In the debate on environmental degradation in the Himalayas, it is not difficult to see two relatively extreme views. As discussed during the Mohonk Mountain Conference reported in IVES & MESSERLI (1987), the conventional view blames subsistence hill farmers for deforestation, soil erosion, and associated resource degradation. The other view, instead of blaming humans, projects resource degradation as a consequence of the natural process of mass wasting. The reality lies somewhere in between.'* (JODHA, 1995:154).

War die Forschung zu Naturgefahren und Naturrisiken anfangs recht allgemein gehalten, so hat in der jüngeren Vergangenheit ein immer stärkere Spezialisierung stattgefunden. Wurden zu Beginn Naturereignisse aus rein physiogeographischer Sicht in ihrer Gesamtheit untersucht, stehen nun neben Einzelprozessen bzw. bestimmten Prozesstypen, ihren Ursachen und Auswirkungen auch sozioökonomische Aspekte im Mittelpunkt des Interesses. Die Gefährdung von Siedlungen, Hauptaugenmerk der vorliegenden Arbeit, wurde für den Nepāl-Himālaya bislang aus wissenschaftlicher Sicht nur wenig untersucht. An dieser Stelle sei die unveröffentlichte Diplomarbeit von TITZ (2000) genannt, die Untersuchungen zu Naturgefahren und Siedlungsentwicklung im Kāli Gaṇḍakī-Tal im Mustān Distrikt durchgeführt hat. OTTINGER (2003) behandelt in seiner Dissertation über Rutschungen im südwestlichen Annapurṇa-Massiv den Einfluss von Rutschungen auf Siedlungsanlage und Siedlungsform sowie deren Veränderungen lediglich am Rande. Beispielhafte Untersuchungen wurden von ITURRIZAGA (1996, 1998) durchgeführt, allerdings für die Hochgebirgssiedlung Shimshal im Nordwestkarakorum/Pakistan. Wie bereits angeführt, fehlen für den Nepāl-Himālaya gezielte Untersuchungen zur Gefährdung von Siedlungen. Lediglich im Falle eines katastrophalen Naturereignisses wie dem Bergsturz bei Tātopānī/Mustān Distrikt oder dem Murgang von Bagarchhāp/Manān Distrikt wurden seitens der nepalesischen Regierung über das DWIDP oder das *Department of Geology* Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind aber weder der Öffentlichkeit zugänglich, noch wurden die Empfehlungen zum Schutz der Siedlungen umgesetzt.

Der Mensch bzw. der Einfluss des menschlichen Handelns auf die Entstehung von Naturgefahren und Naturrisiken stand, ganz unter dem Einfluss der Debatte über die so genannte *Theory of Himalayan Environmental Degradation*, bis in die 1980er Jahre hinein zunächst im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses. Neben den bereits aufgeführten Arbeiten zu den Aspekten Bevölkerungsdruck, Entwaldung, Erosion und Überschwemmungen wurde ebenfalls perceptionsgeographischen bzw. ethnologischen Fragestellungen nachgegangen. S. M. GURUNG (1989) untersuchte zum Beispiel, wie die Naturgefahren im Gebirge durch die dort ansässigen Menschen wahrgenommen und perzipiert werden. Zudem liegen Arbeiten von BJØNESS (1986) sowie von JOHNSON, OLSEN & MANANDHAR (1982) vor, die der Perzeption von Naturgefahren sowie den auf der Umweltkenntnis der Lokalbevölkerung beruhenden Strategien zur Schadenverminderung nachgegangen sind. In diesem Zusammenhang konnten HAFFNER (1986), MÜLLER (1986) und POHLE (1986) für die Region um Gorkhā feststellen, dass die lokale Bevölkerung eine große Umweltkenntnis besitzt, die sie Maßnahmen für eine geeignete Landnutzung und Vorbeugemaßnahmen treffen lässt. Leider wurde der wahrnehmungs- und perceptionsorientierte Ansatz in der Forschung zu Naturgefahren und Naturrisiken in Nepāl nicht konsequent weiterverfolgt.

Vor dem Hintergrund der im Juli 1993 durch Überschwemmungen verursachten Schäden im Südosten Zentralnepāls beschäftigten sich DHITAL, KHANAL & THAPA (1993) mit dem Einfluss extremer Wetterereignisse und Landnutzungsänderungen auf Massenbewegungen sowie der Zunahme extremer Naturereignisse. Mit Überschwemmungen im Allgemeinen sowie mit Naturereignissen, die durch extreme Niederschläge ausgelöst werden, beschäftigten sich CHALISE & N. R. KHANAL (2001) als auch THAPA (2001). Ein Überblick über die Kontrolle und das Management von Überschwemmungen in Nepāl liegt von CHHETRI & BHATTARAI (2001) vor. Untersuchungen zu Waldbedeckung und Überschwemmungen während des Monsuns in Nepāl führten MARSTON, KLEINMAN & MILLER (1996) durch.

Obwohl in den letzten Jahren in Zusammenhang mit der Einrichtung des *Department of Water Induced Disaster Prevention* (DWIDP) auch auf dem Gebiet der Hochwassergefahren verstärkt vorgegangen wird, sind Massenbewegungen wie die alljährlich zu Hunderten auftretenden Erdrutsche (*landslides*) weitaus besser erforscht. Bereits 1974 erschien die Arbeit von C. K. SHARMA über Erdrutsche und Bodenerosion in Nepal, CAINE & MOOL (1982) untersuchten Erdrutsche am Beispiel des Kolpu Kholā-Einzugsgebietes. Ein frühes, umfassendes Werk über Ursachen und Auswirkungen von Erdrutschen, jedoch nicht speziell auf Nepāl bezogen, stammt von CROZIER (1989). RIES (1994, 1995a, 1995b) beschäftigte sich mit Bodenerosion in der Hochgebirgsregion und deren Auswirkung auf die vorgelagerten Tiefebenen des Himālaya. Aus einem völlig anderen Blickwinkel betrachtete HAFFNER (1995) die positiven Aspekte, die von Erdrutschen und Erosionsprozessen im Allgemeinen ausgehen können. UPRETI & DHITAL (1996) legten ein erstes Werk über die Erforschung und das Management von Erdrutschen in Nepāl vor. Ergänzend dazu wurde 1999 von der Nepalesische Regierung in Zusammenarbeit mit dem DWIDP ein technisches Handbuch zur Verminderung der Schäden durch Erdrutsche veröffentlicht (vgl. HMG, 1999c). SIKRIKAR, RIMAL & JÄGER (1998) führten eine Gefahrenkartierung für Erdrutsche am Phewā See bei Pokharā durch. Regionale Studien zu Massenbewegungen liegen von FORT (2000) sowie BAADE et al. (1998) für den Inneren Himālaya im nördlichen Mustān Distrikt vor, SCHMELZER (2000) beschäftigte sich mit den Phänomenen Talzuschub und Bergsturz in Manāñ. Den Einfluss der physischen Rahmenbedingungen in Nepāl, besonders der Geologie, auf die Entstehung von Erdrutschen untersuchte UPRETI (2001a). LI, CHALISE & UPRETI (2001) beschäftigten sich mit der Minderung der durch Erdrutsche entstehenden Schäden in den Hindu Kush-Himālayas, ANBALAGAN & SINGH (2001) mit der Gefahrenkartierung von Erdrutschen in Nepal. HOWELL (2001) führte schließlich Untersuchungen zu Maßnahmen des *bioengineering* im Hinblick auf die Stabilisierung von Hängen durch.

Weitaus zahlreicher als Untersuchungen zur Gefährdung von Siedlungen durch Naturgefahren sind Studien zum Gefährdungs- und Schadenpotenzial von Infrastruktureinrichtungen wie Fernstraßen und Wasserkraftwerken. In diesem Zusammenhang führte SCHAFFNER (1987) Untersuchungen an der *Lamosangu-Jiri-Road* durch, SCHELLING (1988) beschäftigte sich mit den Phänomenen Überschwemmungen und Straßenbau in Ostnepāl, und DEOJA (2001) mit Gefahr und Risiko für bzw. durch lineare Infrastrukturanlagen im Gebirge. POUDEL, BHATTARAI & TIWARI (2001) führten im Rahmen einer Fallstudie an der *Kathmandu-Trisuli-Road* ein *landslide monitoring* durch, während ADHIKARI (2001) Stabilisations- und Kontrollmöglichkeiten für Hangrutschungen an Gebirgsstraßen am Beispiel des *Arniko-Highways* untersuchte.

Erste Publikationen zu Gletscherseen, jedoch aus geomorphologischer Sicht, stammen von LOMBARD (1954), der die Morphologie des Everests untersuchte. Einen wahren Boom in der wissenschaftlichen Beschäftigung mit Gletscherseen, deren Ausbrüchen und der von ihnen aus-

gehenden Gefährdung wurde 1985 durch den Ausbruch des Dig Tsho im Khumbu ausgelöst. Zu diesem in Nepāl bislang einzigartigen Naturereignis liegen Berichte und Untersuchungen von FUSHIMI et al. (1985), GALAY (1985a, 1985b), IVES (1986a) sowie VUICHARD & ZIMMERMANN (1986, 1987) vor. Zudem führte VUICHARD (1986) im Rahmen des *Mountain Hazard Mapping Nepal Project* Untersuchungen zu GLOFs im Khumbu durch, IVES (1986b) beschäftigte sich mit GLOFs und *risk engineering*. Aus dem Annapurṇa-Gebiet liegt eine Untersuchung von FORT (1986) zu Gletschervorstößen und deren katastrophaler Dynamik vor. Jüngere Untersuchungen aus Nepāl beschränken sich auf das Khumbu-Gebiet, so zum Beispiel die Arbeiten von WATANABE et al. (1994, 1995) zum schnellen Anwachsen eines supraglazialen Sees auf dem Imja-Gletscher, oder CENDERELLI & WOHL (1998), die sich mit der Sedimentation der Ablagerungen des Dig Tsho Ausbruchs von 1985 auseinandergesetzt haben.

3. DAS KONZEPT EINER MODERNEN RISIKOBETRACHTUNG

3.1 DISZIPLINÄRE SICHTWEISEN DER RISIKOFORSCHUNG

Nach BANSE (1996) umfasst die Risikoforschung gegenwärtig verschiedene Bereiche, die von unterschiedlichen disziplinären Sichtweisen und konzeptionellen Ansätzen her die jeweils differierenden Sachverhalte der Risikoproblematik thematisieren, Forschungsstrategien favorisieren, methodische Herangehensweisen entwickeln und Zielstellungen verfolgen. Die unterschiedlich orientierte Beschäftigung mit dem Risiko führt zwangsläufig zu Uneinheitlichkeit, teilweise sogar Widersprüchlichkeit im Begriffsverständnis, die sich ebenso auf die Prozesse der Erfassung, Beschreibung, Bewertung und Handhabung von Risiken überträgt. Weder existiert ein vereinheitlichter Sprachgebrauch oder ein einheitlicher paradigmatischer Kern noch ein von allen disziplinären Ansätzen gleichermaßen geteilter theoretisch-konzeptioneller Rahmen (vgl. BANSE, 1996; BANSE & BECHMANN, 1998).

Von der disziplinären Struktur der Forschungslandschaft her können mit BANSE & BECHMANN (1998:29ff.) folgende Sichtweisen unterschieden werden: (versicherungs-)mathematische, natur- und technikwissenschaftliche, entscheidungstheoretische, psychologische, wirtschaftswissenschaftliche, rechtswissenschaftliche, soziologische, politikwissenschaftliche, kultur-anthropologische, gesellschaftstheoretische, politisch-ethische sowie theologische Sichtweisen. Hauptgegenstände der natur- und technikwissenschaftlich orientierten Risikoforschung sind Versagensfälle im Bereich Technik, Naturkatastrophen und schädigende Einflüsse der Umwelt auf die menschliche Gesundheit. Die natur- und technikwissenschaftliche Risikoforschung hat sich im Wesentlichen als technische Sicherheitsforschung (Sicherheitswissenschaft), als Risikofaktoren-Medizin, als ökologische Risikoforschung und als Hazardforschung etabliert (vgl. BANSE, 1996:63f.).

Anfang der 1950er Jahre bildete sich vor allem im Bereich der Geographie eine Betrachtung von Umweltfaktoren unter ihrem Risikoaspekt heraus, die als Hazardforschung bezeichnet wird (vgl. Kap. 1.2). Dieser Ansatz fasst als Hazard die Interaktion zwischen dem „System Umwelt und seinen Erscheinungsformen“ und dem „System Mensch/Gesellschaft und deren Belangen“ auf, wobei sich „die Interaktion solcherart auswirkt, daß sie zum subjektiv wahrgenommenen Nachteil des Systems Mensch verläuft und wobei beide Systeme durch Gegenmaßnahmen des Menschen oder der Gesellschaft beeinflusst werden können.“ (GEIPEL, 1992:3). Die Wurzeln dieses Risikokonzepts finden sich in der Sicherheitswissenschaft. Es wurde ursprünglich in der Nuklearindustrie entwickelt und wird heute auch bei technischen und chemischen Risiken sowie Verkehrsrisiken angewendet (vgl. BORTER, 1999). Naturgefahren und Naturrisiken sind erst im ausgehenden 20. Jahrhundert im Rahmen von Risikokonzepten zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen geworden. In den letzten Jahren finden sich daher vermehrt Ansätze, Methodiken der Sicherheitswissenschaft abzuleiten und auf Naturgefahrenprozesse zu übertragen. Diese haben beispielsweise über das im Folgenden vorgestellte Risikokonzept Eingang in die geographische Naturgefahrenforschung gefunden.

3.2 DAS RISIKOKONZEPT IN DER NATURGEFAHRENFORSCHUNG

Das Risikokonzept²⁰, an dem sich die vorliegende Arbeit orientiert, ist ein operatives Konzept welches es ermöglicht, den in einem System bestehenden Risiken unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, wissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Ansprüche bestmöglich zu begegnen (vgl. BORTER, 1999). In diesem Sinne definieren PLATE & MERZ (2001:11) das Risikomanagement²¹ als „die Gesamtheit aller systematisch aufeinander abgestimmten Handlungen für die Abwendung bzw. Begrenzung einer Katastrophe aus natürlichen oder anderen Ursachen.“ Das Risikokonzept soll hier lediglich kurz vorgestellt werden; ausführliche Informationen finden sich bei EGLI (1996), HOLLENSTEIN (1997) und WILHELM (1997). Als wichtigste Arbeiten des deutschsprachigen Raumes seien jene von BORTER (1999) und HEINIMANN et al. (1998) genannt, die sich mit gravitativen Naturgefahren und Raumplanung im Alpenraum befassen.

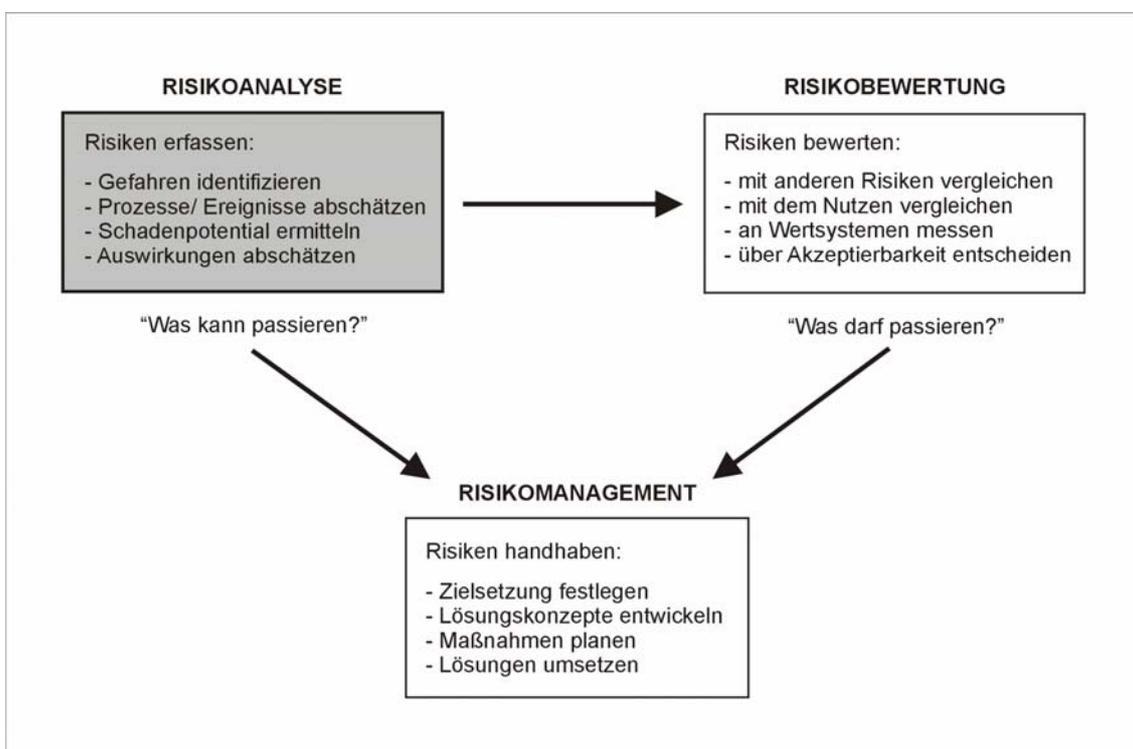


Abb. 4: Schema eines modernen Risikokonzepts: Analyse, Bewertung und Management. Im Rahmen der Arbeit durchgeführte Arbeitsschritte sind grau unterlegt. Verändert nach HEINIMANN et al., 1998:11.

Ein modernes, integratives Risikokonzept besteht im Wesentlichen aus drei Elementen bzw. Arbeitsschritten und umfasst die Analyse, die Bewertung sowie das Management eines möglichen Schadens (vgl. Abb. 4). Inhaltlich sind Risikoanalysen nach HEINIMANN et al. (1998:10) „naturwissenschaftlich-technische Abklärungen. Sie geben [...] Auskunft über die Größe der von einer bestimmten Ursache zu erwartenden Beeinträchtigung, sagen aber nichts über deren

²⁰ Für das Risikokonzept werden in der Fachliteratur synonym die Begriffe Risikomanagement oder Katastrophenmanagement verwendet.

²¹ PLATE & MERZ (2001) verwenden für das Konzept des Risikomanagements/Katastrophenmanagements eine von dem hier vorgestellten Schema des Risikokonzepts abweichende Systematik.

praktische Relevanz aus. Die Beurteilung der soziopolitischen Bedeutung von Risiken ist die Aufgabe der Risikobewertung. Den Umgang mit einer bestehenden Risikosituation regelt das Risikomanagement.“ Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich bei Naturgefahren um natürliche Prozesse handelt, die erst in Überschneidung mit anthropogenen Interessenssphären zur Gefahr werden und sich von technischen Gefahren vor allem in ihrer Kontinuität, zeitlicher und räumlicher Entwicklung, Dynamik und Einzigartigkeit unterscheiden. Dies verdeutlicht, dass die Übertragung eines Risikokonzeptes aus der Sicherheitswissenschaft auf den Bereich der Naturgefahren nicht unproblematisch ist. Darüber hinaus veranschaulicht die Dreiteilung des Risikokonzeptes, dass eine Risikobetrachtung interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordert, da sie einerseits naturwissenschaftliche, technische und wirtschaftliche, andererseits aber auch psychologische, soziologische, ethische sowie rechtliche Aspekte einschließt.

„Die Risikoanalyse ist ein systematisches Verfahren, um ein Risiko auf der Basis von Beobachtungen, Modellierung oder Szenarienbildung hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und des Ausmaßes der Folgen qualitativ und soweit möglich quantitativ zu identifizieren.“ (BORTER, 1999:13). Mit Hilfe der **Risikoanalyse** werden die zu erwartenden Schäden bestimmt, sie beantwortet die Frage „Was kann passieren?“. Das Ergebnis einer Risikoanalyse sind Aussagen über die Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit sowie Ausmaß oder Intensität eines potenziell gefährlichen Prozesses.

Eine Betrachtung von Risiken ist nach HEINIMANN et al. (1998) aus zwei Blickwinkeln möglich. Beim Emissionsansatz wird ein Ereignis/Prozess untersucht, von welchem negative Auswirkungen ausgehen. Der Immissionsansatz hingegen geht von Mensch-, Sach- oder Naturwerten aus, bei denen eine äußere Einwirkung zu negativen Folgen oder Schäden führen kann. Wird in der klassischen Naturgefahrenbeurteilung hauptsächlich mit dem Emissionsansatz gearbeitet, so kommt im Zuge der ganzheitlichen Analyse natürlicher Prozesssysteme im Spannungsfeld anthropogener Aktivitäten der Immissionsansatz vermehrt zum Einsatz. Daneben können Risiken auf verschiedenen Ebenen untersucht werden (vgl. Abb. 5), wobei zwischen dem Objektrisiko, dem Individualrisiko und dem Kollektivrisiko zu unterscheiden ist (vgl. BORTER, 1999).

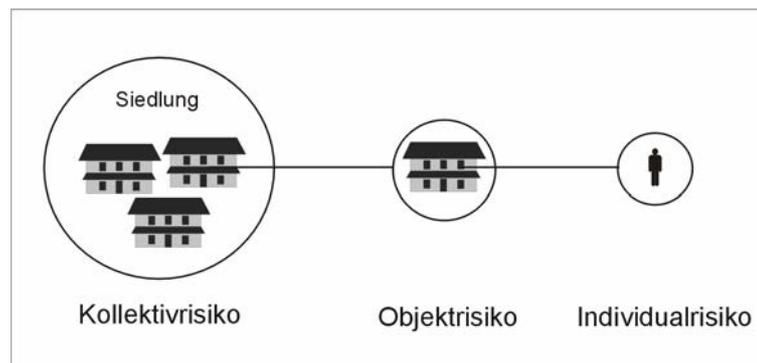


Abb. 5: Untersuchungsebenen des Risikos. Entwurf und Grafik: A. Titz.

Das Objektrisiko beschreibt die Größe eines Risikos für ein definiertes Objekt (z.B. ein Gebäude, eine Brücke). Das Individualrisiko wird aus dem Objektrisiko und der Anzahl der Personen, die sich in diesem Objekt aufhalten, abgeleitet. Das Kollektivrisiko bezeichnet die Größe eines Risikos für die Gesellschaft oder näher zu definierende Teile der Gesellschaft mit Hilfe der Summe aller Objektrisiken innerhalb einer kollektiven Einheit (vgl. BORTER, 1999).

Die **Risikobewertung** beantwortet die Frage „Was darf passieren?“ (vgl. Abb. 4), indem die Bedeutung wahrgenommener Risiken anhand von Werten und Wertpräferenzen beurteilt werden. Wesentliche Voraussetzung für die Risikobewertung ist nach KIENHOLZ (1999), dass die Risiken bekannt sind und klar definiert ist, welche Risiken eingegangen werden dürfen und welche Mittel zur Reduktion eingesetzt werden können oder sollen. Für die Bewertung ist dabei nicht relevant, ob es sich um erwiesene oder potenzielle Risiken handelt. Mit Hilfe der Ergebnisse der Risikoanalyse wird also beurteilt, Vor- und Nachteile abwägend, welche Risiken akzeptierbar sind (individuelle Risikoakzeptanz) bzw. welche akzeptiert werden müssen (gesellschaftliche oder politische Risikoakzeptabilität) (vgl. BORTER, 1999).

Die Risikobewertung ist nicht allein die Aufgabe einer wissenschaftlich-rationalen Risikoabschätzung, sondern bedarf vor allem einer intensiven gesellschaftlichen und politischen Diskussion. Abweichend von einer rein wissenschaftlichen Definition des Risikos wird die Bewertung im Rahmen des kulturspezifischen Risikoverständnisses unterschiedlich ausfallen, da sie in hohem Maße an die verfügbaren Informationen, individuellen Erfahrungen, intuitiven Einschätzungen, Kulturstufe und Tradition sowie die jeweilige Risikowahrnehmung der Bevölkerung gekoppelt ist (vgl. FUCHS, KEILER & ZISCHG, 2001). BANSE & BECHMANN (1998:11) definieren Risikowahrnehmung im eigentlichen Sinne als „zielgerichtet strukturierter und methodisch orientierter, somit bewußt organisierter und reflektierter, empirisch oder theoretisch, deskriptiv oder normativ ausgerichteter Prozeß des Erkennens und Begreifens von Risiken, des Aufweisens und des Erfassens von möglichen Schadens- und Gefahrendimensionen, von Ursache-Wirkungs- bzw. Ursache-Folge-Beziehungen, von Gewinnchancen, Verlustmöglichkeiten und Gefährdungspotentialen.“ Die Autoren sehen damit sowohl individuelle als auch außerindividuelle Faktoren der Risikowahrnehmung erfasst, die „über den Rahmen einer wissenschaftlich disziplinär basierten Risikowahrnehmung weit hinausgehen.“ (BANSE & BECHMANN,1998:12).

Nach HOLLENSTEIN (1997) stehen bei der Risikobewertung folgende konzeptionelle Fragen im Vordergrund:

- Wie wird das Risiko eines Zustandes oder Vorganges wahrgenommen und im Vergleich zum Nutzen bewertet?
- Lassen sich normative Sicherheitsziele aus der Akzeptanz bestimmter Risiken ableiten?
- Wie stark ist die Risikobewertung beeinflussbar und welche Mittel sind dazu geeignet?

Die letzte Frage leitet unmittelbar zum dritten und letzten Teil der Risikobetrachtung über, dem Risikomanagement. Indem die Resultate der Risikoanalyse mit den Vorgaben der Risikobewertung verknüpft werden, steuert das **Risikomanagement** Zielsetzungen, Handlungsbedarf und Maßnahmen zur Risikoreduktion und Risikoregulierung. Das Risikomanagement hat nach CHAKRABORTY (1985:10, zitiert in BANSE & BECHMANN, 1998:22) nur ein Ziel: „Beim Risikomanagement geht es um die Minimierung aller Risiken unter Berücksichtigung der sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte.“ Dabei wird die Harmonisierung unterschiedlicher Werte im Hinblick auf die Verhinderung bzw. Minderung der als nicht akzeptabel bewerteten Risiken angestrebt.

Ziel des Risikomanagements ist es, ein vorgesehenes Maß an Sicherheit mit den kostenwirksamsten Maßnahmen zu gewährleisten. Diese können neben technischen und raumplanerischen Maßnahmen auch organisatorische und biologische Maßnahmen umfassen, wobei mit AMMANN (2003) als wesentliche Kriterien Effizienz, Nachhaltigkeit, Akzeptanz und Realisier-

barkeit zu beachten sind. Zur Beeinflussung des Risikos stehen in der Regel die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung (vgl. AMMANN, 2003):

- Risikovermeidung (raumplanerische Maßnahmen, z.B. Nutzungsverzicht);
- Risikoverminderung (organisatorische, bauliche und technische Präventivmaßnahmen);
- Risikoüberwälzung (Deckung unbekannter Restrisiken durch Versicherungen);
- Risiko selber tragen (Eigenverantwortung des Einzelnen).

Im Allgemeinen werden Maßnahmen zur Risikoverminderung im Rahmen von Präventivmaßnahmen am häufigsten durchgeführt. Im Einzelfall wird die Wahl der Maßnahmen zur Beeinflussung des Risikos jedoch wesentlich von deren Effizienz und Realisierbarkeit bestimmt. In diesem Sinne sind dem Risikomanagement im Entwicklungsland Nepāl nicht nur ökologische, sondern vor allem finanzielle und logistische Grenzen gesetzt.

In der vorliegenden Arbeit wird lediglich die Risikoanalyse als Element des hier vorgestellten Risikokonzeptes durchgeführt, die Arbeitsschritte der Risikobewertung und des Risikomanagements werden nicht im Sinne dieses Konzeptes behandelt. Die Methode der Risikoanalyse weist eine systematische Strukturierung auf, die im Folgenden als Ordnungsprinzip verwendet wird. Auf die Vorgehensweise bei der Durchführung der Risikoanalyse für die untersuchten Siedlungen im Nepāl-Himālaya wird im folgenden Kapitel detailliert eingegangen.

3.3 DURCHFÜHRUNG DER RISIKOANALYSE FÜR NATURGEFAHREN UND NATURRISIKEN AM BEISPIEL DES NEPĀL-HIMĀLAYA

In diesem Kapitel werden zunächst die einzelnen Arbeitsschritte zur Durchführung von Risikoanalysen beschrieben (vgl. Abb. 6). Darauf aufbauend wird die Risikoanalyse für Hochwasserereignisse, GLOFs, Mur- und Massenbewegungsprozesse am Beispiel der untersuchten Siedlungen im Nepāl-Himālaya durchgeführt.

Theoretische Grundlage bildet eine Risikoanalyse nach BORTER (1999) und HEINIMANN et al. (1998), die für Risikobetrachtungen in der Raumplanung der Schweiz, wo die Berücksichtigung von Naturgefahren in der Richt- und Raumplanung gesetzlich vorgeschrieben ist, erarbeitet wurde. Es sei darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der hier empirisch durchgeführten Risikoanalyse in keiner Weise gutachterlichen Charakter tragen und die erstellten Karten keinen Anspruch auf Rechtsverbindlichkeit erheben bzw. keine Rechtsverbindlichkeit im Sinne von Risiko- oder Gefahrenkarten aus ihnen abgeleitet werden darf.

Nach HEINIMANN et al. (1998) und HOLLENSTEIN (1997) umfasst die Risikoanalyse für Naturgefahren die folgenden vier grundlegenden Arbeitsschritte (vgl. Abb. 6):

- Zuerst wird das zu untersuchende **System abgegrenzt und beschrieben**. Es wird ein sachlicher Rahmen für die Risikoanalyse definiert, der detaillierte Kenntnisse über die zu untersuchenden Objekte erfordert.
- Im Anschluss daran erfolgt die **Gefahrenbeurteilung**, die aus einer Gefahrenidentifikation und einer Prozessabschätzung besteht. Die Gefahrenbeurteilung basiert auf der Auswertung vorhandener Grundlagendaten sowie einer geomorphologischen Geländeanalyse. Eine Prozessabschätzung, die in der Regel mit Hilfe von Prozessmodellierungen erfolgt, wird in der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt, da die für eine Model-

lierung der natürlichen Gefahrenprozesse erforderlichen Daten für die untersuchten Räume in Nepāl nicht zur Verfügung stehen.

- An die Gefahrenbeurteilung schließt sich eine **Expositions- und Schadenpotenzialanalyse** an. Im Rahmen dieser Analyse werden Wertobjekte erfasst, auf die die zuvor ermittelten Gefahrenprozesse potenziell einwirken können. In Abhängigkeit von der verfügbaren Datengrundlage und dem erforderlichen Detaillierungsgrad kommen qualitative, semi-quantitative oder quantitative Methoden zum Einsatz (vgl. BORTER, 1999).
- Den abschließenden Arbeitsschritt einer Risikoanalyse bildet die **Folgenanalyse**, die letztendlich das Risiko ermittelt. Auf Grundlage der Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung und der Expositionsanalyse wird bestimmt, welche Schäden an den zuvor definierten Risikoobjekten durch die Einwirkung gefährlicher Prozesse zu erwarten sind. Dieser letzte Arbeitsschritt wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ebenfalls nicht durchgeführt.

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass es sich lediglich um eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Untersuchung handelt und daher auch eine abgeschlossene Analyse mit Unschärfen behaftet sein kann. In diesem Zusammenhang gibt BORTER (1999) zu bedenken, dass quantitative Risikoanalysen stets mit Unschärfen behaftet sind, da mit unscharfen Größen respektive Variablen gearbeitet wird. Dennoch liefern Risikoanalysen trotz der Unschärfen wertvolle Informationen, weil es laut BORTER (1999:99) „wichtig ist [...], das Risiko einheitlich zu bestimmen, damit man verschiedene Risiken miteinander vergleichen und hinsichtlich weiterer Maßnahmen beurteilen kann.“ Um aktuelle Entwicklungen und Veränderungen zu erfassen ist es erforderlich, Risikoanalysen in gewissen Abständen zu wiederholen.

Die hier für den Nepāl-Himālaya exemplarisch durchgeführte Risikoanalyse orientiert sich theoretisch an den Konzepten von BORTER (1999) und HEINIMANN et al. (1998), kommt in der praktischen Durchführung allerdings mit einigen strukturellen Änderungen zur Anwendung. Risikoanalysen sollen die in einem Gebiet bestehenden Risiken unter Verwendung von mathematischen oder physikalischen Modellen ermitteln. In der vorliegenden Arbeit wird aufgrund der Datenunsicherheit nicht mit Modellen gearbeitet, darüber hinaus stehen die erforderlichen Datengrundlagen für die untersuchten Siedlungen in Nepāl nicht zur Verfügung. Die eigenständige Erhebung der notwendigen Daten wäre mit einem enormen zeitlichen, technischen und finanziellen Aufwand verbunden gewesen. Auch kann eine mathematische Risikobestimmung nicht durchgeführt werden, da die erforderlichen quantitativen Pauschaldaten wie beispielsweise Todesfallwahrscheinlichkeit und spezifisches Schadensausmaß für einzelne Gefahrenprozesse nicht vorliegen bzw. bislang nicht bestimmt wurden. Eine mathematische Risikobestimmung mittels eigenständig ermittelten Pauschaldaten wäre der Gefahr einer erheblichen Unter- bzw. Überbewertung unterlegen gewesen. Die Autorin ist sich der Tatsache bewusst, dass die durchgeführte Risikoanalyse daher lediglich einen qualitativen Charakter aufweist. Gleichzeitig treten durch die genannten Umstände Möglichkeiten und Grenzen einer umfassenden Risikoanalyse für Siedlungen im Nepāl-Himālaya zu Tage.

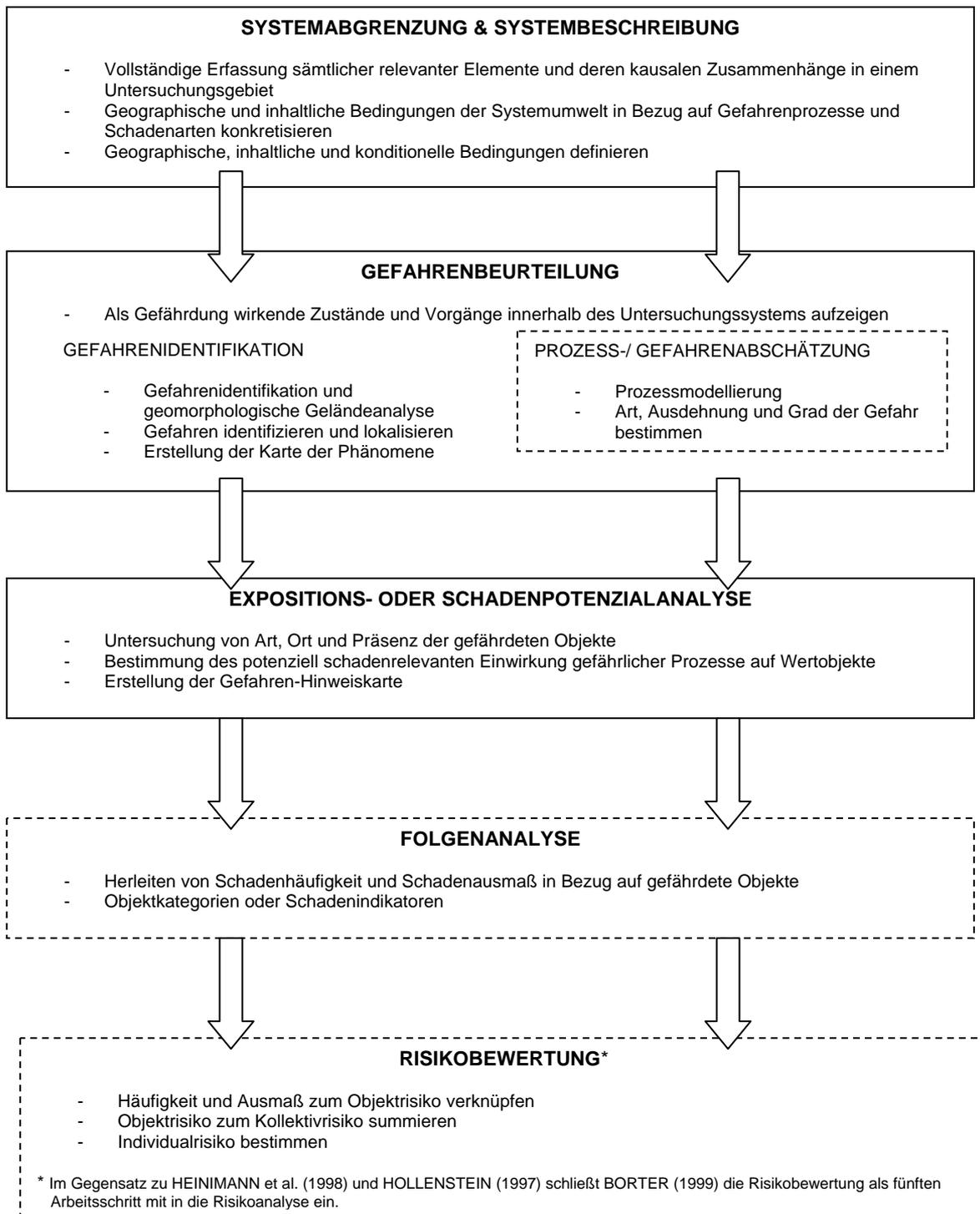


Abb. 6: Schema einer Risikoanalyse (verändert nach BORTER, 1999:15). Die durchgezogenen Linien markieren die im Rahmen der Arbeit durchgeführten Arbeitsschritte.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird keine Folgenanalyse durchgeführt. Die Folgenanalyse bestimmt mit Hilfe der Ergebnisse der Expositionsanalyse, welche Schäden an den Objekten durch die Einwirkung gefährlicher Prozesse zu erwarten sind (FUCHS, KEILER & ZISCHG, 2001:38). Da Gefahren-Hinweiskarten erstellt werden, die einen ersten Überblick über die Gefährdungssituation geben, ist nach BORTER (1999) die Folgenanalyse auf dieser qualitativen

Stufe der Risikoanalyse nicht unbedingt notwendig. Eine Folgenanalyse für die untersuchten Siedlungen würde aus folgenden Gründen zudem keine befriedigenden, quantitativen Ergebnisse liefern:

- Bedingt durch die Datensituation wird im Rahmen der Gefahrenbeurteilung ohne Modelle und Prozesssimulationen gearbeitet. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, die Auswirkungen dynamischer Einwirkungen auf Schadenobjekte exakt zu quantifizieren.
- Die hohe zeitliche und räumliche Variabilität des Schadenpotentials setzt eine umfangreiche und genaue Datengrundlage zur Gefährdungsermittlung voraus. Die Erhebung dieser Daten für die untersuchten Siedlungen wäre mit einem enormen zeitlichen, logistischen und finanziellen Aufwand verbunden.

3.3.1 SYSTEMABGRENZUNG UND SYSTEMBESCHREIBUNG

Aufgabe der Systemabgrenzung und Systembeschreibung ist die vollständige Erfassung sämtlicher relevanter Elemente und deren kausaler Zusammenhänge in einem Untersuchungsgebiet, wodurch die Rahmenbedingungen der Risikoanalyse nachvollziehbar definiert werden. Da alle weiteren Schritte der Risikoanalyse auf diesen Informationen aufbauen, müssen Abgrenzung und Beschreibung sehr sorgfältig erfolgen. Um die Bedingungen der Systemumwelt zu konkretisieren, muss nach HEINIMANN et al. (1998) und BORTER (1999) in jeder Systemabgrenzung und Systembeschreibung auf die folgenden Komponenten eingegangen werden (vgl. Abb. 7):

- **Geographische Systemgrenzen:** Die geographische Begrenzung besteht aus dreidimensionalen geometrischen Elementen und beschreibt die räumliche Lage des Untersuchungsraumes, der durch hydrologische Einheiten, geologische Grenzen oder auch politische Grenzen definiert wird.
- **Inhaltliche Systemgrenzen:** Im Rahmen der inhaltlichen Begrenzung werden die zu untersuchenden Gefahrenquellen und Gefahrenprozesse definiert, wobei unterschiedliche Prozesse zu Gefahrengruppen zusammengefasst werden können. Abweichend von den Konzepten von BORTER (1999) und HEINIMANN et al. (1998) werden Schadenarten und Schadenobjekte nicht unter den inhaltlichen Systemgrenzen, sondern im Rahmen der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse (vgl. Kap. 3.3.3) behandelt.
- **Konditionelle Systemgrenzen:** Hier werden die der Analyse zu Grunde gelegten Umweltbedingungen dargestellt. Neben der Ausstattung des Naturraumes sind dies vor allem sozioökonomische Faktoren.

Eine Risikoanalyse ist eine systematische, ganzheitliche Betrachtung einer Problemstellung. Sie ist eine Momentaufnahme, aber auch die Betrachtung zukünftiger oder vergangener Systemzustände ist im Rahmen einer Risikoanalyse angebracht. Bei Naturgefahren handelt es sich nicht um eine lineare Kausalkette, sondern vielmehr um einen Komplex verschiedener, zueinander in Wechselwirkung stehender Prozesse und Elemente. Die Systembeschreibung stellt somit dar, welche Teile des Untersuchungsobjekts kausal, somit auch räumlich, in Zusammenhang stehen, und welche Attribute sie aufweisen (vgl. HEINIMANN et al., 1998). Die Beschreibung des zu untersuchenden Systems stellt ein funktional vollständiges, jedoch vereinfachtes Abbild der Realität dar, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit qualitativ dargestellt werden soll und diejenigen Komponenten beinhaltet, die für die Zielsetzung der Risikoanalyse von Bedeutung sind. Je nach erforderlichem Detaillierungsgrad, z.B. für den Einsatz Geographischer Informationssysteme, ist jedoch auch eine quantitative Beschreibung möglich.

3.3.2 GEFAHRENBEURTEILUNG

Aufgabe der Gefahrenbeurteilung ist die **Gefahrenidentifikation** und **Gefahrenabschätzung**, sie soll mit HEINIMANN et al. (1998) folgende Angaben über das Untersuchungssystem liefern:

- wo Schadenprozesse bislang entstanden sind oder potenziell entstehen können (Entstehungs- oder Startgebiet);
- auf welchem Weg sich die Gefahrenprozesse bewegen (Transitgebiet) und
- wo die Gefahrenprozesse ihre Dynamik verlieren (Ablagerungsgebiet).

Die Gefahrenidentifikation basiert auf der Auswertung von **Grundlagendaten** sowie der **geomorphologischen Geländeanalyse** und liefert Angaben über den Systemzustand der Naturgefahren im Untersuchungsgebiet, die in der **Karte der Naturgefahrenprozesse** dargestellt werden. Abweichend von der Terminologie der schweizerischen Literatur, an der sich vorliegende Arbeit konzeptionell orientiert, wird der Begriff „Karte der Naturgefahrenprozesse“ anstelle des Begriffs „Karte der Phänomene“ verwendet (vgl. KIENHOLZ & GRAF, 2000, KIENHOLZ & KRUMMENACHER, 1995). Die Gefahrenabschätzung erfolgt in der Regel mit Hilfe von Modellen, die je nach Betrachtungsebene oder Zielmaßstab der Untersuchung die Häufigkeit des Eintretens und die erwartete Intensität des Gefahrenprozesses qualitativ oder quantitativ beurteilt und das Wirkungsgebiet mittels Szenarienbildung abgrenzt. Um eine sachlich richtige Gefahrenbeurteilung zu gewährleisten, müssen die verschiedenen Gefahrenprozesse je einzeln analysiert und beurteilt werden; sind multiple Prozesse wirksam, so ist die gegenseitige Beeinflussung sowie das Gesamtsystem aller Gefahrenprozesse zu analysieren (vgl. BORTER, 1999; HEINIMANN et al., 1998). In diesem Zusammenhang umreißt KIENHOLZ (1981, 1999) die Anforderungen, die an eine Gefahrenbeurteilung gestellt werden, mit den drei Postulaten sachliche Richtigkeit, gute Nachvollziehbarkeit und angemessener zeitlicher Aufwand.

Eine umfassende Gefahrenbeurteilung erfordert die Analyse von bereits eingetretenen sowie potenziellen Ereignissen und deren Wirkung. Dem entsprechend lassen sich Gefahren voraussichtlich mittels **vorwärts gerichteter Indikation** oder im Rückblick mit **rückwärts gerichteter Indikation** aufgrund früher eingetretener Ereignisse erkennen. Die vorwärts gerichtete Indikation basiert auf dem Erkennen und richtigen Interpretieren von Merkmalskombinationen, die erfahrungsgemäß auf Disposition und Auslösemöglichkeit gefährlicher Prozesse hinweisen. Die Kenntnis der auslösenden Vorgänge und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens sind wesentliche Bestandteile der vorwärts gerichteten Indikation (Abschätzen der künftigen Gefahreneinwirkung ohne Bezug zur Vergangenheit mittels geomorphologischer und allgemeiner Geländeanalyse sowie mittels Modellversuchen und Modellrechnungen). Die rückwärts gerichtete Indikation geht davon aus, dass sich ein Gefahrenereignis in ähnlicher oder gleicher Form wiederholen kann (Ableitung von früheren Ereignissen mittels Auswertung von Dokumenten und Aussagen sowie Erkennen von Spuren im Gelände und Schäden an Objekten) (vgl. BORTER, 1999; HEINIMANN et al., 1998).

Da in der vorliegenden Arbeit keine Modellierung der Gefahrenprozesse durchgeführt wird, können lediglich qualitative Aussagen zur Gefährdung gemacht werden. Darüber hinaus werden keine Aussagen zur Eintretenswahrscheinlichkeit getroffen. In der vorliegenden Arbeit soll eine Gefahrenanalyse für ausgewählte Siedlungen im Nepāl-Himālaya mit Hilfe der rückwärts gerichteten Indikation erfolgen, um qualitative Aussagen bezüglich Wirkungsgebiet und Intensität zukünftiger Gefahrenprozesse treffen zu können.

3.3.2.1 Grundlagendaten

Für eine korrekte Gefahrenbeurteilung sind Grundlagen, Daten und Informationen mit räumlicher Referenzierung Voraussetzung, da gefährliche Prozesse durch Zustände und Zustandsänderungen bzw. durch Energie- und Stoffflüsse in der Atmosphäre, der Erdoberfläche und im Untergrund gesteuert werden. Nach HEINIMANN et al. (1998) sollten Mess- und Beobachtungsnetze zur Erfassung von Grundlagendaten eine große räumliche Dichte, eine hohe Qualität der Messungen und möglichst lange Zeitreihen sowie Beobachtungen und Messungen der gefahrenbringenden Abläufe selbst aufweisen. Bereits an dieser Stelle wird deutlich, dass die Gefahrenbeurteilung für Gebiete in Nepāl mit Schwierigkeiten verbunden ist: da zahlreiche Daten für Nepāl kaum eines der oben genannten Kriterien erfüllen, wirkt die Datensituation als limitierender Faktor für die Gefahrenbeurteilung. Im folgenden Abschnitt werden die für die Gefahrenbeurteilung in den jeweiligen Siedlungen verwendeten Grundlagendaten vorgestellt und bewertet. Auf diesen Daten beruhende Aussagen können nur mit Vorsicht getroffen werden.

Topographische Grundlagendaten

Topographische Karten im Maßstab $\geq 1:25.000$ und andere topographische Unterlagen wie Schwarzweiß- und Farbluftbilder oder Orthofotos sind für die Gefahrenbeurteilung unverzichtbar, da sie die erforderlichen geometrischen Daten zur Verfügung stellen. Folgende topographischen Informationen standen für die vorliegende Arbeit zur Verfügung:

- Topographische Karte von Nepāl des *Survey Departments* im Maßstab 1:25.000, Kartenblätter „Tātopānī“ (Siedlung Tātopānī, Blatt Nr. 2883 11B; HMG, 1996d) und „Karmaiyā“ (Siedlung Karmaiyā, Blatt 2785 14B; HMG, 1992b);
- Topographische Karte von Nepāl des *Survey Departments* im Maßstab 1:50.000, Kartenblätter Chāme (Siedlung Manāñ, Blatt No. 2884 05; HMG, 1996b), Bagarchhāp (Siedlung Bagarchhāp, Blatt Nr. 2884 06; HMG, 1996a), Kartenblatt Kobāñ (Siedlung Lārjuñ, Blatt Nr. 2883 07; HMG, 1996c), Kartenblatt Dāḍārpākhar (Siedlung Jaljale, Blatt Nr. 2785 08; HMG, 1992a);
- Topographische Karte Nepal-Mustang, 1:50.000 der ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR VERGLEICHENDE HOCHGEBIRGSFORSCHUNG (2001), Kartenblatt Jomsom-Ghāsā (Siedlung Larjuñ);
- Topographische Karte Charnawati Khola Landslide im Maßstab 1:5.000 (R.KOSTKA, TU GRAZ, 1988);
- Schwarzweiß-Luftbilder Nepāl, HMG/FINIDA (1994-1996), mit einem mittleren Maßstab von 1:50.000, Manāñ (Bild L165 Nr. 11), Larjuñ (Bild L166, Nr. 18), Tātopānī (Bild L112, Nr. 41), Jaljale (Bild L50, Nr. 63) sowie Karmaiyā (Bild L14, Nr. 20).

Als Kartiergrundlage wurden die topographischen Karten des *Survey Departments* im Maßstab 1:25.000 bzw. im Maßstab 1:50.000 verwendet. Das Kartenblatt Charnawati Khola Landslide im Maßstab 1:5.000 diente als Kartiergrundlage in den Siedlungen Pokhare und Thulīnāgī.

Bis Mitte der 1990er Jahre lag für Nepāl als Landeskartenwerk lediglich die vom *Survey of India* in den 1960er Jahren hergestellten, so genannten *one inch maps* im Maßstab 1:63.360 vor. Das Kartenwerk wurde der nepalesischen Regierung von indischer Seite lediglich als farbiger Papierdruck zur Verfügung gestellt, Abgaben von Kopien einzelner Blätter an Privatpersonen waren nicht vorgesehen. Das Kartenwerk wurde von keiner der beiden Seiten fortgeführt, ver-

altete und war somit besonders für Gebiete mit großer Siedlungsdynamik und Entwicklungsdynamik unbrauchbar. In Kooperation mit der finnischen Regierung erstellte die nepalesische Regierung Mitte der 1990er Jahre ein eigenständiges topographisches Kartenwerk. Die Blätter basieren auf Luftaufnahmen, die von finnischer Seite ab 1992 im Maßstab von ca. 1:50.000 aufgenommen und später im Feld verglichen wurden. Die auf diese Weise erstellten Gradabteilungsblätter, die eine Ausdehnung von 15' x 15' haben, sind nicht mehr der Geheimhaltung unterworfen und können beim *Survey Department* oder bei autorisierten Händlern erworben werden. Im Vergleich zu den Karten des *Survey of India* stellen die neuen Karten eine erhebliche Verbesserung dar, es bestehen jedoch Ungenauigkeiten bezüglich der geographischen Lage und der Höhenlage von Siedlungen, der Abgrenzung von Landkategorien (vgl. GAUTAM & WATANABE, 2004) oder dem Verlauf von Verkehrswegen. Auch herrscht eine recht uneinheitliche Namensgebung von Ortschaften, Flüssen oder ganzen Landschaften vor.

Geologische Grundlagen

Kenntnisse der geologischen Verhältnisse im jeweiligen Gebiet der untersuchten Siedlungen sind für die Beurteilung von Naturgefahren unbedingt notwendig. Durch die Auswertung von großmaßstäbigen geologischen Karten, Profilzeichnungen, Erläuterungen und Kommentaren lassen sich großräumige Strukturmerkmale, wichtige geologische Grenzen, Formationen und lithologische Bestände sowie Hinweise auf die Eigenschaften der Gesteine herausarbeiten. HEINIMANN et al. (1998) kritisieren allerdings, dass zahlreiche Informationen, die für die Gefahrenidentifikation und -lokalisierung wichtig sind, wie beispielsweise Quartärinformationen, Strukturmerkmale im kleinräumigen Bereich oder Hinweise auf aktuelle Prozesse, in geologischen Karten oftmals unvollständig oder zu undifferenziert dargestellt werden.

Für die Untersuchungsgebiete standen verschiedene geologische Daten zur Verfügung. Im Rahmen des *Land Resource Mapping Projects* (LRMP) wurden geologische Karten im Maßstab 1:125.000 erstellt, die durch den kleinen Maßstab nur grobe Anhaltspunkte über die geologischen Verhältnisse in der Umgebung der untersuchten Siedlungen liefern (vgl. LRMP 1986b, d). Das *Department of Mines and Geology* hat geologische Karten von Nepal im Maßstab 1:63.360 und 1:50.000 veröffentlicht (vgl. HMG, 2000b), bislang sind jedoch nur neun der insgesamt 162 Kartenblätter fertig gestellt. Für das Untersuchungsgebiet Lārjuñ liegt eine geologische Karte von BORDET et al. (1971) im Maßstab 1:75.000 vor, die jedoch nicht alle interessierenden Bereiche abdeckt. Weitere geologische Informationen über die Untersuchungsgebiete in den Distrikten Mustāñ und Manāñ lieferten BORDET et al. (1975) sowie die Arbeit von HAGEN (1968/1969), die zahlreiche kleinmaßstäbige Karten, Profilzeichnungen und Blockbilder enthält. Eine weitere, nur wenig jüngere Arbeit von OHTA & AKIBA (1973) beinhaltet mehrere kleinmaßstäbige Übersichtskarten der Gebiete um Jaljale und Tātopāñ, aus denen sich großräumige Informationen wie Gesteinsverbreitung und Gesteinsgrenzen sowie Strukturen herauslesen lassen.

Daten zur räumlichen Ausstattung

Daten zur räumlichen Ausstattung im Bereich der untersuchten Siedlungen liegen nur sehr lückenhaft vor. Meist handelt es sich dabei um Ergebnisse von empirischen Detailstudien oder Forschungsprojekten im Nepal-Himālaya, die in Bezug auf die Naturräume Nepāls eine sehr unterschiedliche Dichte aufweisen.

Geomorphologische Kartierungen, die im Rahmen früherer Forschungsprojekte durchgeführt wurden, können sowohl als methodische und praktische Beispiele als auch zur Ergänzung der für die Gefahrenbeurteilung notwendigen geomorphologischen Geländekartierung herangezogen werden. An erster Stelle sind hier zunächst die Arbeiten von KIENHOLZ und seinen Mitarbeitern im Rahmen des Forschungsprojektes *Mountain Hazard Mapping – Nepal* zu nennen (vgl. KIENHOLZ et al., 1982, 1983, 1984a, b). Geomorphologische Kartierungen aus dem Raum der untersuchten Siedlungen liegen von FORT für den Mustāñ Distrikt (1987; *Geomorphic and Hazards Mapping 1:50.000 Mustāñ District*) und KUHLE (1982) für den Dhaulāgiri- und Annapurṇa-Himāl vor.

Vegetation und Landnutzung können zum einen unterschiedliche geomorphologische Prozesse positiv sowie negativ beeinflussen, andererseits spiegeln sie die Aktivitäten derartiger Prozesse wieder. Im Rahmen des LRMP wurden für Nepāl *Land Utilization Maps* im Maßstab 1:50.000 erstellt (vgl. LRMP 1986a, c). Die Karten genügen jedoch nicht den Genauigkeitsansprüchen der vorliegenden Arbeit, da sie das Ergebnis von Luftbilddauswertungen der Jahre 1978/1979 sind und die unterschiedlichen Landkategorien ungenau, teilweise auch falsch abgegrenzt werden (vgl. GAUTAM & WATANABE, 2004). Darüber hinaus wurden im Rahmen von Detailstudien mittel- und großmaßstäbige Karten zu Vegetation (vgl. MIEHE, 1982) und Landnutzung (vgl. z.B. LIMBERG, 1982; KOLLMAIR, 1999; RIES, 1994) erstellt.

Angaben zur Abflussbildung und zu Sickerhältnissen an einzelnen Siedlungsstandorten stehen in der Regel nicht zur Verfügung. Indirekt lassen sich diesbezügliche Angaben aus topographischen, geologischen und geomorphologischen Karten oder Unterlagen sowie aus Boden- und Vegetationskarten ableiten, eine Quantifizierung der Daten ist auf diese Weise jedoch nicht möglich. Derartige Daten wurden im Rahmen von Forschungsprojekte für verschiedene Wassereinzugsgebiete in Nepāl mittels Testplotmessungen erhoben (vgl. BURTON, SHAH & SCHREIER, 1989; GERARD & GARDNER, 2002; GILMOUR, 1988; RIES, 1994), die Ergebnisse lassen sich jedoch aufgrund der Messmethoden sowie der enormen naturräumlichen Variabilität nicht auf andere Regionen des Landes übertragen. Gleiches gilt für Hochwasserabfluss und Feststofftransport in Gerinnen. Pegelmessungen werden in Nepāl lediglich vereinzelt an größeren Flussläufen/Einzugsgebieten durchgeführt, die Messdaten sind nur mit großen Schwierigkeiten zu erlangen.

In Hinblick auf die hydrologischen Eigenschaften in den Untersuchungsgebieten liegen Daten zu Niederschlagsintensitäten und Niederschlagsergiebigkeit vor. Zwar hat die Dichte der klimatologischen Meßstationen in Nepāl in den vergangenen Jahren zugenommen, die Daten werden jedoch nicht immer regelmäßig abgelesen und dokumentiert. Meist lässt sich nur für einen Zeitraum von zehn bis zwölf Jahren eine mehr oder weniger vollständige Messreihe aufstellen. Gleiches kann für die Temperaturverhältnisse angeführt werden. In diesem Zusammenhang sollte erwähnt werden, dass lediglich 98 Stationen in Nepāl Temperaturen und Niederschläge aufzeichnen, an 272 Stationen werden ausschließlich die Niederschläge erfasst. Die Klimaverhältnisse einzelner Standorte werden daher nur unzureichend erfasst. Im Rahmen zahlreicher Forschungsprojekte und Einzelfallstudien wurden aus diesem Grund eigenständig Klimamessungen in den betreffenden Untersuchungsgebieten durchgeführt. Dies war im Rahmen der vorliegenden Arbeit aus zeitlichen und finanziellen Gründen allerdings nicht möglich.

Historische Quellen und Ereigniskataster

Der Auswertung von historischen Daten und Ereigniskatastern kommt im Rahmen einer rückwärts gerichteten Indikation zur Gefahrenbeurteilung eine große Bedeutung zu, da man davon ausgeht bzw. ausgehen kann, dass sich ein Gefahrenereignis in ähnlicher oder gleicher Form wiederholen kann (vgl. BORTER, 1999; HEINIMANN et al., 1998). Ein Ereigniskataster dokumentiert rückwirkend nachgewiesene Naturgefahren-Ereignisse im Bereich von besiedelten und erschlossenen Gebieten in einer systematischen, strukturierten und interpretierbaren Art. In Österreich und in der Schweiz ist die Führung eines Wildbach- und Lawinenkatasters, die als Planungshilfe für die Erstellung von Gefahrenzonenplänen dienen, gesetzlich verpflichtend. In Nepal werden derartige Ereigniskataster nicht geführt. Erste Ansätze für ein Ereigniskataster sind in der Datensammlung des *Department of Water Induced Disaster Preparedness* (DWIDP) zu sehen, die Daten werden jedoch zu undetailliert und vermutlich nicht vollständig erfasst (vgl. Kap. 2.1).

Die Erhebung vergangener Naturereignisse erfolgt in der Regel durch Recherchen und Studium schriftlicher Quellen sowie Interviews mit lokalen Informanten. Schriftquellen, wie beispielsweise die im europäischen Alpenraum vielfach existierenden Dorfchroniken, liegen für ländliche Siedlungen im Nepal-Himalaya nicht vor. Die Erhebungen zu vergangenen Naturgefahren-Ereignisse basieren in vorliegender Arbeit daher größtenteils auf Experteninterviews, die in den untersuchten Siedlungen durchgeführt wurden. Zudem werden extreme Naturereignisse und entstandene Schäden seit 1985 vom DWIDP systematisch dokumentiert. Die Dokumentation erfolgt jedoch wenig detailliert, oftmals wird nur der betroffene Distrikt oder das betroffene *Village Development Committee* (VDC) genannt, die betroffene Siedlung bleibt unerwähnt. Schäden in Folge von Hangrutschungen und Überschwemmungen werden meist in einer Kategorie zusammengefasst, was die Aussagekraft dieser Daten mindert. Die Daten unterscheiden sich zudem im Detaillierungsgrad ihrer Dokumentation, was eine Auswertung zusätzlich erschwert.

Wichtige Informationen über historische Naturereignisse könnten tibetische und nepalesische Manuskripte und andere historische Dokumente enthalten, die im Rahmen des *Nepal-German Manuscript Preservation Project* (NGMPP) auf Mikrofilm aufgenommen wurden. Diese Dokumente werden derzeit katalogisiert; eine Auswertung, die einen interessanten Beitrag zu vorliegender Arbeit liefern könnte, wird erst in den nächsten Jahren stattfinden können (vgl. NEPAL-GERMAN MANUSCRIPT PRESERVATION PROJECT, 2003).

3.3.2.2 Geomorphologische Geländeanalyse

Nach KIENHOLZ & KRUMMENACHER (1995) bildet die geomorphologische Geländeanalyse in Form einer Kartierung den wichtigsten Schritt im Hinblick auf eine fachlich fundierte Gefahrenbeurteilung. Dabei werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt, die der Abklärung von Disposition, Auslösemechanismen und Wirkungsmöglichkeiten künftiger gefährlicher Prozesse dienen:

- Erkennen und Interpretieren der Spuren („stumme Zeugen“, vgl. AULITZKY, 1992) früher abgelaufener oder gegenwärtig ablaufender gefährlicher Prozesse;
- Erkennen und Beurteilen kritischer Konstellationen und Schlüsselstellen im Gelände im Zusammenspiel mit geologischen, hydrologischen oder geomorphologischen Elementen, Erscheinungen und Prozessen.

Die Geländeanalyse erfolgt unter Einbeziehung verschiedener Methoden und umfasst im Wesentlichen Fernerkundungsverfahren wie die Interpretation von topographischen, geologischen und anderen thematischen Karten, die Interpretation von Luftbildern, Satellitenbildern und terrestrischen Photographien. Darüber hinaus erfolgt eine unmittelbar vor Ort eine *in situ* Abklärung in Form von Begehungen mit Kartierung, Aufzeichnung der Beobachtungen und Erhebungen sowie photographischer Dokumentation (vgl. KIENHOLZ, 2000). Die Ergebnisse der Geländeanalyse werden in Form einer Karte der Naturgefahrenprozesse (vgl. Kap. 5) dokumentiert.

Geomorphologische Kartierung

Die geomorphologische Kartierung dient in Form einer beschreibenden Bestandsaufnahme ablaufender oder erwiesenermaßen abgelaufener Gefahrenprozesse und Erscheinungen im Gebiet der untersuchten Siedlungen als Grundlage für die Gefahrenbeurteilung. Aufzunehmen sind Angaben zur Morphostruktur, zur Morphogenese und Morphodynamik, darüber hinaus müssen wichtige Reliefeigenschaften erfasst werden, soweit diese sich nicht aus der Kartiergrundlage ableiten lassen. Des Weiteren können Disposition und Wirkungsmechanismen eventuell zukünftig ablaufender Gefahrenprozesse dargestellt werden (vgl. FUCHS, KEILER & ZISCHG, 2001). Die Ergebnisse werden in einer Karte der Naturgefahrenprozesse zusammengefasst und dargestellt (vgl. Kap. 5).

Für angewandte geomorphologische Kartierungen existieren unterschiedliche Konzepte, die je nach Intention der Autoren mehr oder weniger für prozessorientierte Fragestellungen wie in der vorliegenden Arbeit geeignet sind. Bislang bestand für geomorphologische Kartierungen bzw. geomorphologische Schadenkartierungen kein einheitliches Konzept in Bezug auf Darstellungsweise und Karteninhalte²². So bildete die Kartieranleitung des Arbeitskreises Geomorphologische Karte der Bundesrepublik Deutschland, Geomorphologische Kartierung – Richtlinie zur Herstellung geomorphologischer Karten 1:25.000 (vgl. LESER & STÄBLEIN, 1975) ein erstes Konzept, dessen Verwendbarkeit in Berggebieten zwar bestätigt wurde, im Nepäl-Himālaya jedoch mit stark abweichender Signatur zur Anwendung kam (vgl. RIES, 1994). Auch die Legende für geomorphologische Kartierungen im Hochgebirge (GMK Hochgebirge, vgl. KNEISEL, LEHMKUHL, WINKLER, TRESSEL & SCHRÖDER, 1998) ist wie der Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene (siehe unten; vgl. KIENHOLZ & KRUMMENACHER, 1995) nach einem Baukastensystem aufgebaut, orientiert sich jedoch noch an den Arbeiten von LESER & STÄBLEIN (1975, 1978).

Wesentliche Impulse für die Gefahrenkartierung stammen von KIENHOLZ (1977, 1980, 1981). In seinen frühen Arbeiten aus dem Berner Oberland und später auch aus Nepäl, die als Vorläufer von „modernen“ Gefahren-Hinweiskarten angesehen werden können, werden unter Anwendung objektiver wissenschaftlicher Kriterien die verschiedenen Gefahrenarten, die ein Untersuchungsgebiet potentiell bedrohen, einzeln abgeklärt und summarisch dargestellt. Dabei finden bereits in seinen frühen Arbeiten die drei aktuell noch gültigen Arbeitsschritte „Auswertung historischer Daten“, „Geländeanalyse“ sowie „Modellversuche und Modellberechnungen“ Anwendung (vgl. KIENHOLZ, 1981).

²² Vgl. auch DEUTSCHER UND ÖSTERREICHISCHER ALPENVEREIN, 2001.

Ab 1979 kam ein erstes prozessorientiertes Kartierungsprojekt im Nepāl-Himālaya zum Einsatz, in welchem auch Geländearbeiten definiert wurden, die als Grundlage zur Erstellung von *hazard maps* dienen sollen.²³ Das Forschungsprojekt *Mountain Hazard Mapping – Nepal* des *Nepal National Committee for 'Man and Biosphere'* (MAB) Programme und der *United Nations University* (UNU) beinhaltete im Wesentlichen exemplarische Fallstudien zur Beurteilung der Hanglabilität und Naturgefahren in den drei Haupthöhengürteln Nepāls (Khumbu-Himāl, Kakani-Kāṭhmāṇḍu, Śiwālik-Terāi) sowie die Erstellung von Hanglabilitäts- und Gefahrenkarten (vgl. KIENHOLZ, HAFNER & SCHNEIDER, 1982; vgl. auch KIENHOLZ et al., 1984a, b). Die Karten sollten als notwendige Instrumente für die Landnutzungs- und Regionalplanung dienen (Ingenieurarbeiten, landwirtschaftliche Flächen). *'It was further assumed that construction of prototype maps for representative units of these three major Himalayan provinces could provide the basis for a nation-wide mapping system to be developed as national needs prescribed.'* (IVES & MESSERLI, 1981:225). Im Rahmen dieses Kartierungsprojektes wurden Erfahrungen aus Gefahrenkartierungen aus dem Berner Oberland/Schweiz (vgl. KIENHOLZ, 1977) und Colorado/USA (vgl. DOW, KIENHOLZ, PALM & IVES, 1981) auf unterschiedliche Gebiete in dem Entwicklungsland Nepāl übertragen.

Den Hintergrund des *Mountain Hazard Mapping Project* bildete die Komponente *Highland-Lowland Interactive System* des UNU-Programmes *Use and Management of Renewable Natural Resources*, im Rahmen welcher Gefahrenkarten für repräsentative Gebiete entlang eines N-S – Transekts des Himālayas erstellt werden sollten. Da die Problematik der Bodenerosion im weitesten Sinne und Probleme der Wasserretention im Wirkungsgefüge Hochland-Tiefland auch den MAB-Projekten inne wohnt, wurde von UNU und MAB das gemeinsame Forschungsprojekt *Mountain Hazard Mapping – Nepal* initiiert (vgl. KIENHOLZ, HAFNER & SCHNEIDER, 1982:37). Zu diesem interdisziplinären Projekt trugen des Weiteren Untersuchungen in den Bereichen Geomorphologie, Ethnographie, Biogeographie und Bodennutzung bei.

Den ersten Schritt einer umfassenden Datengrundlage bildeten eine *applied geomorphic map* sowie eine Aufnahme der *geomorphic processes*. Im Rahmen der Forschungsarbeit im Testgebiet Kakani-Kāṭhmāṇḍu entwickelte HANS KIENHOLZ aufbauend auf seinem Kartierungskonzept aus dem Berner Oberland (vgl. KIENHOLZ, 1977, 1980, 1981) ein Aufnahmeschema sowie eine Prozess- und Schadenslegende. Als erstes Ergebnis der Arbeiten im Testgebiet Kakani-Kāṭhmāṇḍu entstanden *maps of land use and geomorphic damages* (vgl. KIENHOLZ, HAFNER, SCHNEIDER & TAMRAKAR, 1983), geomorphologische Schadenkarten, in der die Elemente bezüglich ihrer Verbreitung und Erscheinung, Entstehungsprozess, Schadenwirkung und möglichen Gegenmaßnahmen diskutiert wurden. Übergeordnetes Ziel war jedoch die Erstellung einer so genannten *base map*, die ein Bindeglied zwischen den Ergebnissen der Grundlagenuntersuchungen und der eigentlichen Gefahrenkarte bilden sollte (vgl. KIENHOLZ, SCHNEIDER, BICHSEL, GRUNDER & MOOL, 1984). Dabei war es *'intended to emphasize the threat to the area's current land use caused by erosion'* (KIENHOLZ, HAFNER, SCHNEIDER & TAMRAKAR, 1983:209), wobei die Gefährdung des Siedlungsraumes lediglich von untergeordnetem Interesse war. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde im Rahmen des Forschungsprojektes *Mountain Hazard Mapping – Nepal* in der Folgezeit eine Index-Methode zur Beurteilung der Hangstabilität entwickelt (vgl. KIENHOLZ, 1986, 1987). Im Testgebiet Khumbu wurde die Zielsetzung in Richtung einer mittelmaßstäbigen Gefahrenhinweiskarte 1:50.000 verschoben, die leicht interpretierbar und für nepalesische Entscheidungsträger im

²³ IVES & MESSERLI (1981) geben eine Einleitung in das Projekt *Mountain Hazards Mapping – Nepal* und erläutern die Hintergründe (Vgl. auch MESSERLI, HOFER & WYMAN, 1993).

Rahmen einer Landnutzungsplanung leicht anwendbar sein sollte (ZIMMERMANN, BICHSEL & KIENHOLZ, 1986).

Jüngere geomorphologische Kartierungen aus Nepāl stammen von FORT (1987: *Geomorphic and Hazards Mapping 1:50.000 Mustang District*), RIES (1994) sowie von SIKRIKAR, RIMAL & JÄGER, (1998) und KOIRALA et al. (1998), die im Rahmen des *Nepal-German technical co-operation project 'Environmental Geology'* eine *Engineering and Environmental Geological Map* des Pokharā-Tals (*Landslide Hazard Zonation Mapping in the Pewa Lake Catchment Area, Pokhara*) sowie des Kāṭhmāṇḍu-Tals erstellt haben.

Grundlage für die geomorphologischen Kartierungen der vorliegenden Arbeit bildet jedoch der „Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene“ (vgl. KIENHOLZ & KRUMMENACHER, 1995). Informelle Grundlage für die Gefahrenbeurteilung und daraus abgeleitete Maßnahmen sind „Karten der Phänomene“, die der Abklärung von Disposition, Auslösemechanismen und Wirkungsmöglichkeiten künftiger gefährlicher Prozesse dienen. Wie bereits zuvor angesprochen, wird in vorliegender Arbeit der Begriff „Karte der Naturgefahrenprozesse“ dem Terminus „Karte der Phänomene“ vorgezogen (vgl. Kap. 3.3.2). Sowohl die erhobene Merkmale und Indikatoren als auch deren Interpretationen werden zum Zwecke der Dokumentation und Nachvollziehbarkeit nicht nur in Karten festgehalten, sondern auch verbal dokumentiert (vgl. Kap. 5). Da Darstellungsweise und Optik der Karten meist individuell oder auch disziplinär festgelegt wurden, erwuchs das Bedürfnis nach einer Harmonisierung von Karteninhalten und Darstellungsweisen. Daraufhin wurde 1995 im Auftrag der Eidgenössischen Forstdirektion der Schweiz für geomorphologische Kartierungen ein „Symbolbaukasten“ (vgl. KIENHOLZ & KRUMMENACHER, 1995) publiziert.²⁴ Das Konzept eignet sich nach FUCHS, KEILER & ZISCHG (2001) aufgrund seiner „Baukastenstruktur“ ausgezeichnet für Geländearbeiten, da es auch ohne vertiefende Grundlagendaten einfach anzuwenden ist und zu aussagekräftigen Ergebnissen führt. Im Hinblick auf die Grundlagendaten-Situation für den Nepāl-Himālaya bietet der Symbolbaukasten somit ein geeignetes methodisches und praktisches Konzept für Kartierarbeiten in diesem Raum.

Der „Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene“ (vgl. KIENHOLZ & KRUMMENACHER, 1995) integriert unterschiedliche bestehende Kartierungs- und Darstellungsphilosophien, zudem sind bei der Erstellung bewährte Kartierungskonzepte aus dem In- und Ausland eingeflossen. Das Konzept des Symbolbaukastens ermöglicht je nach bezweckten Aussagen, Bearbeitungstiefe und Bearbeitungsaufwand eine Anpassung der Darstellung an die jeweiligen Bedürfnisse. Neben einer sektoriellen Darstellung einzelner Gefahrentypen kann somit ebenso eine synoptische Darstellung auf einem Kartenblatt erfolgen, im Einzelfall benötigte Signaturen können systematisch zusammengestellt und ergänzt werden. Der „Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene“ bietet dem Anwender somit ein hohes Maß an Flexibilität in Bezug auf die berücksichtigten Gefahrenarten, Vollständigkeit des Inhalts (alle relevanten Erscheinungen oder lediglich ausgewählte), räumliche Abdeckung, Bearbeitungstiefe, Interpretationsgrad, Kartographie und Technik (vgl. KIENHOLZ & KRUMMENACHER, 1995).

Unter formalen Gesichtspunkten orientiert sich die Legende des Symbolbaukastens an bestehenden Legenden und Legendenentwürfen. Der Aufbau der Kartendarstellung erfolgt durch die strukturierte Verknüpfung von wenigen Bausteinen des Symbolbaukastens. Dabei kann unab-

²⁴ Die neuen Bundesgesetze und Verordnungen der Schweiz über den Wasserbau und den Wald verpflichten die Kantone, Naturgefahren bei der Richt- und Raumplanung zu berücksichtigen. Gefahrenkarten sind dafür eine wesentliche Voraussetzung (vgl. KIENHOLZ & KRUMMENACHER, 1995).

hängig vom Maßstab sowie von sektorieller oder synoptischer Darstellung die gleiche Legende verwendet werden. Inhaltlich baut der Symbolbaukasten auf dem Baukastenprinzip auf, d.h. die Gefahrenprozesse werden farblich unterschieden (eine Farbe pro Prozess), wobei desto kräftiger die Signatur, je intensiver/aktiver/tiefgründiger/jünger/evidenter der Prozess. Weitere Charakteristika wie Aktivität, Größe usw. werden mit Farbstufungen, der Dichte von Rastern oder Schraffuren, Signaturfüllung oder -stärke dargestellt. Im Hinblick auf gute Nachvollziehbarkeit erachten es KIENHOLZ & KRUMMENACHER (1995) als sinnvoll, die Evidenz einer Aussage kartographisch darzustellen und nach erwiesenen, vermuteten oder potentiellen Sachverhalten zu differenzieren. Ergänzend zum Symbolbaukasten wurde von KIENHOLZ & GRAF (2000) ein Kompendium erstellt, das konkrete Hilfe bei den Feldbeobachtungen gibt und die Erstellung geomorphologischer Karten erleichtern soll. Anhand von 40 Beispielen werden mögliche Inhalte und Darstellungsoptionen aufgezeigt bzw. es wird demonstriert, wie die Werkzeuge des Symbolbaukastens verwendet, ergänzt und abgewandelt werden können (vgl. KIENHOLZ & GRAF, 2000).

Für vorliegende Arbeit wurde die Erstellung geomorphologischer Kartierungen im Rahmen mehrerer Geländebegehungen durchgeführt, die einer allgemeinen Erkundung der Umgebung der untersuchten Siedlungen, der eigentlichen kartographischen Aufnahme sowie letztendlich einer Überprüfung der Geländeanalyse dienen. Die Ergebnisse der geomorphologischen Kartierung sind für jede der untersuchten Siedlungen in der „Karte der Naturgefahrenprozesse“ dargestellt (vgl. Kap. 5).

Kartierbericht

Im Anschluss an die Erstellung der Karten ist über deren Inhalt ein Kartierbericht anzufertigen, der die wesentlichen Merkmale und Erkenntnisse in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung zusammenfasst. In den Kartierberichten werden folgende Themenbereiche dargestellt:

- Geographischer und geoökologischer Überblick;
- Faktoren der Reliefbildung (Ausgangsgestein, Klima, Hydrographie, usw.);
- aktuelle Morphodynamik und Reliefgefährdung;
- Landnutzung;
- Ursache und Ablauf erwiesener Schadenereignisse;
- Bilanzierung entstandener Schäden.

Im Rahmen der geomorphologischen Kartierung in den betrachteten Siedlungen stand die Erhebung der aktuellen Morphodynamik im Vordergrund. Dabei wurden die Prozessbereiche Massenbewegung, Hochwasser und Murgang erfasst. Historisch abgelaufene Ereignisse wurden anhand „Stummer Zeugen“ (vgl. AULITZKY, 1992) im Gelände sowie durch Angaben aus Interviews mit der Lokalbevölkerung identifiziert und dokumentiert. Darüber hinaus wurden auch Gefahrenprozesse berücksichtigt, die nicht eindeutig gewirkt haben bzw. die theoretisch ablaufen könnten. Die Deklaration der im Rahmen der Gefahrenbeurteilung getroffenen Aussagen erfolgt durch die Angabe der Evidenz. Nach HEINIMANN et al. (1998) kann die Evidenz einer Aussage mit den Begriffen „**erwiesen**“ (Erscheinung ist an betreffender Stelle eindeutig identifizierbar bzw. Prozess hat erwiesenermaßen gewirkt, hat bleibende Spuren hinterlassen oder ist sonst dokumentiert), „**vermutet**“ (Erscheinung ist nicht eindeutig zu identifizieren bzw. Prozess hat an betreffender Stelle nicht mit Sicherheit gewirkt, dürfte jedoch aufgrund schwer interpre-

tierbarer Hinweise im Gelände, vager Aussagen, allgemeinen Erfahrungen oder Analogieschlüssen gewirkt haben) oder „**potenziell**“ (Prozess hat an betreffender Stelle nicht gewirkt, könnte jedoch aufgrund der allgemeinen Konstellation eintreten) deutlich gemacht werden.

3.3.3 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE

Ziel der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse ist es, die potentiell durch einen Gefahrenprozess beeinträchtigten Schadenobjekte zu bestimmen und potenziell schadenrelevante Einwirkungen auf diese Schadenobjekte zu beurteilen. (vgl. HEINIMANN et al., 1998). Im Rahmen der Schadenanalyse werden die zu erwartenden Schäden nicht quantifiziert; dies ist die Aufgabe der Folgenanalyse, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit allerdings nicht durchgeführt wird (vgl. Kap. 3.3). Die Schwere der erwarteten Schäden bleibt daher unberücksichtigt. Die Ergebnisse der Expositions- oder Schadenpotenzialanalyse werden in **Gefahren-Hinweiskarten**²⁵ dargestellt (vgl. auch Tab. 4). Den Vorteil der Expositionsanalyse sehen HEINIMANN et al. (1998) darin begründet, dass aus Zeit- und Kostengründen nur jene Gebiete für die Gefahrenbeurteilung berücksichtigt werden, in denen Schadenpotenzial vorhanden ist. Dies könnte eine „flächendeckende“ Risikoanalyse für Siedlungen im Nepäl-Himälaja überhaupt erst ermöglichen und eine Durchführbarkeit wesentlich vereinfachen.

In Anlehnung an KIENHOLZ et al. (1998:6) ist das Schadenpotenzial als die Summe aller menschlichen Werte im betrachteten Gebiet zu definieren, die durch die untersuchte(n) Gefahr(en) beschädigt oder zerstört werden können. Naturereignisse sind isoliert betrachtet physikalische Prozesse, die erst durch den Kontakt mit menschlichen Werten zur Naturgefahr werden (vgl. GEIPEL, 1992). Da in jeder Gesellschaft Sicherheitsbedürfnisse befriedigt werden müssen, erhalten Naturgefahren und Naturrisiken eine soziale Bedeutung. Damit bestimmt werden kann, wo solche Bedürfnisse bestehen, müssen zunächst die maßgebenden menschlichen Werte erfasst werden, die letztendlich das Schadenpotenzial bilden (vgl. HEINIMANN et al., 1998:21). Aufgrund verschiedener natürlicher Prozesse herrschen beim Ablauf von Naturgefahren mechanische Einwirkungen auf Objekte vor, die zu Schäden führen können. Laut HOLLENSTEIN (1995) unterscheiden sich diese Einwirkungen nicht nur aufgrund der verschiedenen Prozessabläufe (z.B. Rutschung, Mure, Hochwasser), sondern auch durch die spezifischen Eigenschaften der betrachteten Wertobjekte (z.B. Gebäude einer Siedlung, Verkehrswege, landwirtschaftliche Nutzfläche, aber auch Personen in den Gebäuden, auf Verkehrswegen oder im Freien). Für verschiedene Objekte und Systemzustände sind somit unterschiedliche Einwirkungen maßgebend.

Je nach Betrachtungsmaßstab bieten sich unterschiedliche Ansätze an, durch die die zu untersuchenden Schadenarten eingeschränkt werden können. Beim **Kategorieansatz** werden die Schadenobjekte entsprechend ihrem Schutzbedarf zu Gruppen, so genannten Objektkategorien, wie z.B. geschlossene Siedlungen, landwirtschaftlich genutzte Flächen oder Verkehrswege zusammengefasst und direkt als Messgröße verwendet. Dies führt zu qualitativen Ergebnissen, die jedoch für einen Überblick im Sinne einer Gefahren-Hinweiskarte ausreichend sind. Die Objektkategorien werden als flächige, linien- und punktförmige Raumelemente in Gefahren-Hinweiskarten erfasst (vgl. BORTER, 1999). Beim **Indikatorenansatz** wird die Funktionsbeein-

²⁵ Der Begriff der Gefahren-Hinweiskarte wurde aus der schweizerischen Naturgefahren-Literatur übernommen, an der sich die Arbeit methodisch stark orientiert. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstellten Gefahren-Hinweiskarten erfüllen lediglich den Zweck, eine Übersicht über die Gefährdungssituation zu geben. Aus ihnen leitet sich kein Rechtsanspruch ab. Dennoch weisen sie grundlegende inhaltliche Übereinstimmungen mit den amtlichen Gefahren-Hinweiskarten des europäischen Alpenraumes auf (vgl. auch Tab. 4).

trächtigung eines einzelnen Wertobjektes als Messgröße herangezogen, indem für jedes Objekt die relevanten Messgrößen (z.B. Anzahl betroffener Personen, Geld- oder Sachwert einzelner Objekte) unmittelbar erfasst und quantifiziert werden (vgl. HEINIMANN et al., 1998). Im Gegensatz zum Kategorieansatz liefert der Indikatorenansatz quantitative Ergebnisse. Für eine Expositions- und Schadenpotenzialanalyse auf lokaler Betrachtungsebene wäre eine Verwendung des Indikatorenansatzes von Vorteil gewesen. Da die dazu erforderlichen Pauschaldaten nicht vorliegen, kommt in der vorliegenden Arbeit der Kategorieansatz zur Anwendung.

Im Rahmen der Expositionsanalyse werden die bei der Gefahrenbeurteilung (vgl. Kap. 5) ermittelten Prozessräume und Wirkungsbereiche gefahrenbringender Ereignisse auf eigens zu diesem Zweck erstellte Ortspläne übertragen, um durch die Überlagerung mit dem Schadenpotenzial potenziell schadenrelevante Einwirkungen auf die Siedlungen bzw. auf einzelne Bereiche der Siedlungen zu identifizieren. Im Idealfall können dabei die Prozessräume erwiesenermaßen abgelaufener Gefahrenprozesse verwendet werden, in einigen Beispielen können lediglich vermutete oder potenzielle Prozessräume berücksichtigt werden. Im Fall erwiesener Gefahrenprozesse wird das maximale Schadenausmaß des jeweils betrachteten Prozesses für die Schadenpotenzialanalyse herangezogen. Das Schadenausmaß vermuteter oder potenzieller Prozesse wird abgeschätzt und der Evidenz der getroffenen Aussagen entsprechend visualisiert.

Tab 4: Eigenschaften von Gefahren-Hinweiskarten und Gefahrenkarten (Verändert nach LATELIN, 1997)

	Gefahren-Hinweiskarte	Gefahrenkarte
Zweck	Grundlage für die Richtplanung, Erkennung der Konfliktgebiete	Grundlage für die Nutzungsplanung; Projektierung von Schutzmaßnahmen
Inhalt	Grobe Übersicht über die Gefährdungssituation; Angabe der Gefahrenart, i.d.R. jedoch nicht der Gefahrenstufe (ohne Angabe zu Intensität und Wahrscheinlichkeit); großräumiges Ausscheiden oder Darstellung durch Symbole ohne räumliche Abgrenzung	Genauere Angaben zu Gefahrenart, räumlicher Ausdehnung und Grad der Gefährdung in den jeweiligen Gefahrenstufen; detaillierte Dokumentation
Bearbeitungstiefe	Geringe Bearbeitungstiefe	Hohe Bearbeitungstiefe, parzellenscharfe Abgrenzung
Maßstab	1:10.000 bis 1:50.000	1:2000 bis 1:10.000
Erfasste Gebiete	Regionen, politische Gemeinden oder ganze Bundesländer; eine Beschränkung auf den eigentlichen Lebensraum, zum Beispiel Talschaften, ist möglich	Schwergewicht auf besiedelte, erschlossene oder künftig zu erschließende Gebiete sowie auf Verkehrswegen und evtl. touristischen Anlagen
Nachführung	Bei veränderter Gefahrensituation (Schutzmaßnahmen oder natürliche Veränderungen)	Periodisch im Rahmen der Nutzungsplanrevisionen oder bei veränderter Gefahrensituation (Schutzmaßnahmen oder natürliche Veränderungen)

3.3.3.1 Schadenobjekte, Objektkategorien und Schadenpotenzialklassen

Auf Ebene einer Gefahren-Hinweiskarte mittleren Maßstabs werden die untersuchten Schadenarten sowie die berücksichtigten Schadenindikatoren eingeschränkt, da die Risikoanalyse in einem der Fragestellung angepassten Verhältnis zum Arbeitsaufwand stehen muss (vgl. FUCHS, KEILER, ZISCHG, 2001). In der vorliegenden Arbeit werden folgende Schadenobjekte berücksichtigt:

- Sachschäden an Gebäuden und Kulturgütern;
- Schäden an Verkehrswegen;
- Schäden an landwirtschaftlich genutzte Flächen;
- Schäden an Infrastrukturanlagen sowie
- Personenschäden.

Es liegt auf der Hand, dass längst nicht alle potenziellen Schadenarten in die Risikoanalyse einfließen können. Daher ist es notwendig, den Schadenbegriff auf ein für die Fragestellung der Arbeit relevantes Maß zu reduzieren. Schadenindikatoren wie Folgeschäden an Personen, ökonomischen und ökologischen Werten, Kosten und/oder wirtschaftliche Verluste (beispielsweise infolge der Unterbrechung von Verkehrswegen oder Elektrizitätsleitungen, Schäden an oder Zerstörung von Touristenunterkünften, Ernteverluste), Beeinträchtigung sozialer Strukturen und des psychischen Wohlergehens, Verlust an Lebensqualität, Beeinträchtigung des Landschaftsbildes usw. werden für die untersuchten Siedlungen vernachlässigt (vgl. BORTER, 1999).

Die Expositionsanalyse soll nicht nur räumlich differenzieren, sondern ebenso die zeitliche Verteilung des Schadenpotentials berücksichtigen (vgl. HEINIMANN et al., 1998). So unterliegt zum Beispiel die Anzahl der im Gefahrenraum befindlichen Personen in den untersuchten Siedlungen Bagarchhāp, Manāñ, Lārjuñ und Tātopānī aufgrund der touristischen Nutzung saisonalen Schwankungen. Die zeitliche Veränderung des Schadenpotentials aufgrund saisonaler Schwankungen in der Tourismusbranche sowie An- oder Abwesenheit der Bewohner (z.B. Arbeitsmigration) wird aufgrund des unvollständigen Zahlenmaterials in der vorliegenden Arbeit jedoch ausgeblendet.

Für die im Nepāl-Himālaya untersuchten Siedlungen wurde eine Gliederung der Objekte in Objektkategorien vorgenommen, um auf diese Weise einen Überblick über schadenpotentialrelevante Bereiche der einzelnen Siedlungen zu erhalten. Dieser Detaillierungsgrad wird der Fragestellung und der Zielsetzung vorliegender Arbeit genügend gerecht, da gefährdete Bereiche sowie mögliche sichere Bereiche zur Ausweitung der Siedlungen herausgearbeitet werden sollen. In Anlehnung an BORTER (1999) werden die Schadenobjekte der untersuchten Siedlungen in die drei Hauptkategorien Siedlung (Gebäude), Verkehrswege und landwirtschaftliche Nutzflächen unterschieden, die entsprechend der Schadenpotenzialklassen wiederum in Unterkategorien gegliedert sind (vgl. Tab. 5). Nach ROMANG (2004:128) erscheint zwar die „Schädigung von natürlichen Ressourcen durch Naturereignisse als Paradoxon per se“. Da durch Schäden an den Nutzflächen die menschliche Nutzung jedoch beeinträchtigt wird, wird das Schadenpotenzial landwirtschaftlich genutzter Flächen ebenfalls berücksichtigt. Personen (Personenschäden) werden nicht als eigene Objektkategorie ausgewiesen. Im Text wird zwar auf Personenschäden eingegangen, in den Gefahren-Hinweiskarten werden sie allerdings nicht berücksichtigt bzw. nicht dargestellt.

Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, wird der Siedlungsraum in drei Klassen untergliedert, wobei das primäre Schadenpotenzial permanente genutzte Wohngebäude der geschlossenen Siedlung bezeichnet, das sekundäre Schadenpotenzial temporär genutzte Wirtschafts- und Infrastrukturgebäude und das tertiäre Schadenpotenzial Sonderbauten. Sowohl in der Kategorie Siedlung als auch in der Kategorie Verkehrswege wurde das tatsächliche Personen- und Verkehrsaufkommen nicht quantifiziert. Bei Verkehrsweegen wird daher von einem statischen Schadenbegriff ausgegangen. Die Kategorie Verkehrswege wird ihrer Bedeutung für die Region entsprechend in drei Klassen untergliedert, wobei zwischen Verkehrswegen nationaler Bedeutung/1. Ordnung (primäres Schadenpotenzial), regionaler Bedeutung/2. Ordnung (sekundäres Schadenpotenzial) und lokaler Bedeutung/3. Ordnung (tertiäres Schadenpotenzial) unterschieden wird. Diese Untergliederung erscheint zunächst unbefriedigend, da z.B. Verkehrswege 3. Ordnung aufgrund ihrer Bedeutung für die jeweilige Lokalbevölkerung subjektiv als primäres Schadenpotenzial gewertet werden können. Um die Ergebnisse vergleichbar zu machen, muss im Rahmen einer objektiven Beurteilung jedoch die hier vorgenommene Einteilung getroffen werden. Da in den Ortsplänen lediglich intensiv landwirtschaftlich genutztes Land in Umgebung der Siedlungen erfasst ist, wird die Kategorie der landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht in weitere Schadenpotenzialklassen unterteilt.

Die Ergebnisse der Expositions- und Schadenpotentialanalyse der einzelnen Siedlungen sind der Arbeit in Form von Gefahren-Hinweiskarten²⁶ beigefügt (vgl. Karten 17-23). Als Grundlage für die Gefahren-Hinweiskarten dienen Ortspläne, die im Rahmen der Feldarbeiten in den untersuchten Siedlungen erstellt wurden. Auf eine Verwendung der topographischen Kartengrundlagen (vgl. Kap. 3.3.2.1) wurde verzichtet, da in diesen die interessierenden Objekte wie beispielsweise alle Gebäude einer Siedlung oder Verkehrswege nicht ausreichend detailliert dargestellt werden. Auf diese Weise wird eine qualitative räumliche Zuordnung der einzelnen Schadenobjekte gewährleistet.

Tab. 5: Im Rahmen der Fallbeispiele verwendete Objektkategorien und Schadenpotenzialklassen

Schadenpotenzialklassen	Objektkategorien		
	Siedlungen	Verkehrswege	Landwirtschaftliche Nutzflächen
primär	Geschlossene Siedlung, Wohnhäuser	Verkehrswege von nationaler Bedeutung (1. Ordnung)	Landwirtschaftlich genutztes Land (inklusive Obstgärten)
sekundär	Nebengebäude, Ställe, Wirtschafts- und Infrastrukturgebäude	Verkehrswege von regionaler Bedeutung (2. Ordnung)	-
tertiär	Sonderbauten (Bauten von hohem materiellen oder immateriellen Wert)	Verkehrswege von lokaler Bedeutung (3. Ordnung)	-

²⁶ Per Definition handelt es sich bei Gefahren-Hinweiskarten genau genommen um Risiko-Hinweiskarten, der Begriff Gefahren-Hinweiskarte hat sich jedoch in Wissenschaft und Praxis weitestgehend etabliert.

4. SYSTEMABGRENZUNG UND SYSTEMBESCHREIBUNG

4.1 GEOGRAPHISCHE SYSTEMGRENZEN

4.1.1 NATURRÄUMLICHE UND ADMINISTRATIVE GLIEDERUNG

Das Hindu-Königreich Nepāl erfasst in Form eines NW-SO gerichteten, lang gezogenen Rechteckes von etwas mehr als 140.000 km² Fläche den zentralen Raum der 2500 km langen Himālayakette. Ein wesentliches Kennzeichen der Landesnatur Nepāls sind gewaltige Höhenunterschiede auf kleinem Raum: So steigt der Himālaya recht unvermittelt aus dem Gangestief-land auf und erreicht in Ostnepāl nach einer Horizontalstrecke von nur 140 km mit dem Mount Everest (8.848 m NN; nep. *Sagarmāthā*, tib. *Chomolungma*) die höchste Erhebung der Erdoberfläche. Dies hat zur Folge, dass auf engstem Raum extreme geökologische Gegensätze hervortreten, was zu einem ausgeprägten Höhenwandel der Landschaft führt. Diese landschaftliche Differenzierung wird überlagert von einer großräumigen kulturellen Differenzierung und Höhenstufung aufgrund der Lage Nepals im geographischen und kulturellen Grenz- und Durchdringungsbereich zweier gänzlich verschiedener Rassen, Kulturen und Sprachfamilien.

Trotz der großen Variabilität physischer, ökologischer sowie kultureller Faktoren lässt sich dennoch eine eindeutige geographische Grundstruktur erkennen, die im Wesentlichen durch die annähernd parallel verlaufenden Gebirgsketten Nepāls und somit bestimmten Höhenzonen charakterisiert wird. Bezüglich der Abgrenzung der naturräumlichen Einheiten und deren Unterregionen herrschen in der Literatur jedoch Unklarheiten, da diese in Abhängigkeit von der Vorgehensweise und teilweise auch der Sprache der Forscher nicht einheitlich vollzogen wird. Die uneinheitliche Abgrenzung sowie die sehr unterschiedliche Namensgebung erschweren daher die Auswertung und den Vergleich von Literatur und statistischem Material.

An dieser Stelle sei nur ein kurzer Einblick in die stark variierenden Einteilungen in der Literatur gegeben. HAFFNER (1979) gliedert die Großlandschaften Nepāls in seiner Abhandlung über den vertikalen Landschaftsbau in Terāi, Bhārbar-Zone, Churiā, Himālaya-Vorkette, Himālaya-Hauptkette und Tibetischen Himālaya. KOLLMAIR (1999) unterscheidet in Anlehnung an das LRMP (1986b) die topographischen Landformen Terāi, Churiā, Midhill, High Mountain und High Himālaya. Der Geologe GANSSER (1964; vgl. auch OLSCHAK, GANSSER & BÜHRER, 1987) unterscheidet lediglich Subhimalaya, Niederen Himālaya, Hohen Himālaya und Tibetischen bzw. Tethys-Himālaya.

Die Landschaftsgliederung wird im Wesentlichen durch die in Nepāl vorherrschenden geologisch-tektonischen Verhältnisse bestimmt. In Anlehnung an die naturräumliche Großgliederung nach HAGEN (1980) lassen sich in Nepāl von Süden nach Norden die folgenden sieben Landschaftsräume unterscheiden:

- Terāi,
- Śiwālik-Zone/Śiwālik-Kette,
- Mahābhārat Lekh,
- Nepalesische Mittelland,
- Himālaya-Hauptkette/der Hohe Himālaya,

- Innere Himālaya und
- Tibetische Randgebirge.

Die im Rahmen der Arbeit untersuchten Siedlungen haben lediglich Anteil am Terāi, am Nepalesischen Mittelland sowie am Hohen Himālaya bzw. am Inneren Himālaya (vgl. auch Karte 3). Eine detailliertere Einteilung ist für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit jedoch nicht zwingend notwendig. So ist in einer ersten, groben Untergliederung zunächst ein dreigliedriger Landschaftsbau in Tiefland, Mittelgebirge und Hochgebirge zu erkennen, der die großen geologischen und tektonischen Leitlinien im Bau des Himālayas widerspiegelt. In Anlehnung an die traditionelle nepalesische Terminologie, die zwischen den Regionen Hochgebirge (nep. *himāl*), Mittelgebirgszone (nep. *pahar*) und Tiefland (nep. *terse*, *madhes*) unterscheidet, soll für die vorliegende Arbeit ebenfalls eine dreiteilige Untergliederung getroffen werden (vgl. Bild 2, Bild 3 und Bild 4). Dabei werden die Begriffe Himālaya-Hauptkette oder Hoher Himālaya für das Hochgebirge, Nepālesisches Mittelland oder Bergland für das Mittelgebirge und Terāi für das südliche Tiefland verwendet. Diese Einteilung erscheint der Verfasserin für die Bearbeitung der Fragestellung ausreichend, da das Nepālesische Mittelland und der Terāi jene dicht besiedelten und intensiv genutzten Gebiete Nepāls sind, die häufig von Naturereignissen heimgesucht werden. Bhābar-Zone, Śiwālik-Ketten und Mahābhārat Lehm sind lediglich dünn besiedelt. Das Hochgebirge ist generell als hazardbedrohtes Milieu anzusehen, dennoch weist die Hochgebirgsregion Nepāls eine Jahrtausende alte Siedlungs- und Kulturlandschaftsgeschichte auf (vgl. POHLE, 2000; POHLE & HAFFNER, 2001).

Im Jahr 1961 erfuhr Nepāl unter König Mahendra Bir Bikram Shah Dev (Regierungszeit 1955-1972) eine administrative Neugliederung. Die unter Ministerpräsident Jang Bahadur Rāṇā (1846-1856, 1857-1877) eingeführten Verwaltungsdistrikte wurden durch fünf Entwicklungsregionen, die jeweils Anteil an den drei für Nepāl charakteristischen ökologischen Gürteln haben, vierzehn Verwaltungszonen und 75 Distrikte ersetzt (vgl. Karte 3). Wie aus Karte 3 hervorgeht, sind die untersuchten Siedlungen administrativ unterschiedlichen Distrikten, Verwaltungs- und Entwicklungszonen zuzuordnen. Einige Distrikte können allerdings nicht eindeutig der Hoch- oder Mittelgebirgsregion bzw. dem Terāi zugewiesen werden: der Distrikt Sindhupālchok beispielsweise hat sowohl am Hohen Himālaya als auch am Nepalesischen Mittelland Anteil. Solche Distrikte werden daher jenem ökologischen Gürtel zugeordnet, dem sie landschaftlich zum überwiegenden Teil entsprechen. Die Benennung der Entwicklungsregionen (Fernwestlich, Mittelwestlich, Westlich, Zentral und Östlich) ist in Bezug auf die räumliche Gliederung des Landes ebenfalls irreführend. Obwohl die Region, in der die Hauptstadt Kāṭhmāṇḍu liegt, dem östlichen Drittel des Staatsgebietes zuzuordnen ist, wird diese Region als „Zentrale Entwicklungsregion“ bezeichnet (vgl. Karte 3).

4.1.2 AUSWAHLKRITERIEN UND RÄUMLICHE ABGRENZUNG DER UNTERSUCHUNGSGEBIETE

Wie der Titel der Arbeit verdeutlicht, sollen Naturgefahren und Naturrisiken im Nepāl-Himālaya untersucht werden. Dies würde aufgrund der großen natur- wie auch kulturräumlichen Differenzierung Nepāls grundsätzlich eine großräumige Arbeitsweise erfordern, um zu gesicherten Erkenntnissen zu gelangen. Bedingt durch die ausgeprägte Differenzierung des Landes und das lokale Auftreten von Naturereignissen erscheinen jedoch detaillierte Untersuchungen auf lokaler Ebene sinnvoller, da ein Erkenntnisgewinn in Nepāl lediglich durch lokal begrenzte, empirische Studien in den unterschiedlichen Naturräumen und Höhenzonen des Landes zu erzielen ist.



Bild 2: Hoher Himālaya – Dhaulāgiri-Himāl. Von links nach rechts: Dhaulāgiri (8172 m), Ţukce Peak (6920 m) und Dhampus Peak (6012 m). (Aufnahme: A. Titz, März 2003)



Bild 3: Nepalesisches Mittelland bei Dhulikhel (Aufnahme: A. Titz, Oktober 2000)



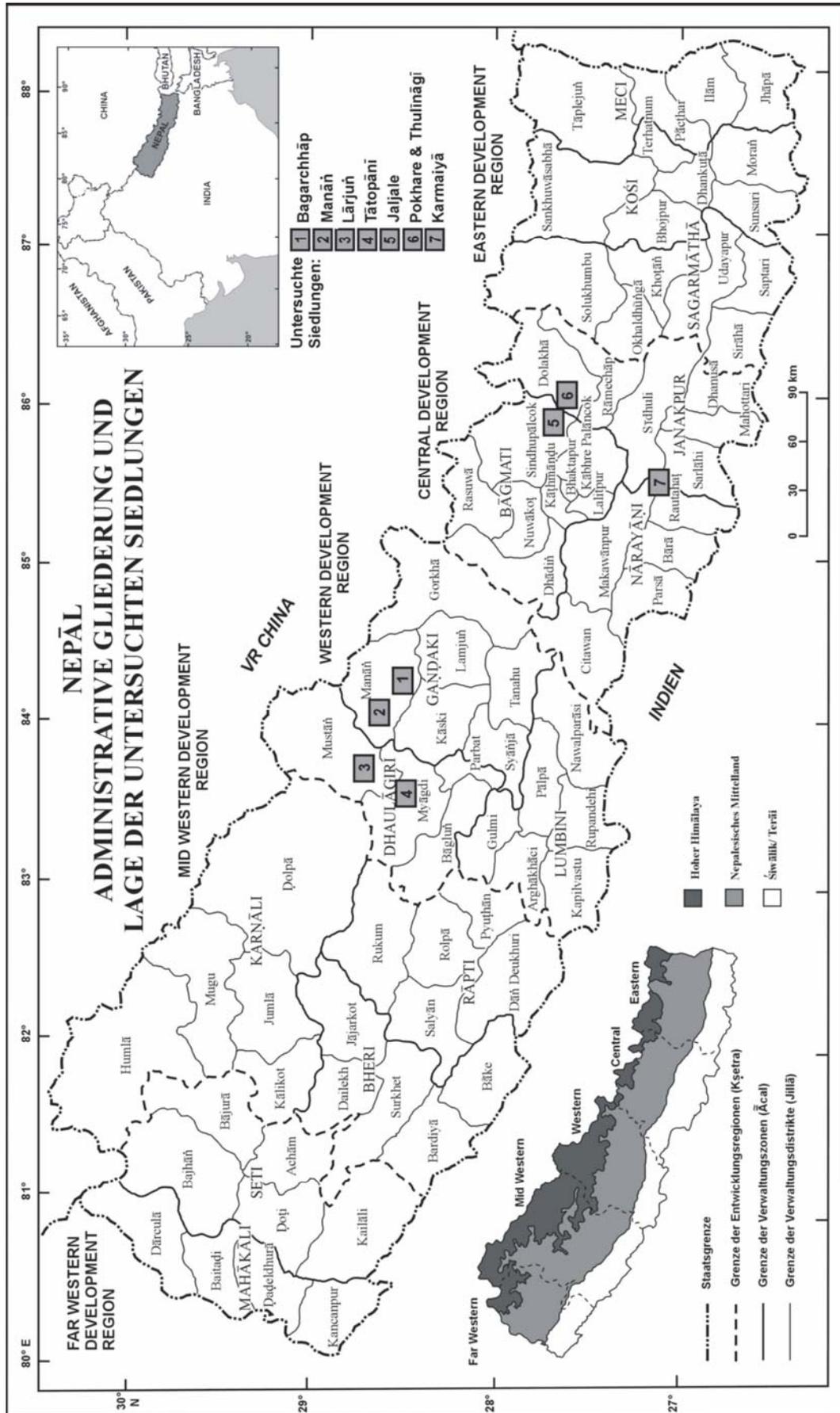
Bild 4: Terāi-Landschaft bei Hariharpur/Rautahaṭ (Aufnahme: A. Titz, November 2001)

Um der großen ökologischen und kulturellen Variabilität des Landes gerecht zu werden und zu repräsentativen und aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen, wurden die Untersuchungen entlang des stark differenzierten Höhenprofil Nepāls in ausgewählten Siedlungen des Hohen Himālayas, des Nepalesischen Mittellandes sowie des Terāis durchgeführt. Tabelle 6 sowie Karte 3 geben einen Überblick über die geographische Lage der untersuchten Siedlungen. Bei der Auswahl der einzelnen Siedlungen wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Lage innerhalb Nepāls: Es wurde versucht, in Anlehnung an die naturräumliche Gliederung Nepāls einen Längsschnitt durch das Land zu legen, um so entlang des Höhenprofils eine idealisierte Nordwest-Südost-Verteilung der Siedlungen zu erreichen.
- Naturraum und Höhenlage: Bedingt durch die nahezu parallele Gliederung der Naturräume vom Tiefland im Süden bis zum Hohen Himālaya in Norden des Landes ergeben sich für die untersuchten Siedlungen auch spezifische Höhenlagen. Damit verbunden sind spezifische ökologische (Klima, Vegetation, Geologie) und soziokulturelle Verhältnisse (Bevölkerungsgruppen, Bevölkerungsdichte).
- Bevölkerung: Bei der Auswahl der Siedlungen wurde zum einen darauf geachtet, dass der Siedlungsraum eine unterschiedliche Bevölkerungsdichte und Bevölkerungsdynamik aufweist, um gegebenenfalls anthropogene Einflüsse auf die Naturereignisse zu dokumentieren. Zum anderen wurden von möglichst unterschiedlichen Gruppen bewohnte Siedlungen ausgewählt, um herauszufinden, ob es ethnisch-kulturell bedingte Unterschiede im Umgang mit Naturgefahren und Naturrisiken gibt.
- Naturgefahren und Naturrisiken: In den Siedlungen sollten Naturereignisse stattgefunden haben, die durch ihr Einwirken auf soziale Gruppen zur Naturgefahr wurden und potenziell noch immer ein Risiko für die Bevölkerung darstellen.
- Zugänglichkeit der Siedlungen und Kartengrundlagen: Aus zeitlichen Gründen war es wichtig, dass die ausgewählten Siedlungen ohne allzu großen zeitlichen Aufwand von Regionalflughäfen oder Fernstraßen aus erreichbar waren. Um im Gelände Kartierungen durchführen zu können, war das Vorhandensein geeigneter Kartengrundlagen mit ausschlaggebend für die Auswahl.

Tab. 6: Geographische Lage der untersuchten Siedlungen

Geographische Region	Untersuchte Siedlung (Distrikt)	Lage	Höhenlage der Siedlung [mNN]	EW/km ² (Distrikt)
Hoher Himālaya	Bagarchāp (Manāñ)	28°32'N 84°20'E	2100	4
	Manāñ (Manāñ)	28°40'N 84°01'E	3500	4
	Lārjuñ (Mustāñ)	28°47'N 83°43'E	2550	4
Nepalesisches Mittelland	Tātopānī (Myāgdi)	28°29'N 83°39'E	1250	50
	Jaljale (Sindhupālchok)	27°44'N 85°56'E	2040	93
	Pokhare & Thulīnāgī (Dolakhā)	27°42'N 85°59'E	1680-2100	120
Terāi	Karmaiyā (Sarlahi)	27°07'N 85°28'E	130	505



Karte 3: Nepal - Administrative Gliederung und Lage der untersuchten Siedlungen (verändert nach POHLE, 1993a)

Entwurf und Grafik: A. Titz

4.1.2.1. Räumliche Abgrenzung der Untersuchungsgebiete im Hohen Himālaya

Die Untersuchungen im Hohen Himālaya fanden in den Siedlungen **Bargachhāp** und **Manāñ** im Manāñ Distrikt sowie in der Siedlung **Lārjuñ** im Mustāñ Distrikt statt (vgl. Tab. 6). Sowohl der Manāñ Distrikt als auch der Mustāñ Distrikt bilden verwaltungspolitisch abgegrenzte Räume im Norden Zentralnepāls (vgl. Karte 3).

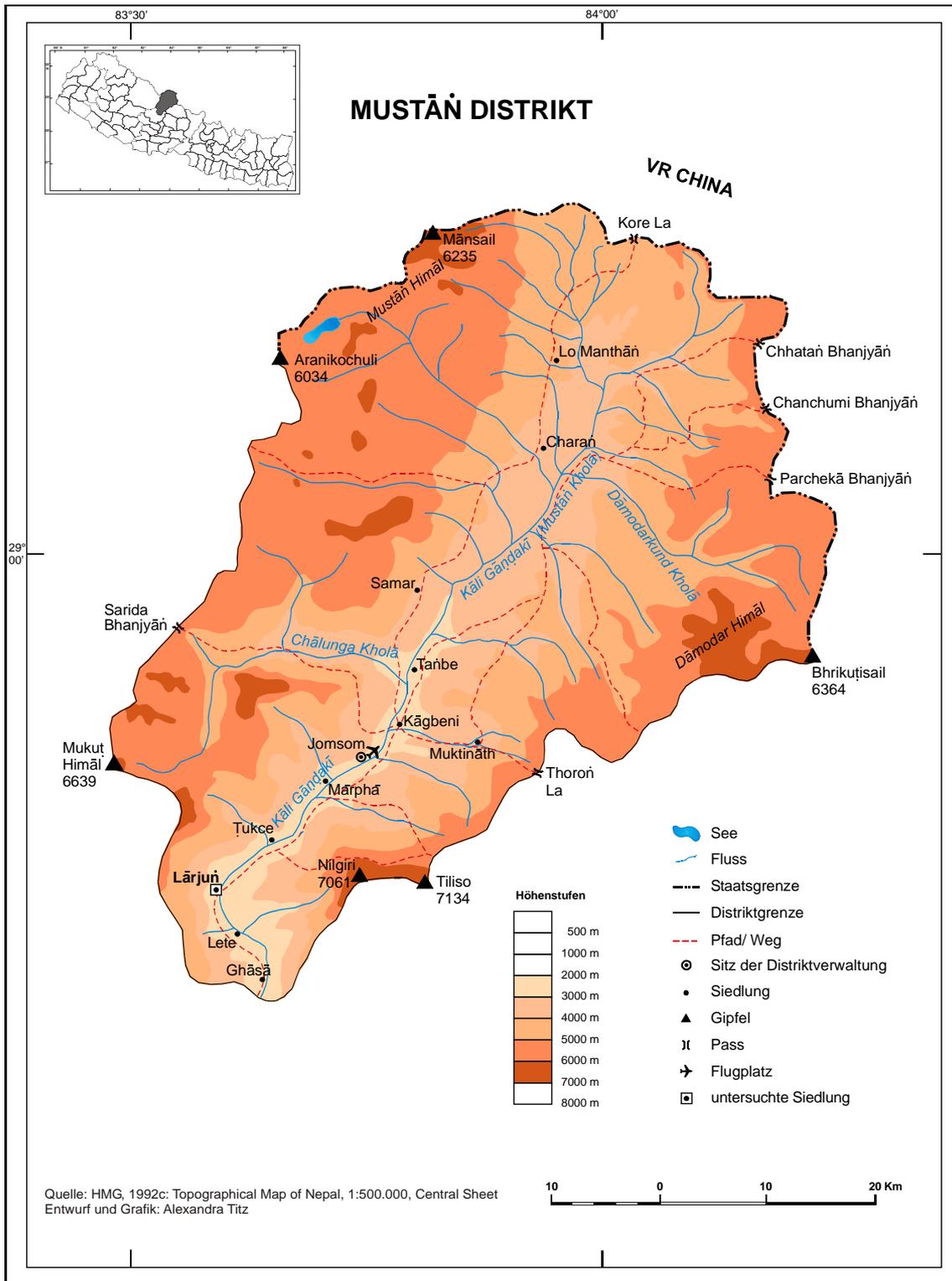
Die Gründung des Distrikts Mustāñ geht auf die administrative Neugliederung Nepāls 1961 nach der Machtübernahme durch König Mahendra Bir Bikram Sāh (Regierungszeit 1955-1972) zurück. In Folge dessen wurde der bereits zu Rāñā-Zeiten bestehende Verwaltungsdistrikt Bāgluñ unterteilt und das Einzugsgebiet der Kāli Gaṇḍakī²⁷ (nep. *kāli* «schwarz, dunkel»; sanskrit. *gaṇḍakī* «großer Fluß») nördlich der Himālaya-Hauptkette gesondert als Entwicklungsdistrikt Mustāñ ausgewiesen. Das auf diese Weise begrenzte Gebiet umfasst eine Fläche von etwas mehr als 3550 km². Die größte Nord-Süd-Erstreckung beträgt rund 75 km, die größte West-Ost-Erstreckung nahezu 70 km. Der Mustāñ Distrikt nimmt insofern eine verwaltungspolitische Sonderstellung ein, da der nördliche Distriktabschnitt von dem halbautonomen Königreich Lo (tib. *gLo*) gebildet wird.

Bei der Festlegung der Distriktgrenzen orientierte man sich weitestgehend an geographischen, historischen und politischen Gegebenheiten. Der Mustāñ Distrikt wird im Süden durch den Durchbruch der Kāli Gaṇḍakī durch die Himālaya-Hauptkette zwischen Annapurṇa- und Dhaulāgiri-Himāl (nep. *himāl* «Schneegebirge») sowie durch Ťukce Peak (6920 m NN), Mukut-Himāl (6639 m NN), Nilgiri- und Tilitso-Himāl begrenzt, die mit dem Nilgiri Nord (7061 m NN) und dem Tilitso Peak (7132 m NN) ihre höchsten Erhebungen erreichen. Im Osten bilden die Gebirgszüge von Muktināth- und Damodār-Himāl die Grenze zum Manāñ Distrikt (höchste Erhebung 6699 m NN), im Norden bildet der Mustāñ-Himāl die Grenze zu Tibet (höchste Erhebung Dongmar, 6480 m NN). Eine stellenweise über 6000 m NN hohe Gebirgskette bildet im Westen die Grenze zum Distrikt Ḍolpā (vgl. Karte 4).

Die Kāli Gaṇḍakī entwässert den Mustāñ Distrikt nach Süden, wobei sie die Himālaya-Hauptkette zwischen Dhaulāgiri- und Annapurṇa-Himāl in einer der tiefsten Schluchten der Erde durchbricht. Entlang der Kāli Gaṇḍakī verläuft auch der Hauptverkehrsweg, der zwischen der chinesisch-nepalesischen Grenze und Benṭ (Distrikt Myāgdi, vgl. Karte 6) zu einer Fahrstraße ausgebaut wird. Dieser Weg ermöglicht die Verbindung mit den Handels- und Umschlagzentren im Nepalesischen Mittelland und somit auch dem Tal von Pokharā sowie dem Kāṭhmāñḍu-Tal. Benachbarte Gebiete und Distrikte sind nur über mehr als 5000 m hohe Gebirgspässe zu erreichen.

Die ausgeprägte natur- und kulturräumliche Differenzierung spiegelt sich in einer von der Lokalbevölkerung vorgenommenen regionalen Gliederung des Mustāñ Distriktes deutlich wider. In Anlehnung an GURUNG (1979) lassen sich vier Regionen unterscheiden: Thāk und Pācgāũ im Süden mit seiner Thākāli-Bevölkerung sowie die Regionen Bārāgāũ und Lo im nördlichen Teil mit einer Lokalbevölkerung, die überwiegend tibetischen Ursprungs ist.

²⁷ Göttin Parvati (Tochter des Himālaya), Shakti des Weltenzerstörer Shiva, symbolisiert in Figur der Göttin Kāli die grausame Göttin der Zeit.



Karte 4: Topographische Karte des Mustän Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung

Im Rahmen der administrativen Neugliederung Nepāls unter König Mahendra gliederte man das Einzugsgebiet des Marsyāñdi Kholā (nep. *kholā* «Bach, Fluß») nördlich der Himālaya-Hauptkette als Entwicklungsdistrikt Manāñ aus dem ehemaligen Zensusdistrikt Lamjuñ/West No. 3 aus. Missverständlicher Weise übernahm man dabei jedoch den Namen Manāñ von der größten Siedlung der Region als Distriktbezeichnung, so dass im Folgenden zwischen der Siedlung Manāñ und dem Manāñ Distrikt unterschieden werden muss.

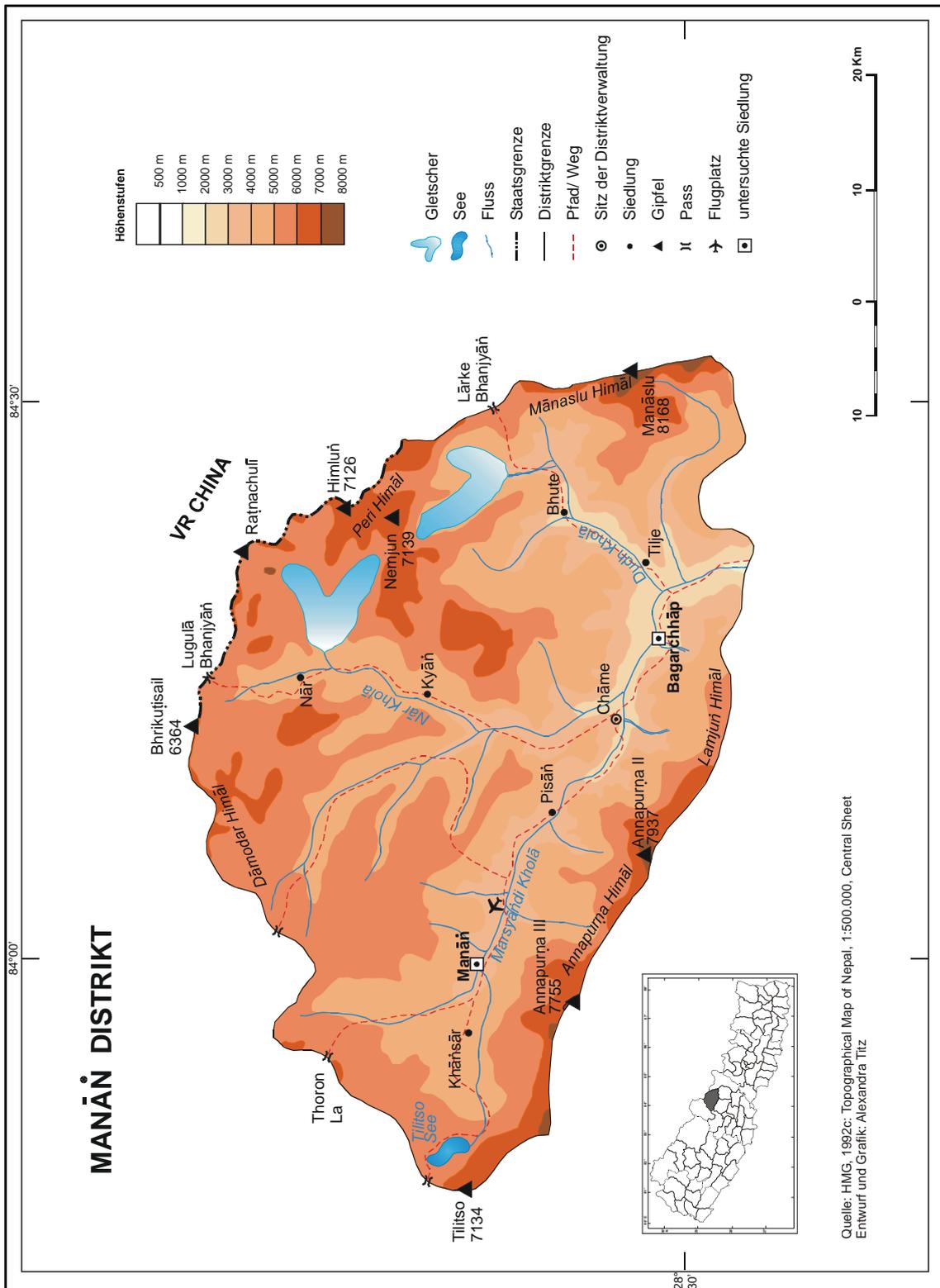
Auch der Manāñ Distrikt wird von allen Seiten durch mächtige Hochgebirgsmassive abgegrenzt. Die südliche Grenze bilden im Bereich der Himālaya-Hauptkette Annapurṇa- und Lamjuñ Himāl (7937 m NN Annapurṇa II, 6986 m NN Lamjuñ-Himāl). Im Westen bilden Muktināth- und Domadār-Himāl die Grenze zum Mustāñ Distrikt, wobei maximal Höhen von 6699 m NN erreicht werden. Die nördliche Grenze wird von Peri Himāl sowie von Himluñ- und Ciyo-Himāl gebildet, die gleichzeitig auch die Grenze zu Tibet bilden, im Osten wird das Distriktgebiet durch den Manāslu-Himāl (8163 m NN) abgegrenzt. Der so begrenzte Manāñ Distrikt umfasst eine Fläche von nahezu 2250 km², wobei die größte Nord-Süd-Erstreckung ca. 50 km, die größte West-Ost-Erstreckung rund 70 km beträgt. Etwa zwei Drittel der Distriktfläche werden von Gebirgs- und Hochgebirgszügen eingenommen, die durch das Haupttal des Marsyāñdi Kholā und seine Nebenflüssen Nār- und Dudh-Kholā (nep. *dudh* «Milch») gegliedert werden. Der Marsyāñdi Kholā entwässert den Manāñ Distrikt zunächst in südöstlicher Richtung, ändert die Laufrichtung jedoch kurz vor seinem den Durchbruch durch die Himālaya-Hauptkette zwischen Lamjuñ- und Manāslu-Himāl in südlicher Richtung (vgl. Karte 5).

Dem Haupttal des Marsyāñdi Kholā folgt ebenfalls der Hauptverkehrsweg, der den Manāñ Distrikt über das Nepālesische Mittelland mit der Landeshauptstadt Kāṭhmāñḍu verbindet. Wie im Mustāñ Distrikt, so sind auch die benachbarten Gebiete des Manāñ Distrikts lediglich über hohe Gebirgspässe zu erreichen. Eine von der Lokalbevölkerung getroffene regionale Gliederung des Distrikts spiegelt auch hier die große natur- und kulturräumliche Differenzierung dieser Hochgebirgsregion wider. Dabei werden die Regionen Nār im nördlichen Distriktgebiet (Bewohner Nārpa), Gyasumdo im Osten (Bewohner Guruñ und Gyasumdopa) und Nyiṣañ mit seiner Managki-Bevölkerung unterschieden (vgl. POHLE, 1993a).

4.1.2.2 Räumliche Abgrenzung der Untersuchungsgebiete im Nepalesischen Mittelland

Im Nepalesischen Mittelland wurden Untersuchungen in der Siedlung **Tātopāni** (nep. *tāto* «heiß, warm»; nep. *pānī* «Wasser, Regen»; nep. *tātopānī* «heiße Quelle») im Distrikt Myāgdi, in **Jaljale** im Distrikt Sindhupālchok sowie in den Siedlungen **Pokhare** und **Thulnāgī** im Distrikt Dolakhā durchgeführt (vgl. Karte 3).

Der Myāgdi Distrikt bildet einen verwaltungspolitisch abgegrenzten Raum in Zentralnepāl und umfasst eine Fläche von annähernd 2300 km², wobei die maximale Nord-Süd-Erstreckung ca. 50 km, die maximale West-Ost-Erstreckung nahezu 70 km beträgt. Die Entstehung des Distrikts geht ebenfalls auf das Jahr 1961 zurück. Im Rahmen der administrativen Neugliederung wurde das Einzugsgebiet der Kālī Gaṇḍakī südlich der Himālaya-Hauptkette (südlich etwa bis Bāgluñ) und das Einzugsgebiet der Gaṇḍakī-Nebenflüsse Mayāñdi Kholā und Thula Kholā als Distrikt Myāgdi ausgewiesen. Die Kālī Gaṇḍakī und ihre Nebenflüsse entwässern den Myāgdi Distrikt in südlicher Richtung.



Karte 5: Topographische Karte des Manān Distrikts und Lage der untersuchten Siedlungen

Der Myāgdī Distrikt wird im Norden durch den Dhaulāgiri-Himāl (Dhaulāgiri I, 8165 m NN) und Ausläufer des Nilgiri-Himāl begrenzt. Östlich bilden Ausläufer der Annapurṇa-Südabdachung die Grenze zum benachbarten Distrikt Kāski. Im Süden und Westen des Distrikts orientierte man sich bei der Festlegung der Distriktgrenzen weitaus weniger deutlich an den geographischen Gegebenheiten wie dem Kammverlauf der umgebenden Hochgebirgsmassive (vgl. Karte 6).

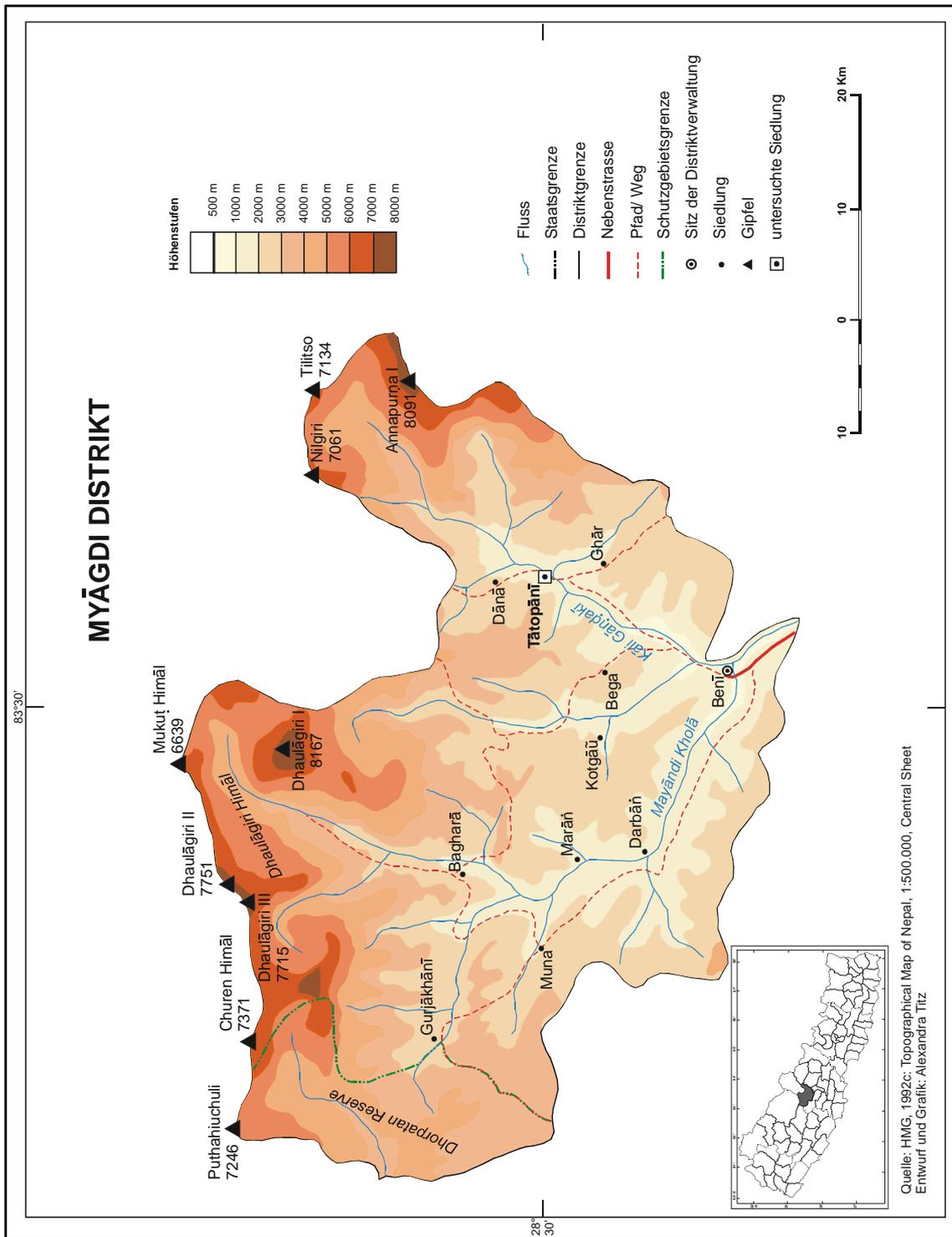
Auch der Myāgdī Distrikt hat Anteil an der einst bedeutenden Handelsroute durch das Thāk Kholā. Heute wird der Hauptverkehrsweg entlang der Kālī Gaṇḍakī hauptsächlich von Trekkingtouristen genutzt. Die südliche Fortsetzung dieses Weges ist ab Benī (sanskrit. *benī* «Zusammenfluss») im äußersten Süden des Distrikts in Form einer Schotterstraße mit Kraftfahrzeugen zu befahren. Die Straße verbindet den Distrikt Myāgdī über Pokharā mit dem Nepalesischen Mittelland und dem Terāi. Entlang des Thula Kholā führt ein weiterer Saumpfad in den Mustāñ Distrikt, entlang des Myāgdī Kholā gelangt man in nördlicher Richtung zum Dhaulāgiri I (8165 m NN), in westlicher Richtung in die angrenzenden Distrikte Bāgluñ und Ḍolpā. Ein weiterer, meist von Trekkingtouristen begangener Pfad führt von Tātopānī in südöstlicher Richtung über einen Pass bei Ghorepāni (Poon Hill, Aussichtsberg) in das Tal von Pokharā im Kāski Distrikt.

Der Distrikt Sindhupālchok bildet einen verwaltungspolitisch abgeschlossenen Raum im Norden Ostnepāls. Unter König Mahendra wurde diese nördliche Region des ehemaligen Verwaltungsdistriktes East No. 1 im Zuge der administrativen Neugliederung als Entwicklungsdistrikt Sindhupālchok ausgegliedert. Bei der Festlegung der neuen Distriktgrenzen orientierte man sich auch hier an den natürlichen Gegebenheiten. So umfasst das Distriktgebiet das Einzugsgebiet von Bhoṭe Koshī (nep. *koshī* «Fluss»), Balephī Kholā und Indrāwatī, die sich bei Dolālghāt an der südlichen Distriktgrenze zum Sun Koshī vereinigen (vgl. Karte 7).

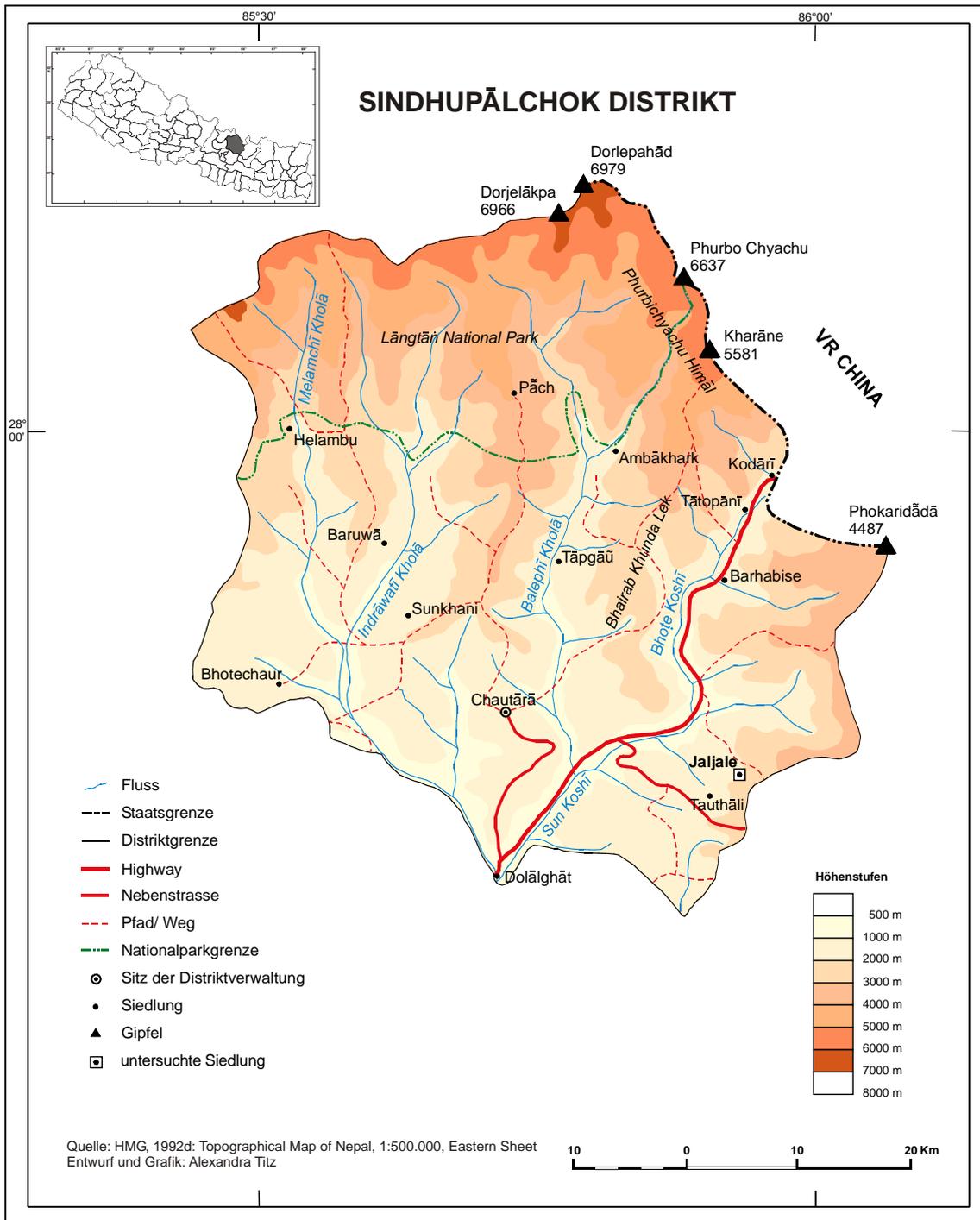
Im Norden des Distrikts, der Anteil am *Lāngtāñ National Park* hat, bilden Phurbi Chyachu-Himāl (Leonpo Gan, 6979 m NN; Dorje Lakpa, 6966 m NN) und Langtañ-Himāl die Grenze zu Tibet, im östlichen Teil der Nordgrenze werden lediglich Kammlagen um 4400 m erreicht. Der weitere Verlauf der Distriktgrenze lässt sich nicht exakt am Verlauf bestimmter Gebirgskämme festmachen, orientiert sich jedoch streng am Einzugsgebiet der zuvor genannten Flüsse. Das auf diese Weise abgegrenzte Gebiet umfasst eine Fläche von mehr als 2500 km². Die maximale Nord-Süd-Erstreckung beträgt dabei 60 km, die maximale West-Ost-Erstreckung ebenfalls nahezu 60 km (vgl. Karte 7).

Der Distrikt Sindhupālchok hat nur im äußersten Norden Anteil am Hohen Himālaya, das übrige Distriktgebiet erreicht nur selten Höhen von mehr als 4000 m NN und weist einen deutlichen Mittelgebirgscharakter auf. Der Distrikt ist dementsprechend dicht besiedelt, intensiv genutzt und durch zahlreiche Verkehrswege erschlossen. Als bedeutendste Verbindung, nicht nur für den Distrikt, sondern für ganz Nepāl, ist dabei der *Arniko Highway* hervorzuheben, der entlang des Bhoṭe Koshī als einzige Fernverkehrsstraße Nepāl mit Tibet verbindet. Wichtige Nebenstraßen sind die *Lamosangu-Jiri-Road*, die nach Jiri im Distrikt Dolakhā führt sowie die Verbindung von Pauchkal nach Malemchi in der Talschaft Helambu.

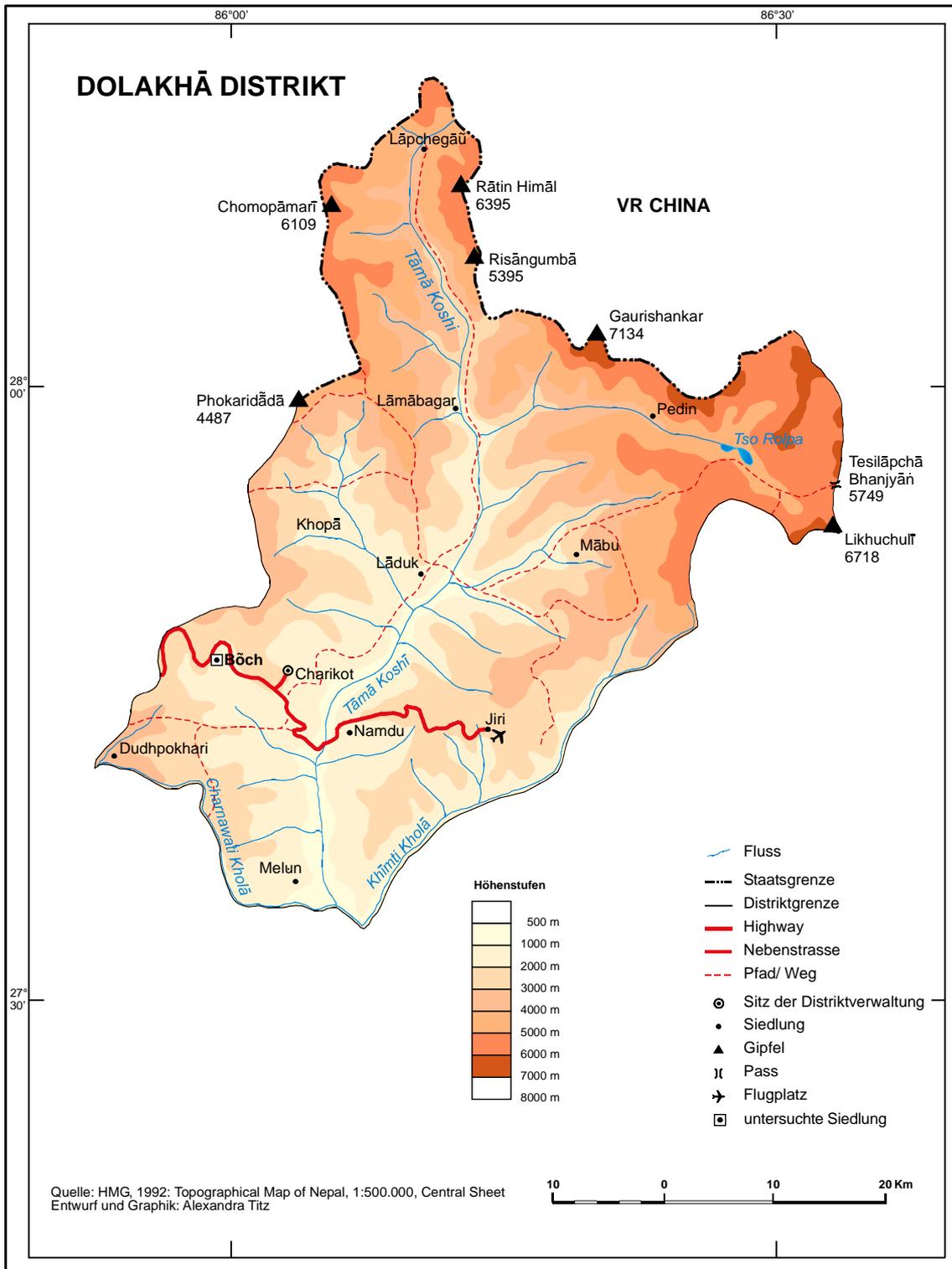
Der Distrikt Dolakhā war vor der administrativen Neugliederung ehemals dem Verwaltungsdistrikt East No. 2 zugeordnet. Das Einzugsgebiet des Tāmā Koshī und seiner Nebenflüsse Rolwālīñ Kholā und Khimti Kholā wurde 1962 als Distrikt Dolakhā gesondert ausgewiesen.



Karte 6: Topographische Karte des Myāgdi Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung



Karte 7: Topographische Karte des Sindhupalchok Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung



Karte 8: Topographische Karte des Dolakhā Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung

Auch hier wurden bei der Festlegung der Distriktgrenzen geographische Gegebenheiten berücksichtigt (vgl. Karte 8). So folgt die Distriktgrenze im Osten im Wesentlichen dem Verlauf des Khimti Kholā, im Nordosten bilden Chukyima Go (6259 m NN), Bigphera-Go Shar (6730 m NN) und Tengī (6943 m NN) die Grenze zum benachbarten Distrikt Rāmechāp. Die Nordgrenze, die zugleich die Staatsgrenze zur VR China bildet, wird in weiten Teilen vom Rolwālīn-Himāl gebildet, der mit dem Gaurisankar (7134 m NN) seine höchste Erhebung erreicht. Der Oberlauf des nördlich der Himālāya-Hauptkette entspringenden Tāmbā Koshī ragt im äußersten Nordwesten in Form eines „Zipfels“ mehrere Kilometer in die VR China hinein, wobei die grenzbildenden, ihn flankierenden Gebirgsketten Höhen von ungefähr 6000 m NN erreichen. Im Westen bildet zunächst der Chaunri Kholā die Grenze, im Nordwesten verläuft sie über den Kalinchok (3810 m NN) und weiter über einen Mittelgebirgskamm, der die Wasserscheide zwischen Sun Koshī/Bhoṭe Koshī im Westen und den Nebenflüssen des Tāmbā Koshī im Osten bildet. Die südliche Distriktgrenze verläuft vom Zusammenfluss des Khimti Kholā mit dem Tāmbā Koshī leicht verschlungen bis zum Chaunri Kholā, lässt jedoch keine Orientierung an geographischen Gegebenheiten erkennen. Das so begrenzte Gebiet umfasst eine Fläche von beinahe 2200 km², die maximale Nord-Süd-Erstreckung beträgt nahezu 75 km, die maximale West-Ost-Erstreckung knapp über 50 km (vgl. Karte 8).

Im Distrikt Dolakhā ist lediglich die nördlichste Region dem Hohen Himālāya zuzuordnen, das übrige Gebiet weist Mittelgebirgscharakter auf. Den Hauptverkehrsweg bildet die zuvor angesprochene *Lamosangu-Jiri-Road*, die den Distrikt von West nach Ost bis zur Kleinstadt Jiri quert. Der gesamte Distrikt ist durch ein weit verzweigtes Netz von Saumpfadern erschlossen, die auch eine Verbindung zu angrenzenden Distrikten darstellen. Zwei Pfade führen über Gebirgspässe in die VR China, sind in der heutigen Zeit aber ohne Bedeutung. Für den Trekkingtourismus ist eine selten genutzte Verbindung von Bedeutung, die entlang des Rolwālīn Chu (tib. *chu* «Fluß»), die über den Trashi Labtsa (5755 m NN) ins Everest-Gebiet führt.

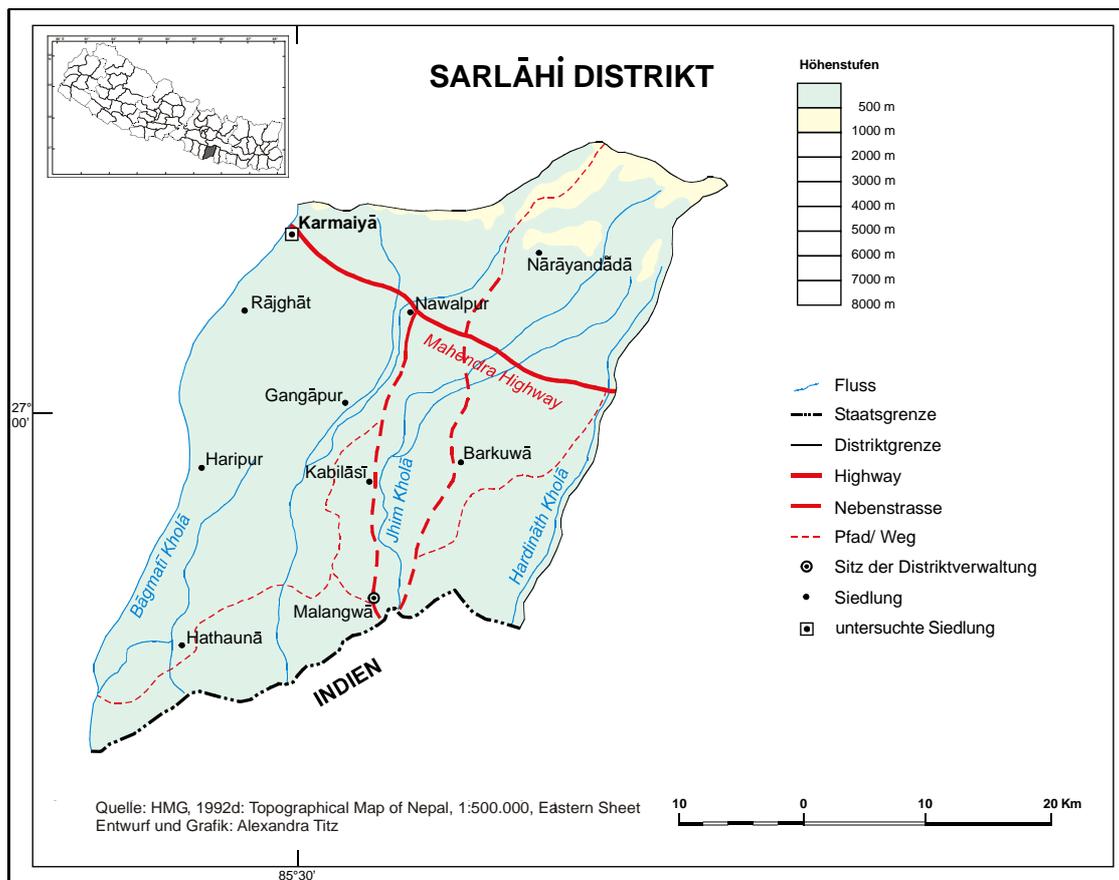
4.1.2.3 Räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes im Terāi

In Nepāl eskalierten während des Feldaufenthaltes ab Ende November 2001 die Aufstände maoistischer Rebellen, so dass es verstärkt zu blutigen Überfällen kam. Als Folge wurde landesweit der Ausnahmezustand verhängt. Durch diese Umstände konnte aus Sicherheitsgründen nicht mehr alle Regionen des Landes bereist werden. Dies hat im Wesentlichen zur Auswahl der Siedlung **Karmaiyā** im Distrikt Sarlāhi beigetragen, da es dort zum Zeitpunkt der Untersuchung noch relativ sicher gewesen ist und aufgrund der dort vorhandenen Infrastruktur der Kontakt zu Betreuern und der Deutschen Botschaft in Kāṭhmāṇḍu gehalten werden konnte. Das zunächst vorgesehene Untersuchungsgebiet Citawan konnte aus oben genannten Gründen nicht aufgesucht werden. Der Sarlāhi Distrikt umfasst einen verwaltungspolitisch abgegrenzten Raum an der Südgrenze im östlichen Nepāl (gehört verwaltungspolitisch jedoch zur *Central Development Region*), der vor der administrativen Neugliederung Nepāls dem ehemaligen Verwaltungsdistrikt Mahottari angehörte. Der Sarlāhi Distrikt umfasst eine Fläche von 1260 km². Die maximale Nord-Süd-Erstreckung beträgt ca. 40 km, die West-Ost-Erstreckung erreicht maximal 35 km.

Wie bei den zuvor angesprochenen Distrikten orientierte man sich bei der Festlegung der Distriktgrenzen für Sarlāhi ebenfalls an geographischen und politischen Gegebenheiten. Die wohl markanteste Begrenzung findet sich im Westen und Osten des Distrikts. So wird Sarlāhi im Westen durch den Lauf des Bāgmatī, im Osten durch den Hardināth Kholā begrenzt. Die Grenze im Süden wird durch die Staatsgrenze zu Indien gebildet, im Norden des Distrikts orientierte man sich am Verlauf der Chure Shriṅkhalā, die dort eine Höhe von rund 600 m NN erreicht (vgl. Karte 9).

Im Distrikt Sarlāhi ist der den gesamten Terāi durchziehende Ost-West-Highway (auch *Mahendra Highway*) den wichtigsten Verkehrsweg, der den Distrikt im nördlichen Teil quert. Ausgehend vom Ost-West-Highway verläuft eine Straße von Nawalpur über Malangawā im Süden des Distrikts bis zur indisch-nepalesischen Staatsgrenze, wenige Kilometer östlich dieser Straße zweigt eine weitere Trasse sowohl in nördlicher als auch in südlicher Richtung vom Ost-West-Highway ab. Des Weiteren ist der Distrikt von unzähligen Saumpfadern durchzogen, die meist nur zu Fuß begangen werden können.

In weniger als einem halben Jahrhundert hat sich im Sarlāhi Distrikt, wie in weiten Teilen des Terāi, ein immenser Strukturwandel vollzogen. Der Distrikt Sarlāhi hat sich zu einem bevorzugten Ziel für Migranten und Kolonisten entwickelt. Mit einer Bevölkerungsdichte von 505 EW/km² gehört Sarlāhi zu den am dichtesten besiedelten Distrikten des Landes (vgl. Tab. 6). Der Terāi, ehemals ein dicht bewaldeter und malariaverseuchter Ungunstraum, ist heute der am dichtesten besiedelte Raum Nepāls, gleichzeitig aber auch landwirtschaftliches und wirtschaftliches Zentrum des Landes.



Karte 9: Topographische Karte des Sarlāhi Distrikts und Lage der untersuchten Siedlung

4.2 INHALTLICHE SYSTEMGRENZEN

4.2.1 GEFAHRENBRINGENDE PROZESSE IM NEPÄL-HIMĀLAYA

Naturgefahren sind natürliche Prozesse, die sich aus der Bewegung von Wasser-, Schnee-, Eis-, Erd- und Felsmassen im Bereich der Erdoberfläche ergeben. Die gefährlichen Prozesse können in einer ersten Einteilung in drei Hauptgruppen untergliedert werden: Erdbeben, Massenbewegungen und Hochwassergefahren. Diese Hauptgruppen wiederum umfassen jeweils eine große Zahl einzelner Prozesse, die nach Bewegungsmechanismus, beteiligtem Material bzw. Mischanteilen der Stoffe, beteiligten Volumina und Massen sowie Prozessgeschwindigkeit differenziert werden können (vgl. HEINIMANN et al., 1998). Im Nepäl-Himālaya sind es vor allem Massenbewegungs- und Hochwasserprozesse sowie Erdbeben, die alljährlich in allen Landesteilen auftreten und aufgrund ihrer dynamischen Wirkung und mitunter sehr hohen kinetischen Energie Personen, Gebäude und landwirtschaftlich genutzte Flächen gefährden. Darüber hinaus droht dem Land ein wachsendes Risiko durch Gletscherseeausbrüche. Bevor die Prozesse im Einzelnen erläutert werden, soll allgemein auf das System der Gefahrenprozesse eingegangen werden.

Das System der Gefahrenprozesse kann mit dem Ansatz der Disposition und des auslösenden Ereignisses beschrieben werden (vgl. Abb. 7). Unter **Disposition** ist zunächst die Bereitschaft von Wasser, Schnee, Eis, Erd- und Felsmassen zu verstehen, sich in reiner oder vermischter Form unter dem Einfluss der Schwerkraft so talwärts zu verlagern, dass dies zu Schäden führen kann.

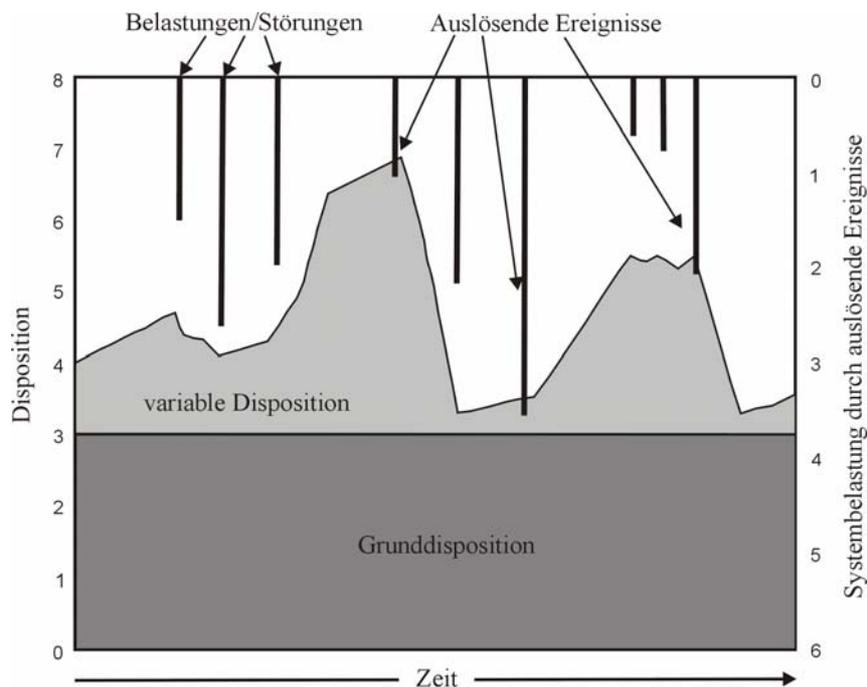


Abb. 7: Das System der Gefahrenprozesse – Disposition und auslösende Ereignisse (verändert nach ZIMMERMANN et al., 1997)

Die **Grunddisposition** bezeichnet die über eine längere Zeit konstant bleibende Bereitschaft oder Anlage eines Gebietes zur Entstehung von gefährlichen Prozessen. Sie wird bestimmt durch über längere Zeiträume konstant bleibende Parameter wie Relief, Geologie, Klima und

Vegetationsbedeckung. Einzelne Größen können jedoch einen längerfristigen Entwicklungstrend in eine bestimmte Richtung aufweisen; so hat beispielsweise die Hebung der Permafrostuntergrenze in Wildbacheinzugsgebieten eine Erhöhung der Grunddisposition gegenüber Erosion und Massenbewegungen zur Folge. Unter der **variablen Disposition** wird bei gegebener Grunddisposition eine zeitlich variable, in einem gewissen Umfang schwankende oder sich entwickelnde Bereitschaft bzw. Anlage zu gefährlichen Prozessen verstanden. Die variable Disposition wird durch innerhalb eines gegebenen Systemzustandes zeitlich variable Größen wie Wasserhaushalt, meteorologische Schwankungen etc. bestimmt und kann sich kurzfristig im Zeitraum weniger Wochen oder langfristig im Bereich von Jahren oder Jahrzehnten ändern. Häufig schwankt sie jedoch saisonal oder periodisch über mehrere Jahre hinweg. Die variable Disposition ist entscheidend dafür, ob zu einem bestimmten Zeitpunkt ein gefährlicher Prozess entstehen kann. Befindet sich die variable Disposition auf einem hinreichend hohen Niveau, führt eine externe, kurzfristig hohe Systembelastung zu einem auslösenden Ereignis und verursacht die Auslösung des gefährlichen Prozesses (vgl. KIENHOLZ, ZEILSTRA & HOLLENSTEIN, 1998).

4.2.1.1 Gletscherseeausbrüche/GLOFs

MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI (2001) definieren Gletscherseen als eine Wassermasse definierter Größe mit freier Oberfläche innerhalb, auf oder am Rande von Gletschern, die durch Gletscheraktivität und/oder Prozesse des Gletscherrückzuges entstanden sind. Die Abkürzung GLOFs für den englischen Begriff *Glacial Lake Outburst Floods* steht für Fluten, die durch den Ausbruch von Gletscherseen entstehen, daneben wird in der Literatur auch häufig der isländische Begriff *Jökulhlaup* verwendet (vgl. IVES, 1986a). Nach RICHARD & GRAY (2003, zitiert in HORSTMANN, 2004:2) stellen GLOFs das größte und gewaltigste glaziale Risiko mit dem höchsten Katastrophen- und Schadenpotenzial dar.

Ausbrüche von Gletscherseen sind keine neuen Phänomene, bedingt durch den weltweit festzustellenden Rückzug der Gletscher hat sich allerdings die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens in zahlreichen Gebirgsregionen erhöht (vgl. HORSTMANN, 2004; UNEP, 2002). Verschiedene Wissenschaftler sehen in dem weltweiten Rückgang der Gebirgsgletscher, die als Schlüsselindikatoren für Klimaänderungen bzw. als „Fieberthermometer der Erde“ (HAEBERLI & ZUMBÜHL, 2003:77) gelten, ein sicheres Anzeichen für den seit Mitte des 19. Jahrhunderts zu beobachtenden „globalen Klimawandel“ (Treibhauseffekt). Nach SHRESTHA et al. (1999) ist die Lufttemperatur im Hohen Himālaya und dem Nepalesischen Mittelland heute um durchschnittlich ein Grad Celsius höher als in den 1970er Jahren und steigt mit 0,06 °C bis 0,12 °C pro Jahr weiterhin an.²⁸ Aufgrund der globalen Erwärmung sind auch zahlreiche Gletscher im Nepāl-Himālaya drastisch abgeschmolzen, was zur Entstehung einer großen Anzahl von Gletscherseen führte.²⁹ Mit dem Abschmelzen der Gletscher steigt das Risiko durch glazial bedingte Gefahren wie Gletscherseeausbrüche drastisch an. Neben dem Risiko durch Gletscherseeausbrüche gefährdet das Abschmelzen der Gletscher im Nepāl-Himālaya aber auch die Süßwasserreserven von nahezu 500 Mio. Menschen an den Flüssen Ganges und Brahmaputra und hat so-

²⁸ Im Terāi hingegen ist lediglich ein Temperaturanstieg von 0,03 °C pro Jahr zu verzeichnen (vgl. SHRESTHA et al., 1999).

²⁹ Seit der kleinen Eiszeit (1550-1850) haben sich die Himālaya-Gletscher um rund 1 km zurückgezogen, nach RÖTHLISBERGER & GEYH (1985) war ein besonders starker Rückzug in der Zeit von 1860/1900 bis 1980 festzustellen (vgl. Bild 15 und 16, Gaṅgāpurṇa-Gletscher).

mit erheblichen Einfluss auf die dortige Landwirtschaft, die die Existenzgrundlage der ländlichen Bevölkerung bildet.

Gletscherseen werden gemäß ihrer Lage im Verhältnis zum Moränendamm bzw. zum Gletschereis und den damit verbundenen charakteristischen Entwässerungsmethoden typisiert. Gletscherseen können sich durch verschiedene Prozesse bilden (vgl. HERGET, 2003a, 2003b):

- Durch das Abschmelzen eines Gletschers entsteht zwischen dem im Rückzug befindlichen Eiskörper und den End- bzw. Seitenmoränen ein Becken, in welchem sich ein glazialer See bildet (vgl. IVES, 1986a).
- Ebenso können sich an der Front der Gletscherzunge supraglaziale Schmelzwasserteiche bilden, die sich vergrößern und zu einem einheitlichen großen Gletschersee auf der Gletscheroberfläche vereinigen können (vgl. WATANABE et al., 1994, 1995).
- Gletscherseen können sich am Eisrand durch den Rückstau von Gewässern, an Gletscherkonfluenzen oder vor Gletschern aus einem Nebental bilden.

Ausmaß und Ablauf des Ausbruchs sind abhängig vom Dammmaterial, der Position des Sees, dem Wasservolumen und topographische Bedingungen. Ein Ausbruch moränengestauter Gletscherseen kann durch die unterschiedlichsten Prozesse, die die strukturellen und mechanischen Eigenschaften des Damms abschwächen, destabilisieren und das Brechen des Damms begünstigen, ausgelöst werden: durch Eis- oder Steinlawinen hervorgerufene Wellen, die den Damm überfließen; durch das Brechen eines Moränendamms infolge des Abschmelzen eingelagerten Eises, das Auswaschen von Feinmaterial durch Quellen, die den Damm durchfließen (*piping*), Erdbeben oder durch plötzlichen Zufluss von Wasser in den See (starke Niederschläge oder abfließendes Wasser aus höher gelegenen Gletscherseen). Moränendämme brechen meist durch rapides Einschneiden des abfließenden Wassers. Durch regressive Erosion vergrößert sich der Auslass, was in einer schnellen Freisetzung enormer Mengen sedimentbeladenen Wassers resultiert. Das höchste Risiko besteht während des Monsuns, wenn Seespiegel und Abfluss der Gletscherseen aufgrund der Niederschläge und Schmelzwasser ansteigen (vgl. KATTELMANN, 2003; MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI, 2001).

Bei Eisdämmen erfolgt ein Ausbruch englazial bzw. supraglazial oder durch initialen Überlauf. Die Mechanismen sind allerdings sehr komplex und von einer Vielzahl Faktoren bzw. einer Kombination dieser Faktoren abhängig (vgl. MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI, 2001:122f.). Eine Unterscheidung zwischen Entwässerungsmechanismen und Auslösemechanismen einer beginnenden Entleerung ist schwierig, da die innerhalb des Gletschereises stattfindenden Prozesse in der Regel nicht eindeutig geklärt werden können. HERGET (2003a, b) unterscheidet in diesem Zusammenhang prinzipiell drei Prozesse:

- Aufweitung von Gletscherspalten und vernetzten Schmelzwasserbahnen innerhalb des Eises durch Schmelzen;
- Durchbruch des Eisdammes durch Schmelzwasser, das eine sich kontinuierlich erweiternde Rinne erodiert;
- Aufschwemmen des Eisdammes.

Nach MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI (2001) ist der Spitzenabfluss aus gebrochenen Eisdämmen in der Regel geringer als jener aus Moränendämmen, der Wasserschwall pflanzt sich langsam, häufig über mehrere Tage oder Wochen, talabwärts fort. Die hohen Spitzenabflüsse aus gebrochenen Moränendämmen hingegen ergießen sich über einen Zeitraum von wenigen Mi-

nuten bis wenigen Stunden talabwärts, daher stellen sie ein größeres Risiko dar. Im Gegensatz dazu bilden mit HERGET (2003a) Ausbruchsflutwellen eisgestauter Seen die weltweit größten Hochwasser, in Abhängigkeit von der Größe des Sees und des Ausbruchsmechanismus wurden Abflussspitzen von 17 Mio. m³/s bestimmt.

Nach KATTELMANN (2003) sind im Nepāl-Himālaya moränengestaute Gletscherseen am weitesten verbreitet. Brechen diese relativ instabilen Dämme, werden oftmals innerhalb weniger Stunden Millionen Kubikmeter Wasser und Schutt freigesetzt, die talabwärts katastrophale Überflutungen und schwerwiegende Schäden hervorrufen. Die in Folge eines Ausbruchs stark anschwellenden Flüsse erodieren in Bereichen mit großem Gefälle Flussbetten und Flussterrassen und lagern das Material in weniger geneigtem Gelände ab (vgl. MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI, 2001). Der Großteil des mitgeführten Moränenmaterials lagert sich bereits in den ersten hundert Metern hinter der Ausbruchsstelle ab, die Wassermassen können jedoch Moränenmaterial sowie Material aus dem Talboden und aus seitlichen Hängen talabwärts mitführen. Durch den Abtrag in Hangfußbereichen kann es zu Hangrutschungen kommen, die die Fluten zeitweise aufstauen. Brechen diese Dämme, kommt es zu sekundären Ausbrüchen.

Da sich GLOFs häufig unbemerkt in abgelegenen und schwer zugänglichen Regionen ereignen, treffen die Flutwellen die flussabwärts lebenden Menschen völlig unvorbereitet. Sie führen zu katastrophalen Überschwemmungen und zerstören, nicht zuletzt durch mitgeführtes Material wie Felsen, Schutt und Geröll, Gebäude, landwirtschaftliche Nutzflächen, Brücken und Verkehrsverbindungen. GLOFs sind äußerst dynamische Prozesse, die aufgrund ihres plötzlichen, anfangs unbemerkten Auftretens ein enormes Risiko für Menschenleben darstellen.

In Nepāl ist es bislang zu mehreren Gletscherseeausbrüchen gekommen, die aufgrund des Zerstörungspotenzials, das diesen Einzelereignissen inne wohnt, gefürchtet sind. Katastrophale Überschwemmungen in Folge von Gletscherseeausbrüchen wurden auch in Nepāl jüngst als Risiko erkannt und haben Eingang in die internationalen Entwicklungsbemühungen gefunden, in erster Linie jedoch im Zusammenhang mit geplanten Wasserkraftwerken (vgl. BRAUN & FIENER, 1995). Ausschlaggebend war der Ausbruch des Dig Tsho-Gletschersees am 4. August 1985, der sowohl national als auch international Aufsehen erregte und die Aufmerksamkeit auf potenziell gefährliche Gletscherseen im Hohen Himālaya richtete.

Wissenschaftler des ICIMOD und des UNEP haben in Nepāl bislang 3.252 Gletscher und 2.323 Gletscherseen identifiziert, von denen 20 als potenziell gefährlich eingestuft werden (MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI, 2001). Einer der bekanntesten, am besten erforschten und gleichzeitig auch gefährlichsten Gletscherseen in Nepāl ist der Tsho Rolpa-See. Er liegt auf einer Höhe von 4580 m NN an der Quelle des Rolwālīñ Kholā im äußersten Nordosten des Dolakhā-Distrikts und wird vom Tradkarding-Gletscher gespeist, der sich mit einer Geschwindigkeit von mehr als 20 m pro Jahr – in einigen Jahren der 1990er sogar mit 100 m pro Jahr (vgl. UNEP, 2002) – zurückzieht. Aufgrund des Abschmelzens des Tradkarding-Gletschers ist der Tsho Ropla-See von 0,23 km² Ende der 1950er Jahre um das sechsfache auf heute rund 1,5 km² angewachsen.³⁰ Würde der See, der nahezu 100 Mio. m³ Wasser fasst, ausbrechen, würden nach RANA et al. (2000) 30 Mio. m³ Wasser und Geröll freigesetzt werden, die flussabwärts des Rolwaling Kholā und des Tāmā Koshī Menschenleben, Siedlungen, Viehbestände, landwirtschaftliche Nutzflächen und zahlreiche Infrastrukturobjekte wie das Khimti-Wasserkraftwerk bedrohen.

³⁰ Der Tsho Rolpa-See ist heute rund 3,3 km lang und 0,5 km breit, er ist durchschnittlich 55 m tief, an seiner tiefsten Stelle ca. 132 m (vgl. RANA et al., 2000).

Um das Risiko eines Ausbruchs zu mindern, wurde das *Tsho Rolpa GLOF Risk Reduction Project* initiiert: mit finanzieller Unterstützung der Weltbank (1 Mio. US \$) wurde im Mai 1998 das erste Flut-Frühwarnsystem Nepāls aus 19 automatischen Sirenen in 17 Siedlungen entlang des Rolwaliñ Kholā und Bhoṭe Koshī installiert. Durch eine im Jahr 2000 fertig gestellte, 700 m lange künstliche Überlauftrinne (Gesamtkosten: 2,7 Mio. US \$, davon 1,1 Mio. US \$ Transportkosten) konnte der Seespiegel um 3 m abgesenkt werden. Man geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit eines Ausbruchs durch diese Maßnahme um 20 % verringert werden konnte. Nach vorläufigen Einschätzungen wäre jedoch eine weitere, rund 5 Mio. US \$ teure Absenkung um 17 m notwendig, um einen Ausbruch dauerhaft zu verhindern (vgl. KATTELMANN, 2003).

Die Anpassungsmaßnahmen am Tsho Rolpa kosteten rund 4 Mio. US \$, die größtenteils von der Weltbank und der niederländischen Regierung finanziert wurden. Dies verdeutlicht, dass Nepāl auf die finanzielle Unterstützung der internationalen Gebergemeinschaft angewiesen ist, um auch für andere potenziell gefährliche Gletscherseen wie den Imja-, Thulagi- oder Lower Barun-See Beobachtungs- und Frühwarnsysteme zu installieren. Neben dem Risiko von Gletscherseeausbrüchen in Nepāl geht auch ein Risiko von Gletscherseen in der VR China aus, bei deren Ausbruch sich die Flutwellen entlang der Himālaya-Durchbruchstäler nach Nepāl ergießen können. So führte zum Beispiel 1981 der Ausbruch des Zhangzangbo in Tibet zu großen Schäden im Sun Koshī-Tal (vgl. MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI, 2001).

Auch im Einzugsgebiet von Kāli Gaṇḍakī und Marsyāñdi-Kholā (Teil des Gaṇḍakī-Einzugsgebietes) konnten nach MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI (2001) zahlreiche Gletscher und Gletscherseen identifiziert werden. Im Kāli Gaṇḍakī-Einzugsgebiet existieren demnach 399 Gletscher mit einer Gesamtfläche von 562,7 km² sowie 96 Gletscherseen, die eine Gesamtfläche von 3,3 km² aufweisen. Im Kāli Gaṇḍakī-Einzugsgebiet bzw. in Nordmustāñ soll es laut MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI (2001) bereits zu Ausbrüchen zweier namenloser Gletscherseen gekommen sein, die jedoch nicht datiert sind (Kāgbeni, 1987?). Im Marsyāñdi Kholā-Einzugsgebiet konnten 311 Gletscher identifiziert werden, die eine Gesamtfläche von 614,3 km² einnehmen. Darüber hinaus konnten 78 Gletscherseen mit einer Gesamtfläche von 6,3 km² festgestellt werden. Der Thulagi-Gletschersee (4146 m NN) an der Manāslu-SW-Flanke wurde als ausbruchsgefährdet eingestuft.

4.2.1.2 Hochwasserprozesse

Als Hochwasser im eigentlichen Sinne wird der Zustand eines Gewässers bezeichnet, bei dem der Wasserstand oder der Abfluss einen bestimmten (Schwellen-)Wert erreicht oder überschritten hat. In Anbetracht möglicher Auswirkungen lassen sich Hochwassergefahren wie folgt kategorisieren:

- Überschwemmung,
- Ufererosion und
- Murgänge³¹.

Im Folgenden soll auf die Hochwassergefahren Überschwemmung und Ufererosion eingegangen werden, der Prozess Murgang wird in Kapitel 4.2.1.3 gesondert abgehandelt.

³¹ Einige Autoren (z.B. DIKAU et al., 1996, 2001) behandeln den Prozess Murgang als Massenbewegungsprozess.

Als **Überschwemmung**, auch als Überflutung bezeichnet, gilt der Austritt von Wasser aus einem natürlichen oder künstlichen Gerinnebett bzw. eine Ausuferung von stehenden Gewässern, der zur vorübergehenden Bedeckung einer Landfläche mit Wasser führt. Vom Wasser mitgeführte Feststoffe werden dabei auf der überfluteten Fläche abgelagert (Übersarung). Überschwemmungen sind von sehr komplexer Natur, da eine Vielzahl von Einflussfaktoren wie Niederschlag und dessen raum-zeitliche Verteilung sowie die Beschaffenheit der Erdoberfläche, an der es zu einer Aufteilung des Niederschlagsangebotes in Abfluss, Verdunstung und Versickerung kommt, beteiligt sind. Diese Aufteilung ist im Wesentlichen von den topographischen Verhältnissen, dem geologischen Aufbau des Untergrundes und dem physikalischen Zustand der oberflächennahen Bodenbereiche abhängig (vgl. SCHNEIDER, 1980). Ausgangspunkt von Überschwemmungen im kontinentalen Bereich sind intensive oder lang andauernde Regenfälle, die einen erhöhten Abfluss zur Folge haben. Kann ein Gerinne die großen Abflussmengen nicht fassen, tritt Wasser über die Ufer. Kritische Situationen kommen dadurch zustande, dass zeitgleich zur Schneeschmelze noch ausgedehnte Niederschläge hinzukommen, wie beispielsweise in Nepal während des Monsuns. Auch Verklausungen durch Schwemmholz und Geschiebe an natürlichen Engstellen oder an Bauwerken wie Brücken, die Wasser rückerstauen, können Überschwemmungen nach sich ziehen. Ein großer Teil des Abflusses kann so samt der mitgeführten Feststoffe mehr oder weniger plötzlich auf benachbarte Flächen austreten, sich neue Fließwege suchen und auf diese Weise völlig überraschend auch weit von der Ausbruchsstelle befindliche Flächen gefährden (vgl. LOAT & PETRASCHECK, 1997).

Überschwemmungen werden besonders dann zur Gefahr, wenn im Überflutungsbereich größere Wassertiefen oder starke Strömungen auftreten. Es kann zwischen zwei Formen von Überschwemmungen unterschieden werden, der statischen und der dynamischen Überschwemmung. Zwischen beiden Ausprägungen sind fließende Übergänge möglich, und beide Formen können bei einem Überschwemmungsereignis in kleinräumigem Wechsel auftreten. **Statische Überschwemmungen** treten in flachem Gelände und entlang von Seen auf. Bei der statischen Überschwemmung fließt das Wasser, wenn überhaupt, nur sehr langsam, ebenso langsam ist der Anstieg der Wassertiefe außerhalb des Gerinnes. Der maßgebende Schadenparameter ist die maximale Wassertiefe im Überschwemmungsbereich. Das Ausmaß der Schäden wird zudem durch die Anstiegsgeschwindigkeit des Wassers, die Mächtigkeit der Feststoffablagerungen und die Überschwemmungsdauer beeinflusst (vgl. LOAT & PETRASCHECK, 1997).

Im Gegensatz zu statischen Überschwemmungen zeichnen sich **dynamische Überschwemmungen** durch eine hohe Fließgeschwindigkeit aus. Diese Form der Überschwemmung tritt in geneigtem Gelände entlang von Wildbächen und Gebirgsflüssen auf. Aufgrund der großen Fließenergie wird viel Schutt und Geröll mitgerissen und außerhalb des Gerinnes abgelagert. Bei dynamischen Überschwemmungen geht die Gefährdung primär vom Strömungsdruck der Wassermassen aus, in Einzelfällen muss auch die Stoßwirkung von mitgeführten Steinen oder von Schwemmholz berücksichtigt werden. Da das Wasser im geneigten Gelände rasch wieder abfließt, beträgt die Überschwemmungsdauer meist nur einige Stunden, beim Abfließen kann es jedoch zu Erosionsschäden kommen. Grobkörnige Ablagerungen wie Steine oder Blöcke bleiben häufig auf der überschwemmten Fläche liegen. Prognostische Aussagen über die Menge des mitgeführten Geschiebes und die Ablagerungsorte sind schwer zu treffen, da sie von Ereignis zu Ereignis in Abhängigkeit von Topographie und Wassermenge variieren können.

Nach LOAT & PETRASCHECK (1997) können Überschwemmungen in mehrfacher Hinsicht gefährdend wirken: sie können erodieren (und dadurch die Fundamente bestehender Bauten untergraben), sie können aufgrund ihrer dynamischen Wirkung Menschen oder Kraftfahrzeuge

mitreißen und sogar Gebäude zerstören, darüber hinaus können sie ausufern und durch mitgeführtes Geschiebe landwirtschaftliche Nutzflächen und Bauten schädigen.

Unter **Ufererosion** wird der Abtrag von Festgestein und Lockermaterial durch die Schleppkraft des Wassers verstanden. Ist die Strömung bei einem Hochwasser ausreichend stark, so ist das Wasser dazu in der Lage, Feststoffe und feines Material aus einem Gerinne aufzunehmen und zu transportieren. Da das strömende Wasser dabei sowohl seitlich (Ufererosion, Seitenerosion) als auch in die Tiefe (Sohlenerosion, Tiefenerosion) erodiert, manifestieren sich Ufererosionen entweder durch Uferrutschungen oder durch Verlagerungen des Flussbettes. Bei Uferrutschungen kommt es durch Ufererosion am Böschungsfuß zu einem Abgleiten der Böschung. Derartige Rutschungen werden häufig durch Tiefenerosion des Flussbettes ausgelöst und sind je nach topographischen und geologischen Bedingungen oberflächlich bis tiefgründig. Bei extremen Hochwasserereignissen verlagern mäandrierende und verzweigte Flüsse häufig ihr Bett und tragen die Ufer auf die ungefähre Höhenlage der bisherigen Sohle ab (vgl. LOAT & PETRASCHECK, 1997:8).

Obwohl dieser Gefahrenart häufig zu wenig Beachtung geschenkt wird, sind Ufererosionen in vielen Fällen sehr schadenreich: Durch Ufererosion können parallel zu den Gewässern verlaufende Verkehrswege unterbrochen werden sowie Häuser und Brücken zum Einsturz gebracht werden. An Wildbächen³² und steilen Gebirgsflüssen wirkt die Ufererosion besonders stark und kann potenziell das Ufer auf der gesamten Länge des Gerinnes betreffen. In wenig bis kaum geneigtem Gelände sind im Wesentlichen exponierte Stellen wie Prallhänge, Engstellen oder Hindernisse im Abflussbereich gefährdet. Weniger stark ausgeprägt ist die Erosionsfähigkeit in kleineren Gewässern, deren Hochwasservolumina zu gering sind, um große Massenbewegungen zu verursachen.

Während das feine Material bei abklingenden Hochwassern und Übergang zu normaler Wasserführung ausgespült wird, wird grobes Material unter Ausbildung einer Sohlepfasterung abgelagert. Diese Sohle kann bei einem folgenden Hochwasserereignis aufgerissen werden und in Abhängigkeit von Schleppkraft und Transportkapazität des Gerinnes bzw. Widerstand und Festigkeit des Untergrundes zu einer fortschreitenden Eintiefung der Gewässersohle führen (vgl. LOAT & PETRASCHECK, 1997).

4.2.1.3 Murprozesse

Murprozesse werden in der Literatur als Murgang oder Mure bezeichnet, daneben sind die Begriffe Schlammstrom, Geröll- oder SchlammLawine, Rufe (Schweiz) oder aber der englische Begriff *debris flow* gebräuchlich. KIENHOLZ, ZEILSTRA & HOLLENSTEIN (1998) definieren einen Murgang bzw. eine Mure als schnell fließendes Gemisch von Wasser und Feststoffen unterschiedlicher Korngrößen (Sand, Kies, Steine, Blöcke, Holz). Derartige Voraussetzungen sind in zahlreichen Wildbacheinzugsgebieten (vgl. Abb. 8) gegeben, wo erosionsanfälliger geologischer Untergrund Lockermaterial liefert, zudem genügend Wasser und ein ausreichendes Gefälle von über 15° im Bach gegeben sind.

³² Wildbäche sind oberirdische Gewässer mit zumindest streckenweise großem Gefälle, rasch und stark wechselndem Abfluss und zeitweise hoher Feststoffführung. Spezifisch für Wildbäche ist gegenüber anderen Gewässern wie Gebirgsflüssen die Disposition zu Murgängen (vgl. KIENHOLZ, ZEILSTRA & HOLLENSTEIN, 1998).

Murgänge stellen im Zusammenhang mit Hochwassern einen Spezialfall dar. Die Abgrenzung zwischen stark Geschiebe führendem Hochwasser zu wasserreichem Murgang ist dabei nicht immer einfach. Ein zentrales Problem stellt die mangelnde Abgrenzung „echter“ Muren gegenüber stark Geschiebe führenden Hochwassern in Wildbächen dar. Auch in Interviews mit der Lokalbevölkerung konnte häufig nicht mit endgültiger Sicherheit festgestellt werden, welcher Prozess nun tatsächlich stattgefunden hat. Auf die breit gestreute inhaltliche Auslegung des Begriffes Mure in der deutschsprachigen und internationalen Literatur soll an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Kennzeichnend für Murgänge sind zum Teil hohe Fließgeschwindigkeiten von 40 km/h bis 60 km/h, gewaltige Transportkapazitäten, die eine Verlagerung von einigen 100 m³ bis mehreren 100.000 m³ bewirken können, und ein Volumenanteil der Feststoffe von 30 % bis 70 % (vgl. BÖLL, 1997). Der Abfluss von Feststoffen und Wasser kann ein Vielfaches des normalen Hochwasserabflusses erreichen, daher verlassen Muren häufig das übliche Gerinne und breiten sich seitlich aus. Charakteristische Eigenschaften von Muren sind ein ausgeprägt instationäres Abflussverhalten, eine verhältnismäßig gleichmäßige Verteilung der Feststoffe über die Abflusstiefe sowie die in der Regel schubweise, pulsierende Bewegungsart des Wasser-Feststoff-Gemisches (FUCHS, KEILER & ZISCHG, 2001:46). Im Gegensatz zum fluvialen Transport von Geschiebe werden die einzelnen Bestandteile eines Murkörpers unabhängig von Größe und Masse etwa gleich schnell bewegt. Neben dem Wasser ist vor allen Dingen die Schwerkraft die treibende Kraft dieses Prozesses. Die höchste Dichte und der maximale Abfluss werden mit bis zu 15 m/s (vgl. BÖLL, 1997) unmittelbar hinter der Murfront erreicht. Ein Murgang erfolgt häufig in mehreren Schüben, die während eines Ereignisses in unregelmäßigen Zeitabständen aufeinander folgen.

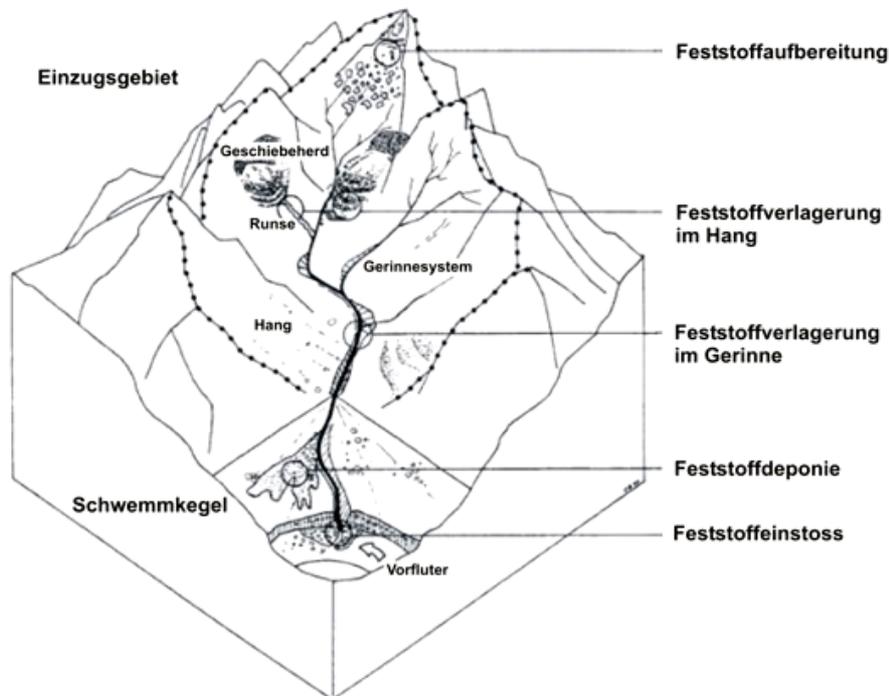


Abb. 8: Schematische Darstellung eines Wildbacheinzugsgebietes (HEINIMANN et al., 1998)

Naturräumliche Bedingungen für die Entstehung von Muren ist ein Zusammenwirken von Substrateigenschaften, Hangneigung, Niederschlagsgeschichte und eventuellen Klimaänderungen, die die Auslösung von Massenverlagerungsprozessen maßgeblich steuern. Als Grundvoraussetzung für die Entstehung von Murgängen werden steile Hänge im Anrissgebiet gesehen. In der Literatur finden sich allerdings zahllose Grenzwerte und Schwankungsbereiche für Hangneigungen, unter denen sich Muren bilden können. Ihren Ursprung nehmen Murgänge häufig in Bereichen, in denen seit dem 19. Jahrhundert Gletscher zurückgegangen sind oder Permafrost degradiert ist: kann Lockermaterial in gefrorenem Zustand in Neigungen deutlich über dem natürlichen Böschungswinkel lagern, so stellen diese übersteilten Bereiche nach dem Aufschmelzen des Permafrostes bevorzugte Anrissbereiche für Murgänge dar.

Für Murgänge können grundsätzlich verschiedene Auslösemechanismen identifiziert werden: kurzzeitige Niederschläge mit hoher Intensität, lange Regenperioden mit niedriger oder mittlerer Intensität, die zu einer tiefgründigen Sättigung des Lockermaterials führen, intensive Schneeschmelze bis in große Höhen sowie niederschlagsunabhängige Ereignisse wie ein Ausbruch von Gletscherseen. Ein Murgang entsteht nach KERSCHNER & STÖTTER (2003) schließlich durch Gerinnebettmobilisierung, da sich ein Teil des Gerinnebettes in Bewegung setzt, wenn durch Sättigung und die Auflast des abfließenden Wassers eine kritische Schubspannung überschritten wird. Dies kann aber auch durch den Bruch einer Verklausung verursacht werden. Voraussetzung ist jeweils die hinreichende Ladung des Gerinnebettes.

Mit BÖLL (1997) kann zusammenfassend zwischen zwei grundsätzlichen Entstehungsmechanismen unterschieden werden:

- Verflüssigung von Lockermaterial im Gerinne bei zu hoher Belastung durch den Abfluss. Voraussetzung dafür sind ein entsprechendes Geschiebevorkommen im Gerinne, überschreiten eines kritischen Hochwasserabflusses und eine minimale Gerinneigung von etwa 15° (27 %);
- Bruch einer Verklausung oder einer Abflussbehinderung im Gerinne bei einer Gerinneigung etwa 15° (27 %).

Murgänge sind aufgrund ihres beträchtlichen Erosionsvermögens dazu in der Lage, große Geschiebe- und Geröllmassen umzulagern. In Folge lateraler Entwässerung (größere Wasserverluste am Rand als im Zentrum) kommt es an den Rändern des Murganges zur wallartigen Schuttablagerungen, so genannten Levées, während in der Mitte der Murbahn eine erosive Eintiefung stattfindet. Nach dem meist ruckartigen Stillstand der Murgangsmasse im Auslaufgebiet findet in der Regel keine Sortierung der Ablagerungen nach Korngröße statt. Dies ermöglicht eine eindeutige Unterscheidung zwischen Murkegel und Schwemmkegel.

Schäden durch Murgänge entstehen meist aufgrund der hohen Erosionskraft, die zu Sohleneintiefung und Destabilisierung von Uferböschungen führen kann. Weitere Schäden beruhen auf der Stoßwirkung der Murfront, welche durch die Mitführung von Einzelblöcken noch verstärkt wird, sowie auf den mächtigen Ablagerungen von Gesteinsblöcken, Geröll, Schutt und Holz im Auslaufgebiet. Derartige Ablagerungen werden als Übermuring bezeichnet. Erreichen sie einen Vorfluter, können sie dessen Abfluss aufstauen und Folgeüberschwemmungen verursachen. Lagert sich das durch den Murgang transportierte Material auf einem Schwemmkegel ab, so bildet sich ein für Murgänge charakteristischer Murkopf aus, hinter dem sich Schutt- und Geröllmassen ablagern. Die weitreichenden Ablagerungen des weiterhin Sand und Geschiebe führenden Wassers werden Murzungen genannt (vgl. LOAT & PETRASCHECK, 1997).

Von Muren in Wildbächen sind **Hangmuren** zu unterscheiden, die eine besondere Form der Massenbewegung darstellen. Im Gegensatz zu Murgängen sind Hangmuren ein an steilen Hängen (minimale Hangneigung von 27° bzw. 51 %) erfolgendes, schnelles Abfahren eines Gemisches aus Feststoffen und viel Wasser ohne Vorhandensein bzw. Ausbildung einer Gleitfläche. Dieses Gemisch fließt nach der Verflüssigung als Murgang weiter (vgl. BÖLL, 1997). Der relativ große Wasseranteil ermöglicht eine hohe Prozessgeschwindigkeit von 1 bis 10 m/s und hat eine entsprechend große zerstörerische Wirkung zur Folge. Für Hangmuren sind besonders steile Hänge mit gering durchlässigen Quartärbildungen wie tonigen Moränen und Gehängelehm disponibel (vgl. LATELTIN, 1997).

4.2.1.4 Massenbewegungsprozesse

Massenbewegungen sind hangabwärts gerichtete Prozesse, bei welchen sich Fels- und Lockergestein im Wesentlichen durch die Schwerkraft und praktisch ohne Mithilfe eines Transportmediums wie Schnee, Wasser oder Wind bewegt. Massenbewegungen können plötzlich als schlagende Prozesse (Stein- und Blockschlag, Fels- und Bergsturz, spontane Rutschungen, Hangmuren oder Einsturzphänomene) oder langsam als schleichende Prozesse (Hangkriechen, kontinuierliche Rutschungen) erfolgen. Hinsichtlich Entstehung, Ablauf und Wirkungsweise sind Massenbewegungen äußerst verschiedenartig (vgl. LATELTIN, 1997).

Grundlegende Voraussetzung für Massenbewegungen sind Instabilitäten von Hängen oder Hangteilen. Entstehung und Ablauf von Massenbewegungen werden durch ein komplexes Gefüge verschiedener Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen sind dies geologische Strukturen (Verlauf von Schichtflächen und Klüften), Gesteinseigenschaften und Hangneigung. Wenn Massenbewegungen per Definition zwar ohne Transportmedium ablaufen, so ist häufig Wasser in mehr oder weniger großem Umfang an Auslösung und Ablauf von Massenbewegungsprozessen beteiligt (vgl. DIKAU et al., 1996; GLADE & DIKAU, 2001).

Massenbewegungen sind in ihrer Entstehung sehr komplex und beruhen selten auf nur einer Ursache. Die Grunddisposition zu Hanginstabilitäten bestimmen über längere Zeiträume mehr oder weniger konstant bleibende Parameter wie Geologie, Relief und Exposition. Die Disposition zu einer Instabilität hat ihren Anfang bereits bei der Bildung des Gesteins, wenn dessen chemisch-physikalischen Eigenschaften, die beispielsweise das Verhalten gegenüber Verwitterung und Erosion bestimmen, weitestgehend festgelegt werden. Die Auslösung eines gefährlichen Massenbewegungsprozesses erfolgt dann, wenn das Kräftegleichgewicht zwischen rückhaltenden und treibenden Kräften infolge physikalischer und/oder chemischer Prozesse verändert wird und der Schwellenwert eines der relevanten Parameter erreicht bzw. überschritten wird (vgl. LATELTIN, 1997).

Einerseits können langfristig wirksame Verwitterungsprozesse die Stabilität eines Hanges kontinuierlich beeinflussen, andererseits kann ein Hang auch kurzfristig durch die Erosion des Hangfußes oder ein Erdbeben destabilisiert werden. Der Faktor Wasser spielt bei der Auslösung von Massenbewegungen generell eine entscheidende Rolle, da Wasser die Stabilität in kritischen Hängen durch verschiedenartige Wirkungsweisen deutlich herabsetzen kann. Häufig führen Frost- und Auftauzyklen (Frostsprengung), sporadisch auftretende, heftige oder anhaltende Niederschläge (Erzeugung von Strömungs- und Quelldrücken) – eventuell in Kombination mit Schneeschmelze – zu spontanen Massenbewegungen. Nicht selten werden Massenbewegungen durch anthropogene Einflüsse begünstigt, die sich in einer langfristigen Destabilisierung von Hängen in Zusammenhang mit Aktivitäten wie Entwaldung, Überweidung, Übernutzung und Denudation sowie deren möglichen Folgeerscheinungen manifestieren (vgl. GLADE & DIKAU,

2001). Durch plötzliches Eintreten können Massenbewegungen Gebäude, Infrastruktur und Kulturland beschädigen oder zerstören und bei Auswirkungen hoher Intensität auch für den Menschen gefährlich werden. „Massenbewegungen und das davon ausgehende Risiko sind Bestandteil zahlreicher Geosysteme, vornehmlich in Regionen der Mittel- und Hochgebirge der Erde [...], die im Rahmen des Kapitel 13 der Agenda 21 Bestandteil globaler Konzeptionen der Risiko- und Katastrophenforschung sind.“ (DIKAU et al., 2001).

Basierend auf Kriterien wie Bewegungsmechanismen, Materialzusammensetzung, Geschwindigkeit der Prozesse und Auslösemechanismen bestehen zahlreiche Modelle zur Klassifikation von Massenbewegungen (vgl. DIKAU & GLADE, 2002). In Anlehnung an das *Multilingual Landslide Glossary* (vgl. UNESCO, 1993a,b) können die wichtigsten Grundtypen, zwischen denen häufig fließende Übergangsformen bestehen und die sich in vielerlei Erscheinungsformen manifestieren können, charakterisiert werden:

- **Gleiten (Rutschprozesse):** Hangabwärts gerichtete Bewegung von Fest- und/oder Lockergestein entlang von Gleitflächen oder entlang von verhältnismäßig dünnen Zonen intensiver Scherverformung;
- **Fallen (Sturzprozesse):** Ablösen von Fest- und/oder Lockergestein in einem steilen Hang entlang einer Fläche, auf welcher nur geringe oder keine Scherbewegungen stattfinden. Das Material stürzt größtenteils frei fallend, springend und/oder rollend ab;
- **Fließen (Fließprozesse):** Räumliche, kontinuierliche Bewegung, bei der Scherflächen nur kurzzeitig ausgebildet, dicht angeordnet und gewöhnlich nicht erhalten sind. Die Geschwindigkeitsverteilung der bewegten Masse gleicht der einer viskosen Flüssigkeit.

In der vorliegenden Arbeit werden allerdings nur Rutschprozesse betrachtet, die in Nepäl in Form von Hangrutschungen (*landslides*) sehr weit verbreitet sind und alljährlich große Schäden verursachen. Natürliche Instabilitäten dieser Art sind in Nepäl außerordentlich häufig und weisen vielfältige Erscheinungsformen auf. Zahlreiche Rutschungen sind alt und heute weitgehend inaktiv, können aber bei ungünstigen Bedingungen plötzlich neu belebt werden.

Rutschungen sind auf einer Gleitfläche hangabwärts gerichtete Bewegungen von Hangteilen aus Fest- und/oder Lockergestein sowie Bodenmaterial. Sie ereignen sich an mäßig bis steilen Hängen mit einer Neigung zwischen 10° und 40°. Rutschungen sind in Größe, Tiefe und Form sehr vielfältig und laufen je nach Untergrundstruktur, Gesteinsbeschaffenheit und Beteiligung von Wasser sehr unterschiedlich ab. FISCHER (1999) kritisiert in diesem Zusammenhang, dass die Kenntnisse über Ursachen, Auslöser und Abläufe der Prozesse noch immer unzureichend und lückenhaft sind und darüber hinaus durch terminologische Unzulänglichkeiten behindert werden. Begriffe finden teilweise synonyme, aber auch inhaltlich differenzierte Verwendung, es mangelt an eindeutigen, allgemein akzeptierten und verwendeten Definitionen.

Stark vereinfacht können zwei Typen von Rutschungen unterschieden werden (vgl. DIKAU et al. 1996):

- **Rotationsrutschungen** sind im Allgemeinen von begrenztem Volumen und bilden sich hauptsächlich in homogenem, tonigem und siltigem Lockergestein aus. Die Gleitfläche ist kreisförmig und fällt in der Ausbruchsnische nahezu vertikal ein. Oft sind in der oberen Hälfte der Rutschung Nackentälchen und Zerrspalten sichtbar (vgl. Abb. 9). Frontal wird die Rutschmasse aufgestaucht, zerfällt und geht bei starker Wassersättigung teils in schlammige Fließrutschungen (Hangmuren) über.

- Bei **Translationsrutschungen** gleiten Schichten oder Schichtpakete auf einer bestehenden Schwächzone wie Schicht-, Schieferungs-, Kluft- oder Bruchflächen ab (vgl. Abb. 9). Die flächenmäßige Ausdehnung solcher Rutschungen ist sehr variabel und kann Flächen von einigen m² bis zu mehreren km² umfassen. Die Mächtigkeit der Rutschmassen erreicht oft mehrere Zehner von Metern. Gebiete mit kalkigen Mergelschiefern oder metamorphen Schiefen sind prädestiniert für Translationsrutschungen.

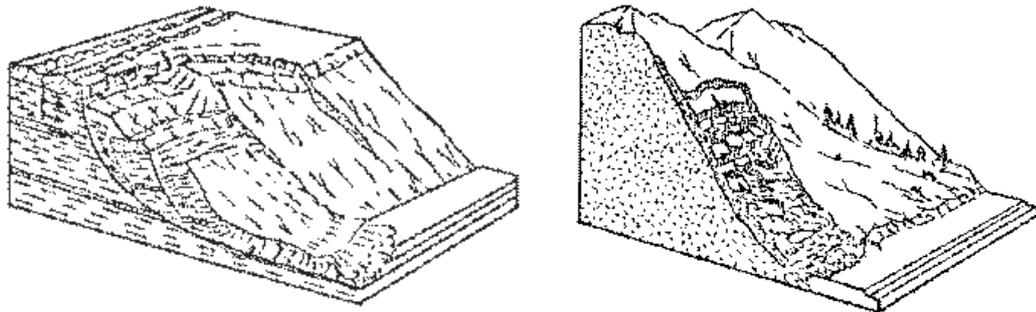


Abb. 9: Rotationsrutschung (links) und Translationsrutschung (rechts) (VARNES, 1978)

Mit KRAUTER (1994) wird die Grunddisposition zu Hang- und Böschungsbewegungen durch den geologischen Aufbau bestimmt. Geologische Faktoren wie die Lageverhältnisse der Gesteine, die Lithologie – insbesondere die für Rutschungen sehr anfällige Abfolge von Phylliten und Quarziten sowie deren Trennflächen – sowie die Tektonik, in Nepäl vor allem die andauernde Hebung des Himälaya und die begleitenden Erdbeben, bilden die variable Disposition von Rutschungen.

Antriebskraft für Rutschungen ist die hangparallele Komponente der Schwerkraft. Die Normalkomponente presst die Hangmassen gegen die Unterlage, mit zunehmender Steilheit der Hänge verändert sich das Verhältnis jedoch zu Gunsten der hangparallelen Komponente. Eine kritische Situation entsteht dann, wenn die Antriebskomponente der Schwerkraft eine ähnliche Größe erreicht wie die eine Abscherung verhindernde Kraft. Eine bedeutende Rolle bei der Auslösung von Rutschungen spielen in diesem Zusammenhang Niederschläge und rapide Schneeschmelze, sei es durch die Wirkung von Porenwasserdrücken, von Sickerströmungen oder von Quelldrücken infolge des Aufquellens von Tonmineralien, sowie Erdbeben (vgl. SCHNEIDER, 1980).

Während des Monsuns, nach über dem langjährigen Mittel liegenden, besonders intensiven Niederschlägen und/oder Schneeschmelze kommt es in Nepäl meist zu einer Häufung von Rutschungen. Durch zahlreiche Zerrspalten kann Wasser in einen Hang eindringen, woraufhin sich an Gesteinsgrenzen Zonen verstärkter Wasserführung bilden. Die Wasserführung im Bereich einer Diskontinuität zwischen der Hangmasse und dem stabilen Untergrund kann einen sprunghaften Wechsel der für ein Ableiten wesentlichen mechanischen Eigenschaften der Gesteine zur Folge haben. So kann z.B. die Reibung an Grenzflächen zwischen mehr und weniger festem Gesteinsuntergrund und kohäsionsloser oder weniger fester Auflage (auch innerhalb der Gesteinsmassen verlaufende Gleithorizonte wie eingeschaltete Mergelhorizonte) durch intensive Niederschläge sehr weit herabgesetzt werden. Auch entlang von Flussläufen kommt es in Folge von Ufererosion und Hangunterschneidung häufig zu Rutschungen. In Bezug auf das Niederschlagsgeschehen ist es allerdings nahezu unmöglich, die oft lückenhaften Werte der nepalesischen Klimastationen einem bestimmten Rutschungsereignis zuzuordnen. Eine Korrelation ist

oftmals nicht möglich, da sich das exakte Datum einer Rutschung meist nicht ermitteln lässt (vgl. OTTINGER, 2003; SCHNEIDER, 1980). Auch Erdbeben ab Magnitude 5 auf der Richterskala können Rutschungen auslösen (vgl. KRAUTER, 1994). Die Einwirkung von Erdbeben auf Hangrutschungen ist besonders intensiv, wenn sie in zeitlich großen Abständen auftreten. In der Zeitspanne zwischen zwei Beben können Hebungsvorgänge und Erosion zu einer längerfristigen Auflockerung der Fels- und Bodenpartien und somit zu einer Destabilisierung der Hänge führen. Ein wiederholtes Erdbeben in einer derart labilen Situation kann auf einen Schlag eine Rutschung auslösen.

4.2.1.5 Erdbeben

Als Erdbeben werden Erschütterungen bzw. Schwingungen der Erde bezeichnet, die Folgen der Wärmeabgabe durch Konvektionsprozesse im Erdmantel sind, wobei eine Umwandlung der Wärmeenergie in mechanische Energie stattfindet (vgl. ZSCHAU et al., 2001). Generell können drei verschiedene Typen von Beben unterschieden werden:

- vulkanische Beben (3 %), die in Zusammenhang mit vulkanischer Aktivität stehen und nur eine geringe Reichweite haben;
- Einsturzbeben (7 %), die durch das Einstürzen von Hohlräumen im geologischen Untergrund verursacht werden;
- tektonische Beben, der weitaus gefährlichste Typ von Erdbeben, die rund 90 % aller Beben weltweit ausmachen.

Tektonische Beben entstehen, wenn sich die Erdkruste entlang tektonischer Störungen verschiebt. Entlang derartiger Bruchschollen der Erdkruste staut sich elastische Spannungsenergie auf, die sich schlagartig entlädt, sobald eine kritische Energie erreicht ist. Liegt Druck auf den Gesteinsschichten und wirken Kräfte mit unterschiedlicher Richtung darauf ein, so wird sich das bis zu einem gewissen Grad dehnbare Gestein zunächst verformen. Wird diese Dehnbarkeit überschritten, kommt es entlang einer Verwerfung zum Bruch des Gesteins, wodurch das Gestein seine ursprüngliche Form, allerdings an einem andern Platz, zurückerhält. Infolgedessen werden große Energien in Form seismischer Wellen freigesetzt, die sich konzentrisch unter Energieverlust in alle Richtungen bewegen und als Erdbeben wahrgenommen werden. Dabei wird der Ort der Energiefreisetzung im Erdinneren als Hypozentrum oder Erdbebenherd bezeichnet, senkrecht darüber an der Erdoberfläche befindet sich das so genannte Epizentrum des Bebens (SCHNEIDER, 1980).

Im Abstand von ein bis zwei Wellenlängen vom Erdbebenherd lassen sich zwei Arten von Wellen durch die Bewegungsformen der von ihnen zu Schwingungen angeregten Bodenpartikel unterscheiden:

- P-Welle: Kompressionswelle, die eine Verschiebung der Teilchen in Richtung des Wellenstrahls bewirkt;
- S-Welle: Scherwelle, bei deren Durchgang Partikelbewegungen senkrecht zur Strahlrichtung zu beobachten sind.

In der Nähe eines Erdbebenherdes kommt es daher unter dem Eindruck einer vorwiegend horizontal gerichteten, von den Scherwellen ausgehenden Bodenbewegung zu horizontalen Schwingungsbewegungen, die bei ausreichender Dauer und Amplitude zu Schäden an Gebäuden führen (vgl. SCHNEIDER, 1980).

Es existieren zahlreiche Versuche, die Intensität von Erdbeben zu definieren. Die beiden gebräuchlichsten Skalen sind die Mercalli-Skala, die die Auswirkung eines Erdbebens beschreibt, und die Richter-Skala, die die Magnitude des Bebens angibt. Basiert die von I bis XII gegliederte Mercalli-Skala auf Befragungen und Beobachtungen, so ist die Erdbebenstärke mit Hilfe der Richter-Skala objektiver zu beurteilen. Die Richter-Skala ist logarithmisch aufgebaut und misst die freigesetzte Energiemenge, wobei sich die Werte proportional zur Amplitude der Wellen, die in 100 km Entfernung vom Epizentrum gemessen wird, verhalten.

Zu den von Erdbeben verursachten Primärschäden zählen die Beschädigung oder gar die Zerstörung von Bauwerken. Ein Großteil der Schäden in besiedelten Gebieten entsteht dadurch, dass die sich in der Nähe der Erdoberfläche ausbreitenden seismischen Wellen Gebäude und Anlagen in erzwungene Schwingungen versetzen. Die an einem Bauwerk angreifenden Beschleunigungen durch horizontal polarisierte Scherwellen verursachen Spannungen bzw. Kräfte, die oberhalb der Fließ- oder Bruchgrenze der verwendeten Baumaterialien liegen. Sekundärschäden können durch herabfallende Bauteile oder den Bruch von Versorgungsleitungen entstehen. Die Gefährdung des Menschen geht bei Erdbeben jedoch nicht nur von den Schwingungen aus, zu denen Gebäude und Anlagen beim Durchgang seismischer Wellen angeregt werden, sondern auch von sekundär auftretenden Geländewirkungen wie Felsstürze, Steinschlag, Hangrutschungen, Lawinen, Murgänge und Tsunamis (vgl. SCHNEIDER, 1980).

Erdbeben besitzen das größte Zerstörungspotenzial aller geologisch bedingten Naturkatastrophen. Sie sind deshalb so gefährlich, weil sie sich als Einzelereignis nach den heute zur Verfügung stehenden Erkenntnissen auch in weiterer Zukunft einer technisch verwertbaren Vorhersage entziehen. Da Erdbeben unvermeidlich sind, stellen sie in tektonisch aktiven Zonen ein allgegenwärtiges Risiko dar. Bedingt durch die Lage Nepāls auf einem transkontinentalen Erdbebengürtel sind nahezu täglich Erdstöße unterschiedlicher Magnitude zu verzeichnen, die durch die Kollision der kontinentalen Lithosphärenblöcke des Indischen und des Eurasischen Kontinentes verursacht werden (vgl. Karte 1). Bei der Kontinent-Kontinent-Kollision kommt es am Kontinentalrand zur Ausbildung einer Deformationszone, da beide Lithosphärenblöcke aufgrund ihrer geringen Dichte nur schwer absinken können. Dadurch erfährt das Gebiet zwischen Gangestiefland und Hohem Himālaya eine andauernde Anhebung.³³ Da die Urbanisierung in gefährdeten Gebieten wie beispielsweise dem Kāṭhmāṇḍu-Tal zunimmt ist zu befürchten, dass Opferzahlen und Schäden bei einem zukünftigen Beben weitaus höher liegen werden als bei dem Beben von 1934 (vgl. Kap. 2.1).

³³ Bedingt durch die Norddrift des Indischen Subkontinents von 4 mm pro Jahr wird der Himālaya noch immer mit durchschnittlich 1 cm pro Jahr angehoben.

4.3 KONDITIONELLE SYSTEMGRENZEN

4.3.1 CHARAKTERISIERUNG DER UNTERSUCHTEN SIEDLUNGEN³⁴

4.3.1.1 Bagarchhāp

Die Siedlung Bagarchhāp liegt im Manāñ Distrikt in 2100 m NN auf der orographisch rechten Seite des Marsyāñdi Kholā. Das Haufendorf Bagarchhāp liegt auf dem Schwemmfächer des Ghaṭṭe Kholā, der mitten durch die Siedlung verläuft und schließlich in den Marsyāñdi Kholā mündet. Es kann zwischen einem größeren Siedlungsbereich östlich sowie einem kleineren westlich des Ghaṭṭe Kholā unterschieden werden. Der Hauptverkehrsweg quert die Siedlung in Ost-West-Richtung. Die Gebäude weisen mit Ausnahmen der Gompa oberhalb der Siedlung keine bestimmte Exposition oder Anordnung auf (vgl. Bild 5).

In Bagarchhāp dominiert die ethnische Gruppe der Gyasumdopa (vgl. POHLE, 1993a). Die Gyasumdopa stellen keine homogene Gruppe dar, bei ihnen handelt es sich um Nachfahren von Einwanderern unterschiedlicher Herkunft (z.B. Thākāli, Guruñ), die jedoch alle der tibetischen Volksgruppe angehören und bis heute an der tibetischen Tradition festhalten. Zum Zeitpunkt der Untersuchung im September 2001 lebten ca. 80 Bewohner in rund 15 Haushalten in der Siedlung. Bis Mitte der 1990er Jahre lebten deutlich mehr Menschen in Bagarchhāp. Im Sommer 1995 wurden jedoch weite Teile der Siedlung durch einen katastrophalen Murgang zerstört (vgl. Kap. 5.1), woraufhin 20 Familien nach Danaque, ca. 3 km westlich Bagarchhāp, umsiedelten. Neben der Subsistenzlandwirtschaft stellt heute vor allem der Tourismus einen wichtigen Wirtschaftszweig für die Bewohner dar.

Die Lage der Siedlung ist deutlich durch das Kerbtalrelief in diesem Bereich des Marsyāñdi Tales sowie durch das Vorhandensein anbaufähigen Bodens gekennzeichnet: sowohl die Siedlung als auch Anbauflächen sind auf dem Schwemmfächer des Ghaṭṭe Kholā lokalisiert. Westlich und östlich der Siedlung steigt eine glaziofluviale Terrasse über eine ca. 40 m hohe Abbruchkante an, auf der weitere landwirtschaftliche Nutzflächen liegen. Vermutlich wurde die ehemals einheitliche Terrassenfläche durch den Ghaṭṭe Kholā zerschnitten. Südlich der Siedlung Bagarchhāp steigt ein dichter Laubhöhenwald einen Hang zu dem knapp 4000 m hohen Märkhu Dāḍā an, eines Ausläufers des Lamjuñ Himal, wo sich das Einzugsgebiet des Ghaṭṭe Kholā befindet. Zahlreiche Nutzflächen auf dem Schwemmkegel des Ghaṭṭe Kholā liegen derzeit jedoch brach und unterliegen der Sukzession durch Farne oder Sträucher, da sie noch immer mit Geröll des Murgangs von 1995 bedeckt sind.

Bagarchhāp ist ein geschlossenes Haufendorf, in dem die Hausform des ein- oder zweigeschossigen, einfachen Giebeldachhauses dominiert. Die Gebäude sind aus behauenen Bruchstein errichtet, die Umfassungswände einiger Gebäude sind weiß getüncht. Die Gebäude sind in Bagarchhāp zum Außenraum hin orientiert und dementsprechend geöffnet. In Bezug auf die Dachform sind in Bagarchhāp Mischformen zwischen dem Lehmflachdach und die leicht geneigten Satteldach vertreten.

³⁴ Eine zusammenfassende Darstellung der naturräumlichen und sozio-kulturellen Merkmale der untersuchten Siedlungen wird in Tab. 8 am Ende des Kapitels gegeben.



Bild 5: Bagarchhāp (2100 m NN) auf dem Schwemmkegel des Ghaṭṭe Kholā
(Aufnahme: A. Titz, September 2001)

4.3.1.2 Manāñ

Die Siedlung Manāñ liegt in der Region Nyiśhañ des Manāñ Distrikts und wird von der ethnischen Gruppe der Manangki dominiert. Die Siedlung liegt in einer Höhe von 3500 m NN in Südexposition auf einer fluvio-glazialen Aufschüttungsterrasse auf der orographisch linken Seite des Marsyāñdi Kholā, ca. 30 m oberhalb des rezenten Flussbettes. Die Gebäude stehen bis unmittelbar an die Terrassenkante. Die traditionelle Kernsiedlung konzentriert sich auf den westlichen Teil der Terrasse, in der östlichen Terrassenhälfte, wo sich ursprünglich nur Nutzflächen befanden, wurden seit Ende der 1990er Jahre zahlreiche neue Lodges errichtet. Dies hat tendenziell zu einer Auflockerung der Siedlung geführt (vgl. Bild 6). Der Hauptverkehrsweg führt in Form einer schmalen Gasse durch die Siedlung, welche die Bezirke Ṭāñki und Mano umfasst. Dabei handelt es sich bei Ṭāñki um den jüngeren, bei Mano um den älteren Ortsteil (vgl. POHLE, 1993a).

Die Bewohner Manāñs gehören mehrheitlich der ethnischen Gruppe der Manangki an, die sich selbst auch als Guruñ bzw. Ghale bezeichnen. Die Einwohnerzahl wird von der Lokalbevölkerung mit ca. 1700 angegeben, davon sind 40-50 Personen Tibeter, rund 100 Personen befinden sich als Arbeitsemigranten im Ausland. Das Alter der Siedlung wird von den Bewohnern mit ca. 400 Jahren angegeben. Der Namen der Siedlung deutet auf die Lage Manāñs auf einer ebenen Terrasse im Talboden hin (nep. *ma* «unten», nep. *nāñ* «inmitten einer Ebene»).

Großteile der landwirtschaftlichen Nutzflächen sind auf der Terrassenfläche lokalisiert, zahlreiche weitere Flächen befinden sich unterhalb der Abbruchkante der Terrasse im Uferbereich des Marsyāñdi Kholā sowie in terrassierter Form an einem nördlich der Siedlung ansteigenden Hang. Zusätzlichen Flächen wurden auf dem Schwemmfächer des Chata Kholā, der östlich von

Manāñ in den Marsyāñdi Kholā mündet, sowie auf Schwemmfächern weiterer Marsyāñdi-Nebenflüsse in Kultur genommen.

Im Siedlungsbild von Manāñ überwiegt ein traditionell zweigeschossiges Flachdachhaus, das in solider Mauerbauweise aus behauenen Kalksteinen und feuchtem Lehm errichtet wird. Kennzeichnend für Manāñ ist der Zusammenschluss der nahezu einheitlich gebauten Gebäude zu einer kompakten Siedlungsmasse: die Gebäude stehen nicht einzeln nebeneinander, sondern sind mit den Außenwänden aneinander, teilweise sogar terrassenförmig übereinander gebaut worden. Die Gebäude sind mehrheitlich in hang- bzw. höhenlinienparallelen Zeilen angeordnet, wobei die Bauweise der Gebäude im Hangfußbereich im Gegensatz zu jenen auf der ebenen Terrassenfläche wesentlich kompakter ist. Nach Auskunft der Bewohner soll es sich bei den Häuserzeilen auf der Terrasse um einen relativ jungen Siedlungskomplex handeln (ca. 25 Jahre alt), während der Hangfußbereich altbesiedelt ist. In den Randbereichen der Siedlung ist eine deutliche Tendenz zur Auflockerung erkennbar, wobei immer häufiger ehemalige Ackerflächen bebaut werden. Die jüngste Entwicklung hat sich am östlichen Rand der Siedlung vollzogen, wo auf ehemaligem Ackerland zahlreiche, oftmals drei- bis viergeschossige Lodges in lokal untypischer Bauweise errichtet worden sind (vgl. Bild 6).



Bild 6: Manāñ (3500 m NN) auf einer fluvio-glazialen Terrasse oberhalb des rezenten Flussbettes des Marsyāñdi-Kholā (Aufnahme: A. Titz, September 2001)

4.3.1.3 Lārjuñ

Lārjuñ liegt im Distrikt Mustāñ in einer Höhe von 2550 m NN auf der orographisch rechten Seite der Kāli Gaṇḍaktī. Die Gebäude stehen am südwestlichen Rand eines glaziofluvialen Schwemmfächers, der durch den Lārjuñ Kholā, der nördlich von Lārjuñ in die Kāli Gaṇḍaktī mündet, aufgeschüttet worden ist. Nur durch den Lārjuñ Kholā getrennt schließt sich nordöstlich die Siedlung Kobañ an (vgl. Bild 7). Westlich von Lārjuñ steigt die Ostflanke des Dhau-

lāgiri I aus der Talsohle des Kāli Gaṇḍakī-Tals auf einer Horizontalstrecke von lediglich 11 km auf 8172 m NN an – dieser ca. 5700 m hohe Abbruch, an welchem immens große Reliefenergien wirken, ist eine der höchsten Flanken der Erdoberfläche. Lārjuñ liegt zudem nur wenig nördlich der 35 km langen „Verbindungsline“ zwischen Annapurṇa I (8091 m) und Dhaulāgiri I (8172 m) (vgl. KUHLE, 1982).

Die Bevölkerung Lārjuñs gehört mehrheitlich der ethnischen Gruppe der Thākāli an. Nach Auskunft lokaler Informanten hat Lārjuñ ca. 160 Einwohner, die sich auf rund 40 Haushalte verteilen. Daneben leben auch einige Sārki- und Kāmi-Familien in Lārjuñ. Nach Aussagen einiger älterer, lokaler Informanten soll sich der Siedlungsname „Lārjuñ“ von dem Namen „Nārjuñ“ oder „Nākjuñ“ einer früheren Siedlung ableiten. Diese Siedlung soll einst auf einem „schlangenförmigen Hügel“ gelegen haben (nep. *nak* «Schlange»), der jedoch der Erosion zum Opfer gefallen ist. Darauf hin wurde die Siedlung in Tallage auf dem Schwemmfächer des Lārjuñ Kholā neu angelegt.

Der Bereich mit der größten Gebäudedichte liegt am südwestlichen Rand des Schwemmfächers, direkt am Ufer der Kāli Gaṇḍakī. Auf dem flachen, nur wenig geneigten Schwemmfächer sind südwestlich und nordwestlich der Siedlung einige landwirtschaftliche Nutzflächen angelegt, die jedoch meist mit Obstbäumen bestanden sind. Westlich von Lārjuñ steigt eine ca. 50 m hohe, glaziofluviale Aufschüttungsterrasse an (vgl. KUHLE, 1982), auf welcher, in einer leicht ostwärts geneigten Mulde, zahlreiche weitere Nutzflächen liegen. Lārjuñ weist eine geschlossene Siedlungsform auf, die Häuser gruppieren sich dicht gedrängt entlang des Hauptverkehrsweges sowie einiger Seitenwege. Das Siedlungsbild wird von zweigeschossigen Gebäuden des tibetischen Haustyps dominiert, wobei alle Gebäude aus Bruchsteinen errichtet sind und über ein Lehmflachdach verfügen. Obwohl Holz in der Region um Lārjuñ noch keine Mangelware ist, sind hier lediglich die tragenden Konstruktionen sowie der Dachaufbau aus Holz gefertigt.



Bild 7: Das Kāli Gaṇḍakī-Tal bei Lārjuñ. Im Bildvordergrund Lārjuñ (2550 m NN) auf dem Schwemmfächer des Lārjuñ Kholā. (Aufnahme: A. Titz, März 2003)

4.3.1.4 Tātopānī

Tātopānī liegt in einer Höhe von 1250 m NN in Talbodenlage auf der orographisch rechten Seite der Kāli Gaṇḍakī am östlichen Rand einer fluvialen Aufschüttungsterrasse, ca. 15 m oberhalb des rezenten Flussbettes. Der Hauptverkehrsweg verläuft in der Form eines mit Steinplatten gepflasterten Weges in Nord-Süd-Richtung durch die Siedlung (vgl. Bild 8). Tātopānī liegt an einer der ehemals bedeutendsten Handelsrouten nach Tibet, an einer der wichtigen, eisernen Hängebrücke über die Kāli Gaṇḍakī sowie an einer für Transport und Handel wichtigen Wegekreuzung. Der durch Tātopānī verlaufende Hauptverkehrsweg führt in südlicher Richtung nach Benī, der Distrikthauptstadt des Myāgdi Distrikts, die über einen Anschluss an eine Fernstraße verfügt. Dabei handelt es sich bis Bāgluñ lediglich um eine Schotterstraße, die aber dennoch von Bussen angefahren wird.

Die Bazarsiedlung Tātopānī wird mehrheitlich von Thākālī bewohnt. Nach Angaben lokaler Informanten hat Tātopānī 250-300 Einwohner, die sich auf ca. 35 Haushalte verteilen. Neben der dominierenden ethnischen Gruppe der Thākālī leben auch Magar sowie einige Angehörige der „Berufskasten“ Sārki und Dāmai in der Siedlung. Aufgrund der verkehrsgünstigen Lage entwickelte sich Tātopānī im Laufe der Jahrzehnte von einer temporär bewohnten Thākālī-Sommersiedlung zu einem permanent bewohnten Bazarort. Charakteristisch dafür ist die Form eines Straßendorfes: alle Gebäude sind perlschnurartig entlang des Hauptverkehrsweges aufgereiht und mit den Hausöffnungen zum Weg hin orientiert.

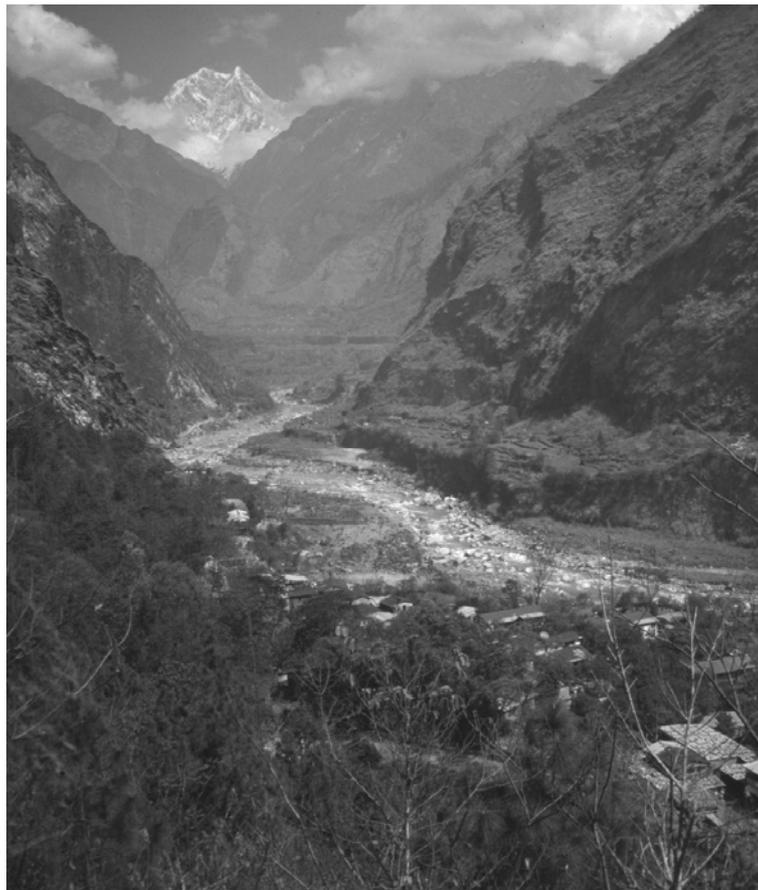


Bild 8: Tātopānī (1250 m NN) auf einer fluvialen Aufschüttungsterrasse in der Kāli Gaṇḍakī-Schlucht (Aufnahme: A. Titz, März 2003)

Die Kāli Gaṇḍakī verläuft in diesem Talabschnitt schluchtartig; sowohl auf der der Siedlung gegenüber liegenden, orographisch linken Talflanke als auch westlich der Siedlung steigen steile, felsige Wände auf, die die Siedlung förmlich einzukesseln scheinen (vgl. Bild 8). Die Schlucht der Kāli Gaṇḍakī zwischen Tātopānī und Ṭukce ist rund 25 km lang. In ihrem mittleren Abschnitt zwischen Lete (2500 m) und Kabre (1500 m) fällt die Kāli Gaṇḍakī auf einer Horizontaldistanz von 12 km um knapp 1000 Höhenmeter, womit es sich nach KUHLE (1982) um eine der gewaltigsten Schluchten der Erde handelt.

Aufgrund der beschriebenen Topographie ist die zu landwirtschaftlichen Zwecken nutzbare Fläche äußerst limitiert. Einige Nutzflächen befinden sich auf der Schotterterrasse, weitere Flächen sind südlich der Siedlung auf dem flach geneigten Schwemmfächer des Bhuruñ Kholā zu finden sowie westlich der Siedlung auf einer kleinen Rodungsfläche in 1500-1700 m Höhe. In den Hausgärten der Siedlung gedeihen aufgrund des subtropischen Klimas neben Apfelbäumen auch Orangen- und Zitronenbäume. Daneben wird vor allem Gemüse zur Deckung des touristischen Bedarfs angebaut.

Das Siedlungsbild dieses permanent bewohnten Bazarortes wird durch lange Reihen von Chautaras, auf denen Träger ihre Lasten abstellen können, zahlreiche Teestuben, von denen die Mehrzahl mittlerweile in Lodges oder Restaurants umgewandelt wurde, sowie zum Hauptverkehrsweg hin orientierte Läden charakterisiert. Daneben sind in der Siedlung noch traditionelle Thākāli-Häuser zu finden.

4.3.1.5 Jaljale

Die Siedlung Jaljale liegt im äußersten Südosten des Distrikts Sindhupālchok und wird von der ethnischen Gruppe der Newār sowie der hinduistischen Gruppe der Chetri dominiert. Die Siedlung liegt in West-Südwest-Exposition in 2040 m Höhe auf der orographisch rechten Seite des Dābi Kholās im unteren Drittel eines Hanges, der vom Bett des Dābi Kholā in ca. 1500 m NN zu einem 3401 m hohen Bergrücken ansteigt (vgl. Bild 9). Der mit Steinplatten ausgelegte Hauptverkehrsweg verläuft hangparallel durch die Siedlung. Dieser Weg führt von der banachbarten Siedlung Tauthāli durch Jaljale und führt auf der orographisch rechten Talflanke des Dābi Kholā in westlicher Richtung bis ins Sun Koshī-Tal. Landwirtschaftliche Nutzflächen erstrecken sich vom Dābi Kholā vertikal über den gesamten Hang bis in eine Höhe von 2200 m.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung im April 2003 haben nach Auskunft lokaler Informanten 600 Menschen in Jaljale gelebt, die sich auf rund 40 Haushalte verteilen. Aufgrund der Anzahl der Haushalte erscheinen der Verfasserin die Angaben zur Bevölkerungszahl zu hoch, realistischer dürfte eine Zahl von 350 bis maximal 400 Einwohnern sein. Die Mehrzahl der Bevölkerung Jaljales gehört der ethnischen Gruppe der Newār (Shretha, Gubaju) sowie der hinduistischen Gruppe der Chetri (Thami, Kathri) an. Nach Auskunft der Lokalbevölkerung soll Jaljale bereits vor ca. 300 Jahren besiedelt worden sein, wobei es sich bei den ersten Siedlern um Newār aus Pāṭan (Lalitpur) gehandelt haben soll. Der Siedlungsname Jaljale bezeichnet nach Angaben der Bewohner einen Ort, an dem zahlreiche Wasserquellen entspringen (newār. *jal* «Wasser»).

Besonderes Kennzeichen Jaljales ist eine relativ geschlossene Kernelsiedlung/Hauptsiedlung mit nahezu identisch errichteten Gebäuden. Des Weiteren stehen drei kleine Weiler südöstlich der Kernelsiedlung inmitten der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Auffällig ist, dass Gebäude im tiefer gelegenen Teil der Siedlung sehr kompakt angeordnet sind, während mit zunehmender Höhenlage eine Auflockerung zu verzeichnen ist.



Bild 9: Die geschlossene Siedlung Jaljale in Hanglage auf 2040 m NN (Aufnahme: A. Titz, April 2003)

Die Gebäude in Jaljale sind in nahezu identischer Bauweise errichtet. Im Siedlungsbild dominiert ein traditionelles, in der Regel zweigeschossiges Stein- bzw. ein in Mischbauweise errichtete Holz-/Steinhaus. Sämtliche Gebäude der Siedlung sind mit ihrer Längsseite nach Südwesten zur Sonne hin orientiert. Alle Gebäude sind mit einem flach geneigten Satteldach ausgestattet, das traditionell mit großen Steinschindeln (Steinplatten) eingedeckt ist.

4.3.1.6 Pokhare und Thulnāgī

Der untersuchte Teilbereich der Streusiedlungen Pokhare und Thulnagi liegt am westlichen Rand des Distrikts Dolakhā erstreckt sich über die orographisch rechte Talflanke des Charnawati Kholā. Die einzelnen Gebäude stehen inmitten der terrassierten, landwirtschaftlich genutzten Flächen und sind ohne erkennbares Ordnungsprinzip in unterschiedlichen Höhenlagen über den gesamten Hang verstreut. Teilweise sind mehrere Gebäude zu kleinen Weilern zusammengeschlossen. Da aufgrund des recht einheitlich gestalteten Reliefs ausreichend Nutzflächen vorhanden sind, kann diese Siedlungsform von den Bewohnern praktiziert werden, ohne dass ihnen offensichtliche Nachteile entstehen. Der betrachtete Hangabschnitt auf der orographisch rechten Seite des Charnawati Kholā ist vom Talgrund in 1680 m Höhe bis in eine Höhe von ca. 2100 m entwaldet und in landwirtschaftliche Nutzfläche umgewandelt worden (vgl. Bild 10).

Laut Bevölkerungszählung von 2001 (HMG, 2002c) leben in der VDC Böch, der die beiden betrachteten Siedlungen administrativ angehören, 3706 Menschen, die sich auf 772 Haushalte verteilen. In die Untersuchung wurden jedoch nicht alle Siedlungen der VDC Böch einbezogen. Es wird davon ausgegangen, dass im untersuchten Bereich ca. 2000 Menschen leben. Nach Auskünften lokaler Informanten dominiert die hinduistische Gruppe der Chetri in dieser Region, daneben haben sich auch Angehörige der ethnischen Gruppe der Tāmāñ niedergelassen. Dar-

über hinaus haben sich im Zuge des Baus der *Lamosangu-Jiri-Road* in der unmittelbaren Umgebung der Straße Zuwanderer aus den unterschiedlichsten Regionen Nepāls niedergelassen, die dort kleine Teeshops oder Läden eröffnet haben.

Bedingt durch die Streulage der einzelnen Gebäude, die unterschiedliche Zugehörigkeit der Bewohner sowie das unterschiedliche Besiedlungsalter zeichnen sich die Gebäude durch eine recht unterschiedliche Bauform aus. Dabei muss zwischen den in jüngerer Vergangenheit errichteten Läden entlang der *Lamosangu-Jiri-Road* und den permanent bewohnten Bauernhäusern inmitten der Nutzflächen unterschieden werden.

Bei den an der *Lamosangu-Jiri-Road* errichteten Gebäuden handelt es sich meist um Läden, kleine Werkstätten oder Teestuben, die von aus anderen Regionen Nepāls zugewanderten Gruppen oder Personen errichtet wurden. Da durch die gute Verkehrsanbindung alle erdenklichen Baustoffe zur Verfügung stehen, sind Hausform und Bauweise der einzelnen Gebäude sehr differenziert. Einige Gebäude sind noch in der traditionellen Weise errichtet, zahlreiche neuere Gebäude sind aus Ziegelstein und Eisenträgern errichtet und haben ein Wellblechdach.

Die Bauernhäuser der Chetri, Tāmāñ und anderer Volksgruppen, die inmitten der landwirtschaftlichen Nutzfläche stehen, wurden in traditioneller Weise und unter Verwendung ortsbürtiger Baustoffe errichtet. Die Gebäude weisen ein einheitliches Grundprinzip auf: es dominiert ein zweigeschossiger Steinbau mit flach geneigtem Satteldach, welches mit Steinplatten, zum Teil aber auch mit Reisstroh gedeckt ist. Die Gebäude stehen entweder einzeln oder bilden mit den Wohngebäuden anderer Familien kleine Weiler. Häufig sind auch kleine Gehöfte in Form eines Haupthauses mit Nebengebäuden zu finden.



Bild 10: Die Streusiedlungen Pokhare und Thulīnāgī (1680-2100 m NN) am Kalimati-Gully
(Aufnahme: A. Titz, November 2001)

4.3.1.7 Karmaiyā³⁵

Karmaiyā liegt im äußersten Nordwesten des Distrikts Sarlāhi und wird von den hinduistischen Gruppen der Brahmanen und Chetri dominiert, darüber hinaus leben eine Vielzahl unterschiedlicher ethnischer Gruppen in Karmaiyā und Umgebung. Die Siedlung liegt in Talbodenlage auf der orographisch linken Seite des Bāgmatī³⁶, südwestlich des *Mahendra Highway*, auf einem erhöhten Riedel in einer Höhe von 130 m NN (vgl. Bild 11). Der *Mahendra Highway* quert die Siedlung an ihrem nordöstlichen Rand, Karmaiyā selbst wird durch nordost-südwest verlaufende, kleine unbefestigte Weg sowie zahlreiche Pfade erschlossen.

Nördlich von Karmaiyā, etwa 500 m flussaufwärts am Bāgmatī, befindet sich das Stauwerk des *Bagmati Irrigation Project*. Der Bāgmatī wird hier auf einer Breite von ca. 300 m aufgestaut, das Wasser wird zu Bewässerungszwecken über einen südöstlich sowie einen südwestlich verlaufenden Hauptkanal in den Terāi geleitet. Die Verwaltungsgebäude und technischen Anlagen des *Bagmati Irrigation Project* liegen auf der der Siedlung orographisch gegenüber liegenden Seite des *Mahendra Highway*.



Bild 11: Karmaiyā (130 m NN) auf einem erhöhten Riedel am Ufer des Bāgmatī
(Aufnahme: A. Titz, Februar 2003)

Laut Bevölkerungszählung aus dem Jahr 2001 (HMG, 2002c) leben in der VDC Karmaiyā 7095 Einwohner in 1328 Haushalten, in Karmaiyā selbst sollen nach Angaben lokaler Informanten ca. 2000 Personen leben, wobei die Bevölkerungszahl der Siedlung nach Ansicht der Verfasserin höher sein dürfte. Den größten Anteil an der Bevölkerung haben die hinduistischen Gruppen

³⁵ Die Feldarbeiten im Terāi konnten auf Grund der instabilen politischen Situation sowie der angespannten Sicherheitslage nur in begrenztem Umfang durchgeführt werden.

³⁶ Der Bāgmatī fließt im Bereich der Siedlung Karmaiyā in einem leicht verengten, knapp 300 m breiten Flussbett, nördlich und südlich der Siedlung erreicht das Flussbett sogar Breiten von 600 – 900 m.

der Brahmanen und Chetri, daneben leben dort auch Angehörige der ethnischen Gruppen der Thāru, Tāmāñ, Magar sowie der „Berufskaste“ Kushnar.

Das Siedlungsbild Karmaiyās ist bedingt durch das unterschiedliche Alter einzelner Siedlungsbereiche sowie die ethnische Zugehörigkeit der jeweiligen Bewohner sehr uneinheitlich. Bei einer Betrachtung kann daher zwischen drei verschiedene Ortsteilen differenziert werden, die sich sowohl in der Siedlungsform als auch in den Hausformen deutlich unterscheiden:

- Zeilenförmig angeordnete Jungsiedlerhäuser (Brahmanen, Chetris, Tāmāñ) entlang des *Mahendra Highway*: Die permanent bewohnten Gebäude sind in der Regel zwei- bis dreigeschossig, aus ortsunbürtigen Materialien wie Ziegelstein errichtet und mit einem zementierten Flachdach ausgestattet, das als zusätzliche Arbeitsfläche genutzt wird.
- Locker gruppierte Gebäude der Brahmanen, Chetris und Tāmāñ im altbesiedelten Zentrum der Siedlung: Hier dominieren Häuser in einer Mischbauweise aus eigenen, der Herkunftsregion der Siedler entsprechenden Vorstellungen und den im Siedlungsgebiet vorgefundenen Voraussetzungen und Baustoffen. So findet man beispielsweise das typische Bauernhaus des Nepalesischen Mittellandes in Form eines zweigeschossigen Unterstallhauses mit einem Satteldach aus Gras oder Stroh.
- Locker entlang der Flussterrassenkante des Bāgmatī gruppierte Gebäude der ethnischen Gruppen der Thāru, Magar, Kushnar: Kleine rechteckige, meist eingeschossige Häuser dominieren hier das Siedlungsbild. Die Wände bestehen generell aus lehmeworfenen Flechtwerk oder Bambusmatten, die tragende Funktion wird von Holz- oder Bambuspfeuern übernommen, die zudem die Dachkonstruktion tragen. Die steilen Sattel- oder Walmdächer werden traditionell mit Reisstroh oder Gras gedeckt.

4.3.2 BEVÖLKERUNGSGEOGRAPHISCHE UND ETHNISCH-KULTURELLE GRUNDLAGEN

4.3.2.1 Bevölkerungsdichte und regionale Verteilung

Hoher Himālaya

Im Hohen Himālaya wurden die Siedlungen **Bagarchhāp** und **Manāñ** im Distrikt Manāñ sowie die Siedlung **Lārjuñ** im Mustāñ Distrikt untersucht. Der extreme Hochgebirgscharakter der Distrikte Mustāñ und Manāñ schlägt sich deutlich in den geringen Bevölkerungszahlen nieder. Nach dem *Population Census 2001* (HMG, 2002c) hatte der Distrikt Mustāñ eine Gesamtbevölkerung von 14.981 Personen zu verzeichnen, im Distrikt Manāñ waren es 9.587 Personen. Umgerechnet auf die Distriktfläche von 3.573 km² ergibt sich für den Distrikt Mustāñ eine Bevölkerungsdichte von 4,2 EW/km², für den Distrikt Manāñ ergibt sich bei einer Distriktfläche von 2.246 km² eine Bevölkerungsdichte von 4,3 EW/km². Mustāñ und Manāñ zählen somit jenen Distrikten Nepāls, die die niedrigste Bevölkerungsdichte aufweisen. Lediglich der Distrikt Dōlpā weist mit 3,7 EW/km² eine noch niedrigere Bevölkerungsdichte auf.

Die äußerst geringe Bevölkerungsdichte in diesen Distrikten ist zweifellos das Resultat der hochgebirgsspezifischen ökologischen Ungunstsbedingungen, die lediglich in sehr begrenztem Umfang die Bewirtschaftung und Besiedlung dieser Hochgebirgsregion zulassen. Die Siedlung

gen konzentrieren sich daher überwiegend auf Tallagen. Im Manāñ Distrikt nehmen sie Höhenlagen zwischen 1600 und 4200 m NN ein, in Mustāñ variieren die Höhenlagen der Siedlungen zwischen 2100 und 3900 m NN. Entsprechend der regionalen Unterschiede in der naturräumlichen Ausstattung variiert auch die Bevölkerungsverteilung innerhalb der Distriktgebiete.

Während im Distrikt Mustāñ die Bevölkerungszahlen kontinuierlich mit zunehmender Höhe der Siedlungen abnehmen, ist im Distrikt Manāñ im Gegensatz dazu eine Zunahme zu verzeichnen, da sich die Verteilung der Bevölkerung stark an den lokalen topographischen und klimatischen Verhältnissen orientiert. So bietet das strahlungsreiche, am Oberlauf des Marsyāñdi Kholā ausgebildete breite Trogtal der Region um Manāñ günstigere Bedingungen für die Bewirtschaftung und Besiedlung als das enge Kerbtalrelief der südwestlich gelegenen Region um Bagarchhāp.

Die im Distrikt Manāñ untersuchten Siedlungen gehören den VDCs Tachi Bagarchhāp (554 Einwohner) und Manāñ (1.299 Einwohner) an, die Siedlung Lārjuñ im Distrikt Mustāñ gehört administrativ der VDC Kobāñ (786 Einwohner) an (vgl. HMG, 2002c).

Nepalesisches Mittelland

Im Nepalesischen Mittelland wurden die Siedlung **Tātopāñ** im Distrikt Myāgdi, **Jaljale** im Distrikt Sindhupālchok sowie die Siedlungen **Pokhare** und **Thulnāg** im Distrikt Dolakhā untersucht. In den Bevölkerungszahlen für die Distrikte schlägt sich deutlich nieder, dass es sich beim Nepalesischen Mittelland um einen bevorzugten Siedlungs- und Wirtschaftsraum Nepāls handelt. Nach dem *Population Census 2001* (HMG, 2002c) hatte der Distrikt Myāgdi eine Gesamtbevölkerung von 114.447 Personen. Umgerechnet auf die Distriktfläche von 2.297 km² ergibt sich eine Einwohnerdichte von 50 EW/km². Verglichen mit anderen Distrikten, die verwaltungspolitisch dem Nepalesischen Mittelland zugeordnet werden, ist der Distrikt Myāgdi der am dünnsten besiedelte Distrikt in dieser ökologischen Höhenzone. Lediglich Jājarkot und Rukum im Nepalesischen Mittelland der Mittewestlichen Entwicklungsregion weisen mit 60 bzw. 65 EW/km² eine annähernd geringe Bevölkerungsdichte auf. Mögliche Gründe für diese vergleichsweise niedrige Bevölkerungsdichte im Distrikt Myāgdi konnten bislang nicht eruiert werden.

Im Distrikt Sindhupālchok ist nach dem *Population Census 2001* (HMG, 2002c) eine Gesamtbevölkerung von 293.719 Personen zu verzeichnen, woraus sich umgerechnet auf die Distriktfläche von 2.542 km² eine Bevölkerungsdichte von 120 EW/ km² ergibt. Im Distrikt Dolakhā war zum selben Zeitpunkt eine Gesamtbevölkerung von 175.912 Personen zu verzeichnen, was bei einer Distriktfläche von 2.191 km² eine Bevölkerungsdichte von 80 EW/km² ergibt. Die Distrikte Sindhupālchok und Dolakhā sind landschaftlich eher dem Nepalesischen Mittelland zuzuordnen, werden verwaltungspolitisch allerdings der ökologischen Zone des Hohen Himālayas zugeordnet; im Vergleich zu den Bevölkerungszahlen anderer Distrikte im Hohen Himālaya weisen sie die höchsten Bevölkerungsdichte auf. Diese vergleichsweise hohen Bevölkerungszahlen sind zweifellos das Resultat der ökologischen Bedingungen: die südlichen Regionen dieser Distrikte weisen für Besiedlung und Bewirtschaftung günstigere naturräumliche Voraussetzungen auf als die nördlichen Bereiche der Distrikte, die Anteil am Hohen Himālaya haben. Ein weiterer Grund dürfte die geographische Nähe zum Kāṭhmāñḍu-Tal sein.

Betrachtet man die Bevölkerungszahlen der einzelnen VDCs im Distrikt Myāgdī, lässt sich eine Abnahme der Bevölkerung mit zunehmender Höhenlage der Siedlungen feststellen, wobei VDCs im Süden und Südosten, besonders entlang des Myāñdī Kholā und des Ghar Kholā, eine höhere Bevölkerungsdichte aufweisen. Die im Distrikt Myāgdī untersuchte Siedlung Tātopānī gehört der gleichnamigen VDC an, die mit 879 Personen eine relativ geringe Bevölkerungszahl aufweist. Die im Distrikt Sindhupālchok untersuchte Siedlung Jaljale gehört dem VDC Piskar (2.215 Einwohner) an. In Sindhupālchok weisen jene VDCs im Norden des Distrikts, die am Arniko Highway, der einzigen Landverbindung mit Tibet bzw. mit der Volksrepublik China, liegen, eine relativ hohe Bevölkerungsdichte auf. Als Ursache dafür sind sicherlich ökonomische Interessen zu sehen. Während der Südwesten des Distriktes Dolakhā weniger dicht besiedelt ist, weist die Region um die Distrikthauptstadt Jiri eine hohe Bevölkerungsdichte auf. Auch die VDCs entlang der *Lamosango-Jiri-Road* sind deutlich dichter besiedelt. Die im Distrikt Dolakhā untersuchten Siedlungen Pokhare und Thulīnāgī gehören der VDC Böch (3706 Einwohner) an (vgl. HMG, 2002c).

Terāī

Die im Distrikt Sarlāhi untersuchte Siedlung **Karmaiyā** gehört dem gleichnamigen VDC an, das eine Bevölkerungszahl von 7095 Personen aufweist (vgl. HMG, 2002c). Betrachtet man die Bevölkerungszahlen für den Distrikt Sarlāhi im Terāī, wird schnell deutlich, dass der Terāī der bevorzugte Siedlungsraum des Landes ist. Nach dem *Population Census 2001* (HMG, 2002c) hatte der Distrikt Sarlāhi eine Gesamtbevölkerung 635.701 Personen. Rechnet man diese Zahlen auf die Distrikfläche von lediglich 1.259 km² um, so ergibt sich für den Distrikt Sarlāhi eine Bevölkerungsdichte von 505 EW/km². Der Distrikt Sarlāhi gehört somit zu den am dichtesten besiedelten Gebieten Nepāls und wird lediglich von den benachbarten Distrikten Mahottari mit 552 EW/km² und Dhanusā mit 569 EW/km² sowie von den urbanen Zentren Bhaktapur mit 1.895 EW/km² und Kāthmaṇḍu mit 2.739 EW/km² übertroffen. Mögliche Gründe für eine derart hohe Bevölkerungsdichte sind zum einen in den für die Landwirtschaft günstigen ökologischen Bedingungen zu sehen. Zum anderen haben geplante Siedlungsprojekte und spontane, illegale Landnahme, angezogen von Bewässerungsprojekten, Arbeitsplätzen in Landwirtschaft und Industrie, zu einer derart hohen Bevölkerungsdichte beigetragen.

4.3.2.2 Ethnische Differenzierung der Bevölkerung

Aufgrund der Lage Nepāls in der geographischen und kulturellen Übergangszone zwischen zwei gänzlich verschiedenen Kulturen und Sprachfamilien ist der Nepāl-Himālaya zum Austauschbereich für verschiedene Einflüsse geworden. Durch die Zuwanderung mongolischer Volksgruppen aus dem Norden sowie indider Gruppen aus dem Süden hat sich Nepāl im Laufe seiner wechselhaften Geschichte zu einer ethnischen Durchdringungszone entwickelt, zugleich aber auch zu einem Überschneidungsbereich des Indischen und Tibetisch-chinesischen Kulturerteils (vgl. HAFFNER, 1979).

Wie bereits HAFFNER (1979) feststellt, ist für Nepāl eine nahezu stockwerkartige Anordnung der verschiedenen Bevölkerungsgruppen in den unterschiedlichen Höhen- und somit Siedlungszonen des Landes festzustellen (vgl. auch HAGEN, 1980; HEUBERGER, 1973; FRANK, 1977, 1980). Es mögen zwar regional mehr oder weniger starke Unterschiede bestehen, jedoch darf man davon ausgehen, dass die tibetischen Gruppen (Bhote; *bhot nep.* «Tibet»; vgl. FÜRER-HAIMENDORF, 1981; HAFFNER, 1966; HOFFMANN, 1995a, b) überwiegend entlang der

Nordgrenze Nepāls in den höheren Lagen des Himālayas siedeln. Die tibeto-burmanischen Gruppen (*Pahāriyā* nep. «Leute aus den Bergen»; vgl. PFAFF-CZARNECKA, 1989; HÖFER, 1986; MESSERSCHMIDT, 1976a, b, 1984), zu den alt eingesessene Bevölkerungsgruppen wie Tāmāñ, Guruñ, Magar und Newār zählen, bevorzugen hingegen die mittleren Höhenlagen des Nepalesischen Mittellandes. Die indo-nepalesischen Gruppen (*Parbatiyā* nep. «Leute aus dem Distrikt Parbat», hinduistische Gruppen und Berufskasten) besiedeln ebenfalls das Nepalesische Mittelland, bevorzugen im Gegensatz zu den Pahāriyā jedoch die tieferen Lagen unter 1500 m NN. Die Siedlungszone der autochthonen Terāi-Bevölkerung (*Awālia*, nep. *awal*, *aul*, *auwal* «Tiefeland, Sumpf(-fieber)», vgl. KRAUSKOPFF, 1995; McDONAUGH, 1984a, b; MÜLLER-BÖKER, 1995b, 1997a), als deren bekanntesten Vertreter die Thāru gelten, der Terāi-Kasten sowie der Moslems beschränkt sich hauptsächlich auf die Ebene des Terāi.

Entsprechend der vertikalen Verteilung der unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen Nepāls lassen sich auch den untersuchten Siedlungen bestimmte Gruppierungen zuordnen (vgl. Tab. 7). So gehört die Bevölkerung der Siedlungen Bagarchhāp, Manāñ und Lārjuñ im Hohen Himālaya überwiegend den tibetischen und tibeto-burmanischen Volksgruppen an. Angehörige indo-nepalesischer Gruppen sind im Hohen Himālaya im Allgemeinen nicht heimisch, sie halten sich dort jedoch berufsbedingt, z.B. als Verwaltungsbeamte, Lehrer oder aber als Handwerker (nep. *Kāmi* «Schmied»; nep. *Damāi* «Schneider»; nep. *Gaine* «Musiker») auf. Die Bevölkerung in den betrachteten Siedlungen Tātopānī, Jaljale, Pokhare und Thulīnāgī im Nepalesischen Mittelland gehört zumeist den tibeto-burmanischen sowie den indo-nepalesischen Volksgruppen an. Neben der autochthonen Gruppe der Thāru und den typischerweise im Terāi siedelnden indo-arischen Gruppen sind in der Siedlung Karmaiyā auch Bevölkerungsgruppen vertreten, die den tibeto-burmanischen oder den indo-nepalesischen Gruppen angehören wie z.B. Tāmāñ, Newār oder auch Chetri.

Tab. 7: Ethnische Differenzierung der Bevölkerung in den untersuchten Siedlungen (eigene Erhebungen)

	Siedlung / Distrikt	Hinduistische Gruppen	Ethnische Gruppen	Berufskasten
Hoher Himālaya	Bagarchhāp / Manāñ	-	Gyasumdopa, Guruñ	-
	Manāñ / Manāñ	-	Manangki, Guruñ, Tibeter	
	Lārjuñ / Mustāñ	-	Thākāli	Kāmi, Sārki
Nepales. Mittelland	Tātopānī / Mustāñ		Thākāli, Magar	Sārki, Dāmai
	Jaljale / Sindhupālchok	Chetri, Brahmanen	Newār	
	Pokhare & Thulīnāgī / Dolakhā	Chetri	Tāmāñ, Newār	
Terāi	Karmaiyā / Sarlāhi	Chetri, Brahmanen	Thāru, Tāmāñ, Magar	Kushnar

4.3.3 GEOLOGISCH-TEKTONISCHE VERHÄLTNISSE

Im Folgenden wird auf die geologisch-tektonischen Verhältnisse in der Umgebung der untersuchten Siedlungen eingegangen. Das lokal anstehende Gestein ist von prägender Bedeutung für das Relief und die Bodenverhältnisse und beeinflusst daher die Lage bzw. Anlage von Siedlungen sowie die landwirtschaftliche Nutzung. Darüber hinaus wird vor allem die Grunddisposition von Massenbewegungs- und Murprozessen durch den geologischen Aufbau beeinflusst, der die chemischen und physikalischen Gesteinseigenschaften und somit das Verhalten gegenüber Erosion und Verwitterung bestimmt.

4.3.3.1 Geologisch-tektonische Verhältnisse im Hohen Himālaya

Bagarchhāp liegt im Bereich der kristallinen Deckenwurzeln, in die der Marsyāñdi Kholā ein tiefes Kerbtal eingeschnitten hat. Nördlich von Bagarchhāp tauchen große Disharmonien in diesen Kalksilikat-Gneisen auf, die durch zahlreiche Falten, Überschiebungen und Dislokationen hervorgerufen werden (vgl. HAGEN, 1968:51). In der Zone zwischen Nāje im S und Cāme im N des betrachteten Talabschnittes tritt nach HAGEN (1968:53) südlich von Nāje die kristalline Serie der Marsyāñdi Schlucht auf, die die Basis für die Kalksilikat-Gesteine und Marmore von Thonje-Bagarchhāp bildet. Letztere sind von der aufwärts gefalteten, kristallinen Serie von Thangja-Kyupār überschoben. Diese bilden die oberste tektonische Einheit und somit das Fundament für das Tibetische Randsynklinorium von Manāñ.

Bei Bagarchhāp sind lakrustische Ablagerungen zu finden, die sich in Folge von Seenbildung an einer Endmoräne durch den Aufstau der Schmelzwasser während des Gletscherrückzuges der Riss-Vereisung abgelagerten (vgl. SHARMA, 1984/85). Auf gelb-grauem Ton lagerte sich sandiger Schluff gefolgt von fluvioglazialen Ablagerungen an der Oberfläche ab; die Basis für diese Ablagerungen bildet risszeitliches Moränenmaterial. Nach VÖLK (1998) reichte der hocheiszeitliche Talgletscher des Marsyāñdi-Tales lediglich bis Cāme. Daher muss angenommen werden, dass die von SHARMA (1984/85) beschriebenen glazialen Ablagerungen bei Bagarchhāp von einer jüngeren Seitentalvergletscherung stammen.

Südöstlich von Bagarchhāp kreuzen zwei tektonische Einheiten: der Manāslu-Himāl, der von NNW nach ESE streicht, und die quer dazu NW-SE verlaufende Annapurṇa-Kette (HAGEN, 1968:51). Im Gegensatz zur Annapurṇa-Kette ist der Manāslu-Himāl recht einfach gebaut. Er besteht hauptsächlich aus Kristallinkomplexen, in denen Granite und Granitgneise vorherrschen. Nach HAGEN (1969) hat die kristalline Masse des Manāslu-Himāl ihren Ursprung im Granitmassiv von Mustāñ, anders als dort weist er im Gebiet des Manāslu-Himāl zunehmend Verfaltungen auf.

Geologisch ist **Manāñ** im oberen Marsyāñdi-Tal der Sedimentzone des Tibetischen Randsynklinoriums von Langu-Manāñ zuzuordnen (vgl. HAGEN, 1968), das kompliziert verfaltete und verschuppte Formationen von Silur bis zur oberen Kreide aufweist. Das obere Marsyāñdi-Tal repräsentiert ein großes synklinales Tal innerhalb der tibetischen Serie, das aus paläozoischen, nicht bis wenig metamorphisierten, pelitischen Sedimenttypen aufgebaut ist (vgl. BORDET et al., 1975). In den quartären Ablagerungen finden sich hauptsächlich Kalkstein (Devon), Ton-schiefer (Karbon), Dolomit (Perm-Trias), Schiefer und Quarzit. Das Synklinorium wird im Norden durch den Granit des Tibetischen Randgebirges, im Süden durch die kristallinen Formationen der Himālaya-Hauptkette begrenzt (vgl. HAGEN, 1969).

Bei Manāñ bildet eine große Anzahl von Grundmoränen aus der letzten großen Talvergletscherung des Pleistozäns die Hauptmasse der quartären Talfüllung (vgl. SHARMA, 1984/85). In der nachfolgenden Geomorphogenese entstanden junge Aufschüttungsformen wie neoglaziale und historische Wallmoränen von Seitentalgletschern, fluviale Schotterterrassen und kleinere rezente Bergstürze (vgl. VÖLK, 1998). Im Spätglazial der letzten pleistozänen Großvereisung, noch vor Beginn der neoglazialen Aktivitäten aus den Seitentälern, sind durch flächenhaften Abtrag Kryopedimente gebildet worden, die in Form von vier Terrassen unterschiedlichen Niveaus entlang der Talflanken ausgebildet sind (vgl. VÖLK, 1998:174).³⁷ Zu den bedeutendsten Sedimenten gehören quartärer Moränenschutt und pleistozäner Geschiebelehm, die den Beweis für eine pleistozäne Talvergletscherung des Marsyāñdi Tales bis Cāme liefern (vgl. VÖLK, 1998).

Die nördlich von Manāñ gelegene Bergflanke ist aus Dolomiten aufgebaut und streicht bzw. fällt mehr oder weniger parallel zur Oberfläche. Mikrotektonisch lagern oberhalb der Siedlung Manāñ permische Kalksteine wechsellagernd mit Mergeltonen, die als „Schmiermittel“ für Schichtgleitung fungieren können, so dass es durch Gravitationsgleiten zu Erdbeben kommen kann (vgl. HAGEN, 1968:72f.).

Die Siedlung **Lārjuñ** liegt im geologischen Übergangsbereich zwischen der kristallinen Wurzelzone der Himālaya-Schuppenzone, deren Deckenteile in südlicher Richtung z.T. bis zur Mahābhārat-Lekh überschoben wurden, und den Sedimenten des Tibetischen Randsynklinoriums. Die Himālaya-Schuppenzone ist aus kristallinen Decken der Hauptkette aufgebaut, die von kompliziert gebauten Tethys-Sedimenten überlagert werden. In tieferen Schichten der kristallinen Decken sind hauptsächlich fein- bis mittelkörniger, muskovithaltiger kristalliner Kalkstein und Biotit-Muskovit-Kalzit-Schiefer zu finden, wobei die Gesteine in höheren Schichten stärker metamorphisiert sind. Die strukturelle Grenze des Kristallins bildet im Norden die Tukce-Überschiebung. Im Süden wird die Verbreitung der kristallinen Gneise nahe der Siedlung Dānā durch die mit 45° nach Norden streichende zentrale Hauptüberschiebung (MCT) begrenzt (vgl. SAKO, ISHIDA & OHTA, 1973).

In den Metasedimenten des Tibetischen Randsynklinoriums dominieren kalkhaltige Sedimente, reiner Kalkstein oder Marmor kommen nicht vor. Die meisten Gesteine weisen einen hohen Anteil an pelitischen Verunreinigungen auf. An metamorphen Derivaten kommen Muskovit-Kalzit-Schiefer und Biotit-Muskovit-Kalzit-Schiefer vor. Folgt man HAGEN (1968:153), so weisen die kristallinen Decken im Bereich von Lārjuñ von Norden nach Süden grobkörnigen Marmor mit gebänderten Sandsteinschichten und gelblich verwitterter Quarzsand, Serien von Kalksteinen, Quarzit und glimmeriger Sandstein auf.

Im Gebiet von Lārjuñ dominieren glaziofluviale Terrassen und große Schutt- bzw. Schwemmfächer der tributären Flüsse die Morphologie. Im Kāli Gaṇḍakī-Tal ist durch glaziale Überformung ein breites Trogtal ausgeräumt worden, Moränenreste finden sich auf Grund der enormen Eismächtigkeit jedoch nur in größeren Höhen, während der Talbereich durch glazi-

³⁷ HAGEN (1968:60-63) deutet diese Akkumulationen als Material eines gewaltigen, interglazialen Bergsturzes, der aus der orographisch linken Talflanke des Marsyāñdi-Tales herabgestürzt und auf einer Erstreckung von 42,5 km zwischen der Mündung des Khāṅsār Kholā und Pisāñ zur Ablagerung gekommen sein soll. Nach KUHLE (1982:41f.) sind diese Akkumulationen jedoch nacheiszeitlicher Genese, da das Tal während der letzten Eiszeit von einem ca. 1150 m mächtigen Talgletscher durchflossen wurde. Zudem fehle die Abrissnische des Bergsturzes.

ofluviatile und fluviale Prozesse eine weitere Überformung erfahren hat.³⁸ Aus der E-Flanke des Dhaulāgiri ging einer der mächtigsten Teilströme des Thāk Kholā-Eisstromnetzes hervor. KUHLE (1982:45f.) nimmt aufgrund einer Gletscherüberschiebung eine Eismächtigkeit von 1200 m zur Hocheiszeit im zentralen Sammelbecken zwischen Lārjuñ und Dhampu an. Die rekonstruierte Maximalvereisung gibt KUHLE (1982) mit würmeiszeitlich an.

4.3.3.2 Geologisch-tektonische Verhältnisse im Nepalesischen Mittelland

Geologisch ist das Gebiet um **Tātopānī** den *midland metasediments* bzw. den großen Deckenüberschiebungen HAGENS (1968) zuzuordnen und gehört daher der Zone des Nepalesischen Mittellandes an. Die Kālī Gaṇḍakī verläuft bei Tātopānī in Form eines Kerbtals im Bereich des Kristallins der Kāṭhmāṇḍu Decke. Nahe der Siedlung Dānā, ca. fünf Kilometer nördlich von Tātopānī gelegen, wo die zentrale Hauptüberschiebung (MCT) verläuft, gehen die Gneise und Granite des Kristallins der Kāṭhmāṇḍu Decke in die kaum metamorphisierten Sedimente der Nuwakot-Decken über. Von Norden nach Süden stehen in den Nuwakot Decken bei Tātopānī Phyllite mit Quarzitlinsen, weiße Quarzite, weißer Marmor und tektonisierter Kalkstein an (vgl. HAGEN, 1968:153). Gesteine stehen in Form von bis zu 5000 m mächtigen chloritischen Glimmerschiefern, chloritischen Schiefern, Quarzit und kleinere Mengen von kalkigem Schiefer und Amphibolit an. Der Ursprung dieser Gesteine liegt hauptsächlich in pelitischen Sedimenten wie Biotit, Schiefer, schwarzem Phyllit und Tonschiefer, die der mittleren Untergruppe der *midland metasediments* angehören. Dabei ist der Grad an Metamorphisierung von Süd nach Nord abgestuft.

Die bis zu 12.000 m mächtige *midland metasediment zone* ist im Bereich von Tātopānī durch die Formation der *Mayandi crystalline schist zone* geprägt. Sie beginnt südlich der MCT und wird im S durch die Mayandi-Verwerfung begrenzt. Bei dieser Verwerfung handelt es sich um eine steil nach W abfallende Aufschiebung, die im Bereich der Siedlung Benī von der *Dhorpatan phyllite zone* und der *Baglung schuppen zone* abgelöst wird (SAKO, ISHIDA & OHTA, 1973:195). Generell weist diese Region, in der die Schichten konstant von Osten nach Westen streichen, eine einfache, homoklinale Struktur auf.

In der Umgebung der untersuchten Siedlungen **Jaljale**, **Pokhare** und **Thulnāgī** dominieren die Gesteine der autochthonen *midland metasediments*, denen aus N die metamorphen Gesteine des Hohen Himālayas aufgeschoben wurden. Weite Teile der betreffenden Region liegen in der für den nördlichen Bereich des östlichen Nepalesischen Mittellandes typischen *Ramosango crystalline schist zone* (vgl. MARUO, OHTA & ARITA, 1973:72), deren homoklinale Strukturen nach N streichen. Im untersuchten Raum sind jedoch nicht alle Formationen vertreten. So sind im Süden der *Ramosango crystalline schist zone* mit einer Mächtigkeit von bis zu 8000 m die wenig metamorphen, sandigen Phyllite der Chaunri Sandstein-Formation vertreten. Im südlichen Abschnitt der *Ramosango crystalline schist zone* finden sich Glimmerschiefer, Meta-Sandstein und Phyllite, die dem mittleren Teil der Chaunri-Formation entsprechen. Im Nordosten der

³⁸

Im Kālī Gaṇḍakī-Tal entstand ein vorzeitlicher See, der mindestens 360 m tief war und sich über eine Distanz von 46 km von 1 km nördlich der Siedlung Chairō bis 3 km südlich der Siedlung Tanbe erstreckte. HAGEN (1968:140f.) führt die Seenbildung auf tektonische Ursachen zurück, was KUHLE (1982) jedoch ausschließt. Nach KUHLE (1982:70) kam es zur Zeit der postglazialen Gletscherrückentwicklung zu einer Separierung der Teilströme, die zu einer Kammerung des Thāk Kholā respektive zu einem sukzessiven Durchbrechen und Auslaufen des Sees führten. Der See wurde späteiszeitlich vom Dhaulāgiri E-Gletscher aufgestaut, der am längsten im Talgrund ausdauerte, so dass das vordere Ende des Sees um 7,5 km von Chairō nach Lārjuñ verlegt wurde.

Ramosango crystalline schist zone wird diese Formation von der Okreni Pelit-Formation überlagert, die hier als pelitischer Granat-Glimmerschiefer in Begleitung von Glimmerschiefer ansteht. Im Norden der *Ramosango crystalline schist zone* ist die Deorali Kalkstein-Formation weit verbreitet, die in Nähe der Siedlung Deorali ihre größte Mächtigkeit erreicht. Sie ist gekennzeichnet durch drei mächtige kristalline Kalksteinschichten mit Einschlüssen von kohle-schwarzem Graphit-Quarz Schiefer. Bedingt durch diese sanften geologischen Strukturen weisen die Gesteine der *midland metasediments*, hauptsächlich jene der mittleren und oberen Untergruppe, ein umgekehrt V-förmiges Verbreitungsmuster entlang der Täler auf.

Im Süden des Untersuchungsgebietes verläuft die so genannte Sailung-Überschiebung, die mit der Bigu-Überschiebung im N korrespondiert.³⁹ Die Sailung-Überschiebung markiert gleichzeitig die westliche Grenze jenes Gebietes, das durch die enorme Südwanderung der Überschiebungsdecken charakterisiert ist. Mächtige kristalline Decken wurden entlang des Sailung-Berg-rückens der MCT bis zu 50 km nach Süden überschoben. Die Sailung-Überschiebung verläuft nahezu im rechten Winkel zum longitudinalen Dādār Dādā-Bruch. Diese Bruchzone ist erdgeschichtlich älter als die Überschiebungszonen und ist durch vertikale Dislozierung entlang der steil streichenden Bruchzone charakterisiert.

4.3.3.3 Geologisch-tektonische Verhältnisse im Terāi

Die Siedlung **Karmaiyā** liegt am nördlichen Rand des Terāis, der aus feinsandigen, pleistoholozänen, alluvialen Sedimenten großer Mächtigkeit aufgebaut ist. Etwa 1 km nordöstlich von Karmaiyā steigt über die zwischengeschaltete Bhārbar-Zone die Śiwālik-Kette an. Morphologische Kennzeichen der Bhārbar-Zone sind flache, breite Schuttfächer aus kolluvialen Ablagerungen von groben Schottern und Schwemmsanden. Die Śiwālik-Kette ist die jüngste geologische Formation des Himālaya-Systems. Aufgebaut wird sie von Erosionsschutt aus dem Pliozän und dem frühen Pleistozän, der in der letzten Faltungs- und Hebungsphase des Himālayas abgelagert wurde (vgl. HAFFNER, 1979:6f.; HAGEN, 1969). Die Śiwālik-Kette ist aus dem so genannten Śiwālik-Stratum aufgebaut, wobei zwischen dem unteren und mittleren Stratum aus leicht verfestigtem Sandstein und dem oberen Stratum aus Konglomeraten unterschieden werden muss. Nach HAGEN (1968:112, Fig. 91) dominiert im Gebiet von Karmaiyā das mittlere Śiwālik-Stratum, in dem sich mittelgrober, glimmriger Sandstein mit Quarz und Feldspat findet. Bedingt durch die Lage der Siedlung am Bāgmatī bzw. auf einem Riedel sind des Weiteren fluvi-ale Ablagerungen verschiedenster Korngrößen von feinen Sanden bis hin zu großen Gesteinsblöcken vorzufinden.

³⁹ Bigu-Überschiebung und Sailung-Überschiebung entsprechen nach MARUO, OHTA & ARITA (1973:75) geologisch der MCT, da deren tektonische Positionen mit der MCT in anderen Regionen Nepāls identisch sind.

4.3.4 KLIMATOLOGISCHE DIFFERENZIERUNG⁴⁰

Das Klima stellt eine zeitlich variable Größe dar und kann unter bestimmten Bedingungen zur Auslösung eines gefährlichen Prozesses beitragen. Besonders die Klimaelemente Niederschlag und Temperatur stellen im Hinblick auf die Entstehung und Auslösung von extremen Naturereignissen wichtige Faktoren dar. So beeinflussen extreme Temperaturschwankungen die physikalischen Verwitterungsvorgänge, wodurch beispielsweise für Murgänge oder Massenbewegungen disponibles Lockermaterial aufbereitet wird. Das Niederschlagsgeschehen steuert maßgeblich das Auftreten von Hochwasserereignissen und spielt eine wichtige Rolle bei der Auslösung von Massenbewegungen (vgl. Kap. 4.2).

4.3.4.1 Klimatologische Charakterisierung der Siedlungen im Hohen Himālaya⁴¹

Regionale Niederschlagsverteilung

Im Gebiet der Siedlung **Manāñ** ist ein abgeschwächter Monsuneinfluss festzustellen. Die feuchten, monsonalen Luftmassen dringen entlang der Schlucht des Marsyāñdi Kholās, der den Himālaya-Hauptkamm zwischen Lamjuñ-Himāl und Manāslu-Himāl durchbricht, weit bis in Bereiche nördlich der Hauptkette vor. Vergleicht man zunächst die mittleren Monats- und Jahresniederschläge der klimatologischen Stationen Cāme (2680 m NN) und Manāñ (3500 m NN), die beide nördlich der Himālaya-Hauptkette liegen, so weisen die Niederschlagssummen von Südosten nach Nordwesten eine eindeutige Abnahme auf. Die jährlichen Niederschläge in Cāme betragen im Mittel 954 mm (1987-2000) und fallen in Manāñ sogar auf 504 mm (1987-1990, 1995-2000) ab. In Cāme entfallen 57 % der Niederschläge (546 mm) auf die Monate Juni bis September (vgl. Abb. 10). In dieser Zeit, in der Nepāl völlig unter dem Einfluss des Monsuns steht, fallen in Manāñ mit 281 mm lediglich 56 % der mittleren Jahresniederschläge.

In **Bargarchhāp**, im Tal des Marsyāñdi Kholā wenige Kilometer westlich der Einmündung des Dudh Kholā zwischen den Gipfeln von Lamjuñ- und Manāslu-Himāl gelegen, dürften die Niederschläge aufgrund des Staueffekts des Gebirges noch weitaus höher liegen. So maß POHLE (1993a) in Tilje (2220 m), ca. 5 km nordöstlich von Bargachhāp am Dudh Kholā gelegen, eine Niederschlagssumme von 1255 mm (August 1983 bis August 1984), wobei im Juli ein Niederschlagsmaximum von 287 mm erreicht wurde. Mit 790 mm entfallen 63 % der Niederschläge auf den Monsun. Die Autorin geht davon aus, dass die Niederschläge in Bagarchhāp ähnliche Werte erreichen wie in Tilje.

⁴⁰ Die verwendeten Klimadaten stammen, soweit nicht anders kenntlich gemacht, aus den *Climatological Records of Nepal* (vgl. HMG, 1984b, 1995a, 1997, 1999a, 2001a, 2001b, 2002a, 2002b).

⁴¹ Im Marsyāñdi-Tal im Manāñ Distrikt werden lediglich zwei Stationen unterhalten: Cāme und Manāñ, wobei in Manāñ nur Niederschläge gemessen werden. In Bagarchhāp wird keine Messstation unterhalten. Daher werden zur klimatologischen Charakterisierung die von POHLE (1993a) erhobenen Klimawerte der Siedlung Tilje, die knapp fünf Kilometer nordöstlich von Bagarchhāp am Dudh Kholā liegt, herangezogen. Da in der untersuchten Siedlung Larjuñ ebenfalls keine Messstation vorhanden ist, werden Niederschlags- und Temperaturwerte der Station Mārphā sowie Temperaturwerte der Station Lete herangezogen.

Eine Bestimmung der jährlichen Niederschlagssumme und der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge für **Lārjuñ** unter Zuhilfenahme der Messwerte der Stationen Mārphā (2655 m NN) und Lete (2450 m NN) ist problematisch. Fallen im ca. 8 km südlich von Lārjuñ gelegenen Lete im Mittel noch 1519 mm Niederschlag (1980-1982, 1987-1990, 1995-2000), so sind in Mārphā, lediglich 8 km nördlich von Lārjuñ, nur noch 435 mm (1987-2000) verzeichnet. Bei Betrachtung der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge wird deutlich, dass Lete noch einen stark monsun geprägten Jahresgang aufweist. Mit 962 mm entfallen 63,3 % der Niederschläge in Lete auf die Monate Juni bis September, Mārphā erhält mit 233 mm nur noch 53,6 % der Niederschläge während des Monsuns (vgl. Abb. 10). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass auch die Niederschlagstätigkeit in Lārjuñ noch unter Einfluss des Monsuns steht, da in Țukce, rund 2 km nördlich von Lārjuñ, erst die Grenze des Regenfeldbaues erreicht wird. Quantitative Aussagen zu Höhe und Verteilung der Niederschläge in Lārjuñ wären an dieser Stelle jedoch rein spekulativer Natur.

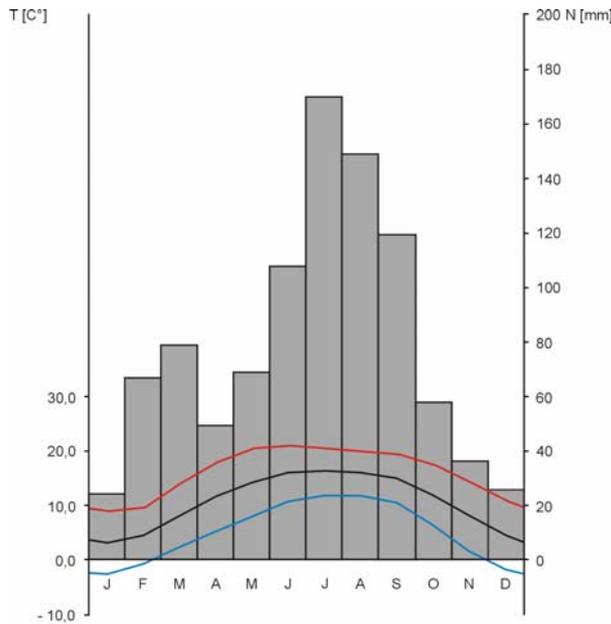
Temperaturverhältnisse

Es liegen lediglich von der Station Cāme offizielle Temperaturmessungen vor, in den Stationen Tilje und Manāñ wurden von POHLE (1993a) von August 1983 bis August 1984 eigenständige Messungen durchgeführt. Dabei treten die höchsten Temperaturen in der Messperiode 1983/84 in den Stationen Manāñ und Tilje jeweils mit 20 °C im August auf, während in Cāme bereits im Juli mit 16,2 °C die wärmsten Temperaturen zu verzeichnen sind (vgl. Abb. 10). Ab September setzt an allen Stationen ein starker Temperaturabfall ein, wobei die niedrigsten Temperaturen im Januar erreicht werden. Von **Bargachhāp** liegen keine Messwerte vor, die Temperaturverhältnisse dürften sich jedoch aufgrund der geographischen Lage denen von Tilje annähern. Die Station Tilje (2220 m) hat mit einem Jahresmittel von 14,4 °C (vgl. POHLE, 1993a) die wärmsten Temperaturen zu verzeichnen. Bei Annahme eines feuchtadiabatischen Temperaturgradienten von 0,6 °C/100 m ergäbe sich für Bagarchhāp eine Jahresdurchschnittstemperatur von 15,6 °C.

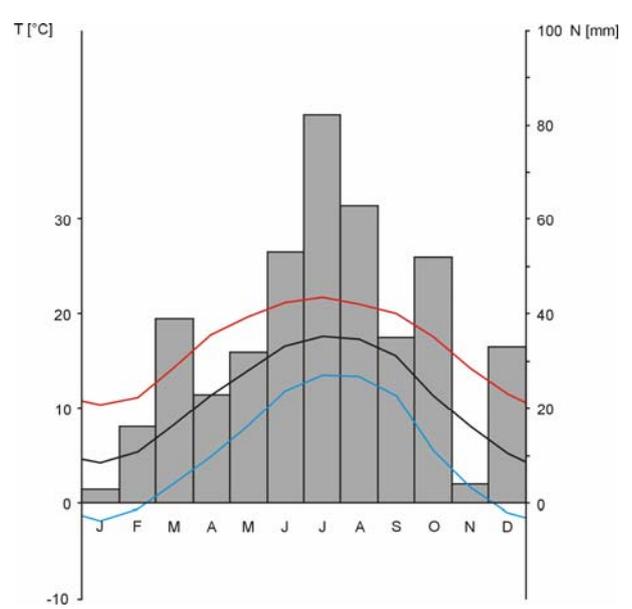
Der Jahresmittelwert der Station **Manāñ** weicht allerdings von der gesetzmäßigen Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe ab. Auf einer Höhe von 3500 m weist Manāñ eine Jahresmitteltemperatur von 10,8 °C auf (vgl. POHLE, 1993a), die damit wenig höher als die des ca. 800 Höhenmeter tiefer gelegenen Cāme ist. Bei Annahme eines feuchtadiabatischen Temperaturgradienten von 0,6 °C pro 100 m Höhendifferenz dürfte die Jahresdurchschnittstemperatur von Manāñ höchstens 6 °C betragen. Trotz einer scheinbaren thermischen Begünstigung Manāñs ist das Klima durch extreme Minimumtemperaturen und häufige Fröste gekennzeichnet. So maß POHLE (1993a) im Messzeitraum 1983/84 von Mitte November bis Ende Februar regelmäßig Fröste, im März und April konnten noch gelegentliche Fröste verzeichnet werden.

Analysiert man den Jahresgang der Lufttemperatur der Stationen Mārphā (vgl. Abb. 10), so zeichnen sich für diese Region ebenfalls thermische Jahreszeiten mit relativ warmen Sommermonaten und kühlen Wintermonaten ab. Die niedrigsten Monatsmittel der Lufttemperatur treten im hier betrachteten Messzeitraum mit 4,3 °C im Januar auf. Die höchsten Monatsmitteltemperaturen sind mit 17,3 °C im Juli zu verzeichnen. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt für Mārphā (2566 m) 11,3 °C. Bei Annahme eines feuchtadiabatischen Temperaturgradienten von 0,6 °C/100 m ergäbe sich für **Lārjuñ**, ausgehend von der Jahresdurchschnittstemperatur von Mārphā, ein Jahresmittel von 11,7 °C. Da die Temperaturen in Mārphā aufgrund der Strahlungsgunst relativ überhöht sind liegt der Wert für Lārjuñ vermutlich niedriger.

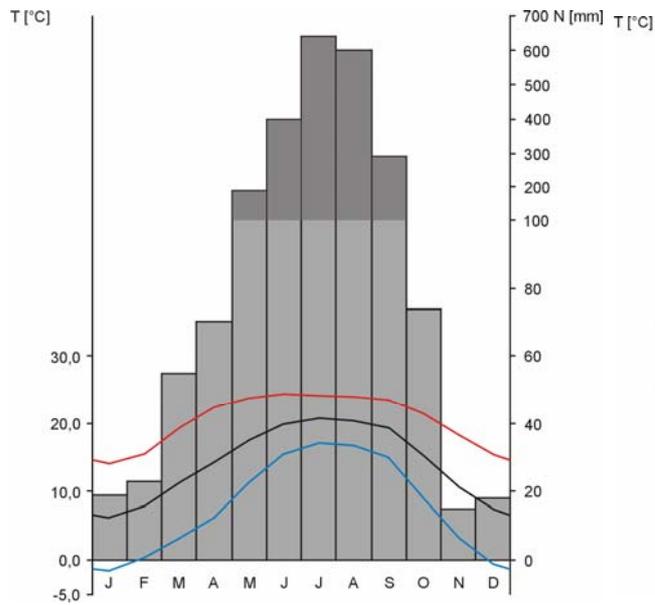
Cäme, 2860 m NN
 Jährliche Niederschlagssumme: 954 mm
 Jahresmittel der Temperatur: 10,7°C



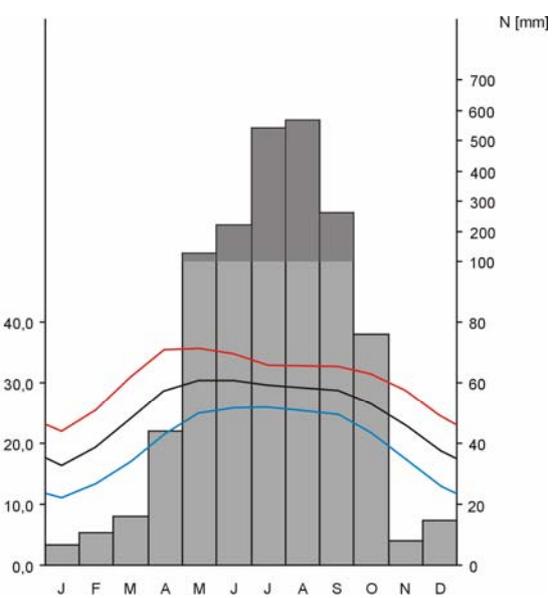
Märphä, 2566 m NN
 Jährliche Niederschlagssumme: 435 mm
 Jahresmittel der Temperatur: 11,3°C



JirT, 2003 m NN
 Jährliche Niederschlagssumme: 2377 mm
 Jahresmittel der Temperatur: 14,3°C



Karmaiyä, 131 m NN
 Jährliche Niederschlagssumme: 1910 mm
 Jahresmittel der Temperatur: 25,6°C



Monatsmittel der Temperatur ———
 Max. Monatsmittel der Temperatur ———
 Min. Monatsmittel der Temperatur ———

Monatliche Niederschlagssumme █

Abb. 10: Jahrgang von Temperatur und Niederschlag an den Stationen Cäme, Märphä, Jiri und Karmaiyä (vgl. HMG, 1984b, 1995a, 1997, 1999a, 2001a, 2001b, 2002a, 2002b). Zur geographischen Lage der Stationen vgl. Karte 4, 5, 8 und 9. Entwurf und Grafik: A. Titz

4.3.4.2 Klimatologische Charakterisierung der Siedlungen im Nepalesischen Mittelland⁴²

Regionale Niederschlagsverteilung

Vergleicht man das Mittel der jährlichen Niederschläge der auf der Himālaya-Südabdachung gelegenen Stationen Pokharā (830 m NN) mit der Station **Tātopānī** (1220 m NN), so fallen zunächst die von Süden nach Norden abnehmenden jährlichen Niederschlagssummen auf. Die Station Pokharā erhält aufgrund des regenstauenden Effektes von Dhaulāgiri- und Annapurṇa-Himāl im mehrjährigen Mittel (1987-2000) 4233 mm Niederschlag im Jahr. Tātopānī, in der Schlucht der Kālī Gaṇḍakī gelegen, erhält mit 1764 mm (1987-2000) deutlich geringere Jahresniederschläge. Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge verdeutlicht, dass die betrachteten Stationen unter dem Einfluss des Monsuns stehen. Mit 3260 mm entfallen 80,2 % der Gesamtniederschläge der Station Pokharā auf die Monate Juni bis September. In Tātopānī fallen mit 1357 mm 76,9 % der Niederschläge in den Monaten Juni bis September, wobei allerdings erst im August mit 430 mm ein Maximum zu verzeichnen ist.

Der **Osten des Nepalesischen Mittellandes** steht gänzlich unter dem Einfluss des Sommermonsuns, was durch einen Vergleich der mittleren Monats- und Jahresniederschläge der klimatologischen Stationen Bārhabise (1220 m) und Thokarpā (1750 m) mit den Stationen Charīkoṭ (1940 m) und Jirī (2003 m) deutlich wird. Die Station Bārhabise erhält durchschnittlich 3391 mm Niederschlag pro Jahr (1987-1990, 1995-2000). Mit 2785 mm entfallen für den Beobachtungszeitraum 82,1 % der mittleren Jahresniederschläge auf die Monate Juni bis September. In Thokarpā betragen die mittleren jährlichen Niederschlagssummen 2176 mm, in Charīkoṭ 2103 mm und steigen in Jirī auf 2377 mm an. Unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge wird deutlich, dass alle vier Stationen einen typisch monsunalen Jahresgang aufweisen. In den Monaten von Juni bis September fallen in Thokarpā mit 1749 mm 80,4 % der mittleren Jahresniederschläge. An der Station Charīkoṭ fallen mit 1692 mm 80,5 % der jährlichen Niederschläge auf die Monate Juni bis September. Die Station Jirī erhält in den Monaten Juni bis September mit 1917 mm rund 80,6 % der jährlichen Niederschläge, wobei im Juli mit 640 mm ein Maximum erreicht wird (vgl. Abb. 10).

Temperaturverhältnisse

An der Klimameßstation in **Tātopānī** werden lediglich Niederschläge erfasst. Um die Temperaturverhältnisse von Tātopānī näher zu charakterisieren, stehen neben Messwerten der rund 20 km südlich von Tātopānī gelegenen Station Benī nur die Werte der ca. 20 km nördlich im Kālī Gaṇḍakī-Tal gelegenen Station Lete zur Verfügung. Es wurde jedoch beschlossen, die Werte dieser Stationen nicht zur Bestimmung der Temperaturverhältnisse in Tātopānī heranzuziehen, da es sich um relativ weit auseinander liegende Stationen auf der Nord- bzw. Südseite des Himālaya-Hauptkammes handelt, zwischen denen sich ein rascher Wechsel der ökologischen

⁴² Zur klimatologischen Charakterisierung der untersuchten Siedlungen im Osten des Nepalesischen Mittellandes kann auf die Werte der klimatologischen Stationen Bārhabise (1220 m), Thokarpā (1750 m), Charīkoṭ (1940 m) und Jirī (2003 m) zurückgegriffen werden. In den Stationen Bārhabise, Thokarpā und Charīkoṭ werden lediglich die Niederschläge erfasst, Temperaturwerte werden einzig in der Station Jirī aufgezeichnet. Aus der untersuchten Siedlung Tātopānī im Distrikt Myāgdi liegen Niederschlagsmessungen vor, zu Vergleichszwecken können die Messdaten der Stationen Pokharā, Bāgluñ und Beni herangezogen werden.

und somit auch der klimatischen Verhältnisse vollzieht. Da Angaben zu den Temperaturverhältnissen in Tātopānī rein spekulativer Natur wären, wird auf eine Bestimmung verzichtet.

Betrachtet man den Jahresgang der Lufttemperatur der Station **Jiri** (1990-2000; vgl. Abb. 10), so zeichnen sich eindeutig thermische Jahreszeiten mit relativ warmen Sommermonaten und kühlen Wintermonaten ab. Dabei ist der Januar mit durchschnittlich 6,2 °C der kälteste Monat, die höchsten Temperaturen werden im Juli mit 20,7 °C erreicht. Das Jahresmittel der Station Jiri liegt bei 14,3 °C. In den Frühjahrsmonaten Februar bis Mai steigen die Temperaturen rasch an, in diesem Zeitraum sind zugleich aber auch die höchsten tageszeitlichen Tagesschwankungen zu verzeichnen. Im Juni erreicht die Monatsmitteltemperatur bereits 20 °C. Eine weitere Aufheizung der Atmosphäre wird in den folgenden Monaten aufgrund der dichteren Bewölkung und regen Niederschlagstätigkeit während des Monsuns verhindert. Die Monate von Juni bis September weisen maximale Durchschnittstemperaturen von 25 °C auf, ein Temperaturmaximum ist jedoch nicht ausgeprägt. Das absolute Temperaturmaximum wird vor Einsetzen des Monsuns im Juni mit 29,2 °C erreicht. Ab Oktober nehmen die Monatsmittel der Lufttemperatur sehr rasch ab. Sind während des Monsuns nur geringe tageszeitliche Temperaturschwankungen zu verzeichnen, so steigen diese in den nachfolgenden Wintermonaten wieder an. Im hier betrachteten Messzeitraum (1990-2000) waren keine Frosttage zu verzeichnen, generell können jedoch in den Monaten von November bis Februar Strahlungsfröste auftreten, gelegentlich auch noch in den Monaten März und April.

4.3.4.3 Klimatologische Charakterisierung der Siedlung im Terāi

Regionale Niederschlagsverteilung

Vergleicht man die jährlichen Niederschlagssummen klimatologischer Stationen im nepalesischen Terāi, so ist ein Anstieg von Süd nach Nord festzustellen, der durch die Stauwirkung der Śiwāliks bzw. der Mahābhārat Lekh hervorgerufen wird. In Gaur, auf 90 m NN an der Nepalesisch-Indischen Grenze gelegen, fallen im langjährigen Mittel 1534 mm Niederschlag (1987-2000), **Karmaiyā**, auf 130 m NN am Fuße der Śiwāliks, erhält im Jahresmittel bereits 1910 mm (1987-2000). Mit 1246 mm fallen in Gaur während des Monsuns 81,2 % der jährlichen Niederschläge. An der Station Karmaiyā fallen in den Monaten Juni bis September mit 1604 mm 84 % der jährlichen Niederschläge. Mit 544 mm im Juli und 572 mm im August ist in diesen Monaten ein Niederschlagsmaximum ausgeprägt. Das Monatsmittel sinkt im Oktober mit lediglich 76 mm merklich ab. In Karmaiyā sind die Wintermonate von November bis März durch hygri-sche Trockenheit gekennzeichnet. Mit 57 mm entfallen auf diesen Zeitraum nur noch 3 % der jährlichen Niederschläge (vgl. Abb. 10).

Temperaturverhältnisse

Betrachtet man den Jahresgang der Lufttemperatur an der Station Karmaiyā (vgl. Abb. 10), so fällt zunächst das Fehlen von eindeutigen, thermischen Jahreszeiten auf. Das Jahresmittel der Lufttemperatur beträgt 25,6 °C. Die niedrigsten Monatsmitteltemperaturen sind mit 16,6 °C im Januar zu verzeichnen, die höchsten Monatsmitteltemperaturen werden im Juni mit 30,6 °C erreicht. Die maximalen Monatsmitteltemperaturen werden in Karmaiyā bereits vor Einsetzen des Monsuns im Mai mit 35,9 °C erreicht. Das absolute Temperaturmaximum wurde an der Station Karmaiyā mit 43°C im Mai 1995 erreicht. Das Minimum der Monatsmittel sinkt nicht

unter 7 °C, die absoluten Minimumtemperaturen unterschreiten selbst im kältesten Monat Januar nicht die 0 °C-Grenze, so dass die Region um Karmaiyā – wie der gesamte Terāi – generell als frostfrei angesehen werden kann.

4.3.5 DIE NATÜRLICHE VEGETATION

Der natürlichen Vegetation kommt in Bezug auf Naturgefahren und Naturrisiken eine bedeutende und vielfach kontrovers diskutierte Bedeutung zu. Insbesondere dem Wald werden positive Auswirkungen auf das Interzeptionsvermögen, die Infiltrationskapazität sowie die Speicherkapazität der Böden nachgesagt (vgl. Kap. 7.1.6). Darüber hinaus kommt ihm eine Schutzfunktion gegenüber Massenbewegungen zu. Seit Mitte der 1950er Jahre ist jedoch die natürliche Vegetation bzw. der Waldbestand in weiten Teilen Nepāls, vor allem im Nepalesischen Mittelland und im Terāi, degradiert oder in landwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt worden. In diesem Zusammenhang wurde der Nepāl-Himālaya durch die HED-Theorie (vgl. Kap. 2.3) fälschlicherweise zum Schauplatz einer der weltweit größten Umweltkatastrophen degradiert. Die prognostizierte Umweltkatastrophe, ausgelöst durch Entwaldung und unangepasste Landnutzungstechniken der nepalesischen Bergbauern, ist jedoch nicht eingetreten.

4.3.5.1 Die natürliche Vegetation im Hohen Himālaya

Die Talstufe bei **Bagarchhāp** ist mit immergrünem Höhenwald besetzt. Dieser besteht in der unteren Stufe aus Laubwald mit *Quercus glauca*, *Quercus semecarpifolia* und *Rhododendron arboreum*, die obere Nadelwaldstufe wird von *Tsuga dumosa*, *Abies spectabilis* und *Taxus wallichiana* gebildet. Die Laubwaldstufe ist neben den immergrünen Eichen durch einen dichten Besatz mit epiphytischen Moosen und Flechten sowie durch eine üppig entwickelte Krautschicht gekennzeichnet. Des Weiteren ist *Alnus nepalensis* als Pionierpflanze auf Erdrutschen, Muren sowie entlang von Bachläufen anzutreffen. Im Übergangsbereich zur Annapurṇa-Nordabdachung ist die Laubwaldstufe weniger gut entwickelt, hier finden Nadelwälder eine weitaus größere Verbreitung. Während Laubbäume vor allem an feuchteren, nordexponierten Hängen, in Schluchten und Tälchen vertreten sind, kommen Nadelbäume sowohl auf nord- und südexponierten Hängen als auch an steilen Hängen vor. In den oberen Lagen ist zumeist *Rhododendron* mit *Abies* verbreitet, vertikal folgend bildet *Betula utilis* mit einem Unterwuchs von *Rhododendron campanulatum* die Waldgrenze (vgl. SCHWEINFURTH, 1957:130).

Im Gebiet der untersuchten Siedlung **Manāñ** bilden temperierte Koniferenwälder auf der Annapurṇa-Nordflanke eine weitgehend geschlossene Waldstufe, die sich zwischen 3000 und 3900 m erstreckt. Vertikal schließen sich bis in eine Höhe von 4200 m subalpine Birkenwälder an, die im Gegensatz zu den Koniferen einen kronenschließenden Bestand bilden (vgl. MIEHE, 1982). Die südexponierte Talflanke des Marsyāñdi-Tals ist bei Manāñ weniger dicht bewaldet. Zwar bildet auch hier zunächst *Pinus* einen mäßig feuchten Nadelwald, dieser wird jedoch bald durch einen feuchten Wacholdersteppenwald abgelöst. Oberhalb Manāñ wird *Juniperus indica* als lichter Steppenwald bestandsbildend. Der trockene Wacholdersteppenwald geht ab ca. 4000 m zunächst in eine mäßig feuchte Mattenstufe mit *Juniperus squamata*, gefolgt von einer feuchten, zwergstrauchreichen Mattenstufe mit *Potentiella fruticosa*, *Caragana jubata* und *Rhododendron lepidotum* über. Daneben sind Gramineen (u.a. *Festuca*) sowie zahlreiche Kräuter und Polsterpflanzen vertreten (vgl. MIEHE, 1982; SCHWEINFURTH, 1957).

Bei **Lārjuñ** geht in der Talstufe ein mäßig feuchter Koniferenwald in einen temperierten Koniferenwald mit *Pinus excelsa*, *Picea smithiana*, *Abies* und *Juniperus wallichiana* über. In der Bodenvegetation sind bereits typische Vertreter der alpinen Steppe zu finden. In vertikaler Abfolge schließen sich an den *Juniperus*-Steppenwald temperierte Koniferenwälder an, die an Schatthängen schließlich von *Betula utilis* als Träger der subalpinen Waldstufe abgelöst werden (vgl. SCHWEINFURTH, 1957). Die orographisch linke, westexponierte Kāli Gaṇḍakī-Talflanke ist mit einer nahezu geschlossenen, asymmetrisch ausgebildeten Koniferenwaldstufe besetzt. Während temperierter Koniferenwald aus *Pinus wallichiana* auf Leehängen und Schwemmfächern zu finden ist, besetzt temperierter Koniferenmischwald aus *Cupressus torulosa* und *Pinus wallichiana* häufig den Hangfußbereich steiler Moränenhänge und windexponierter Schroffhänge (vgl. MIEHE, 1984).

4.3.5.2 Die natürliche Vegetation im Nepalesischen Mittelland

Bei **Tātopānī** dominiert der Vegetationstyp des immergrünen Bergwaldes, dessen Bestand an der Annapurṇa-Südflanke als charakteristisch anzusehen ist. Neben *Castanopsis indica* sind *Schima wallichii*, *Engelhardtia* und *Lithocarpus* die Leitarten. Ausläufer dieses Waldtyps, dessen Bestand durch zahlreiche eingeschaltete Kulturflächen in dieser Höhenstufe eingeschränkt ist, sind im Kāli Gaṇḍakī-Tal nördlich der untersuchten Siedlung noch bis Dānā (1420 m) zu finden. Vertikal schließen sich mit zunehmender Höhenlage weitere immergrüne Spezies wie *Rhododendron arboreum*, *Cinnamomum glanduliferum*, *Ilex excelsa* und *Fraxinus floribunda* an. Bereits wenig nördlich von Tātopānī setzt immergrüner Höhenwald ein, dessen untere Laubwaldstufe von immergrünen Eichen und *Rhododendron arboreum* gebildet wird, die obere Stufe bildet ein Koniferenwald mit *Pinus excelsa*, *Picea smithiana*, *Tsuga dumosa* und *Taxus wallichiana* (vgl. MIEHE, 1982).

Dort, wo kultivierte Flächen weniger stark verbreitet sind, steigt im **Osten des Nepalesischen Mittellandes**⁴³ ein tropischer Fallaubwald mit *Shorea robusta* in den Tälern aufwärts, teilweise wird von „macchienartigen“ Beständen eines kümmerlichen Sekundärwaldes berichtet. Wie im Zentralen Himālaya, so tritt auch in Ostnepāl ab ca. 1200 m NN ein tropischer, immergrüner Bergwald mit *Pinus roxburghii* und *Magnolia sp.* über den Salwald. Vertikal schließt sich ab 1900 m NN ein tropischer, immergrüner Höhen- und Nebelwald an, dessen untere Stufe ein immergrüner Laubwald mit *Quercus semicarpifolia* bildet. Die obere Stufe des tropischen, immergrünen Höhen- und Nebelwaldes nimmt ab ungefähr 2700 m NN die Stufe des Rhododendron-Koniferenwaldes ein, der zunächst von *Tsuga dumosa* begleitet wird, ab 3000 m von *Abies spectabilis*. Die obere Waldgrenze wird zwischen 3600 und 3800 m NN von subalpinem Birkenwald mit *Betula utilis*, *Rhododendron sp.* und *Juniperus sp.* gebildet. Oberhalb 3800 m NN folgen feuchte alpine Gebüsche und Matten sowie alpine Matten.

4.3.5.3 Die natürliche Vegetation im Terāi

Das Terāi hat sich seit Mitte der 1950er Jahre aufgrund der erfolgreichen Malariabekämpfung zu einem bevorzugten Siedlungsraum entwickelt. Damit einhergehend fand eine Umformung der Naturlandschaft durch den siedelnden und wirtschaftenden Menschen in eine weitläufige

⁴³ Zur Beschreibung der Vegetation im Osten des Nepalesischen Mittellandes werden hier die Berichte von SCHWEINFURTH (1957) und SCHMID (1971), der eine Landnutzungskartierung der Region um Jiri mittels Luftbildinterpretation erstellte, herangezogen.

Kulturlandschaft statt, so dass der ursprüngliche Charakter der Vegetation nur noch in Ansätzen zu erkennen ist. Hinweise auf die ursprüngliche Vegetation finden sich bei BURKILL (1910:59ff.) oder auch FILCHNER (1951:169, 183, 206), der den Terāi Anfang der 1950er Jahre noch als „Fieberhölle“ beschreibt. Auch bei **Karmaiyā** sind die einst ausgedehnten Wälder und Hochgrasfluren auf Restbestände geschrumpft, weite Teile der Ebene wurden in eine nahezu geschlossene Reisbaulandschaft umgewandelt. Lediglich an landwirtschaftlich ungünstigen Standorten, entlang von Flussläufen und an den Hängen umgebender Hügel konnten sich kleinere Waldgebiete und Hochgrasfluren erhalten. Kennzeichnend für das Tieflandklima ist eine mäßig feuchte Variante des Salwaldes mit *Shorea robusta* (vgl. HAFFNER, 1979:52ff.), im Übergangsbereich zur Śiwālik-Kette ist eine trockene Variante zu finden. Sal tritt nahezu in reinen Beständen auf, zum Teil ist er mit *Terminalia sp.*, *Bauhinia sp.* und *Dalbergia latifolia* vergesellschaftet (vgl. MÜLLER-BÖKER, 1988:114f.). In kleinen, feuchten Tälchen ist zudem ein Bestand mit *Bambus sp.* zu verzeichnen, in höheren Lagen schließt sich in vertikaler Abfolge an den Salwald *Pinus roxburghii* an.

4.3.6 LANDNUTZUNGS- UND WIRTSCHAFTSSYSTEME

4.3.6.1 Landnutzungs- und Wirtschaftssysteme im Hohen Himālaya

Laut UHLIG (1976) erfordern große Höhenunterschiede im Bereich der Himālaya-Hauptkette jahreszeitliche Wanderungen zwischen Wirtschaftsflächen in unterschiedlichen Höhenlagen. Neben diesem Prinzip der vertikalen Stufung unterschiedlicher Nutzung haben zahlreiche im Hohen Himālaya beheimatete ethnische Gruppen wie z.B. die Thākāli, Manangki oder Guruñ auch eine große horizontale Mobilität entwickelt (vgl. HEIDE, 1988, 1993; MESSERSCHMIDT, 1976a, 1976b, 1984; POHLE, 1992, 1993a, 1993b). Die Manangki entwickelten, ähnlich wie die Guruñ und auch Thākāli, ein kombiniertes Wirtschaftssystem aus Ackerbau, Viehzucht und Handel, bei welchem traditionell in verschiedenen Höhenstufen unterschiedliche wirtschaftliche Aktivitäten im jahreszeitlichen Wechsel getätigt werden (vgl. FÜRERER-HAIMENDORF, 1975; HAFFNER, 1979; UHLIG, 1976).⁴⁴

Die landwirtschaftlichen Anbauflächen beschränken sich auf lokale Gunstlagen. Diese konzentrieren sich in erster Linie auf Schwemmfächer (z.B. **Bargachhāp**, **Lārjuñ**), alluviale Talböden, Flussterrassen und fluvio-glaziale Terrassen (z.B. **Manāñ**) sowie weniger steile Hanglagen, wobei süd- bzw. südwestexponierte Lagen bevorzugt werden. Im Gebiet des Hohen Himālaya reichen die Jahresniederschläge generell für den Regenfeldbau aus. Da die Hauptvegetationszeit mit dem Monsun zusammenfällt, sind selbst nördlich der Himālaya-Hauptkette die Niederschläge der Monsunsausläufer für den Regenfeldbau ausreichend, so dass lediglich in Trockenperioden bewässert werden muss. Ausschlaggebend für die Verbreitung bestimmter Anbaufrüchte und die Intensität des Anbaus sind in erster Linie die Temperaturverhältnisse. Aus dem Temperaturabfall mit zunehmender Höhe resultiert daher eine Höhenstufung der einzelnen Anbaukulturen: Da Reis äußerst frostempfindlich ist, tritt der Reisanbau im Hohen Himālaya nach Norden zurück und wird schließlich ab ca. 1800 m NN von Mais als Hauptanbaufrucht abgelöst.

⁴⁴ Ackerbestellung nahe der Hauptsiedlung im Frühjahr, im Sommer Vieh auf Hochweide, im Herbst nach Ernte Weide auf abgeernteten Feldern, im Winter meist nur Männer in tiefer gelegene Regionen Süd-Nepals, vom Winterquartier aus Handel mit Tierprodukten, Heil- und Gewürzkräutern (POHLE, 1992:423).

Mit zunehmender Höhenlage wird der Mais als Hauptfrucht von Buchweizen und Weizen abgelöst, an der Höhengrenze des Ackerbaus werden Gerste und Kartoffeln kultiviert. In den Regionen um Bargachhāp und Lārjuñ kann noch ganzjährig Ackerbau mit zwei Ernten pro Jahr auf einer Parzelle betrieben werden, in Manāñ hingegen ist nur noch eine Ernte im Jahr möglich. In Bargachhāp und Lārjuñ werden neben Mais verschiedene Gemüsesorten und Leguminosen kultiviert, in Hausgärten finden sich häufig Apfel- und Aprikosenbäume. Da in Manāñ die Höhengrenze des Maisanbaus überschritten ist, werden hier neben Weizen und Buchweizen vor allem Gerste, Kartoffeln und Gemüse angebaut.

4.3.6.2 Landnutzungs- und Wirtschaftssysteme im Nepalesischen Mittelland

Kennzeichnend für die kleinbäuerliche, subsistenzorientierte Landwirtschaft im Nepalesischen Mittelland ist die Kombination von extrem kleinen, terrassierten Anbauparzellen, die in Privatbesitz sind, eine relativ große Anzahl von Nutztieren sowie ausgedehnte Wald- und Weideflächen (vgl. LIMBERG, 1981, 1982; KOLLMAIR, 1999). Nach SCHMIDT-VOGT (1999) sind vor allem Wälder als Nährstoffgrundlage für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit integraler Bestandteil der bergbäuerlichen Landwirtschaft. Die Bodenfruchtbarkeit wird mit Hilfe von selbst produziertem organischem Dünger in Form von Viehdung aufrechterhalten bzw. wieder hergestellt.

Bei den ackerbaulich genutzten Flächen muss zunächst zwischen den Bewirtschaftungssystemen *khet* (Bewässerungsfeldbau) und *bari* (Trockenfeldbau) unterschieden werden. Auf *khet*-Feldern, die meist im Hangfußbereich liegen, wird während der Regenzeit auf nivellierten, umwallten Terrassenparzellen Nassreis angebaut. In der winterlichen Trockenzeit folgen je nach Bewässerungspotenzial häufig Weizen oder Kartoffeln. Im Frühjahr folgt Mais oder eine Brache. Wie KOLLMAIR (1999) betont, zeichnet sich der Nassreisbau im Nepalesischen Mittelland durch eine exzellente ökologische und ökonomische Anpassung an die vorherrschenden Umweltbedingungen aus. Nach CARSON (1985) bieten nivellierte Reisterrassen darüber hinaus kaum einen Ansatzpunkt für Erosion, so dass die Erosionsraten für diese Flächen nur gering sind. Die Terrassenkanten der *khet*-Felder sind meist baumfrei, werden aber zum Schutz vor Erosion mit Leguminosen bepflanzt.

Zwei Drittel der landwirtschaftlichen Anbaufläche im Nepalesischen Mittelland werden von *bari*, terrassierten Trockenfluren, eingenommen. Die Parzellen nehmen meist Hänge mit bis zu 20° Neigung ein, teilweise werden aber auch Steilhänge mit über 30° Neigung bewirtschaftet. Kennzeichnend für die *bari*-Felder sind ineinander übergehende Parzellen, deren Oberfläche meist um 1-2° nach außen geneigt ist; eine Umwallung fehlt. Hauptanbauf Frucht auf *bari* ist Mais, daneben werden Fingerhirse, Weizen, Senf (in Ostnepal weiter verbreitet als in Zentralnepal), Öl-, Hülsen- und Knollenfrüchte sowie zahlreiche Gemüsearten kultiviert. Ein weiteres charakteristisches Merkmal der *bari*-Felder ist der Bestand mit Futterbäumen entlang der Terrassenkanten. Die Futterbäume (vgl. PANDAY, 1982; KOLLMAIR, 1999) dienen der Gewinnung von Schneitelfutter und Einstreu oder liefern Brennmaterial. In den untersuchten Siedlungen **Jaljale** sowie **Pokhare** und **Thulnāgt** sind während des Monsuns Mais und Fingerhirse Hauptanbaufrüchte auf *bari*. Während der Mais im April/Mai in die Hauptbeete gesät wird, wird die Fingerhirse von Mai bis Juni vorgezogen und danach aus den Saatbeeten in die bereits mit Mais bestandenen Hauptbeete umgesetzt (*multiple cropping*). Auf diese Weise können zwei Ernten im Jahr erzielt werden. Durch winterlichen Weizenanbau können auf ökologisch begünstigten *bari*-Feldern auch drei Ernten im Jahr erzielt werden.

4.3.6.3 Landnutzungs- und Wirtschaftssysteme im Terāi

Der Terāi ist durch den siedelnden und wirtschaftenden Menschen im Verlauf weniger Jahrzehnte zu einer Kulturlandschaft umgeformt worden. Charakteristisch für das Landschaftsbild dieser Region sind die weitläufigen Nassreisfelder (vgl. HAFFNER, 1979). Im Zuge der infratstrukturellen Erschließung dieser grenznahen Region haben sich zahlreiche urbane Handelszentren herausgebildet. Wie im Nepalesischen Mittelland, so ist jedoch auch im Terāi lediglich ein eingliedriges Wirtschaftssystem ausgebildet.

Hauptanbaufrucht auf den *khet*-Feldern des Terāis ist Nassreis. In abhängigkeit von edaphischen und topographischen Faktoren sowie der Bodenqualität folgen auf den Nassreis unterschiedliche Anbaufrüchte. Besteht auch im Winter die Möglichkeit, die *khet*-Felder ausreichend zu bewässern, so können bis zu drei ernten im Jahr erzielt werden, davon jedoch nur eine Reisernte. Als Winterfrucht wird meist Senf (nep. *tori*) angebaut. Ist der Grundwasserstand auf den Flächen zu hoch, wird statt des Senfs Weizen angebaut. Mancherorts besteht die Möglichkeit, im Frühjahr nochmals Reis zusammen mit Mungobohnen und Linsen anzubauen, kann nicht ausreichend bewässert werden, wird Mais angebaut. Auf den *bari*-Feldern des Terāi können nicht mehr als zwei Ernten im Jahr erzielt werden. Überwiegend wird Mais in Kombination mit mit Hülsenfrüchten angebaut, seltener mit Trockenreis. Wie auf *khet*, so folgen auch auf den *bari*-Feldern Senf und weizen als Winterfrüchte (vgl. MÜLLER-BÖKER, 1999).

Tab. 8: Charakterisierung der untersuchten Siedlungen (eigene Erhebungen)

Geographische Region	Distrikt/ Siedlung/ Höhenlage	Relief und topographische Lage	Haus & Siedlung	Bevölkerung	Klima	Vegetation	Nutzung
HOHER HIMALAYA	Manāñ Bagarchhāp 2100 m NN	Talbodenlage, Schwemmkegel	Einzelhäuser in geschlossener Siedlung; überwiegend permanent bewohntes Bauern-/ Händlerhaus, zweigeschossiger, massiver Stein- bzw. Holz-/Steinbau	Gyasumdopa, Guruñ	monsunfeucht, wintertrocken	Immergrüner Höhenwald	Tourismus, Handel; Regenfeldbau, Viehzucht
	Manāñ Manāñ 3500 m NN	Talbodenlage, Aufschüttungs- terrasse	Kompakte Siedlung, Gebäude bilden eine Baumasse; überwiegend permanent bewohntes Bauern-/Händlerhaus, zweigeschossiger, massiver Steinbau	Manangki, Guruñ, Tibeter	arid	Temperierter Koniferenwald	Handel, Tourismus; Regen- und Oasenfeldbau, Viehzucht
	Mustāñ Lārjuñ 2550 m NN	Talbodenlage, Schwemmfächer	Einzelhäuser in geschlossener Siedlung; überwiegend permanent bewohntes Bauern-/ Händlerhaus, zweigeschossiger, massiver Steinbau	Thākāli, Kāmi, Sārki	monsunfeucht, wintertrocken	Feuchter bis temperierter Koniferenwald	Tourismus, Handel; Regenfeldbau, Viehzucht
NEPALESI- SCHES MITTEL- LAND	Myāgdi Tātopāñ 1250 m NN	Talbodenlage, Aufschüttungs- terrasse	Einzelhäuser, Straßendorf; permanent bewohntes Händlerhaus, drei- bis viereckschossiger Stein- bzw. Ziegelbau	Thākāli, Magar, Sārki, Dāmai	monsunfeucht, wintertrocken	Immergrüner Bergwald	Tourismus, Handel; Regenfeldbau, Bewässerungs- feldbau (Nassreis)
	Sindhupāñchok Jāljalē 2040 m NN	Hanglage	Lockere Gruppensiedlung, Gehöfte und Weiler; permanent bewohntes Bauernhaus, zweigeschossiger Stein- oder Holz-/ Steinbau	Newār, Chetri, Brahmanen	monsunfeucht, wintertrocken	Fragmente der natürlichen Vegetation (tropischer Falllaubwald, immergrüne Wälder)	Regenfeldbau, Bewässerungs- feldbau (tiefere Lagen); Viehzucht
TERAI	Dolakhā Pokhare & Thulīnāgī 1680-2100 m NN	Hanglage	Einzelne Gebäude, Gehöfte & Weiler; permanent bewohntes Bauernhaus, zweigeschossiger Stein- bzw. Holz-/ Steinbau	Chetri, Tāmāñ, Newār	monsunfeucht, wintertrocken		Viehzucht, Regenfeldbau, Bewässerungs- feldbau; Verwallung
	Sarīlāhi Karmaiyā 130 m NN	Talbodenlage, Flussterrasse	Einzelhäuser in geschlossener Siedlung; permanent bewohntes Bauernhaus des Mittellandes (s.o.), Jungesiedlerhäuser, zwei- bis dreigeschossiger Ziegelbauten	Chetri, Brahmanen, Tāmāñ, Thāru, Magar, Kushnar	subtropisch, feucht	Fragmente von Salwald, Bambus	

5. GEFAHRENBEURTEILUNG

5.1 KARTIERBERICHT UND KARTE DER NATURGEFAHREN- PROZESSE DER SIEDLUNG BAGARCHHÄP

Die Streusiedlung Bagarchhāp (Manān Distrikt) liegt in einer Höhe von 2100 m NN auf der orographisch rechten Seite des Marsyāñdi Kholā auf dem Schwemmkegel des Ghaṭṭe Kholā (auch Thado Kholā), der bei Bagarchhāp in den Marsyāñdi Kholā mündet. Auf dem Schwemmkegel werden einige Flächen in Regenfeldaufbau kultiviert; der Großteil der Nutzflächen konzentriert sich dabei auf das Zentrum des Schwemmkegels, während die Bereiche am westlichen und östlichen Rand weniger intensiv genutzt und dicht mit Gebüsch bestanden sind. Sowohl westlich als auch östlich von Bagarchhāp steigt eine glaziofluviale Terrasse über eine ca. 40 m hohe, von Bäumen und Sträuchern dicht besetzte Abbruchkante an. Auf den Terrassenflächen befinden sich weitere landwirtschaftliche Nutzflächen. Südlich von Bagarchhāp steigt ein Hang zu dem ca. 4000 m hohen Mārkhū Dāḍā an, einem westlichen Ausläufer des Lamjuñ Himāl, der mit einem mit *Picea* und *Pinus* vergesellschafteten Laubhöhenwald besetzt ist. Am Kegelhals sitzt ein Rest der ehemals vermutlich durchgängigen fluvioglazialen Terrasse, die durch rückschreitende Erosion des Ghaṭṭe Kholā eingeschnitten worden ist. Dieser Terrassenrest wird zu beiden Seiten vom Ghaṭṭe Kholā umflossen, das Gerinne auf der orographisch rechten Seite führt allerdings sehr viel weniger Wasser.

Im Bagarchhāp stellen Wildbach- und Murprozesse die dominierende Gefahr dar, wobei die Murgefahr durch Ereignisse in den Jahre 1968 und 1995 erwiesen ist. Am 10. und 11. November 1995 ereignete sich ein Murereignis, das 20 Menschenleben forderte, 14 Gebäude zerstörte und neun weitere stark beschädigte. Bereits 1968 ereignete sich ein ähnlich starkes Ereignis, das zwei Todesopfer forderte und 15 von insgesamt ca. 38 Gebäuden in Bagarchhāp zerstörte. Nach Angaben von Karsang Lama, einem Bewohner Bagarchhāps, wurde der Schwemmkegel des Ghaṭṭe Kholā 1968 bereits wenige Monate nach dem Murereignis wieder besiedelt. Im Zeitraum zwischen den beiden Großereignissen von 1968 und 1995 sollen sich zwei weitere Murgänge ereignet haben, die allerdings kaum Schäden verursacht haben. Vermutlich handelte es sich bei diesen Ereignissen lediglich um Hochwasser des Ghaṭṭe Kholā mit starker Geschiebeführung. Die Ereignisse ließen sich rückblickend leider auch mit Hilfe lokaler Informanten nicht exakt datieren.

Dem Murgangereignis vom 10. und 11. November 1995 gingen laut Auskunft der Bewohner Bagarchhāps für diese Jahreszeit ungewöhnlich starke Niederschläge und Gewitter voraus, die am 9. November 1995 einsetzen. Am 10. November ereignete sich nachmittags gegen 15.30 Uhr im Gerinne des Ghaṭṭe Kholā ein erster Murschub, der am Hals des Schwemmkegels zum Stehen kam. Da das Geschiebe zunächst am Kegelhals abgelagert wurde, drang es nicht bis in die Siedlung vor. Von diesem Zeitpunkt an soll aus dem Einzugsgebiet des Ghaṭṭe Kholā lautes Dröhnen und Grollen zu hören gewesen sein. Der Abfluss des Ghaṭṭe Kholā soll sich braun verfärbt haben, was einige Bewohner Bagarchhāps – vermutlich aufgrund von Erfahrungen mit vorangegangenen Murereignissen – als Anzeichen für einen drohenden, weiteren Murgang gedeutet haben. Darauf hin haben die Bewohner damit begonnen, Wohngebäude und Lodges zu evakuieren. Einige Bewohner haben sich in Ghelāñchok, auf der Terrasse östlich von Bagarchhāp gelegen, in Sicherheit gebracht. Gegen 18.30 Uhr am 10. November 1995 ergoss sich ein weiterer Murschub durch das Bett des Ghaṭṭe Kholā auf die Siedlung Bagarchhāp, wo-

bei das nachmittags am Kegelhals abgelagerte Material remobilisiert wurde. Der Murkopf kam inmitten der Siedlung zum Stillstand, wobei Blöcke von bis zu 8 m Durchmesser abgelagert wurden (vgl. Bild 12). Gegen 0.30 Uhr des 11. November 1995 erfolgte ein weiterer Murschub. Da der direkte Weg in nördlicher Richtung über den Schwemmkegel durch die enormen Ablagerungen des vorangegangenen Murschubs blockiert war, brach die Mure kurz unterhalb des Kegelhalses aus dem Gerinne aus und ergoss sich in nordöstlicher Richtung über den Schwemmkegel bzw. durch die Siedlung.

Das Murereignis vom November 1995 forderte insgesamt 20 Menschenleben, darunter neun Touristen im Tibetan Hotel, die den Vorwarnungen der Einheimischen nicht nachgekommen und im Hotel geblieben waren. Vier Personen blieben vermisst. Von ehemals 32 Gebäuden wurden 14 zerstört, neun Gebäude wurden sehr stark beschädigt. Von den 190 Einwohnern (32 Haushalte) Bagarchhāps vor dem Ereignis vom November 1995 lebten zum Zeitpunkt der Untersuchung im September 2001 lediglich noch 80 Personen in 15 Haushalten in der Siedlung (vgl. Bild 13, Bild 14). Ein Großteil der Bewohner ist in das rund 3 km westlich gelegene Dānakyu umgesiedelt (vgl. Kap. 8.1.1). Auch in den Jahren 1996, 1997 und 1998 ist es gegen Ende des Monsuns zu weiteren Murgängen gekommen, die jedoch nicht das Ausmaß des Ereignisses von 1995 angenommen haben. Weitere Schäden blieben bislang aus.

Als Auslöser des Murgangereignisses von 1995 ist vermutlich eine Verklausung im Gerinne des Ghaṭṭe Kholā in Betracht zu ziehen. Infolge des Murganges hat eine starke Tiefen- und Seitenerosion im Gerinne stattgefunden, wodurch sich das Gerinnebett nach Angaben des DPTC (vgl. HMG, 1995b) vier Meter tief einschneiden konnte. Im Einzugsgebiet des Ghaṭṭe Kholā, vor allem in den unteren zwei Drittel der flankierenden Hänge des Gerinnes, liegen große Mengen Lockermaterial, die leicht zu mobilisieren sind. Als Feststoffquelle ist zudem eine substabile Hangrutschung auf der orographisch rechten Seite des Ghaṭṭe Kholā in einer Höhe von ca. 2800 m NN auszumachen, die vermutlich durch Seiten- und Tiefenerosion des Gerinnes verursacht worden ist. Die Rutschfläche ist rund 100 m breit und 150 m hoch. Nach Angaben lokaler Informanten ist es dort infolge eines Murgangereignisses im Jahr 1968 und zuletzt 1988 zu größeren Rutschungen gekommen.

Der Ghaṭṭe Kholā ist als murfähiger Wildbach in die Kartierung aufgenommen worden (vgl. Karte 10). Das rund 3 km² große Einzugsgebiet des Ghaṭṭe Kholā liegt in einem Ausläufer des Lamjuñ Himāl in 4000 m Höhe, wo infolge von Erosion und Verwitterung große Schuttmassen akkumuliert und bei extremen Niederschlagsereignissen regelmäßig umgelagert werden können. Der Ghaṭṭe Kholā ergießt sich von 3900 m Höhe mit einem Gefälle von knapp 30° auf einer Horizontaldistanz von 2,5 km bis in die Talsohle des Marsyāñdi Kholā auf 2080 m. In dem sehr steilen Längsprofil des Ghaṭṭe Kholā, das eine große Reliefenergie aufweist, können große Geschiebemengen ohne nennenswerte Hindernisse talabwärts transportiert werden. Längs des Hauptgerinnes findet an unterschiedlichen Stellen Seitenerosion statt, meist im Lockergestein, teils auch im verwitterten Fels, wodurch ein erheblicher Feststoffeintrag in den Bach stattfindet. Durch eine Verlagerung des Gerinnes können vermutlich immer neue Lockermaterialflächen angeschnitten werden, die für Murtätigkeit disponibel sind. Eine Verlagerung dürfte aber, zumindest für den unteren Bachabschnitt bis in eine Höhe von rund 3000 m, auszuschließen sein, da das stark eingetiefte Gerinnenbett des Ghaṭṭe Kholā ins Tal vordringende Mur- bzw. Hochwasserprozesse geradezu kanalisiert. Der kanalisierte Verlauf in Kombination mit dem großen Gefälle des Gerinnes können vermutlich jedoch dazu führen, dass ins Tal stürzende Wasser- und Geröllmassen eine hohe Geschwindigkeit und somit eine größere Schadenwirkung erreichen.

Die erwiesene Übermuruingsfläche wurde anhand von Ablagerungen jüngerer und älteren Datums („stumme Zeugen“, vgl. AULITZKY, 1992), meist Steine und Blöcke aus Phyllit, Gneis, Granit und Schiefer, identifiziert. Darüber hinaus wurden in der Karte Ablagerungen unterschiedlicher Blockgrößen dargestellt. Diese wurden jedoch nicht nach rezenten und relikten Phänomenen unterteilt, da eine Altersbestimmung der Ablagerungen nicht möglich gewesen ist. Eine derartige Erfassung hätte qualitative Aussagen zur Muraktivität ermöglicht, die Muraktivität konnte jedoch im Rahmen der Befragung lokaler Informanten hergeleitet werden. Neben der ehemals übermurtten Siedlungsfläche sind weitere Bereiche Bagarchhāps potenziell durch Übermuruung gefährdet. Diese Flächen wurden als potenzielle Übermuruungsflächen dargestellt. Bedingt durch die Topographie des Schwemmkegels besteht potenziell die Möglichkeit, dass Murgänge am Kegelkopf aus dem Gerinne ausbrechen und sich willkürlich über den Schwemmkegel ergießen. Im Weiteren besteht bei geringerer Geschiebeführung des Ghatte Kholā potenziell die Gefahr von Übersarungen. Dabei wird angenommen, dass die potenziellen Übermuruungs- und Übersarungsflächen nahezu identisch sind.

Das Gerinne des Ghatte Kholā weist erwiesenermaßen eine starke Tendenz zur Tiefen- und Seitenerosion auf, wodurch sich die Sohle des Baches fortwährend eintieft. Bedingt durch die Unterschneidung der seitlichen Hänge sind diese einer erhöhten Rutschgefahr ausgesetzt, wobei abrutschendes Material das Geschiebepotenzial des Wildbaches erheblich erhöhen kann. Diese Gefahr wird durch die Rutschung im verwitterten Festgestein auf der orographisch rechten Seite des Ghatte Kholā, wenig oberhalb des Kegelkopfes, deutlich. Der südlich von Bagarchhāp ansteigende Hang ist mit dichtem Koniferen- und Laubhöhenwald besetzt, der einerseits durch seine bremsende Wirkung eine Schutzfunktion einnimmt. Andererseits geht von diesem Wald vermutlich die Gefahr von Verklausungen aus, sollte im Gerinne anfallendes Schwemmholz nicht schadlos abtransportiert werden können.



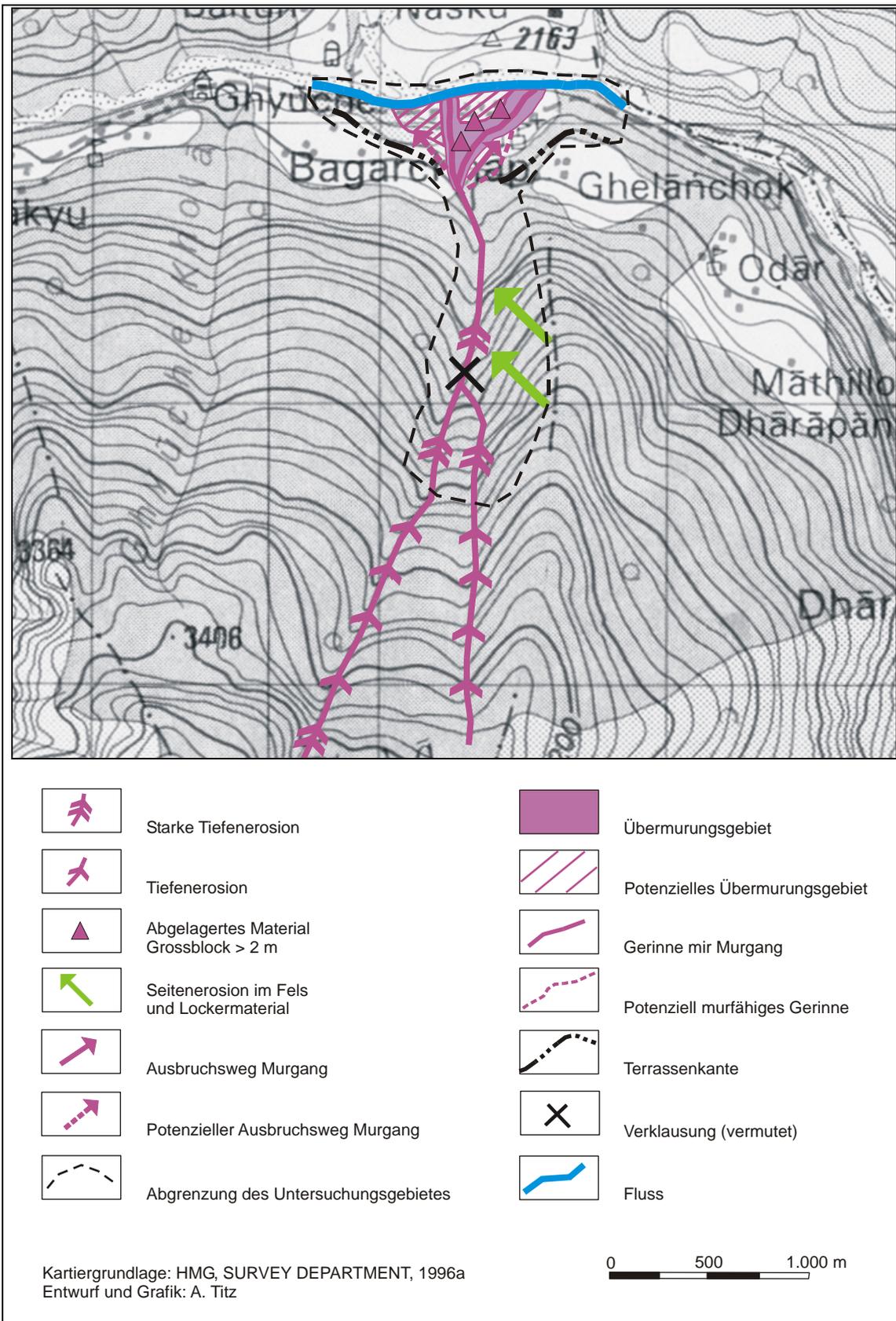
Bild 12: Infolge des Murganges von 1995 wurden Felsblöcke von bis zu 8 m Durchmesser in der Siedlung abgelagert. (Aufnahme: A. Titz, September 2001)



Bild 13: Bagarchhāp vor dem Murereignis von 1995 (Aufnahme: P. Pohle, 1983)



Bild 14: Bagarchhāp im Jahr 2001: im Zentrum des Schwemmfächers fehlen die Gebäude, die 1995 zerstört wurden. (Aufnahme: A. Titz, September 2001)



Karte 10: Karte der Naturgefahrenprozesse Bagarchhāp

5.2 KARTIERBERICHT UND KARTE DER NATURGEFAHREN-PROZESSE DER SIEDLUNG MANÄÑ

Die Siedlung Manāñ (Manāñ Distrikt) liegt in Südexposition auf einer Höhe von 3500 m NN auf einer ca. 30 m hohen fluvio-glazialen Aufschüttungsterrasse auf der orographisch linken Seite des Marsyāñdi Kholā. Der ältere Ortsteil konzentriert sich auf den westlichen Teil der Terrasse, im östlichen Teil sind in den vergangenen Jahren zahlreiche Lodges und Hotels errichtet worden. Der Großteil der landwirtschaftlichen Nutzflächen liegt in Form von terrassierten Feldern am Hangfuß des nördlich der Siedlung ansteigenden Hanges. Weitere Flächen liegen unterhalb der Abbruchkante der fluvio-glazialen Terrasse auf der Uferterrasse des Marsyāñdi Kholā sowie am westlichen Rand der Terrasse, wo die Flur Manos in die des Ortsteils Tañkī Manāñ übergeht. Auch auf dem Schwemmfächer des Chata Kholā (auch Ghaṭṭe Kholā), der östlich von Manāñ in den Marsyāñdi Kholā mündet, wurden weitere landwirtschaftliche Nutzflächen erschlossen. Die süd- bis südwestexponierte, orographisch rechte Talflanke des Marsyāñdi-Tals ist im Bereich der Siedlung Manāñ oberhalb der terrassierten Felder mit Resten eines lichten *Pinus-Juniperus*-Waldes sowie degradierten Wacholderbeständen besetzt. Die Annapurna-Nordflanke dagegen ist mit einem dichten Wacholdersteppenwald besetzt. Der Marsyāñdi Kholā verläuft bei Manāñ in einem breiten Trogtal, das durch glaziale Überformung aus der Sedimentzone des Tibetischen Randsynklinoriums ausgeräumt wurde.

Wie aus Karte 11 hervorgeht, konnten am Siedlungsstandort Manāñ keine erwiesenen Gefahren identifiziert werden; gefährliche Prozesse können jedoch potenziell aufgrund bestimmter geologischer und klimatischer Konstellationen eintreten. Die nördlich von Manāñ ansteigende Bergflanke ist nach HAGEN (1968) aus Dolomiten aufgebaut, die mehr oder weniger parallel zur Oberfläche fallen bzw. streichen (vgl. Abb. 11). Mikrotektonisch handelt es sich dabei um permische Kalksteine, die im Wechsel mit Mergeltonen lagern. Diese Mergeltonen können als „Schmiermittel“ für Schichtgleitungen fungieren, so dass es unter Einfluss der Schwerkraft potenziell zu Hangrutschungen kommen kann. Laufen Massenbewegungen per Definition ohne Transportmedium ab, so kann Wasser jedoch durchaus an Auslösung und Ablauf von Massenbewegungsprozessen beteiligt sein.

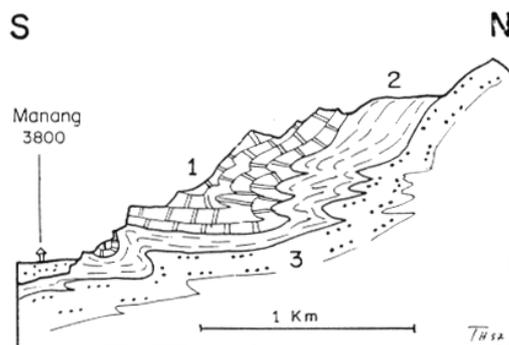


Abb. 11: Geologischer Aufbau des Hanges nördlich der Siedlung Manāñ. 1=Dolomit (Trias), 2=Quarzit, Sandstein und Schiefer (Perm), 3=Quarzite und Schiefer (HAGEN, 1968:67)

Die Grunddisposition dieses potenziellen Prozesses wird durch das Vorhandensein und den Verlauf von Schichtflächen, Lageverhältnisse und Lithologie bestimmt. Die variable Disposition wird durch zeitlich variable Größen wie Tektonik, die andauernde Hebung des Himālayas sowie Erdbeben, Niederschläge und Schneeschmelze bestimmt. Ist die variable Disposition auf einem ausreichend hohen Niveau, können Schneeschmelze und/oder intensive Niederschläge aufgrund erhöhter Porewasserdrücke im Hang eine Rutschung verursachen. Der Hang nördlich der Siedlung kann potenziell durch langfristig wirksame Verwitterungsprozesse kontinuierlich

destabilisiert werden. Wasser vermag durch Spalten und Klüfte in den Hang einzudringen, was an Gesteinsgrenzen zu Zonen verstärkter Wasserführung führt. Im Bereich der geologischen Diskontinuität kann die Reibung am eingeschalteten Mergelhorizont (Gleithorizont) so weit herabgesetzt werden, dass sich das Kräfteverhältnis zu Gunsten der hangparallelen Komponente der Schwerkraft verändert und eine Abscherung des Materials nicht mehr verhindert werden kann.

Der östlich von Manāñ in den Marsyāñdi Kholā mündende Chata Kholā wäre aufgrund des Einzugsgebietes potenziell als murfähiges Gerinne einzustufen. Eine Murgefahr ist nach Auskunft lokaler Informanten bislang jedoch nicht erwiesen. Dennoch ist das Gerinne stark Geschiebe führend, für die Siedlung stellt dies allerdings keine Gefährdung dar. Lediglich die landwirtschaftlichen Nutzflächen im Mündungsbereich des Chata Kholā sind potenziell von Übersarung bedroht. Gleiches lässt sich für den Syāktāñ Kholā anführen, der südwestlich von Manāñ in den Marsyāñdi Kholā mündet. Die Einzugsgebiete beider Flüsse liegen im Gletschervorfeld von Chulu East und Chulu West, wo infolge von Verwitterungs- und Erosionsprozessen sowie möglicherweise durch das Abschmelzen des Permafrostes Feststoffe akkumuliert werden, die potenziell für Murtätigkeit disponibel sind.

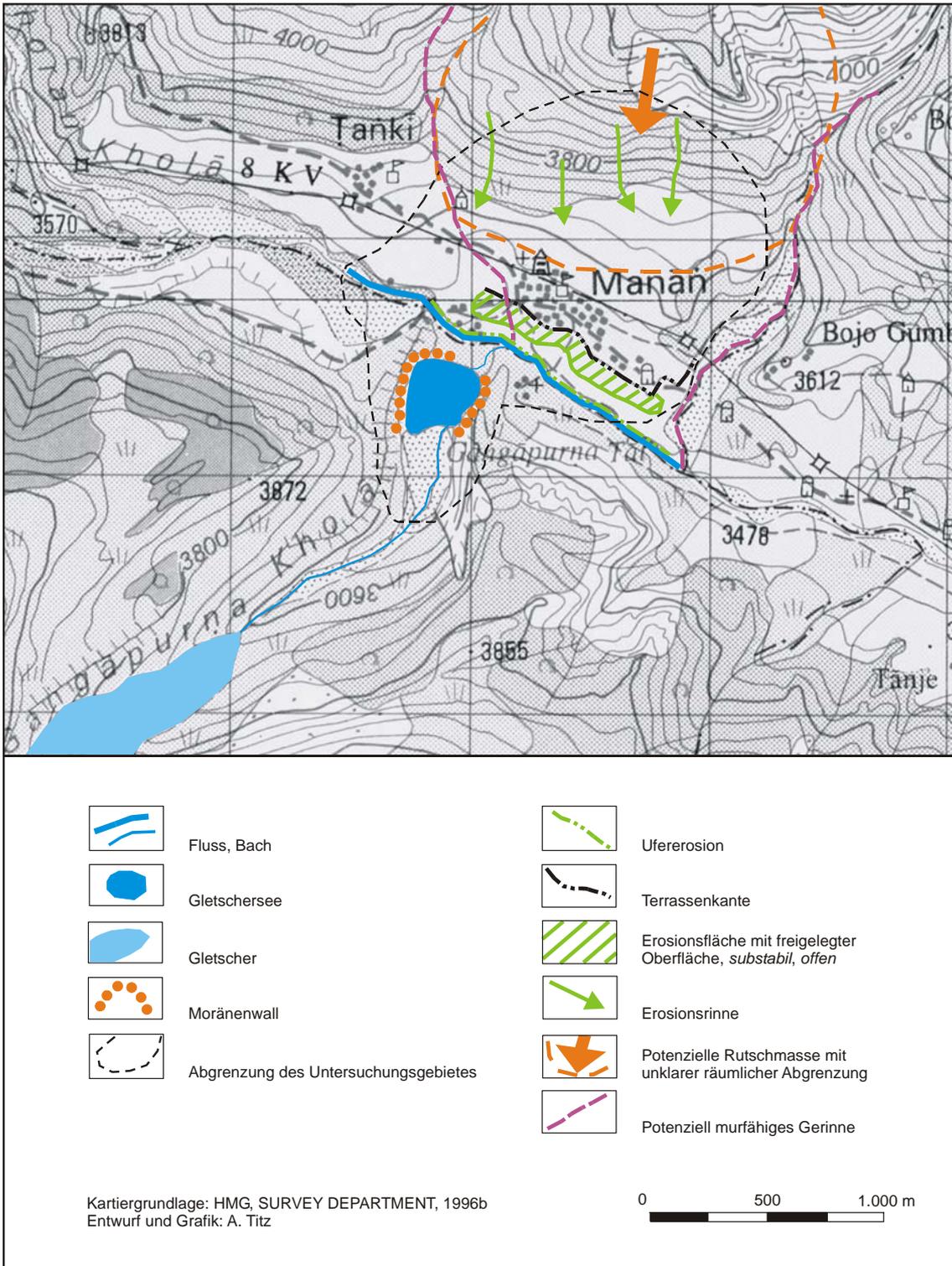
Die Zunge des Gaṅgāpurṇa-N-Gletschers, der vom Gaṅgāpurṇa (7455 m) in nordwestlicher Richtung ins Marsyāñdi-Tal verstößt, erreichte im Jahr 1952 noch das Areal des heutigen Zungenbeckens im Talboden (vgl. Bild 15; HAGEN, 1968). Laut KUHLE (1982) hatte dieser historische Gletschervorstoß ein leichtes Aufstauen des Marsyāñdi Kholā in Verbindung mit einer Umleitung des Flusses zur Folge. Ein Gletscher eines älteren Dhaulagiri-Stadiums soll sogar den orographisch gegenüber liegenden Haupthang hinaufgelaufen sein, wodurch ein größerer eisgestauter See entstehen konnte. Aufgrund der klimatischen Bedingungen ist in naher Zukunft nicht mit einem vergleichbaren Vorstoß des Gletschers zu rechnen. Da die Durchschnittstemperaturen im gesamten Himālaya eine ansteigende Tendenz aufweisen (vgl. Kap. 4.2.1), wird sich der Gaṅgāpurṇa-N-Gletscher weiter zurückziehen. Bei einem Vergleich der Fotografie HAGENS (vgl. Bild 15) mit Bild 16 wird deutlich, dass sich der Gaṅgāpurṇa-N-Gletscher seit 1952 um über einen Kilometer aus der Talsohle des Marsyāñdi Kholā bis in eine Höhenlage von etwa 3650 m zurückgezogen hat. Infolge des Abschmelzens des Gletschers bildete sich zwischen End- und Seitenmoränen und dem im Rückzugsstadium befindlichen Gletscher auf 3480 m Höhe ein nahezu kreisförmiger See von ca. 150-200 m Durchmesser. MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI (2001) stufen in ihrem Gletscher- und Gletscherseeinventar für Nepāl den See des Gaṅgāpurṇa-N-Gletschers als nicht gefährlich ein. Auch nach Meinung der Verfasserin besteht zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht die Gefahr eines Gletscherseeausbruchs, da die Endmoräne – vermutlich durch Überfließen des Moränenendamms – im Vergleich zur Höhe der Seitenmoränen stark erniedrigt ist. Zwischen dem Wasserspiegel im See und dem Flussbett des Marsyāñdi Kholā besteht lediglich eine Höhendifferenz von wenigen Metern, die das Schmelzwasser des Gletschers nach Austritt aus dem Auslass zu überwinden hat. Leider ließ sich im Rahmen der Interviews mit lokalen Informanten weder ermitteln, ob der Endmoränenendamm überflossen wurde, noch konnte mit Sicherheit in Erfahrung gebracht werden, ob der Auslass natürlich ist oder künstlich angelegt wurde, um den Seespiegel abzusenken. Sollte es aufgrund von Erdbeben, Stein- oder Eislawinen oder stark erhöhten Wasserzufluss in den See zum Überfließen oder gar zum Bruch des Endmoränenrestes kommen, wäre die Siedlung Manāñ bedingt durch ihre Lage auf der Terrasse und dem vergleichsweise geringen Wasservolumen des Sees nicht gefährdet. Eine potenzielle Hochwasser- und Überschwemmungsgefahr bestünde in diesem Fall allerdings für Siedlungen flussabwärts am Marsyāñdi Kholā.



Bild 15: Fotografie von Toni Hagen aus dem Jahr 1952. Die Zunge des Gaṅgāpurṇa-N-Gletschers reicht bis in den Talboden. Am linken Bildrand die Siedlung Manān (Quelle: HAGEN, 1968:63)



Bild 16: Blick über Manān auf den Gaṅgāpurṇa (7455 m NN) im September 2001. Der Gletscher hat sich mehrere hundert Meter aus dem Haupttal zurückgezogen. Hinter der Endmoräne hat sich ein See aufgestaut. (Aufnahme: A. Titz, September 2001)



Karte 11: Karte der Naturgefahrenprozesse Manān

Eine potenzielle Gefahrenquelle ist talaufwärts am Marsyāñdi Kholā zu finden: der moränenge-staute Tilitso-See (vgl. Karte 5). Der See wird durch mächtige Seiten- bzw. Endmoräne der Great Barrier aufgestaut und erhält Zuflüsse aus Schmelzwasser sowie kalbenden Gletschern, die bis an den See reichen. Dieser Prozess konnte während eines Aufenthaltes am See beobachtet werden. Eine Ausbruchsgefahr besteht potenziell durch ins Wasser stürzende Eismassen, die ein Überfließen des Moränendamms verursachen können, durch *piping* sowie durch Brechen des Moränendamms aufgrund des Abschmelzens eingelagerten Eises (vgl. Kap. 4.2.1). Der See wurde von MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI (2001) nicht als potenziell ausbruchsgefährdet eingestuft.

Die Ufererosion durch den Marsyāñdi Kholā spielt lediglich eine untergeordnete Rolle. Da die Siedlungsfläche rund 30 m oberhalb des rezenten Flussbettes auf einer fluvio-glazialen Terrasse liegt, besteht diesbezüglich keine Gefahr. Lediglich landwirtschaftliche Nutzflächen auf der Flussterrasse des Marsyāñdi Kholā sind vermutlich durch Ufererosion gefährdet, es reichen jedoch nur einige weniger intensiv genutzte Flächen bis an den Rand der Flussterrasse.

In den terrassierten Nutzflächen nördlich von Manāñ sind im Bereich des Hangfußes einige rezente Ablagerungsformen zu finden, die vermutlich von Rutschungen der aus parallel streichenden Dolomiten (permische Kalksteine wechsellagernd mit Mergeltonen) aufgebauten Bergflanke herrühren (vgl. Bild 17). Am Hangfuß sind darüber hinaus einige Erosionsrinnen und aktive Rutschungen unterschiedlicher Größe zu identifizieren. Das abgerutschte Material wurde auf den terrassierten Nutzflächen abgelagert. Nach Angaben lokaler Informanten sind durch diese Rutschungen in der Siedlung bislang keine Schäden entstanden.



Bild 17: Potenziell rutschungsgefährdeter Hang nördlich Manāñ. Im Hangfußbereich sind Erosionsrinnen zu erkennen. (Aufnahme: A. Titz, September 2001)

5.3 KARTIERBERICHT UND KARTE DER NATURGEFAHREN- PROZESSE DER SIEDLUNG LĀRJUŃ

Die Siedlung LārjuŃ (Mustāñ Distrikt) liegt in 2550 m Höhe auf der orographisch rechten Seite der Kāli Gaṇḍakī. Die Gebäude sind am südwestlichen Rand eines glaziofluvialen Schwemmfächers lokalisiert, der durch den LārjuŃ Kholā, ein Nebenfluss der Kāli Gaṇḍakī, aufgeschüttet worden ist. Einige Gebäude am südlichen Rand der Siedlung stehen am Übergang des kaum geneigten Schwemmfächers in das Flussbett der Kāli Gaṇḍakī. Die wenigen landwirtschaftlichen Nutzflächen im Mündungsbereich des LārjuŃ Kholās werden mit Obstbaumkulturen genutzt, der Großteil der im Regenfeldbau genutzten Flächen schließt sich südwestlich und nordöstlich an die Siedlungsfläche an. Weitere Nutzflächen liegen auf einer ca. 50 m hohen glaziofluvialen Aufschüttungsterrasse, die westlich der Siedlung seicht über eine ostwärts geneigte Mulde ansteigt. Der Mündungsbereich und das Nebental des LārjuŃ Kholā sind bis in eine Höhe von rund 2900 m mit Resten eines temperierten Koniferenwaldes mit *Pinus excelsa*, *Picea smithiana*, *Juniperus wallichiana*, *Abies sp.* sowie *Cupressus torulosa* bestanden, wobei der Bestand auf der orographisch rechten Seite des LārjuŃ Kholās dichter ausgebildet ist.

In LārjuŃ stellen Wildbach- und Murprozesse die dominierende Gefahr dar (vgl. Karte 12), die durch Ereignisse in den Jahren 1997 und 2002 erwiesen ist. Am 13. Juli 2002 ging gegen Mittag eine Mure durch das Gerinne des LārjuŃ Kholā nieder, die eine Übermuring des nordwestlichen Abschnittes der Siedlung zur Folge hatte. Das Ereignis forderte keine Menschenleben, in der Siedlung wurden jedoch drei Gebäude völlig zerstört (vgl. Bild 18), weitere sieben Gebäude wurden teilweise schwer beschädigt, darunter auch das lokale Wasserkraftwerk im Mündungsbereich des LārjuŃ Kholā. Bereits im Juli 1997 soll sich nach Angaben lokaler Informanten ein ähnliches Ereignis zugetragen haben, bei dem der zu diesem Zeitpunkt stark Geschiebe führende LārjuŃ Kholā weite Teile des Schwemmfächers im Mündungsbereich übermurt und landwirtschaftlich genutztes Land erodiert hat. Darüber hinaus soll sich 1984 vermutlich ein Gletscherseeausbruch in Nordmustāñ ereignet haben, der im Kāli Gaṇḍakī-Tal zu schweren Schäden an Siedlungen geführt hat (vgl. Kap. 5.4). Leider lässt sich dieses Ereignis weder exakt datieren, noch ist überhaupt gesichert, dass ein GLOF tatsächlich stattgefunden hat. MOOL, BAJRACHARYA & JOSHI (2001) führen zwar an, dass es im Mustāñ Distrikt bereits zum Ausbruch zweier namenloser Gletscherseen gekommen ist, diese Ereignisse sind jedoch nicht datiert.

Dem Murereignis vom 13. Juli 2002 gingen nach Angaben lokaler Informanten starke Niederschläge voraus. Gegen 13.30 Uhr sollen sich Schlamm- und Geröllmassen entlang des Gerinnes des LārjuŃ Kholā ins Tal ergossen haben, die die nordwestliche Ortshälfte LārjuŃs überfuhren. Der Murkopf kam im Bereich des Wasserkraftwerkes am Hals des Schwemmfächers zum stehen. Dort wurden Blöcke von bis zu 2 m Durchmesser abgelagert, die massive Schäden am Wasserkraftwerk verursachten. Da der Schwemmfächer kaum geneigt ist und allmählich in das Flussbett der Kāli Gaṇḍakī übergeht, ergossen sich weitere Schuttmassen infolge eines Gerinneausbruchs über den Schwemmfächer bis in die Kāli Gaṇḍakī. Die Siedlung sowie landwirtschaftliche Nutzflächen, darunter zahlreiche Obstbaumkulturen, wurden bis zu 80 cm hoch mit Murablagerungen bedeckt. Der Schwemmfächer südwestlich der Mündung des LārjuŃ Kholā wies zum Zeitpunkt der Untersuchung im März 2003 deutlich Reste von Übersarungen und Übermurungen jüngeren Datums auf (vgl. Bild 20).

Nach Angaben der Bewohner LārjuŃs forderte das Ereignis weder Menschenleben, noch wurden Personen ernsthaft verletzt. Die Häuser einer Sārki-Familie sowie einer Thākāli-Familie wurden völlig zerstört. Beide Familien haben die Siedlung verlassen und sich an anderen Orten

niedergelassen. Darüber hinaus wurde das Wasserkraftwerk, der *Police-Checkpoint* sowie das Haus der örtlichen Frauengruppe, die auf der orographisch rechten Seite des Lārjuñ Kholā stehen, stark beschädigt. Da das Wasserkraftwerk im März 2003 noch nicht wieder benutzt werden konnte, wurde die Siedlung seit dem Murereignis vom 13. Juli 2002 gegen Bezahlung mit Elektrizität aus benachbarten Ortschaften im Kāli Gaṇḍakī-Tal versorgt. Neben einer im Bau befindlichen Lodge wurde eine bereits bestehende Lodge zur Hälfte zerstört. Da das südliche Kāli Gaṇḍakī-Tal während des Monsuns praktisch nicht von Touristen frequentiert wird, waren in der betroffenen Lodges keine Opfer zu beklagen. Infolge der Übermürung sind zahlreiche landwirtschaftliche Nutzflächen nicht mehr nutzbar. Da die Untersuchung in Lārjuñ vor Beginn der Obstbaumblüte stattgefunden hat kann nicht sicher gesagt werden, ob die Obstbaumkulturen auch weiterhin Früchte tragen werden. Der Schaden an den Nutzflächen beläuft sich nach Angaben lokaler Informanten auf rund 15 Mio. NR, durch das Murereignis vom 13. Juli 2002 ist ein Gesamtschaden von über 70 Mio. NR entstanden.



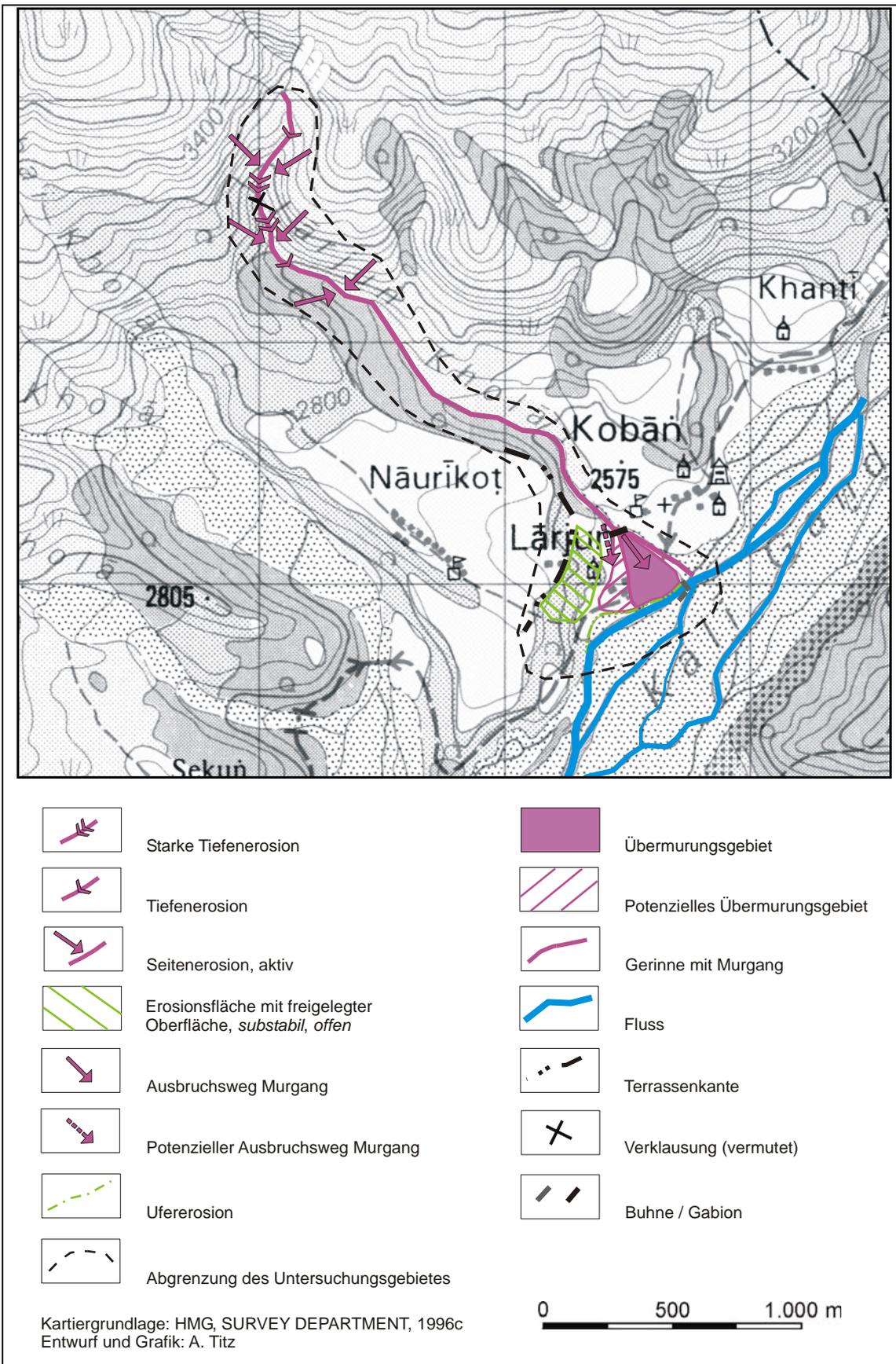
Bild 18: Infolge des Murganges von 2002 stark beschädigtes Gebäude. Auf der freien Fläche links neben dem Gebäude stand das Haus einer Sārki-Familie, das vollständig zerstört wurde. (Aufnahme: A. Titz, März 2003)

Ursache für das Mureignis war laut lokaler Informanten ein Lawinenabgang am Dhaulāgiri-Massiv, der einen Damm am Lārjun Kholā, der in Verbindung mit dem Wasserkraftwerk zur Elektrizitätserzeugung errichtet worden ist, zerstörte, so dass sich Wasser- und Geröllmassen zu Tal ergießen konnten. Nach Ansicht der Verfasserin ist das Murereignis jedoch vermutlich durch den Bruch einer Verklausung im Gerinne des Lārjuñ Kholā ausgelöst worden. Da zahlreiche Lawinenbahnen des Südostgletschers des Tūkce Peak (6920 m) in das Einzugsgebiet des Lārjuñ Kholā münden ist jedoch nicht auszuschließen, dass dem Gerinne, wie von den Bewohnern angegeben, infolge einer Lawine oder eines Gletscherabbruches Schnee und/oder Wasser zugeführt wurde, was zu einer Geschiebemobilisierung geführt hat. Für die Siedlung selbst be-

steht keine unmittelbare Lawinengefahr, die Lawinen tragen jedoch potenziell mobilisierbare Feststoffe und Transportmedien wie Wasser und Schnee in das Gerinne.

Das Einzugsgebiet des Lārjuñ Kholā liegt in 4000 bis 4200 m Höhe im so genannten Mānāpāthī Himāl, südöstlich der Gletscher von Dhaulāgiri I und Ţukce Peak. Mehrere Gerinne vereinigen sich dort zum Lārjuñ Kholā, der über eine Horizontaldistanz von etwa 4 km auf die Talsohle der Kāli Gaṇḍakī in 2550 m NN abfällt. Im Bereich zwischen 3400 m und 2600 m NN hat sich der Wildbach tief in das Gelände eingeschnitten. In diesem Bereich weist der Bach vermutlich eine Tendenz zu Tiefen- und Seitenerosion auf, wodurch sich die Sohle fortwährend eintieft und infolge Hangunterschneidung die Rutschgefahr erhöht. Im oberen Einzugsbereich können durch Erosions- und Verwitterungsprozesse sowie abschmelzenden Permafrost potenziell große Feststoffmassen akkumuliert werden, die bei Schneeschmelze, intensiven Niederschlagsereignissen oder aufgrund von Lawinen/Eisbrüchen umgelagert und mobilisiert werden können. Feststoffe können bedingt durch die hohe Reliefenergie der Dhaulāgiri-Ostflanke, die die größte Reliefenergie der kontinentalen Erdoberfläche aufweist, leicht mobilisiert und transportiert werden. Da der Lārjuñ Kholā den letzten Kilometer bis zu seiner Mündung in die Kāli Gaṇḍakī mit äußerst niedrigem Gefälle verläuft, können Murgänge bereits dort auslaufen und zur Ablagerung gelangen (vgl. Karte 12). Die erwiesene Übermurgungsfläche wurde anhand der Murablagerungen abgegrenzt. Abgesehen von der erwiesenermaßen übermurgten Fläche ist jedoch auch der südwestliche Teil der Siedlung potenziell durch Übermurgung gefährdet, sollte es zu einem Murausbruch am Hals des Schwemmfächers kommen. Neben der Übermurgungsgefahr besteht für Lārjuñ vermutlich auch die Gefahr der Übersarung. Es kann in Abhängigkeit von der Topographie des Schwemmkegels angenommen werden, dass die potenziellen Übermurgungs- und Übersarungsflächen identisch sind.

An der Abbruchkante der westlich von Lārjuñ ansteigenden glazifluvialen Terrasse befindet sich im oberen Bereich eine frei liegende Erosionsfläche, in die einige anthropogene Höhlen eingelassen sind. Im Bereich des Hangfußes sind rezente Ablagerungsformen zu finden, die von Rutschungen aus der Abbruchkante stammen. Das akkumulierte Rutschmaterial ist vermutlich reliktil, da es bewaldet ist. Die Rutschung ist laut Angaben der Bewohner Lārjuñs inaktiv. Aufgrund von Verwitterungsvorgängen und bodenhydrologischen Prozessen könnte sie jedoch vermutlich reaktiviert werden. Im Gegensatz dazu stellt die Ufererosion durch die Kāli Gaṇḍakī eine große Gefährdung dar, da der Fluss in dem rund 700 m breiten Bett permanent seinen Lauf verlagert (vgl. Bild 19, 1999 und Bild 20, 2003). Verläuft die Kāli Gaṇḍakī am orographischen rechten Ufer, so können infolge Ufererosion große Mengen des feinkörnigen Materials des Schwemmfächers abgetragen werden. Nach Auskunft zahlreicher Bewohner Lārjuñs spielt sich dieser Prozess in Abhängigkeit vom jeweiligen Verlauf der Kāli Gaṇḍakī beinahe alljährlich ab. Ein nicht unmittelbar die Siedlung bedrohende Gefahr geht von dem südwestlich von Lārjuñ mündenden Ghaṭṭe Kholā aus. Das Einzugsgebiet dieses murfähigen Gerinnes liegt im Gletschervorfeld des Dhaulāgiri Ostgletschers und fällt auf einer Horizontaldistanz von 2,5 km von 4000 m auf die Talsohle der Kāli Gaṇḍakī auf rund 2500 m NN ab. Aufgrund von Verwitterungs- und Schmelzvorgängen (möglicherweise auch das Ausschmelzen des Permafrostes) werden dem Gerinne kontinuierlich Schuttmassen und Wasser zugeführt, die in dem überaus steilen Längsprofil des Baches talabwärts transportiert werden. Die Murgengefahr ist durch Murablagerungen am Schwemmkegelhals des Ghaṭṭe Kholā erwiesen. Nach Angaben lokaler Informanten kommt es im Tal des Ghaṭṭe Kholā immer wieder zu Übermurgung und Übersarung, von den Auswirkungen ist die Siedlung Lārjuñ jedoch nicht betroffen.



Karte 12: Karte der Naturgefahrenprozesse Lärjuņ



Bild 19: Lārjuñ vor dem Murereignis vom Juli 2002. Die Kāli Gaṇḍakī verläuft am Rand des Schwemmfächers, der Mündungsbereich des Lārjuñ Kholā wird landwirtschaftlich genutzt. (Aufnahme: A. Titz, September 1999)



Bild 20: Lārjuñ im März 2003. Im Mündungsbereich des Lārjuñ Kholā sind rezente Murablagerungen zu erkennen. (Aufnahme: A. Titz, März 2003)

5.4 KARTIERBERICHT UND KARTE DER NATURGEFAHREN- PROZESSE DER SIEDLUNG TĀTOPĀNĪ

Die Bazarsiedlung Tātopānī (Myāgdi Distrikt) liegt auf der orographisch rechten Seite der Kāli Gaṇḍakī in einer Höhe von 1250 m NN am östlichen Rand einer rund 15 m hohen fluvialen Aufschüttungsterrasse. Die Kāli Gaṇḍakī hat sich in diesem Talabschnitt cañonartig in das Kristallin der Kathmandu-Decke (vgl. HAGEN, 1968) eingeschnitten. Sowohl westlich als auch östlich von Tātopānī steigen steile Felswände aus Granit und Gneis an, die jedoch ab einer Höhe von ca. 1700 m NN verflachen. Während die Tātopānī orographisch gegenüberliegende Talflanke mit Ausläufern immergrünen Bergwaldes aus *Castanopsis indica* und *Schima wallichii* besetzt ist, ist der Hang westlich der Siedlung lediglich am Hangfuß dünn bewaldet, die vertikal folgenden, steilen Felswände sind hauptsächlich mit Gräsern bewachsen. Aufgrund der topographischen Bedingungen sind die zu landwirtschaftlichen Zwecken nutzbaren Flächen stark limitiert. Einige wenige Flächen finden sich in Siedlungsnähe auf der Schotterterrasse, weitere Nutzflächen wurden auf dem Schwemmfächer des südlich von Tātopānī in die Kāli Gaṇḍakī mündenden Bhuruñ Kholā sowie auf einer Rodungsfläche in 1500-1700 m Höhe westlich der Siedlung angelegt.

Die dominierende Gefahr im Gebiet der untersuchten Siedlung Tātopānī stellen Rutschungen und Hochwasserereignisse dar (vgl. Karte 13). Die Rutschgefahr ist durch die Felsgleitung vom 26. September 1998 erwiesen. Etwa 500 m südlich der Siedlung lösten sich damals aus der orographisch linken Flanke der Kāli Gaṇḍakī-Schlucht in einer Höhe vom 1760 m NN Tausende Kubikmeter kolluvialer Ablagerungen einer relikten Rutschung und glitten in die Kāli Gaṇḍakī. Da die Rutschmasse das Flussbett komplett blockierte, staute sich der Fluss talaufwärts für die Dauer von 7-8 Stunden zu einem ca. 500 m langen und 15 m tiefen See auf. Infolgedessen wurde der südlich Abschnitt der Siedlung Tātopānī bis zu 2 m hoch überschwemmt. Einige Gebäude wurden dabei völlig zerstört, an anderen Gebäuden entstanden hohe Schäden, da sie stundenlang unter Wasser standen. Durch die Felsgleitung wurde ebenfalls der auf der orographisch rechten Talflanke verlaufende Hauptverkehrsweg auf einer Länge von 450 m zerstört (vgl. OTTINGER, 2003). Ein Träger, der zum Zeitpunkt der Rutschung den Weg passierte, wurde getötet. Darüber hinaus wurden am Hauptverkehrsweg drei Elektrizitätsmasten⁴⁵ zerstört, was eine Unterbrechung der Stromversorgung der gesamten Umgebung zur Folge hatte.

Auch die Hochwassergefahr ist durch mehrere Ereignisse belegt, die im Rahmen der Feldarbeiten zu vorliegender Arbeit jedoch nicht zufriedenstellend datiert werden konnten. Nach Auskunft lokaler Informanten fanden in Tātopānī 1984 und 1987⁴⁶ Hochwasserereignisse statt. Ursache für das Hochwasser von 1984, das nur geringe Schäden verursachte, ist vermutlich ein zuvor erwähnter Gletscherseeausbruch in Nordmustāñ (vgl. Kap. 5.3). Auch die Ursache für das Hochwasserereignis im Juli 1987 konnte nicht exakt ermittelt werden. Da im nördlichen Einzugsgebiet der Kāli Gaṇḍakī nur geringe Niederschläge fallen, kommt als Ursache vermutlich Schneeschmelze oder ein neuerlicher Gletscherseeausbruch⁴⁷ in Betracht (Kāgbeni, 1987?). Wie Bewohner Tātopānīs berichten, wurden sie im Juli 1987 nachts gegen 1 Uhr durch lautes Grol-

⁴⁵ Die Elektrizität wird an einem kleinen Wasserkraftwerk in Dharāp, ca. 4 km nördlich von Tātopānī, erzeugt.

⁴⁶ Eine lokale Informantin nannte das Jahr 1990; es konnte jedoch nicht eindeutig geklärt werden, ob es sich bei den Hochwasserereignissen der Jahre 1987 und 1990 um ein identisches oder ein weiteres Ereignis handelt.

⁴⁷ MOOL, BACHRAJARYA & JOSHI (2001), führen zwei Gletscherseeausbrüche in Nordmustāñ auf, die jedoch nicht datiert sind.

len und Tosen geweckt, als eine Flutwelle über die Siedlung hereinbrach. In Tātopānī wurden 13 Gebäude zerstört, in Naunī Bagar, rund 800 m südlich von Tātopānī auf einer Uferterrasse der Kāli Gaṇḍakī gelegen, wurden sechs der insgesamt zehn Gebäude der Siedlung zerstört.

Für Tātopānī besteht erwiesenermaßen eine Gefahr durch Hochwasser bzw. Überschwemmungen. Da Tātopānī jedoch knapp 15 m oberhalb des Flussbettes der Kāli Gaṇḍakī liegt ist davon auszugehen, dass lediglich Ereignisse extremen Ausmaßes eine Schadenwirkung auf die Siedlung ausüben. Wie bereits angeführt, konnte nicht exakt geklärt werden, wodurch die vergangenen Hochwasser verursacht wurden. Sollten Gletscherseeausbrüche dafür verantwortlich sein, so besteht potenziell auch in Zukunft die Gefahr von Hochwasser infolge von GLOFs. Durch den Anstieg der Lufttemperaturen im Hohen Himālaya (vgl. SHRESTHA et al., 1999) wird die Wahrscheinlichkeit sowohl für das Auftreten als auch für den Ausbruch von Gletscherseen erhöht (vgl. HORSTMANN, 2004; UNEP, 2002). Infolge von Hochwasser besteht vermutlich die Gefahr der Ufererosion an der Böschung der fluvialen Aufschüttungsterrasse, an deren östlichen Rand die Siedlung Tātopānī liegt. Da die Kāli Gaṇḍakī nördlich von Tātopānī ein starkes Gefälle aufweist (vgl. KUHLE, 1982), ist ihr Verlauf in dem schluchtartig verengten Abschnitt bei Tātopānī durch hohe Fließgeschwindigkeiten gekennzeichnet, was die erosive Kraft des Flusses verstärkt. Wird fluviales Aufschüttungsmaterial am Böschungsfuß abgetragen, können Teile der leicht erodierbaren Böschung abrutschen.

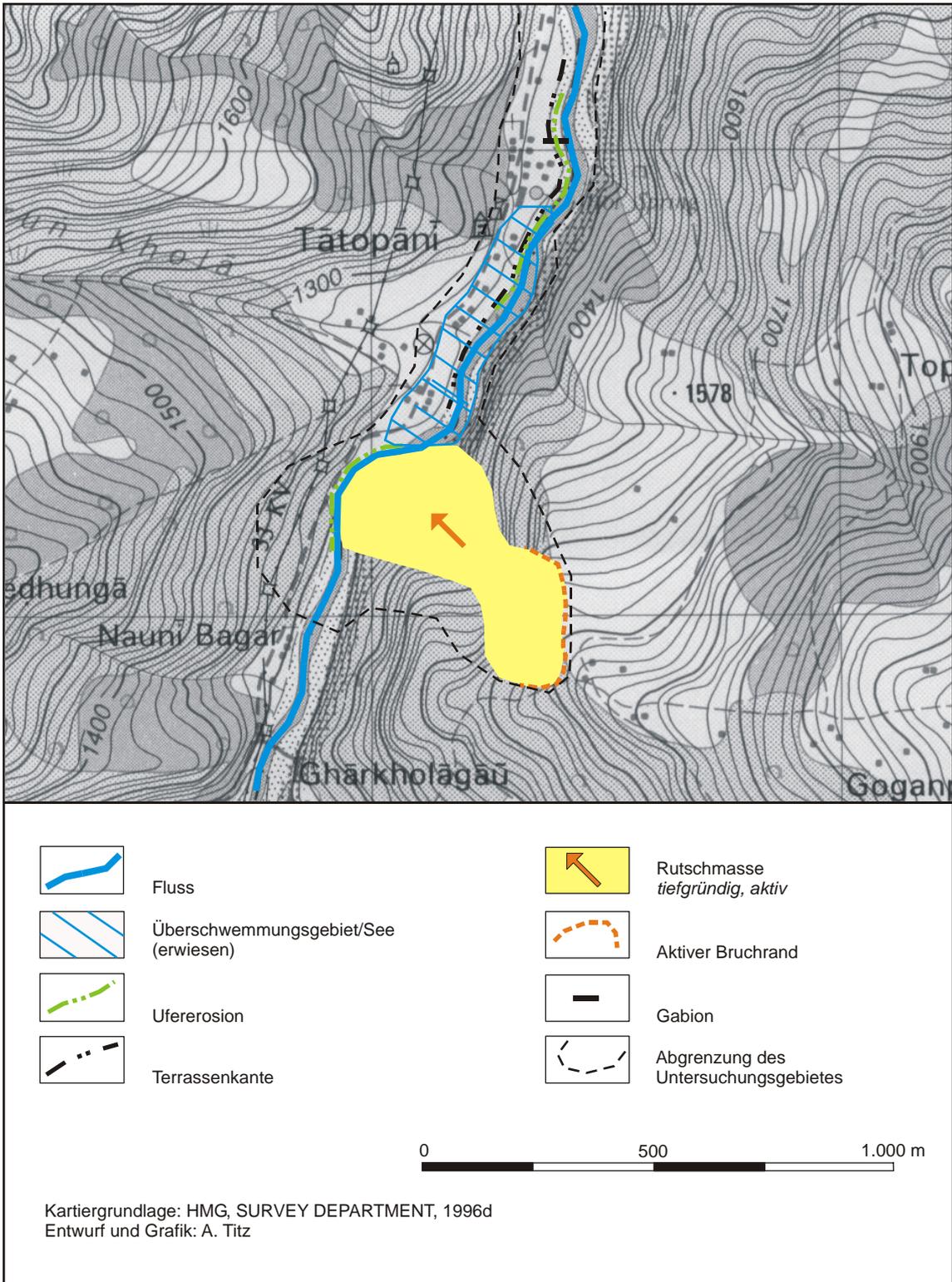
Bei der Felsgleitung vom 26. September 1998 handelt es sich um eine großflächige, relikte Rutschung, die in der Vergangenheit bereits mehrfach reaktiviert wurde. Nach SIKRIKAR & PIYA (1998) wurde die Rutschung infolge des Udayapur-Erdbebens vom 22. August 1988 (Magnitude 6,6) erstmals wieder reaktiviert. Kurz vor der verheerenden Felsgleitung am 26. September 1998 ging bereits am 10. August 1998 nach intensiven Niederschlägen eine Felsgleitung aus der linken Flanke des späteren Anrissgebietes voraus. Durch eine Kluffkreuzung im Gestein kam es an dieser geologischen Schwachstelle zur Ausbildung eines keilförmigen Anrisses. Die Rutschung vom 10. August 1998 hatte die Entstehung neuer Zerrspalten im Anrissgebiet zur Folge. Am 26. September folgte dann eine Rutschung aus der rechten Flanke, infolge dessen das abgerutschte Material in Form eines bis zu 30 m hohen und 40-50 m breiten Rutschkegels im Bett der Kāli Gaṇḍakī abgelagert wurde (vgl. Bild 21). Das Tal wurde auf seiner gesamten Breite dammartig blockiert, was zu dem zuvor beschriebenen Aufstau der Kāli Gaṇḍakī mit kurzzeitiger Seebildung führte. Bereits einen Tag nach der Felsgleitung hatte die Kāli Gaṇḍakī diesen Damm an der orographisch rechten Talflanke auf einer Breite von rund 25 m durchbrochen, so dass sich der vortags aufgestaute See weitgehend entleeren konnte. Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten in Tātopānī im März 2003 blockierte noch immer ein Großteil des Rutschkegels das Flussbett der Kāli Gaṇḍakī. Da der Fluss infolge der Rutschung seinen Lauf an die orographisch rechte Talflanke verlegt hat, die verbliebene Rutschmasse also bogenförmig umfließt, ist es an diesem „neuen“ Prallhang aufgrund von Hangunterschneidung bereits kurz nach dem Rutschereignis zu zwei weiteren Rutschungen kleineren Ausmaßes gekommen. Auch aktuell besteht auf der orographisch rechten Talflanke die Gefahr von Rutschungen, so dass der dort verlaufende Hauptverkehrsweg permanent gefährdet ist.

Als Ursache für die Felsgleitung vom 26. September 1998 bei Tātopānī müssen in erster Linie die lithologischen Verhältnisse im betroffenen Hang gesehen werden. In der Anrissnische ist deutlich die Schichtung von massivem weißen Quarzit und sehr verwitterungsanfälligem Phyllit zu erkennen (vgl. Bild 22). Am oberen Rand sind zudem stark geschieferte, grün-graue Phyllite mit zwei hervorstehenden Fugen auszumachen, die nahezu parallel zum Hang verlaufen. Unter Einfluss von Bergwasser wird diese Phyllit-Quarzit-Abfolge sehr instabil. Durch Zerrspalten

kann Wasser in den Hang eindringen, wodurch sich an den Gesteinsgrenzen Zonen verstärkter Wasserführung ausbilden, die an geologischen Diskontinuitäten einen sprunghaften Wechsel der mechanischen Eigenschaften und somit ein Abgleiten zur Folge haben können. Das tonige Material saugt sich voll Wasser und kann als Gleitfläche fungieren, auf der die Hangmassen, die durch den Wassergehalt an Gewicht zugenommen haben, unter Einfluss der Schwerkraft abgleiten.

Vermutlich ist in dem Lockermaterial des Hanges eine Wassersättigung eingetreten, die durch Wasserinfiltration in den Hang, Versickerung und einen Anstieg des Porenwasserdruckes, Aufquellen von Tonmineralien, Gewichtsanstieg durch Wassersättigung und Abnahme der Scherkräfte letztendlich zur Rutschung geführt hat. Anders als bei einem Großteil der in Nepāl auftretenden Rutschungen gegen Ende des Monsuns dürfen intensive Niederschläge als Auslöser ausgeschlossen werden, da in den Wochen vor dem Ereignis nur wenig Niederschlag gefallen ist. SIKRIKAR & PIYA (1998) nennen als Ursache die Kultivierung der Fläche oberhalb der rezenten Rutschung. Diese landwirtschaftlich genutzten Flächen auf einer Verflachung oberhalb des Anrissgebietes werden in Trockenfeldbau bewirtschaftet. Sie waren zum Zeitpunkt des Rutsches mit Früchten bestanden, deren Wurzeln potenziell die Infiltrationskapazität des Bodens erhöhen können. Die abgerutschte Hangpartie selbst war aufgrund der Steilheit (40° - 45° Hangneigung) lediglich mit Gras und kleinwüchsigen Büschen bewachsen. Der Einfluss der Landnutzung und der natürlichen Vegetation auf die Infiltrationskapazität ist hier jedoch als gering einzustufen. Eine weitaus bedeutendere Rolle kommt den Zerrspalten zu, die sich bereits vor der Felsgleitung im Bereich der Anrissnische, vermutlich in Zusammenhang mit Erdbeben, gebildet haben. Tātopānī liegt lediglich 4 km südlich der aktiven Bruchzone der MCT, an welcher sehr häufig Erdbeben zu verzeichnen sind (vgl. Karte 1). Aufzeichnungen des *Department of Mines and Geology* zu Folge wurde unmittelbar vor der Felsgleitung keine Erdbebenaktivität registriert, jedoch können gerade Erdbeben, die in zeitlich großen Abständen auftreten, in Verbindung mit Hebungsvorgängen zu einer Auflockerung und Destabilisierung von Hängen führen. Die Destabilisierung des Rutschhanges bei Tātopānī ist vermutlich durch die Unterschneidung der periodisch Hochwasser führenden Kālī Gaṇḍakī verstärkt worden.

Infolge der Felsgleitung bildeten sich vor allem in der rechten Hälfte der Anrissnische neue Zerrspalten, die in 2-100 m Entfernung von der Rutschungsfläche liegen. Diese Spalten sind 10-70 cm geöffnet, können an manchen Stellen jedoch bis zu 2 m weit sein. Nach Auskunft lokaler Informanten rutscht zeitweise Material aus dem Schuttkegel nach, im Falle einer großvolumigen Nachrutschung könnte die Kālī Gaṇḍakī erneut aufgestaut werden.



Karte 13: Karte der Naturgefahrenprozesse Tātopānī



Bild 21: Das Kāli Gaṇḍakī-Tal bei Tātopānī im Frühjahr 2003. Noch immer blockiert die Rutschmasse das Flussbett. (Aufnahme: A. Titz, März 2003)



Bild 22: Anrissgebiet und Rutschmasse der Felsgleitung von Tātopānī. In der linken Anrissnische ist deutlich die Schichtung von massivem weißen Quarzit und Phyllit zu erkennen. (Aufnahme: A. Titz, März 2003)

5.5 KARTIERBERICHT UND KARTE DER NATURGEFAHREN- PROZESSE DER SIEDLUNG JALJALE

Die Siedlung Jaljale liegt im äußersten Südosten des Sindhupālchok Distrikt in einer Höhe von 2040 m in Hanglage auf der orographisch rechten Seite des Dābi Kholā (nep./newār. *dābi* «unten, tief eingeschnitten»). Jaljale liegt in West-Südwestexposition im unteren Drittel eines Hanges, der vom Flussbett des Dābi Kholā in rund 1500 m NN zum einem Bergrücken in 3401 m Höhe ansteigt. Südöstlich der Siedlung verläuft ein temporär wasserführender Bach, der nach Angaben der Bewohner den Namen Utise Kholā trägt.⁴⁸ Er entspringt oberhalb der Siedlung in einer Höhe von 2160 m NN und mündet nach einer Strecke von rund 1,5 km in den Dābi Kholā. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen der Siedlung erstrecken sich nahezu über den gesamten Hang bis in eine Höhe von 2200 m NN. Vertikal schließt sich immergrüner Bergwald mit *Pinus roxburghii* an. Die terrassierten Nutzflächen werden im Trockenfeldbau bewirtschaftet; Flächen in tieferen Lagen werden weniger intensiv genutzt, da dort enorme Stein- und Felsablagerungen die Bearbeitung erschweren. Der Uferbereich des Dābi Kholā wird nicht bewirtschaftet, dort stocken Ausläufer eines immergrünen Bergwaldes.

In Jaljale stellen Massenbewegungen und Hochwasserprozesse die dominierenden Gefahren dar, die durch unterschiedliche Ereignisse erwiesen sind (vgl. Karte 14). Entlang des Utise Kholā finden sich zahlreiche rezente Transit- und Ablagerungsformen. Zuletzt hat der Bach nach intensiven Niederschlägen während des Monsuns 2001 sehr viel Geschiebe geführt und durch Übersarung und Seitenerosion zu Schäden an landwirtschaftlichen Nutzflächen und einigen Stallungen geführt, bei dem 35 Nutztiere getötet wurden. Sowohl nordöstlich und südwestlich als auch nordwestlich und südöstlich der Siedlung sind relikte Ablagerungsformen im Hang zu identifizieren. Teilweise handelt es sich dabei um Felsblöcke von über 10 m Durchmesser. Nach Angaben eines älteren Dorfbewohners Jaljales sind diese Sturz- bzw. Rutschkomponenten um das Jahr 1940 in Folge einer Massenbewegung abgelagert worden. Ob es sich bei dieser Massenbewegung um einen Sturz- oder Rutschvorgang handelte, ließ sich nicht mit letzter Sicherheit feststellen. Eine exakte Datierung war ebenfalls nicht möglich.

Dem Hochwasserereignis vom Juli 2001 gingen nach Angaben lokaler Informanten intensive Niederschläge voraus, die knapp eine Woche vor dem Ereignis einsetzten. Die Uhrzeit des Ereignisses ließ sich rückblickend nicht mehr genau ermitteln, den Bewohnern Jaljales zu Folge kündigte es sich jedoch mit lautem Grollen an. Der Utise Kholā führte infolge der Niederschläge sehr viel Wasser und war dadurch vermutlich in der Lage, relikte abgelagertes Lockermaterial zu remobilisieren und hangabwärts zu transportieren. Vom Anrissbereich, der in einer Höhe von 2200 m NN liegt, bis auf eine Höhe von rund 2080 m NN wurde, vermutlich infolge eines Gerinneausbruchs oder Gerinneverlagerung, auf einer Breite von bis zu 30 m Lockermaterial umgelagert, mobilisiert und abtransportiert. Hangabwärts verlief der stark geschiebeführende Bach wieder weitestgehend im Hauptgerinne, so dass es an den Gebäuden der Siedlung nicht zu Schäden gekommen ist. Unterhalb der Siedlung wurden vermutlich durch Verlagerung des Gerinnes neue Lockermaterialflächen angeschnitten, so dass durch Seitenerosion im Lockergestein zusätzlich ein erheblicher Feststoffeintrag in den Bach stattfand. Im Hangfußbereich wurden großflächig landwirtschaftliche Nutzflächen angeschnitten. Der Utise Kholā hat

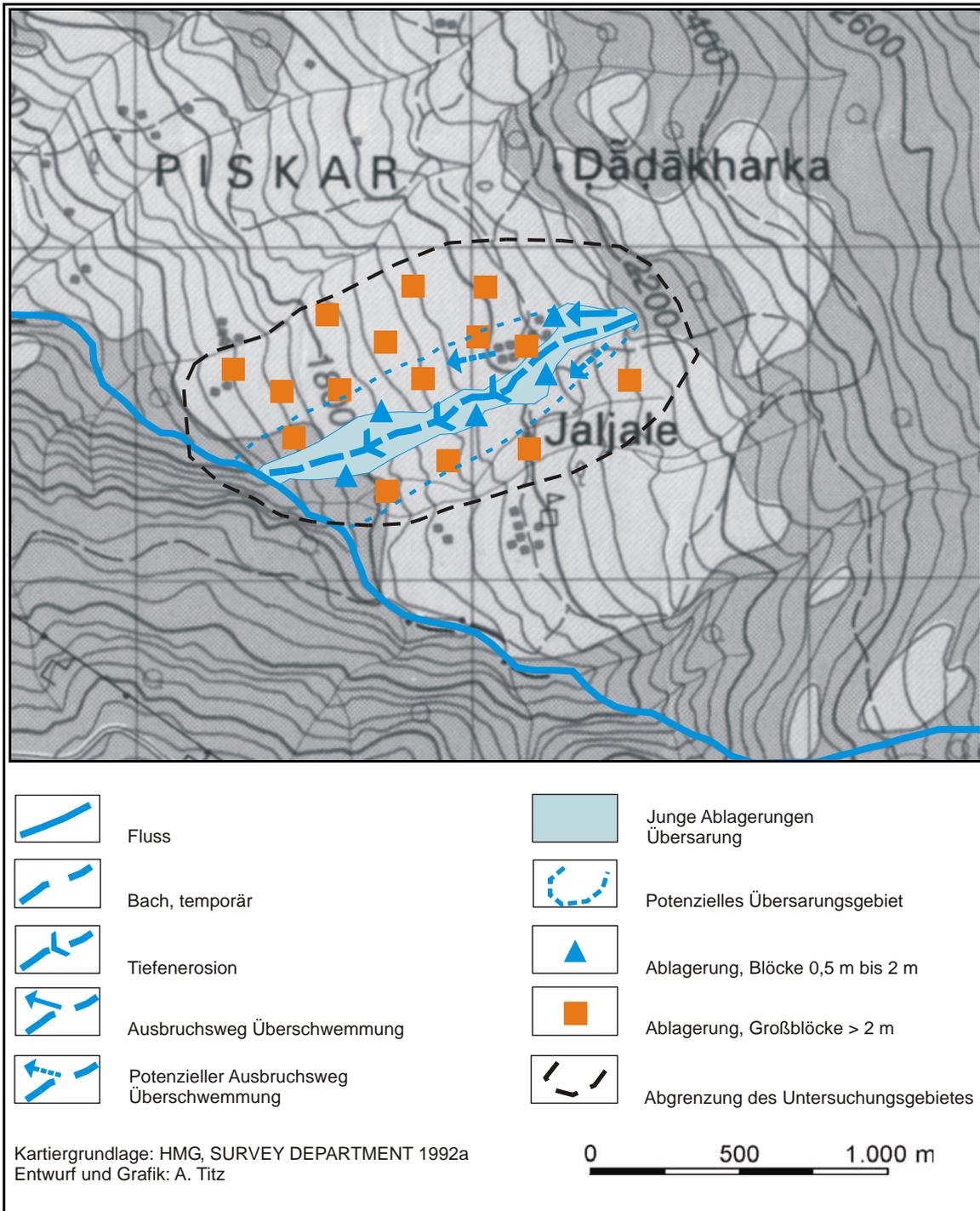
⁴⁸ Die Namen derartig kleiner Gerinne sind in den amtlichen topographischen Karten Nepāls nicht verzeichnet. Ferner liegt die Vermutung nahe, dass es sich beim Utise Kholā um einen Gully handelt. Kennzeichnend für Gullies sind jedoch schmale, tiefe Gräben mit steilwandigen Einhängen. Diese Merkmale weist der Utise Kholā nicht auf. Es wird allerdings nicht ausgeschlossen, dass der Prozess der Gully-Erosion stattfinden kann.

sich im Bereich von 1960 m bis 1800 m NN durch Tiefenerosion in den Hang eingeschnitten, wodurch die Einhänge infolge Seitenerosion weiter destabilisiert wurden (vgl. Bild 23).

Als Auslöser für das Ereignis können eine Wassersättigung des Hanges infolge der intensiven Niederschläge sowie ein stark erhöhter Abfluss im Gerinne des Utise Kholā angenommen werden. Neben Niederschlägen kommen aber auch im Hang verlaufende Quellhorizonte als Ursache für die Wassersättigung in Frage. Nach Angaben der Dorfbewohner bedeutet die Silbe '*Jal*' (Newār?) im Namen der Siedlung soviel wie «Wasser». Demnach ist Jaljale ein wasserreicher Ort, was durch zahlreiche natürliche Quellen in der Umgebung der Siedlung belegt wird. In Verbindung mit unterschiedlichen Faktoren wie der geologischen Struktur, der Hangneigung und Instabilitäten des Hanges bzw. Hangteilen war es vermutlich möglich, Lockermaterial zu remobilisieren und hangabwärts zu transportieren. Es kann nicht genau bestimmt werden, wie groß der anthropogene Einfluss auf dieses Ereignis gewesen ist. Wie bereits zuvor erwähnt, liegt der Anrissbereich unterhalb landwirtschaftlich genutzter Flächen, die offensichtlich auf einer gerodeten Waldfläche angelegt wurden. Bedingt durch die Umwandlung der Waldfläche in landwirtschaftliche Nutzflächen kann sich der Oberflächenabfluss vermutlich verstärkt und in Verbindung mit den intensiven Niederschlägen den stark erhöhten Abfluss im Utise Kholā verursacht haben.

Leider ließ sich das Ereignis, das zur Ablagerung der enormen Geröllmassen und Felsblöcke auf dem Hang geführt hat, nicht exakt rekonstruieren. Es darf jedoch angenommen werden, dass das Material zu unterschiedlichen Zeiten im Rahmen verschiedener Ereignisse dort zur Ablagerung gekommen ist, da Steine und Felsen unterschiedlich stark verwittert sind. Während im Hangbereich unterhalb der Siedlung auf einer Breite von mehreren Hundert Metern mächtige Akkumulationen von Steinen und Geröll zu erkennen sind, so sind insbesondere im Bereich der Gebäude Felsblöcke zu finden, (vgl. Bild 24). Topographisch bedingt können die Fels- und Steinmassen nur aus dem Hang oberhalb der Siedlung Jaljale stammen. Unklar ist jedoch der Prozess, der zur Mobilisierung geführt hat. Sowohl im Rahmen der Feldarbeiten als auch auf einem Schwarzweiß-Luftbild aus dem Jahr 1992 ließ sich keine relikte Ausbruchsnische oder ähnliches identifizieren. Vermutlich sind geologisch-lithologische Verhältnisse im Zusammenhang mit Wasserinfiltration als Ursache nennen. Im Untersuchungsgebiet dominieren erosionsanfällige Formationen aus Glimmerschiefer, Phylliten und Sandstein. Nördlich der Siedlung verläuft eine geologische Bruchzone, der so genannte Dādār Dādā Bruch, der erdgeschichtlich älter ist als die Überschiebungszone der MCT. Zudem korrespondieren dort Sailung-Überschiebung und Bigu-Überschiebung, die nach MARUO, OHTA & ARITA (1973) geologisch der MCT entsprechen. An derartigen Überschiebungszonen ist generell mit einer erhöhten Erdbebenaktivität zu rechnen (vgl. Karte 1), die bereits ab Magnitude 5 zur Destabilisierung von Hängen führen können. Aber auch eine Wassersättigung und ein erhöhter Porenwasserdruck im Hang können als Auslöser einer Massenbewegung in Betracht kommen.

Die Ablagerungen werden in der Karte nach relikten und rezenten Phänomenen unterteilt, da auf diese Weise eine Zuordnung zu den jeweiligen Ereignissen möglich ist. Neben der durch das Ereignis vom 31. Juli 2001 erwiesenen Übersarungsfläche ist nach Ansicht der Verfasserin die gesamte Siedlung potenziell von Übersarung bedroht. Infolge von Gerinneverlagerung kann es angesichts der Größe der abgelagerten Felsblöcke potenziell zu großen Schäden an den Gebäuden und in der Siedlung befindlichen Personen kommen. Im Gerinne des Utise Kholā ist infolge von Tiefen- und Seitenerosion weiterhin mit einer Destabilisierung der Einhänge zu rechnen, so dass Lockergestein und landwirtschaftlich genutztes Land abgetragen werden kann. Des Weiteren geht vom Utise Kholā potenziell die Gefahr der Gully-Erosion aus.



Karte 14: Karte der Naturgefahrenprozesse Jaljale



Bild 23: Quelle, Seitenerosion und Übersarung des Utise Kholā (Aufnahme: A. Titz, November 2001)



Bild 24: Relikte Ablagerungen im Bereich der Siedlung Jaljale ↓ (Aufnahme: A. Titz, November 2001)

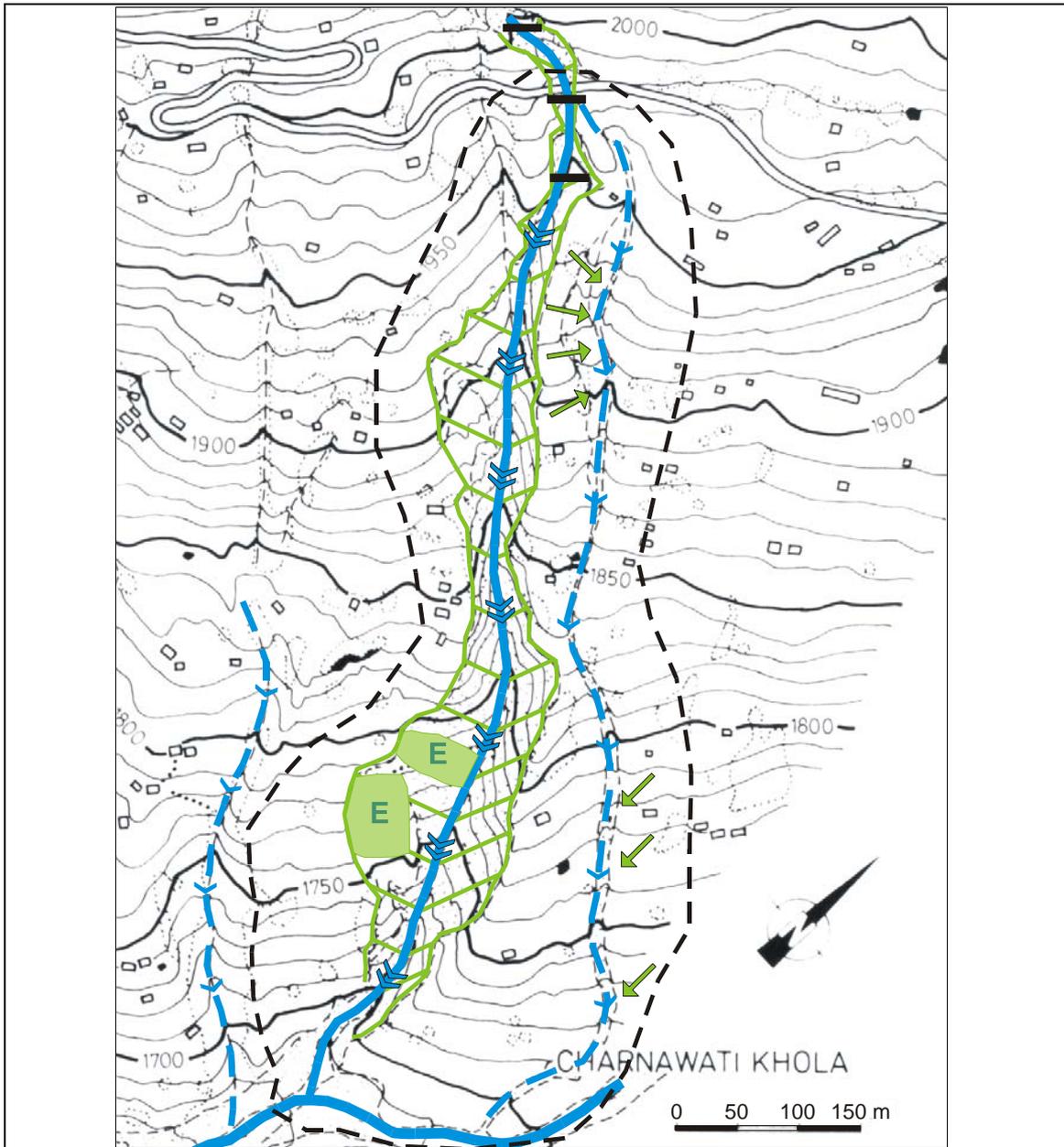
5.6 KARTIERBERICHT UND KARTE DER NATURGEFAHRENPROZESSE DER SIEDLUNGEN POKHARE UND THULĪNĀGĪ

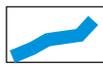
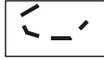
Bedingt durch die dominierende Form der Streusiedlung wurde am Kalimati Kholā (auch Kalimati-Gully; nep. *kali* «schwarz», nep. *mati* «Schlamm») im Distrikt Dolākha im Grunde keine einzelne Siedlung untersucht, da die Gebäude nicht zu einem deutlich abgrenzbaren Dorfverband zusammengeschlossen sind. Es wurden im Bereich des Gullies stehende Gebäude berücksichtigt, die verwaltungspolitisch den Siedlungen Pokhare (nep. *pokhare* «See, Teich») und ThulĪnāgĪ (nep. *thulnagi* «nackter Hügel») der angehören. Das betrachtete Siedlungsgebiet liegt auf der orographisch rechten Seite des Charnawati Kholā, dessen Einzugsgebiet knapp 5 km flussaufwärts am Dādār Dādā liegt. Der betrachtete Hangabschnitt ist vom Flussbett des Charnawati Kholā auf 1680 m NN bis in eine Höhe von 2100 m NN terrassiert, vertikal folgt eine Koniferen-Aufforstung und schließlich, bis zum Kamm in einer Höhe von 2800 m NN, immergrüner Bergwald. Neben verschiedenen Gehölzen, die die zahlreichen, den Hang zerschneidenden, temporären Bäche säumen, ist auf den *bari*-Flächen eine große Anzahl von Futterbäumen zu verzeichnen. Bereiche, die aufgrund ungünstiger Bodenbedingungen nicht landwirtschaftlich genutzt werden, sind ebenfalls licht bewaldet. Im Hangfußbereich werden Flächen bis in eine Höhe von ca. 1750 m NN in Bewässerungsfeldbau bewirtschaftet. In der Höhe zwischen 1950 m und 2050 m NN quert die *Lamosangu-Jiri-Road* den Hang.

Die dominierende Gefahr in den untersuchten Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ stellt die Grabenerosion dar, was durch ein Ereignis am 7. Juli 1987 erwiesen ist. Dieses Ereignis wird häufig als *Charnawati Kholā landslide* bezeichnet. Bei dem abgelaufenen Erosionsprozess handelt es sich jedoch eindeutig um den Prozess der Gullybildung. Da sich das Ereignis nach Angaben lokaler Informanten abends bzw. nachts ereignete und die Menschen völlig unvorbereitet traf, verloren insgesamt 17 Menschen ihr Leben. Rund 20 Häuser wurden aufgrund des hohen Abflusses und der folgenden Grabenerosion zerstört. Darüber hinaus sind an verschiedenen Stellen im Hang, ähnlich wie in der untersuchten Siedlung Jaljale (vgl. Kap. 5.5), rezente und/oder relikte Ablagerungsformen zu finden. Leider ließ sich nicht mit letzter Sicherheit feststellen, durch welchen Prozess das Material auf den Flächen abgelagert wurde, vermutlich jedoch im Rahmen eines relikten Sturz- oder Rutschprozesses (vgl. Karte 15).

Der Gullybildung am 7. Juli 1987 gingen nach Auskunft lokaler Informanten kurzzeitige, sehr hohe Niederschläge voraus. Nach DEOJA, DHITAL, MANANDHAR & WAGNER (1991) fielen in der Region um den Kalimati-Graben im Zeitraum von nur eineinhalb Stunden 150 mm Niederschlag⁴⁹, was in im Kalimati-Gully zu einem Spitzabfluss vom 160 m³/s führte. Es konnte nicht festgestellt werden, ob sich der Gully infolge der hohen Niederschlagsintensität durch eine lokale Konzentration von Oberflächenabflüssen in den Hang eingeschnitten hat, sich durch den Einsturz unterirdischer Röhren gebildet hat oder aufgrund einer Massenbewegungen in der Tiefenlinie des Hanges entstanden ist. Vermutlich hat jedoch eine Zerschneidung des Hanges infolge des hohen Oberflächenabflusses stattgefunden. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass zum Zeitpunkt der Gullybildung großflächige Erdarbeiten zum Bau der *Lamosangu-Jiri-Road* stattgefunden haben, die potenziell zu einem erhöhten Oberflächenabfluss auf dem betrachteten Hangabschnitt beigetragen haben können.

⁴⁹ Die schweren Überschwemmungen am 20./21. Juli 1993 in Zentral- und Südnepal wurden durch Niederschläge ausgelöst, bei denen rund 540 mm im Zeitraum von 24 Stunden fielen (vgl. Kap. 5.7). Im Vergleich dazu stellen die 150 mm im Zeitraum von eineinhalb Stunden eine enorme Regenmenge dar.



- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Fluss |  | Erosionsfläche im Lockermaterial
<i>substabil (bewachsen)</i> |
|  | Gerinne mit starker
Tiefenerosion im Lockermaterial |  | Seitenerosion im
Lockermaterial, <i>wenig aktiv</i> |
|  | Gerinne (periodisch) mit
Tiefenerosion im Lockermaterial |  | Erosionsfläche mit freigelegtem
Lockermaterial <i>aktiv, offen</i> |
|  | Sperrentreppe |  | Abgrenzung des Untersuchungsgebietes |

Quelle: KOSTKA, 1988
Entwurf und Grafik: A. Titz

Karte 15: Karte der Naturgefahrenprozesse Pokhare und ThulInägr



Bild 25: Der Kalimati-Gully, vermutlich zwischen 1987 und 1990 (DEOJA, DHITAL, MANANDHAR & WAGNER, 1991)

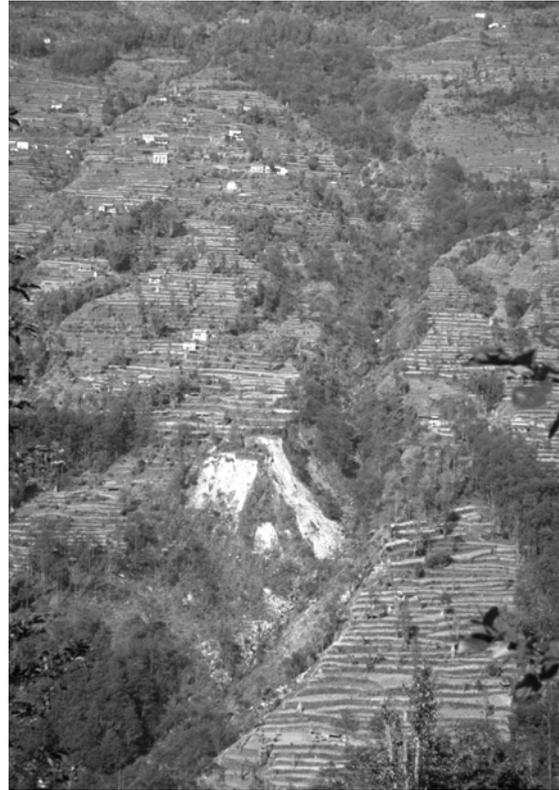


Bild 26: Der Kalimati-Gully 2001. Die seitlichen Einhänge sind mit Vegetation bestanden, es hat sich jedoch eine neue Rutschfläche gebildet. (Aufnahme: A. Titz, Nov. 2001)



Bild 27: Hangrutschung im *khet* infolge von Ufererosion durch den Charnawati Kholā. (Aufnahme: A. Titz, November 2001)

Wie Bewohner der Siedlung Sākhine berichten, die auf der dem Kalimati-Gully orographisch gegenüberliegenden Flanke des Charnawati Kholā liegt, führt der Gully nahezu alljährlich während des Monsuns große Abflussmengen. Zu Todesopfern oder großen Schäden wie im Jahr 1987 sei es bislang nicht mehr gekommen. Allerdings soll es durch Schwemmholz und weiteres Geschiebe gelegentlich zu Verklausungen kommen, wodurch der Abfluss stellenweise aus dem Gully ausbricht und sich neue Fließwege sucht. Auf diese Weise ist es in den vergangenen Jahren vermehrt zu kleineren Schäden an landwirtschaftlichen Nutzflächen gekommen. Im mittleren Abschnitt des Gullies ist eine rezente, nach Auskunft lokaler Informanten im Jahr 2000 entstandene Rutschfläche zu erkennen (vgl. Bild 26), die vermutlich durch Seitenerosion des Gullies angeschnitten wurde. Bei einer Betrachtung von Bild 25 und Bild 26 wird deutlich, dass die Einhänge des Gullies zwischenzeitlich mit dichter Vegetation (Bäume, Sträucher, Büsche und Gräser) bestanden sind. Die Vegetationsbedeckung trägt vermutlich wesentlich zur Stabilisierung der Einhänge bei. Nach Auskunft der Lokalbevölkerung ist es dort, mit Ausnahme der bereits erwähnten rezenten Rutschung, zu keiner weiteren Seitenerosion gekommen. Da die Pflanzen sehr dicht am Wasserlauf stehen, besteht allerdings potenziell die Gefahr von Verklausungen. Allgemein fällt auf, dass der Hang zum Zeitpunkt der Untersuchung im November 2001 (vgl. Bild 26) im Vergleich zu Bild 25 (Aufnahme vermutlich zwischen 1987 und 1990) eine deutlich höhere Vegetationsbedeckung aufweist. Besonders auffällig ist die Zunahme von Futterbäumen auf den *bari*-Flächen.

Da in Kapitel 4.2 nicht explizit auf den Prozess der Gully- bzw. Grabenerosion eingegangen wird, soll dieser im Folgenden erläutert werden. Gräben (*gullies*) sind nach MORGAN (1999) relativ dauerhafte, steilwandige Wasserläufe, die während Starkniederschlägen ephemeral Abflüsse bilden. Im Vergleich zu stabilen Flussbetten sind ein steiler Anriss und verschiedene Stufen oder Gefälleknick im Längsprofil kennzeichnend für Gräben, darüber hinaus ist das Flussbett tiefer und schmaler. Sie zeichnen sich durch eine hohe Geschiebetransportkapazität aus und sind daher maßgeblich an schnellen Erosionsprozessen und Landschaftsinstabilitäten beteiligt. Bei der Gullyentstehung bildet sich am Hang in einer Zone mit geschwächter Vegetationsdecke zunächst eine Mulde aus. Durch Wasseransammlung in der Mulde wird diese vergrößert und wächst mit anderen Mulden zum Initialstadium eines Grabens zusammen. Durch rückschreitende Erosion am oberen Muldenteil weicht die Kante hangaufwärts zurück, hangabwärts führt Ufererosion zu Nachrutschungen der Seitenwände. Abgesehen von der eben beschriebenen Oberflächenerosion können sich Gräben auch durch unterirdische Erosion, so genannte Tunnelerosion, bilden. Die Bewegung von Bodenwasser in größeren Versickerungskanälen, die sich durch Abtragungsvorgänge zu Röhren oder Tunneln vergrößern, kann die Gullybildung einleiten. Wird durch unterirdischen Abfluss Boden aus den Tunneln herausgespült, kann die Bodenoberfläche einbrechen. Auslöser für die Grabenbildung ist jedoch immer ein Wasserüberschuss, der durch die Zunahme des Abflusses infolge hoher Niederschläge oder durch Landnutzung bzw. Landnutzungsänderungen (z.B. Entwaldung, Beweidung) verursacht wird (vgl. MORGAN, 1999).

Gemäß der topographischen Lage kann der Kalimati-Graben dem Typ der Talflankengräben zugeordnet werden. Talflankengräben entwickeln sich meist rechtwinklig zur Haupttalrichtung, wo „lokal auftretende Konzentrierungen von Oberflächenabflüssen die Hänge zerschneiden, unterirdische Röhren einstürzen oder lokale Massenbewegungen eine Tiefenlinie in der Landschaft bilden.“ (MORGAN, 1999:25). Durch rückschreitende Erosion können sich Talflankengräben sowohl hangaufwärts wie hangabwärts weiter vergrößern. Münden sie in einem Fluss am Hangfuß, spricht man von einem kontinuierlichen Grabenverlauf. Die Erosionsraten für rückschreitende Grabenerosion können in relativ kurzer Zeit gewaltig sein, daher kann Graben-

bildung eine Landschaft völlig zerstören. Im Besonderen neigen Talflankengraben dazu, sich zu Ödland oder *badlands* zu entwickeln.

Neben der dominierenden Gefahr der Grabenerosion spielt die Gefahr von Hangrutschungen infolge von Ufererosion am Charnawati Kholā lediglich eine untergeordnete Rolle. Auf der orographisch rechten Seite des Charnawati Kholā ist es zu einer Hangrutschung in *khet*-Feldern gekommen, was durch eine ca. 30 m hohe und bis zu 20 m breite Rutschfläche erwiesen ist (vgl. Bild 27). Der Zeitpunkt des Ereignisses ließ sich nicht mehr exakt rekonstruieren, liegt vermutlich aber einige Jahre zurück, da der Anrissbereich der Rutschung bereits rekultiviert wurde und mit jungen Bäumen und Sträuchern bestanden ist.

5.7 KARTIERBERICHT UND KARTE DER NATURGEFAHRENPROZESSE DER SIEDLUNG KARMAIYĀ

Die Siedlung Karmaiyā liegt im äußersten Nordwesten des Distrikts Sarlāhi auf einem leicht erhöhten Riedel auf der orographisch linken Seite des Bāgmatī in einer Höhe von 130 m NN. Am nordöstlichen Rand der Siedlung verläuft der *Mahendra Highway*. Auf der orographisch gegenüber liegenden Seite des *Highways* liegen Verwaltungsgebäude und technische Anlagen des *Bāgmatī Irrigation Project*, das Stauwehr liegt knapp 500 m weiter flussaufwärts am Bāgmatī. Südöstlich von Karmaiyā verläuft der östliche Hauptkanal des *Bāgmatī Irrigation Project*, der das Bāgmatī-Wasser zu Bewässerungszwecken in den südlichen Sarlāhi Distrikt leitet. Weitläufige, schachbrettartig angeordnete landwirtschaftliche Nutzflächen schließen sich unmittelbar südlich und östlich an die Siedlung an. Etwa 1 km nordöstlich von Karmaiyā steigt über die zwischengeschaltete Bhābar-Zone die Śiwālik-Kette an.

Die dominierende Gefahr in Karmaiyā stellen Hochwasserereignisse des Bāgmatī dar. Das letzte große Hochwasserereignis fand im Juli 1993 statt. Nach zweitägigen, außerordentlich intensiven Niederschlägen im Einzugsgebiet des Bāgmatī in der Mahabharat Lekh und der Śiwālik-Kette kam es im Einzugsgebiet des Bāgmatī zu zahlreichen Rutschungen und nach Austritt des Flusses in den Terāi zu großflächigen Überschwemmungen. Allein im Distrikt Sarlāhi beliefen sich die Schäden auf 1.119 Mio. NR. Insgesamt waren dort 34.020 Haushalte bzw. 165.518 Menschen von den Auswirkungen der Überschwemmung betroffen. 601 Menschen verloren ihr Leben. Mehr als 6.000 Häuser wurden komplett, über 12.000 teilweise zerstört. Infolge der Rutschungen und Überschwemmungen gingen 26.000 ha Land verloren. Darüber hinaus wurden zahlreiche Infrastruktureinrichtungen zerstört, 266 km Straße, 81 Brücken, vier Dämme und mehr als 180 öffentliche Gebäude wurden beschädigt (vgl. DHITAL, KHANAL & THAPA, 1993). Nahezu 30 % der Landfläche Nepāls waren von dem Ereignis mittel bis schwer betroffen, am stärksten waren neben dem Distrikt Sarlāhi die Distrikte Rautahaṭ, Citawan, Makwānpur, Dhādiñ und Sīdhuli betroffen.

Dem Hochwasserereignis vom 20. und 21. Juli 1993 gingen außergewöhnlich intensive Niederschläge über einen Zeitraum von mehr als zwei Tagen voraus. Diese wurden dadurch hervorgehoben, dass der Monsuntrog, eine Rinne extrem tiefen Luftdruckes, die normalerweise über der indischen Gangesebene liegt, nach Norden bis an die Śiwālik-Kette und Mahābhārat Lekh in Zentralnepāl verschoben war. Am 19. Juli 1993 hatte sich ein rund 530 km² großes Niederschlagsgebiet über den Distrikten Makwānpur und Dhādiñ gebildet, die im Osten Anteil am Bāgmatī-Einzugsgebiet haben. In Tistuñ (1940 m) maß man an jenem Tag mit 539,5 mm die höchsten Niederschläge, die in Nepāl im Zeitraum von 24 Stunden je gefallen waren (vgl. DHITAL, KHANAL & THAPA, 1993; vgl. DWIDP, 1993). An zehn weiteren Stationen maß man

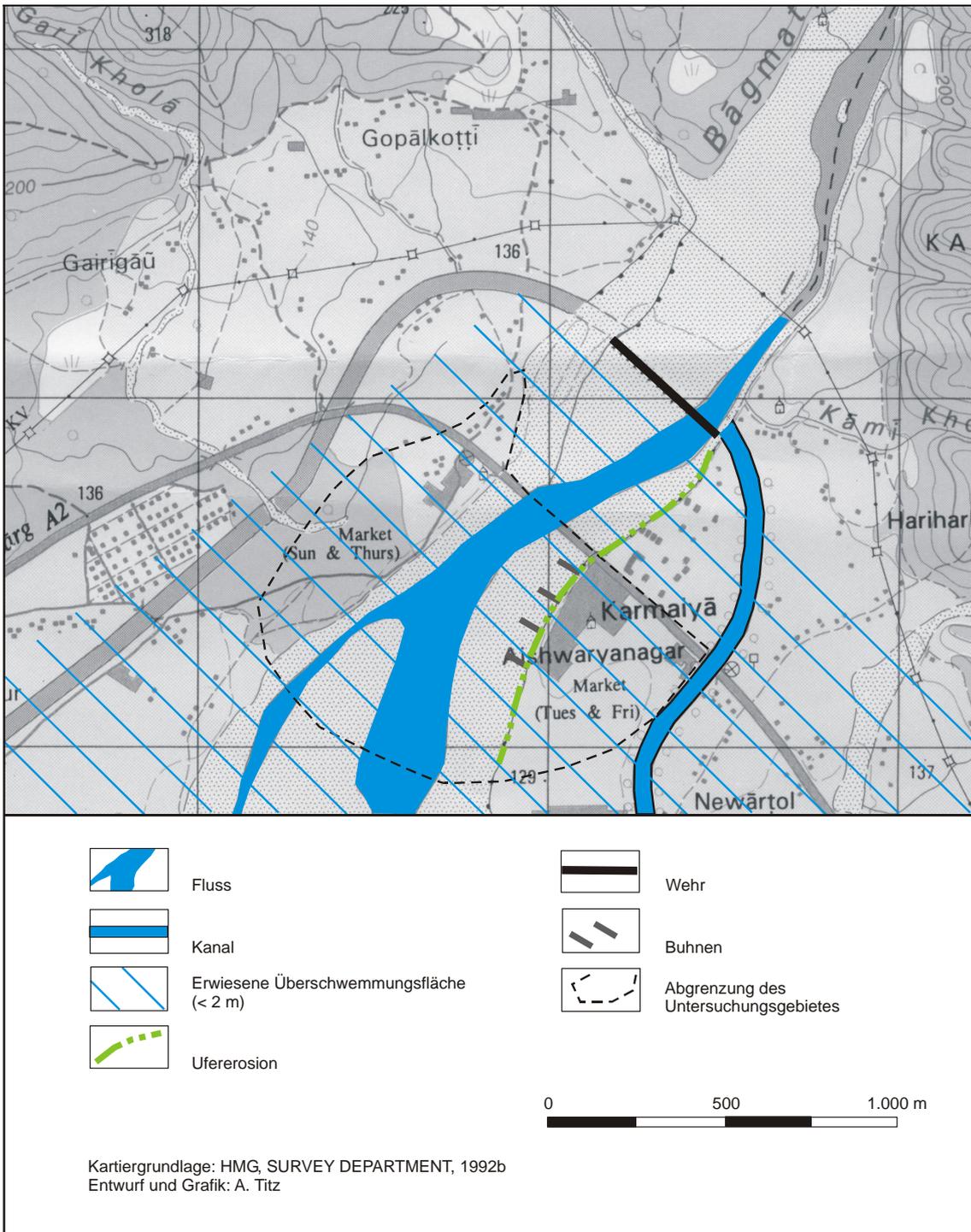
innerhalb von 24 Stunden über 300 mm Niederschlag, an neun Stationen wurden über einen Zeitraum von 48 Stunden über 400 mm Niederschlag registriert. So erhielten beispielsweise Nibuwatar 681 mm und Sindhuli Ghadi 624 mm Niederschlag innerhalb von 48 Stunden.⁵⁰ Am 20. Juli 1993 kam es zu ähnlich intensiven Niederschlägen wie am Vortag. Dabei bildete sich ein 500-800 km² großes Niederschlagsgebiet über den Distrikten Makwānpur, Kabhre Palāncok und Sīdhuli. Infolge der hohen Niederschlagsintensität waren die Böden in den Niederschlagsgebieten schnell mit Wasser gesättigt. Das Niederschlagswasser floss vermehrt oberflächlich ab und führte auf diese Weise in kürzester Zeit zu enormen Hochwasserabflüssen im Bāgmatī-Einzugsgebiet. Dies zog zunächst zahlreiche Hangrutschungen im nördlichen Bāgmatī-Einzugsgebiet nach sich, da die stark wasserführenden Flüsse Hänge unterschritten, die aufgrund der Wassersättigung ein hohes Eigenwicht hatten und abrutschten.

Bedingt durch den hohen Abfluss im Bāgmatī wurden am Abend des 19. Juli 1993 33 der insgesamt 36 Wehre der 403,5 m langen Staustufe bei Karmaiyā geöffnet⁵¹, um dadurch einen schnelleren Abfluss der Wassermassen zu gewährleisten. Am Morgen des 20. Juli 1993 wurden schließlich alle Wehre geöffnet. Am 20. Juli 1993 erreichte gegen 18 Uhr eine erste Flutwelle das Bāgmati-Wehr. Um Mitternacht hatte der Bāgmatī seinen „normalen“ Monsunpegel erreicht, der Pegel stieg jedoch weiterhin an. Da der Fluss große Geschiebemenge mitführte, blockierten Baumstämme bis zu 30 m Länge, Schutt, Geröll und feineres Sediment die Wehrtore. In einzelnen Toren wurde Geschiebe bis zu einer Höhe von 4 m akkumuliert. Der Fluss soll sich daraufhin auf einer Länge von bis zu 12 km hinter dem Wehr aufgestaut haben, da der Abfluss durch die mit Geschiebe blockierten Tore des Wehres nicht mehr gewährleistet war. Nach eineinhalb Stunden überflossen die Wassermassen das Wehr und breiteten sich in der nahezu ebenen Fläche des Terāi aus. Nachdem das Wasser zunächst allmählich außerhalb des Flussbettes angestiegen ist, habe nach Auskunft lokaler Informanten innerhalb weniger Minuten das ganze Gebiet etwa 2 m unter Wasser gestanden. Nach 6-8 Stunden sei das Hochwasser langsam gefallen und habe dann noch brusthoch gestanden.

Obwohl die Überschwemmung nachts stattfand, verloren lediglich 16 Menschen in Karmaiyā ihr Leben. Die Sachschäden waren allerdings, wie bereits zuvor erwähnt, enorm. Abgesehen von der Beschädigung oder Zerstörung von Infrastruktureinrichtungen wurden zahlreiche Gebäude durch das Hochwasser beschädigt. Der stark Geschiebe führende Fluss erodierte den Uferbereich und riss weiteres Lockermaterial mit sich.

⁵⁰ Die Messungen der lediglich 136 hydrometrischen Stationen Nepāls sind sicherlich nicht dazu geeignet, die hydrologischen Charakteristika einzelner Einzugsgebiete zu bestimmen. Dennoch vermitteln die gemessenen Werte einen Eindruck über die ungeheuren Niederschlagsmengen, die am 19. und 20. Juli 1993 über Zentralnepāl niedergingen.

⁵¹ Anfang der 1970er Jahre entstand zunächst die Idee eines *Multipurpose project*: ein Hochdamm sollte in der Schlucht des Bāgmatī an dessen Austritt aus dem Gebirge errichtet werden, der neben dem Aufstau von Bewässerungswasser auch zur Gewinnung von Elektrizität und zur Hochwasserkontrolle dienen sollte. 1981 wurde mit Unterstützung internationaler Entwicklungsorganisationen (u.a. auch der GTZ) eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Da jedoch Wasserrechtsstreitigkeiten mit dem Nachbarland Indien, in dem der Bāgmatī seinen Lauf fortsetzt, nicht beigelegt werden konnte, wurde die Idee des Hochdammbaus fallen gelassen. Da die weitere Entwicklung des Terāi durch Bewässerungslandwirtschaft (Nassreisbau) von ungebrochener Priorität war, beschloss die nepalesische Regierung den Bau eines Wehres. Die Planung des *Bagmati Irrigation Project* begann bereits 1976: Ziel war es, im Rahmen zweier Entwicklungsstufen die Bewässerung von insgesamt 68.000 ha Land im Terāi sicher zu stellen. Zunächst sollte mit 30.000 ha in den Distrikten Sarlāhi und Rautahaṭ begonnen werden. Im Jahr 1989 beauftragte die nepalesische Regierung ein chinesisches Unternehmen mit dem Bau des Wehres (vgl. DWIDP, 1993).



Karte 16: Karte der Naturgefahrenprozesse Karmaiyā

Die größten wirtschaftlichen Schäden, die von DHITAL, KHANAL & THAPA (1993) auf 150 Mio. NR beziffert werden, entstanden an dem noch nicht vollständig fertig gestellten Bāgmatī-Wehr. Das Bāgmatī-Wehr bei Karmaiyā war am 1. Juli 1993 in Betrieb genommen worden und wurde auf diese Weise bereits vor seiner endgültigen Fertigstellung ein Opfer der Fluten. Die Schäden vom 20. und 21. Juli 1993 waren so groß, dass es erst im September 1994 wieder in Betrieb genommen werden konnte. Der gerade fertig gestellte Hochbau wurde vor allem an den elektrischen und mechanischen Installationen beim Überfließen sowie durch das mitgeführte Geschiebe stark beschädigt. Auch die Haupt- und Nebenkanäle, die erst zu 80 % fertig gestellt waren, wurden bis zu 3 m hoch mit Schwemmsand und Schlick gefüllt, einige Kanäle sind sogar gebrochen.

Vom 8. bis 10. August 1993 kam es im Gebiet der Mahābhārat Lekh und Śiwālik-Kette in Zentralnepāl erneut zu intensiven Niederschlägen. Die folgenden Überschwemmungen waren weniger stark als jene knapp drei Wochen zuvor, sie führten jedoch zu weiteren Schäden und behinderten die Aufräumarbeiten in den betroffenen Regionen.

Auslöser für das Hochwasser am 20./21. Juli 1993 war die Verschiebung des Monsuntrogs nach Norden, was zu den höchsten Niederschlagsintensitäten über Zentralnepāl führte, die bislang erfasst wurden. In dieser Region entspringenden die Bāgmatī-Zuflüsse Kulekhani, Kokhajor, Marin und Kayan, die laut DWIDP (1993, o.S.) die '*most intensive flood producing subcatchments*' sind. Für Ausmaß und Intensität des Hochwassers nach dem Austritt des Bāgmatī aus dem Gebirge ins Terāi muss auch das zum damaligen Zeitpunkt noch nicht ganz fertig gestellte Wehr oberhalb Karmaiyā verantwortlich gemacht werden, da es die Wassermassen nicht kontrollieren konnte. Das Wehr wurde von Ingenieuren für ein Hochwasser mit 8-jährlicher Wiederkehrperiode⁵² und einem Spitzenabfluss von 8.000 m³/s geplant, beim Hochwasser vom 20./21. Juli 1993 wurde am Bāgmatī bei Pandheradabhan jedoch ein Spitzenabfluss von 11.700 m³/s gemessen (35-jährliche Wiederkehrperiode). Die Angaben zur Wiederkehrperiode von Hochwasser in Nepāl differieren bei unterschiedlichen Organisationen und Institutionen sehr stark. Die Werte für einen 100-jährlichen Spitzenabfluss am Bāgmatī schwanken von knapp unter 5000 m³/s bis 14.000 m³/s. Eine derartige Diskrepanz der Spitzenabflusswerte resultiert wahrscheinlich aus den nur spärlich vorhandenen Abflussmessungen an wenigen Stationen.

Die Hochwassersituation wurde zusätzlich durch die hohe Geschiebeführung des Bāgmatī verschärft. Aufgrund von Hangunterschneidungen, Hangrutschungen und Ufererosion wurden erhebliche Feststoffmengen wie Schwemmh Holz, Geröll und Schutt sowie feiner Schwemmsand und Schlick in den Fluss eingetragen, was zu einer Verklausung am Bāgmatī-Wehr führte. Da der Abfluss durch die Verklausung stark behindert war, kam es zu seitlichen Austritten sowie zum Überfließen des Wehres. Der Abfluss suchte sich samt den mitgeführten Feststoffen neue Fließwege und ergoss sich in die Ebene des Terāi.

⁵² Nach HEINIMANN et al. (1998) lässt sich aufgrund der empirischen Verteilungsfunktion die relative Häufigkeit für einen gefährlichen Prozess größer oder gleich einer bestimmten Intensität an einer gegebenen Gefahrenquelle bezogen auf einen definierten Zeitraum ermitteln. Dabei ist es üblich, den reziproken Wert der relativen Häufigkeit pro Jahr anzugeben, die mittlere Wiederkehrperiode oder Wiederkehrdauer, ausgedrückt als Anzahl der Jahre bzw. die Jährlichkeit des gefährlichen Prozesses mit einer bestimmten Intensität. Als Jährlichkeit wird die mittlere Anzahl von Jahren bezeichnet, die zwischen zwei Ereignissen gleicher Intensität an der betrachteten Gefahrenstelle bzw. auf der betrachteten Bezugsfläche verstreichen. Dabei handelt es sich um einen rein statistischen Wert, der nichts über die Anzahl von Jahren zwischen zwei konkreten Ereignissen aussagt.

Die Überschwemmungsgefahr für Karmaiyā ist erwiesen. Aufgrund des nahezu ebenen Geländes, des lediglich ein Gefälle von ca. 1 % aufweist, ist es jedoch schwierig, die Überschwemmungsflächen bzw. potenzielle Überschwemmungsflächen in Karmaiyā eindeutig abzugrenzen (vgl. Karte 16). Bedingt durch das geringe Gefälle dominiert der Typ der statischen Überschwemmung, der durch einen verlangsamten Wasserabfluss des Hochwassers gekennzeichnet ist. Eine relativ lange Überschwemmungsdauer kann in Verbindung mit flachem Gelände wie im Terāi mächtige Feststoffablagerungen zur Folge haben. Neben der Überschwemmungs- und in diesem Zusammenhang auch Übersarungsgefahr geht vom Bāgmatī darüber hinaus die Gefahr der Seitenerosion aus. Nach Angaben lokaler Informanten kommt es bei hohem Abfluss im Bāgmatī nahezu alljährlich zu Erosionsprozessen an der Uferböschung (vgl. Bild 28). Zudem geht von den Haupt- und Seitenkanälen des *Bagmati Irrigation Project* potenziell die Gefahr von Überschwemmungen aus. Die Wände der Kanäle können durch Seitenerosion destabilisiert werden und im schlimmsten Fall brechen.



Bild 28: Ufererosion am Bāgmatī im Siedlungsbereich von Karmaiyā. Bei geringer Wasserführung des Bāgmatī wird das Ufer zum Entsorgen von Müll genutzt. (Aufnahme: A. Titz, Februar 2003)

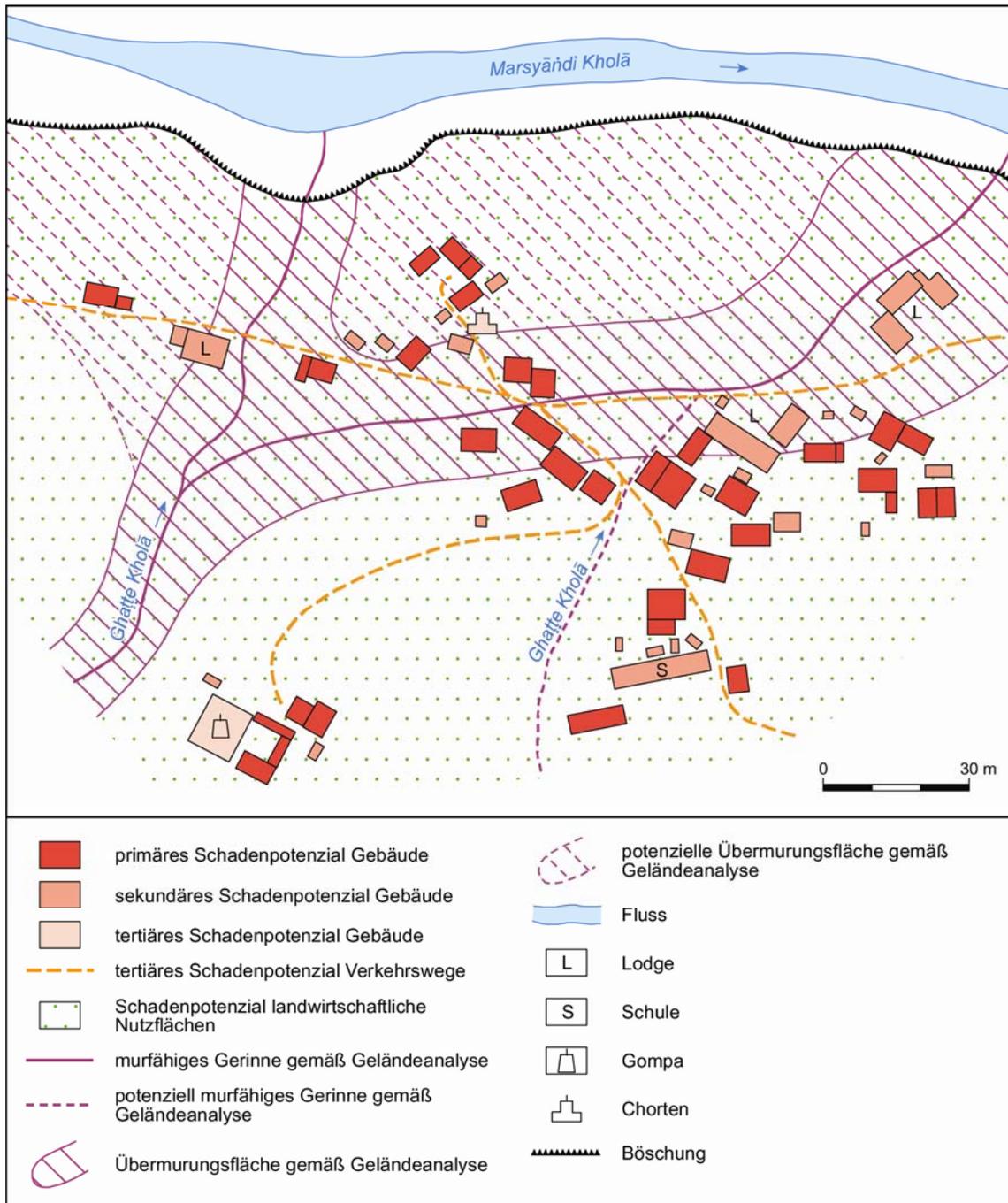
6. EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENTIALANALYSE

6.1 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE BAGARCHHÄP

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung der Siedlung Bagarchhāp wurden Mur- und Wildbachprozesse als dominierende Gefahren identifiziert, die durch die Schadenereignisse der Jahre 1968 und 1995 erwiesen sind (vgl. Kap. 5.1). Für die Expositionsanalyse wurde lediglich der Prozessraum des Murereignisses von 1995 berücksichtigt, da die Übermurrungsfläche anhand rezenter Ablagerungen eindeutig identifiziert werden kann. Das Murereignis von 1968 hingegen ist schlecht dokumentiert. Der Prozessraum konnte auch mit Hilfe lokaler Informanten nicht exakt rekonstruiert werden, daher wird er in die vorliegende Expositions- und Schadenpotenzialanalyse nicht mit einbezogen. Durch die Übertragung der Kartiererergebnisse der Gefahrenbeurteilung auf die verschiedenen Objektkategorien des Schadenpotenzials im Ortsplan von Bagarchhāp wurden folgende Bereiche der Siedlung gegenüber Wildbach- und Murereignissen als gefährdet ausgewiesen (vgl. Karte 17):

Der Prozessraum des Murgangs trifft bei den Gebäuden der Siedlung Bagarchhāp sowohl auf primäres und sekundäres als auch auf tertiäres Schadenpotenzial. Unter Berücksichtigung des Prozessraumes sowie rezenter Ablagerungen der Mure von 1995 befinden sich nahezu alle Gebäude im nördlichen Teil Bagarchhāps in einem gefährdeten Bereich. Dabei ist zunächst primäres Schadenpotenzial in Form der Wohngebäude entlang des Hauptverkehrsweges sowie entlang des Ghaṭṭe Kholā betroffen. Lodges am östlichen und westlichen Rand der Siedlung sowie einige Nebengebäude und Stallungen bilden das sekundäre Schadenpotenzial. Ein Chörten am zentralen, nördlichen Rand Bagarchhāps ist als tertiäres Schadenpotenzial durch Muren gefährdet.

Die Gompa (tertiäres Schadenpotenzial) am südlichen Rand der Siedlung ist nicht gefährdet, da sie durch einen Terrassenrest, der südlich der Gompa erhalten ist, vor Murprozessen geschützt ist (vgl. Bild 14). Betrachtet man den Prozessraum der Mure von 1995, so sind die Gebäude im südöstlichen Bereich Bagarchhāps nicht gefährdet. In diesem Bereich wäre neben primärem Schadenpotenzial auch sekundäres Schadenpotenzial, unter anderem die Dorfschule, betroffen. An weiteren Gebäuden im Zentrum der Siedlung (primäres und sekundäres Schadenpotenzial) ist der Murprozess von 1995 nur im Meterbereich vorbeigelaufen. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einem zukünftigen, annähernd starken Murereignis oder infolge eines Murausbruchs aus dem Gerinne des Ghaṭṭe Kholā auch andere schadenpotenzialrelevante Bereiche der Siedlung gefährdet sind. Dies trifft sowohl auf das primäre und sekundäre Schadenpotenzial am nordwestlichen Rand Bagarchhāps zu, wo der orographisch linke Arm des Ghaṭṭe Kholā in den Marsyāñdi Kholā mündet, als auch auf den südöstlichen Bereich der Siedlung. Da die Dorfschule (sekundäres Schadenpotenzial) leicht erhöht am Kegelhals und zudem mehrere Meter entfernt vom orographisch rechten Arm des Ghaṭṭe Kholā liegt, ist sie weniger stark gefährdet als der nördlich anschließende Bereich Bagarchhāps. Das Schadenpotenzial unterliegt in den Gebäuden der Siedlung, vor allem in den Lodges und der Schule, einer großen zeitlichen und räumlichen Variabilität, die allerdings unberücksichtigt bleibt.



Karte 17: Gefahren-Hinweiskarte Murprozess Bagarchhāp (Entwurf: A. Titz; Grafik: L. Ritter)

Aufgrund rezenter Ablagerungen sowie durch Angaben lokaler Informanten ist erwiesen, dass der Prozessweg der Mure einen Verkehrsweg 3. Ordnung (Pfad) überquert. Dabei handelt es sich um den Hauptverkehrsweg des Marsyāñdi-Tals, der sowohl von Trekkingtouristen als auch von Einheimischen genutzt wird und für die Versorgung des Marsyāñdi-Tals mit unterschiedlichen Gütern von Bedeutung ist. Der Weg wird von einer großen Zahl von Personen genutzt, angesichts des fehlenden Datenmaterials findet die räumliche und zeitliche Variabilität des Schadenpotenzials auf dem Verkehrsweg 3. Ordnung allerdings keine Berücksichtigung. Da der Weg den Schwemmkegel des Ghatte Kholā bzw. die Siedlung von Ost nach West quert, ist unter Berücksichtigung des Prozessraumes der Mure von 1995 entlang des gesamten kartierten

Bereichs eine Gefährdung des Verkehrsweges sowie darauf befindlicher Personen und Güter festzustellen.

Der Prozessraum des Murganges stellt auch für die landwirtschaftlichen Nutzflächen eine Gefahr dar. Im vorliegenden Fall bilden im Regenfeldbau genutzte Flächen auf dem Schwemmfächer Bagarchhāps das Schadenpotenzial. Dabei besteht die größte Gefahr für Flächen, die zu beiden Seiten des Ghaṭṭe Kholā liegen.

6.2 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE MANĀÑ

Im Rahmen der für Manāñ durchgeführten Gefahrenbeurteilung konnten keine erwiesenen Gefahrenprozesse identifiziert werden, die die Schadenobjekte der Siedlung beeinträchtigen. Aufgrund der geologischen und lithologischen Konstellation am Hang nördlich der Siedlung kann bei entsprechenden, die variable Disposition beeinflussenden Verhältnissen vermutlich eine Hangrutschung infolge einer Schichtgleitung auftreten. Rezente Ablagerungen am Hangfuß deuten auf kleinvolumige Rutsch- und/oder Sturzprozesse hin, die im Siedlungsbereich bislang keine Schäden verursacht haben. Auch vom Gletschersee des Gaṅgāpurṇa-N-Gletschers auf der Manāñ orographisch gegenüberliegenden Talflanke geht keine erwiesene Gefahr aus (vgl. Kap. 5.2).

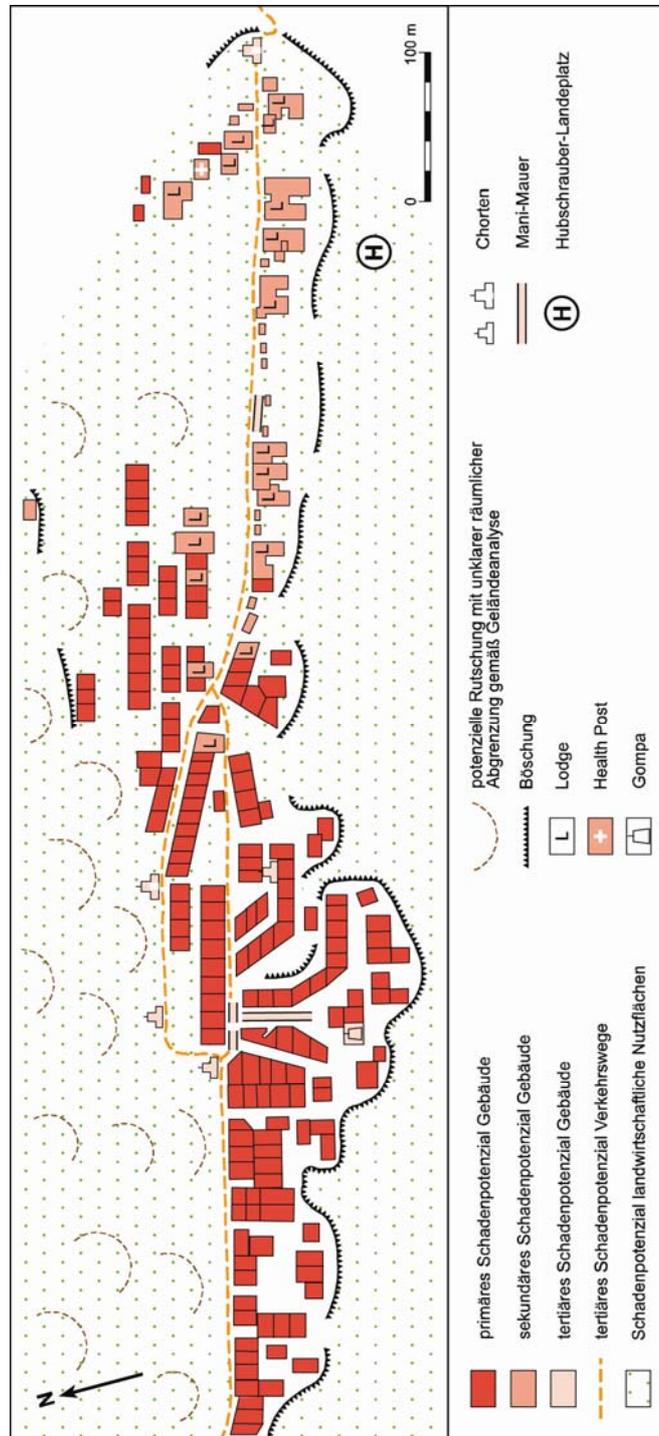
Für eine Expositionsanalyse liegen somit keine erwiesenen Naturgefahrenprozesse, deren Prozessräume oder Wirkungsbereiche vor, durch welche in Überlagerung mit dem Schadenpotenzial der Siedlung schadenpotenzialrelevante Einwirkungen auf einzelne Bereiche Manāñs beurteilt werden können. Um dennoch die durch einen Naturgefahrenprozess potenziell beeinträchtigten Schadenobjekte zu bestimmen, wird die Expositions- und Schadenpotenzialanalyse für die Siedlung Manāñ im Folgenden anhand des vermuteten Rutschprozesses am Hang nördlich der Siedlung vorgenommen. Vorbehaltlich eines fehlenden erwiesenen Prozessraumes ergibt sich für Manāñ das folgende Bild:

Der Prozessraum der vermuteten Hangrutschung trifft bei den Gebäuden der Siedlung Manāñ auf primäres, sekundäres und tertiäres Schadenpotenzial. Unter Berücksichtigung der potenziellen Rutschmasse des betrachteten Hanges befinden sich alle Gebäude der Siedlung im gefährdeten Bereich. Dabei ist bei den Gebäuden in der traditionell geprägten Kernsiedlung im Wesentlichen primäres Schadenpotenzial gefährdet, östlichen davon ist hauptsächlich sekundäres Schadenpotenzial in Form von Lodges, Restaurants und Infrastrukturgebäuden (ACAP, *Health Post*) betroffen. In der Kernsiedlung ist mit der Gompa, mehreren Chörten und Mani-Mauern auch tertiäres Schadenpotenzial einem Risiko ausgesetzt (vgl. Karte 18).

Das Schadenpotenzial der Gebäude Manāñs unterliegt einer großen räumlichen und zeitlichen Variabilität. In besonderer Weise trifft dies für die zahlreichen Lodges im östlichen Bereich der Siedlung zu, wo die Anzahl der im Gefahrenraum befindlichen Personen saisonal hohen Schwankungen unterworfen ist. Mangels exakter quantitativer Daten wird die zeitliche Veränderung des Gefahrenpotenzials nicht mit in die Expositions- und Schadenpotenzialanalyse einbezogen.

Der Prozessraum der vermuteten Hangrutschung überquert in der Siedlung Manāñ einen Verkehrsweg dritter Ordnung. Dabei handelt es sich um den bereits zuvor erwähnten Hauptverkehrsweg des Marsyāñdi-Tals (vgl. Kap. 6.1), der für die Versorgung der Region und auch als Verkehrsweg für die Lokalbevölkerung sowie ausländische Trekkingtouristen von Bedeutung ist. Da der Weg die fluvio-glaziale Aufschüttungsterrasse quert, auf der die Siedlung Manāñ

lokalisiert ist, ist für den gesamten Bereich eine Gefährdung des Verkehrsweges sowie der auf ihm befindlichen Personen und Güter gegeben. Wie im Fall der Objektkategorie Gebäude wird die räumliche und zeitliche Variabilität des Gefahrenpotenzials für den Verkehrsweg 3. Ordnung jedoch nicht berücksichtigt, da dazu kein Zahlenmaterial vorliegt.



Karte 18: Gefahren-Hinweiskarte Rutschprozess Manañ
(Verändert nach POHLE, 1993a;
Entwurf: A. Titz; Grafik: L. Ritter)

Am Hangfuß des vermuteten Rutschgebietes besteht eine Gefährdung für einen Teil der landwirtschaftlichen Nutzflächen von Manāñ. Rezente Akkumulationen unterschiedlicher Blockgröße am nördlichen Rand der terrassierten Flächen oberhalb der Siedlung geben Hinweise auf Rutsch- und/oder Sturzprozesse, die einerseits landwirtschaftlich genutzte Flächen beschädigen oder zerstören können, andererseits aber auch ein Risiko für Personen darstellen, die auf diesen Flächen tätig sind.

6.3 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE LĀRJUÑ

In Lārjuñ wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Wildbach- und Murprozesse als dominierende Gefahren ermittelt, die durch die Mureignisse der Jahre 1997 und 2002 erwiesen sind (vgl. Kap. 5.3). Im Rahmen der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse wird lediglich der Prozessraum des Mureignisses vom 13. Juli 2002 berücksichtigt, da es einerseits das bisher größte Schadenausmaß zur Folge hatte, andererseits kann die Übermuruungsfläche anhand rezenter Ablagerungen im Siedlungsbereich klar abgegrenzt werden. Durch die Überlagerung des ermittelten Schadenpotenzials mit dem Prozessraum des Murgangs von 2002 ergibt sich für die Siedlung Lārjuñ das folgende Bild:

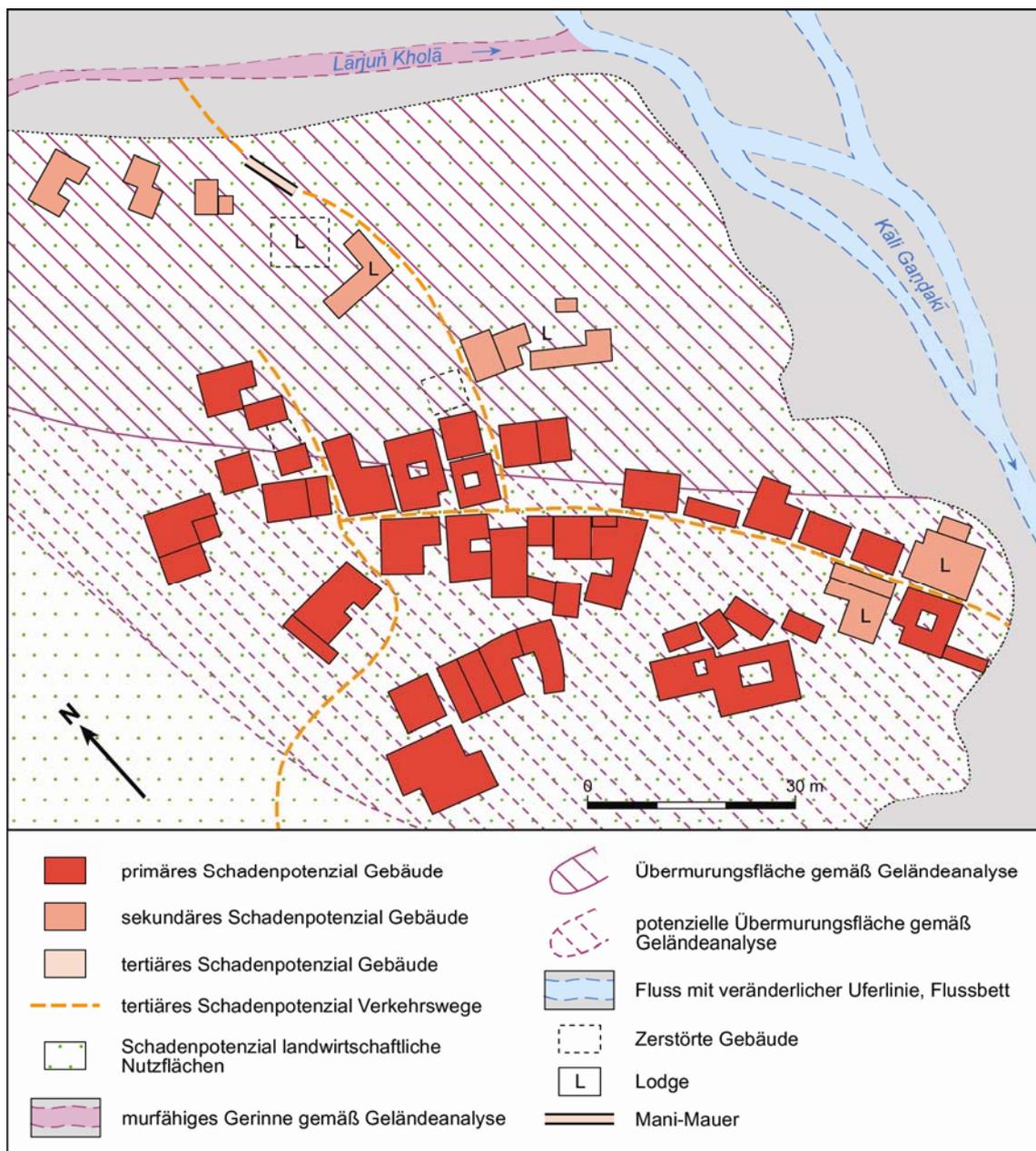
Der Prozessraum der Mure vom 13. Juli 2002 trifft bei den Gebäuden Lārjuñs auf primäres, sekundäres und tertiäres Schadenpotenzial. Unter Einbeziehung des Prozessraumes sowie den mächtigen, rezenten Ablagerungen der Mure, die Bereiche der Siedlung noch immer bis zu 80 cm hoch bedecken, wird ersichtlich, dass sich sämtliche Gebäude im nordöstlichen Teil der Siedlung im gefährdeten Bereich befinden. Entlang des Hauptverkehrsweges ist zunächst sekundäres Schadenpotenzial in Form zweier Lodges sowie verschiedener Infrastrukturgebäude (Haus der Frauengruppe, *Police Checkpost*) betroffen. Eine Mani-Mauer sowie das lokale Wasserkraftwerk (auf dem Ausschnitt der Karte 19 nicht erfasst) im Uferbereich des Ghaṭṭe Kholā bilden das tertiäre Schadenpotenzial. Im Zentrum der Siedlung sind zahlreiche Wohngebäude (primäres Schadenpotenzial) gefährdet (vgl. Karte 19).

Durch die Übertragung der Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung auf den Ortsplan wird deutlich, dass sich die Gebäude im südwestlichen Bereich Lārjuñs außerhalb des Prozessraumes der Mure befinden und daher nicht gefährdet sind. In diesem Bereich wäre überwiegend primäres Schadenpotenzial in Form von Wohngebäuden der geschlossenen Siedlung gefährdet. Das sekundäre Schadenpotenzial wird von zwei Lodges am südöstlichen Rand der Siedlung gebildet, die am Rand des Schwemmfächers bzw. direkt am Ufer der Kāli Gaṇḍakī stehen. Zahlreiche Gebäude im südwestlichen Bereich der Siedlung liegen in geringer Entfernung vom Prozessbereich der Mure von 2002. Daher muss damit gerechnet werden, dass bei einem potenziellen, in Zukunft eintretenden Mureignis auch das primäre und sekundäre Schadenpotenzial in diesem Bereich Lārjuñs gefährdet ist. Dieser Fall träfe zu, sollte ein Murgang am Hals des nur wenig geneigten Schwemmfächers aus dem Gerinne ausbrechen und sich über den südwestlichen Siedlungsbereich ergießen. Einer geringeren Gefährdung ist ein Gebäudekomplex (primäres Schadenpotenzial) am südwestlichsten Rand der Siedlung ausgesetzt, der in leicht erhöhter Position an einem Hangfuß liegt.

Das Schadenpotenzial der Gebäude Lārjuñs unterliegt einer großen räumlichen und zeitlichen Variabilität. Dies trifft insbesondere für Lodges und Restaurants im südöstlichen und nördlichen Bereich der Siedlung zu. Da durch das Tal der Kāli Gaṇḍakī eine der meistbegangenen Trekkingrouten Nepāls führt, ist die Anzahl der im Gefahrenraum befindlichen Personen saisonal extrem hohen Schwankungen unterworfen. Die zeitliche Veränderung des Schadenpotenzials

wird mangels exakter quantitativer Daten nicht in der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse berücksichtigt.

Wie aus den rezenten Ablagerungen der Mure ersichtlich ist, überquert der Prozess einen Verkehrsweg 3. Ordnung. Bei diesem Weg handelt es sich um den Hauptverkehrsweg des Kālī Gaṅḍakī-Tals, der einerseits der Versorgung des Tales mit allen nur erdenklichen Gütern dient, andererseits wird er sowohl von der Lokalbevölkerung als auch von Trekkingtouristen als Verkehrsweg genutzt. Entlang diese Weges verlief einst eine bedeutende Handelsroute, die das Gangestiefland mit dem Tibetischen Hochland verband; nach der Besetzung Tibets durch die VR China und dem Zusammenbruch des Handels verlor diese Route an wirtschaftlicher Bedeutung und ist heute nur noch für den regionalen Handel relevant.



Karte 19: Gefahren-Hinweiskarte Murprozess Lārjuñ (Entwurf: A. Titz; Grafik: L. Ritter)

Dieser alljährlich von Tausenden von Trekkingtouristen genutzte Weg weist ein zeitlich und räumlich enorm variables Schadenpotenzial auf, das jedoch unberücksichtigt bleibt. Da der Weg den Prozessraum in nördlicher Richtung quert bzw. am südöstlich Rand des Prozessraumes verläuft, ist zumindest für den nördlichen Wegabschnitt eine Gefährdung festzustellen.

Wie das Murereignis vom Juli 2002 gezeigt hat, sind darüber hinaus Nutzflächen am nordöstlichen Rand des Schwemmfächers bzw. der Siedlung gefährdet. Das Schadenpotenzial in diesem Bereich wird von in Regenfeldbau bewirtschafteten Nutzflächen und Obstbaumbeständen gebildet, die zum Zeitpunkt der Untersuchung im März 2003 noch immer mit rezenten Ablagerungen bedeckt waren. Eine landwirtschaftliche Nutzung der Flächen ist derzeit nicht möglich und wird nur unter enormen Arbeitsaufwand wieder zu erzielen sein.

6.4 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE TĀTOPĀNĪ

In Tātopānī wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Hochwasserereignisse als dominierende Gefahr identifiziert. Die Hochwassergefahr ist durch verschiedene Ereignisse der Jahre 1984, 1987 und 1998 erwiesen. Im Jahr 1998 hat eine Hangrutschung südlich der Siedlung einen Aufstau der Kāli Gaṇḍakī verursacht, der zu einer Überschwemmung Tātopānīs geführt hat (vgl. Kap. 5.4). Im Rahmen der Expositionsanalyse wurde lediglich der Prozessraum der Überschwemmung des Jahres 1998 berücksichtigt. Dieser kann zwar nicht mehr anhand rezenter Ablagerungen oder Schäden eindeutig identifiziert werden, wurde jedoch mit Hilfe lokaler Informanten annähernd rekonstruiert. Da die Prozessräume der Hochwasserereignisse der Jahre 1984 und 1987 im Gelände nicht mehr eindeutig zu erkennen sind und auch durch Befragung der Lokalbevölkerung nicht ermittelt werden konnten, werden sie in die Expositions- und Schadenpotenzialanalyse von Tātopānī nicht mit einbezogen.

Am 26. September 1998 lösten sich etwa 500 m südlich von Tātopānī aus der orographisch linken Talflanke der Kāli Gaṇḍakī, mehrere Tausend Kubikmeter Lockermaterial einer relikten Rutschung, die in den Fluss glitten und das Tal dammartig abriegelten. Infolgedessen staute sich die Kāli Gaṇḍakī zu einem See auf, wodurch Bereiche Tātopānīs bis zu 2 m hoch überschwemmt wurden. Durch die Übertragung der Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung auf das Schadenpotenzial im Ortsplan der Siedlung ergibt sich gegenüber der Hochwassergefahr folgendes Bild:

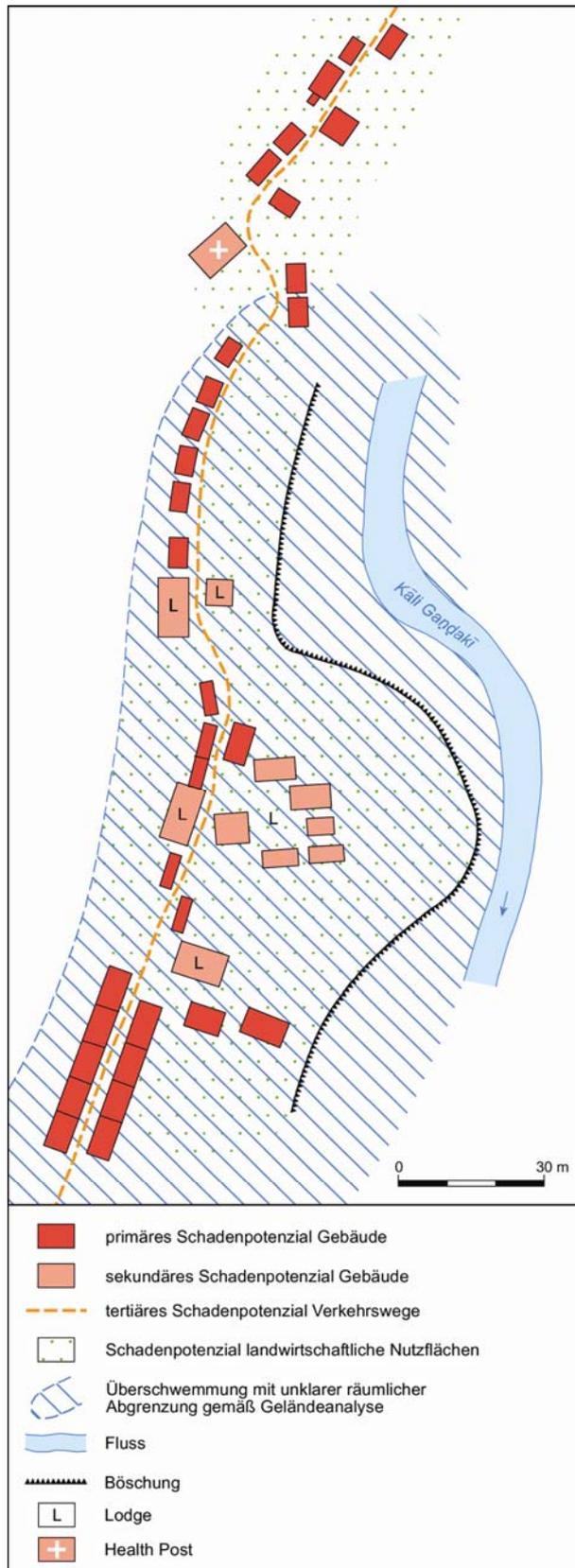
Der Prozessraum der Überschwemmung trifft bei den Gebäuden der Siedlung sowohl auf primäres als auch auf sekundäres Schadenpotenzial. Unter Berücksichtigung des Prozessraumes, der auf Grundlage von Aussagen lokaler Informanten rekonstruiert wurde, befinden sich vor allem die Gebäude im südlichen Abschnitt der Siedlung im gefährdeten Bereich. Dabei ist zunächst primäres Schadenpotenzial in Form von Wohngebäuden betroffen, Lodges, Infrastruktur- und Wirtschaftsgebäude sowie kleine Läden bilden das sekundäre Schadenpotenzial. Die Gebäude im nördlichen Teil der Siedlung befinden sich nicht im gefährdeten Bereich. Dort wäre neben primärem Schadenpotenzial durch den *Health Post* sowie einige *Teashops* auch sekundäres Schadenpotenzial betroffen. Zahlreiche Gebäude im nördlichen Abschnitt der Siedlung (primäres und sekundäres Schadenpotenzial) liegen nur knapp außerhalb des Prozessraumes des betrachteten Hochwasserereignisses von 1998. Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einem zukünftigen, ähnlich ablaufenden Hochwasserereignis neben den bisherigen Bereichen auch andere schadenpotenzialrelevante Bereiche Tātopānīs gefährdet sind. Die größte Gefahr für die Siedlung geht dabei von der Rutschung südlich der Siedlung aus. Da noch immer ein Großteil der Rutschmasse im Bett der Kāli Gaṇḍakī liegt, könnte bereits eine kleinvolumige

Reaktivierung der Rutschung eine erneute Abriegelung des Tales sowie einen Aufstau des Flusses zur Folge haben. Die Gefährdung der einzelnen Siedlungsbereiche ist dabei abhängig von der Ausdehnung der potenziell aufgestauten Wassermasse. Bei einer Überschwemmung infolge erhöhten Abflusses der Kāli Gaṇḍakī (GLOF, Schneeschmelze, usw.) ist hauptsächlich der Bereich südlich des Terrassensporns, der in das Kāli Gaṇḍakī-Tal hineinragt, gefährdet, das primäre und sekundäre Schadenpotenzial liegt dort in einer sehr exponierter Lage zum Prozessraum (vgl. Karte 20).

Wie in den zuvor betrachteten Siedlungen Bagarchhāp, Manāñ und Lārjuñ unterliegt auch in Tātopānī das Schadenpotenzial der Gebäude einer hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität. Dies trifft in besonderer Weise für Lodges und Restaurants im nördlichen Bereich der Siedlung zu. Durch die Lage der Siedlung an einer stark frequentierten Trekkingroute im Tal der Kāli Gaṇḍakī ist die Anzahl der im Gefahrenraum befindlichen Personen saisonal hohen Schwankungen unterworfen. Da entsprechende quantitative Daten nicht vorliegen, wird die zeitliche Veränderung des Gefahrenpotenzials in der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse nicht berücksichtigt.

Wie die Übertragung des Prozessraumes auf den Ortsplan verdeutlicht, überquert das Hochwasserereignis vom 1998 in Tātopānī einen Verkehrsweg 3. Ordnung. Bei diesem Weg handelt es sich um den bereits zuvor beschriebenen Hauptverkehrsweg des Kāli Gaṇḍakī-Tals, der einerseits von der Lokalbevölkerung und Touristen als Verkehrsweg genutzt wird, andererseits für die Versorgung von einheimischer Bevölkerung und Touristen von großer Bedeutung ist. Das Schadenpotenzial des Weges ist zeitlich und räumlich sehr variabel, findet mangels Datenmaterial allerdings keine Berücksichtigung. Da der Weg den Prozessraum in Nord-Süd-Richtung quert, ist für den gesamten Abschnitt eine Gefährdung von Personen und Gütern auf diesem Weg festzustellen. Eine besonders große Gefahr ist für den südlichen Wegabschnitt am orographisch gegenüberliegenden Hang der Rutschung erwiesen (vgl. Kap. 5.4).

Hochwasserprozesse stellen darüber hinaus auch für die landwirtschaftlich genutzten Flächen in Tātopānī eine Gefahr dar. Das Schadenpotenzial wird hier hauptsächlich von Hausgärten gebildet, in denen Obst und Gemüse zur Deckung des privaten und vor allem des touristischen Bedarfs angebaut wird. Im Regenfeldbau genutzte landwirtschaftliche Flächen liegen nicht unmittelbar in der Siedlung. Weiteres Schadenpotenzial bilden die heißen Quellen, die westlich der Siedlung am Flussbett der Kāli Gaṇḍakī entspringen (nicht auf der Karte verzeichnet). Sie werden in Becken gefasst und hauptsächlich für touristische Zwecke genutzt. Infolge von Überschwemmungen wurden diese Becken wiederholt zerstört oder unter fluvialen Ablagerungen verschüttet. Sie können dann längere Zeit nicht genutzt werden, da die Aufräumarbeiten sehr zeit- und arbeitsintensiv sind.



Karte 20: Gefahren-Hinweiskarte Hochwasserprozess
Tātopānī (Entwurf: A. Titz; Grafik: L. Ritter)

6.5 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE JALJALE

In Jaljale wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Hochwasser- und Massenbewegungsprozesse als dominierende Gefahren ermittelt, wobei die Hochwassergefahr durch ein Ereignis im Jahr 2001 erwiesen ist (vgl. Kap. 5.5). Im Rahmen der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse wird zunächst der Prozessraum des Hochwasserereignisses vom Sommer 2001 berücksichtigt, da die Übersarungsfläche anhand rezenter Ablagerungen im Siedlungsbereich klar abgegrenzt werden kann. Darüber hinaus findet der vermutete Massenbewegungsprozess (1940?) Berücksichtigung, der durch die relikten Ablagerungen in den terrasierten Nutzflächen eindeutig zu identifizieren ist. Durch die Überlagerung der Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung auf die unterschiedlichen schadenpotenzialrelevanten Bereiche ergibt sich für Jaljale gegenüber Hochwasser- und Massenbewegungsprozessen das folgende Bild:

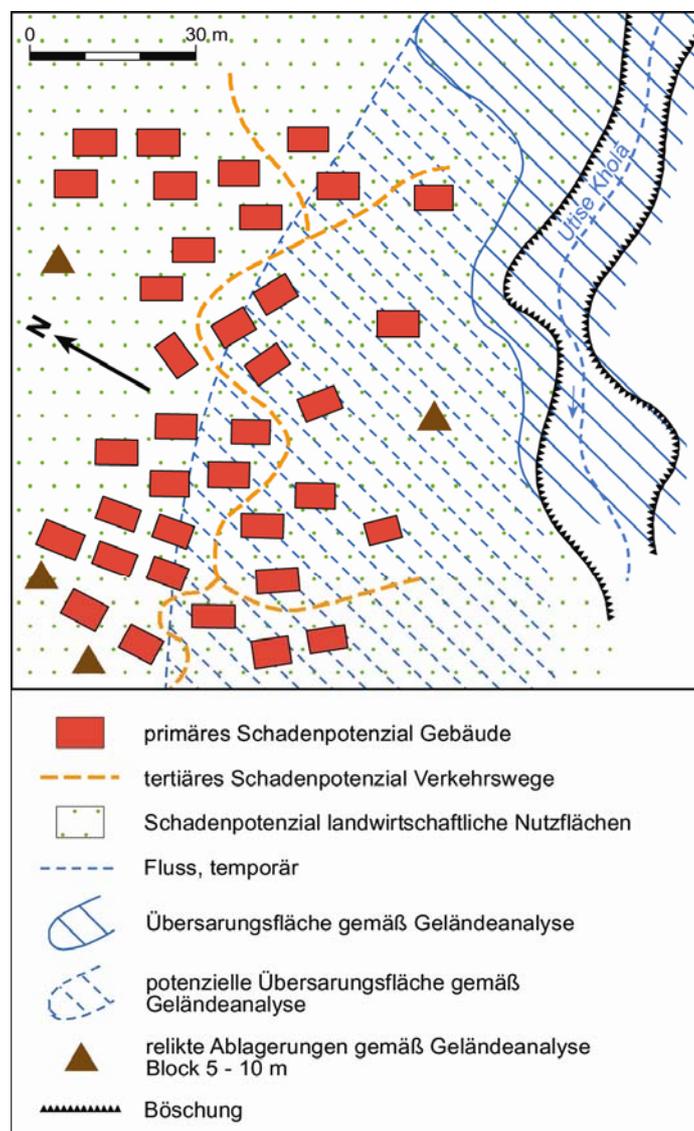
Der Prozessraum des Hochwasserereignisses hat Jaljale bislang lediglich am südöstlichen Rand der Siedlung tangiert. Der Prozessraum trifft dabei auf terrasierte, landwirtschaftlich genutzte Flächen, schadenpotenzialrelevante Bereiche der Siedlung sind nicht betroffen. Wie rezente Ablagerungsformen belegen, wird in einem großen, ca. 30 m breiten Bereich nordöstlich der Siedlung Lockermaterial aus den landwirtschaftlichen Nutzflächen mobilisiert und abtransportiert (vgl. Kap. 5.5). Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich der stark Geschiebe führende Bach bei einem potenziellen, zukünftigen Hochwasserereignis von diesem Bereich hangabwärts auf die Siedlung ergießt. Dort würde der Prozessraum bei den Gebäuden Jaljales auf primäres und sekundäres Schadenpotenzial in Form von Wohngebäuden und Stallungen treffen (vgl. Karte 21). Im schlimmsten Fall wäre der gesamte schadenpotenzialrelevante Bereich der Siedlung durch ein Hochwasserereignis betroffen. Wie in den vorangegangenen Beispielen wird auch in Jaljale die zeitliche und räumliche Variabilität des Schadenpotenzials aufgrund fehlenden Zahlenmaterials nicht berücksichtigt.

Im südlichen Bereich der Siedlung quert der Utise Kholā einen Verkehrsweg 3. Ordnung. Dieser Weg wird in der Regel ausschließlich von Bewohnern der Siedlung Jaljale genutzt und unterliegt daher, wie das Schadenpotenzial der Gebäude, lediglich einer geringen räumlichen und zeitlichen Variabilität. Würde ein Hochwasserprozess den Prozessraum des Utise Kholā oberhalb der Siedlung verlassen, wären weitere Verkehrswege 3. Ordnung betroffen, die die Siedlung in Südwest-Nordost-Richtung erschließen. Das Schadenpotenzial der Siedlung sowie der Verkehrswege gegenüber Hochwasserereignissen ist lediglich einer geringen Variabilität unterworfen. Da Jaljale keiner touristischen Nutzung unterliegt, werden die Wege ausschließlich von der Lokalbevölkerung genutzt.

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen relikten Ablagerungen im Umfeld von Jaljale kann es als erwiesen gesehen werden, dass der Massenbewegungsprozess in Jaljale auf primäres und sekundäres Schadenpotenzial trifft. Da Felsblöcken von bis zu 10 m Durchmesser abgelagert wurden, kann ein zukünftiger Massenbewegungsprozess zu großen Schäden in den schadenpotenzialrelevanten Bereichen der Siedlung führen. Berücksichtigt man den gesamten Prozessraum bzw. die Verteilung der relikten Ablagerungen im Siedlungsbereich, kann im gesamten kartierten Bereich eine Gefährdung des primären und sekundären Schadenpotenzials sowie aller darin oder darauf befindlicher Personen und Objekte festgestellt werden (vgl. Karte 21).

Wie durch die relikten Ablagerungen erwiesen ist, quert der Prozessraum der Massenbewegung sämtliche Verkehrswege 3. Ordnung in Jaljale, die ausnahmslos von der Lokalbevölkerung genutzt werden. Wie bei der Beurteilung des Hochwasserprozesses bleibt für den Massenbewegungsprozess die räumliche und zeitliche Variabilität des Schadenpotenzials jedoch unberücksichtigt.

Insbesondere für die landwirtschaftlichen Nutzflächen stellt der Prozessraum der Massenbewegung eine große Gefahr dar. Die schadenpotenzialrelevanten Bereiche bilden die im Regenfeldbau genutzten landwirtschaftlichen Flächen, die die Siedlung zu allen Seiten umgeben. Wie bereits im Rahmen der Gefahrenbeurteilung ermittelt, sind auf diesen Nutzflächen weiträumig relikte Anlagerungen des Massenbewegungsprozesses zu finden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass bei einem zukünftigen, in ähnlicher Weise ablaufendem Prozess vermutlich die gesamten Nutzflächen im betrachteten Bereich der Siedlung gefährdet sind.



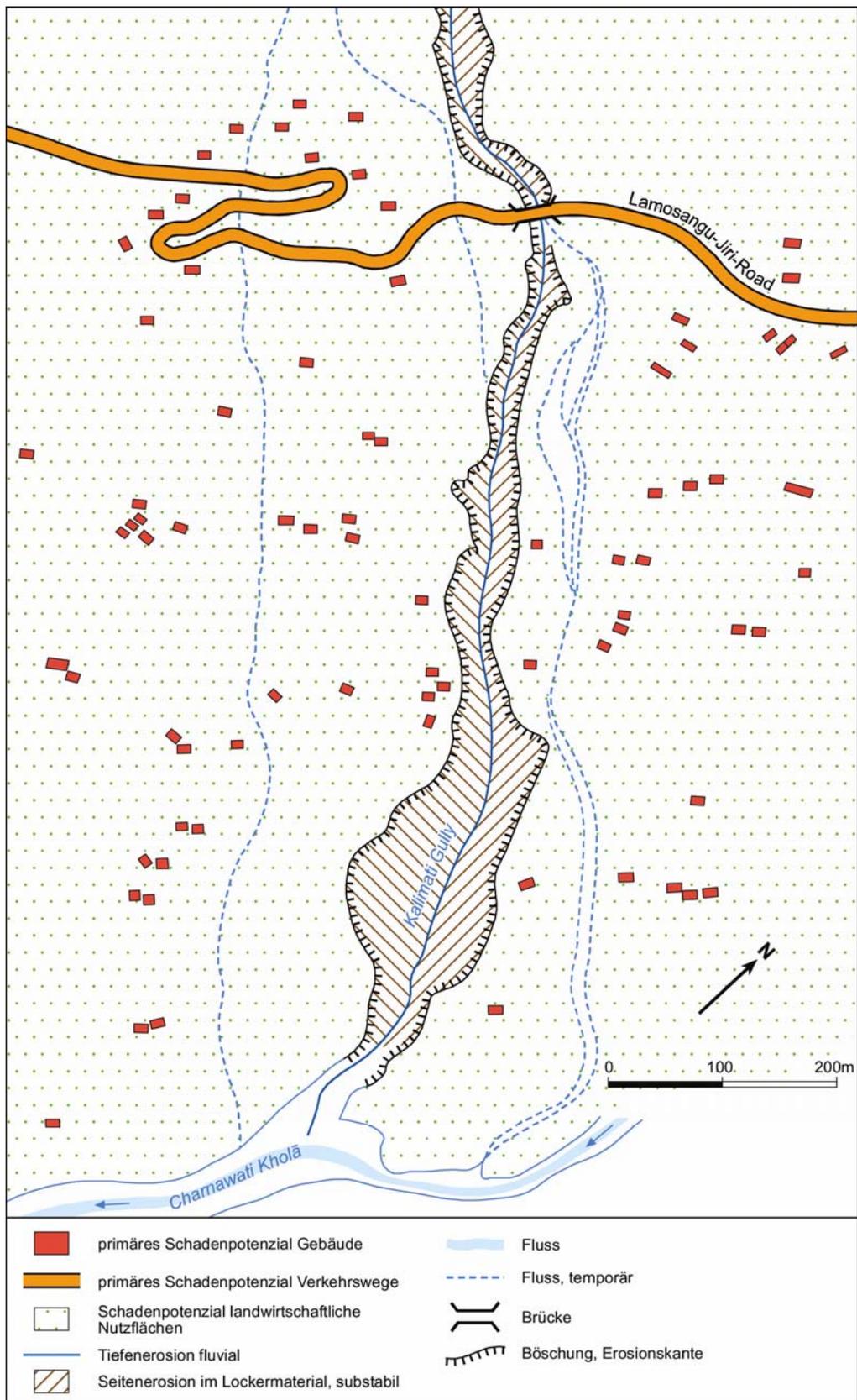
Karte 21: Gefahren-Hinweiskarte Hochwasser- und Massenbewegungsprozess Jaljale
(Entwurf: A. Titz; Grafik: L. Ritter)

6.6 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE POKHARE UND THULĪNĀGĪ

In den Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ wurde im Rahmen der Gefahrenbeurteilung der Prozess der Gullyerosion (Grabenerosion) als dominierende Gefahr identifiziert. Diese Gefahr ist durch ein Ereignis im Jahr 1987 erwiesen (vgl. Kap. 5.6). Im Rahmen der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse wird daher der Prozessraum der Gullyerosion des Jahres 1987 berücksichtigt, da der Prozessraum anhand stummer Zeugen im Gelände eindeutig abgegrenzt werden kann. Darüber hinaus weist der Siedlungsbereich zahlreiche relikte Ablagerungsformen eines Massenbewegungsprozesses auf. Da sich dieser Prozess nicht exakt rekonstruieren lässt und von dem Prozessraum der Gullyerosion aktuell eine größere Gefährdung ausgeht, findet der vermutete Massenbewegungsprozess in der vorliegenden Expositions- und Schadenpotenzialanalyse keine Berücksichtigung. Durch die Übertragung der Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung auf die schadenpotenzialrelevanten Bereiche der Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ ergibt sich gegenüber dem Prozess der Gullyerosion das folgende Bild (vgl. Karte 22):

Der Prozessraum des Gullies trifft bei den Gebäuden der Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ sowohl auf primäres als auch auf sekundäres Schadenpotenzial. Unter Berücksichtigung des Prozessraumes von 1987, der bis zum Zeitpunkt der Untersuchung im Jahr 2001 keine wesentlichen Veränderungen erfahren hat, befinden sich nahezu alle Gebäude im Randbereich des Nordwest-Südost verlaufenden Gullies im gefährdeten Bereich. Dabei ist zunächst primäres Schadenpotenzial in Form der Wohngebäude betroffen, Nebengebäude und/oder Ställe bilden das sekundäre Schadenpotenzial (vgl. Karte 22; das sekundäre Schadenpotenzial der Gebäude ist aus darstellerischen Gründen nicht abgebildet).

Betrachtet man den Verlauf des Erosionsgrabens, so ist der Prozess lediglich in einer Entfernung von wenigen Metern an zahlreichen Gebäuden des primären und sekundären Schadenpotenzials abgelaufen. Diese Gebäude der Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ sind aktuell jedoch nicht gefährdet. Der Prozess der Gullyerosion ist seit dem Großereignis von 1987 annähernd zum Stillstand gekommen. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass der Prozess bei entsprechenden Verhältnissen wie z.B. intensiven Niederschlägen innerhalb kürzester Zeiträume reaktiviert wird. In diesem Fall kann sich der Kalimati-Gully durch rückschreitende Erosion in den Hang eintiefen, durch Seitenerosion kann Lockermaterial in den seitlichen Einhängen des Gullies angeschnitten und destabilisiert werden, was zu einem Abrutschen des Materials führt. Bei einem zukünftigen, in vergleichbarer Weise ablaufenden Prozess der Grabenerosion sind somit weitere schadenpotenzialrelevante Bereiche der Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ gefährdet. Dieser vermutete Prozess wird zunächst in mehreren Metern Abstand des rezenten Kalimati-Gullies auf primäres und sekundäres Schadenpotenzial treffen. Bei einer Betrachtung des unregelmäßig ausgebildeten Prozessraumes wird deutlich, dass nur schwer beurteilt werden kann, in welchen Bereichen der Erosionsprozess in welcher Größenordnung wirksam werden kann. Da sich im untersuchten Hangabschnitt in weiteren Tiefenlinien periodisch kleine Bäche bilden, kann auch an diesen Stellen potenziell der Prozess der Gullyerosion wirken und bei den Gebäuden der Streusiedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ auf primäres und sekundäres Schadenpotenzial treffen. Die zeitliche und räumliche Variabilität des Schadenpotenzials der Gebäude wird aufgrund fehlender Daten wiederum nicht berücksichtigt.



Karte 22: Gefahren-Hinweiskarte Gullyerosion Pokhare und Thunīnāgī
 (Kartengrundlage: KOSTKA, 1988; Entwurf: A. Titz; Grafik: L. Ritter)

Infolge der Überlagerung des Prozessweges mit den schadenpotenzialrelevanten Bereichen der Verkehrswege wird ersichtlich, dass der Gully einen Verkehrsweg 1. Ordnung quert. Bei dieser Straße handelt es sich um die *Lamosongo-Jiri-Road*, eine asphaltierte Straße, die vom *Arniko Highway* im Sun Koshī-Tal nach Jirī führt (vgl. Karte 7, Karte 8). Dieser Verkehrsweg stellt einen der wichtigsten Versorgungswege der östlichen Mittelgebirgs- und Hochgebirgsregion dar und ermöglicht den Austausch verschiedenster Güter zwischen dem Kāṭhmāṇḍu-Tal und dem östlichen Bergland. Die Straße wird überwiegend von der Lokalbevölkerung genutzt, darüber hinaus wird sie aber auch von Touristen benutzt, die ihre Trekkingtour ins Everest-Gebiet in Jirī beginnen bzw. dort beenden. Da die *Lamosongo-Jiri-Road* von Pkw, Bussen und Lkw befahren wird, unterliegt das Schadenpotenzial auf diesem Verkehrsweg einer außerordentlich hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität, die aus den bereits mehrfach angeführten Gründen unberücksichtigt bleibt. Neben dem Verkehrsweg 1. Ordnung trifft der Prozessweg des Gullies Verkehrswege 3. Ordnung: zwischen den terrasierten Nutzflächen, Weilern und einzelnen Wohngebäuden verlaufende Fußwege, die von der Lokalbevölkerung genutzt werden (aus Maßstabgründen in Karte 22 nicht dargestellt).

Bei den landwirtschaftlich genutzten Flächen trifft der Prozessraum des Gullies ebenfalls auf Schadenpotenzial. Zu beiden Seiten des Erosionsgrabens liegen im Regenfeldbau bewirtschaftete, terrasierte Nutzflächen, die durch den Erosionsprozess gefährdet sind. Am Hangfußbereich sind zudem bewässerte *khet*-Felder durch die Gullyerosion einer Gefahr ausgesetzt. Durch Seitenerosion können im Kaliamti-Gully Lockermaterialflächen destabilisiert werden und abrutschen. Wie im Fall der Gebäude erläutert, können sich in weiteren Tiefenlinien des betrachteten Hangabschnittes ebenfalls periodisch kleine Bäche bilden. Wirkt an diesen Stellen potenziell der Prozess der Gullyerosion, trifft er bei den Nutzflächen auf primäres Schadenpotenzial.

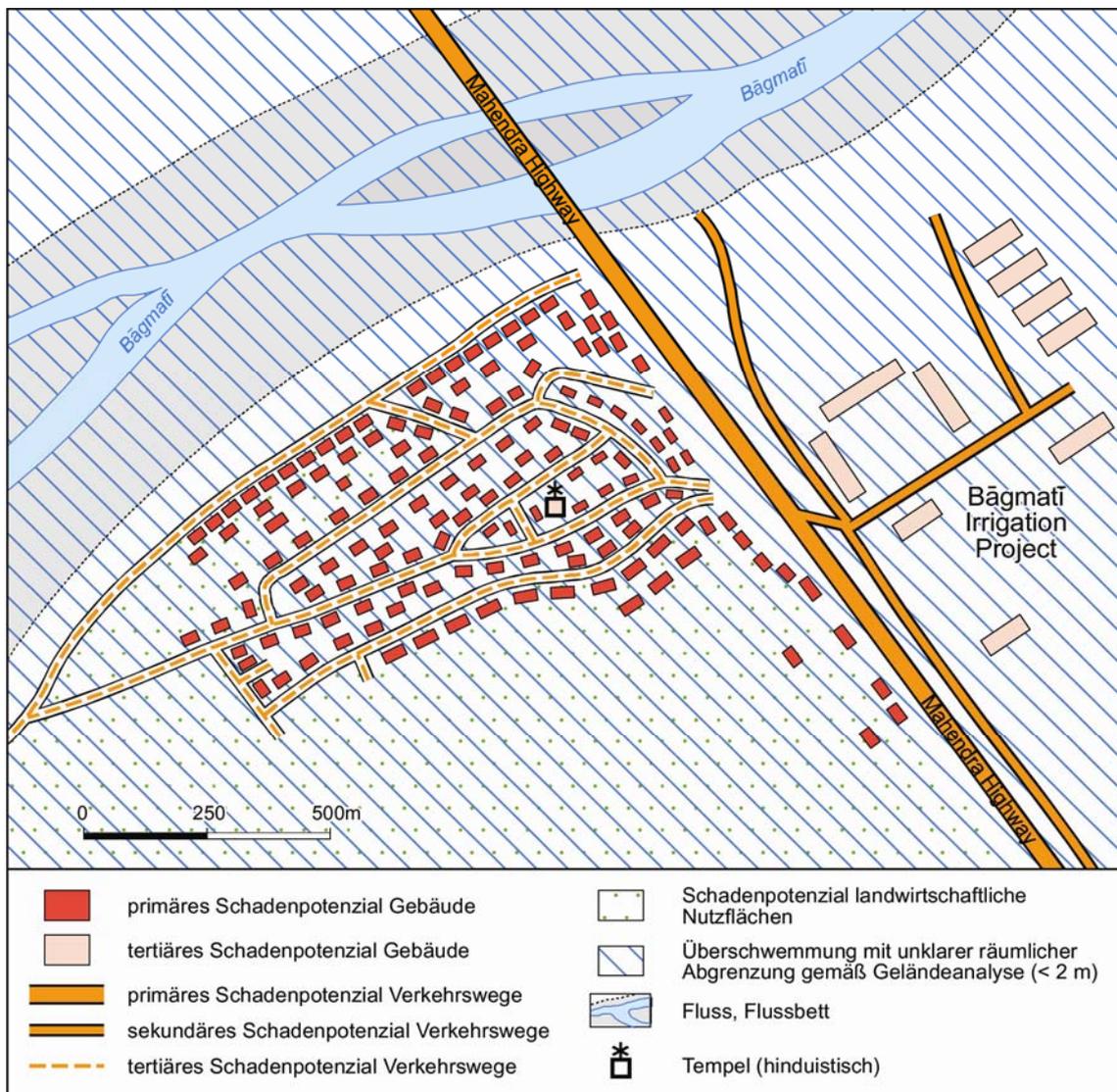
6.7 EXPOSITIONS- UND SCHADENPOTENZIALANALYSE KARMAIYĀ

In Karmaiyā wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Hochwasserprozesse als dominierende Gefahr identifiziert, die durch das Bāgmatī-Hochwasser im Jahr 1993 erwiesen ist (vgl. Kap. 5.7). Da es sich bei dem Ereignis von 1993 um das bisher schadenreichste Hochwasser handelt, wird dessen Prozessraum im Rahmen der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse berücksichtigt. Dieser ist zwar aufgrund fehlender rezenter Ablagerungsformen im Gelände nicht mehr zu erkennen, konnte jedoch durch Angaben der Lokalbevölkerung rekonstruiert werden. Durch die Übertragung der Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung auf die verschiedenen schadenpotenzialrelevanten Bereiche ergibt sich für Karmaiyā gegenüber Hochwasserprozessen das folgende Bild (vgl. Karte 23):

Der Prozessraum des Hochwassers trifft bei den Gebäuden der Siedlung sowohl auf primäres und sekundäres als auch auf tertiäres Schadenpotenzial. Berücksichtigt man den Prozessraum des Hochwassers von 1993 (vgl. Kap. 5.7; vgl. DWIDP, 1993), so befinden sich alle Gebäude der Siedlung in einem gefährdeten Bereich. Primäres Schadenpotenzial der Gebäude ist dabei zunächst durch die Wohngebäude im Bereich der geschlossenen Siedlung südwestlich des *Mahendra Highways* betroffen. Infrastruktur- und Wirtschaftsgebäude am südwestlichen Rand des *Mahendra Highways* sowie Ställe innerhalb der geschlossenen Siedlung (in Karte 23 nicht dargestellt) sind als sekundäres Schadenpotenzial einer Gefährdung ausgesetzt. Das tertiäre Schadenpotenzial ist zum einen in Form eines hinduistischen Tempels im nordöstlichen Bereich der Siedlung betroffen, zum anderen in Form der Gebäude des *Bagmati Irrigation Projects*, die nordöstlich der Siedlung auf der orographisch gegenüberliegenden Straßenseite liegen. Schäden am Bāgmatī-Wehr – ca. 500 m flussaufwärts der Siedlung – und an den Gebäuden des *Bagmati*

Irrigation Project haben bei dem Hochwasserereignis des Jahres 1993 die größten ökonomischen Schäden verursacht.

Unter Berücksichtigung des Prozessraumes des Hochwassers von 1993 wird deutlich, dass alle Gebäude der Siedlung gefährdet sind. Daher muss angenommen werden, dass bei einem zukünftigen, in vergleichbarer Weise ablaufenden Hochwasserprozess wiederum alle schadenzentralrelevanten Bereiche der Siedlungen einer Gefahr ausgesetzt sein werden. Liegt der Hochwasserpegel niedriger als 1993 (die Siedlung stand bis zu 2 m tief unter Wasser), sind aufgrund des nahezu ebenen Geländes dennoch alle Gebäude einer Gefahr ausgesetzt, da das Wasser nur langsam abfließt und hauptsächlich durch die Verweildauer im Siedlungsbereich, weniger durch seine dynamische Wirkung, zu Schäden führt. Die räumliche und zeitliche Variabilität des Schadenpotenzials der Gebäude bleibt wiederum unberücksichtigt.



Karte 23: Gefahren-Hinweiskarte Hochwasserprozess Karmaiyā (Entwurf: A. Titz; Grafik: L. Ritter)

Bei den Verkehrswegen trifft der Hochwasserprozess auf primäres, sekundäres und tertiäres Schadenpotenzial. Als primäres Schadenpotenzial ist der *Mahendra Highway* betroffen, der den gesamten Terāi in Ost-West-Richtung quert (auch *East-West-Highway* genannt). Dieser Verkehrsweg stellt den wichtigsten Versorgungs- und Transportweg für ganz Nepāl dar, da er nicht nur den westlichen und den östlichen Terāi bzw. das landwirtschaftliche Hauptanbauggebiet mit nördlichen Landesteilen verbindet, sondern auch eine Verbindung zwischen Nepāl und Indien darstellt. Da der *Mahendra Highway* stark von Pkw, Bussen und Lkw frequentiert wird, unterliegt das Schadenpotenzial auf diesem Verkehrsweg einer sehr hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität, die jedoch unberücksichtigt bleibt. Als Schadenpotenzial 1. Ordnung wird im Rahmen dieser Expositions- und Schadenpotenzialanalyse auch die Brücke betrachtet, die nordwestlich der Siedlung über den Bāgmatī führt. Eine Zerstörung dieser Brücke würde den ökonomisch bedeutsamen Verkehrsweg für lange Zeit unterbrechen und somit den nationalen und bilateralen Güter- und Warentransport zum Erliegen bringen. Neben dem Verkehrsweg 1. Ordnung trifft der Hochwasserprozess Verkehrswege 2. Ordnung, die die Gebäude des *Bagmati Irrigation Project* untereinander verbinden. Verkehrswege 3. Ordnung werden mit den Wegen und Pfaden innerhalb der Siedlung Karmaiyā getroffen, die die verschiedenen Siedlungsbereiche miteinander verbinden und von der Lokalbevölkerung genutzt werden.

Hochwasser stellen darüber hinaus für die landwirtschaftlichen Nutzflächen eine Gefahr dar. Südlich der Siedlung schließen sich landwirtschaftlich intensiv genutzte Nassreisflächen an (*khet*), die nicht nur für die Ernährungssicherung der Lokalbevölkerung von Bedeutung sind, sondern auch für Bewohner anderer Landesteile Nepāls, die auf den Zukauf von Nahrungsmitteln, insbesondere von Reis, angewiesen sind, da auf den eigenen Flächen keine ausreichend hohen Erträge erzielt werden können. Mit diesem Beispiel wird deutlich, dass die Auswirkungen eines natürlichen Extremereignisses nicht nur für die Lokalbevölkerung des jeweiligen Prozessraumes von großer Bedeutung sind. Vielmehr können durch Sekundärschäden und indirekte Folgen ganze Landesteile in Mitleidenschaft gezogen werden, beispielsweise durch Probleme bei der Ernährungssicherung oder eine eingeschränkte Versorgung mit Gütern.

7. SCHUTZMASSNAHMEN IM RAHMEN DES NATURGEFAHRENMANAGEMENTS

Ist das Risiko für einen gefahrenbringenden Prozess bekannt, entweder aufgrund von Erfahrungen mit früheren Ereignissen oder aber durch mathematisch-physikalische Prozessabschätzungen, so dienen diese Erkenntnisse als Entscheidungsgrundlage für die Durchführung von Maßnahmen, die zum Schutz vor natürlichen Extremereignissen ergriffen werden sollen. Dabei müssen natürliche Extremereignisse nicht zwangsläufig zu Katastrophen führen. Vielmehr hat sich in der jüngeren Vergangenheit – im Besonderen im Rahmen der IDNDR (vgl. Kap. 2.2.2) – die Erkenntnis durchgesetzt, dass die negativen Auswirkungen extremer Naturereignisse durch vorbeugende Maßnahmen zwar nicht gänzlich vermieden, aber dennoch erheblich reduziert werden können. Bevor geeignete, vorbeugende Maßnahmen geplant und umgesetzt werden ist es allerdings notwendig, zunächst die gewünschte bzw. erforderliche Sicherheit für verschiedene Objektkategorien zu definieren.

Im Rahmen des Naturgefahrenmanagements (vgl. Kap. 3.2) kann zunächst zwischen technischen und nicht-technischen Maßnahmen unterschieden werden. Die Entscheidung darüber, welche Maßnahmen zum Schutz vor den negativen Auswirkungen natürlicher Extremereignisse durchgeführt werden, hängt in zahlreichen Fällen nicht alleine von der Wahrnehmung bzw. dem mathematisch-rechnerischen Wert des Risikos ab, sondern auch von den technischen und finanziellen Möglichkeiten sowie den politischen Rahmenbedingungen eines Landes oder einer Region. Sie bestimmen letztendlich, wie das Risiko gehandhabt werden kann oder soll. Wie im weiteren Verlauf der Arbeit gezeigt werden wird, treffen diese Kriterien für Nepäl in besonderer Weise zu. Um das Risiko sowohl vor als auch nach Eintritt eines gefährlichen Ereignisses zu vermindern, steht ein breites Spektrum an technischen und nicht-technischen Maßnahmen zur Verfügung.

7.1 TECHNISCHE MASSNAHMEN

Um das Gefahrenpotenzial natürlicher Extremereignisse zu vermindern steht eine Vielzahl technischer Maßnahmen zur Verfügung, mit denen der Ablauf eines Ereignisses beeinflusst werden kann. Auf eine lange Tradition im Umgang mit Naturgefahren und deren negativen Auswirkungen können die Alpenländer Europas zurückblicken, im Besonderen die Schweiz, wo technische Maßnahmen zur Minderung des Gefahrenpotenzials bereits seit über hundert Jahren erfolgreich angewendet werden. In der jüngeren Vergangenheit ist man jedoch auch in der Schweiz – nicht zuletzt unter dem Eindruck der IDNDR – zu der Erkenntnis gelangt, dass technische Maßnahmen zum einen meist sehr kostspielig sind und natürliche Extremereignisse zum anderen nicht allein mit technischen Sicherungsmaßnahmen begegnet werden kann. In Nepäl hingegen stellen technische Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials bis dato die einzige Möglichkeit dar, auf derartige Ereignisse zu reagieren. Ingenieurtechnisch berechnete und geplante Maßnahmen werden in Nepäl bislang jedoch nur an ökonomisch bedeutsamen Infrastruktureinrichtungen wie Fernverkehrsstraßen und Wasserkraftwerken durchgeführt (vgl. ADHIKARI, 2001; DEOJA, 1994; DEOJA et al., 1991; POKHAREL, 2001; POUDEL et al., 2001). Einzelne ländliche Siedlungen, die für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit von Interesse sind, bleiben bei der Maßnahmenplanung unberücksichtigt. Da in Nepäl bisher keine flächendeckenden

Risikoanalysen durchgeführt und Gefahrenkarten für Siedlungen erstellt worden sind, konnten dementsprechend keine adäquaten Schutzmaßnahmen erarbeitet und implementiert werden.

Im Folgenden wird zunächst erörtert, welche technischen Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials für die unterschiedlichen, in Nepāl auftretenden gefahrenbringenden Prozesse zur Verfügung stehen. Die aufgeführten Maßnahmen stellen keinen Anspruch auf Vollständigkeit, vielmehr kann an dieser Stelle lediglich ein Überblick über die gängigsten Maßnahmen gegeben werden.

7.1.1 TECHNISCHE MASSNAHMEN AN RUTSCHUNGSGEFÄHRDETEN HÄNGEN

Abgesehen von strukturellen Maßnahmen nach Eintritt einer Rutschung besteht die Möglichkeit, einen Hang präventiv gegen ein potenzielles Abrutschen zu sichern. Neben der Topographie und der Bodenbeschaffenheit eines Hanges muss vor allem der jeweilige Rutschungsmechanismus und die Lage der Gleitflächen beachtet werden, um geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Oberflächennahe Rutschungen werden im Wesentlichen durch die Errichtung flach fundierter Stützwerke wie Stützmauern (*retaining walls*) stabilisiert. Häufig werden dazu Gewichtsmauern aus Gabionen, Holz oder auch Beton verwendet. Weitere Sicherungsmaßnahmen, insbesondere für tiefgründige Rutschungen, stellen die Verankerung der Hangfläche im Gesteinsuntergrund oder der Materialausgleich dar.

Gewichtsmauern aus Drahtsteinkörben (Gabione, *gabion boxes*) sind lediglich dann zur Stabilisierung von Hangpartien geeignet, wenn unterhalb der Fundamente keine Gleitflächen verlaufen, d.h. bei oberflächennahen Bruchmechanismen. Gabione sind quaderförmige Kästen aus verzinktem Drahtgeflecht oder Drahtnetzen, die am besten per Hand mit Steinen oder kantigen Blöcken gefüllt werden (vgl. Bild 29). Neben der Verwendung einzelner Drahtsteinkörbe können mehrere Gabione auch zu Mauern zusammengefügt werden. Voraussetzung dafür ist die Anordnung möglichst zahlreicher, querverlegter Körbe, die als so genannte „Zangen“ das System zur Hangseite abstützen (vgl. BÖLL, 1997). Für die Tragwirkung des Systems sind alle Körbe untereinander zu verbinden, z.B. durch eingeflochtene, dicke Drähte oder dünne Stäbe aus Rundstahl. Die Bemessung von Gabionsystemen gestaltet sich recht kompliziert, da sich Gabione und Gabionmauern absetzen, kippen oder abgleiten können. Meist ist die alleinige Absicherung durch Stützmauern nicht ausreichend, daher werden sie häufig in Verbindung mit Drainagemaßnahmen verwendet.

Rutschungen an tiefgründig verlaufenden Gleitflächen können durch die Verankerung der Hangfläche im Gesteinsuntergrund mit Ankern und/oder Pfählen stabilisiert werden, wodurch die hinter der Gleitfläche wirkenden Kräfte in den standfesten Untergrund eingeleitet werden. Bei diesen Maßnahmen ist für die Bohrarbeiten in der Regel schweres Gerät notwendig, was den Einsatz in schwer zugänglichen Gebieten erheblich erschwert. Eine echte Stabilisierung tief verlaufender Rutschungen ist technisch sehr aufwendig und in großen Rutschgebieten kaum realisierbar (vgl. BÖLL, 1997).



Bild 29: Männer befüllen im Mayāndi-Tal eine Gabion-Stützmauer mit Steinen.
(Aufnahme: A.Titz, März 2003)

Für die Projektierung von Stabilisierungsmaßnahmen an rutschungsgefährdeten Hängen gibt es keine allgemein gültigen Universallösungen, da die spezifischen Prozesse und Mechanismen von Fall zu Fall stark differieren. Aufgrund allgemein gültiger Zusammenhänge sollte eine Stabilisierung nach BÖLL (1997:103f.) grundsätzlich immer die folgenden Maßnahmen umfassen:

- **Hangfußsicherung:** Verläuft ein Gerinne entlang des zu stabilisierenden Hanges, wird die Stabilität im Hangfußbereich häufig durch Gerinneerosionsprozesse beeinflusst, die die Hangneigung immer weiter vergrößern. Den ersten Schritt bei Stabilisierungsmaßnahmen bildet die Fixierung der Bach- oder Gerinnesohle entlang des rutschungsgefährdeten Hanges, z.B. mit Bühnen⁵³, durch Verkleidung (Flussmatratzen) oder die Errichtung von Wildbachsperrern (vgl. Kap. 7.1.2). Verläuft kein Gerinne entlang des Hangfußes, so kann eine Stabilisierung mittels Stützmauern erfolgen.
- **Zulässige Hangneigung bestimmen und sicherstellen:** Mittels einer Stabilitätsrechnung, die für gegebene Bodenkennwerte, Geometrie, Sickerlinie und Belastung den Winkel β der zulässigen Hangneigung bzw. einen entsprechenden Wert für den Grenz-zustand des Abgleitens liefert, wird generell die Hangstabilität nachgewiesen bzw. die zulässige Hangneigung festgelegt. Praktisch ist es meist nicht möglich, die Hangneigung global auf den Winkel β zu reduzieren, da diese Lösung zu viel Platz benötigt und zu viel überschüssiges Lockermaterial verursacht: Beim Materialausgleich wird Bodenmasse im Kronenbereich abgetragen und am Hangfuß wieder aufgeschüttet. Durch diese Maßnahme wird zum einen die Hangneigung erniedrigt, zum anderen wird der Hang durch die niedrigere Auflast im oberen und die größere Masse im unteren Bereich stabilisiert. Eine praktikable Lösung hingegen besteht in der teilweisen Reduk-

⁵³

Senkrecht zum Ufer ins Wasser gebaute Bauwerke aus Holz, Stein oder Steinwällen, die Wellen brechen sollen, um auf diese Weise die erosionsfördernde, uferparallele Strömung fernzuhalten.

tion der Hangneigung mittels Hangverbau und Stützwerken, wobei die Neigung zwischen den Stützwerken dem Winkel β entspricht.

- **Oberflächenschutz:** Da oberflächliche Erosions- und Verwitterungsprozesse häufig eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Rutschhängen spielen, sollten Maßnahmen zum Oberflächenschutz generell ein wichtiger Bestandteil von Stabilisierungsarbeiten sein. Das Ziel sollte in einer dauerhaften Wiederbestockung kahler Erosionsflächen und somit in einer Verbesserung der Standortbedingungen liegen. Nach BÖLL (1997) kann ein dauerhafter Flächenschutz nur durch Pflanzen übernommen werden, da technische Maßnahmen lediglich punktuell oder linear wirken und ihre Wirkung darüber hinaus zeitlich beschränkt ist.

Wie bereits in Kapitel 4.2.4 erörtert, ist Wasser stets ein maßgebender Faktor für die Auslösung und den Ablauf von Rutschungen. Aus diesem Grund gehören umfassende Entwässerungsmaßnahmen zu den klassischen Sicherungsmaßnahmen. In diesem Zusammenhang ist zwischen oberflächlich abfließendem Wasser aus Niederschlägen, Schneeschmelze oder Quellen, Infiltrationswasser aus Niederschlägen und Schneeschmelze sowie Sickerwasser zu unterscheiden. Treten Rutschungen nach lang anhaltenden Niederschlägen auf, so ist es notwendig, den Wasserspiegel im Hang durch Drainagemechanismen zu senken. Kommt es hingegen nach kurzen, jedoch intensiven Niederschlägen zu Rutschungen, muss die Infiltration des Wassers durch einen geregelten Oberflächenabfluss verhindert werden, um den Porenwasserdruck in der Rutschmasse herabzusetzen. Zum Zweck der Grundwasserdrainage werden mit kleinen Löchern versehene und mit Filtermaterial (Nylon oder Geotextilien) umwickelte, 30-50 m lange Rohre/Röhren mit einer Steigung von mehr als 5 % parallel oder fächerförmig in den Hang getrieben. Das Grundwasser sammelt sich den Röhren und kann abgeleitet werden (vgl. HMG, 1999c).

Wie BÖLL (1997:105) anführt, spielen sich Rutschungen meist in Böden ab, die aufgrund ihrer Durchlässigkeitsbeiwerte als schlecht bis kaum entwässerbar zu bezeichnen sind. Daher lassen sich mit den klassischen Maßnahmen der forstlichen Entwässerung wie Drainagegräben oder Drainageleitungen die Sickerwasserverhältnisse und damit der Grundwasserspiegel kaum beeinflussen. Eine Verringerung der Infiltrationsrate kann hingegen erreicht werden. Durch Entwässerungsmaßnahmen soll verhindert werden, dass oberflächlich abfließendes Wasser, Quellwasser sowie Wasser aus Niederschlägen und Schneeschmelze in die potenzielle Rutschmasse eindringt. Zu diesem Zweck wird das Wasser auf den entsprechenden Flächen bzw. an den entsprechenden Stellen in Entwässerungsgräben gefasst und abgeleitet.

7.1.2 TECHNISCHE MASSNAHMEN AN WILDBÄCHEN UND FLUSSLÄUFEN

In Wildbächen und Wildbacheinzugsgebieten wirken verschiedene Prozesse, die bei der Maßnahmenplanung berücksichtigt werden können und müssen: Während im Einzugsgebiet Oberflächenerosions- und Rutschprozesse dominieren, durch die Lockermaterial ins Gerinne gelangt, kommt es in steilen Gerinneabschnitten zu Sohlen- und Ufererosion sowie Geschiebetransport, auf den Flachstrecken wird das Geschiebe schließlich abgelagert. Um alle Prozessbereiche abzusichern wären Maßnahmen gegen einzelne Prozesse bzw. eine Kombination verschiedener Maßnahmen notwendig. Dies ist in der Regel jedoch nicht durchführbar. In Einzugsgebieten von Flüssen dominieren ebenfalls Oberflächenerosions- und Rutschprozesse das Prozessgeschehen, im weiteren Verlauf eines Flusses kann es dann zu Ufererosion, Hangunterschneidung, Überschwemmung und Übersarung kommen.

Zwischen Erosionsprozessen in einem Gerinne und der Stabilität der Uferböschungen besteht in Wildbächen häufig ein enger Zusammenhang. In einem steilen Gerinne mit Lockermaterial besteht grundsätzlich die Tendenz zu Tiefen- und Seitenerosion. Dadurch wird Lockermaterial weggeschwemmt und als Geschiebe abtransportiert, was die Sohlenlage im Gerinne verändert. Durch die Unterschneidung der unteren Hangpartien besteht Rutschgefahr in den seitlichen Hängen, abgerutschtes Material kann ins Gerinne gelangen und ebenfalls abtransportiert werden. Dadurch wird das Geschiebepotenzial eines Wildbaches zusätzlich erhöht (vgl. BÖLL, 1997).

Um das Gefahrenpotenzial von Wildbächen zu vermindern besteht die Möglichkeit der Installation von **Wildbachsperrn**, **Geschiebesammlern** oder **Wildbachschalen**. Wildbachsperrn (auch Konsolidierungssperren) nehmen Einfluss auf die Mobilisierung, den Transport sowie auf die Ablagerung von Feststoffen und werden mit dem Ziel eingesetzt, die Gerinnesohle zu stabilisieren (Eintiefung) sowie die seitlichen Einhänge durch die Hebung der Gerinnesohle zu konsolidieren. Infolge der Ablagerung von Geschiebe und Lockermaterial hinter einer Sperre wird die Gerinnesohle leicht angehoben und die Schleppkraft reduziert (vgl. Abb. 12). Der Fließwechsel am Sperrenkolk (Überfall, natürliches Tosbecken) verursacht einen Verlust kinetischer Energie, wodurch die Transportkapazität vermindert wird. Infolge der Vergrößerung der Erosionswiderstände wird der Gewässerlauf fixiert und die Böschung stabilisiert (vgl. ROMANG, 2004). Durch diese Maßnahmen wird neben dem Gefälle eines Wildbaches auch die Schleppspannung verringert, die bestimmend für die Mobilisierung von Geschiebe ist. Generell werden mehrere Wildbachsperrn in Form einer Sperrtreppe hintereinander in einem Gerinne errichtet, da einzelne Sperren nur einen begrenzten Abschnitt sichern können. Eine maßgebende Rolle für die Anordnung der Sperren im Gerinne, insbesondere für ihren gegenseitigen Abstand, spielt das Gefälle, unter dem sich das Geschiebe hinter den Sperren ablagert. Allerdings kann es bei kleinen oder mittleren Ereignissen zu einer Geschiebeansammlung in den Sperrtreppen kommen, das bei einem Großereignis ausgeräumt wird und flussabwärts Schäden verursachen kann.

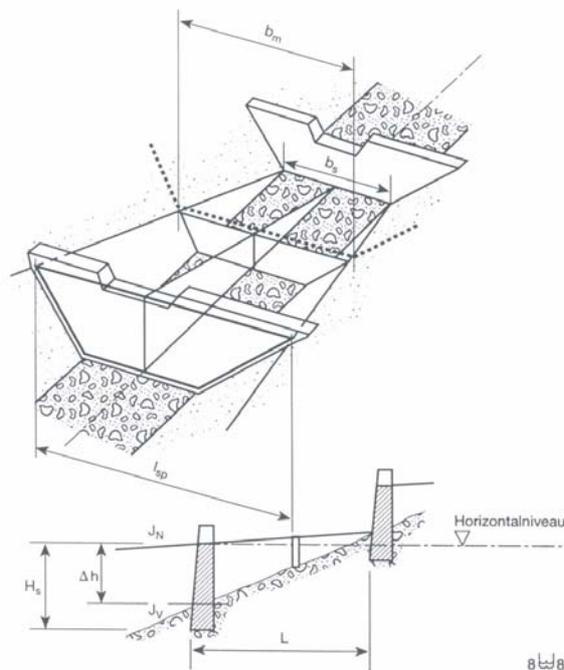


Abb. 12: Schematische Darstellung von Wildbachsperrn (BÖLL, 1997)

Nach BÖLL (1997) kommen Gabione im Wildbachverbau nur bei Gerinnen mit geringem Geschiebetransport und feinem Geschiebe in Frage, in stark Geschiebe führenden oder murganggefährdeten Gerinnen werden sie nicht empfohlen. Neben Gabionen können aber auch Mauerwerk, Holz, Beton/Stahlbeton oder Erddämme als Werkstoff verwendet werden. Für Holzkonstruktionen eignen sich die Rundhölzer von Fichte, Tanne, Lärche, Föhre oder Edelkastanie, die auch im Nepäl-Himālaya vorkommen. Einwandige Systeme werden aus quer zur Richtung der Einwirkung angeordneten Längshölzern errichtet, die als horizontale Balken tragen und daher in die Seitenflanken eingebunden sind. Diese Wand wird durch Querhölzer, so genannte Zangen, nach hinten verankert. Aufgrund des vertikalen Abstandes zwischen den Längshölzern ist zudem eine Begrünung möglich. Zwei- oder mehrwandige Systeme, so genannte Holzkästen, bestehen aus parallel angeordneten Wänden aus Längshölzern, die durch Querhölzer (Zangen) miteinander verbunden sind. Holzkästen werden meist mit groben Steinen oder anderem Material verfüllt, so dass ein stabilisierender Innendruck auf dem Kasten liegt (vgl. BÖLL, 1997).

Auf Schwemmkegeln und Murkegeln von Wildbächen kommt es häufig zu Geschiebeablagerungen und Gerinnenausbrüchen: bei starker Gerinneablagerung verlässt der Bach am Kegelhals sein Bett und sucht sich neue Wege. Vom Kegelhals abwärts werden Wildbäche daher häufig in Form von Wildbachschalen kanalisiert oder anderweitig in ihrer seitlichen Ausdehnung kontrolliert. Ziel dieser technischen Maßnahmen ist es, das Auftreten möglicher Wildbachausbrüche zu mindern.

Zum unmittelbaren Schutz von Siedlungen können beispielsweise Geschiebestausperren am Kegelhals angeordnet werden. Während Wildbachsperrern ihre Aufgabe nur bei permanenter Hinterfüllung mit Geschiebe erfüllen, sollen Geschiebestausperren das bei einem Extremereignis antransportierte Geschiebe zurückhalten und dadurch talabwärts Schäden vermeiden. Geschiebestausperren müssen über eine ausreichende Geschieberückhaltekapazität verfügen und müssen so angeordnet werden, dass sie periodisch geräumt werden können. Meist lässt sich in einem Gerinne jedoch keine geeignete Stelle finden, an welcher eine Sperre mit ausreichender Geschieberückhaltekapazität errichtet werden könnte. Daher sind ergänzende Maßnahmen an Gerinnen, Runsen und Hängen meistens unumgänglich (vgl. BÖLL, 1997).

Weitere Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials an Flussläufen stellen Ufersicherungen durch Buhnen aus Gabionen oder Ufermatratzen, die Errichtung von Dämmen entlang des Ufers sowie Gerinneausbau oder Rückhaltemaßnahmen dar. Mit der Errichtung von Dämmen hat man in Nepäl bisher keine Erfahrungen gesammelt. Im Rahmen des Flutaktionsplanes wurden im Ganges- und Brahmaputra-Delta in Bangladesh zahlreiche Dammsysteme errichtet (vgl. ISLAM & KAMAL, 1993). Sie sind jedoch sehr umstritten, da sie Kritikern zu Folge ein falsches Gefühl der Sicherheit vermitteln, Planung, Bau und Unterhalt technisch und finanziell zudem sehr aufwendig sind. Gängigste Maßnahme in Nepäl ist bislang die Ufersicherung durch Gabione, die parallel zur Fließrichtung am Ufer errichtet werden.

Grundsätzlich muss festgehalten werden, dass jeder technische Eingriff neben positiven Auswirkungen in Bezug auf die Sicherheit auch verschiedene negative Auswirkungen auf ein System haben kann. Wenn diese negativen Auswirkungen zu gravierend werden können, muss von der Ausführung eines Eingriffes abgeraten werden.

7.1.3 TECHNISCHE MASSNAHMEN AN GLETSCHERSEEN

Technische Maßnahmen an Gletschersee beschränken sich in der Regel darauf, den **Seespiegel** auf eine weniger kritische Höhe **abzusenken** und für eine kontrollierte Entwässerung zu sorgen. Derartige Maßnahmen wurden in Nepal am Tsho Rolpa-See (Dolākha Distrikt) durchgeführt, da er als einer der potenziell gefährlichsten Seen eingestuft worden ist. Durch die Errichtung einer 700 m langen, künstlichen Überlauftrinne konnte der Seespiegel um 3 m abgesenkt werden. Um einen möglichen Ausbruch dauerhaft zu verhindern, wäre eine Absenkung um weitere 17 m notwendig (vgl. Kap. 4.2.1). Die Maßnahme war mit Kosten von 2,7 Mio. US \$ verbunden, wovon alleine 1,1 Mio. US \$ auf Transportkosten entfielen. Bedingt durch die hohen Bau- und Transportkosten ist es für Nepal ohne Unterstützung der internationalen Entwicklungsgemeinschaft nicht möglich, Maßnahmen dieser Art an weiteren potenziell ausbruchgefährdeten Gletscherseen durchzuführen.

Weitere technische Maßnahmen müssen talabwärts eines potenziell ausbruchgefährdeten Gletschersees entlang der Flussläufe durchgeführt werden, um Schäden durch Überschwemmungen und Hangrutschungen zu vermindern (vgl. Kap. 7.1.1, Kap. 7.1.2). Angesichts der Wasser- und Geröllmassen, die sich im Falle eines Gletscherseeausbruchs binnen kürzester Zeit talabwärts ergießen können ist es jedoch fraglich, inwieweit bauliche Maßnahmen überhaupt zur Schadenverminderung beitragen können.

7.1.4 TECHNISCHE MASSNAHMEN BEI ERDBEBEN

Technische Maßnahmen, die zur Verminderung des Gefahrenpotenzials von Erdbeben ergriffen werden können, bestehen z.B. im **Gebäudeschutz**. Wohngebäude in ländlichen Siedlungen Nepāls werden in der Regel in traditioneller Bauweise und unter Verwendung ortsbürtiger Baumaterialien, jedoch ohne statische Berechnungen errichtet. Bauform und verwendete Materialien stellen dabei häufig eine Anpassung an die jeweiligen Umweltbedingungen dar, vor allem an die klimatischen Verhältnisse, oder beruhen auf alt hergebrachten Traditionen. Gebäude in ländlichen Siedlungen Nepāls sind generell nicht darauf ausgelegt, einem potenziellen, natürlichen Extremereignis wie einem Erdbeben (oder auch einer Massenbewegung oder Hochwasser) standzuhalten. Werden Gebäude jedoch ingenieurtechnisch geplant, besteht die Möglichkeit, sie mittels statischer Berechnungen so zu konstruieren, dass das Schadenpotenzial im Falle eines Extremereignisses möglichst gering gehalten wird.

Wie bereits angesprochen, werden Gebäude ländlicher Siedlungen in Nepal ohne ingenieurtechnische, statische Berechnungen errichtet. Dies trifft gleichermaßen für eine Vielzahl von Gebäuden in den urbanen Zentren zu, die jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Es gibt jedoch einige einfache, dennoch wirksame Maßnahmen, die Hausbesitzer bei der Errichtung der Gebäude ergreifen können, um sie weniger schadenanfällig zu machen. Um Schäden im Falle eines Erdbebens zu reduzieren ist es häufig ausreichend, die Verbindung zwischen Dach und Umfassungswänden bzw. der Wände untereinander an den Ecken auszusteifen.



Abb. 13: Schematische Darstellung zur erdbebensicheren Errichtung von Gebäuden (DIXIT et al., 1999)

Im Rahmen des *Kathmandu Valley Earthquake Risk Management Project* (vgl. DIXIT et al., 1999) wurde eine Art Flugblatt entwickelt, das anhand von fünf Abbildungen verdeutlicht, wie mit wenigen, einfachen Maßnahmen Gebäude erdbebensicher errichtet werden können (vgl. Abb. 13). Dieses Projekt bezieht sich jedoch nur auf das Kāṭhmāṇḍu-Tal, andere Landesteile werden ausgeklammert. Sicherlich ist das Kāṭhmāṇḍu-Tal diejenige Region Nepāls, in der bei einem potenziellen Erdbeben die höchsten Primärschäden zu erwarten sind. Abgesehen vom Kāṭhmāṇḍu-Tal gibt es jedoch zahlreiche weitere Regionen, die von Erdbeben bedroht sind bzw. in denen regelmäßig Erdbeben registriert werden (vgl. Karte. 1). Es wäre daher wünschenswert, wenn auch der Bevölkerung außerhalb des Kāṭhmāṇḍu-Tals derartige Informationen zugänglich gemacht würden.

7.1.5 INGENIEURBIOLOGISCHE MASSNAHMEN

Im Rahmen von ingenieurbioologischen Maßnahmen werden lebende Pflanzen oder Pflanzenteile zur Kontrolle von Bodenerosion und/oder Massenbewegungen eingesetzt *'in order to fulfill engineering functions'* (vgl. HOWELL, 2001:147). Aufgrund der ingenieurtechnischen Funktion, die die Pflanzen erfüllen, ist diese Maßnahme dem Bereich technischer Maßnahmen zuzuordnen. Ingenieurbioologische Maßnahmen werden entweder einzeln als einfache oder strukturelle Anpflanzung oder in Ergänzung zu technischen Maßnahmen durchgeführt. Da sie im Vergleich zu baulichen Projekten eine günstige Alternative darstellen und das notwendige Material häufig

vor Ort vorhanden ist bzw. ohne großen logistischen Aufwand zu erhalten ist, eignen sich ingenieurbioologische Maßnahmen im Besonderen für Entwicklungsländer.

Die Effekte ingenieurbioologischer Maßnahmen beruhen auf dem Interzeptionsvermögen der Pflanzen, auf der Feuchtigkeitsreduktion durch den Beitrag der Pflanzen zur Evapotranspiration sowie auf dem Einfluss der Pflanzenwurzeln auf die Infiltrationskapazität der Böden. Durch das Wurzelwerk der Pflanzen werden die Scherkräfte der Böden sowie deren Permeabilität erhöht, was sich positiv auf die Infiltrationskapazität auswirkt. Durch eine hohe Infiltrationskapazität wird einerseits der Oberflächenabfluss reduziert, andererseits wird eine schnellere Wassersättigung des Bodens erreicht. Ein weiterer positiver Effekt beruht auf der Bindung der Bodenpartikel an die Wurzeln. Wie HOWELL (2001) anführt, können zahlreiche ingenieurbioologische Maßnahmen jedoch während des Monsuns ihre positiven Effekte nicht voll entfalten, da die Auswirkungen auf die Interzeption und die Feuchtigkeitsreduktion durch Evapotranspiration dann äußerst gering sind.

Einen Überblick über geeignete ingenieurbioologische Maßnahmen für Nepäl sowie deren Funktionsweise gibt HOWELL (2001: 150ff.). Zudem führt er Pflanzenspezies auf, die für derartige Maßnahmen geeignet sind. Ein Großteil der Spezies ist jedoch nur für Höhenlagen vom Teräi bis unter 2000 m NN geeignet. An Sträuchern und kleinwüchsigen Bäumen werden nur *Salix tetrasperma* (bis 2700 m NN) und *Agave americana* (bis 2400 m NN) aufgeführt, an hochstämmigen Bäumen *Dendrocalamus hookeri* (1200-2500 m NN), *Pinus wallichiana* (1800-3000 m NN), *Fraxinus floribunda* (1200-2700 m NN), *Prunus cerasoides* (500-2400 m NN), *Albizia julibrissin* (800-3000 m NN) und *Alnus nepalensis* (900-2700 m NN), die je nach Standortbedingungen auch in Hochlagen des Nepalesischen Mittellandes und im Hohen Himälaya angepflanzt werden können.

Bei ingenieurbioologischen Maßnahmen in Wildbächen zum Schutz vor Aufreißen und Abtrag der Uferböschungen ist man in der Regel auf kombinierte technisch-bioologische Maßnahmen angewiesen, weil die Pflanzen bei starker Geschiebeführung zu stark beansprucht werden. Da durch derartige Maßnahmen die Abflusskapazität reduziert wird, sind breitere Profile erforderlich, um eine gegebene Wasserabflussmenge schadlos abzuleiten. Eine Bepflanzung von Uferböschungen muss in Abhängigkeit von der Schleppkraft des Gerinnes, der Böschungsneigung und des Bodenmaterials erfolgen (auch Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit). Um Verklausungen zu vermeiden, muss der Pflanzenbewuchs periodisch zurückgeschnitten werden (vgl. BÖLL, 1997).

Wie andere technische Maßnahmen, so bedürfen auch ingenieurbioologische Maßnahmen des Unterhaltes und der Pflege, um die Eigenschaften und positiven Effekte dauerhaft zu gewährleisten. Ingenieurbioologische Maßnahmen stellen allerdings keine Universallösung dar, vielmehr muss ihr Einsatz sorgfältig unter Berücksichtigung der hydrologischen Verhältnisse, der Boden- und Gesteinseigenschaften, der Hangneigung oder auch des Prozesstyps abgewogen werden. Auf die in diesem Zusammenhang spezielle und kontrovers diskutierte Bedeutung des Waldes wird im folgenden Abschnitt gesondert eingegangen.

7.1.6 DIE SCHUTZFUNKTION DES WALDES

Die Wirkung waldbaulicher Maßnahmen wie Pflanzungen und Aufforstungen zum Erosionsschutz, zur Verminderung des Oberflächenabflusses oder zum Feststoffrückhalt zeigen sich meist erst langfristig. Die Meinungen über die Effektivität derartiger Maßnahmen sind in Wissenschaft und Praxis jedoch geteilt, da neben den erwünschten positiven Effekten auch zahlrei-

che negative Effekte auftreten können, wenn die Wirkung des Waldes losgelöst von den Substrateigenschaften und dem lokalen Niederschlagsgeschehen betrachtet wird (vgl. ROMANG, 2004).

Im Allgemeinen wird Wald eine positive Auswirkung auf das Interzeptionsvermögen, die Infiltration sowie die Speicherkapazität der Böden nachgesagt. Darüber hinaus üben die Baumwurzeln eine zusammenhaltende Wirkung auf den Boden aus und vermindern dadurch die Feststoffmobilisierung. Die relative Zugfestigkeit der Wurzelfasern verstärkt die niedrige Zugfestigkeit des Bodenmaterials, zudem wird die Bodenfestigkeit durch die Adhäsion der Bodenpartikel an die Wurzeln erhöht (vgl. MORGAN, 1999). Neben diesen erwünschten positiven Wirkungen können laut ROMANG (2004) aber auch negative Wirkungen auftreten. So vermindern Waldbestand und Streuschicht einerseits die Aufprallenergie von Regentropfen auf den Boden (*splash*-Erosion, vgl. MORGAN, 1999), andererseits kann sich eine zu mächtige Streuschicht infiltrationshemmend auswirken und somit den Oberflächenabfluss erhöhen. Durch das Wurzelwerk der Bäume wird die Porosität der Böden erhöht, Makroporen erhöhen jedoch auch den Schnellabfluss im Boden (vgl. ROMANG, 2004). Vegetation setzt fließendem Wasser Rauigkeit entgegen, infolge des daraus resultierenden Energieverlustes wird die Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses verringert. Die Rauigkeit ist jedoch bei unterschiedlichen Vegetationsformen sehr verschieden; die stärkste Geschwindigkeitsverringern tritt nach MORGAN (1999) bei dichten und gleichförmigen Vegetationsdecken auf. Steht die Vegetation in Gruppen oder Horsten, kann dies allerdings eine unerwünschte Abflusskonzentration zur Folge haben.

In Abhängigkeit von der Höhe und der Geschlossenheit des Blätterdachs sowie der Dichte der Bodenbedeckung vermag Wald die *splash*-Erosion zu vermindern. Nach MORGAN (1999) können sich Regentropfen auf Blättern allerdings zu größeren Tropfen mit erosiver Wirkung vereinigen, wodurch zwar die Regenmenge, die auf den Boden trifft, vermindert wird, die kinetische Energie hingegen ändert sich kaum und kann sogar höher liegen als bei ungeschützten Böden. Darüber hinaus ändert sich durch das Vorhandensein von Vegetation bzw. von Wald die räumliche Verteilung der Niederschläge auf der Bodenoberfläche, so dass lokal sehr hohe Niederschlagsintensitäten entstehen können, die sich negativ auf die Infiltrationskapazität auswirken (vgl. MORGAN, 1999).

Die Funktion des Waldes als Schutzwald bei Lawinen und anderen Massenbewegungen ist lange bekannt (vgl. AMMER et al., 1996; GERMANN & WEINGARTNER, 2003). Die Auswirkungen von Waldbeständen auf die Dämpfung von Hochwasserspitzen sind hingegen umstritten. Das „forsthydrologische Paradigma“⁵⁴ besagt, dass Wälder, insbesondere Aufforstungen, die Hochwasserspitzen in steilen alpinen Einzugsgebieten dämpfen (vgl. GERMANN & WEINGARTNER, 2003). In diesem Sinne argumentieren AMMER et al. (1996), dass die „Bedeutung des Waldes im Hochgebirge für den Schutz der Bevölkerung und den Erhalt des Landschaftsbildes“ demnach kaum „hoch genug bewertet“ werden kann. „Er bewahrt zivilisatorische Einrichtungen in den Tälern vor Lawinen, Steinschlag und Muren und macht so viele Talbereiche besiedelbar. Er regelt den Wasserhaushalt, dämpft Hochwasserspitzen und wirkt auf diese

⁵⁴ Nach GERMANN & WEINGARTNER (2003) wurden katastrophale Überschwemmungen in der Schweiz in den Jahren 1825 bis 1875 dazu genutzt, das forsthydrologische Paradigma politisch durchzusetzen. Forstleute suchten damals nach Argumenten, die zur Plünderung neigende Nutzung der Wälder langfristig und großräumig möglichst einheitlich zu regeln und die Waldflächen wenn immer möglich auszudehnen. Die zu Beginn des 19. Jahrhunderts einsetzende Wandlung der Waldnutzung zu einer geregelten Forstwirtschaft war daher nur durch Anreize und Vorschriften möglich, die zum Teil mit der hydrologischen Wirkung von Wäldern auf das Abflussgeschehen begründet wurden.

Weise über seinen Standort hinaus bis ins Vorland ausgleichend.“ (AMMER et al., 1996:12). Wie GERMANN & WEINGARTNER (2003) jedoch anführen, konnte bei einem weltweiten Vergleich der hydrologischen Verhältnisse unterschiedlich dicht bewaldeter Kleinzugsgebiete eine wesentliche Dämpfung der Hochwasserspitzen durch eine Erhöhung des Waldanteils nirgends eindeutig nachgewiesen werden.⁵⁵

Im Umkehrschluss konnte im Nepāl-Himālaya kein Zusammenhang zwischen Abholzung und Überschwemmungen in den vorgelagerten Ebenen, wie in der HED-Theorie proklamiert, gefunden werden (vgl. Kap. 2.3; vgl. RIES, 1995a,b; HOFER, 1998; HOFER et al., 1996). Veränderungen im Bodenwasserhaushalt waren lediglich auf lokaler Ebene festzustellen. In zahlreichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Entwaldung nicht zwangsläufig zu einem erhöhten Abflussverhalten führt und Aufforstungen lediglich in geringem Umfang das Infiltrationsvermögen erhöhen bzw. den Oberflächenabfluss vermindern (vgl. BURTON et al., 1989; MARSTON et al., 1996). Nach MARSTON et al. (1996) sind Abflussraten bei Hochwasserstand eine Funktion der Struktur des Abflussgebietes, wobei der Grad der Bewaldung lediglich eine untergeordnete Rolle spielt. Von entscheidender Bedeutung für die hydrologischen Bodeneigenschaften ist nach GERARD & GARDNER (2002) die Folgenutzung der umgewandelten Waldflächen, wobei agrare Ökosysteme in Nepāl niedrigere Erosions- und Abflussraten aufweisen als Wald (vgl. CARSON, 1985; GILMOUR, 1988; RIES, 1994).

Wie BRONSTERT, NIEHOFF & FRITSCH (2003) im Rahmen von hydrologischen Untersuchungen im deutschen Teil des Rheingebietes ermittelten, beeinflussen Landnutzung bzw. Landnutzungsänderungen lediglich Abflussbildungsprozesse, die vom Zustand der Bodenoberfläche kontrolliert werden, d.h. die Landnutzung hat nur dann Einfluss auf die Stärke von Hochwassern, wenn der Prozess der Infiltration beeinträchtigt wird. Abflussbildungsprozesse für die Hochwasserentstehung werden also weitgehend von den unterirdischen Eigenschaften des jeweiligen Einzugsgebietes geprägt. Während Waldböden oftmals bessere Infiltrationseigenschaften und Speichereigenschaften als Böden unter anderen Landnutzungsformen aufweisen, ist Wald auf geringmächtigen Böden in Kombination mit geringdurchlässigem Festgestein jedoch geradezu prädestiniert für eine rasche unterirdische Abflussbildung (vgl. BRONSTERT, NIEHOFF & FRITSCH, 2003).

Wald spielt in der Berglandwirtschaft Nepāls eine sehr komplexe Rolle (vgl. BLAIKIE & COPPARD, 1998). Nach HRABOVŠKY & MIYAN (1987) ist die Landwirtschaft sehr stark vom Wald abhängig, da zur Bewirtschaftung von einem Hektar Land zwei bis vier Hektar Wald notwendig sind (Futter, Stallstreu, Dünger). Da sich die ländliche Bevölkerung Nepāls über die wirtschaftliche und ökologische Bedeutung des Waldes bewusst ist, ist die noch 1979 von der Weltbank proklamierte völlige Entwaldung des Nepāl-Himālayas nicht eingetreten (vgl. WORLD BANK, 1979).

7.1.7 DIE BEDEUTUNG BESTEHENDER LANDNUTZUNGSSYSTEME

Im Grunde stellen die in Nepāl praktizierten bestehenden Landnutzungssysteme und Bewirtschaftungsmethoden bereits Maßnahmen dar, die zur Verminderung von Schäden beitragen. Diese werden nicht primär durchgeführt, um das Gefahren- oder Schadenpotenzial eines natürlichen Prozesses zu vermindern, vielmehr stellen sie eine Anpassungsleistung der lokalen Bevölkerung an die oftmals extremen Umweltbedingungen bzw. an die sich verändernden natürlichen

⁵⁵ Bei Hochgebirgen ergibt sich in diesem Zusammenhang das Problem, dass große Teile der obersten Einzugsgebiete über der Waldgrenze liegen.

oder soziokulturellen Bedingungen im Nepāl-Himālaya dar. Die für das Nepalesische Mittelland charakteristischen Hangterrassen tragen beispielsweise wirksam zur Stabilisierung von Hängen bei, wenn Terrassenwände und Bewässerungskanäle regelmäßig instand gehalten werden. Eine wesentliche Voraussetzung für die Erhaltung und Pflege der Hangterrassen ist ein ausreichend großes Arbeitskräftepotenzial. Nach Untersuchungen von BLAIKIE & COPPARD (1998) wendet eine nepalesische Familie durchschnittlich 27 Tage im Jahr für Erosionskontrolle, Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten an den *khet*-Flächen oder Bewässerungskanälen auf. Der positive Effekt der Hangterrassen beruht darauf, dass durch die Verebnung der Terrassenstufen eine Art Speicherfläche für den Oberflächenabfluss geschaffen wird (vgl. MORGAN, 1999). Entgegen internationaler Empfehlungen ist die Oberfläche der Terrassen in Nepāl stets um 1-2° nach außen geneigt. Die erosionsanfälligen Terrassenwälle werden auf den *bari*-Feldern meist mit Leguminosen bepflanzt, in jüngster Vergangenheit werden auch immer häufiger Futterbäume angepflanzt. Dabei wird ein umfangreiches Wissenspotenzial bezüglich der Eigenschaften bestimmter Pflanzen auf die Bodenerhaltung offensichtlich (vgl. GURUNG, 1989).

Neben Anlage und Erhaltung von Hangterrassen veranschaulichen weitere Landnutzungspraktiken insbesondere das Verständnis und das Wissen der Lokalbevölkerung bezüglich Maßnahmen zur Verminderung von Erosionsschäden. So wird der Gefahr der Bodenerosion auf den terrasierten Nutzflächen während des Monsuns – der kritischen Jahreszeit mit erhöhtem Erosionsrisiko – durch eine dichtere Vegetationsbedeckung entgegengewirkt. Da beispielsweise der Anbau von Mais als Reihenfrucht in Bezug auf den Bodenverlust durch Erosion problematisch ist, wird Mais häufig zusammen mit Hirse angebaut, wodurch neben der Bodenbedeckung auch die Interzeptionskapazität der Böden erhöht wird. Darüber hinaus schützt die Stoppelweide nach der Ernte den Boden vor Tropfenaufprall und verringert die Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses.

Wie Untersuchungen aus dem Nepāl-Himālaya belegen, verfügt die ländliche Bevölkerung Nepāls über umfangreiche traditionelle Umweltkenntnisse und lokales Wissen in Bezug auf Erosionsvorgänge, Bodeneigenschaften, Hangdynamik, Prozesse des ökologischen Wandels sowie Kontroll- und Konservierungsmaßnahmen, was u.a. durch einen detaillierten Wortschatz dokumentiert wird (vgl. BJØNESS, 1986; GURUNG, 1989; JOHNSON, OLSEN & MANANDHAR, 1982; MESSERSCHMIDT, 1986, 1987; MÜLLER-BÖKER, 1991, 1995a; SCOTT & WALTER, 1993; ZURICK, 1990). Wie GURUNG (1989) feststellte, haben nepalesische Bergbauern im Kakani-Gebiet umfangreiche Kenntnisse über Wachstumsgeschwindigkeit und Wurzeltiefe bestimmter Baumarten, die zur Erosionskontrolle angepflanzt werden. Ferner weist das Umwelt-Vokabular der Bauern im Kakani-Gebiet sieben unterschiedliche Begriffe für Rutschungen und 15 Begriffe für Erosionsformen auf, wobei eine Einteilung nach Ursache und Geschwindigkeit der Rutschungen getroffen wird. Sowohl JOHNSON, OLSEN & MANANDHAR (1982) als auch ZURICK (1990) stellten bei ihren Untersuchungen im Nepalesischen Mittelland einen Zusammenhang zwischen Landnutzung, Hangneigung und Bodeneigenschaften fest. Diese Umweltkenntnisse sind in einem umfangreichen Vokabular der Lokalbevölkerung für Hangeigenschaften, anstehendes Gestein und Bodeneigenschaften dokumentiert. In ähnlicher Weise konnte MÜLLER-BÖKER (1991) eine lokale Bodenklassifikation in Gorkhā und Citawan ermitteln. Während diese Bodenklassifikation in Gorkhā von den für die Landwirtschaft relevanten Bodeneigenschaften geprägt ist, ist sie in Citawan stark nutzungsorientiert ausgerichtet.

Nach GURUNG (1989) erfolgt das Erkennen von und die Reaktion auf Gebirgsgefahren in sehr differenzierter Weise, wobei das Verhalten gegenüber Naturgefahren laut BJØNESS (1986) direkt von gewonnenen Erfahrungen und gesammeltem Wissen sowie durch die allgemeine so-

ziokulturelle Lebenseinstellung oder auch die Religion beeinflusst wird. Welche Maßnahmen ergriffen werden hängt neben den Möglichkeiten eines Haushaltes, die Maßnahmen durchzuführen, auch von der sozialen Organisation und dem Landbesitzstand ab (vgl. JOHSON, OLSON & MANANDHAR, 1982; ZURICK, 1990). Eine Resignation gegenüber Naturereignissen tritt laut SCOTT & WALTER (1993) teilweise aus religiösen Gründen (übernatürliche Bedrohung, vgl. auch BJØNESS, 1986) auf, aber auch aus dem Wissen heraus, dass sich das Ausmaß mancher Ereignisse der menschlichen Kontrolle entziehen. Mit JOHSON, OLSON & MANANDHAR (1982) ist eine Verbindung zwischen der Einschätzung der Rutschgefahr seitens der Bauern und ihren Entscheidungen über die Bodennutzung festzustellen. Bei dieser Form der Erosionskontrolle wird die Landnutzung derart verändert, dass die Produktion der Biomasse aufrechterhalten wird. Folgende Handlungsmöglichkeiten nach einem Schadenergebnis lassen sich unterscheiden: Wiederaufbau, Reparatur, Landnutzungsänderung oder nichts tun. Je nach Hazard, verfügbarer Arbeitskraft und ökonomischer Situation wird die wirtschaftliche Produktivität aufgrund wirtschaftlicher Zwänge intensiviert oder aber die Bodennutzung bzw. die Landnutzungsintensität vermindert (GURUNG, 1989; JOHSON, OLSON & MANANDHAR, 1982). Bei einer Verminderung der Landnutzungsintensität erfolgt eine Umwandlung von *khet* in *bari* oder von *bari* in *pakho* (unkultiviertes Land, Brache), um die Wassersättigung in den Böden zu reduzieren. Häufig wird bei Schäden an Gemeindeland nichts unternommen, da die Dorfbewohner nicht gewillt sind, Zeit und Energie zu investieren, ohne dass ein individueller Gewinn erkennbar ist (vgl. ZURICK, 1990).

7.2 NICHT-TECHNISCHE MASSNAHMEN

7.2.1 RISIKOANALYSE, GEFAHRENKARTEN UND RAUMPLANERISCHE MASSNAHMEN

Die Durchführung einer Risikoanalyse ist der erste, grundlegende Schritt zur Verbeugung vor Schäden durch extreme Naturgefahren. Als Ergebnis einer Risikoanalyse können Aussagen über die Wahrscheinlichkeit oder die Häufigkeit sowie das Ausmaß oder die Intensität eines potenziell gefährlichen Prozesses getroffen werden. Eine Risikoanalyse bildet daher die Grundlage zur Festlegung des Handlungsbedarfs und zur Planung von Maßnahmen zur Risikominimierung.

Risikoanalysen sind im Nepäl-Himālaya bislang nur in Form lokaler Fallstudien und mit sehr unterschiedlichen Methoden durchgeführt worden. Das Hauptaugenmerk lag dabei im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit nicht auf Siedlungen, sondern auf Infrastruktureinrichtungen oder landwirtschaftlichen Nutzflächen. Anders als in Nepäl ist beispielsweise in der Schweiz sowohl die Durchführung von Risikoanalysen als auch die Erstellung von Gefahrenkarten für die Kantone gesetzlich vorgeschrieben. Damit wird beabsichtigt, das Schadenpotenzial in erster Linie durch raumplanerische Maßnahmen zu vermindern; wo eine Nutzung unbedingt erforderlich ist, soll das Gefahrenpotenzial mit baulichen Maßnahmen vermindert werden.

Eine wesentliche Voraussetzung zur Umsetzung raumplanerischer Maßnahmen ist die Erstellung von Gefahrenkarten. Diese zeigen auf, welche Flächen durch welche Gefahr und in welchem Ausmaß bedroht sind. Um Menschenleben zu schützen und Sach- sowie Umweltschäden zu vermindern, werden bestimmte Nutzungen in Gebieten mit hoher oder mittlerer Gefahr verboten oder nur unter gewissen Auflagen gestattet. Nur wenn die gefährdeten Räume und die Art der Bedrohung verbindlich, objektiv und nachvollziehbar aufgezeigt werden, können bestehende Nutzungskonflikte dargestellt und künftige vermieden werden. Darauf aufbauend kann

durch eine geeignete bzw. angepasste Raumnutzung und Raumbewirtschaftung das Schadenpotenzial vermindert werden.

Es ist erforderlich, für Siedlungen in Nepāl sowohl eine Erfassung als auch eine Berücksichtigung von Naturgefahren nach einheitlichen Kriterien und Maßstäben zu implementieren. Dabei können Methoden aus Ländern wie der Schweiz (vgl. BORTER, 1999; HEINIMANN et al., 1998) als theoretisches Konzept herangezogen werden, dürfen jedoch nicht unreflektiert auf das Entwicklungsland Nepāl übertragen werden. Wie mit der vorliegenden Arbeit deutlich wird, gestaltet sich bereits die Risikoanalyse zur Erstellung von Gefahren-Hinweiskarten aufgrund der unvollständigen Datengrundlage für den Nepāl-Himālaya schwierig. Für eine quantitative Risikoanalyse und die Erstellung von Gefahrenkarten wäre es dringend erforderlich, die Datengrundlagen erheblich zu verbessern und eine an die lokalen Besonderheiten Nepāls angepasste Methodik zu entwickeln.

7.2.2 VERSICHERUNGEN

Bei Versicherungen handelt es sich um Solidaritätsleistungen einer Gemeinschaft die es ermöglichen sollen, mit einer vertretbaren Restgefährdung zu leben. Das Solidaritätsprinzip beruht darauf, den Schaden auf eine möglichst große Anzahl von Personen zu verteilen, und kommt hauptsächlich bei Großereignissen zum Tragen. In diesen Fällen übersteigt die notwendige Vorsorgeleistung die Möglichkeiten des Einzelnen und die Seltenheit der Ereignisse den eigenen Erfahrungsschatz. Die Vorsorge gegenüber häufigen, kleineren Ereignissen zählt LATELTIN (1997) hingegen zur Eigenverantwortung. Darüber hinaus können Versicherungen zu einer Verminderung des Schadenpotenzials beitragen, indem sie dort, wo von einem Versicherungsnehmer erhöhte Risiken eingegangen werden, die Deckung ausschließen, begrenzen oder von Bedingungen abhängig machen.

In zahlreichen industrialisierten Ländern ist es Privatpersonen möglich, sich beispielsweise gegen Sturm-, Hochwasser- und andere Schäden zu versichern. Dem einzelnen Bürger in Entwicklungsländern steht aus ökonomischen Gründen in der Regel nicht die Möglichkeit offen, sich privat bei einem Versicherungsträger gegen mögliche Schäden infolge eines extremen Naturereignisses abzusichern. Ein denkbare Modell wäre hier eine Art Versicherung oder Nothilfefond, der auf kommunaler oder dörflicher Ebene eingerichtet werden kann und dann zum Tragen kommt, sobald einem der Teilhaber durch ein extremes Naturereignis Schaden entstanden ist (vgl. Kap. 8.2.2.1). Die Einrichtung einer gemeinschaftlichen Versicherung auf Gemeinde- oder Dorfebene birgt jedoch die Gefahr der Vergrößerung sozioökonomischer Disparitäten, da beispielsweise innerhalb einer Siedlung unterschiedliche Bevölkerungsgruppen leben, die sich aufgrund ihrer ökonomischen sowie in ihrer sozialen Stellung unterscheiden.

7.2.3 VORBEUGUNG DURCH FRÜHWARNUNG

Frühwarnung beinhaltet die Installation von Warnsystemen und Alarmdispositiven, die Planung von Fluchtwegen sowie die Errichtung und der Zugang zu geeigneten Schutzbauten, um im Falle eines gefahrenbringenden Ereignisses durch die temporäre Evakuierung gefährdeter Bereiche zumindest Menschenleben zu retten. Von welcher großer Bedeutung ein funktionierendes Frühwarnsystem ist, ist durch den Tsunami vom Dezember 2004 in Südasiens deutlich geworden: für Kosten von „nur“ 45 Mio. Euro wird nun ein Tsunami-Frühwarnsystem im Indischen Ozean installiert, mit welchem Hunderttausende von Menschenleben vermutlich hätten gerettet werden können (vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG, 2005). Der

Nutzen eines gut funktionierenden Frühwarnsystems lässt sich ebenfalls am Beispiel von Sturmfluten in Bangladesh illustrieren: verloren dort im Jahr 1970 ohne entsprechende Vorwarnung rund 300.000 Menschen ihr Leben, so konnte die Zahl der Todesopfer bei einer Sturmflut im Jahr 1997 auf 3.000 reduziert werden, da sich zahlreiche Menschen aufgrund von Vorwarnungen in die bis zu diesem Zeitpunkt vielerorts eingerichteten Notunterkünfte retten konnten.

Der Prozess der Frühwarnung kann nach ZSCHAU et al. (2001) in drei Phasen gegliedert werden: die Vorhersage, die Warnung sowie die Reaktion. Ziel der Vorhersage ist es, ein zukünftiges Ereignis nach Größe, Lokalisation und zeitlichem Verlauf anzugeben. Dabei wird basierend auf wissenschaftlich-technischen Messungen und Analysen geschlossen, dass ein extremes Naturereignis mit möglicherweise schwerwiegenden Konsequenzen auftreten wird. Diese Vorhersage muss anschließend in eine adäquate Warnung bzw. Handlungsempfehlungen umgesetzt werden und der konkret gefährdeten Bevölkerung in geeigneter Weise übermittelt werden. Die letzte Phase der Frühwarnung bildet die Reaktion der gewarnten Bevölkerungsgruppen, bei der der menschliche Faktor der Risikowahrnehmung und Entscheidungsfindung eine bedeutende Rolle spielt.

Problematisch ist, dass eine Vorhersage möglichst frühzeitig erfolgen muss, da eine möglichst lange Vorwarnzeit notwendig ist, um entsprechende Evakuierungsmaßnahmen durchzuführen. Je früher eine Vorhersage jedoch erfolgt, desto ungenauer ist sie. Sollten sich Vorhersagen als falsch oder unnötig erweisen, kann das Vertrauen der Bevölkerung in diese Maßnahmen schnell verloren gehen. Frühwarnsysteme sind jedoch nur erfolgreich, wenn sie die Fähigkeit haben, Informationen zuverlässig und rechtzeitig zu sammeln, zu analysieren und der gefährdeten Bevölkerung in geeigneter Weise bereitzustellen (vgl. ZSCHAU et al., 2001).

Generell sind folgende Kriterien an Vorhersage- und Frühwarnsysteme zu stellen:

- Identifikation von Gefahren und Risiken mittels geeigneter Indikatoren, anhand derer sich eine kritische Situation erkennen lässt;
- Exakte Festlegung von Kriterien für eine Alarmauslösung;
- Installation von Überwachungs- und Alarmsystemen, die über geeignete Kommunikationsnetzwerke verbunden sind;
- Reaktionen von Katastrophenmanagement, Rettungsmannschaften und Bevölkerung müssen erprobt und trainiert sein.

Den wichtigsten Beitrag zu einer erfolgreichen Frühwarnung muss die betroffene Bevölkerung selbst leisten, denn von ihrer Reaktion auf die Vorwarnung, die von der individuellen Gefahrenwahrnehmung abhängig ist, ist letztendlich der Erfolg oder Misserfolg abhängig.

Das Ziel einer Frühwarnung bei **Hochwasser** ist es, den zu erwartenden Wasserstand im Voraus anzugeben und daraus Aktionen zur Minderung möglicher Schäden abzuleiten. Bei der Vorhersage ist die Größe des jeweiligen Einzugsgebietes von grundlegender Bedeutung, denn je größer ein Einzugsgebiet ist, desto genauer kann die Vorhersage erfolgen. In großen Flusseinzugsgebieten ($>10.000 \text{ km}^2$) werden Hochwasser meist durch großräumige Niederschlagsereignisse und/oder Schneeschmelze ausgelöst. Aufgrund der Größe der Gebiete haben die Hochwasserwellen eine lange Laufzeit, was eine lange Vorwarnzeit ermöglicht. Kleinräumige Einzugsgebiete (ca. 100 km^2) zeichnen sich durch eine sehr kleinräumige Niederschlagsverteilung aus. Eine genaue Vorhersage kann aus diesem Grund mit den derzeit existierenden Messnetzen und vorhandenen Rechenmodellen nicht erfolgen (vgl. ZSCHAU et al., 2001).

Erdbeben treten meist völlig unerwartet auf und entziehen sich bis heute einer exakten Vorhersage. Eine Möglichkeit zur Erdbeben-Frühwarnung besteht lediglich unmittelbar nach einem Beben, wenn gefährdete Regionen mit geeigneten Kommunikationsmethoden vor der Ausbreitung der Erdbebenwellen gewarnt werden können. Vorhersagen sind jedoch nur sehr vage möglich: deterministische Erdbebenvorhersagen, die sich auf den Zeitpunkt eines individuellen Bebens beziehen, befinden sich derzeit noch auf dem Niveau der Grundlagenforschung. Probalistische Vorhersagen werden bereits verwendet, jedoch beinhalten sie sehr allgemeine Aussagen, die zeitunabhängig ein Erdbeben bestimmter Stärke und Intensität vorhersagen, wobei der Zeitraum über 100 Jahre umfassen kann.

Aufgrund des vielgestaltigen Charakters von **Massenbewegungen** gestaltet sich die Vorhersage und Frühwarnung bei diesem Prozesstyp komplizierter. Soll eine Warnung bereits in der Phase erfolgen, in der ein Extremereignis ausgelöst wird, oder bereits dann, wenn erste Anzeichen für eine zunehmende Gefahrenlage erkennbar sind, so müssen Gefahrenindikatoren bekannt sein, die auf die Überschreitung eines kritischen Wertes hin zu beobachten sind (vgl. (ZSCHAU et al., 2001). Zu derartigen Indikatoren ist bei Massenbewegungen beispielsweise der Porenwasserdruck, aber auch Niederschlagsintensitäten und Gesteinsformationen zu zählen. Das Problem im Falle von Massenbewegungen besteht darin, vom kritischen Wert eines der Indikatoren auf den Ablauf des bevorstehenden Extremereignisses zu schließen und die Informationen in brauchbare Warnungen umzusetzen.

Die Voraussetzungen für funktionierende Frühwarnsysteme in Nepāl sind derzeit nicht gegeben. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass sich Prozesse wie Erdbeben, Gletscherseeausbrüche oder Murgänge bedingt durch ihren Prozessablauf einer konkreten Vorwarnung entziehen (vgl. Kap. 4.2). Eine Vorhersage und Frühwarnung bei Rutschungen ist je nach Geschwindigkeit des Prozesses prinzipiell möglich, auch ließen sich extreme Hochwasserereignisse vorhersagen, wie aus den oben aufgeführten Beispielen jedoch ersichtlich ist, ist dazu allerdings ein Höchstmaß an modernen Technologien im Bereich der Messung, Analyse und Kommunikation notwendig. Eine ausreichende Vorhersagegenauigkeit ist mit dem derzeitigen klimatologischen und hydrologischen Messnetz in Nepāl nicht zu gewährleisten. Ein weiteres Manko stellt die Risikokommunikation dar, da die Kommunikationssysteme in Nepāl zum einen nicht gut ausgebaut, zum anderen veraltet und sehr störanfällig sind. Es kann Tage dauern, bis Nachrichten aus einem abgelegenen Dorf ankommen bzw. dorthin gelangen.

7.2.4 PERMANENTE UND TEMPORÄRE EVAKUIERUNG

Eine permanente Evakuierung ist eine sehr radikale Maßnahme und ist nur in sehr seltenen Fällen durchführbar. Sie setzt im Wesentlichen den Willen der Beteiligten voraus. Zahlreiche Bewohner ländlicher Siedlungen in Nepāl besitzen meist jedoch nichts außer ihrem Gebäude sowie einer kleinen Parzelle zur landwirtschaftlichen Nutzung und sind durch Verwandtschaftsbeziehungen, Kultur und Tradition an einen Ort gebunden. Bei einer permanenten Evakuierung stellt sich für betroffene Familien darüber hinaus die Frage, welche Handlungsoptionen in Bezug auf einen Wechsel des permanenten Wohnortes und welche Alternativen in Bezug auf agrare und außeragrare Einkommen gegeben sind. Ökonomische Faktoren sind bei Evakuierungsmaßnahmen von besonderer Bedeutung, unabhängig davon, ob es sich um eine temporäre oder permanente Maßnahme handelt. Je ärmer und marginalisierter nach TWIGG (2001) ein Haushalt ist, desto wichtiger wird es für die betroffenen Menschen, ihre wenigen Besitztümer und Einkommensquellen zu erhalten.

Maßnahmen einer temporären Evakuierung stellen eine weniger tief greifende und einschneidende Maßnahme dar und können wirksam eingesetzt werden, um das Schadenpotenzial in einer gefährdeten Siedlung zu vermindern. Droht das Auftreten eines extremen Naturereignisses, wird die Bevölkerung gewarnt und verlässt für die Zeit, in der die Bedrohung besteht bzw. bis das Naturereignis stattgefunden hat, die Siedlung. Während auf diese Weise zahllose Menschenleben gerettet werden können, bilden ortsfeste Werte ein großes Schadenpotenzial. Evakuierungsmaßnahmen sind eng mit Maßnahmen der Frühwarnung verzahnt und können nur bei korrekter Vorhersage und adäquater Warnung wirksam umgesetzt werden.

7.2.5 VORBEUGUNG DURCH BEREITSCHAFTSERHÖHENDE MASSNAHMEN (*PREPAREDNESS*)

Aufbauend auf den Ergebnissen einer Risikoanalyse können Maßnahmen für eine organisierte Katastrophenhilfe in gefährdeten Gebieten ergriffen werden. Der Aufbau und die Stärkung lokaler Hilfsstrukturen sind dabei von besonderer Bedeutung, da durch sie unmittelbar nach einem extremen Naturereignis schnelle Hilfe erfolgen und optimal reagiert werden kann.

Die Vorbeugung durch bereitchaftserhöhende Maßnahmen umfasst im Wesentlichen die Einrichtung von Organisationen und die Bereitstellung von Hilfsmitteln für den „Ernstfall“. Unter diesen Katalog von Maßnahmen fällt die Ausbildung von potenziellen Ersthelfern, die mit den Räumungsarbeiten betraut werden und Erste Hilfe für Verletzte leisten. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, Mittel zur medizinischen Versorgung, Lebensmittel, unter Umständen sogar sauberes Trinkwasser sowie Werkzeuge zur Räumung zu bevorraten. Ein erstes Projekt dieser Art wurde kürzlich im Kāṭhmāṇḍu-Tal implementiert. Mit finanzieller Unterstützung der britischen Regierung (4,5 Mio. NR) errichteten britische und nepalesische Erdbebenexperten an strategischen Stellen rund um das Kāṭhmāṇḍu-Tal acht ISO-Container, die Ausrüstungsgegenstände wie Schaufeln, Leitern, Seile, Laternen und Krankentragen sowie Helme, Masken und Erste-Hilfe-Kästen für die unmittelbare Hilfe im Falle eines Erdbebens enthalten (NEPAL-INFORMATION, 2005). Weitere vorbeugende Maßnahmen dieser Art sind aus Nepāl zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht bekannt.

Darüber hinaus umfassen bereitchaftserhöhende Maßnahmen die Aufstellung von Aktionsplänen, die beispielsweise bei verschiedenen Stufen der Frühwarnung oder nach Eintritt eines Ereignisses aktiviert werden. Steht im Vorhinein fest, wie in welchem Fall zu handeln ist, und sind Aufgaben und Pflichten klar verteilt, ist im Ernstfall eine schnelle und zielorientierte Reaktion möglich. Um Panik und Verwirrung in der Bevölkerung zu vermeiden, sollte diese möglichst umfassend über Maßnahmen unterrichtet werden, die nach Eintritt eines extremen Naturereignisses durchzuführen sind. Damit Aktionspläne ihre Wirksamkeit entfalten können, sollte das richtige Verhalten mit der betroffenen Bevölkerung erlernt und regelmäßig geübt werden. Dies trifft im Besonderen für ältere Menschen, Kranke und Kinder zu, die im Falle eines extremen Naturereignisses durch eine hohe Vulnerabilität gekennzeichnet sind.

8. SCHUTZMASSNAHMEN IN DEN UNTERSUCHTEN SIEDLUNGEN

8.1 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER SCHUTZMASSNAHMEN

Der Begriff der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen wird in der vorliegenden Arbeit als integrierende Größe verwendet. Damit sollen die unterschiedlichen Eingriffsarten, mit denen jeweils verschiedene Absichten verfolgt werden, beurteilbar und vor allem vergleichbar gemacht werden. Der Begriff der Wirksamkeit ist dabei an eine Zielvorstellung über die gewünschte Wirkung der Maßnahme gebunden. Da nach ROMANG (2004) verschiedene Zielsetzungen möglich und je nach Fragestellung auch sinnvoll sind, resultieren unterschiedliche Vorstellungen über die Wirksamkeit eines bestimmten Eingriffes. Im Fall der vorliegenden Arbeit liegt es auf der Hand, dass die lokale Bevölkerung und die Untersuchende unterschiedlicher Meinung bezüglich der Wirksamkeit getroffener Maßnahmen sein können. Gleiches trifft auf Maßnahmen zu, die theoretisch einen Schutz für die untersuchten Siedlungen darstellen. In Anlehnung an ROMANG (2004:7) kann der Begriff der Wirksamkeit wie folgt definiert werden:

- In Bezug auf die Beurteilung von Schutzmaßnahmen wird auf der Gefahrenseite die technische Wirksamkeit anhand eines Ist-Soll-Vergleiches bestimmt. Eine Maßnahme ist demnach dann wirksam, wenn der Ist-Zustand das Soll erreicht (z.B. Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit).
- In einer umfassenden Beurteilung wird die Risikoverminderung als Maß für die Wirksamkeit herangezogen, was darüber hinaus einen Vergleich verschiedener Maßnahmen ermöglicht. Als Maß für die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen dient der Vergleich des Risikos vor und nach Ausführung der Maßnahmen.

In der vorliegenden Arbeit wird die Risikoverminderung als Maß herangezogen, um die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen in den untersuchten Siedlungen zu beurteilen. Im Rahmen dessen erfolgt der Vergleich des Risikos vor und nach Ausführung der spezifischen Maßnahmen auf Grundlage der qualitativen Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung sowie der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse (vgl. Kap. 5, Kap. 6).

8.1.1 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER MASSNAHMEN IN BAGARCHHÄP

In Bagarchhāp, wo im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Wildbach- und Murprozesse als dominierende Gefahren identifiziert wurden, sind keine technischen Maßnahmen durchgeführt worden, um das Gefahrenpotenzial zu vermindern. Die Bevölkerung steht derartigen Maßnahmen äußerst skeptisch gegenüber und ist angesichts des Ausmaßes der Übermürung vom November 1995 (vgl. Kap 5.1, Kap. 6.1) mehrheitlich der Ansicht, dass einem neuerlichen Murereignis, das potenziell in vergleichbarer Weise wie 1995 ablaufen kann, mit technischen Maßnahmen nicht wirksam begegnet werden kann. In Anbetracht der enormen Geröllmassen und Felsblöcke, die in Bagarchhāp abgelagert wurden, sowie unter dem Eindruck individueller Wahrnehmungen und Erfahrungen, die die Bewohner während des Ereignisses gemacht haben, entzieht sich ein derart gewaltiges Naturereignis nach Vorstellung der Lokalbevölkerung der menschlichen Kontrolle.

Nach dem Murereignis vom November 1995 besuchte ein Expertenteam des DPTC die Siedlung und begutachtete den Prozessraum sowie die entstandenen Schäden in Bagarchhāp. Im Abschlussbericht des DPTC wird die Empfehlung gegeben, sowohl am Kegelhals als auch oberhalb des Kegelhalses im Gerinne des Ghaṭṭe Kholā jeweils eine Wildbachsperre aus Gabionen zu errichten. Darüber hinaus solle der Bachverlauf talabwärts der Sperren durch Wildbachschalen kanalisiert werden, um seitliche Ausbrüche aus dem Gerinne zu verhindern (vgl. HMG, 1995b). Diese empfohlenen Maßnahmen wurden bislang nicht umgesetzt, da zum einen die finanziellen Mittel nicht zur Verfügung stehen, zum anderen schweres Gerät in die Region transportiert werden müsste. Wie die Bewohner Bagarchhāps so ist auch die Verfasserin der Ansicht, dass das Gefahrenpotenzial der Wildbach- und Murprozesse durch die empfohlenen Maßnahmen nicht ausreichend vermindert werden kann. Folgt man BÖLL (1997), so sind weder Wildbachsperren noch Gabione im Wildbachverbau bei stark Geschiebe führenden oder murganggefährdeten Gerinnen zu empfehlen. Es besteht die Gefahr, dass sich die enormen Geschiebevolumina hinter den Sperren akkumulieren, bei einem potenziellen Großereignis ausgeräumt werden und infolgedessen große Schäden flussabwärts verursachen. Auch bei der Fassung des Gerinnes in Wildbachschalen besteht die Möglichkeit, dass das Gefahrenpotenzial durch diese Maßnahme vielmehr verstärkt als vermindert wird. Versagt die Wirkung der Wildbachsperren bei einem Murgang, vermag eine Mure in der Verschalung mit hoher Geschwindigkeit und ohne nennenswerte Widerstände talabwärts zu fließen, wo angesichts der potenziell mitgeführten Volumina und der erhöhten Geschwindigkeit große Schäden für Bagarchhāp drohen.

Im Gegensatz zu technischen Maßnahmen wurden von der Lokalbevölkerung allerdings nicht-technische Maßnahmen durchgeführt, um das Schadenpotenzial des Murereignisses von 1995 sowie potenzieller zukünftiger Ereignisse zu vermindern. Zum einen wurde die Siedlung temporär evakuiert, um auf diese Weise zumindest Menschenleben zu retten. Wie in Kap. 5.1 beschrieben, deuteten einige Bewohner die braune Verfärbung des Ghaṭṭe Kholā, vermutlich aufgrund von Erfahrungen mit vorhergegangenen Murereignissen, als ernstzunehmendes Indiz für einen drohenden Murgang. Daraufhin hat sich der Großteil der Lokalbevölkerung – nebst einigen wertvollen, persönlichen Gegenständen – in der Siedlung Gelāñchok, die östlich von Bagarchhāp am Rand einer ca. 40 m hohen glaziofluvialen Terrasse liegt, in Sicherheit gebracht. Touristen sowie im Trekkinggewerbe tätige Nepalesen, die die Warnungen der Lokalbevölkerung ignoriert haben und in ihren Lodges geblieben sind, haben dieses Verhalten mit dem Leben bezahlt. Die Maßnahme der temporären Evakuierung ist, wie dieses Beispiel demonstriert, sehr gut geeignet, um das Schadenpotenzial eines Ereignisses zu vermindern. Wenn durch diese Maßnahme kaum Sachschäden vermieden werden können, so ist sie unverkennbar dazu geeignet, Menschenleben zu retten. Voraussetzung ist allerdings, dass die Anzeichen eines drohenden Ereignisses rechtzeitig erkannt und interpretiert werden und in geeigneter Form an die Bewohner sowie an Touristen weitergegeben werden.

Neben einer temporären Evakuierung der Siedlung haben einige Bewohner aus Angst vor einem neuerlichen Murereignis Bagarchhāp permanent verlassen. Zahlreiche ehemalige Bewohner der Siedlung haben ihren Wohnort dauerhaft nach Dānakyu, ca. 3 km westlich von Bagarchhāp, verlegt. Hinweistafeln am östlichen Ortseingang von Bagarchhāp weisen darauf hin, dass insbesondere Lodges nach Dānakyu verlegt wurden (vgl. Bild 30).



Bild 30: Hinweisschilder am Ortseingang von Bagarchhāp (Aufnahme: A. Titz, September 2001)

Da zahlreichen Familien durch das Murereignis von 1995 die Lebensgrundlage entzogen wurde, ist von den Bewohnern Bagarchhāps das so genannte *Bagarchhāp Resettlement Committee* gegründet worden, das bedürftigen bzw. umsiedlungswilligen Familien je ca. 30.000 NR für den Hausbau und Land im Wert von 10.000 NR in Dānakyu zur Verfügung stellte. Leider konnte im Rahmen der Retrospektivbefragungen die Finanzierung des *Bagarchhāp Resettlement Committee* nicht befriedigend geklärt werden. Unklar bleibt daher, ob und in welchem Umfang eine Unterstützung seitens der Regierung stattgefunden hat bzw. ob sich die Bewohner, die durch ihre Tätigkeit in Handel und Tourismus zu bescheidenem Wohlstand gekommen sind, solidarisch und eigenständig finanziert haben. Eine permanente Evakuierung stellt einerseits eine sehr drastische, andererseits aber auch eine sehr wirksame Maßnahme dar, um das Schadenpotenzial dauerhaft zu vermindern. Neben dem Willen der Beteiligten – häufig fällt es schwer, den angestammten Wohn- oder Geburtsort zu verlassen und soziale Kontakte abzubrechen – spielen bei einer permanenten Evakuierung vor allem ökonomische Faktoren eine wichtige Rolle. Häufig müssen marginalisierte Haushalte aus ökonomischen Zwängen am Gefahrenort verbleiben, um ihre wenigen Besitztümer sowie ihre Einkommensquellen zu erhalten.

Neben der temporären und permanenten Evakuierung wurde als weitere nicht-technische Maßnahme für den Prozessraum des Murgangs eine Nutzungsbeschränkung erlassen: der Lokalbevölkerung ist seit dem Murereignis von 1995 nicht mehr gestattet, Holz aus dem dicht bewaldeten Gerinne des Ghatte Kholā zu entnehmen. Diese Maßnahme kann nicht eindeutig positiv oder negativ bewertet werden. Einerseits ist bekannt, dass dem Wald eine gewissen Schutzfunktion zukommt, da er potenziellen Murereignissen einen Reibungswiderstand entgegengesetzt. Darüber hinaus vermag der Wald die seitlichen Einhänge des Ghatte Kholā zu stabilisieren, wodurch die Feststoffzufuhr in das Gerinne vermindert werden kann. Andererseits kann es durch den Baumbestand im und am Gerinne zu Verklausungen kommen, deren Bruch wiederum einen Murgang auslösen kann.

8.1.2 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER MASSNAHMEN IN MANĀÑ

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung konnten in Manāñ keine erwiesenen Gefahrenprozesse identifiziert werden, lediglich Erosionsrinnen und rezente Geröllablagerungen im Hang nördlich der Siedlung deuten auf einen Rutsch- oder Sturzprozess hin. Da kein erwiesener Gefahrenprozess stattgefunden hat, wurden von der Lokalbevölkerung weder technische noch nicht-technische Maßnahmen durchgeführt, um ein potenzielles Gefahren- oder Schadenpotenzial zu vermindern. Am Hang nördlich der Siedlung konnte lediglich die Grunddisposition zu einem vermuteten Rutsch- und/oder Sturzprozess identifiziert werden, der bei einer entsprechend ausgebildeten variablen Disposition ablaufen kann (vgl. Kap. 5.2). Da dieser vermutete Prozess von der Lokalbevölkerung nicht als Gefahr wahrgenommen wird, wurden dementsprechend keine Schutzmaßnahmen ergriffen.

Die Ufererosion durch den Marsyāñdi Kholā stellt lediglich für die Nutzflächen auf der Flussterrasse eine Gefährdung dar, nicht für die Siedlung. Gegen die Ufererosion wurden ebenfalls keine Maßnahmen getroffen. Allerdings ist zu beobachten, dass ein Großteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen nicht bis an den Rand der Flussterrasse reicht, sondern durch einen schmalen, ungenutzten Streifen von dieser getrennt ist. Auf diese Weise sind die Nutzflächen – eine gleich bleibend niedrige Erosionsrate des Marsyāñdi Kholā vorausgesetzt – nicht direkt von der Ufererosion betroffen.

Als nicht-technische Maßnahme kann die Lage der Siedlung auf der fluvioglazialen Aufschüttungsterrasse gewertet werden. Durch die Anlage Manāñs ca. 30 m oberhalb des rezenten Flussbettes des Marsyāñdi Kholā ist die Siedlung vor Hochwasserprozessen geschützt. Es ist nicht bekannt, wie weit der Gaṅgāpruṇa-N-Gletscher zum Zeitpunkt der Siedlungsgründung in das Marsyāñdi-Tal vorgestoßen ist bzw. welche Rolle der Schutz vor glazialen Naturgefahren einst bei der Wahl des Siedlungsstandortes gespielt hat.

8.1.3 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER MASSNAHMEN IN LĀRJUÑ

In Lārjuñ wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Wildbach- und Murprozesse des Lārjuñ Kholā sowie Hochwasserprozesse der Kāli Gaṇḍakī als dominierende Gefahren identifiziert (vgl. Kap. 5.3). An beiden Gefahrenquellen wurden technische Maßnahmen durchgeführt, um das Gefahrenpotenzial zu vermindern.

Am Lārjuñ Kholā wurden flussaufwärts des Wasserkraftwerkes Gabione am Ufer errichtet, um die Fließrichtung bei Hochwasser und/oder starker Geschiebeführung derart umzulenken, dass für die Siedlung keine Gefahr besteht (vgl. Bild 31). Wie zuvor für Bagarchhāp beschrieben, so ist auch in Lārjuñ die Bevölkerung geteilter Meinung bezüglich der Wirksamkeit einer derartigen baulichen Maßnahme. Auch nach Ansicht der Verfasserin dürfte es durch die Errichtung der Gabione nicht gelingen, einem Murgangereignis, das in ähnlicher Weise oder sogar mit höherer Intensität wie im Jahr 2002 ablaufen kann, wirksam zu begegnen und Schäden von der Siedlung abzuwenden. Berücksichtigt man die erwiesene Übersarungsfläche des Mureignisses von 2002 (vgl. Kap. 5.3, Kap. 6.3), die weniger durch großvolumige Ablagerungen als durch ihre enorme Mächtigkeit gekennzeichnet ist, so ist kaum vorstellbar, dass eine ca. 15 m lange und weniger als 1 m hohe Reihe Gabione⁵⁶ den Geschiebemassen einen ausreichenden Widerstand

⁵⁶ Ungefähre Abmessungen zum Zeitpunkt der Untersuchung im März 2003

entgegensetzen kann. Zahlreiche Bewohner Lārjuñs, die im Rahmen der Retrospektivbefragungen interviewt wurden, setzen nur sehr wenig Vertrauen in diese Maßnahme. Diese Zweifel sind durchaus begründet: bereits 1997 ist es in der Mündung des Lārjuñ Kholā zu schweren Schäden infolge eines Murganges gekommen. Um bei zukünftigen Ereignissen Schäden von der Siedlung abzuwenden, errichteten die Bewohner 1998 am Ufer des Lārjuñ Kholā, am Hals des Schwemmkegels, einen Damm aus Gabionen. Diese Konstruktion konnte den Wasser- und Geröllmassen der Mure von 2002 jedoch nicht standhalten. Zieht man nun als Maß für die Wirksamkeit das Risiko vor und nach Ausführung der Maßnahme von 1998 in Betracht, gelangt man zu dem eindeutigen Ergebnis, dass diese Maßnahme nicht wirksam gewesen ist. Da die Gabione nach dem Mureignis von 2002 an nahezu identischer Stelle errichtet wurden wie 1998 und sich in den Abmessungen nur unwesentlich von dem jüngeren Damm unterscheiden, muss eine Wirksamkeit entschieden angezweifelt werden.

Anders als im *Natural Calamity Relief Act* von 1982 festgelegt (vgl. Kap. 2.2.1) haben die Opfer des Mureignisses vom Juli 2002 in Lārjuñ nur wenig Hilfe von staatlicher Seite erhalten. Die Regierung stellte lediglich 2,5 t Draht zur Verfügung, um daraus neue Körbe für Gabione zu flechten.⁵⁷ Wie eine Bewohnerin Lārjuñs, deren Haus komplett zerstört wurde, im Rahmen eines Interviews äußerte, könne die Regierung keine finanziellen Mittel an die Geschädigten leiten, da die Mittel zum Kampf gegen maoistische Rebellen benötigt würden. Leider ist unklar, ob es sich dabei um eine offizielle Äußerung handelt oder ob diese Aussage die Meinung der Geschädigten widerspiegelt. Die Geschädigten waren im Wesentlichen auf eine gut funktionierende Nachbarschaftshilfe und familiäre Unterstützung angewiesen, um die Folgen des Ereignisses zu bewältigen: einige Betroffene erhielten finanzielle Unterstützung von Verwandten, von abgewanderten Thākālī aus Pokharā, Bhairawa oder Kāṭhmāṇḍu; ein schweizerischer Tourist soll 25.000 NR gespendet haben; für eine Sārki-Familie, deren Haus durch das Mureignis von 2002 zerstört worden war, wurde im Dorf Geld gesammelt. Verwandte, Bekannte und Freunde aus den benachbarten Siedlungen versorgten die Menschen mit Nahrungsmitteln.

Neben den zuvor beschriebenen technischen Maßnahmen wurden auch in Lārjuñ nicht-technische Maßnahmen durchgeführt, um das Schadenpotenzial bei potenziellen, zukünftigen Mureignissen zu vermindern. Aus Angst vor einem weiteren Mureignis haben zwei Familien Lārjuñ verlassen und ihren Wohnort permanent in eine andere Siedlung verlegt. Leider konnte nicht ermittelt werden, wohin genau die beiden Familien abgewandert sind. Familien, deren Wohnhaus durch den Murgang vom Juli 2002 völlig zerstört worden ist, haben ihren Wohnort zunächst in die Siedlung Sirkuñ auf der orographisch gegenüberliegenden Seite der Kālī Gaṇḍakī verlegt, möchten unter Umständen aber nach Lārjuñ zurückkehren. Im Rahmen der Retrospektivbefragungen haben einige Bewohner die Absicht geäußert, im kommenden Sommer (2003) Lārjuñ für die Dauer des Monsun zu verlassen, um nach Ende des Monsun – zu Beginn der touristischen Hauptsaison – wieder nach Lārjuñ zurückzukehren. Sowohl die temporäre als auch die permanente Evakuierung der Siedlung Lārjuñ stellt eine geeignete Maßnahme dar, um das Schadenpotenzial gegenüber einem Mureignis zu vermindern. Durch die temporäre Evakuierung der Siedlung sind Werte und Objekte, die in der Siedlung zurückgelassen werden, weiterhin einer Gefahr ausgesetzt, Menschenleben können hingegen durch eine temporäre Evakuierung geschützt werden.

⁵⁷ Während der Feldarbeiten im März 2003 konnte beobachtet werden, wie eigens zu diesem Zweck angestellte Arbeiter aus dem Draht Körbe flochten.

Wie bereits für Bagarchhāp festgestellt wurde (vgl. 8.1.1), spielen vordergründig ökonomische Faktoren bei der Entscheidung für bzw. gegen eine temporäre oder permanente Evakuierung eine bedeutende Rolle. Bei einer Betrachtung des hier vorliegenden Falles von Lārjuñ und des Beispiels von Bagarchhāp wird deutlich, dass es hauptsächlich wohlhabende Bevölkerungsgruppen wie Thākāli und Guruñ sind, die es durch Handel und/oder Tourismus zu einem gewissen Grad an Wohlstand gebracht haben und sich eine temporäre oder permanente Evakuierung im wörtlichen Sinne „leisten“ können. Im Gegensatz zu weniger vermögenden Personengruppen sind sie nicht darauf angewiesen, ihre Wohngebäude, Land und andere Einkommensquellen an einem Ort unter allen Umständen zu erhalten, sondern können aufgrund von Verwandtschaftsbeziehungen oder geschäftlichen Kontakten ihren Wohnort relativ problemlos verlegen und sich neue Einkommensquellen erschließen.



Bild 31: Technische Schutzmaßnahmen in Lārjuñ – am linken Bildrand Gabione, die am Ufer des Lārjuñ Kholā errichtet wurden, in der Bildmitte Buhnen und Baumpflanzungen am Ufer der Kāli Gaṇḍakī. (Aufnahme: A. Titz, März 2003)

Um das Gefahrenpotenzial durch Hochwasserprozesse bzw. Ufererosion der Kāli Gaṇḍakī zu vermindern, wurden am nordöstlichen Rand des Schwemmfächers, auf welchem die Siedlung liegt, Buhnen aus Gabionen errichtet, die die uferparallele, erosionsfördernde Strömung vom Rand des Schwemmfächers fernhalten sollen (vgl. Bild 31). Das Flussbett der Kāli Gaṇḍakī ist im Bereich der Siedlung Lārjuñ mehrere hundert Meter breit, die Kāli Gaṇḍakī verlagert jedoch permanent ihren Lauf und verläuft daher immer wieder direkt am Rand des Schwemmfächers. In dem durch Buhnen abgegrenzten Gebiet wurden darüber hinaus zahlreiche Weiden (*Salix spec.*) angepflanzt, die zum einen die Strömung des Flusses brechen sollen, zum anderen soll das Wurzelwerk der Bäume dazu beitragen, Feststoffe zu binden und deren Abspülung zu vermindern. Die am nordöstlichsten Rand des Schwemmfächers errichteten Buhnen haben sich als wirksame Maßnahme erwiesen, da in diesem Bereich keine rezenten Erosionsschäden am Ufer zu erkennen waren. Der Baumbestand trägt zusätzlich dazu bei, eine Abspülung des feinkörnig-

gen Materials zu verhindern. Verläuft die Kāli Gaṇḍakī unmittelbar am orographisch rechten Ufer, so wird die Strömung durch die Buhnen zwar abgelenkt, kann jedoch an den südwestlichen Uferabschnitt des Schwemmfächers, flussabwärts der Buhnen, wie an einen Prallhang strömen und dort durch Ufererosion zu Schäden führen. Diese technische Maßnahme hat somit eine positive Wirkung für den nordöstlichen Rand des Schwemmfächers, kann unter bestimmten Voraussetzungen jedoch eine negative Auswirkung für den südwestlichen Abschnitt zur Folge haben. Da die Buhnen nicht entlang des gesamten Ufers errichtet wurden kann davon ausgegangen werden, dass sie auf Privatinitiative errichtet wurden bzw. dass sich einige Bewohner Lārjuṅs, die in diesem Bereich des Schwemmfächers Gebäude (Lodgebesitzer) oder Land besitzen, zusammengeschlossen haben, um auf diese Weise den Bau gemeinschaftlich finanzieren zu können. Bewohnern und Besitzern am „ungeschützten“ Uferabschnitt ist dies vermutlich nicht gelungen. Im Rahmen des Feldaufenthaltes konnten keine weiteren Details zum Bau der Buhnen in Erfahrung gebracht werden.

8.1.4 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER MASSNAHMEN IN TĀTOPĀNĪ

In Tātopānī wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Rutschungen und Hochwasserereignisse als dominierende Gefahren identifiziert. Im Gegensatz zu den erwiesenen Hochwasserereignissen, deren Prozessraum die Siedlung direkt getroffen hat, hat sich die Hangrutschung ca. 500 m südlich der Siedlung ereignet. Da diese Rutschmassen die Kāli Gaṇḍakī dammartig blockierten, staute sich der Fluss zu einem See auf und überschwemmte Bereiche der Siedlung (vgl. Kap. 5.4, Kap. 6.4).

Trotz der mehrfach erwiesenen Hochwassergefahr wurden keine technischen Maßnahmen durchgeführt, um das Gefahrenpotenzial aktiv zu vermindern. Die Siedlung liegt ca. 15 m oberhalb des rezenten Flussbettes der Kāli Gaṇḍakī auf einer fluvialen Aufschüttungsterrasse, daher sollte diese Lage generell einen Schutz vor Hochwasser bieten und keiner weiteren technischen Schutzmaßnahmen bedürfen. Da in der Vergangenheit bis zu den Hochwasserereignissen der Jahre 1984 und 1987 (vermutlich infolge von GLOFs) keine Gefahr für die Siedlung bestanden hat – zumindest wurden im Rahmen der Retrospektivbefragungen keine weiter zurückliegenden Hochwasserereignisse genannt – bestand für die Lokalbevölkerung bis Ende der 1980er Jahre zunächst kein Anlass, technische Maßnahmen gegen potenzielle Hochwasserereignisse zu ergreifen. Für die Tatsache, dass nach diesen Hochwasserereignissen keine Maßnahmen ergriffen wurden, gibt es nach Ansicht der Verfasserin zwei denkbare Erklärungen: Einerseits kann angenommen werden, dass die Lokalbevölkerung die Hochwasser der Jahre 1984 und 1987 als einmalige und außergewöhnliche Prozesse wahrgenommen hat, die lediglich mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit in vergleichbarer Weise erneut ablaufen werden. Daher hat man auf Schutzmaßnahmen verzichtet und sich für ein Leben mit dem Risiko entschlossen. Andererseits kann durch derartig gewaltige Naturereignisse, die nie zuvor aufgetreten sind, auch der Eindruck bei der Lokalbevölkerung entstanden sein, dass sich extreme Hochwasser in diesem schluchtartig verengten Abschnitt des Kāli Gaṇḍakī-Tals komplett der menschlichen Kontrolle und Beeinflussung entziehen und es daher keine wirksamen Maßnahmen gibt, um das Gefahrenpotenzial zu vermindern.

Im Bereich der Hangrutschung südlich von Tātopānī wurden ebenfalls keine technischen Maßnahmen durchgeführt, um die Gefahr weiterer Rutschungen aktiv zu vermindern. Da es sich um eine äußerst großflächige Rutschung handelt und Tausende Kubikmeter Material in der Kāli Gaṇḍakī abgelagert wurden (vgl. Bild 21, Bild 22) ist kaum vorstellbar, dass dort geeignete

technische Maßnahmen ergriffen werden könnten, um den Hang wirksam gegen weiteres Abrutschen zu stabilisieren.

Am nördlichen Rand der Siedlung, an welchem die fluviale Aufschüttungsterrasse spornförmig in das rezente Flussbett der Kāli Gaṇḍakī hineinragt, wurde auf Eigeninitiative der Bewohner Tātopānīs am orographisch rechten Ufer des Flusses im April 1999 (vgl. OTTINGER, 2003) eine Gabion-Mauer errichtet, der eine doppelte Funktion zukommt. Einerseits soll sie den Prallhang in diesem Bereich der Terrasse (auf der Terrassenfläche oberhalb befinden sich Lodges und Restaurants) vor Seitenerosion und Uferunterschneidung der Kāli Gaṇḍakī schützen und auf diese Weise ein Abgleiten der Böschung verhindern. Andererseits wurde damit beabsichtigt, den natürlichen „Damm“ in der Kāli Gaṇḍakī, der sich infolge der Hangrutschung von 1998 aus dem abgerutschten Material gebildet hat, abzutragen. Da die Bewohner der Siedlung keinerlei Hilfe von Seiten der Regierung für die Aufräumarbeiten erhielten wurde in Eigenregie versucht, die Rutschmasse zu verkleinern. Die Gabion-Mauer sollte die Hauptströmung des Flusses auf das orographisch linke Ufer lenken, in der Hoffnung, dass der Fluss die Rutschmasse erodiert, die von der orographisch linken Talseite aus den Fluss blockiert. Durch diese Maßnahme wollte man der Gefahr einer wiederholten Seebildung vorbeugen, da noch immer enorme Massen Lockergestein im Flussbett liegen. Hinsichtlich der Absicht der Bewohner Tātopānīs, das Ufer vor Seitenerosion der Kāli Gaṇḍakī zu schützen, ist die Errichtung der Gabion-Mauer durchaus als wirksam zu bewerten. Da es seit Durchführung dieser Maßnahme zu keinen weiteren erhöhten Abflüssen in der Kāli Gaṇḍakī gekommen ist bleibt abzuwarten, ob die Gabion-Mauer auch bei verstärkter Wasserführung des Flusses einen wirksamen Schutz gegen Seitenerosion bilden wird. Die Hoffnung der Bewohner Tātopānīs, durch eine Umlenkung der Hauptströmung der Kāli Gaṇḍakī die Rutschmasse im Fluss zu erodieren, wurde nicht erfüllt. Lage, Form und Ausmaß der in der Kāli Gaṇḍakī akkumulierten Rutschmasse hatte sich zum Zeitpunkt der Feldarbeiten im März 2003 kaum gegenüber September 1999 verändert, als ein erster Besuch in Tātopānī stattgefunden hat.

Nicht-technische Maßnahmen im eigentlichen Sinne wurden infolge der Hangrutschung nicht durchgeführt. Die Bewohner Tātopānīs sowie Bewohner umliegender Siedlungen beobachten jedoch sowohl die Anrissnische der Rutschung als auch die Rutschfläche, um Vorzeichen eines potenziellen, in Zukunft stattfindenden Rutschprozesses, wie die Entstehung und/oder Vergrößerung von Zerrspalten, Wasseraustritte aus der Rutschfläche oder eine verstärkte Rutschaktivität, rechtzeitig zu erkennen und die Anwohner warnen zu können. Das Prinzip der Vorwarnung stellt eine wirksame nicht-technische Maßnahme dar, um im Falle einer erneuten Rutschung temporäre Evakuierungsmaßnahmen durchzuführen zu können. Voraussetzung ist allerdings, dass die Anzeichen eines potenziellen, zukünftigen Rutschereignisses rechtzeitig erkannt werden und die Vorwarnung in geeigneter Form an potenziell betroffene Bevölkerungsgruppen weitergegeben wird.

8.1.5 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER MASSNAHMEN IN JALJALE

In Jaljale, in der im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Hochwasser- und Massenbewegungsprozesse als dominierende Gefahren identifiziert wurden (vgl. Kap. 5.5), sind von Seiten der Lokalbevölkerung keine technischen Maßnahmen durchgeführt worden, um das Gefahrenpotenzial aktiv zu vermindern.

Der südöstlich der Siedlung verlaufende Utise Kholā hat im Monsun 2001, infolge starker Wasser- und Geschiebeführung durch Seitenerosion und Übersarung, Schäden an den landwirt-

schaftlichen Nutzflächen sowie einigen Ställen verursacht. Die Retrospektivbefragungen mit lokalen Informanten verdeutlichten, dass die Bevölkerung Jaljales in Bezug auf technische Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials geteilter Meinung ist: während ein Teil die Ansicht vertritt, dass die Gefahr für die Siedlung durch technische Maßnahmen am Lauf des Utise Kholā vermindert werden könne, ist der andere Teil der Meinung, dass sich dieser Naturprozess der menschlichen Kontrolle entziehe und kein wirksamer Schutz durch bauliche Maßnahmen zu erzielen sei. Sollten sich die Bewohner mehrheitlich für die Durchführung einer technischen Maßnahme entscheiden, stellt sich als nächstes die Frage der Finanzierung. Wie in den meisten untersuchten Siedlungen, so müsste auch die Bevölkerung Jaljales die Maßnahme selbst finanzieren, eine Unterstützung von staatlicher Seite ist nicht zu erwarten. Vermutlich sind ökonomische Faktoren in Jaljale der Grund dafür, dass bislang noch keine Maßnahmen ergriffen wurden und sehr wahrscheinlich auch in Zukunft nicht ergriffen werden. Die Bewohner der Siedlung leben von Subsistenzlandwirtschaft, nur sehr wenige Bewohner verfügen über eine außerordentliche Einkommensquelle (einige jüngere Männer der Siedlung als Arbeitsmigranten in Malaysia). Aus diesem Grund ist es für die Bewohner sehr schwierig, eine Maßnahme aus eigener Kraft zu finanzieren. Nach dem Hochwasserereignis von 2001 kam dem gesamten Dorf durch das *District Natural Disaster Relief Committee* lediglich ein Betrag von 4.000 NR zu, der die Schäden an den landwirtschaftlichen Nutzflächen kompensieren sollte.

Der im Rahmen der Gefahrenbeurteilung identifizierte relikte Massenbewegungsprozess hat zu einer weiträumigen Materialablagerung auf dem Hang geführt, in dessen unterem Abschnitt die Siedlung Jaljale lokalisiert ist. Die Geröllmassen und Felsblöcke sind vermutlich im Rahmen verschiedener Ereignisse zu unterschiedlichen Zeitpunkten dort abgelagert worden. Da sich nach Auskunft lokaler Informanten in den vergangenen rund 60 Jahren keine weiteren Massenbewegungen ereignet haben, wurden keine Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials durchgeführt. Abgesehen von der Wiederkehrperiode des Ereignisses muss in Betracht gezogen werden, dass die Lokalbevölkerung nicht über das erforderliche technische Know-how verfügt, um wirksame Maßnahmen gegen einen derart gewaltigen und großräumigen Prozess durchzuführen.

Um das Schadenpotenzial für die Siedlung passiv zu vermindern, wurden von der Lokalbevölkerung keinerlei nicht-technischen Maßnahmen durchgeführt. Nach Ansicht der Verfasserin kann die Lage der Siedlung nicht wie in Manāñ als Anpassung an potenzielle Gefahrenprozesse im Siedlungsbereich aufgefasst werden (vgl. Kap. 8.1.2), da zum Zeitpunkt der Anlage der Siedlung vermutlich noch keine Gefahrenprozesse stattgefunden haben.

8.1.6 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER MASSNAHMEN IN POKHARE UND THULĪNĀGĪ

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung wurde in den Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ der Prozess der Gullyerosion als dominierende Gefahr identifiziert (vgl. Kap. 5.6). Von Seiten der am Kalimati-Gully ansässigen Lokalbevölkerung wurden allerdings keine technischen Maßnahmen durchgeführt, um das Gefahrenpotenzial aktiv zu vermindern.

Der Prozess der Gullyerosion ereignete sich während des Monsuns 1987. Der Prozess fiel in die Bauzeit der *Lamosangu-Jiri-Road* (1974-1986), die den *Gully* des Kalimati Kholā in einer Höhe von 1980 m quert. Im Rahmen des *Lamosangu-Jiri Road Project* wurde versucht, mit technischer und finanzieller Unterstützung der *Swiss Association for Technical Assistance* (SATA) das Gefahrenpotenzial im Bereich der Straße durch vielfältige technische Maßnahmen so gering wie

möglich zu halten (vgl. SCHAFFNER, 1987).⁵⁸ So wurden auch im Kalimati-Gully technische Maßnahmen durchgeführt, allerdings nicht von der Lokalbevölkerung, sondern im Rahmen des oben angesprochenen Straßenbauprojektes. Sowohl oberhalb als auch unterhalb der Straße wurden im Gerinne des Kalimati Kholā Wildbachsperren aus Gabionen errichtet, darüber hinaus wurde das Gerinne unterhalb der Sperren durch den Bau von Wildbachschalen kanalisiert (vgl. Bild 32). Zieht man als Maß zur Bewertung der Wirksamkeit dieser technischen Maßnahmen das Risiko der Gullyerosion von 1987 und das Risiko nach Ausführung der baulichen Maßnahmen in Betracht, so kann die Wirksamkeit als erwiesen angesehen werden. Bei einem Vergleich von Bild 26 (2001) und Bild 25 (zwischen 1987 und 1990) wird deutlich, dass sich der Gully nach Implementierung der Maßnahmen durch rückschreitende Erosion oder Seitenerosion nicht weiter vergrößert hat, obwohl der Kalimati-Gully nach Auskunft lokaler Informanten alljährlich während des Monsun große Wassermengen führt. Anders als in Bagarchhāp (vgl. 8.1.1) kann das Gefahrenpotenzial im potenziell nicht murfähigen Kalimati-Gully mit Hilfe von Wildbachsperren vermindert werden. Durch die Hinterfüllung der Sperren mit Geschiebe wird das Gefälle im Gerinne reduziert, infolgedessen wird die Schleppspannung verringert und die Transportkapazität gebremst (vgl. 7.1.2) Die auf diese Weise verursachte Stabilisierung und Hebung der Gerinnesohle führt zu einer Konsolidierung der seitlichen Einhänge und vermindert eine fortschreitende Tiefen- und Seitenerosion.



Bild 32: Wildbachsperre aus Gabionen und Verschalung eines Gerinnes (SCHAFFNER, 1987)

⁵⁸ Hauptziel des *Lamosangu-Jiri Road Project* war die integrierte ländliche Entwicklung der Mittelgebirgsregion zwischen dem *Arniko Highway* und der Region um Jiri bzw. die Anbindung des *Jiri Multipurpose Development Project*, das seit 1955 im Rahmen der schweizerischen Entwicklungshilfe in Jiri durchgeführt wird (vgl. SCHAFFNER, 1987).

Da die baulichen Maßnahmen im Kalimati-Gully im Rahmen des schweizerischen Entwicklungshilfeprojektes durchgeführt wurden, mussten die Kosten nicht von der Lokalbevölkerung getragen werden. In diesem Zusammenhang muss jedoch erwähnt werden, dass die technischen Schutzmaßnahmen lediglich unmittelbar oberhalb bzw. unterhalb der Straße implementiert wurden, im hangabwärts gelegenen Abschnitt des Kalimati-Gully wurden keine weiteren technischen Maßnahmen durchgeführt. Im Rahmen der Retrospektivbefragungen konnte nicht mehr exakt rekonstruiert werden, welche Unterstützung die Lokalbevölkerung im Jahr 1987 nach Entstehung des Kalimati-Gully von der Regierung erhalten hat.

Als weitere technische Maßnahme kann der Bestand der Erosionsflächen im Kalimati-Gully mit Sträuchern, Büschen und Bäumen angeführt werden. Allerdings wurden die Flächen nicht planmäßig bepflanzt, vielmehr unterliegt dieser Bereich des Gullies einer natürlichen, progressiven Sukzession unterschiedlicher Pflanzengesellschaften. Diese Pflanzengesellschaften konnten sich im Gully aufeinander folgend ausbilden, da ihre Weiterentwicklung nicht durch Erosionsprozesse gestört wurde. Die Vegetation auf der Erosionsfläche bietet einen gewissen Schutz vor potenziellen, zukünftigen Erosionsereignissen, allerdings besteht durch den Bestand des Gullies mit Bäumen und Sträuchern die Gefahr der Verklausung.

Nicht-technischer Maßnahmen wurden nach der Gullyerosion von 1987 von einigen Bewohnern durchgeführt, deren Wohnhaus am Rand des Gullies liegt bzw. in der heutigen Gullyfläche gelegen hat. Nach Auskunft lokaler Informanten haben Bewohner der Siedlungen Pokhare und Thulṅāgṅ, deren Häuser durch den Prozess der Gullyerosion zerstört worden sind, die Siedlungen permanent verlassen und ihren Wohnort in andere Siedlungen verlegt. Auch einige Familien, deren Wohnhäuser 1987 nicht zerstört oder beschädigt wurden, jedoch nahe am Rand des Gullies liegen, sollen die Siedlungen permanent verlassen haben, um auf diese Weise das Schadenpotenzial gegenüber zukünftigen Erosionsprozessen im Kalimati-Gully zu verringern. Es konnte nicht ermittelt werden, in welche Siedlungen die Familien ihren neuen Wohnort verlegt haben (anderes VDC, anderer Distrikt). Eine temporäre Evakuierung des Prozessraumes soll nach Auskunft lokaler Informanten nicht stattgefunden haben. Temporäre und permanente Evakuierung stellen prinzipiell wirksame Maßnahmen dar, um das Schadenpotenzial zu verringern und zumindest Menschenleben zu retten, bei einer temporären Evakuierung bleibt jedoch ein großes Restrisiko für im Gefahrenraum verbliebene Güter. Eine permanente Evakuierung bzw. die dauerhafte Verlegung des Wohnortes aus dem Prozessraum eines gefährlichen Prozesses ermöglicht eine wirksame Verringerung des Schadenpotenzials für den betreffenden Prozessraum. Am neuen Wohnort können die Familien jedoch mit anderen, bisher unbekanntem Gefahrenprozessen konfrontiert werden.

8.1.7 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DURCHGEFÜHRTER MASSNAHMEN IN DER SIEDLUNG KARMAIYĀ

In Karmaiyā wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Hochwasserereignisse des Bāgmāt als dominierende Gefahr identifiziert (vgl. Kap. 5.7). Das Hochwasser von 1993 verursachte die bislang größten Schäden im Bereich der Siedlung. Von der Lokalbevölkerung wurden keinerlei technischen Maßnahmen ergriffen, um das Gefahrenpotenzial gegenüber potenziellen, in Zukunft auftretenden Hochwasserereignissen zu verringern. Einige technische Maßnahmen wurden im Rahmen des *Bāgmāt Irrigation Project* realisiert, die Bewohner Karmaiyās, aber auch die Bewohner benachbarter Siedlungen am Bāgmāt, stehen der Wirksamkeit der Verbauungen im Uferbereich jedoch skeptisch gegenüber und haben im Rahmen der Retrospektivbefragungen den Wunsch nach einem größeren Hochwasserschutzprojekt geäußert.

Eine technische Maßnahme, die das Gefahrenpotenzial von Hochwasserereignissen vermindern kann, ist das Wehr am Bāgmatī (vgl. Bild 33). Neben dem Aufstau und der Ableitung des Flusswassers zu Bewässerungszwecken in die Distrikte Sarlāhi und Rautahaṭ kommt dem Wehr ebenso eine Rückhaltefunktion zu, indem der Abfluss des Bāgmatī reguliert wird bzw. werden soll. Dieser letztgenannten Aufgabe kam das Wehr während der Hochwasserereignisse von 1993 nicht nach. An dieser Stelle sollte allerdings nochmals angemerkt werden, dass das Wehr zum Zeitpunkt des Hochwassers im Juli 1993 noch nicht vollständig fertig gestellt war. Da die Tore des Wehres infolge der starken Wasser- und Geschiebeführung des Bāgmatī im Juli 1993 durch bis zu 4 m hoch akkumulierte Sedimente, Geröll, Schutt und Baumstämme blockiert wurden und somit kein Abfluss möglich gewesen ist, bildete sich hinter dem Wehr ein ca. 12 km langer See. Nachts überflossen die Wassermassen das Wehr und ergossen sich ungehindert in die Ebene des Terāi. Es kann nur schwer beurteilt werden, ob ein fertig gestelltes und voll funktionsfähiges Wehr die Überschwemmungen im Terāi wirksam hätte verhindern oder zumindest vermindern können. Das Bāgmatī Wehr wurden von Ingenieuren für ein Hochwasser mit 8-jährlicher Wiederkehrperiode und einem Spitzenabfluss von $8.000\text{m}^3/\text{s}$ ausgelegt, in Pandheradabhan wurde während des Hochwassers vom Juli 1993 jedoch ein Spitzenabfluss von $11.700\text{m}^3/\text{s}$ gemessen. Ein Hochwasserereignis wie im Juli 1993 kann sich jederzeit in gleicher oder sogar verstärkter Weise wiederholen, sollte der Monsuntrog erneut nordwärts bis ins Nepalesische Mittelland wandern und zu ergiebigen Niederschlägen im Einzugsgebiet des Bāgmatī führen. Aus diesem Grund kann mit einem noch weitaus höheren Spitzenabfluss als 1993 gerechnet werden, einige Institutionen haben für den 100-jährlichen Spitzenabfluss am Bāgmatī einen Abfluss von $14.000\text{m}^3/\text{s}$ errechnet. Es wird stark angezweifelt, dass das Bāgmatī-Wehr einem derart hohen Abfluss aus ingenieurtechnischer Sicht standhalten kann.

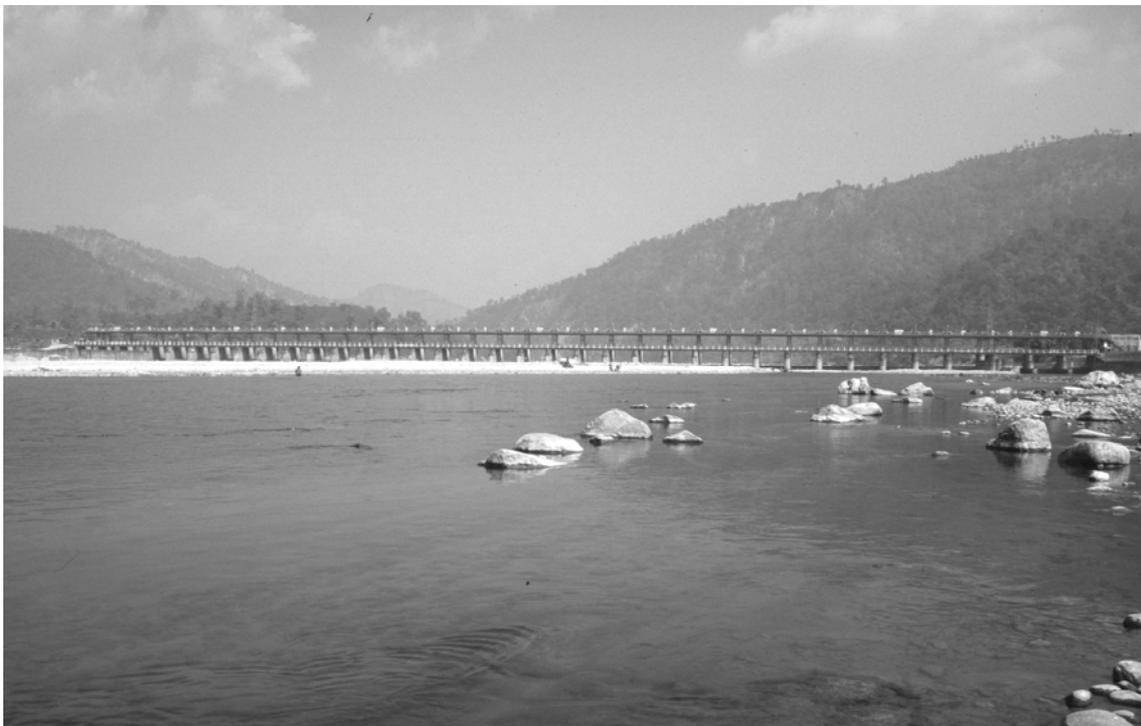


Bild 33: Das Bāgmatī-Wehr bei Karmaiyā (Aufnahme: A. Titz, Februar 2003)

Am Ufer des Bāgmatī wurden sowohl nordöstlich als auch südwestlich von Karmaiyā technische Maßnahmen ausgeführt, die jedoch nicht das Gefahrenpotenzial von Überschwemmungen vermindern sollen, vielmehr sollen sie den Uferbereich vor Seitenerosion des Flusses schützen. Nordöstlich der Siedlung, im Bereich des Wehres, wurde der Uferbereich weiträumig mit Flussmatratzen ausgelegt. Darüber hinaus wurden lange Reihen von Gabionen parallel zum Ufer angeordnet. Auch im östlichen Hauptkanal wurden stellenweise – meist im Bereich von Richtungsänderung – Gabione parallel zur Fließrichtung des Wassers angeordnet, um die Gefahr der Seitenerosion zu vermindern und einen Bruch des Kanals zu verhindern. Flussabwärts des Wehres, im Uferbereich der Siedlung Karmaiyā, sind in unregelmäßigen Abständen von der Kante des Riedels ins Flussbett abfallende Buhnen aus Gabionen errichtet worden, die die Gefahr der Ufer- und Seitenerosion vermindern sollen. Leider kann nicht mit letzter Sicherheit beurteilt werden, ob die durchgeführten technischen Maßnahmen am Ufer nordöstlich der Siedlung wirksam sind, da der Uferbereich am Bāgmatī-Wehr nicht betreten werden durfte. Zieht man für die Buhnen am Ufer von Karmaiyā als Maß für die Wirksamkeit das Risiko vor und nach Ausführung der Maßnahme in Betracht, kann die Verbauung mit Buhnen lediglich als wenig wirksam beurteilt werden (leider konnte nicht exakt ermittelt werden, in welchem Jahr die Buhnen errichtet wurden). Nach Auskunft lokaler Informanten kommt es alljährlich bei hoher Wasserführung im Bāgmatī am Fuß des Riedels durch Ufererosion zum Abtrag und/oder Abgleiten von Material. Die Buhnen sind demnach nicht dazu in der Lage, Schleppekraft und Strömung des Wassers wirksam zu verringern.

Mit Ausnahme des Bāgmatī-Wehrs dienen die bisher durchgeführten technischen Maßnahmen also lediglich dazu, das Gefahrenpotenzial der Seitenerosion durch den Bāgmatī zu vermindern. Die dominierende Gefahr der Überschwemmungen wurde bei der Durchführung von Schutzmaßnahmen bislang vernachlässigt; im Rahmen der Retrospektivbefragungen konnte nicht ermittelt werden, ob möglicherweise nicht-technische Maßnahmen zur Verringerung des Schadenpotenzials durchgeführt wurden. Da das Hochwasser 1993 jedoch zunächst langsam anstieg, bevor es nachts zu einem Überlaufen des Wehres gekommen ist, haben sich zahlreiche Bewohner aufgrund ihrer Erfahrung mit vorangegangenen Überschwemmungen in höher gelegenen Plätzen (Bäume, Dächer) in Sicherheit gebracht. Es wird darüber hinaus vermutet, dass einige Familien, deren Häuser durch die Überschwemmung von 1993 zerstört wurden, die Siedlung verlassen und sich an einem neuen Wohnort niedergelassen haben. Lokale Informanten konnten aufgrund der hohen Einwohnerzahl der Siedlung und der zeitlichen Distanz zu dem Ereignis keine exakten Angaben zu diesem Aspekt machen.

Anders als in den zuvor behandelten Siedlungen erhielten die Geschädigten in Karmaiyā und Umgebung ausreichend Hilfe durch das *District Natural Disaster Relief Committee*. An die Bedürftigen wurden Kleidung, Decken, Lebensmittel und kleine Geldbeträge abgegeben, einige erhielten darüber hinaus eine kleine Parzelle Land sowie finanzielle Unterstützung für die Errichtung eines neuen Wohnhauses. Da infolge der zahlreichen Hangrutschungen und Überschwemmungen im Juli 1993 viele Brücken und Straßen unpassierbar waren, ist die Hilfe in Karmaiyā allerdings erst rund eine Woche nach der Überschwemmung eingetroffen. Die Menschen am östlichen Bāgmatī-Ufer erreichte die Hilfe noch später, da der Zugang zu diesem Gebiet ausschließlich von Westen über den *East-West-Highway* und die Bāgmatī-Brücke bei Karmaiyā möglich ist.

8.2 MÖGLICHE MASSNAHMEN ZUM WIRKSAMEN SCHUTZ DER UNTERSUCHTEN SIEDLUNGEN

Wurden im vorangegangenen Abschnitt Maßnahmen dargestellt und bewertet, die von der Lokalbevölkerung bzw. von staatlicher Seite durchgeführt wurden, um das Gefahren- und Schadenpotenzial der betroffenen Siedlungen zu vermindern, so sollen im folgenden Abschnitt sowohl technische als auch nicht-technische Maßnahmen aufgezeigt werden, die unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung (vgl. Kap. 5) sowie der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse (vgl. Kap. 6) einen Schutz der untersuchten Siedlungen gewährleisten können. Zunächst werden für jede Siedlung technische Maßnahmen aufgezeigt die dazu beitragen können, das Gefahrenpotenzial der am jeweiligen Siedlungsstandort identifizierten Gefahrenprozesse aktiv zu vermindern. Im Anschluss daran werden nicht-technische Maßnahmen erläutert, mit deren Hilfe das Schadenpotenzial passiv vermindert werden kann. Nicht-technische Maßnahmen werden jedoch nicht für jede Siedlung einzeln behandelt, sondern zusammenfassend erörtert, da diese Maßnahmen nicht auf spezifische Gefahrenprozesse abzielen und daher in prinzipiell jeder der untersuchten Siedlungen durchgeführt werden können.

8.2.1 TECHNISCHE MASSNAHMEN ZUR VERMINDERUNG DES GEFAHREN POTENZIALS

8.2.1.1 Bagarchhāp

In Bagarchhāp wurden Wildbach- und Murprozesse im Gerinne des Ghaṭṭe Kholā als dominierende Gefahr für die Siedlung erkannt. Ein Mureignis am 10. und 11. November 1995 forderte 20 Menschenleben und führte zur Zerstörung von 14 Gebäuden. Ein Murschub brach damals am Kegelhals aufgrund einer Blockade durch einen vorangegangenen Murschub aus dem Gerinne aus und ergoss sich ungehindert über die Siedlung. Dabei wurden Felsblöcke von bis zu 8 m Durchmesser abgelagert. An einer substabilen Hangrutschung auf der orographisch rechten Seite des Ghaṭṭe Kholā findet aufgrund von Tiefen- und Seitenerosion zudem ein kontinuierlicher, für Murtätigkeit disponibler Feststoffeintrag in das Gerinne statt (vgl. Kap. 5.1).

Genau genommen müssten technische Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials bereits im Einzugsgebiet des Ghaṭṭe Kholā ansetzen, wo aufgrund von Erosions- und Verwitterungsprozessen Feststoffe aufbereitet und verlagert werden und bei hoher Abflussbelastung im Gerinne verflüssigt werden. Technische Maßnahmen im Einzugsgebiet eines murfähigen Wildbaches sind aufgrund schwieriger topographischer Verhältnisse, der Unzugänglichkeit der Gebiete sowie der enormen räumlichen Ausdehnung der Prozessräume in der Regel nicht durchführbar.

Wie bereits zuvor angeführt ist eine Verbauung des Ghaṭṭe Kholā mit Wildbachsperrern nicht dazu geeignet, das Gefahrenpotenzial für Bagarchhāp herabzusetzen. Wildbachsperrern sind lediglich bei einer Hinterfüllung mit Geschiebe wirksam, da auf diese Weise das Gefälle im Gerinne reduziert und die seitlichen Einhänge konsolidiert werden. An murfähigen Gerinnen wie dem Ghaṭṭe Kholā besteht jedoch die Gefahr, dass die Ablagerungen, die ein enormes Volumen aufweisen können, bei Hochwasserabfluss ausgeräumt werden und infolge dessen zu Schäden im besiedelten Gebiet führen. Anstatt Wildbachsperrern wäre im Ghaṭṭe Kholā einer Geschiebestausperre (Geschiebesammler, Murbremse) der Vorzug zu geben. Geschiebestausperren werden in der Regel am Kegelhals errichtet und haben die Aufgabe Geschiebe zurück-

zuhalten, um auf diese Weise Schäden durch Übermuring oder die Stoßwirkung der Murfront (wie im Beispiel Bagarchhäps können Felsblöcke enormer Größe mittransportiert werden) zu verhindern. Bei der Errichtung einer Geschiebestausperre besteht häufig das Problem, eine geeignete Stelle im Gelände zu finden, da die Sperre über eine ausreichende Geschieberückhaltekapazität verfügen muss. Darüber hinaus ist eine periodische Ausräumung des zurückgehaltenen Geschiebes erforderlich, um die Funktionstüchtigkeit der Geschiebestausperre zu gewährleisten. Die Errichtung einer Geschiebestausperre in Bagarchhäp ist nach Ansicht der Verfasserin durchaus dazu geeignet, einen hinreichenden Schutz der Siedlung zu gewährleisten. Allerdings können zwei Problembereiche identifiziert werden: zum einen sind exakte Abflussdaten notwendig (Hochwasserabfluss, Feststoffgehalt, Volumina usw.), um die Geschiebestausperre ausreichend groß zu bemessen. Zum anderen dürfte es aufgrund des hohen Gefälles und der steilen seitlichen Flanken des Ghaṭṭe Kholā schwierig sein, eine geeignete Stelle für die Errichtung einer Sperre zu finden, die eine ausreichende Rückhaltekapazität gewährleisten kann.

Um seitliche Ausbrüche des Ghaṭṭe Kholā aus dem Gerinne zu verhindern kann der Verlauf des Baches unterhalb einer Geschiebestausperre in eine Wildbachschale gefasst und kontrolliert in den Marsyāñdī Kholā geleitet werden. Durch diese Maßnahme ließe sich eine seitliche Ausbreitung der Wasser- und Geröllmassen über den Schwemmkegel, durch die es im November 1995 zu Todesopfern und den beschriebenen schweren Schäden gekommen ist, verhindern. An dieser Stelle ist zu bedenken, dass der Abfluss von Wasser und Feststoffen einer Mure den normalen Hochwasserabfluss um ein vielfaches übersteigen kann und bauliche Maßnahmen in ihren Abmessungen dementsprechend angepasst werden müssen, um das Gefahrenpotenzial wirksam zu vermindern. Da der Abfluss in einer Wildbachschale ohne natürliche Widerstände und infolgedessen mit hohen Geschwindigkeiten erfolgt, könnte ein Austritt des Murabflusses aus einer zu klein bemessenen Wildbachschale katastrophale Folgen für Bagarchhäp, seine Bewohner und Touristen haben.

Die substabile Hangrutschung auf der orographisch rechten Seite des Ghaṭṭe Kholā könnte generell über eine Wildbachsperre stabilisiert werden. Da der Ghaṭṭe Kholā jedoch eindeutig als murfähiges Gerinne identifiziert worden ist, sind Wildbachsperren zur Verminderung des Gefahrenpotenzials nicht geeignet. Damit verbleibt lediglich die Möglichkeit, die Rutschung durch eine Stützmauer aus Gabionen zu sichern, um eine fortschreitende Seitenerosion des Ghaṭṭe Kholā in diesem Abschnitt zu unterbinden und den Feststoffeintrag in das Gerinne zu verringern. Da die Rutschfläche jedoch rund 100 m breit und 150 m hoch ist, müsste eine der Größe der Rutschfläche entsprechende Stützmauer errichtet werden, was in dem steilen und engen Gerinne des Ghaṭṭe Kholā äußerst schwierig sein dürfte.

Die Bewohner Bagarchhäps haben ein Nutzungsverbot für das Gerinne des Ghaṭṭe Kholā bzw. für den bewaldeten Hang erlassen. Um aber Verklausungen zu vermeiden, durch deren Bruch Murgänge ausgelöst werden können, sollte die Vegetation im Gerinne, im Besonderen Bäume und größere Sträucher, periodisch zurück geschnitten werden.

8.2.1.2 Manāñ

In Manāñ wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung keine erwiesenen Gefahrenprozesse identifiziert, die aktuell eine Bedrohung für die Siedlung, ihre Bewohner und deren Habe darstellen (vgl. Kap. 5.2). Rutsch- und/oder Sturzprozesse am Hang nördlich der Siedlung, die aufgrund rezenter Ablagerungen in den landwirtschaftlichen Nutzflächen identifiziert werden konnten, haben bislang keine Schäden in der Siedlung verursacht. Aufgrund der lithologischen und stratigraphischen Eigenschaften des nördlich der Siedlung ansteigenden Hanges konnte

lediglich ein potenzieller Hangrutschungsprozess erkannt werden. Auch vom Gletschersee des Gaṅgāpurṇa-N-Gletschers auf der der Siedlung orographisch gegenüberliegenden Talflanke geht gegenwärtig keine Gefahr aus, da der See, dessen Wasserspiegel nur wenige Meter oberhalb des rezenten Flussbettes des Marsyāṇḍi Kholā liegt, über die stark erniedrigte Endmoräne kontrolliert abfließt. Sollte sich der Trend der Klimaerwärmung fortsetzen – im Hohen Himālaya liegt die Lufttemperatur nach SHRESTHA et al. (1999) um rund 1° C höher als noch in den 1970er Jahren und steigt mit 0,06 C bis 0,12° C weiterhin an – so ist infolge des fortschreitenden Gletscherrückzuges allerdings mit einem Anwachsen des Gaṅgāpurṇa-Gletschersees zu rechnen. Da im Rahmen der Gefahrenbeurteilung keine erwiesenen Gefahrenprozesse identifiziert wurden, ist es an dieser Stelle nicht erforderlich, technische Maßnahmen aufzuzeigen, die das Gefahrenpotenzial der Siedlung vermindern können.

8.2.1.3 Lārjuṅ

In Lārjuṅ wurden Wildbach- und Murprozesse im Gerinne des Lārjuṅ Kholā als dominierende Gefahr für die Siedlung erkannt. Ein Mureignis am 13. Juli 2002 führte zur Zerstörung von drei Gebäuden und großen Schäden in der Siedlung, da die Mure am Kegelhals aus dem Gerinne ausbrach und sich ungehindert über den nur wenig geneigten Schwemmfächer des Lārjuṅ Kholā ergießen konnte. Dabei wurde der nordöstliche Bereich der Siedlung bis zu 80 cm hoch übermurt. Durch Ufererosion der Kāli Gaṅḍakī wird nahezu alljährlich Material vom Rand des Schwemmfächers abgetragen. Zudem wurde westlich der Siedlung eine inaktive Rutschung an der Abbruchkante einer glaziofluvialen Terrasse identifiziert, die durch relikte Ablagerungen am Hangfuß erwiesen ist (vgl. Kap. 5.3).

Wie zuvor für Bagarchhāp erörtert, sind Wildbachsperrern nach BÖLL (1997) nicht dazu geeignet, das Gefahrenpotenzial stark Geschiebe führender Bäche oder murfähiger Gerinne zu vermindern. Da es sich beim Lārjuṅ Kholā erwiesenermaßen um ein murfähiges Gerinne handelt, können Wildbachsperrern bzw. eine Sperrentreppe nicht zur Anwendung kommen. Wildbachsperrern erfüllen nur bei permanenter Hinterfüllung mit Geschiebe ihren Zweck. Da Muren jedoch erheblich höhere Feststoff- und Wassermassen aufweisen als Hochwasserabflüsse besteht die Gefahr, dass das hinter den Sperrern abgelagerte Material ausgeräumt wird und auf diese Weise die Feststofffracht einer Mure zusätzlich erhöht wird. Aus den genannten Gründen bietet sich die Errichtung einer Geschiebestausperre am Lārjuṅ Kholā an. Eine solche Sperre kann beispielsweise in ca. einem Kilometer Entfernung von der Einmündung des Lārjuṅ Kholā in die Kāli Gaṅḍakī errichtet werden, wo das Gerinne lediglich ein sehr geringes Gefälle aufweist. In diesem Bereich könnte aufgrund der günstigen topographischen Bedingungen eine Geschiebestausperre mit ausreichender Geschieberückhaltekapazität errichtet werden, um das Gefahrenpotenzial durch Murprozesse für die Siedlung zu vermindern. Wie bereits zuvor erläutert ist es in Hochgebirgsregionen häufig sehr schwierig, aufgrund der extremen topographischen Verhältnisse eine geeignete Stelle für die Errichtung einer Sperre zu ermitteln, da ausreichend Raum zum Auffangen des Geschiebes erforderlich ist, um die Wirksamkeit einer derartigen baulichen Maßnahme dauerhaft zu gewährleisten. Zunächst müssen auch hier Datenlücken bezüglich Hochwasser- und Murabfluss, Feststofffracht usw. geschlossen werden, damit die zu errichtende Sperre im Gerinne des Lārjuṅ Kholā ausreichend dimensioniert werden kann. Außerdem ist es notwendig, das aufgefangene Geschiebe periodisch hinter der Geschiebestausperre auszuräumen, um Verklausungen oder eine Mobilisierung des Geschiebes zu verhindern. Solche Maßnahmen können auf dörflicher Ebene organisiert werden und in Form einer gemeinschaftlichen Aktion zu festgelegten Zeitpunkten im Jahr durchgeführt werden. In Abhängigkeit von Größe und Gewicht der mitgeführten bzw. aufgefangenen Feststoffe (zum Teil können große

Felsblöcke von mehreren Metern Durchmesser in Muren transportiert werden) kann jedoch der Einsatz von Maschinen erforderlich werden, um die Geschiebestausperre auszuräumen.

Um seitliche Ausbrüche aus dem Gerinne des Lārjuñ Kholā zu verhindern kann der Verlauf des Baches unterhalb einer Geschiebestausperre in eine Wildbachschale gefasst werden. Durch diese Maßnahme ließe sich eine seitliche Ausbreitung der Wasser- und Geröllmassen über den Schwemmfächer, durch die es im Juli 2002 zu schweren Schäden in der Siedlung gekommen ist, verhindern. Unter Berücksichtigung des geringen Gefälles des Lārjuñ Kholā sowie der geringen Neigung des Schwemmfächers besteht jedoch die Gefahr, dass das Gerinne bei hohen Abflüssen, die in einer Wildbachschale quasi ohne natürliche Widerstände und infolgedessen mit hohen Geschwindigkeiten erfolgen, dennoch aus der Schale austreten und sich über den Schwemmfächer ergießen kann. Neben den Wasser- und Feststoffvolumina, die ein potenzieller Murgang mitführen kann, ist für die Abmessungen einer Wildbachschale somit auch die Topographie des Schwemmfächers zu berücksichtigen.

Um das Gefahrenpotenzial von Hochwasserereignissen bzw. Ufererosion durch die Kāli Gaṇḍakī zu vermindern, wurden von einigen Bewohnern Lārjuñs am nordöstlichen Ufer des Schwemmfächers Buhnen aus Gabionen errichtet, die die erosionsfördernde uferparallele Strömung vom Rand des Schwemmfächers ablenken sollen. Zwischen Buhnen und Schwemmkegel wurden zusätzlich Weiden angepflanzt, um Feststoffe zu binden und eine Abspülung des feinkörnigen Materials zu verhindern. Da sich die Durchführung dieser technischen Maßnahme im nordöstlichen Bereich des Schwemmfächers als wirksam erwiesen hat, sollten südlich der bereits errichteten Buhnen weitere Gabione errichtet werden, um die Gefahr der Ufererosion auch für diesen Abschnitt des Schwemmkegels zu vermindern. Weitere Bäume (z.B. *Salix*) können dort angepflanzt werden, um einen zusätzlichen Rückhalt der Feststoffe zu bewirken. Es wäre auch denkbar, den Rand des Schwemmfächers anstelle der Buhnen durch die Anbringung von Flussmatratzen, die ebenfalls bepflanzt werden können, vor Ufererosion zu schützen. Bei Flussmatratzen (auch Gabionmatratze) handelt es sich um eine Spezialform der Gabione. Wie die zur Hang- und Ufersicherung verwendeten Drahtsteinkörbe sind Flussmatratzen aus Stahlgitterkörben aufgebaut, die jedoch breiter und flacher sind als „normale“ Gabione. Die Hohlräume können mit einem Sand/Kies-Gemisch eingeschlämmt und bepflanzt werden.

8.2.1.4 Tātopānī

In Tātopānī wurden Massenbewegungsprozesse und Hochwasserereignisse als dominierende Gefahren identifiziert. Infolge einer Hangrutschung am 26. September 1998 aus der orographisch linken Flanke des Kāli Gaṇḍakī-Tals 500 m südlich der Siedlung wurde der Fluss zu einem See aufgestaut und überschwemmte den südlichen Bereich Tātopānīs. Die Hochwassergefahr ist durch zwei Schadenereignisse in den Jahren 1984 und 1987 erwiesen (vgl. 5.4).

Um das Gefahrenpotenzial infolge der Hangrutschung südlich der Siedlung zu vermindern sind verschiedene, einander ergänzende technische Maßnahmen notwendig. Zunächst ist es erforderlich, die Rutschmasse aus dem Flussbett der Kāli Gaṇḍakī zu entfernen. Im Falle einer zukünftigen, potenziellen Rutschung würde aufgrund der bereits im Flussbett abgelagerten Geröllmassen eine im Vergleich zu dem Ereignis von 1998 deutlich kleinere Hangrutschung ausreichen, um erneut ein Aufstauen der Kāli Gaṇḍakī zu verursachen. Um das abgerutschte Material zu entfernen wäre jedoch der Einsatz von schwerem Gerät wie Bagger oder Bulldozer notwendig, die zunächst nach Tātopānī transportiert werden müssten (Helikopter?). Darüber hinaus stellt sich die Frage, an welchen Ort das abgerutschte Material verbracht werden könnte, d.h. es wird ein Platz benötigt, an dem überschüssiges Lockermaterial abgelagert werden kann. Da die Kāli

Gaṇḍakī im Bereich der Siedlung Tātopānī schluchtartig in einem Kerbtal verläuft, gestaltet es sich schwierig, einen solchen Platz ausfindig zu machen. Aus einem anderen Blickwinkel betrachtet erscheint es aber durchaus sinnvoll, das abgerutschte Material im Flussbett zu belassen, da der Rutschkegel eine stabilisierende Wirkung auf den Hang ausüben kann. Infolge der Hangrutschung wurde die Neigung des Hanges auf „natürlichem Weg“ reduziert, indem die im Kronenbereich abgerutschte Masse am Hangfuß akkumuliert wurde. Herrscht nun im Kronenbereich eine niedrigere Auflast, so wird der Hangfuß durch die Rutschmasse, die eine Art natürlicher Stützmauer bildet, stabilisiert.

Maßnahmen zum Oberflächenschutz wie Aufforstungen im Kronenbereich können nach Ansicht der Verfasserin nicht dazu dienen, das Gefahrenpotenzial zu vermindern. Es besteht die berechtigte Befürchtung, dass durch eine Bepflanzung im Kronenbereich die Infiltrationskapazität erhöht wird und auf diese Weise vermehrt Wasser in den Hang eindringen kann. Da durch die zahlreich vorhandenen Zerrspalten im Anrissgebiet der Rutschung bereits Wasser in den Hang einzudringen vermag, könnte bedingt durch die lithologischen und stratigraphischen Eigenschaften des Hanges (Quarz-Phyllit-Abfolge, Ausbildung von Gleitflächen, vgl. Kap. 5.4) zusätzlich vorhandenes Bergwasser zu einem Aufquellen der Tonmineralien und der Ausbildung von Gleitflächen zwischen den Gesteinsschichten führen, sodass es zur Auslösung einer erneuten Hangrutschung kommen könnte.

Eine weitere technische Maßnahme zur Verminderung des Gefahrenpotenzials bildet die Hangfußsicherung. Diese Maßnahme kann an der Rutschung südlich Tātopānī allerdings erst durchgeführt werden, nachdem die Rutschmasse aus dem Flussbett entfernt worden ist. Fluviale Erosionsprozesse (Seitenerosion, Ufererosion) beeinflussen die Stabilität im Hangfußbereich durch die Vergrößerung der Hangneigung negativ, daher muss zunächst eine Fixierung des Flussbettes entlang des rutschungsgefährdeten Hangfußes erfolgen. Aufgrund der vorherrschenden topographischen Bedingungen im betrachteten Abschnitt des Kāli Gaṇḍakī-Tals wie der cañonartigen Eintiefung, dem großen Gefälle des Flusses und des dadurch bedingten hohen und schnellen Abflusses erscheint es jedoch schwierig, das Flussbett der Kāli Gaṇḍakī an dieser Stelle mit baulichen Maßnahmen zu fixieren. Eine Möglichkeit zur Fixierung des rutschungsgefährdeten Hanges – wohlgernekt nach Ausräumung der Rutschmasse aus dem Fluss – bietet die Errichtung einer Stützmauer aus mehreren hintereinander und übereinander gesetzten Gabionen (vgl. Bild 34). Unter Berücksichtigung der Ausmaße der aktiven Rutschfläche müsste eine solche Stützmauer jedoch enorme Ausmaße haben und würde einen tiefgreifenden Einschnitt in das Landschaftsbild darstellen. Angesichts eines abgerutschten Volumens von mehreren Tausend Kubikmetern ist es allerdings fraglich, ob eine Verbauung mit einer Stützmauer derartig gewaltigen Massen, Kräften und Volumina standhalten würde.

Da das Eindringen und/oder das Vorhandensein von Bergwasser als ein wesentlicher Auslöser der Rutschung identifiziert worden ist (vgl. Kap. 5.4), bilden Entwässerungsmaßnahmen einen wichtigen Schritt zur Verminderung des Gefahrenpotenzials. Ein Eindringen von Wasser durch die zahlreich ausgebildeten Zerrspalten lässt sich nicht verhindern. Folgt man BÖLL (1997), so lassen sich auch die Sickerwasserverhältnisse durch Drainagemaßnahmen nur unzureichend beeinflussen, allerdings kann eine Verringerung der Infiltrationsrate erreicht werden. So ließe sich die Infiltration in den rutschungsgefährdeten Hang beispielsweise durch oberflächlich angelegte Drainagegräben oder Drainageleitungen verringern.



Bild 34: Errichtung einer Stützmauer und Drainagemaßnahmen zur Sicherung einer großflächigen Rutschung am Mayāñdi Kholā/Myāgdi Distrikt. (Aufnahme: A. Titz, März 2003)

Zusätzlich können auch Drainageröhren in den Hang getrieben werden, in denen das Wasser gesammelt und kontrolliert aus dem Hang abgeleitet wird. Letztere Maßnahme ist an der Rutschung südlich von Tātopāñī aber nicht durchführbar bzw. wäre nach Ausräumung der Rutschmasse lediglich am Hangfuß durchführbar, da die Rutschfläche eine Höhe von rund 500 m aufweist. In diesem Fall wäre es jedoch erforderlich, derartige Drainagemaßnahmen insbesondere im Anrissbereich durchzuführen, da dort auch während der Feldarbeiten im März 2003 stellenweise Wasseraustritte zu beobachten waren.

Um das Gefahrenpotenzial durch Hochwasserereignisse zu vermindern, stehen – abgesehen von einer möglichen Höherlegung der Gebäude in Tātopāñī – derzeit keine technischen Maßnahmen zur Verfügung. Denkbar wäre die Errichtung einer Staustufe zur Elektrizitätserzeugung mit einer Rückhaltefunktion flussaufwärts von Tātopāñī. Durch den schluchtartiger Verlauf und das hohe Gefälle des Flusses müssten zur Realisierung dieser Maßnahme jedoch zahlreiche Siedlungen in Tallage geflutet werden. Da sich die Errichtung einer Gabion-Mauer am nördlichen Rand der Siedlung als wirksame Maßnahme zur Verminderung der Gefahr von Ufererosion erwiesen hat, kann die Errichtung weiterer Gabione (Buhnen) entlang des Flussbettes der Kālī Gañḍakī dazu beitragen, den Hangfuß der fluvialen Aufschüttungsterrasse, auf welcher die Siedlung Tātopāñī angelegt wurde, wirksam vor fortschreitender Ufererosion zu schützen.

8.2.1.5 Jaljale

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung wurden in Jaljale Hochwasserereignisse und Massenbewegungsprozesse als dominierende Gefahren identifiziert. Aufgrund eines sehr hohen Abflusses und starker Geschiebeführung hat der südöstlich der Siedlung verlaufende Utise Kholā im Juli 2001 durch Übersarung und Seitenerosion zu großen Schäden an den landwirtschaftlichen Nutz-

flächen geführt. Ein Massenbewegungsprozess ist durch relikte Ablagerungen, darunter Felsblöcke von bis zu 10 m Durchmesser, erwiesen (vgl. Kap. 5.5).

Auslöser für den Schadenprozess vom Juli 2001 waren ca. einwöchige, hohe Niederschläge, die zu einer Wassersättigung im Einzugsgebiet des Utise Kholā geführt haben, sodass Wasser vermehrt oberflächlich abgeflossen ist. Da das Einzugsgebiet in 2200 m Höhe im Bereich einer gerodeten Waldfläche liegt, kann der Oberflächenabfluss durch diese Landnutzungsänderung verstärkt worden sein. Entwässerungsmaßnahmen bilden daher einen ersten Schritt zur Verminderung des Gefahrenpotenzials für die Siedlung Jaljale. Durch Maßnahmen der Oberflächen- drainage wie die Anlage von Drainagegräben oder Drainageleitungen kann oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser sowie das nach Auskunft lokaler Informanten reichlich vorhandene Quellwasser gefasst und kontrolliert abgeleitet werden.

Da der Utise Kholā grundsätzlich eine Tendenz zur Seitenerosion sowie zur Tiefenerosion aufweist besteht die Gefahr der Gullybildung: Der Utise Kholā schneidet sich infolge der Tiefenerosion weiter in das stark verwitterte Substrat ein, durch Seitenerosion werden die unteren Hangpartien der Einhänge angeschnitten, so dass insbesondere in den seitlichen Bereichen eine große Rutschgefahr besteht und fortwährend Lockermaterial weggeschwemmt wird. Um die Gefahr der Gullybildung sowie generell die fortschreitende Tiefen- und Seitenerosion zu verringern, kann das Gefahrenpotenzial durch die Errichtung einer Wildbachsperre bzw. einer Sperrentreppe vermindert werden. Da der Utise Kholā als nicht murfähig identifiziert wurde, können Gabione zur Errichtung der Wildbachsperre(n) verwendet werden. Daneben sind jedoch auch Holzkonstruktionen aus ein- oder mehrwandigen Systemen (Holzkästen, vgl. Kap. 7.1.1) denkbar. Infolge der permanenten Ablagerung von Geschiebe und Lockermaterial hinter den Sperren würde das Sohlengefälle des Utise Kholā reduziert und die Gerinnesohle zugleich angehoben werden, was eine Verringerung der Geschiebetransportkapazität zur Folge hätte. Dies würde zum einen die fortschreitende Tiefenerosion verhindern, zum anderen würde der Hangfuß der flankierenden Hänge durch eine Verminderung der Seitenerosion stabilisiert werden.

Um seitliche Ausbrüche oder Verlagerungen des Utise Kholā zu vermeiden kann der Lauf des lediglich temporär Wasser führenden Baches zwischen den Wildbachsperren bzw. unterhalb der Wildbachsperren in Form einer Wildbachschale gefasst werden. Durch diese Maßnahme kann verhindert werden, dass Wasser und Geröllmassen seitlich aus dem Gerinne austreten und sich über landwirtschaftliche Nutzflächen und die Siedlung ergießen. Eine Tendenz zu seitlichen Ausbrüchen aus dem Gerinne zeigt sich insbesondere in dem Gerinneabschnitt zwischen 2200 m NN und 2080 m NN, wo aufgrund eines seitlichen Gerinneausbruch und/oder Gerinneverlagerung Lockermaterial auf einer Breite von rund 30 m um- und abgelagert wurde. Da dieser Prozess nur wenige Meter oberhalb der Siedlung zum Stehen kam, stellt die Fassung des Utise Kholā in eine Wildbachschale eine wichtige Maßnahme zur Verminderung des Gefahrenpotenzials dar, die ihre volle Wirksamkeit jedoch nur in Verbindung mit Wildbachsperren entfalten kann (Verringerung der Gefälles, der Schleppkraft sowie der Geschiebetransportkapazität).

Technische Maßnahmen zur Verringerung des Gefahrenpotenzials der Massenbewegung sind nach Ansicht der Verfasserin nicht notwendig bzw. nicht durchführbar. Der Massenbewegungsprozess, der durch zahlreiche relikte Ablagerungen sowohl in der Siedlung als auch in den landwirtschaftlichen Nutzflächen identifiziert werden kann, ist derzeit inaktiv. Dies bedeutet allerdings, dass der Prozess bei entsprechenden äußeren Bedingungen (Erdbeben, Wasserinfiltration, Verwitterung) jederzeit reaktiviert werden könnte. Angesichts der großräumigen Verbreitung der Ablagerungen sowie der Größe einzelner abgelagerter Blöcke von bis zu 10 m Durchmesser wird deutlich, dass sich dieser Prozess vermutlich der menschlichen Kontrolle

entzieht. Die Durchführung technischer Maßnahmen zur Verringerung des Gefahrenpotenzials wird im Fall des Massenbewegungsprozesses dadurch erschwert, dass weder das Entstehungsgebiet noch der spezifische Massenbewegungsprozess exakt identifiziert werden kann (vgl. Kap. 5.5).

8.2.1.6 Pokhare & Thulīnāgī

In den Siedlungen Pokhare und Thulīnāgī wurde im Rahmen der Gefahrenbeurteilung die Grabenerosion durch den Kalimati-Gully als dominierende Gefahr identifiziert. Hohe Niederschlagsintensitäten innerhalb kürzester Zeiträume haben im Juli 1987 den Prozess der Grabenerosion ausgelöst, der 17 Todesopfer forderte, ca. 20 Häuser zerstörte und zu großen Schäden an den landwirtschaftlichen Nutzflächen führte. Verklausungen und seitliche Ausbrüche aus dem Gerinne stellen aktuell ein großes Gefahrenpotenzial für den betrachteten Siedlungsbereich dar (vgl. Kap. 5.6).

Um das Gefahrenpotenzial der Gullyerosion zu vermindern, wurden im Rahmen des Baus der *Lamosangu-Jiri-Road* Wildbachsperrren aus Gabionen errichtet und das Gerinne in Schalen gefasst. Diese Maßnahmen, die sich als äußerst wirksam für den von der Grabenerosion betroffenen Kalimati-Gully erwiesen haben, sind jedoch auf den Bereich des Gullies direkt ober- bzw. unterhalb der *Lamosangu-Jiri-Road* beschränkt, die den Kalimati-Gully in einer Höhe von 1980 m quert. Nach Durchführung dieser Maßnahmen hat sich der Kalimati-Gully durch rückschreitende Erosion und/oder Seitenerosion nicht weiter vergrößert, obwohl nach Auskunft lokaler Informanten alljährlich zum Monsun große Abflussmengen zu verzeichnen sind.

Da das stark verwitterte Lockermaterial, in welches sich der Gully eingetieft hat, sehr erosionsanfällig ist, sollten auch hangabwärts der *Lamosangu-Jiri-Road* weitere Wildbachsperrren in Form einer Sperrentreppe errichtet werden und das Gerinne durch Wildbachschalen gefasst werden. Weil der Kalimati hauptsächlich feinkörniges Material mitführt und weniger stark geschiebeführend ist als beispielsweise die Wildbäche in den untersuchten Siedlungen Bagarchhāp und Lārjuñ, können Wildbachsperrren aus Gabionen errichtet werden. Durch die erwünschte Hinterfüllung der Sperrren mit feinkörnigem Geschiebe wird das Gefälle des Kalimati-Gullies reduziert und infolge der damit verbundenen Anhebung der Sohle die Geschiebetransportkapazität verringert. Darüber hinaus wird eine weitere Eintiefung und Vergrößerung des Gullies verhindert, da durch die Stabilisation der Gerinnesohle die Tiefenerosion erheblich vermindert wird. Ebenso erfahren die flankierenden Hänge durch die Hebung der Gerinnesohle eine Konsolidierung. Diese Maßnahmen sind besonders im Hangfußbereich notwendig, wo eine außerordentlich starke Eintiefung des Kalimati-Gullies stattgefunden hat. Wie bereits erörtert, ist der Prozess der Gullyerosion nahezu zum Stillstand gekommen. Dies bedeutet jedoch, dass der Erosionsprozess unter entsprechenden äußeren Bedingungen jederzeit wieder aktiviert werden kann. Um seitliche Ausbrüche des Gerinnes oder eine Gerinneverlagerung zu vermeiden und den Abfluss kontrolliert abzuleiten kann der Kalimati Kholā in Wildbachschalen gefasst werden. Die Gefahr der Gerinneverlagerung bzw. seitlicher Ausbrüche besteht hauptsächlich in Gerinneabschnitten mit steilem Gefälle in Höhe der *Lamosangu-Jiri-Road*. Dort ist bereits parallel zum Kalimati-Gully die Bildung eines weiteren, kleinen Erosionsgrabens zu beobachten. Es kann angenommen werden, dass der gesamte Abschnitt zwischen dem Kalimati-Gully und dem neuen Erosionsgraben infolge von Seitenerosion destabilisiert und abrutschen kann. Hangabwärts, besonders im Hangfußbereich, hat sich der Gully bereits derart tief in das Lockermaterial des Hanges eingeschnitten, dass keine seitlichen Ausbrüche zu erwarten sind.

Die Erosionsflächen an den seitlichen Einhängen des Kalimati-Gully sind durch den Bestand mit Vegetation vor Abtrag geschützt, da die Feststoffe durch das Wurzelwerk der Bäume, Sträucher und Büsche zurückgehalten werden. Weil sich die Vegetation positiv auf die Infiltrationskapazität auswirkt, wird der Oberflächenabfluss, der an den stark geneigten Böschungen weitere Erosionsvorgänge zur Folge haben kann, vermindert. Um Verklausungen zu vermeiden und hohe Abflüsse schadlos ableiten zu können, muss die Vegetation allerdings in bestimmten zeitlichen Abständen zurückgeschnitten werden. Dies trifft im Besonderen für das schmale Profil des Kalimati-Gully zu, dessen Abflusskapazität durch den Bewuchs im Gerinne reduziert wird. Wie einige kleinere, frische Erosionsflächen an der steilen Böschung im Kalimati-Gully zeigen, ist ein Oberflächenschutz durch die natürliche, sich sukzessiv entwickelnde Vegetation allein nicht gegeben. Daher ist es unbedingt erforderlich, die Böschung zum Schutz vor Abtrag und Abrutschen bei hohen Abflussmengen durch bauliche Maßnahmen zu sichern, deren Gebrauchstauglichkeit durch den Bestand mit Vegetation sinnvoll ergänzt werden kann.

8.2.1.7 Karmaiyā

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung wurden in Karmaiyā Hochwasserereignisse des Bāgmatī als dominierende Gefahr identifiziert. Zuletzt forderte eine Überschwemmung im Jahr 1993 16 Todesopfer, zahlreiche Gebäude und Infrastruktureinrichtungen wurden zerstört, viele Hektar landwirtschaftlicher Nutzflächen wurden weggeschwemmt. Zudem kommt es nahezu alljährlich bei starker Wasserführung des Bāgmatī am Fuß des Riedels, auf dem die Siedlung Karmaiyā angelegt ist, infolge von Ufererosion zum Abtrag von Material (vgl. Kap. 5.7).

Im Bereich der Siedlung wurden bereits Buhnen aus Gabionen parallel zur Fließrichtung im Bāgmatī platziert, um die uferparallele, erosionfördernde Strömung vom Ufer des Riedels fernzuhalten. Diese von der Oberkante des Riedels in den Fluss abfallenden Buhnen unterbinden die Ufererosion jedoch nicht in ausreichendem Maße, da nach wie vor ein sichtbarer Materialabtrag stattfindet. Aus diesem Grund sollten weitere Buhnen am Ufer errichtet werden die dazu beitragen können, das Gefahrenpotenzial der fortschreitenden Ufererosion zu vermindern. Es müsste allerdings untersucht werden, ob waagrechte Buhnen die Strömungseigenschaften günstiger beeinflussen als die bereits bestehenden, zum Fluss abfallenden Buhnen. Diese Maßnahme kann durch ingenieurbiologische Maßnahmen ergänzt werden. So können zwischen den Buhnen an die spezifischen Standorteigenschaften des Terāis angepasste Gräser, Sträucher oder kleinwüchsige Bäume gepflanzt werden (vgl. HOWELL, 2001), die die erosionshemmende Wirkung der Buhnen durch das Feststoffrückhaltevermögen ihrer Wurzelsysteme sinnvoll ergänzen. Anstelle zusätzlicher Buhnen kann der freie Uferbereich zwischen den bereits bestehenden Buhnen auch mit Flussmatratzen ausgelegt werden, die ebenfalls bepflanzt werden können. Dadurch können die Einwirkungen von Schleppkraft und Strömung des Bāgmatī auf die Uferkante des Riedels herabgesetzt werden; der Strömung wird keine Angriffsfläche geboten und das Ufer ist vor weiterer Seitenerosion geschützt.

Das größte Gefahrenpotenzial für Karmaiyā stellen jedoch Überschwemmungen des Bāgmatī dar. Technische Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials von Überschwemmungen sind insbesondere in Tiefländern wie dem Terāi mit schwerwiegenden und großräumigen Eingriffen in den Natur- und insbesondere in den Abflusshaushalt der Flüsse verbunden. Um in Karmaiyā bei einer zukünftigen Überschwemmung Schäden zu vermindern, müsste beispielsweise ein mindestens 2 m hoher Damm errichtet werden, setzt man die Höhe des Wasserstandes bei der Überschwemmung des Jahres 1993 als Maßstab an. Derartige bauliche Maßnahmen müssen sich jedoch auf den gesamten Lauf des Bāgmatī nach seinem Austritt aus der Śiwālik-

Kette beziehen und dürfen nicht isoliert für einzelne Flussabschnitte durchgeführt werden. Die Errichtung von Dämmen zum Schutz vor Überschwemmungen wird jedoch kontrovers diskutiert, da Dämme häufig ein falsches Gefühl der Sicherheit vermitteln. Wird die Dimensionierung der Dämme falsch berechnet, können sie überfließen werden oder sogar brechen. Da sich zahlreiche Menschen in dem Glauben, einen sicheren Siedlungsstandort gefunden zu haben, auf dem Land hinter Dämmen ansiedeln, wird das Schadenpotenzial um ein Vielfaches erhöht. Todesopfer und Schäden können bei fehlender Wirksamkeit eines Dammbaus weitaus höher liegen als bei einer „normalen“ Überschwemmung ohne Damm.

Um das Gefahrenpotenzial durch Überschwemmungen zu vermindern wäre die Errichtung von ingenieurtechnisch geplanten Rückhaltemaßnahmen am Bāgmatī denkbar. Zunächst war von Seiten der nepalesischen Regierung vorgesehen, einen Hochdamm am Bāgmatī zu errichten, der auch der Kontrolle von Hochwasserabflüssen dienen sollte. Dieser Plan musste jedoch aufgrund von Wasserrechtsstreitigkeiten mit dem südlichen Nachbarland Indien fallen gelassen werden. Stattdessen wurde lediglich das Wehr flussaufwärts von Karmaiyā errichtet, um Wasser für Bewässerungszwecke in den Terāi zu leiten. Sollte ein Rückhaltebecken am Bāgmatī errichtet werden besteht die Gefahr, dass es erneut zu Ungereimtheiten zwischen den Nachbarländern Nepāl und Indien bezüglich der Wasserrechte kommt bzw. dass die Durchführung einer solchen baulichen Maßnahme aufgrund der Streitigkeiten nicht realisiert werden kann. Neben der rechtlichen Seite stellen die topographischen Bedingungen ein weiteres Hindernis dar, da eine geeignete Stelle im Gelände gefunden werden muss, an der z.B. ein Rückhaltebecken mit ausreichender Rückhaltekapazität errichtet werden kann. Für eine solche bauliche Maßnahme wäre der Bāgmatī-Abschnitt, der schluchtartig in der Śiwālik-Kette verläuft, besser geeignet als Flussabschnitte südlich der Śiwālik-Kette, in denen der Bāgmatī mit äußerst geringem Gefälle in der Ebene des Terāi verläuft. Im Terāi wäre eine enorm große Rückhaltefläche erforderlich und eine Umsiedlung der Bevölkerung aus der dicht besiedelten und intensiv genutzten Ebene unumgänglich.

Eine weitere bauliche Maßnahme zur Verringerung des Gefahrenpotenzials bildet die bauliche Höherlegung von Gebäuden durch Fundamente oder Pfähle. Karmaiyā liegt zwar auf einem erhöhten Riedel oberhalb des rezenten Flussbettes des Bāgmatī, jedoch hat diese natürlich bedingte, erhöhte Lage der Siedlung bei der Überschwemmung 1993 nicht ausgereicht, um Schäden und Todesopfer zu verhindern. Sollte ein zukünftiges, potenzielles Hochwasser ähnlich hohe Abflussmengen wie 1993 aufweisen, müsste erneut mit Opfern und Schäden infolge von Überschwemmungen gerechnet werden. Sicherlich lässt sich durch eine Höherlegung der Gebäude kein hundertprozentiger Schutz vor Überschwemmungen erzielen, allerdings ließe sich das Gefahrenpotenzial durch solche Maßnahmen verringern.

Auch für Karmaiyā wird deutlich, dass das Gefahrenpotenzial potenziell durch technische Maßnahmen vermindert werden kann. Der Durchführung der Maßnahmen sind jedoch vielfach topographische, finanzielle, logistische oder auch rechtliche bzw. politische Grenzen gesetzt. Statt einer Verminderung des Gefahrenpotenzials durch technische Maßnahmen, mit denen aktiv in den Ablauf von Gefahrenprozessen eingegriffen wird, sollte daher der passiven Verminderung des Schadenpotenzials durch nicht-technische Maßnahmen der Vorzug gegeben werden.

8.2.2 NICHT-TECHNISCHE MASSNAHMEN ZUR VERMINDERUNG DES SCHADENPOTENZIALS

Verschiedene nicht-technische Maßnahmen zur Verminderung des Schadenpotenzials wurden bereits in Kapitel 7.2 vorgestellt. In diesem Kapitel wird nun diskutiert, durch welche dieser passiven Maßnahmen das Schadenpotenzial in den untersuchten Siedlungen vermindert werden kann. Da diese Maßnahmen nicht in den spezifischen Ablauf einzelner Gefahrenprozesse eingreifen, werden sie zusammenfassend für alle untersuchten Siedlungen behandelt, da sie prinzipiell in allen Siedlungen durchführbar sind.

8.2.2.1 Risikoanalyse, Gefahrenkarten und raumplanerische Maßnahmen

Die landesweite Abschätzung der Gefährdung durch Naturgefahren war eine idealistische Zielvorgabe der IDNDR, die in zahlreichen Ländern – so auch in Nepäl – nicht realisiert werden konnte. Es ist jedoch erforderlich, Gefahren und Risiken durch Naturereignisse zu identifizieren und zu beurteilen, um sie mit gezielten Maßnahmen wirksam zu reduzieren. Derartige Maßnahmen sollten die Kriterien der Effizienz (Kosten-Nutzen), Nachhaltigkeit, Akzeptanz und insbesondere der Realisierbarkeit erfüllen. Die Reduzierung des Gefahrenpotenzials durch aktive, technische Maßnahmen ist meist nicht ausreichend, in vielen Fällen sind derartige Maßnahmen aufgrund einer Vielzahl interdependierender Faktoren überhaupt nicht durchführbar. Im Gegensatz dazu kann eine umfassende Risikoanalyse einen wertvollen Beitrag dazu leisten, Gefahren und Risiken bei raumplanerischen Tätigkeiten zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang kommt der Erstellung von Gefahrenkarten, die die Grundlage für raumplanerische Maßnahmen zur Verminderung des Schadenpotenzials bilden, gerade für Entwicklungsländer wie Nepäl eine große Bedeutung zu. Im Vergleich zu kostspieligen, nur begrenzt durchführbaren und unzureichend wirksamen technischen Maßnahmen stellen raumplanerische Maßnahmen eine Möglichkeit dar, das Schadenpotenzial sowohl ländlicher Siedlungen als auch urbaner Zentren effektiv zu vermindern. Dazu müssen allerdings geeignete gesetzliche, institutionelle, politische und personelle Rahmenbedingungen vorhanden sein bzw. geschaffen werden. In den Entwicklungsplänen Nepäls ist die Erstellung von Gefahrenkarten und Gefahrenzonenplänen zwar als ein Entwicklungsziel verankert (vgl. Kap. 2.2.4), die Umsetzung erfolgte bisher jedoch nur halbherzig, da in Nepäl gesetzliche Grundlagen zur Berücksichtigung von Naturgefahren in der Raumplanung fehlen bzw. keine rechtlich verbindliche Raum- und Landnutzungsplanung existiert.

Neben dem Beitrag zu einer angepassten Raum- und Landnutzungsplanung dient eine Risikoanalyse zudem als Grundlage für die Ausformulierung eines effizienten Risikomanagements sowie der horizontalen und vertikalen Verknüpfung des Risikomanagements mit weiteren Planungen bzw. der Integration in die Entwicklungsstrategien eines Landes. Die Durchführung einer Risikoanalyse kann somit einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung eines Landes leisten, da ein enger Zusammenhang zwischen Naturereignissen, Umwelt und sozialem Umfeld besteht. Eine Entwicklung kann nämlich nur dann nachhaltig sein, wenn sie eine Gesellschaft wie die Nepäls in die Lage versetzt, die Anfälligkeit gegenüber extremen Naturereignissen zu reduzieren und negative Folgen zu bewältigen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden im Nepäl-Himālaya am Beispiel von sieben ländlichen Siedlungen exemplarische Risikoanalysen durchgeführt. In der Regel verfolgen Risikoanalysen das Ziel, quantitative Aussagen über die Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit sowie Ausmaß und Intensität eines potenziell gefährlichen Prozesses zu treffen. Aufgrund der Daten-situation in Nepäl ist es lediglich möglich gewesen, Gefahren-Hinweiskarten für die untersuch-

ten Siedlungen zu erstellen. Sie liefern qualitative Aussagen zur Exposition schadenrelevanter Bereiche der Siedlungen gegenüber den einzelnen gefahrenbringenden Prozessen (vgl. Kap. 6.2). Damit können gefährdete bzw. sichere Bereiche in den einzelnen Siedlungen abgegrenzt werden; eine Festlegung von Gefahrenzonen, die im Rahmen einer Nutzungsplanung Berücksichtigung finden, ist hingegen nicht möglich. Die Erstellung von Gefahrenkarten, aus denen verbindlich raumplanerische Maßnahmen abgeleitet werden können, ist daher nur möglich, wenn die erforderlichen Grundlagendaten zur Verfügung stehen.

Um im Nepāl-Himālaya raumplanerische Maßnahmen zur Verminderung des Schadenpotenzials durchführen zu können ist es daher dringend erforderlich, die notwendigen Datengrundlagen bzw. deren Erhebungsmethoden zu verbessern. Darüber hinaus bedarf es einer Abwägung, inwieweit Erfahrungen mit der Methodik der Risikoanalyse – beispielsweise aus Ländern wie der Schweiz – auf Nepāl übertragen werden können, wo vollkommen andere politische, ökonomische und soziokulturelle Bedingungen vorherrschen. Es ist unerlässlich, eine an die technologischen, ökologischen und finanziellen Rahmenbedingungen Nepāls angepasste Methodik zu entwickeln die es ermöglicht, auch in abgelegenen und schwer zugänglichen Gebieten Risikoanalysen durchzuführen. Eine große Chance besteht hierbei im Einsatz Geographischer Informationssysteme, die im Naturgefahrenbereich mit zusätzlichen digitalen Informationen, beispielsweise aus Fernerkundungsdaten, verknüpft und zur Datenverwaltung und Datenanalyse genutzt werden können und.

8.2.2.2 Versicherung

Privatpersonen in Nepāl ist es aus ökonomischen Gründen generell nicht möglich, sich gegen Schäden durch extreme Naturereignisse wie Hochwasser, Erdbeben oder Massenbewegungen zu versichern. Darüber hinaus konnte im Rahmen der Feldarbeiten nicht in Erfahrung gebracht werden, ob prinzipiell die Möglichkeit besteht, derartige Versicherungen in Nepāl abzuschließen. Des Weiteren blieb ungeklärt, ob beispielsweise Großprojekte wie Wasserkraftwerke oder aber Hotels in Kāṭhmāṇḍu gegen Schäden infolge natürlicher Extremereignisse abgesichert sind.

Wie bereits in Kapitel 7.2.2 beschrieben, basieren Versicherungen auf dem Solidaritätsprinzip und haben das Ziel, einen Schaden auf eine möglichst große Anzahl von Personen zu verteilen. Es wäre daher denkbar, ein derartiges Versicherungssystem auf lokaler Ebene zu implementieren. Im Rahmen einer lokalen Versicherung könnten zum Beispiel Bewohner einer Siedlung einen festgelegten Betrag in einen Fond einzahlen, dessen Mittel im Fall eines natürlichen Extremereignisses an die Bedürftigen ausgeschüttet werden. Eine landesweite Umsetzung dürfte in Nepāl jedoch mit zahlreichen Schwierigkeiten verbunden sein, da das Solidaritätsprinzip in der noch immer stark vom Kastendenken geprägten Gesellschaft nicht verwurzelt ist. Marginalisierte Bevölkerungsgruppen, die beispielsweise nur ein geringes oder kein außeragrarisches Einkommen erwirtschaften, werden sich aus ökonomischen Gründen nicht an einer solchen Versicherung beteiligen können. In den untersuchten Siedlungen Bagarchhāp, Lārjuñ und Tātopānī wäre es den dort ansässigen Guruñ und Thākāli durchaus möglich, eine Versicherung auf dörflicher Ebene abzuschließen, da sie durch Handel und die Tätigkeit im Tourismusgewerbe für nepalesische Verhältnisse hohe Einkommen erzielen. Um Unstimmigkeiten zu vermeiden, müssten Ein- und Auszahlungsmodi allerdings genau festgelegt werden. Da in den genannten Siedlungen jedoch auch Angehörige der hinduistischen Gruppe der „Berufskasten“ leben besteht die Gefahr, dass diese sich aus ökonomischen Zwängen heraus nicht an einer Versicherung beteiligen können und daher aufgrund ihrer soziokulturellen und ökonomischen Stellung im

Sinne einer sozioökonomischen Vulnerabilität verletzlicher sind als die Guruñ- und Thākāli-Bevölkerung.

Ein vergleichbares System, das allerdings als autochthones Kredit- und nicht als Versicherungssystem fungiert, hat MESSERSCHMIDT (1978) für die überwiegend tibeto-burmanische Bevölkerung der Distrikte Manāñ, Mustāñ und Myāgdī beschrieben. Bei diesem so genannten *dhikur* (*rotating credit association*) handelt es sich um einen Interessenverband von Freunden, Bekannten oder Dorfbewohnern mit ähnlichen finanziellen Bedürfnissen. Die Anteilseigner eines *dhikurs* zahlen in regelmäßigen Abständen eine zuvor festgelegte Rate in einen Fond ein, die jährlich um einen zuvor festgelegten Betrag ansteigt. Nach jedem Einzahlungszyklus (jährlich, halbjährlich) erhält einer der Anteilseigner einmalig die Summe aller Einzahlungen. Der Anteilseigner, der als erster eine Ausschüttung erhält – meist der Initiator des *dhikurs* – erhält auf diese Weise relativ schnell Kapital (beispielsweise für Landkauf, Hausbau, Feierlichkeiten, usw.). Die übrigen Anteilseigner müssen länger auf eine Ausschüttung warten, dafür erhöht sich aufgrund der ansteigenden Einzahlungsrates jedoch die Summe der Ausschüttungen. Dieses autochthone, rotierende Kreditsystem könnte als Vorbild für Versicherung gegen Schäden durch Naturgefahren auf dörflicher Ebene fungieren. Es gilt jedoch zu bedenken, dass bei diesem System lediglich einmalig eine Kapitalausschüttung erfolgt. Dies könnte zu Problemen führen, wenn mehrere Mitglieder eines *dhikur* Schäden infolge eines Naturereignisses zu beklagen haben und finanzielle Mittel benötigen.

8.2.2.3 Frühwarnung

Der Prozess der Frühwarnung gliedert sich in die drei Phasen der Vorhersage, der Warnung und der Reaktion und zielt darauf ab, im Eintrittsfall eines Schadenereignisses durch die temporäre Evakuierung betroffener Bevölkerungsgruppen zumindest Menschenleben zu retten (vgl. Kap. 7.2.3). Im eigentlichen Sinne beinhaltet Frühwarnung die Errichtung von Warn- und Alarmsystemen, die Planung geeigneter Fluchtwege sowie gegebenenfalls den Zugang zu Schutzbauten.

Prozesse der Frühwarnung können im Nepāl-Himālaya nach den oben aufgestellten Kriterien nicht durchgeführt werden, da die erforderlichen Technologien zur Messung, Analyse und Kommunikation nicht zur Verfügung stehen, um hinreichend genaue Vorhersagen machen zu können. Um Größe, Lokalität und zeitlichen Verlauf eines extremen Naturereignisses anzugeben, ist jedoch die Analyse technisch-wissenschaftlicher Messungen unbedingt erforderlich. Bestimmte Prozesstypen wie Erdbeben, GLOF oder Murgänge entziehen sich bislang jedoch einer konkreten Vorhersage. Während Erdbeben plötzlich auftreten und sich einer Frühwarnung im Sinne einer konkreten Angabe von Lokalität und Zeit entziehen, kündigen sich Gletscherseeausbrüche meist Tage oder Wochen im Voraus an. Da Gletscherseen in der Regel weit entfernt von Siedlungen liegen, findet ein Ausbruch meist unbemerkt statt und trifft die flussabwärts siedelnde Bevölkerung völlig unvorbereitet. Auch bei Murgängen gestaltet sich eine konkrete Vorwarnung schwierig, da in einem Wildbacheinzugssystem extreme Niederschlagsereignisse sowohl mit als auch ohne Bildung von Murgängen ablaufen können. Wird ein Murgang ausgelöst, so vergehen bis zu dessen Eintreffen auf dem Wildbachkegel meist nur wenige Minuten, sodass eine Vorwarnung kaum möglich ist. Die Vorwarnzeit bei Rutschungen ist im Allgemeinen recht lange, jedoch ist eine Überwachung zahlreicher Indikatoren notwendig, die beim Erreichen eines kritischen Wertes auf den Ablauf einer Rutschung hinweisen. Das Abrutschen selbst kann jedoch sehr plötzlich erfolgen. Überschwemmungen lassen sich in Abhängigkeit von der Topographie und der Größe des jeweiligen Flusseinzugsgebietes hinreichend

genau vorhersagen. Je kleinräumiger und steiler jedoch ein Einzugsgebiet ist, desto ungenauer ist die Vorwarnung und umso begrenzter sind die Reaktionsmöglichkeiten. Durch eine Verbesserung der technischen-wissenschaftlichen Mess- und Analysemethoden in Nepāl könnten daher zumindest für die untersuchten Siedlungen Tātopānī (Hochwasser, Rutschung) und Karmaiyā (Hochwasser) Frühwarnsysteme implementiert werden.

In Nepāl könnte der Aufbau eines dezentralen Frühwarnsystems für Prozesstypen wie Hochwasser, Hangrutschung und möglicherweise auch Murgänge Erfolg versprechend sein. Da die Gefährdung auf lokaler Ebene sehr stark variiert, ist es erforderlich, ein Frühwarnsystem den jeweiligen lokalen Gegebenheiten anzupassen. Auf diese Weise könnte zudem die Umweltkenntnis der Lokalbevölkerung in die Implementierung eines Frühwarnsystems einfließen. Eine dezentrale Organisation der Frühwarnung ist im Besonderen für die ländliche Bevölkerung von Bedeutung, da sie bei einer zentralen Organisation unter Umständen verspätet oder gar nicht erreicht werden würde. Für ein effektives Frühwarnsystem müssen zudem funktionierende Kommunikationsstrukturen geschaffen werden, die auch nach Eintritt eines Naturereignisses funktionieren.

Wie in Kapitel 8.1.1 erläutert, wurde in der untersuchten Siedlung Bagarchhāp ein Prozess der Frühwarnung erfolgreich durchgeführt, der allerdings nicht nach wissenschaftlichen Kriterien erfolgt ist. Bewohner der Siedlung deuteten die schlammbräune Verfärbung des Ghaṭṭe Kholā in Verbindung mit vorangegangenen starken Niederschlägen als Indiz für einen drohenden Murgang. Die Warnung wurde an die Bevölkerung der Siedlung weitergegeben und die Siedlung daraufhin evakuiert. Obgleich infolge des Murgangs große Schäden in der Siedlung entstanden, konnten auf diese Weise zumindest zahlreiche Menschenleben gerettet werden. Frühwarnungen basierend auf Beobachtungen der natürlichen Umwelt (Niederschlagstätigkeit, Hangbewegungen, grollende Geräusche usw.), auf der lokalen, tradierten Umweltkenntnis der Bevölkerung sowie auf Erfahrungen aus vorangegangenen Ereignissen bilden eine wirksame Maßnahme, um das Schadenpotenzial für ländliche Siedlungen zu vermindern. Neben Bagarchhāp (Murgang) kann ein solches Frühwarnsystem auch in den untersuchten Siedlungen Lārjuñ (Murgang, Ufererosion), Tātopānī (Rutschung, Hochwasser), Jaljale (Überschwemmung) sowie in Pokhare und Thulīnāgī (Gullyerosion) zur Anwendung kommen.

8.2.2.4 Evakuierung

Permanente Evakuierungen stellen extreme Maßnahmen dar, die nur in Ausnahmefällen durchgeführt werden können, da die betroffene Bevölkerung häufig nicht freiwillig ihren Wohnort verlassen möchte. In den untersuchten Siedlungen Bagarchhāp, Lārjuñ, Tātopānī, Karmaiyā sowie Pokhare und Thulīnāgī wurde der Prozess der permanenten Evakuierung jedoch von einigen Dorfbewohnern freiwillig durchgeführt. Familien, die infolge eines extremen Naturereignisses ihrer Lebensgrundlage beraubt wurden, haben diese Siedlungen verlassen und ihren Wohnort dauerhaft in eine andere Siedlung, ein anderes VDC oder sogar einen anderen Distrikt verlegt. Dies war jedoch nur Familien möglich, die nicht aufgrund ökonomischer Zwänge zum Verbleib am gefährdeten Siedlungsstandort genötigt waren.

Temporäre Evakuierungen zur Verminderung des Schadenpotenzials können dort durchgeführt werden, wo betroffene Bevölkerungsgruppen durch ein Frühwarnsystem vor einem Ereignis gewarnt werden bzw. dort, wo die lokale Bevölkerung natürliche Anzeichen für das Auftreten eines Extremereignisses richtig interpretiert und in konkrete Warnungen umsetzt. Die Dauer der temporären Evakuierung kann wie in den Beispielen der untersuchten Siedlungen zwischen einigen Tagen (Bagarchhāp, vgl. Kap. 8.1.1) und mehreren Monaten (Lārjuñ, vgl. Kap. 8.1.3)

variieren. Kurzzeitige temporäre Evakuierungen sind bei kleineren Siedlungen in der Regel gut durchführbar, da die Bewohner bei Verwandten und Freunden in benachbarten Siedlungen für einen begrenzten Zeitraum Unterschlupf finden können. Eine temporäre Evakuierung größerer Siedlungen oder gar Städte bedarf jedoch eines enormen logistischen Aufwandes, da eine größere Anzahl von Menschen untergebracht und versorgt werden muss. Derartige Evakuierungen sind daher nur in geplanter Form durch öffentliche Behörden durchzuführen.

Auf freiwilliger Basis durchgeführte, länger andauernde temporäre Evakuierungen sind wie permanente Evakuierungen stark von der ökonomischen Position der betroffenen Bevölkerungsgruppen abhängig. So ist es beispielsweise wohlhabenden Thākāli-Familien aus Lārjuñ möglich, die Siedlung für die Dauer des Monsuns zu verlassen und in dieser Zeit bei Verwandten in Pokharā oder anderen urbanen Zentren im Nepalesischen Mittelland oder dem Terāi unterzukommen. Der Handlungsspielraum ökonomisch schlechter gestellter Personengruppen hingegen ist stark limitiert. Häufig sind sie darauf angewiesen, ihr Wohnhaus sowie ihre Einkommensquellen (Landwirtschaft, Lohnarbeit, Handwerk) vor Ort in der gefährdeten Siedlung unter allen Umständen aufrechtzuerhalten.

8.2.2.5 Bereitschaftserhöhende Maßnahmen

Bereitschaftserhöhende Maßnahmen zur Verminderung des Schadenpotenzials lassen sich mit relativ einfachen Mitteln in Siedlungen durchführen, in denen bereits ein extremes Naturereignis stattgefunden hat oder potenziell stattfinden kann. Bereitschaftserhöhende Maßnahmen umfassen beispielsweise den Aufbau lokaler Hilfsstrukturen, durch die nach Eintritt eines Schadenereignisses unmittelbar vor Ort und in relativ kurzer Zeit erste Rettungs- und Hilfsmaßnahmen eingeleitet werden können. Neben der Anleitung von Ersthelfern zur Bergung von Personen oder zu Aufräumarbeiten beinhalten bereitschaftserhöhende Maßnahmen darüber hinaus eine Ausbildung von Personen in Erster Hilfe, um Verletzten eine schnelle und adäquate Erstversorgung zukommen zu lassen.

Einen wichtigen Bestandteil bildet die Information der betroffenen Bevölkerung, da ein bewusster Umgang mit Naturgefahren voraussetzt, dass die Risiken bekannt sind. Da durch Schadenereignisse häufig landwirtschaftliche Nutzflächen zerstört und/oder beschädigt werden bzw. die Ernte vernichtet wird, sollten generell Lebensmittel bevorratet werden, um die Ernährung der betroffenen Bevölkerung für einen begrenzten Zeitraum sicherzustellen. Lebensmittel, eventuell auch Trinkwasser, können zusammen mit medizinischem Material und Räumwerkzeugen an einem Standort deponiert werden, der nicht durch einen potenziellen Prozess gefährdet ist. Die hier beschriebenen bereitschaftserhöhenden Maßnahmen können auf VDC- oder Dorfebene organisiert und der Lokalbevölkerung im Rahmen von Workshops und Übungen näher gebracht werden. Im Weiteren können Schutzbauten errichtet werden, die die gefährdete Bevölkerung nach erfolgter Frühwarnung aufsuchen kann. So können beispielsweise in Karmaiyā höher gelegene Gebäude errichtet werden, in die sich die Bevölkerung bei einer drohenden Überschwemmung zurückziehen kann. In Abhängigkeit von der Bevölkerungszahl einer Siedlung müssen mehrere solcher Gebäude errichtet werden. Besteht keine akute Gefahr, können diese Gebäude z.B. als Schulen genutzt werden oder andere Gemeinschaftsfunktionen erfüllen.

Da die Siedlungen Bagarchhāp, Manāñ, Lārjuñ und Tātopānī einer starken touristischen Nutzung unterliegen, ist es dort dringend erforderlich, neben der Lokalbevölkerung auch Touristen für potenzielle Gefahren zu sensibilisieren. Darüber hinaus muss den Touristen erläutert werden, wie im Falle eines extremen Naturereignisses konkret zu reagieren ist. Dies kann bei-

spielsweise über mehrsprachige Hinweistafeln oder Plakate im Ort bzw. in den Lodges selbst erfolgen. Aber auch in Kāṭhmāṇḍu kann bereits über das Büro des *Annapurna Conservation Area Projects* (ACAP), in dem die Trekking-Permits ausgestellt werden und Eintrittsgelder entrichtet werden, sowie über Trekkingagenturen Aufklärungsarbeit geleistet werden.

8.3 NATURGEFAHREN-MANAGEMENT IN NEPÄL – PROBLEMBEREICHE UND VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN

Im Anschluss an die Beschäftigung und Auseinandersetzung mit Naturgefahren und Naturrisiken lassen sich für das Naturgefahrenmanagement in Nepäl verschiedene Problembereiche identifizieren. Sie beeinflussen entscheidend, wie Naturgefahren und Naturrisiken in Nepäl gehandhabt werden sollen und können. Die Entscheidung darüber, was im Rahmen eines Naturgefahrenmanagements getan wird und getan werden soll hängt insbesondere von den technischen, finanziellen und politischen Rahmenbedingungen und Möglichkeiten des Landes ab. Im Fall von Nepäl existieren eine Reihe von Unsicherheiten, die das Gefahren- und Schadenpotenzial in Zukunft weiter erhöhen werden, wie z.B. das weiterhin hohe Bevölkerungswachstum, die wachsende Mobilität der Bevölkerung, die unkontrollierte Ausbreitung von Siedlungs- und Wirtschaftsflächen, sozio-politische Veränderungen und nicht zuletzt der Einfluss des globalen Klimawandels.

8.3.1 WISSENSCHAFTLICHER BEREICH

In Nepäl bestehen im Speziellen im wissenschaftlichen Bereich erhebliche Defizite für eine siedlungsorientierte Naturgefahrenforschung. Bisläng gibt es eine ganze Reihe von Einzelprojekten und Detailstudien, die sich im Wesentlichen jedoch auf wichtige Verkehrsverbindungen und Wasserkraftwerke beschränken. Daher ist es unumgänglich, eine einheitliche Methode für eine umfassende und effiziente Gefahren- bzw. Risikoanalyse in Nepäl zu entwickeln, in welcher Siedlungen besondere Berücksichtigung finden. In diesem Zusammenhang ist es erforderlich, den Bereich der Grundlagenforschung zu verbessern, d.h. die im Nepäl-Himālaya vorkommenden Gefahrenprozesse müssen in ihren Ursachen, ihrer räumlichen Verbreitung sowie ihrer Häufigkeit besser verstanden werden. Darüber hinaus ist es notwendig, den Einfluss anthropogener und natürlicher Faktoren auf die Auslösung von Gefahrenprozessen zu identifizieren und zu dokumentieren sowie ihre gegenseitigen Wechselwirkungen zu untersuchen.

Abgesehen von der zuvor erläuterten stark naturwissenschaftlich-ingenieurtechnischen Perspektive der Naturgefahrenforschung müssen in Nepäl verstärkt sozialwissenschaftliche Ansätze zur Anwendung kommen. Exemplarisch seien an dieser Stelle der Vulnerabilitätsansatz, partizipative Ansätze, bei welchen den Betroffenen eine aktive Rolle bei der Risikoanalyse und Maßnahmenplanung zukommt, sowie perzeptions- und verhaltensorientierte Ansätze, die den Einfluss der Gefahrenwahrnehmung, -deutung und -bewertung auf das räumliche Verhalten untersuchen, genannt. Da es in Anlehnung an den Vulnerabilitätsansatz eine Vielzahl interdependierender anthropogener Faktoren sind, die die Anfälligkeit der Bevölkerung gegenüber den negativen Auswirkungen eines Naturereignisses bestimmen, muss dieser Verursachungsmechanismus aus politisch-institutionellen, sozio-kulturellen und ökonomischen Faktoren eingehend untersucht werden. Faktoren wie undemokratische Strukturen, Korruption, eine unklare Aufgabenverteilung, sozialer Status, Klasse, Geschlecht, Armut und ein mangelnder Zugang zu Ressourcen bilden in Nepäl die Rahmenbedingungen, die gesellschaftliche Gruppen oder geographische Regionen anfällig gegenüber Naturgefahren machen. Die detaillierte Erfassung und das

Verständnis dieser Faktoren sind für die Risikoabschätzung und die Realisierbarkeit von Strategien und Maßnahmen im Rahmen eines integrativen Naturgefahrenmanagements von außerordentlich großer Bedeutung.

Als größte Hürde bei der Durchführung der Risikoanalysen hat sich für die vorliegende Arbeit die Datenunsicherheit für Nepāl erwiesen. Da keine mathematisch-physikalischen Modellrechnungen oder Simulationen möglich waren, konnten lediglich qualitative Aussagen zum Gefahren- und Schadenpotenzial der einzelnen untersuchten Siedlungen getroffen werden. Abgesehen von der Risikoanalyse sind auch für die Planung technischer und nicht-technischer Maßnahmen Grundlagendaten erforderlich, damit das Gefahren- und Schadenpotenzial wirksam vermindert werden kann. Eine detaillierte Erhebung von topographischen, hydrologischen, meteorologischen und geologischen Grundlagendaten sowie sozio-kulturellen und ökonomischen Daten ist daher dringend erforderlich. Liegen die relevanten Grundlagendaten in geeigneter Form vor, können sie in einem Geographischen Informationssystem verwaltet und analysiert werden. Darüber hinaus wäre die Anbindung von digitalen Fernerkundungsdaten denkbar, was im Besonderen eine Risikoanalyse für schwer zugängliche Regionen erheblich erleichtern würde.

Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf der Ausbildung einer eigenen Forschungskapazität in Nepāl liegen, d.h. es sollten verstärkt lokale Wissenschaftler und Praktiker für einen Einsatz im Naturgefahrenmanagement ausgebildet werden. In diesem Zusammenhang kommt der Vernetzung mit Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen im benachbarten Ausland eine große Bedeutung zu, um auf diese Weise zum einen Daten, Ergebnisse und Methoden auszutauschen, zum anderen aber auch Maßnahmen, beispielsweise an grenzüberschreitenden Flussläufen, zu koordinieren.

8.3.2 TECHNOLOGISCHER BEREICH

Im technologischen Bereich sollte ein Aufbau von Überwachungsnetzen und Frühwarnsystemen angestrebt werden, damit gefährdete Bevölkerungsgruppen rechtzeitig gewarnt werden und die Gefahrenzone verlassen können. Wie zuvor angesprochen, ist es unter bestimmten Voraussetzungen für in Nepāl häufig auftretende Prozesse wie Überschwemmungen und Rutschungen möglich, Vorhersagen im Sinne einer Frühwarnung zu machen. Dazu ist es jedoch erforderlich, die Indikatoren, die einen dieser Gefahrenprozesse auslösen können, permanent mit technischen Geräten auf kritische Werte hin zu überwachen. Aus finanziellen, topographischen und logistischen Gründen ist es in Nepāl bisher nicht möglich, alle Flusssysteme auf potenzielle Hochwasserereignisse bzw. alle rutschungsgefährdeten Hänge auf ein Abrutschen hin zu überwachen. Überwachungs- und Frühwarnsysteme sollten flussabwärts ausbruchsgefährdeter Gletscherseen sowie entlang der Hauptflusssysteme eingerichtet werden. Das Flut-Frühwarnsystem an Rolwālīñ Kholā und Bhoṭe Koshī (*Tsho Rolpa GLOF Risk Reduction Project*, vgl. Kap. 4.2.1) kostete bereits 1 Mio. US \$, auf Nepāl kämen also Kosten in der Höhe mehrerer Millionen US \$ zu, um auch an anderen Flüssen Überwachungs- und Frühwarnsysteme zu installieren. Diese Kosten können nur durch Kredite und die finanzielle Unterstützung der internationalen Entwicklungsgemeinschaft bewältigt werden. Da Rutschprozesse in Nepāl sehr weit verbreitet sind, ist hier nach Kriterien wie z.B. dem Grad der Gefährdung, der Höhe des Schadenpotenzials oder der ökonomischen Bedeutung des betrachteten Systems eine Auswahl zu treffen; es liegt auf der Hand, dass nicht jeder rutschungsgefährdete Hang überwacht werden kann. Da Rutschungen während des Monsuns regelmäßig zu einer Unterbrechung der Verkehrsverbindungen zwischen den Kāṭhmāñḍu-Tal und anderen Landesteilen führen, was häufig Versorgungsengpässe im Kāṭhmāñḍu-Tal zur Folge hat, sollten zunächst rutschungsgefährdete Hänge an den bedeuten-

den Verkehrswegen überwacht werden. Darüber hinaus wäre es denkbar, in einzelnen, von Hangrutschungen besonders gefährdeten Siedlungen Überwachungs- und Frühwarnsysteme zu installieren. Der Aufbau von Frühwarnsystemen sollte allerdings dezentral erfolgen, da die Gefährdung auf lokaler Ebene sehr stark variieren kann. Eine dezentrale Organisation der Frühwarnung ist im Besonderen für die ländliche Bevölkerung in schwer zugänglichen Regionen von Bedeutung, da sie anderenfalls nur verspätet oder gar nicht erreicht werden würde.

Zudem ist es dringend erforderlich, sowohl die nationalen als auch die internationalen Kommunikationssysteme und Kommunikationsnetze auszubauen und zu verbessern. Zum einen ist dadurch ein schnellerer Daten- und Informationsaustausch möglich, auch mit den benachbarten Staaten Indien und China, zum anderen ist ein funktionierendes Kommunikationssystem notwendig, um die Bevölkerung vor Eintritt eines extremen Naturereignisses zu warnen. Dabei ist es von großer Wichtigkeit, dass die Kommunikationssysteme auch im Falle eines Schadenergebnisses funktionieren, d.h. sie müssen weniger stör anfällig werden. Würde ein Erdbeben das Kāthmāṇḍu-Tal erschüttern, würde innerhalb kürzester Zeit das gesamte Kommunikationsnetz Nepāls zusammenbrechen.

Bedingt durch die schlechte verkehrstechnische Erschließung des Landes ist es problematisch, Räumwerkzeug, Hilfsmittel oder Material für technische Maßnahmen in abgelegene Siedlungen zu transportieren. Das Material muss in solchen Fällen von Fernstraßen aus in mehrtägigen Fußmärschen in die betroffenen Gebiete und Siedlungen getragen werden. Aus diesem Grund ist es meistens nicht möglich, schweres Gerät wie Bagger oder Bulldozer in ein abgelegenes Siedlungsgebiet zu bringen, die beispielsweise zu Räumungsarbeiten nach Eintritt eines extremen Naturereignisses notwendig wären.

8.3.3 ÖKONOMISCHER BEREICH

Mit DAMS (2001:249) sind die „Auswirkungen von extremen Naturereignissen [...] umso schwerwiegender, je wirtschaftsschwächer ein Land ist. Sie bewirken eine Katastrophe, weil die jeweilige Politik, Gesellschaft und Ökonomie eines Landes nicht die finanziellen Mittel hat, um durch Eigenanstrengungen im Ernstfall durchgreifende Nothilfe selbst zu leisten und Vorbeugungsmaßnahmen rechtzeitig einzuleiten.“ Im Verlauf der vorliegenden Arbeit wurde an mehreren Stellen aufgezeigt, dass der Durchführung sowohl vorbeugender Maßnahmen als auch Maßnahmen nach Eintritt eines extremen Naturereignisses hauptsächlich finanzielle Grenzen gesetzt sind. Für das Entwicklungsland Nepāl wäre es eine unvorstellbar große finanzielle Belastung, das Gefahren- oder Schadenpotenzial in bedrohten Siedlungen zu ermitteln und anschließend durch geeignete Maßnahmen zu reduzieren. Bereits die Durchführung von nicht-technischen Maßnahmen zur Verminderung des Schadenpotenzials, deren Implementierung in der Regel günstiger ist als aufwendige technische Maßnahmen, wäre enorm kostspielig und könnte von dem Land nicht aus eigener Kraft getragen werden. Vor allem für die bereits angesprochenen, dringend erforderlichen Verbesserungen im wissenschaftlichen und technologischen Bereich werden große Geldmengen benötigt. Das Land ist daher beim Umgang mit Naturgefahren, wie in vielen anderen Bereichen, auch in Zukunft auf Kredite und die finanzielle Unterstützung von staatlichen und nichtstaatlichen Entwicklungshilfeorganisationen angewiesen.

Sowohl bei der Durchführung von Risikoanalysen als auch bei der anschließenden Implementierung von Schutzmaßnahmen müssen im Entwicklungsland Nepāl Kosten und Nutzen noch weitaus exakter abgewogen werden als dies in industrialisierten Ländern getan wird. Für den Bereich der Risikoanalyse ist es daher unbedingt erforderlich, eine geeignete Methode zu entwickeln, die neben den finanziellen auch den technologischen und institutionellen Rahmenbe-

dingungen Nepāls gerecht wird. Aufgrund der völlig andersartigen ökonomischen, politischen und sozio-kulturellen Voraussetzungen in Nepāl dürfen Methoden der Risikoanalyse, die beispielsweise in der Schweiz oder in Österreich erfolgreich angewendet werden, nicht in identischer Weise auf Nepāl übertragen werden. Berücksichtigt man, dass es in den europäischen Alpenländern Jahrzehnte gedauert hat, bis die heutigen methodischen, technischen und rechtlichen Voraussetzungen und Standards für ein effizientes Naturgefahrenmanagement geschaffen waren, so muss man der jungen Demokratie Nepāl noch Zeit zur Entwicklung eines individuell angepassten Naturgefahrenmanagements geben. Opfer- und Schadenzahlen (vgl. Kap. 2.1) verdeutlichen jedoch, dass dringender Handlungsbedarf besteht. Finanziell, technologisch und logistisch ist Nepāl dabei allerdings auf internationale Hilfe und Zusammenarbeit angewiesen.

Im Vorlauf der Arbeit wurde deutlich, dass die ökonomische Ausgangslage betroffener Personen oder Gesellschaften zum einen großen Einfluss auf die Anfälligkeit gegenüber Naturgefahren hat, zum anderen aber auch bestimmt, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um die Anfälligkeit zu vermindern und sich von den negativen Folgen zu erholen. So war es den für nepalesische Verhältnisse wohlhabenden Bevölkerungsgruppen der Guruñ oder der Thākāli möglich, ihre gefährdete Siedlung temporär zu verlassen (beispielsweise während des Monsuns, wenn vermehrt mit Überschwemmungen oder Murgängen zu rechnen ist) oder den Wohnort sogar permanent in eine andere Siedlung zu verlegen. Diese Möglichkeiten blieben Familien aus der hinduistischen Gruppe der Berufskasten aufgrund fehlender finanzieller Mittel sowie ökonomischer Zwänge und Abhängigkeiten verwehrt. Oftmals werden die ökonomischen Disparitäten zwischen unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen infolge eines Naturereignisses sogar vergrößert. Ein ehrgeiziges Ziel wäre es daher, die in Nepāl meist sozio-kulturell bedingten ökonomischen Abhängigkeiten zu vermindern, um auf diese Weise allen Bevölkerungsgruppen angemessene Handlungsoptionen für den Umgang mit Naturgefahren zu ermöglichen.

8.3.4 POLITISCH-INSTITUTIONELLER BEREICH

Wesentliche Faktoren, die zahlreiche Entwicklungsbemühungen in Nepāl erschweren, sind Vetternwirtschaft und Korruption, schwerfällige Entscheidungsfindungen, mangelnde Umsetzung, vor allem jedoch mangelnde Kooperation der Behörden untereinander. In Nepāl existieren verschiedene Pläne und/oder Gesetze zum Umgang mit Naturgefahren und Naturrisiken (vgl. Kap. 2.2), eine konkrete Umsetzung der Aufgaben und Ziele ist bislang allerdings kaum festzustellen. Dringlichste Aufgabe ist es daher, einen geeigneten und klar strukturierten gesetzlichen Rahmen festzulegen, der Aufgaben und Verantwortlichkeiten zwischen Land, Distrikten und VDCs sowie zwischen Forschung, Verwaltung und Praxis regelt. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Anerkennung der tragenden Rolle der Zivilgesellschaft sowie eine Dezentralisierung bzw. eine Stärkung lokaler Kompetenzen. Darüber hinaus sollte eine Art Zeitplan erstellt werden, der in realistischen Maßstäben die Implementierung eines Naturgefahrenmanagements für Nepāl regelt, also die Durchführung von Risikoanalysen, die Erstellung von Gefahrenkarten sowie die Umsetzung von bereitchaftserhöhenden Maßnahmen, Vorsorge- und Notfallmaßnahmen. Dringlichste Aufgabe ist es, im Besonderen auf lokaler Ebene Maßnahmen zur Bereitschaftserhöhung durchzuführen sowie Pläne und die erforderliche Infrastruktur zu entwickeln, um bei Eintritt eines extremen Naturereignisses angemessen reagieren zu können. Derartige Maßnahmen wurden im Rahmen von Einzelprojekten in Kooperation mit ausländischen Organisationen im Gebiet von Kāṭhmāṇḍu umgesetzt, weitere urbane Zentren, insbesondere jedoch ländliche Siedlungen werden weiterhin vernachlässigt.

Die größte Hürde für ein effektives Naturgefahrenmanagement dürften aktuell die politischen Bedingungen nach der Machtübernahme durch König am 1. Februar 2005 darstellen. König Gyanendra löste an diesem Tag unter dem Vorwand, den Aufstand maoistischer Rebellen bekämpfen zu wollen, die Regierung auf und ließ einzelne Regierungsmitglieder sogar inhaftieren. Die erst im Jahr 1990 mühsam errungene Parteiendemokratie wurde damit außer Kraft gesetzt, die bereits seit mehreren Jahren anstehenden Neuwahlen lassen weiter auf sich warten. Es ist bislang völlig unklar, welchen Stellenwert der Umgang mit Naturgefahren und Naturrisiken, die mit zahlreichen anderen dringlichen Problemen des Landes konkurrieren, in der Politik des Königs einnimmt, bzw. ob die bereits bestehenden Pläne und Gesetze zum Naturgefahrenmanagement umgesetzt werden.

Es bleibt ferner abzuwarten, wie die zahlreichen in Nepāl aktiven Entwicklungshilfeorganisationen auf diese politisch äußerst instabile Situation reagieren. Im schlimmsten Fall ist wohl damit zu rechnen, dass sich die Organisationen aus Nepāl zurückziehen. Dies hätte fatale Folgen für das Land, das in großem Maße auf die internationale Hilfe angewiesen ist. Die einzigen Institutionen, die bislang auf dem Gebiet des Naturgefahrenmanagements noch aktiv sind, sind Einrichtungen wie ICIMOD, das DWIDP oder auch das *Department of Mines and Geology*. Diese Einrichtungen sind finanziell, logistisch und personell jedoch nicht dazu in der Lage, ein funktionierendes Naturgefahrenmanagement für das gesamte Land zu planen und umzusetzen.

9. POTENZIELLE MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG DER UNTERSUCHTEN SIEDLUNGEN

Eine Fragestellung der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich mit Möglichkeiten zur Ausweitung der untersuchten Siedlungen in Bereiche, in denen keine gefährlichen Prozesse wirken (vgl. Kap. 1.1). Diese „sicheren“ Bereiche können in Anschluss an die Risikoanalyse identifiziert werden: im Rahmen der Gefahrenbeurteilung wurden zunächst Prozessräume und Wirkungsbereiche gefahrenbringender Prozesse ermittelt, anschließend wurden mit Hilfe der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse schadenpotenzialrelevante Siedlungsbereiche ausgeschieden. Das Adjektiv „sicher“ bezieht sich dabei auf die Ergebnisse der Risikoanalyse zum Zeitpunkt der Untersuchung in den jeweiligen Siedlungen. Dies bedeutet jedoch, dass bei einer Veränderung der Prozessräume bzw. der Wirkungsbereiche der als gefährlich identifizierten Prozesse eine Gefährdung für die hier als sicher identifizierten Siedlungsbereiche eintreten kann.

Eine große Dringlichkeit hinsichtlich der Ausweitung von Siedlungen in nicht gefährdete Bereiche besteht zunächst für Kāṭhmāṇḍu und andere urbane Zentren im Nepalesischen Mittelland sowie im Terāi, die hauptsächlich aufgrund von Land-Stadt-Wanderungen ein Bevölkerungswachstum von rund 5 % aufweisen. Insbesondere in der nepalesischen Hauptstadt Kāṭhmāṇḍu wächst das Schadenpotenzial aufgrund des hohen Bevölkerungswachstums und ungeplanten Ansiedlungen stetig an. Sollte ein ähnlich starkes oder gar stärkeres Erdbeben als 1934 eintreten (vgl. Kap. 2.1) – ein Szenario, das bereits seit mehreren Jahren Bestandteil probabilistischer Erdbebenvorhersagen für Nepāl ist – ist mit einer sehr hohen Zahl von Todesopfern und Verletzten zu rechnen. Urbane Zentren sind nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit, bilden aufgrund der Konzentration von Werten und Menschen für weitere Arbeiten im Bereich des Naturgefahrenmanagements allerdings einen bedeutsamen Forschungsgegenstand.

Grundlage für planerische Entscheidungen wie die Ausweitung von Siedlungen sind zukünftige Bevölkerungszahlen. Zur Vorabschätzung der Bevölkerungsentwicklung existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden, auf die an dieser Stelle jedoch nicht eingegangen werden sollen (vgl. dazu BÄHR, 1997; KULS & KEMPER, 2000). Im Allgemeinen ist es erforderlich, die Bevölkerungsbewegungen sowie ihre Bestimmungsfaktoren zu analysieren, wobei auch bislang noch nicht bekannte Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit hat es sich jedoch als problematisch erwiesen, exakte Bevölkerungszahlen für die untersuchten Siedlungen zu ermitteln und daraus Bevölkerungszahlen für zukünftige Zeiträume abzuleiten. Aus diesem Grund werden lediglich Trends zur zukünftigen Bevölkerungsentwicklung bestimmt.

9.1 MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG IN BAGARCHHĀP

In Bagarchhāp wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Mur- und Wildbachprozesse als dominierende Gefahr für die Siedlung identifiziert. Unter Berücksichtigung des Prozessraumes der Mure von 1995 kann zunächst der gesamte nördliche Bereich der Siedlung als gefährdet identifiziert werden. Ein Gebäudekomplex im nördlichen Siedlungsbereich lag nicht im Prozessraum der Mure, ist bei einem Murausbruch aus dem Gerinne des Ghaṭṭe Kholā in Abhängigkeit von der Topographie des Schwemmkegels aber potenziell gefährdet (vgl. Kap. 6.1; vgl. Karte 17). Da sich die Mure von 1995 infolge eines Gerinneausbruchs in nordöstlicher Richtung über den Schwemmkegel ausbreitete und ein zukünftiges Ereignis in ähnlicher Weise ablaufen

kann – wobei potenziell auch eine Ausbreitung über den nordwestlichen Abschnitt des Schwemmkegels denkbar ist – sollte der gesamte nordöstliche und nordwestliche Bereich des Schwemmkegels des Ghaṭṭe Kholā von Besiedlung frei gehalten werden. In diesem Bereich befinden sich bereits einige Wohngebäude sowie die drei verbliebenen Lodges der Siedlung. Es sollten jedoch keine weiteren Gebäude in diesem stark gefährdeten Abschnitt errichtet werden. Wie aus Karte 17 ersichtlich ist, liegen der südliche und insbesondere der südöstliche Bereich des Schwemmkegels nicht im Prozessraum der Mure. In diesem nicht gefährdeten Abschnitt könnten bei Bedarf neue Gebäude errichtet werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass ein kleiner Seitenarm des Ghaṭṭe Kholā, der als potenziell murfähiges Gerinne identifiziert wurde (vgl. Karte 10), diesen Bereich durchfließt. Bei dem Murreignis des Jahres 1995 ist es an diesem Seitenarm allerdings nicht zu Schäden gekommen.

Eine Identifizierung sicherer Bereiche, in die die Siedlung ausgeweitet werden kann, gestaltet sich in Bagarchhāp schwierig. Der südöstliche Abschnitt des Schwemmfächers, auf dem die Siedlung angelegt wurde, lag zwar nicht im Prozessraum der Mure von 1995, potenziell ist aber auch dort eine Gefährdung gegeben. Eine Ausweitung der Siedlung wäre demnach immer mit einem Restrisiko verbunden, dem jedoch mit der Durchführung nicht-technischer Maßnahmen wie Frühwarnung und Evakuierung begegnet werden könnte. Da die Siedlung von landwirtschaftlichen Nutzflächen umgeben ist, wäre eine Ausweitung allerdings nur auf Kosten dieser Flächen möglich.

Nach dem Murgang von 1995 haben zahlreiche Familien ihren Wohnsitz permanent in andere Siedlungen verlegt; im Falle eines neuerlichen Schadenereignisses ist daher wiederum mit einer Abwanderung von Teilen der Bevölkerung zu rechnen. Darüber hinaus zeichnet sich die Gya-sumdopa-Bevölkerung der Siedlung durch eine hohe horizontale Mobilität aus, d.h. zahlreiche Bewohner haben zu Ausbildungs- oder Verdienstzwecken die Siedlung saisonal oder sogar permanent verlassen. Da die Bewohner vergleichsweise hohe Einkommen aus Tourismus und Handel erwirtschaften und weniger stark auf Einnahmen aus der Landwirtschaft angewiesen sind ist davon auszugehen, dass auch zukünftig hauptsächlich Jugendliche und junge Erwachsene die Siedlung verlassen werden, um eine höhere Ausbildung zu durchlaufen oder einen Beruf zu ergreifen. Im Gegenzug immigrieren Personen in die Siedlung, um in der Tourismusbranche tätig zu werden.

9.2 MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG IN MANĀÑ

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung konnten in Manāñ keine erwiesenen Prozesse ermittelt werden, die eine Gefährdung für die Siedlung darstellen. Am Hang nördlich der Siedlung kann potenziell eine Hangrutschung auftreten. Berücksichtigt man den potenziellen Prozessraum einer Rutschung an diesem Hang, kann der gesamte Siedlungsbereich Manāñs auf der fluvio-glazialen Terrasse als gefährdet identifiziert werden. Aus diesem Grund sollte nördlich der Siedlung, am Fuß des rutschungsgefährdeten Hanges, keine Gebäude errichtet werden. Auch der neu entstandene, stark touristisch geprägte Abschnitt im Osten der Siedlung wäre im Falle einer Hangrutschung betroffen. Daher sollten in den freien Flächen zwischen der alten, traditionellen Kernsiedlung und dem jüngeren, östlichen Bereich ebenfalls keine weiteren Gebäude errichtet werden. Da es sich bei dem Prozess der Hangrutschung lediglich um einen potenziellen Prozess handelt, der unter bestimmten Konstellationen ablaufen kann, aber nicht zwingend ablaufen muss, können unter Inkaufnahme eines Restrisikos auch die Bereiche Manāñs erschlossen werden, die durch die potenzielle Hangrutschung gefährdet sind. Die Verfasserin geht davon aus, dass es sich bei der Hangrutschung um einen einmaligen, sehr seltenen Prozess handelt, so dass

das Restrisiko für eine Besiedlung der gefährdeten Bereiche vertretbar erscheint. Eine Ausweitung in den Bereich der Uferterrasse des Marsyāndi Kholā ist nicht ratsam, da dort die Gefahr von Hochwasserprozessen besteht. Wie bereits zuvor für Bagarchhāp angeführt, wäre auch in Manāñ eine Ausweitung der Siedlung lediglich auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzflächen möglich.

Die Bevölkerungsdynamik in Manāñ wird im Wesentlichen durch Binnenwanderung und internationale Migration bestimmt. Infolge soziokultureller und ökonomischer Veränderungen, die zahlreiche Manangki-Familien vollzogen haben, haben insbesondere junge Familien ihren Wohnort nach Pokharā oder Kāṭhmāñḍu verlegt. Zahlreiche Gebäude in der Siedlung Manāñ wurden bereits an Angehörige anderer ethnischer Gruppen verkauft, verpachtet oder stehen leer (vgl. auch POHLE, 1992). Da die Manangki durch die erfolgreiche Tätigkeit in Handel und Tourismus weniger auf Gewinne aus der Landwirtschaft angewiesen sind ist damit zu rechnen, dass in Zukunft weiterhin junge Familien in Städte abwandern werden. Darüber hinaus wandern Bewohner saisonal ab, um im Ausland Handel zu betreiben oder um in nepalesischen Städten oder gar dem Ausland eine Schule bzw. eine Universität zu besuchen. Allerdings findet auch eine erhebliche Zuwanderung in die Siedlung statt, da sich auch hier Beschäftigungsmöglichkeiten im Tourismusgewerbe bieten.

9.3 MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG IN LĀRJUÑ

In Lārjuñ wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Mur- und Wildbachprozesse als dominierende Gefahr für die Siedlung ermittelt. Berücksichtigt man den Prozessraum des Murreignisses vom Juli 2002, der durch rezente Ablagerungen identifiziert werden kann, so ist der gesamte nordöstliche Bereich der Siedlung gefährdet (vgl. Karte 19). In diesem Bereich sollten keinesfalls weitere Gebäude errichtet werden. Wie aus der Karte 19 hervorgeht, wurde dort eine neu errichtete Lodge komplett zerstört. Eine Gefährdung dieses Siedlungsbereiches ist auch im Fall eines zukünftigen, kleineren Murganges gegeben, da sich die Wasser- und Geröllmassen infolge eines Ausbruchs aus dem Gerinne des Lārjuñ Kholā nahezu beliebig über den nordöstlichen Bereich des kaum geneigten Schwemmfächers ausbreiten können. Darüber hinaus sollten auch im östlichen Bereich Lārjuñs keine Gebäude errichtet werden: einige Gebäude stehen bereits direkt am Ufer der Kāli Gaṇḍakī, wo eine Gefahr durch Hochwasserprozesse gegeben ist. Eine Betrachtung der Karte 19 verdeutlicht, dass im südlichen und südwestlichen Bereich der Siedlung aktuell keine Gefährdung durch Naturgefahrenprozesse besteht. Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung konnte dort keinerlei Einwirkung gefährlicher Prozesse festgestellt werden, so dass in diesem Gebiet bei Bedarf neue Gebäude errichtet werden könnten.

Der als nicht gefährdet identifizierte, südliche bzw. südwestliche Abschnitt des Schwemmkegels wird allerdings landwirtschaftlich intensiv genutzt, so dass die Errichtung weiterer Gebäude nur auf Kosten der Nutzflächen möglich wäre. Unter diesem Gesichtspunkt wäre eine Ausweitung der Siedlung in den als gefährlich erachteten nordöstlichen Bereich sinnvoller, der lediglich mit Obstbäumen bestanden ist. Eine mit einem großen Restrisiko verbundene Ausweitung der Siedlung wäre dort allerdings nur möglich, wenn am Lārjuñ Kholā technische Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials durchgeführt werden würden. Dennoch wird grundsätzlich von einer Ausweitung der Siedlung im Mündungsbereich des Lārjuñ Kholā abgeraten, da die Verfasserin das Restrisiko aufgrund der Wiederkehrperiode der Murgänge sehr hoch einschätzt.

Die Thākāli-Bevölkerung weist eine enorme horizontale Mobilität auf. Zahlreiche junge Familien sowie junge Erwachsene haben Lārjuñ verlassen, um in Pokharā, Kāṭhmāṇḍu, den Transitstädten im Terāi oder sogar im Ausland einer Arbeit nachzugehen oder eine höhere Ausbildung zu durchlaufen. Darüber hinaus haben zwei Familien nach dem Murgang von 2002 die Siedlung permanent verlassen, einige Familien wollen Lārjuñ aus Angst vor einem zukünftigen Murgang saisonal für die Dauer des Monsuns verlassen (vgl. 5.3). Es kann daher angenommen werden, dass weitere Familien die Siedlung verlassen werden, sollte es erneut zu einem derartig schadenreichen Murereignis kommen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die wirtschaftlichen Verluste, die durch das Fernbleiben ausländischer Touristen infolge der maoistischen Aufstände drohen, einige Bewohner Lārjuñs dazu veranlassen, ihren Lodge- oder Restaurantbetrieb zu schließen und abzuwandern.

9.4 MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG IN TĀTOPĀNĪ

Für die Siedlung Tātopānī wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung Hochwasserprozesse als dominierende Gefahren identifiziert. Unter Berücksichtigung des rekonstruierten Prozessraumes des Hochwassers von 1998, das infolge einer Hangrutschung südlich von Tātopānī ausgelöst wurde (vgl. Kap. 5.4), kann zunächst der gesamte südliche Bereich der Siedlung als gefährdet klassifiziert werden (vgl. auch Karte 20). Einige Gebäude im höher gelegenen, nördlichen Bereich der Siedlung liegen außerhalb des Prozessraumes und sind daher nicht gefährdet. Da die Rutschmasse von 1998 noch immer den Abfluss der Kāli Gaṇḍakī behindert, kann eine zukünftige Hangrutschung zu einem erneuten Aufstauen des Flusses und somit zu Hochwasser führen. Aus diesem Grund sollten im südlichen Abschnitt Tātopānīs keine weiteren Gebäude errichtet werden. In dem als nicht gefährdet identifizierten, nördlichen Bereich der Siedlung hingegen können bei Bedarf neue Gebäude errichtet werden. Einer Siedlungserweiterung im nördlichen Abschnitt Tātopānīs sind allerdings topographische Grenzen gesetzt. Die bereits bestehenden Gebäude liegen auf einer schmalen fluvialen Terrasse ca. 15 m oberhalb Kāli Gaṇḍakī, die in diesem Bereich schluchtartig den Himālaya-Hauptkamm durchbricht. Einer Ausweitung der Siedlung sind neben horizontalen somit auch vertikale Grenzen gesetzt. Weitere Gebäude können in der Bazarsiedlung Tātopānī daher nur auf freien Flächen zwischen bereits bestehenden Gebäuden entlang des Hauptverkehrsweges errichtet werden, wobei im südlichen Abschnitt der Siedlung aufgrund der Hochwassergefahr keine Gebäude errichtet werden sollten.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die räumlichen Bevölkerungsbewegungen einen größeren Einfluss auf Anzahl und Struktur der Bevölkerung Tātopānīs haben als natürliche Bevölkerungsbewegungen, da einerseits die in Tātopānī dominierende Thākāli-Bevölkerung eine hohe räumliche Mobilität aufweist, andererseits Arbeit suchende Personen in den Bazar- und Touristenort zuwandern. Es bleibt abzuwarten, ähnlich wie in den touristisch geprägten Siedlungen Bagarchhāp, Manāñ und Lārjuñ, wie sich die sinkenden Touristenzahlen auf die ökonomische Situation der Bewohner auswirken und ob diese darauf mit Abwanderung reagieren.

9.5 MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG IN JALJALE

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung wurden in Jaljale Hochwasser- und Massenbewegungsprozesse als dominierende Gefahren identifiziert. Berücksichtigt man zunächst den Prozessraum des vom Utise Kholā ausgehenden Hochwassers, so liegt die Siedlung aktuell nicht im Prozessraum. Bei einem zukünftigen Hochwasserereignis besteht jedoch potenziell die Gefahr, dass sich der Bach, berücksichtigt man die fluviale Um- und Ablagerungsfläche nordöstlich der Sied-

lung, über den südlichen Bereich der Siedlung ergießt (vgl. Karte 21). Aus diesem Grund sollte der gesamte südliche Siedlungsbereich von weiterer Bebauung frei gehalten werden. Wie aus Karte 22 ersichtlich ist, liegt der nördliche Bereich der Siedlung derzeit nicht im Prozessraum des Hochwassers. In diesem nicht gefährdeten Abschnitt könnten daher bei Bedarf neue Gebäude errichtet werden. Dabei sollte allerdings bedacht werden, dass sich ein zukünftiger Hochwasserprozess im Falle eines Gerinneausbruchs auch in nördlicher Richtung ausbreiten kann. Aufgrund dessen wäre eine Ausweitung der Siedlung in den nördlichen Bereich mit einem gewissen Restrisiko verbunden, auch wenn dieser Bereich aktuell nicht gefährdet ist. Diesem Restrisiko kann jedoch mit der Durchführung verschiedener technischer, insbesondere aber nicht-technischer Maßnahmen wie Frühwarnung und temporärer Evakuierung begegnet werden. Eine Ausweitung der Siedlung wäre in jedem Fall nur zu Lasten der landwirtschaftlichen Nutzflächen möglich.

Berücksichtigt man den Prozessraum der Massenbewegung, der durch relikte Ablagerungen sowohl innerhalb der Siedlung als auch auf den umgebenden landwirtschaftlichen Nutzflächen identifiziert werden kann, so liegt ganz Jaljale innerhalb dieses Prozessraumes. In Bezug auf den relikten Massenbewegungsprozess ist die ganze Siedlung gefährdet, von einer weiteren Bebauung müsste gänzlich abgesehen werden. Da es sich jedoch um einen relikten Prozess handelt, der nach Auskunft lokaler Informanten in den vergangenen rund 60 Jahren keinerlei Schäden verursacht hat, ist eine Besiedlung bzw. eine Ausweitung der Siedlungsfläche unter Inkaufnahme des Restrisikos vertretbar. Allerdings besteht die Gefahr, dass der Massenbewegungsprozess bei einer gegebenen variablen Disposition reaktiviert werden kann.

Da sich nach Auskunft der Bewohner lediglich einige junge Männer und Familienväter saisonal im Ausland aufhalten, um dort einer Arbeit nachzugehen, ist davon auszugehen, dass die natürlichen Bevölkerungsbewegungen einen stärkeren Einfluss auf Bevölkerungszahl und Bevölkerungsstruktur haben als räumliche Bewegungen. Zuwanderung hat in der jüngeren Vergangenheit in Jaljale nicht stattgefunden.

9.6 MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG IN POKHARE UND THULĪNĀGĪ

In den Streusiedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ wurde im Rahmen der Gefahrenbeurteilung der Prozess der Gullyerosion als dominierende Gefahr identifiziert. Berücksichtigt man den Prozessraum der Gullyerosion von 1987, so sind zunächst die Siedlungsbereiche beiderseits des Kalimati-Gully gefährdet. Der Prozess der Gullyerosion ist aktuell zum Erliegen gekommen, kann unter bestimmten natürlichen Voraussetzungen wie intensiven, kurzzeitigen Niederschlägen jedoch vermutlich reaktiviert werden. Aus diesem Grund sollten unmittelbar am Rand des Gullies keine neuen Gebäude errichtet werden. Zwar könnte das Gefahrenpotenzial durch die Errichtung weiterer Geschiebestausperren vermindert werden, ein nicht unerhebliches Restrisiko, dass durch Maßnahmen der Frühwarnung und Evakuierung nicht effektiv vermindert werden kann, bleibt für Bereiche seitlich des Gullies nach Ansicht der Verfasserin dennoch bestehen. Wie aus Karte 22 ersichtlich ist, liegen die meisten Gebäude der Siedlungen Pokhare und ThulĪnāgĪ außerhalb des gefährdeten Bereiches. Eine Ausweitung der Siedlungen ist zwar wiederum nur auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzflächen möglich, da allerdings nahezu der gesamte Hangbereich genutzt wird und somit ausreichende Flächen vorhanden sind, sollte sich eine Ausweitung nicht nachteilig auswirken. Bei der Errichtung neuer Gebäude sollte zudem beachtet werden, dass sich in zahlreichen Tiefenlinien des Hanges periodisch kleine Bäche bilden, an denen potenziell der Prozess der Gullyerosion wirken kann.

Die Region des Nepalesischen Mittellandes ist einerseits durch ein hohes Bevölkerungswachstum gekennzeichnet, andererseits sind dort bezüglich der Binnenwanderung die höchsten Netto-Migrationsverluste zu verzeichnen. Dennoch geht die Verfasserin davon aus, dass in den untersuchten Siedlungen Pokhare und Thulīnāgī der Bedarf besteht, weitere Gebäude zu errichten.

9.7 MÖGLICHKEITEN ZUR AUSWEITUNG IN KARMAIYĀ

Im Rahmen der Gefahrenbeurteilung wurden in Karmaiyā Hochwasserprozesse des Bāgmatī als dominierende Gefahr identifiziert. Unter Berücksichtigung des Prozessraumes des Hochwassers von 1993 wird deutlich, dass der gesamte Bereich der Siedlung im gefährdeten Bereich liegt (vgl. Karte 23). In Abhängigkeit von den topographischen Bedingungen sind in dem nahezu ebenen Gelände in Karmaiyā keine Siedlungsbereiche zu ermitteln, die nicht durch Hochwasser gefährdet sind. Da zukünftige Hochwasserereignisse in ähnlicher Weise ablaufen können oder sogar einen höheren Abfluss als das Hochwasser von 1993 aufweisen können, sollten prinzipiell keine weiteren Gebäude in Karmaiyā errichtet werden. Allerdings dürfte es kaum möglich sein, eine auch weiterhin ansteigende Zahl von Immigranten aus dem Nepalesischen Mittelland und dem Hohen Himālaya daran zu hindern, sich in Terāi-Siedlungen wie Karmaiyā niederzulassen. Da technische Maßnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials durch Hochwasser in ihrer Wirksamkeit umstritten sind bleibt die Möglichkeit, das Schadenpotenzial in Karmaiyā mittels vorbeugenden und bereitschaftserhöhenden Maßnahmen zu vermindern. Da eine permanente Evakuierung der Siedlung trotz der bestehenden Gefährdung nicht durchführbar ist bzw. die Bevölkerung Karmaiyās komplett ungesiedelt werden müsste, muss die Bevölkerung mit dem Restrisiko leben.

Die Gefährdung sowie Vor- und Nachteile ökonomischer Faktoren abwägend hat sich die Bevölkerung Karmaiyās für ein Leben mit dem Hochwasserrisiko entschieden. Dabei wird davon ausgegangen, dass große Hochwasserereignisse wie jenes 1993 eine große Wiederkehrperiode aufweisen, Schäden durch alljährlich auftretende, kleinere Hochwasser werden in Kauf genommen. Sicherlich spielen auch hier ökonomische Zwänge der Bewohner eine wichtige Rolle: zugewanderten Tāmāñ, die in ihrer Herkunftsregion alles aufgegeben haben, ist kaum eine Möglichkeit zur Abwanderung gegeben. Gleichmaßen werden Zuwanderer aus den Bergregionen im Terāi mit unbekanntem Gefahren wie Hochwasser konfrontiert, die sie aufgrund mangelnder Erfahrung nur schwer einschätzen können.

10. ZUSAMMENFASSUNG

Im Nepāl-Himālaya wird das Auftreten natürlicher Extremereignisse wie Erdbeben, Hangrutschungen, Hochwasser und Murgänge aufgrund der seismischen Aktivität und der jungen Geologie des Gebirges, extremer klimatischer Bedingungen sowie den gewaltigen Reliefunterschieden geradezu begünstigt. Derartige Ereignisse, die durch ihre Einwirkung auf den Menschen und seinen Lebensraum zu einer Naturgefahr werden, stellen eine wachsende Bedrohung für die Bevölkerung Nepāls dar. Immer häufiger werden Siedlungen von Naturereignissen bedroht, beschädigt oder gar zerstört, alljährlich sind hunderte Todesopfer und Sachschäden in Millionenhöhe zu beklagen. Angesichts des stetig hohen Bevölkerungswachstums, einer erhöhten Mobilität der Bevölkerung und einer Verdichtung von Personen und materiellen Werten stellen sich immer dringlicher die Fragen nach wirksamen Maßnahmen zum Schutz der Siedlungen vor Naturgefahren sowie nach Ausweitungsmöglichkeiten in nicht gefährdete Bereiche.

Bisher erschienene Arbeiten zu Naturgefahren und Naturrisiken im Nepāl-Himālaya befassen sich überwiegend mit Einzelprozessen an Infrastrukturanlagen und sind in einem rein naturwissenschaftlich-technischen Kontext zu sehen. Im Gegensatz dazu lag der Fokus der vorliegenden Arbeit auf den in der geographischen Naturgefahrenforschung bislang stiefmütterlich behandelten ländlichen Siedlungen des Nepāl Himālayas sowie auf häufig auftretenden, klein- und mittelmaßstäbigen natürlichen Extremereignissen. Die Bearbeitung erfolgte aus einer integrativen Perspektive, wobei in Abkehr von der traditionell rein naturwissenschaftlichen Grundperspektive der geographischen Naturgefahrenforschung der anthropogeographisch-sozialwissenschaftlichen Perspektive eine besondere Bedeutung beigemessen wurde.

Im Rahmen einer empirischen Studie wurden ländliche Siedlungen des Hohen Himālayas (Bagarchhāp, Manāñ, Lārjuñ), des Nepalesischen Mittellandes (Tātopānī, Jaljale, Pokhare und Thulīnāgī) und des Terāis (Karmaiyā) unter Anwendung eines systematischen Risikokonzeptes untersucht. Dabei standen die folgenden Fragen im Mittelpunkt des Interesses:

- Welche Typen von Naturgefahren und Naturrisiken treten in den unterschiedlichen Siedlungen in welchem Ausmaß auf?
- Wie hoch ist das Gefahrenpotenzial der Siedlungen einzustufen?
- Hat die Lokalbevölkerung Anpassungsformen zum Schutz der Siedlungen vor Naturereignissen entwickelt und wie wirksam sind diese? Wie wäre ein wirksamer Schutz realisierbar?
- Besteht die Möglichkeit, die untersuchten Siedlungen bei Bedarf in nicht gefährdete Bereiche auszuweiten?

Die Arbeit orientierte sich konzeptionell an einer systematisch strukturierten Risikoanalyse, die bei Risikobetrachtungen für Maßnahmen der Raumplanung in der Schweiz angewendet wird. Als grundlegende Arbeitsmethoden kamen neben den Fächer übergreifenden Methoden der Literatur- und Statistikauswertung eine geomorphologische Kartierung, ein qualitatives, halbstandardisiertes, offenes Interview sowie unterschiedliche Beobachtungstechniken zur Anwendung. Datengrundlage der Untersuchung bilden die Ergebnisse von Geländearbeiten der Verfasserin in den Jahren 2001 und 2003.

Aufgrund der komplexen Thematik erfolgt im einleitenden Kapitel zunächst eine konzeptionelle Einordnung der Arbeit, zudem werden zentrale Begriffe der geographischen Hazardforschung definiert. Das zweite Kapitel der Arbeit gibt einen Überblick über die im Nepāl-Himālaya auftretenden Naturgefahrenprozesse sowie die dadurch verursachten Schäden. Des Weiteren werden das Naturgefahrenmanagement und der Stand der Hazardforschung in Nepāl thematisiert. Das dritte Kapitel befasst sich mit dem Risikokonzept in der Naturgefahrenforschung, das die theoretische Grundlage für die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte Risikoanalyse bildet. Die Risikoanalyse als Element des Risikokonzeptes dient dazu, Gefahren zu identifizieren, Prozesse abzuschätzen und Schadenpotenzial zu ermitteln. Der Durchführung der Risikoanalyse sind das vierte, fünfte und sechste Kapitel der Arbeit gewidmet. Im vierten Kapitel werden die zu untersuchenden Systeme zunächst abgegrenzt und beschrieben. Neben einer geographischen Begrenzung und einer Definition der zu untersuchenden Gefahrenquellen und Gefahrenprozesse wird auch auf die konditionellen Systemgrenzen eingegangen, d.h. auf die Ausstattung des Naturraumes sowie auf die soziokulturelle und sozioökonomische Bedingungen in den untersuchten Siedlungen.

Basierend auf der Auswertung von Grundlagendaten und einer geomorphologischen Geländeanalyse erfolgt im fünften Kapitel die Gefahrenbeurteilung, die der Abklärung von Disposition, möglichen Auslösungsmechanismen und Wirkungsmöglichkeiten der Schadenprozesse dient. Die Ergebnisse der Gefahrenbeurteilung sind in einer „Karte der Naturgefahrenprozesse“ für jede untersuchte Siedlung dargestellt. Aufgabe der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse, die im sechsten Kapitel der Arbeit durchgeführt wird, ist es, die durch einen potenziellen Naturgefahrenprozess beeinträchtigten Schadenobjekte zu bestimmen und schadenrelevante Einwirkungen auf diese zu beurteilen. Die Ergebnisse der Expositions- und Schadenpotenzialanalyse sind in einer „Gefahren-Hinweiskarte“ dargestellt und ermöglichen es, gefährdete, potenziell gefährdete sowie nicht gefährdete Bereiche der betreffenden Siedlungen zu identifizieren. Im siebten Kapitel werden verschiedene technische und nicht-technische Maßnahmen vorgestellt, die dazu dienen können, das Gefahren- bzw. Schadenpotenzial natürlicher Extremereignisse zu vermindern. In Kapitel acht folgt eine kritische Bewertung von Maßnahmen, die in den untersuchten Siedlungen zur Verminderung des Gefahren- und Schadenpotenzials durchgeführt wurden, wobei zur Beurteilung der Wirksamkeit die Risikoverminderung als Maß herangezogen wird. Schließlich werden Maßnahmen vorgestellt, die in den Siedlungen einen wirksamen Schutz gegenüber Naturgefahren und Naturrisiken ermöglichen könnten. Im neunten und letzten Kapitel der Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob in den untersuchten Siedlungen Möglichkeiten zur Ausweitung in nicht gefährdete Bereiche bestehen.

An den Anfang der Naturgefahrenforschung in Nepāl ist die so genannte *Theory of Himalayan Environmental Degradation* zu stellen, in der das komplexe Wirkungsgefüge zwischen Mensch und Umwelt, das den Themenkreis Naturgefahren und Naturrisiken maßgeblich beeinflusst, auf ein einfaches Modell reduziert wurde. Kurz zusammengefasst lässt sich das vermeintliche Ursachen-Wirkungs-Gefüge der HED-Theorie, die Ende der 1970er Jahre aufkam, für den Nepāl-Himālaya wie folgt schildern: Das Bevölkerungswachstum in den Bergen führt zu unkontrollierter Abholzung der ohnehin geringen Waldbedeckung und zu einer Ausdehnung agrarisch und weidewirtschaftlich genutzter Flächen in immer höhere und steilere Bereiche. Der Bedarf an Futter-, Brenn- und Bauholz führt zur fortwährenden Degradation der Restbestände des Waldes. Die Folge ist eine zunehmende Erosion auf den genutzten Flächen, verursacht durch erhöhten Oberflächenabfluss, entsprechend hohe Suspensionsfracht in den Flüssen und eine Erhöhung der Spitzenabflüsse. Dies führt zu großflächigen Überflutungen in den dicht besiedelten Ebenen des Ganges und Brahmaputra, Vernichtung der Ernte, Zerstörung von Siedlungen und

Infrastruktur mit den allbekannten Folgen von Hunger und Krankheit der betroffenen Tieflandbewohner (vgl. MESSERLI & HOFER, 1992:45). Ende der 1980er Jahre erfolgte aufgrund wachsender Kritik eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der HED-Theorie, die schließlich durch detaillierte Untersuchungen entkräftet werden konnte. Diese Gegenbewegung wurde im Wesentlichen von der Forschergruppe um JACK IVES, BRUNO MESSERLI und HANS KIENHOLZ getragen, denen im Rahmen des *Mountain Hazard Mapping Project Nepal* eine Diskrepanz zwischen HED-Theorie und Realität im Nepāl-Himālaya offensichtlich wurde. Während des Projektes wurden verschiedene Methoden zur Gefahrenbeurteilung und Gefahrenkartierung entwickelt. Im Folgenden konzentrierte sich die Forschung zu Naturgefahren und Naturrisiken in Nepāl jedoch im Wesentlichen auf bestimmte Prozessstypen oder Einzelprozesse an Entwicklungsprojekten, humangeographische Fragestellungen wurden mehr oder minder ausgeklammert.

In der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen der Gefahrenbeurteilung in den untersuchten Siedlungen Bagarchhāp, Manāñ und Lārjuñ im Hohen Himālaya Wildbach- und Murprozesse, Hangrutschungen sowie Ufererosion als dominierende Gefahrenprozesse identifiziert. Als Auslösemechanismen wurden natürliche Faktoren ermittelt. So bestimmen die Lageverhältnisse der Gesteine sowie der Verlauf von Schichtflächen weitestgehend die Disposition zu Hangrutschungen. Als Auslöser spielt meist das Vorhandensein von Wasser im Hang eine bedeutende Rolle; dieser auslösende Faktor kann allerdings anthropogen, z.B. durch Landnutzungsänderungen, beeinflusst werden. Im Einzugsgebiet von Wildbächen werden aufgrund von Erosions- und Verwitterungsvorgängen Schuttmassen akkumuliert. Infolge extremer Niederschlagsereignisse, Schneeschmelze oder Lawinenabgängen kann eine Geschiebemobilisierung erfolgen, wobei es durch Seitenerosion im Gerinne zu zusätzlichen Feststoffeinträgen kommt. In den Siedlungen Tātopānī, Jaljale sowie Pokhare und Thulīnāgī im Nepalesischen Mittelland wurden Hangrutschungen, Hochwasser sowie Gullyerosion als dominierende Gefahrenprozesse identifiziert. Als Auslösemechanismen konnten die lithologischen Verhältnisse, im Besonderen erosionsanfällige Formationen wie die Abfolge von Quarz, Phyllit und Sandstein, die bei Wassersättigung leicht abgleiten können, sowie Erdbebenaktivität identifiziert werden. Häufig werden relikte Rutschungen reaktiviert. Hochwasserabflüsse bilden sich infolge extremer Niederschlagsereignisse sowie Schneeschmelze. Darüber hinaus können in den großen Himālaya-Durchbruchstätern Hochwasser infolge von Gletscherseeausbrüchen entstehen. Gullyerosion kann auf tief verwitterten Böden bei starker Wasserführung in Tiefenlinien von Hängen entstehen, wobei insbesondere durch rückschreitende Erosion extrem hohe Erosionsraten erzielt werden können. In der untersuchten Siedlung Karmaiyā im Terāi stellen Hochwasserprozesse das höchste Gefährdungspotenzial dar. Während die alljährlich während des Monsuns auftretenden Hochwasser nahezu zum Lebensalltag gehören, können aus der Verlagerung des Monsuntrogs nach Norden (bis ins Nepalesische Mittelland) extrem hohe Niederschläge innerhalb kürzester Zeit resultieren, die zu verheerenden Hochwassern führen.

Um eine Übersicht über die Gefährdungssituation der Siedlungen zu erhalten und schadenrelevante Einwirkungen auf unterschiedliche Siedlungsbereiche zu identifizieren, wurde im Rahmen einer Expositions- und Schadenpotenzialanalyse das Schadenpotenzial der Siedlungen mit den ermittelten Prozessräumen und Wirkungsbereichen der gefahrenbringenden Prozesse überlagert. Das Schadenpotenzial der Siedlungen wurde in die Objektkategorien Siedlung, Verkehrswege und landwirtschaftliche Nutzflächen untergliedert. In Abhängigkeit von Lage und Form der jeweiligen Siedlung sowie den topographischen Verhältnissen am Siedlungsstandort ergibt sich für das Expositions- und Schadenpotenzial der untersuchten Siedlungen ein sehr differenziertes Bild. In den geschlossenen und kompakten Siedlungen des Hohen Himālayas, die meist im Tal-

boden auf Schwemmfächern, Schwemmkegeln oder Terrassenresten liegen, ist häufig die gesamte Siedlung potenziell gefährdet. Bei den Streusiedlungen des Nepalesischen Mittellandes hingegen ist kaum Schadenpotenzial innerhalb der Siedlungen betroffen, die größte Gefährdung besteht dort für die landwirtschaftlichen Nutzflächen. Im Gegensatz dazu sind bei geschlossenen Siedlungen in Hanglage sowie Bazarsiedlungen in Talbodenlage größere Siedlungsbereiche oder sogar die ganze Siedlung potenziell gefährdet. Aufgrund der Reliefverhältnisse im Terāi ist beim Auftreten statischer Hochwasser generell die gesamte Siedlung gefährdet, sichere Bereiche ließen sich dort nicht identifizieren.

In den untersuchten Siedlungen wurden von der Lokalbevölkerung nur in geringem Umfang technische Maßnahmen durchgeführt, um das Gefahrenpotenzial zu vermindern. Lediglich in den Siedlungen Lārjuñ und Tātopānī wurde versucht, die die Siedlung bedrohenden Naturgefahrenprozesse durch die Errichtung von Buhnen oder Gabionmauern aktiv zu beeinflussen. Es können verschiedene Gründe dafür angeführt werden, weshalb technische Maßnahmen kaum implementiert werden: Einerseits wurde in einigen der untersuchten Siedlungen von der Lokalbevölkerung die Wirksamkeit technischer Maßnahmen angezweifelt. Nach ihrer Ansicht entziehen sich bestimmte Naturgefahrenprozesse aufgrund von Größe und Ausmaß der menschlichen Beeinflussung oder gar der Kontrolle. Andererseits ist die Durchführung jeglicher baulicher Maßnahmen mit einem enorm hohen finanziellen und logistischen Aufwand verbunden, der von der Lokalbevölkerung nicht bewältigt werden kann. Aufgrund ökonomischer Faktoren wurde beispielsweise in der bäuerlichen Siedlung Jaljale im Nepalesischen Mittelland keinerlei Maßnahmen durchgeführt, während es der Thākāli-Bevölkerung in den stark touristisch geprägten Siedlungen Lārjuñ (Hoher Himālaya) und Tātopānī (Nepalesisches Mittelland) aufgrund ihrer ökonomischen Position möglich gewesen ist, die erforderlichen Mittel für die Durchführung technischer Maßnahmen aufzubringen. Unterstützung von staatlicher Seite findet nur in sehr geringem Umfang statt. In den untersuchten Siedlungen Pokhare und Thulnāgī sowie in Karmaiyā wurden im Rahmen von Entwicklungs- bzw. Bauprojekten technische Maßnahmen durchgeführt.

Ökonomische Faktoren spielen auch bei der Durchführung nicht-technischer Maßnahmen eine entscheidende Rolle. In Siedlungen mit – für nepalesische Verhältnisse – vergleichsweise wohlhabender Thākāli- oder Gyasumdopa-Bevölkerung wurde vermehrt eine permanente oder zumindest eine temporäre Evakuierung durchgeführt, um auf diese Weise das Schadenpotenzial zu vermindern. Dies verdeutlicht, dass Bevölkerungsgruppen, die es durch ihre Tätigkeit in Handel und/oder Tourismus zu einem gewissen Wohlstand gebracht haben, im Gegensatz zu einer rein bäuerlichen Bevölkerung nicht darauf angewiesen sind, Wohngebäude, Land und andere Einkommensquellen vor Ort um jeden Preis zu erhalten. Aufgrund der herrschenden sozialen Strukturen und somit auch der Landbesitzstrukturen sind Schäden meist ungleich verteilt, so dass sich wohlhabende Bevölkerungsgruppen schneller von Verlusten erholen können. Verliert eine einfache Bauernfamilie beispielsweise durch eine Hangrutschung ihre weniger als 1 ha große Nutzfläche, so ist eine wohlhabende Familie, die mehrere Hektar Land besitzt, durch den gleichen Verlust weniger stark betroffen und vermag entstandene Schäden besser zu kompensieren.

Prinzipiell besteht für jeden der identifizierten Gefahrenprozesse die Möglichkeit, das Gefahrenpotenzial durch technische Maßnahmen zu vermindern: Murprozesse können durch die Errichtung von Geschiebestausperren und Gerinneverschalung kontrolliert werden, der Gullyerosion kann wirksam durch Sperrentreppen begegnet werden. Hangrutschungen können mit Drainagemaßnahmen und Hangfußsicherungen beeinflusst werden. Als technische Maßnahme bei

Hochwasserprozessen bieten sich Rückhaltemaßnahmen an, der Ufererosion kann mit Flussmatratzen und Buhnen begegnet werden. Vielfach sind der Durchführung derartiger Maßnahmen jedoch finanzielle, topographische, logistische oder aber rechtliche Grenzen gesetzt. Darüber hinaus kann jeder technische Eingriff neben den erwünschten positiven Auswirkungen auch unerwünschte negative Auswirkungen hervorrufen. Drohen negative Auswirkungen zu gravierend zu werden, sollte – Vor- und Nachteile abwägende – von der Ausführung technischer Maßnahmen abgesehen werden. Aufgrund der zuvor aufgeführten Punkte sollte im Nepāl-Himālaya der Durchführung nicht-technischer Maßnahmen der Vorzug gegeben werden. Neben Maßnahmen der Frühwarnung und Evakuierung stellen Bereitschaftserhöhende Maßnahmen sowie auf einer umfassenden Gefahrenanalyse basierende raumplanerische Maßnahmen die realistischsten Möglichkeiten dar. Ein großer Stellenwert sollte dabei einer umfassenden Gefahrenanalyse zukommen, denn nur wenn Gefahren und Risiken bekannt sind, kann ein angemessener Umgang mit ihnen erfolgen.

Als Ergebnis einer Risikoanalyse können sowohl gefährdete Siedlungsbereiche identifiziert werden als auch solche, in denen keine gefährlichen Prozesse wirken; in diesen nicht gefährdeten Bereichen wäre die Ausweitung einer Siedlung generell möglich. Für planerische Entscheidungen wie die Ausweitung von Siedlungen stellt die zukünftige Entwicklung der Bevölkerung eine wichtige Grundlage dar, weil dadurch der Bedarf an neuen Siedlungsflächen bestimmt wird. Da die Bevölkerungsentwicklung in Nepāl neben einer dynamischen natürlichen Bevölkerungsbewegung durch eine hohe räumliche Mobilität gekennzeichnet ist, werden lediglich qualitative Angaben zur zukünftigen Entwicklung der Bevölkerung in den untersuchten Siedlungen und dem daraus resultierenden Bedarf an Siedlungserweiterungen gemacht. In allen im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Siedlungen sind prinzipiell Möglichkeiten zur Ausweitung gegeben. Allerdings wäre in allen Fällen eine Ausweitung der Siedlungsfläche nur auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzfläche möglich. Besonders problematisch ist dieser Aspekt im Hohen Himālaya, wo – anders als im Nepalesischen Mittelland oder dem Terāi – sowohl die Siedlungs- als auch die Nutzflächen aufgrund topographischer und ökologischer Bedingungen stark limitiert sind. Darüber hinaus konnten in den betrachteten Siedlungen keine absolut „sicheren“ Bereiche identifiziert werden, d.h. Bereiche, in denen ein Naturgefahrenprozess potenziell nicht wirken kann. Dies bedeutet, dass Ausweitungen der untersuchten Siedlungen stets mit einem Restrisiko verbunden wären, dem allerdings mit verschiedenen technischen und/oder nicht-technischen Maßnahmen wirksam begegnet werden könnte. Unter Abwägung vordergründig ökonomischer Faktoren entscheidet sich die Lokalbevölkerung oftmals zu einem Leben mit dem Risiko. Eine wichtige Rolle bei dieser Entscheidungsfindung spielt dabei neben der Wiederkehrperiode der Ereignisse die Tatsache, welche Schäden und Verluste entstehen bzw. entstehen können und welche Handlungsspielräume bestehen, um diese zu kompensieren.

Abschließend lässt sich feststellen, dass für den Nepāl-Himālaya, insbesondere für ländliche Siedlungen, dringender Handlungsbedarf in Bezug auf eine umfassende Bewertung und Analyse von Naturgefahren besteht. Die Durchführung von Risikoanalysen stellt eine Möglichkeit dar, dieses Anliegen im Nepāl-Himālaya zu realisieren. Der Vorteil gegenüber bisherigen, vor allem auf einzelne Gefahrenprozesse konzentrierten Abklärungen liegt darin, dass in Risikoanalysen eine ganzheitliche Sichtweise zur Anwendung kommt, die es ermöglicht, räumliche, physikalische sowie zeitliche Aspekte zu berücksichtigen. Risikoanalysen stellen daher eine wertvolle methodische Ergänzung für die geographische Hazardforschung dar. Generell liegen bis heute jedoch nur wenige Informationen über die Anwendung formalisierter Risikoanalysen bei Naturgefahren vor. Diese Lücke gilt es zu schließen. Die Anwendung des methodischen Konzeptes

der Risikoanalyse hat sich für den Nepāl-Himālaya durchaus als brauchbar erwiesen, ist aufgrund der teilweise mit Unsicherheit behafteten Grundlagendaten jedoch an Grenzen gestoßen.

Neben den erforderlichen Verbesserungen im methodischen Bereich lassen sich zahlreiche weitere Aspekte aufzeigen, die für die zukünftige geographische Naturgefahrenforschung interessante Arbeitsfelder darstellen. Da der Ablauf von Gefahrenprozessen aus physiogeographischer Sicht gut untersucht ist, stellt zum Beispiel die Untersuchung des Einflusses der global zu verzeichnenden Klimaänderung bzw. der Anstieg der Jahresdurchschnittstemperaturen im Himālaya auf die Auslösung und die Häufigkeit des Auftretens von Gefahrenprozessen ein interessantes Forschungsfeld dar. Konkret sind hier das Abschmelzen des Permafrostes sowie der Gletscherrückzug bzw. die Entstehung von Gletscherrückzügen bzw. die Entstehung von Gletscherrückzügen zu nennen. Darüber hinaus gilt es, humangeographische Fragestellungen stärker in den Vordergrund der geographischen Hazardforschung zu rücken. Nachdem in der vorliegenden Arbeit ländliche Siedlungen im Mittelpunkt des Interesses gestanden haben, stellen urbane Zentren wie Kāthmāṇḍu, die insbesondere aufgrund räumlicher Bevölkerungsbewegungen hohe Wachstumsraten aufweisen, ein interessantes Gebiet für die Analyse und Bewertung von Naturgefahren dar, da sie ein extrem hohes Schadenpotenzial darstellen. In diesem Zusammenhang sind die ökonomischen Auswirkungen von Naturgefahrenprozessen auf einzelne Familien unterschiedlicher sozialer Stellung bzw. unterschiedlicher ethnischer Zugehörigkeit oder auch auf den nepalesischen Staatshaushalt von Interesse. Darüber hinaus bilden genderspezifische Fragestellungen, die im Rahmen der geographischen Naturgefahrenforschung bisher völlig vernachlässigt wurden, interessante Forschungsansätze. In diesem Zusammenhang sollte auch dem Wirkungsgefüge Armut-Naturgefahren oder Naturgefahren-Ernährungssicherung Beachtung geschenkt werden. Im methodischen Bereich versprechen die Wiederbelebung perceptions- und verhaltensorientierter Ansätze sowie die Anwendung partizipativer Ansätze interessante Ergebnisse. So wäre es beispielsweise möglich, eine partizipatorische Risikoanalyse unter Einbezug lokalen Wissens durchzuführen, um Akteursmodelle und integrierte Handlungsstrategien für ein problemspezifisches Naturgefahrenmanagement zu entwickeln.

Zusammenfassend lässt sich anführen, dass sich die geographische Naturgefahrenforschung nicht auf die Erforschung von Entstehung und Ablauf natürlicher Gefahrenprozesse aus einer rein naturwissenschaftlichen Perspektive beschränken darf. Gefordert sind gezielte Problemlösungen, die aufgrund der komplexen anthropogenen Faktoren, die die Anfälligkeit von Bevölkerungsgruppen und sowie die Fähigkeit oder Möglichkeit, sich vor den negativen Auswirkungen zu schützen und sich von den Folgen angemessen zu erholen, bestimmen, mit sozialwissenschaftlichen Ansätzen der Anthropogeographie erreicht werden können. Mit HURNI et al. (2003:100) bildet die vorausschauende Kenntnis über (Degradierungs)Risiken und (Natur)Gefahren in Gebirgsräumen und der damit verbundenen Wirkungszusammenhänge eine wichtige Voraussetzung einer vorsorglichen Politik und Wirtschaft mit Blick auf eine nachhaltige Entwicklung. Aus dem Prinzip der nachhaltigen Entwicklung folgt wiederum, dass eine Entwicklung nur dann nachhaltig sein kann, wenn sie eine Gesellschaft dazu in die Lage versetzt, Katastrophen vorzubeugen oder zu bewältigen. Da ein enger Zusammenhang zwischen Katastrophenanfälligkeit, sozialem Umfeld und Umwelt besteht, kommt der Katastrophenvorsorge insbesondere in den so genannten Entwicklungsländern eine wichtige Bedeutung zu. Infolge der UN-Konferenzen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro 1992 sowie über die Reduzierung von Naturkatastrophen in Yokohama 1994 wurde deutlich, dass in der Naturgefahrenforschung neben der rein naturwissenschaftlichen Perspektive die sozialwissenschaftliche Perspektive stärker in den Vordergrund gerückt werden muss. Gerade die Geographie erlaubt es aufgrund ihres breiten inhaltlichen und methodischen Spektrums, die naturwissenschaftliche mit

der sozialwissenschaftlichen Perspektive der Naturgefahren in der Naturgefahrenforschung zu vereinen. Neben theoriegeleiteter und empirischer Forschung zeichnet sich die Geographie durch eine intensive Vor-Ort-Forschung und -Kenntnis, durch das Vermitteln von Einsichten in regionale Strukturen sowie die Bereitstellung von Grundlagen zur Formulierung angepasster Maßnahmen und Strategien aus (SCHOLZ, 2004). Die Chance für das Fach Geographie liegt darin, mit den traditionellen Stärken des Faches problemlösungsorientierte Beiträge zu leisten.

11. LITERATURVERZEICHNIS

- ADHIKARI, T. L., 2001: Landslide Control and Stabilisation Measures for Mountain Roads: A Case Study of the Arniko Highway, Central Nepal. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush-Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- AMMANN, W. J., 2003: Integrales Risikomanagement von Naturgefahren. In: JEANNERET, F.; WASTL-WALTER, D.; WIESMANN, U. & SCHWYN, M. [Hrsg.]: Welt der Alpen. Gebirge der Welt. Ressourcen, Akteure, Perspektiven. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern 61/2003. Buch zum 54. Deutschen Geographentag in Bern 2003. Bern.
- AMMER, U.; BREITSAMER, J.; KRAUS, W. & ZANDER, J., 1996: Der Beitrag des Bergwaldes zum Schutz gegen Oberflächenabfluß und Bodenabtrag. In: EUROPÄISCHE AKADEMIE BOZEN [Hg]: Das Bergwaldprotokoll: Forderungen an den Wald – Forderungen an die Gesellschaft. Berlin, Wien.
- ANBALAGAN, R. & SINGH, B., 2001: Landslide Hazard and Risk Mapping in the Himalaya. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush – Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- AULITZKY, H., 1992: Die Sprache der „Stummen Zeugen“. Internationales Symposium Interpraevent 6:139-174. Bern.
- BAADE, J.; MÄUSBACHER, R.; WAGNER, G.A.; HEINE, E. & KOSTKA, R., 1998: Landslides and deserted places in the semi-arid environment of the Inner Himalaya. In: KALVODA, J. & ROSENFELD, C.L. [Hrsg.]: Geomorphological Hazards in High Mountain Asia. Dordrecht.
- BÄHR, J., 1997: Bevölkerungsgeographie. Verteilung und Dynamik der Bevölkerung in globaler, nationaler und regionaler Sicht. Stuttgart.
- BANSE, G. [Hg.], 1996: Risikoforschung zwischen Disziplinarität und Interdisziplinarität: von der Illusion der Sicherheit zum Umgang mit Unsicherheit. Berlin.
- BANSE, G. & BECHMANN, G., 1998: Interdisziplinäre Risikoforschung. Eine Bibliographie. Opladen, Wiesbaden.
- BASNET, K., 1998: Population growth and environmental degradation in Nepal. *Headwater*:231-234.
- BJØNESS, I.-M., 1986: Mountain Hazard perception and risk-avoiding strategies among the Sherpas of Khumbu Himal, Nepal. *Mountain Research and Development* 6(4):277-292.
- BLAKIE, P., & COPPARD, D., 1998: Environmental Change and livelihood diversification in Nepal: where is the problem? *Himalayan Research Bulletin* 18(2):28-39.
- BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. & WISNER, B., 1994: *At Risk. Natural hazards, people's vulnerability, and disasters*. London.
- BÖLL, A., 1997: Wildbach- und Hangverbau. *Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft* 343. Birmersdorf.
- BOHLE, H., 1994: Dürrekatastrophen und Hungerkrisen. Sozialwissenschaftliche Perspektiven geographischer Risikoforschung. *Geographische Rundschau* 46(7-8):400-407.
- BOHLE, H., 2001: Neue Ansätze der geographischen Risikoforschung. Ein Analyserahmen zur Bestimmung nachhaltiger Lebenssicherung von Armutgruppen. *Erde* 132(2):119-140.
- BORDET, P.; COLCHEN, M.; KRUMMENACHER, D.; LE FORT, P.; MOUTERDE, R. & REMY, M., 1971: *Recherches Géologiques dans l'Himalaya du Népal, Région de la Thakkhola*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.
- BORDET, P.; COLCHEN, M. & LE FORT, P., 1975: *Recherches Géologiques dans l'Himalaya du Népal, Région du Nyi-Shang*. Éditions de Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.
- BORSODORF, A., 1999: *Geographisch denken und wissenschaftlich arbeiten. Eine Einführung in die Geographie und in Studientechniken*. Gotha, Stuttgart.

- BORTER, P., 1999: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. In: BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) [Hg.]: Umwelt-Materialien. 107/I, 107/II. Bern.
- BRAUN, M. & FIENER, P., 1995: Report on the GLOF Hazard mapping project in the Imja Khola/Dudh Kosi valley, Nepal. HMG/GTZ. Kathmandu.
- BRONSTERT, A.; NIEHOFF, D. & FRITSCH, U., 2003: Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf die Hochwasserentstehung. Petermanns Geographische Mitteilungen 147(6):24-33.
- BRUIJNZEEL, L. A. & BREMMER, C. N., 1989: Highland-lowland interactions in the Ganges Brahmaputra River Basin: A Review of Published Literature. ICIMOD Occasional Paper 11. Kathmandu.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG, 2005: Seebeben – und das Tsunami-Frühwarnsystem. <http://www.bmbf.de/2402.php>. 30.05.2005.
- BURKILL, J.H., 1910: Notes from a Journey to Nepal. Rec. Bot. Survey of India, IV:59-140.
- BURTON, S., KATES, R. W. & WHITE, G., 1978: The Environment as Hazard. New York.
- BURTON, S.; SHAH, P. B. & SCHREIER, H., 1989: Soil degradation from converting forest land into agriculture in the Chitawan District of Nepal. Mountain Research and Development 9(4):393-404.
- BYERS, A., 1986: A Geomorphic Study of Man-induced Soil Erosion in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Khumbu, Nepal. Mountain Research and Development 6 (1):83-87.
- CAINE, N. & MOOL, P. K., 1982: Landslides in the Kolpu Khola drainage, Middle Mountains, Nepal. Mountain Research and Development 2(2): 157-173.
- CARSON, B., 1985: Erosion and Sedimentation Process in the Nepalese Himalaya. ICIMOD. Occasional Paper 1. Kathmandu.
- CARTER, A. S. & GILMOUR, D. A., 1989: Increase in Tree Cover on Private Farm Land in Central Nepal. Mountain Research and Development 9(4):381-391.
- CARTER, E. J., 1992: Tree Cultivation on Private Land in the Middle Hills of Nepal: Lessons from some villagers of Dolakha District. Mountain Research and Development 12(3):241-255.
- CENDERELLI, D. A. & WOHL, E. E., 1998: Sedimentology and clast orientation of deposits produced by glacial-lake outburst floods in the Mount Everest region, Nepal. In: KALVODA, J. & ROSENFELD, C.L. [Hrsg.]: Geomorphological Hazards in High Mountain Asia. Dordrecht.
- CHALISE, S. R. & KHANAL, N. R., 2001: Rainfall and Related Disasters in Nepal. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush – Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- CHAMBERS, R., 1989: Vulnerability, Coping and Policy. IDS Bulletin 20:1-7.
- CHHETRI, M. B. P. & BHATTARAI, D., 2001: Mitigation and Management of Floods in Nepal. HMG, Ministry of Home Affairs. Kathmandu.
- CHITRIKAR, G. R. & PANDAY, M. R., 1996: Historical Earthquakes of Nepal. News Bulletin, Nepal Geological Society. 4,1:7-8.
- CROZIER, M. J., 1986: Landslides: Causes, consequences and environment. London.
- DEOJA, B. B.; DHITAL, M. R.; MANANDHAR, K. C. & WAGNER, A., 1991: Risk Engineering in the Hindu Kush-Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- DEOJA, B. B., 1994: Sustainable Approaches to the Construction of Roads and other Infrastructure in the Hindu Kush-Himalayas. ICIMOD. Occasional Paper 24. Kathmandu.
- DEOJA, B. B., 2001: Hazards and Risks to and from Linear Infrastructures in Mountain Regions. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush – Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- DEUTSCHER UND ÖSTERREICHISCHER ALPENVEREIN, 2001: Grundlagen, Erfassung und Darstellung von Sturz-, Rutsch- und Murprozessen. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte 33. München.
- DEUTSCHES KOMITEE FÜR KATASTROPHENVORSORGE e.V., 2002: Zweites Forum Katastrophenvorsorge „Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge. 24.-26. September 2001, Leipzig. Bonn, Leipzig.

- 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. A Report of the Preliminary Field Assessment and Workshop on Cause of the Recent Damage Incurred in South-Central Nepal (July 19-20, 1993). ICIMOD. Kathmandu.
- DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L. & IBSEN, M.-L. [Hrsg.], 1996: Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes. Report No. 1 of the European Commission Environment Programme. Chichester.
- DIKAU, R.; STÖTTER, J.; WELLMER, F.-W. & DEHN, M., 2001: Massenbewegungen. Katastrophenvorsorge als wissenschaftliche und technische Aufgabe. In: PLATE, E. J. & MERZ, B. [Hrsg.]: Naturkatastrophen. Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge. Stuttgart.
- DIKAU, R. & T. GLADE, 2002: Gefahren und Risiken durch Massenbewegungen. Geographische Rundschau 54(1):38-45.
- DIXIT, A. M.; DWELLY-SAMANT, L.; NAKARMI, M.; TUCKER, B. & PRADHANANG, S. B., 1999: The Kathmandu Valley Earthquake Risk Management Action Plan. NSET-Nepal. Kathmandu.
- DONNER, W., 1994: Lebensraum Nepal. Eine Entwicklungsgeographie. Mitteilungen des Instituts für Asienkunde 226. Hamburg.
- DOW, V.; KIENHOLZ, H.; PALM, M. & IVES, J. D., 1981: Mountain Hazards Mapping: The Development of a prototype combined Hazard Map, Monarch Lake Quadrangle, Colorado, USA. Mountain Research and Development 1(1):55-64.
- DWIDP, 1993: Flood Damage Assessment Nepal. SMEC in association with CEMAT. Kathmandu.
- ECKHOLM, E. P., 1975: The Deterioration of Mountain Environments. Ecological stress in the Highlands of Asia, Latin America and Africa takes a mounting social toll. Science, 189:764-770.
- ECKHOLM, E. P., 1976: Losing Ground. New York.
- EGLI, H.-R., 1990: Siedlungsprozesse an der Höhengrenze der Ökumene. Am Beispiel der Alpen. Siedlungsforschung 8:207-219.
- EGLI, T., 1996: Hochwasserschutz und Raumplanung: Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung – dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen. ORL-Bericht 100. Zürich.
- EN-DAT, 2004: The OFDA/CRED International Disaster Database, www.en-dat.net – Université catholique de Louvain. Brüssel. 18.10.2004.
- FILCHNER, W., 1953: In der Fieberhölle Nepals. 2. Aufl. Wiesbaden.
- FISCHER, K., 1999: Massenbewegungen und Massentransporte in den Alpen als Gefahrenpotential – eine Einführung in die Thematik. Relief, Boden, Paläoklima 14:1-9.
- FORT, M., 1986: Glacial extension and catastrophic dynamics along Annapurna Front, Nepal Himalaya. Göttinger Geographische Abhandlungen 81:105-125.
- FORT, M., 1987: Geomorphic and Hazards Mapping in the dry continental Himalaya: 1:50.000 Maps of Mustang Distrikt. Mountain Research and Development 7(3):222-238.
- FORT, M., 2000: Natural Conditions and Hazards for Irrigation in the Arid Himalaya of Upper Mustang District, Nepal. In: KREUTZMANN, H. [Hg.]: Sharing Water. Irrigation and Water Management in the Hindukush-Karakorum-Himalaya. Oxford, New York.
- FOX, J., 1993: Forest resources in a Nepali village in 1980 & 1990: The Positive Influence of Population Growth. Mountain Research and Development 13(1):89-98.
- FRANK, W., 1977: Distribution of Jats According to Settlement Altitudes in Middle Nepal. IASF 8(3,4):373-385.
- FRANK, W., 1980: Zur Siedlungsverteilung nach Höhenschichtung in Mittel-Nepal. Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft. Supplement Band IV. Wiesbaden.
- FRANZ, H., 1990: Bevölkerungsentwicklung und Umweltzerstörung in Nepal. In: FRANZ, H. [Hg.]: Bevölkerungsentwicklung und ihre Auswirkungen auf die Umwelt. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Wien.

- FUCHS, S.; KEILER, M. & ZISCHG, A., 2001: Risikoanalyse Oberes Suldental, Vinschagu. Innsbrucker Geographische Schriften 31. Innsbruck.
- FÜRER-HAIMENDORF, C. von, 1975: Himalayan Traders. New York.
- FÜRER-HAIMENDORF, C. von [Hg.], 1981: Asian Highland Societies in Anthropological Perspective. New Delhi.
- FUSHIMI, H.; IKEGAMI, K.; HIGUCHI, K. & SHANKAR, K., 1985: Nepal case study: catastrophic floods. In: YOUNG, G. J. [Hg.]: Techniques for Prediction of Runoff from Glacierized Areas. I.A.H.S. Publications 149:125-130.
- GALAY, V., 1985a: Glacier Lake Outburst Flood (Jökulhlaup) on the Bhote/Dudh Kosi–August 4, 1985. Internal Report. HMG, Ministry of Water Resources, Water and Energy Commission. Kathmandu.
- GALAY, V., 1985b: Hindu Kush-Himalayan Erosion and Sedimentation in Relation to Dams. International Workshop on Watershed Management in the Hindu Kush-Himalayan Region. ICIMOD-CAS. Chengdu, Sichuan Province, 14-19 October 1985. Unpublished.
- GANSSER, A., 1964: Geology of the Himalayas. London, New York, Sidney.
- GAUTAM, A.; WEBB, E. & EIUMNOH, A., 2002: GIS Assessment of Land Use/Cover Change Associated with Community Forestry Implementation in the Middle Hills of Nepal. Mountain Research and Development 22(1):63-39.
- GAUTAM, C. M. & WATANABE, T., 2004: Reliability of Land Use/Land Cover Assessment in Montane Nepal. Mountain Research and Development 24(1):35-43.
- GEIPEL, R., 1992: Naturrisiken: Katastrophenbewältigung im sozialen Umfeld. Darmstadt.
- GERMANN, P. & WEINGARTNER, R., 2003: Hochwasser und Wald – das forsthydrologische Paradigma. In: JEANNERET, F.; WASTL-WALTER, D.; WIESMANN, U. & SCHWYN, M. [Hrsg.]: Welt der Alpen. Gebirge der Welt. Ressourcen, Akteure, Perspektiven. Buch zum 54. Deutschen Geographentag in Bern 2003. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern 61. Bern.
- GERARD, J. & GARDNER, R., 2002: Relationship Between Landsliding and Land Use in the Likhu Khola Drainage Basin, Middle Hills, Nepal. Mountain Research and Development 22(1):48-55.
- GILMOUR, D., 1988: Not seeing the trees for the forest: A re-appraisal of the deforestation crisis in two Hill Districts of Nepal. Mountain Research and Development 8(4):343-350.
- GILMOUR, D. & NURSE, M., 1991: Farmer Initiatives in Increasing Tree Cover in Central Nepal. Mountain Research and Development 11(4):329-337.
- GIRTLE, R. 1988: Methoden der qualitativen Sozialforschung: Anleitung zur Feldarbeit. Wien, Köln, Graz.
- GLADE, T. & DIKAU, R., 2001: Gravitative Massenbewegungen. Vom Naturereignis zur Naturkatastrophe. Petermanns Geographische Mitteilungen 145(6): 42-55.
- GRIFFIN, D. M.; SHEPHERD, K. R. & MAHAT, T. B. S., 1988: Human Impact to some Forests of the Middle Hills of Nepal. Part 5. Comparisons, concepts, and some policy implication. Mountain research and Development 8(1):43-52.
- GURUNG, H., 1979/1980: Vignettes of Nepal. Kathmandu.
- GURUNG, S. M., 1989: Human perception of mountain hazards in the Kakani-Kathmandu area. Mountain Research and Development 9(4):353-364.
- HAEBERLI, W. & ZUMBÜHL, H., 2003: Schwankungen der Alpengletscher im Wandel von Klima und Perzeption. In: JEANNERET, F.; WASTL-WALTER, D.; WIESMANN, U. & SCHWYN, M. [Hrsg.]: Welt der Alpen – Gebirge der Welt. Ressourcen, Akteure, Perspektiven. Buch zum 54. Deutschen Geographentag in Bern 2003. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern 61. Bern.
- HAFFNER, W., 1966: Die Sherpas im östlichen Nepal. Geographische Rundschau 18(4):144-148.
- HAFFNER, W., 1979: Nepal Himalaya. Untersuchungen zum vertikalen Landschaftsaufbau Zentral- und Ostnepals. Wiesbaden.

- HAFFNER, W., 1982: Die Gebirge und Hochländer der Tropen und Subtropen. In: HAFFNER, W. [Hg.]: Tropische Gebirge: Ökologie und Agrarwirtschaft. Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung. Reihe 1(8): 1-33. Gießen.
- HAFFNER, W., 1986: Von der angepassten Nutzung zur Übernutzung des Naturpotentials – Das Beispiel Gorkha. In: KLÖVER, B. [Hg.]: Formen kulturellen Wandels und andere Beiträge zur Erforschung des Himalaya. St. Augustin.
- HAFFNER, W., 1995: Positive Aspekte von Erosionsprozessen. Geographische Rundschau 47(12):733-739.
- HAGEN, T., 1968/1969: Report on the Geological Survey of Nepal. Records of the Swiss Academy for Natural Sciences LXXXVI/1, LXXXVI/2. Zürich.
- HAGEN, T., 1980: Nepal. Bern.
- HARD, G., 1973: Die Geographie. Sammlung Göschen 9001. Berlin, New York.
- HEIDE, S. von der, 1988: The Thakalis of North Western Nepal. Kathmandu.
- HEIDE, S. von der, 1993: Die Thakali des Thak Khola, Zentralnepal, und ihr Wanderungsverhalten. Neue Forschungen im Himalaya. Erdkundliches Wissen 112:129-154.
- HEINIMANN, H. R.; HOLLENSTEIN, K.; KIENHOLZ, H.; KRUMMENACHER, B. & MANI, P., 1998: Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Umwelt-Materialien 85. Bern.
- HERGET, J., 2003a: Eisstausee-Ausbrüche als Quelle katastrophaler Hochwasser. HGG-Journal 18:21-40.
- HERGET, J., 2003b: Eisstausee-Ausbrüche – Ursache für katastrophale Hochwasser. Geographische Rundschau 55(2):14-20.
- 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. [Hrsg.]: Vergleichende Kulturgeographie des südlichen Asiens. Erdwissenschaftliche Forschung 5. Wiesbaden.
- HEWITT, K., 1983 [Hg.]: Interpretations of Calamity. Boston.
- HMG = His Majesty's Government of Nepal [Hg]:
- HMG, 1975: Population Census 1971. National Planning Commission Secretariat, Central Bureau of Statistics. Kathmandu.
- HMG, 1982: National Calamity Relief Act (1982). An Act to Provide for the Relief work and relating to the Natural Calamity. Kathmandu. http://www.adrc.or.jp/Nepal_Law.html. 10.06.2002.
- HMG, 1984a: Population Census 1981. National Planning Commission Secretariat, Central Bureau of Statistics. Kathmandu.
- HMG, 1984b: Climatological Records 1981-1982. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 1992: Population Census 1991. National Planning Commission Secretariat, Central Bureau of Statistics. Kathmandu.
- HMG, 1994: National environmental impact assessment guidelines 1993. National Conservation Strategy Implementation Project. National Planning Commission. Kathmandu.
- HMG, 1995a: Climatological Records of Nepal 1987-1990. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 1995b: Report on a debris flow disaster at Bagarchhap, Manang District. Water Induced Disaster Prevention Technical Centre. Kathmandu.
- HMG, 1996: National Action Plan 1996. Ministry of Home Affairs. Kathmandu. <http://www.moha.gov.np/narcotic/nation.html>. 06.09.2002.
- HMG, 1997: Climatological Records of Nepal 1991-1994. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 1998: Disaster Review 1997. Ministry of Water Resources, Department of Water Induced Disaster Prevention. Kathmandu.

- HMG, 1999a: Climatological Records of Nepal 1995-1996. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 1999b: Nepal. Country Report 1999. Ministry of Home Affairs. Kathmandu. <http://www.adrc.or.jp/countryreport/NPL/NPLeng99/Nepal99.htm>. 10.06.2002.
- HMG, 1999c: A Technical Guideline on landslide Mitigation Work. Ministry of Water Resources, Department of Water Induced Disaster Prevention. Lalitpur.
- HMG, 2000a: Disaster Review 1998 and 1999. Ministry of Water Resources, Department of Water Induced Disaster Prevention. Kathmandu.
- HMG, 2000b: Department of Mines and Geology. Achievements and Prospects. Kathmandu.
- HMG, 2001a: Climatological Records of Nepal 1997-1998. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 2001b: Daily Precipitation Records of Nepal 1997-1998. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 2001c: Disaster Review 2000. Ministry of Water Resources, Department of Water Induced Disaster Prevention. Kathmandu.
- HMG, 2002a: Climatological Records of Nepal 1999-2000. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 2002b: Daily Precipitation Records of Nepal 1999-2000. Ministry of Water Resources, Department of Meteorology and Hydrology. Kathmandu.
- HMG, 2002c: Population Census 2001. National Planning Commission Secretariat, Central Bureau of Statistics. Kathmandu.
- HMG, 2002e: Disaster Review 2001. Ministry of Water Resources, Department of Water Induced Disaster Prevention. Kathmandu.
- HMG, 2003a: 9th Plan (1997-2002). National Planning Commission Nepal. Kathmandu. http://www.npc.gov.np/plan/contents/english/Chapter_9.pdf. 27.06.2003
- HMG, 2003b: 10th Plan (2002-2007). National Planning Commission Nepal. Kathmandu. http://www.npc.gov.np/thenthplan/english/Capter_17-Irrigation.pdf; http://www.npc.gov.np/thenthplan/english/Capter_22-Population.pdf. 27.06.2003.
- HÖFER, A., 1986: Wieso hinduisieren sich die Tamang? In: KÖLVER, B. [Hg.]: Formen kulturellen Wandels und andere Beiträge zur Erforschung des Himalaya. St. Augustin.
- HOFER, T. et al., 1996: Zur Komplexität der Überschwemmungen in Bangladesh – mit Bruno Messerli vom „Tiger Hill“ (Darjeeling Himalaya) zum „Tiger Point“ (Golf von Bengalen). In: HURNI, H.; KIENHOLZ, H.; WANNER, H. & WIESMANN, U. [Hrsg.]: Umwelt-Mensch-Gebirge. Beiträge zur Dynamik von Natur- und Lebensraum. Festschrift für Bruno Messerli. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft von Bern 59. Bern.
- HOFER, T., 1998: Floods in Bangladesh: a highland-lowland interaction? Bern.
- HOFFMANN, T., 1995a: Migration und Entwicklung am Beispiel des Solu-Khumbu-Distriktes, Ost Nepal. Freiburger Studien zur Geographischen Entwicklungsforschung 10. Freiburg.
- HOFFMANN, T., 1995b: Verlassene Bergwelt: Bergflucht aus dem Nepal-Himalaya. Südasiens 15(4)-5:77-83.
- HOLLENSTEIN, K., 1995: Analyse und Bewertung von Risiko und Sicherheit bei Naturgefahren. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 9:687-700.
- HORSTMANN, B., 2004: Gletscherseeausbrüche in Nepal und der Schweiz. Neue Gefahren durch den Klimawandel. Germanwatch. Bonn. Berlin.
- HOWELL, J. H., 2001: Application of Bio-Engineering in Slope Stabilisation: Experience From Nepal. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush-Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- HRABOVSKY, J. & MIYAN, K., 1987: Population Growth and land use in Nepal. Mountain Research and Development 7(3):264-270.

- HURNI, H.; KLÄY, A. & MASELLI, D., 2003: Nachhaltige Entwicklung und Risikomanagement in Gebirgsräumen. In: JEANNERET, F.; WASTL-WALTER, D.; WIESMANN, U. & SCHWYN, M. [Hrsg.]: Welt der Alpen. Gebirge der Welt. Ressourcen, Akteure, Perspektiven. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern 61/2003. Buch zum 54. Deutschen Geographentag in Bern 2003. Bern.
- ICIMOD, 2003: International Year of Mountains 2002. Key Outcome of Bishkek Global Mountain Summit, 28. Oct.-1. Nov. 2002. <http://www.icimod.org/iy2002/outcomes/bgms.htm>. 11.09.2003.
- ISLAM, A. & KAMAL, G., 1993: Der Flutaktionsplan für Bangladesh und seine ökologischen Risiken. Geographische Rundschau 54(11):666-673.
- ITURRIZAGA, L., 1996: Über das Naturgefahrenpotential für die Hochgebirgssiedlung Shimshal (3080m), Nord-West-Karakorum. Die Erde 127:205-220.
- ITURRIZAGA, L., 1998: Gletscher als Existenzgrundlage und Gefährdungspotential für die Hochgebirgssiedlung Shimshal im Nordwestkarakorum. Petermanns Geographische Mitteilungen 142(3+4):233-239.
- IVES, J. D., 1986a: Jökulhlaup Disasters in the Himalaya and their Identification. A Case Study: The Langmoche Jökulhlaup of 4th August 1985. Khumbu Himal, Nepal. ICIMOD. Kathmandu.
- IVES, J. D., 1986b: Glacial Lake Outburst Floods and Risk engineering in the Himalaya. ICIMOD Occasional Paper 5. Kathmandu.
- IVES, J. D., 1987: The theory of Himalayan environment at degradations: Its validity and application challenged by recent research. Mountain Research and Development 7(3):189-199.
- IVES, J. D., 1998: The Himalayan Dilemma Reconsidered. Karakorum, Hindukush, Himalaya 4(2):93-108.
- IVES, J. D. & MESSERLI, B., 1981: Mountain Hazards Mapping in Nepal. Introduction to an applied mountain research project. Mountain Research and Development 1(3/4):223-230.
- IVES, J. D. & MESSERLI, B., 1989: The Himalayan Dilemma. Reconciling Development and Conservation. London, New York.
- JACKSON, W.; TAMRAKAR, R.; HUNT, S. & SHEPHERD, K. R., 1998: Land-Use Changes in Two Middle Hill Districts of Nepal. Mountain Research and Development 18(3):193-212.
- JODHA, N., 1995: The Nepal middle mountains. Regions at Risk: 140-185.
- JOHNSON, K.; OLSEN, E.A. & MANANDHAR, S., 1982: Environmental knowledge and response to natural hazards in high mountainous Nepal. Mountain Research and Development 2(2):175-188.
- JONES, D. K. C., 1992: Landslide Hazard Assessment in the Context of Development. In: Mc CALL, G. J. H.; LAMING, D. J. C. & SCOTT, S.C. [Hrsg.]: Geohazards: Natural and Man-made. New York.
- KATES, R. W., 1971: Natural Hazards in Human Ecological Perspective: Hypothesis and Models. Economic Geography 47:438-451.
- KATES, R. W., 1976: Experiencing the Environment as Hazard. In: WAPNER, S., COHEN, B. & KAPLAN, B. [Hrsg.]: Experiencing the Environment. New York.
- KATTELMANN, R., 2003: Glacial Lake Outburst Floods in the Nepal Himalaya. A Managable Hazard? Natural Hazards 28:145-154.
- KERSCHNER, H. & STÖTTER, J., 2003: Alpine Naturgefahren. Ursachen, Bedrohung und Gegenmaßnahmen. Berichte zur deutschen Landeskunde 77(2/3):231-247.
- KIENHOLZ, H., 1977: Kombinierte Geomorphologische Gefahrenkarte 1:10.000 von Grindelwald. Geographica Bernensia G4. Bern.
- KIENHOLZ, H., 1980: Beiträge der Geomorphologie zur Kartierung von Naturgefahren. 42. Deutscher Geographentag Göttingen. Göttingen.
- KIENHOLZ, H., 1981: Zur Methodologie der Beurteilung von Naturgefahren – Probleme der rationalen Beurteilung und Kartierung unter Wahrung von sachlicher Richtigkeit und genügender Nachvollziehbarkeit. Geomethodica 6:25-56.

- KIENHOLZ, H., 1986: Slope Stability and Erosion in the Nepalese Middle Mountains and the Khumbu Area. In: HAGEDORN, J.; HÖVERMANN, J. & NITZ, H.-J. [Hrsg.]: Internationales Symposium über Tibet und Hochasien vom 8.-11. Oktober 1985 im Geographischen Institut der Universität Göttingen. Göttinger Geographische Abhandlungen 81. Göttingen.
- KIENHOLZ, H., 1987: Erosions- und Hanginstabilitätsprobleme in Nepal. Verhandlung des 45. Deutschen Geographentages Berlin 54:264-268.
- KIENHOLZ, H., 1999: Anmerkungen zur Beurteilung von Naturgefahren in den Alpen. Relief, Boden, Paläoklima 14:165-184.
- KIENHOLZ, H., 2000: Naturgefahren. Von der Analyse zur Risikoprävention. Physische Geographie 41:21-35.
- KIENHOLZ, H.; HAFNER, H. & SCHNEIDER, G., 1982: Zur Beurteilung von Naturgefahren und der Hanglabilität – Ein Beispiel aus dem Nepalesischen Hügelland. In: HAFNER, W. [Hg.]: Tropische Gebirge: Ökologie und Agrarwirtschaft. Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung 1(8). Gießen.
- KIENHOLZ, H.; HAFNER, H.; SCHNEIDER, G. & TAMRAKAR, R., 1983: Mountain Hazards in Nepal's Middle Mountains. Map of Land Use and Geomorphic Damages. Kathmandu-Kakani Area. Mountain Research and Development 3(3):195-220.
- KIENHOLZ, H.; HAFNER, H. & SCHNEIDER, G., 1984a: Stability and Instability, and Conditional Instability: Mountain Ecosystem Concepts based on a Field Study of the Kakani Area in the Middle Hills of Nepal. Mountain Research and Development 4(1):55-62.
- KIENHOLZ, H.; HAFNER, H. & SCHNEIDER, G., 1984b: Methods for the Assessment of Mountain Hazards and Slope Stability in Nepal. Erdwissenschaftliche Forschung 18:147-160.
- KIENHOLZ, H.; SCHNEIDER, G.; BICHSEL, M.; GRUNDER, M. & MOOL, P. K., 1984: Mapping of Mountain Hazards and Slope Stability. Mountain Research and Development 4(3):147-266.
- KIENHOLZ, H. & KRUMMENACHER, B., 1995: Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene. BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) & BWG (Bundesamt für Wasser und Geologie) [Hrsg.]: Mitteilungen des Bundesamtes für Wasser und Geologie 6. Bern.
- KIENHOLZ, H.; ZEILSTRA, P. & HOLLENSTEIN, K., 1998: Begriffsdefinitionen zu den Themen Geomorphologie, Naturgefahren, Forstwesen, Sicherheit, Risiko. BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), Eidg. Forstdirektion. Bern.
- KIENHOLZ, H. & GRAF, C., 2000: Vom Gelände zur Karte der Phänomene. PLANAT (Nationale Plattform Naturgefahren), BWG (Bundesamt für Wasser und Geologie) & BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft). Bern.
- KNEISEL, C; LEHMKUHL, F; WINKLER, S.; TRESSEL, E. & SCHRÖDER, H., 1998: Legende für geomorphologische Kartierungen im Hochgebirge (GMK Hochgebirge). Trierer Geographische Studien 18.
- KOIRALA, A.; RIMAL, L. N.; SIKRIKAR, S. M.; PRADHANANGA, U. B.; PRADHAN, P. M.; HANISCH, S.; KERNTKE, M.; JOSHI, P. R.; STEINER, L.; BUSCH, K.; JÄGER, S. & SINGH, S., 1998: Engenning and Environmental Geological Map of the Pokhara Valley, 1:50.000. Kathmandu.
- KOLLMAIR, M., 1999: Futterbäume in Nepal: traditionelles Wissen, Stellenwert in kleinbäuerlichen Betrieben und räumliche Verteilung. Münster.
- KRAUSKOPFF, G., 1995: The anthropology of the Tharus: an annotated bibliography. Kailash 17(3-4):185-213.
- KRAUTER, E., 1994: Hangrutschungen und deren Gefährdungspotential für Siedlungen. Geographische Rundschau 46(7-8):422-428.
- KUHLE, M., 1982: Der Dhaulagiri- und Annapurna-Himalaya. Ein Beitrag zur Geomorphologie extremer Hochgebirge. Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband 41.
- KULS, W. & KEMPER, F. J., 2000: Bevölkerungsgeographie. Eine Einführung. Stuttgart. Leipzig.
- LAMPING, H. & LAMPING, G., 1995: Naturkatastrophen. Spielt die Natur verrückt? Berlin.

- LATELTIN, O., 1997: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. BRP (Bundesamt für Raumplanung), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW) & Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern.
- LESER, H. & STÄBLEIN, G., 1975: Geomorphologische Kartierung. Richtlinien zur Herstellung von geomorphologischen Karten 1:25.000. Berliner Geographische Arbeiten. Berlin.
- LESER, H. & STÄBLEIN, G., 1978: Legende der Geomorphologischen Karte 1:25.000. 3. Fassung im GMK-Schwerpunktprogramm. Berliner Geographische Abhandlungen 30. Berlin.
- LESER, H., 1980: Geographie. Das Geographische Seminar. Braunschweig.
- LESER, H., 1981: Das Sechste 'Basler Geomethodische Colloquium' Naturgefahren und geoökologische Forschung in Hochgebirgen. Geomethodica 6:5-24.
- LI, T., 2000: Risk, Hazard and Vulnerability. Mountain Risks and Hazards. ICIMOD Newsletter 37 :3-4.
- LI, T.; CHALISE, S.R. & UPRETI, B.N. [Hrsg.], 2001: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush – Himalayas. International Centre for Integrated Mountain Development. Kathmandu.
- LIMBERG, W., 1981: Landbesitzentwicklung und Landnutzung im Siedlungsraum der Sherpa, Mount Everest-Gebiet/ Ost-Nepal. Frankfurter Wirtschafts- und Sozialgeographische Schriften 36:73-84.
- LIMBERG, W., 1982: Untersuchungen über Besiedlung, Landbesitz und Feldbau in Solu-Khumbu (Mount Everest-Gebiet, Ost Nepal). Khumbu Himal 12.
- LOAT, R. & PETRASCHECK, A., 1997: Berücksichtigung von Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. BWW (Bundesamt für Wasserwirtschaft), BRP (Bundesamt für Raumplanung) & BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft). Bern.
- LOMBARD, A., 1954: Observations sur la morphologie du Mt. Everest. Bull. Acad. R. Belg. Cl. Sci. 5(40):320-331.
- LRMP (Land Ressource Mapping Project), 1986a: Agriculture/ Forestry Report. Kenting Earth Sciences Limited, HMG, Government of Canada. Kathmandu.
- LRMP (Land Ressource Mapping Project), 1986b: Geology Report. Kenting Earth Sciences Limited, HMG, Government of Canada. Kathmandu.
- LRMP (Land Ressource Mapping Project), 1986c: Land System Report. Kenting Earth Sciences Limited, HMG, Government of Canada. Kathmandu.
- LRMP (Land Ressource Mapping Project), 1986d: Summary Report. Kenting Earth Sciences Limited, HMG, Government of Canada. Kathmandu.
- MAHAT, T. B. S.; GRIFFIN, D. M. & SHEPHERD, K. R., 1986a: Human impact on some forests of the Middle Hills. Part I. Mountain Research and Development 6(3):223-232.
- , 1986b: Part II. Mountain Research and Development 6(4):325-334.
- , 1987a: Part III. Mountain Research and Development 7(1):53-70.
- , 1987b: Part IV. Mountain Research and Development 7(2):111-134.
- MARSTON, R.; KLEINMAN, J. & MILLER, M., 1996: Geomorphic and Forest Cover Controls on Monsoon Flooding, Central Nepal Himalaya. Mountain Research and Development 16(3):257-264.
- MARUO, Y.; OHTA, Y. & ARITA, K., 1973: Chautara Region. In: OHTA, Y. & AKIBA, C. [Hrsg]: Geology of the Nepal Himalayas. Sapporo.
- MC DONAUGH, C., 1984a: Die Tharu. In: BRAUEN, M. [Hg.]: Nepal: Leben und Überleben. Zürich.
- MC DONAUGH, C., 1984b: The Tharu of Dang: A study of social organization, myth and ritual in West Nepal. Ph. D. Thesis. University of Oxford.
- MESSERLI, B. & HOFER, T., 1992: Die Umweltkrise im Himalaya. Fiktion und Fakten. Geographische Rundschau 44(7/8):435-445.
- MESSERLI, B.; HOFER, T. & WYMANN, S. [Hrsg.], 1993: Himalayan Environment. Pressure – Problems – Processes. Geographica Bernensia G38. Bern.

- MESSERSCHMIDT, D. A., 1976a: The Gurungs of Nepal. Conflict and Change in a Village Society. Warminster.
- MESSERSCHMIDT, D. A., 1976b: Ecological change and adaptation among the Gurung of the Nepal Himalaya. *Human Ecology* 4(2):167-185.
- MESSERSCHMIDT, D. A., 1978: Dhikurs: Rotating Credit Associations in Nepal. In: FISHER, J. F. [Hg.]: *Himalayan Anthropology. The Indo-Tibetan Interface*. Paris.
- MESSERSCHMIDT, D. A., 1984: Die Gurung. In: BRAUEN [Hg.]: *Nepal. Leben und Überleben*. Zürich.
- MESSERSCHMIDT, D. A., 1986: People and Resources in Nepal: Customary Resource Management Systems of the Upper Kali Gandaki. In: *Proceedings of the Conference of Common property Resource Management:455-480*. Washington.
- MESSERSCHMIDT, D. A., 1987: Conservation and Society in Nepal: Traditional Forest Management and Innovative Development. In: LITTLE, P. D. & HOROWITZ, M. M. [Hrsg.]: *Land at Risk in the Third World*. Boulder.
- MIEHE, G., 1982: Vegetationsgeographische Untersuchungen im Dhaulagiri-Annapurna-Himalaya. *Dissertationes Botanicae* 66.1 und 66.2. Vaduz.
- MIEHE, G., 1984: Vegetationsgrenzen im extremen und multizonalen Hochgebirge (Zentraler Himalaya). *Erdkunde* 38:268-277.
- MITCHELL, J. K.; DEVINE, N. v. & JAEGER, K., 1989: A Contextual Modell of Natural Hazard. *Geographical Revue* 79:391-409.
- MORGAN, R. P. C., 1999: *Bodenerosion und Bodenerhaltung*. Übersetzt von WITT, S. & BECHER, H. H. Stuttgart. (Englische Originalausgabe: 1986/1995, *Soil Erosion and Conservation*. London)
- MOOL, P. K.; BAJRACHARYA, S. R. & JOSHI, S. P., 2001: *Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods. Monitoring and Early Warning Systems in the Hindu Kush-Himalayan Region: Nepal*. ICIMOD/MENRIS, UNEP/RRC-AP. Kathmandu.
- MÜLLER, U., 1984: *Die ländlichen Newar-Siedlungen im Kāṭhmāṇḍu-Tal. Eine vergleichende Untersuchung sozialer und ökonomischer Organisationsformen der Newar*. Giessener Geographische Schriften 56. Gießen.
- MÜLLER, U., 1986: Die Übernutzung der natürlichen Ressourcen in Gorkha: Soziale und ökonomische Ursachen. In: KLÖVER, B. [Hg.]: *Formen kulturellen Wandels und andere Beiträge zur Erforschung des Himalaya*. St. Augustin.
- MÜLLER-BÖKER, U., 1988: Umweltkenntnis und Umweltbewertung in traditionellen Gesellschaften Nepals. In: HAFFNER, W. & MÜLLER-BÖKER, U. [Hrsg.]: *Forschungsansätze und Forschungsergebnisse aus Agrarökologie, Geographie und Völkerkunde*. Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung. Reihe I(16):101-123.
- MÜLLER-BÖKER, U., 1991: Knowledge and Evaluation of the Environment in Traditional Societies of Nepal. *Mountain Research and Development* 11(2):101-114.
- MÜLLER-BÖKER, U., 1995a: Ethnoökologie: Ein Beitrag zur Geographischen Entwicklungsforschung. *Geographische Rundschau* 47(6):375-379.
- MÜLLER-BÖKER, U. 1995b: Die Tharu in Chitawan. Kenntnis, Bewertung und Nutzung der natürlichen Umwelt im südlichen Nepal. *Erdwissenschaftliche Forschung* 33.
- MÜLLER-BÖKER, U., 1997a: Tharus and Pahariyas in Chitawan: Observations on the Multi-Ethnic Constellation in Southern Nepal. In: STELLRECHT, I. & WINIGER, M. [Hrsg.]: *Perspectives on History and Change in the Karakorum, Hindukush and Himalaya*. Culture area Karakorum Scientific Studies 3. Köln.
- MÜLLER-BÖKER, U., 1997b: Die ökologische Krise im Himalaya – ein Mythos? *Geographica Helvetica* 52(3):79-88.
- MÜLLER-BÖKER, U., 1999: *The Chitawan Tharus in southern Nepal: an ethnoecological approach*. Nepal Research Centre publications 21. Stuttgart.
- MÜNCHENER RÜCKVERSICHERUNG, 2001: *topics. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2000*. München.

- MÜNCHENER RÜCKVERSICHERUNG, 2002: topics. Jahresrückblick Naturkatastrophen 2001. München.
- NAKARMI, M., 1997: Aitihāsik Bhukampa ra Nepal ma Bhukampiya Jokhim ko Nunikaran (in Nepali). Bulletin of Nepal Geological Society 14:72-29.
- NEPAL-INFORMATION, 2005: Rettungsmaßnahmen für den Erdbebenfall. Zeitschrift der Deutsch-Nepalesischen Gesellschaft e.V. 39(94):25.
- NEPAL-GERMAN MANUSCRIPT PRESERVATION PROJECT (NGMPP), 2003: Preliminary List of Manuscripts, Blockprints and Historical Documents Microfilmed by the NGMPP. Part 1 (excl. Tibetan Material and Historical Documents), Part 2 (Tibetan Material, Release 1). Hamburg.
- OHTA, Y. & AKIBA, C., [Hrsg.] 1973: Geology of the Nepal Himalaya. Sapporo.
- OLSCHAK, B.C.; GANNSEER, A. & BÜHRER, E. M., 1987: Himalaya. Wachsende Berge, Lebendige Mythen, Wandernde Menschen. Luzern, Köln.
- OTTINGER, P. C., 2003: Rutschungen im südwestlichen Annapurna-Massiv des zentralen Nepal-Himalaya. Ein Beitrag zur Geographischen Hazardforschung. Heidelberg.
- PANDAY, K., 1982: Fodder Trees and Tree Fodder in Nepal. Swiss Development Cooperation, Berne & Swiss Federal Institute of Forestry Research. Birmersdorf.
- PANT, M. R., 2002: A Step Towards a Historical Seismicity of Nepal. ĀDARŚA. A Supplement to Pūrnimā, the Journal of Samsōdhana-maṇḍala 2:29-60.
- PEISSEL, M., 1967: Mustang, the forbidden Kingdom. Exploring a lost Himalayan Land. New York.
- PFÄFF-CZARNECKA, J., 1989: Macht und rituelle Reinheit. Hinduistisches Kastenwesen und ethnische Beziehungen im Entwicklungsprozeß Nepals. Konkrete Fremde. Studien zur Erforschung und Vermittlung anderer Kulturen 8.
- PLATE, E. J. & MERZ, B. [Hrsg.], 2001: Naturkatastrophen. Ursachen-Auswirkungen-Vorsorge. Stuttgart.
- POHL, J. & GEIPEL, R., 2002: Naturgefahren und Naturrisiken. Geographische Rundschau 54(1):4-8.
- POHLE, P., 1986: Landnutzung und Landschaftsschäden – Fallbeispiel Gorkha. In: KÖLVER, B. [Hg.]: Formen kulturellen Wandels und andere Beiträge zur Erforschung des Himalaya. St. Augustin.
- POHLE, P., 1992: Umweltanpassung und ökonomischer Wandel im Nepal-Himalaya. Das Beispiel Manangki. Geographische Rundschau 44(7/8):416-425.
- POHLE, P., 1993a: Manāñ: Mensch und Umwelt im Nepāl-Himālaya. Untersuchungen zur biologischen und kulturellen Anpassung von Hochgebirgsbewohnern. Giessener Geographische Schriften 71. Gießen.
- POHLE, P., 1993b: Studies of Man and Environment in the Nepal-Himalaya: Examples from Gorkha and Manang Areas. In: KÖLVER, B. [Hg.]: Aspects of Nepalese Traditions. Stuttgart.
- POHLE, P., 2000: Historisch-geographische Untersuchungen im Tibet-Himalay. Felsbilder und Wüstungen als Quelle zur Besiedlungs- und Kulturlandschaftsgeschichte von Mustang (Nepal). Giessener Geographische Schriften 76/1, 76/2. Giessen.
- POHLE, P. & HAFFNER, W. [Hrsg.], 2001: Kāgbeni – Contributions to the village's history and geography. Giessener Geographische Schriften 77. Giessen.
- POKHAREL, G. S., 2001: Geotechnical Study of Unstable Slopes: A Case Study at Sunkoshi Powerhouse Site, Central Nepal. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush-Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- POUDEL, M.; BHATTARAI, D. & TIWARI, B., 2001: Landslide Monitoring – A Case Study of the km 19 Landslide along the Kathmandu-Trishuli Road, Central Nepal. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush-Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- RANA, B.; SHRESTHA, A. B.; REYNOLDS, J. M.; ARYAL, R.; POKHAREL, A. P. & BUDHATHOKI, K. P., 2000: Hazard Assessment of the Tsho Rolpa Glacier Lake and ongoing remediation measures. Journal of the Nepal Geological Society 22:563-570.
- RATHJENS, C., 1982: Geographie der Hochgebirge. 1 Der Naturraum. Teubner Studienbücher Geographie. Stuttgart.

- REGMI, R. R., 1994: Deforestation and Rural Society in the Nepalese Terai. Occasional papers in Sociology and Anthropology 4:72-89.
- RIEGER, H. C., 1981: Man versus Mountain. The Distruction of the Himalayan Ecosystem. In: LALL [Hg.]: The Himalaya: Aspects of Change. Delhi.
- RIES, J. B., 1994: Bodenerosion in der Hochgebirgsregion des östlichen Zentral-Himalaya untersucht am Beispiel Bamti/Bhandar/Surma, Nepal. Freiburger Geographische Hefte 42.
- RIES, J. B., 1995a: Soil Erosion in the high mountain region of the eastern Nepalese Himalayas. Zeitschrift für Geomorphologie 99:41-52.
- RIES, J. B., 1995b: Geomorphodynamische Prozesse im östlichen Zentral-Himalaya – Auswirkungen von Landnutzung und Bodenerosion auf die vorgelagerten Tiefebenen. Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 137:187-202.
- RIES, J. B. & SCHWEIZER, P., 1996: Land Use and Soil Erosion in the High Mountain Region of Nepal – Consciousness and Reality-A Case Study in the Bamti/Bhandar/Surma Area. Journal of the Nepal Research Center X:121-171.
- RÖTHLISBERGER, F. & GEYH, M. A., 1985: Glacier variations in Himalaya and Karakorum. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 21:237-249.
- ROMANG, H., 2004: Wirksamkeit und Kosten von Wildbach-Schutzmaßnahmen. Geographica Bernensia G73. Bern.
- SAKO, S.; ISHIDA, T. & OHTA, Y., 1973: Dhaulagiri Region. In: OHTA, Y. & AKIBA, C. [Hrsg.]: Geology of the Nepal Himalayas. Sapporo.
- SCHAFFNER, U., 1987: Road Construction in the Nepal Himalaya. The Experience from the Lamosangu-Jiri Road Project. ICIMOD Occasional Paper 8. Kathmandu.
- SCHELLING, D., 1988: Flooding and Road Destruction in Eastern Nepal. Mountain Research and Development 8(1):78-79.
- SCHMELZER, R. M., 2000: Massenbewegungen im Hochgebirge: Talzus Schub und Bergsturz im Annapurna-Himal, Manang Distrikt, West Nepal.
- SCHMID, R., 1971: Land Use Mapping in Hill Country, Eastern Nepal: interpretation of air photographs in compilation of agricultural studies.
- SCHMIDT-VOIGT, D., 1995: Entwaldung im Nepal-Himalaya. Ursachen, Ausmaß, Folgen. In: GAENZLE, M. & SCHMIDT-VOIGT, D. [Hrsg.]: Nepal und die Himalaya-Region. Vierte Heidelberger Südasiengespräche. Beiträge zur Südasiensforschung 166.
- SCHMIDT-VOIGT, D., 1997: Stand and Strucutre as an Indicator of Forest Change Due to Human Impact: A Methodological Contribution with Examples from Nepal and Thailand. In: STELLRECHT, I. & WINIGER, M. [Hrsg.]: Perspectives on History and Change in the Karakoru, Hindukush and Himalaya. Culutre area Karakorum Scientific Studies 3. Köln.
- SCHMIDT-VOIGT, D., 1999: Traditionelle agroforstliche Nutzungssysteme in Nepal. Erde 130(3-4):315-330.
- SCHNEIDER, G., 1980: Naturkatastrophen. Stuttgart.
- SCHOLZ, F., 2004: Geographische Entwicklungsforschung. Methoden und Theorien. In: GEBHARDT, H.; BENDIX, J.; LÖFFLER, E. & REUBER, P. [Hrsg.]: Studienbücher der Geographie. Berlin, Stuttgart.
- SCHWEINFURTH, U., 1957: Die horizontale und vertikale Verteilung der Vegetation im Himalaya. Bonner Geographische Abhandlungen 20.
- SCOTT, C. A. & WALTER, M. F., 1993: Local Knowledge and Conventional Science Approaches to Erosional Processes in the Shivalik Himalaya. Mountain research and Development 13(1):61-72.
- SEELAND, K., 1984: Religiosität in Nepal. In: BRAUEN [Hg.]: Nepal. Leben und Überleben. Zürich.
- SEELAND, K., 1997: Sociological Observations on „Community Forestry“ in Nepal. In: STELLRECHT, I. & WINIGER, M. [Hg.]: Perspectives on History and Change in the Karakorum, Hindukush and Himalaya. Culture area Karakorum Scientific Studies 3. Köln.

- SHARMA, T., 1984/85: The Quarternary Deposits of Marsyandi Valley and its Geomorphc Evolution. In: MAJAPURIA, T. C. [Hg.]: Nepal - Nature's Paradise. Insight into diverse facts of topography, flora & ecology.
- SHRESTHA, A. B.; WAKE, C. P.; MAYEWSKI, P. A. & DIBB, J. E., 1999: Maximum temperature trends in the Himalaya and its vicinity. An analysis based on temperature records from Nepal for the period 1971-94. *Journal of Climate* 12: 2775-2787.
- SIKRIKAR, S. M. & PIYA, B., 1998: Field Report on Tatopani Landslide of 10 Aswin 2055, Tatopani Village, Myagdi District. HMG, Department of Mines and Geology. Kathmandu. (unveröffentlichter Bericht)
- SIKRIKAR, S. M.; RIMAL, L. N. & JÄGER, S., 1998: Landslide hazard mapping of Phewa Lake catchment area, Pokhara, central west Nepal. *Journal of Nepal Geological Society* 18:335-341.
- SMADJA, J., 1992: Studies of Climatic and Human Impacts and their Relationship on a Mountain Slope above Salme in the Himalayan Middle Mountains, Nepal. *Mountain Research and Development* 12(1):1-28.
- SMITH, K., 1996: *Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster*. 2. Edition. London, New York.
- TERRY, C., 1994: Vulnerability Analysis and the Explanation of "Natural Disasters". In: VARLEY, A. [Hg.]: *Disasters Development and Environment*. London.
- THAPA, K. B., 2001: Water-Induced Disasters in the Himalayas: Case Study of an Extreme Weather Event in Central Nepal. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: *Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush – Himalayas*. ICIMOD. Kathmandu.
- TITZ, A., 2000: *Naturrisiken und Siedlungsentwicklung im Nepal-Himalaya. Eine regionale Studie aus dem südlichen Mustang Distrikt*. Diplomarbeit. Gießen.
- TOBIN, G. A. & MONTZ, B. E., 1997: *Natural Hazards – Explanation and Integration*. New York.
- TURNER, R. L., 1980: *A comparative and etymological dictionary of the Nepali language*. Reprint. New Delhi. (1. Aufl. London, 1931).
- TWIGG, J., 2001: The human factor in early warning: risk perception and appropriate communications. In: ZSCHAU, J. & KÜPPERS, A. N. [Hrsg.]: *Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction*. Heidelberg.
- UHLIG, H., 1976: *Bergbauern und Hirten im Himalaya – Höhenschichtung und Staffelsysteme. Ein Beitrag zur vergleichenden Kulturgeographie der Hochgebirge. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlung*, 40. Deutscher Geographentag Innsbruck: 549-586.
- UN, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1995: *Natural Hazards and Natural Disaster Reduction in Asia and the Pacific*. New York.
- UNEP, 2002: Global warming triggers glacial lakes flood threat. Himalayan mountain lakes at the high risk of bursting their banks with devastating consequences for people and property. *UNEP News Release*, 18. April 2002, ENV/DEV/634. Genf, London.
- UNEP, 2003: Agenda 21, Chapter 13: *Managing Fragile Ecosystems: Sustainable Mountain Development*. <http://www.unep.org/Documents.multilingual/Default.asp?DocumentID=52&ArticleID=61&l=en>. 30.10.2003
- UNESCO Working Party for World Landslide Inventory (WP/WLI), 1993a: A suggested method for Describing the Activity of Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 47:53-57.
- UNESCO Working Party for World Landslide Inventory (WP/WLI), 1993b: *Multilingual Landslide Glossary*. Richmond.
- UNISDR, 2002a: *Yokohama-Strategie*. http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-yokohama-strat-eng.htm. 17.10.2002.
- UNISDR, 2002b: *International Strategy for Disaster Reduction*. http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/isdr-mission-objectives-eng.htm; http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/isdr-framework-eng.htm. 18.10.2002.

- UPRETI, B. N., 2001a: The Physiography and Geology of Nepal and Their Bearing on the Landslide Problem. In: LI, T.; CHALISE, S. R. & UPRETI, B. N. [Hrsg.]: Landslide Hazard Mitigation in the Hindu Kush – Himalayas. ICIMOD. Kathmandu.
- UPRETI, B. N., 2001b: Earthquake and Earthquake Hazards in Nepal. News Bulletin of Nepal Geological Society 18:24-33.
- UPRETI, B. N. & DHITAL, M. R., 1996: Landslide studies and management in Nepal. ICIMOD. Kathmandu.
- VARLEY, A. [Hg.], 1994: Disasters Development and Environment. London.
- VARNES, D.J., 1978: Slope movements: type and processes. Landslide Analysis and Control. Transp. Res. Board, Spec. Rep. 176:11-33.
- VINDING, M., 1998: The Thakali: a Himalayan ethnography.
- VIRGO, K. J. & SUBBA, K. J., 1994: Land-use change between 1978 and 1990 in Dhankuta District, Koshi Hills, Eastern Nepal. Mountain Research and Development 14(2):159-170.
- VÖLK, H., 1998: Cut and fill valley morphology with cryopediments in the Manang area adjacent to the Annapurna mountain range of the Higher Himalaya, Nepal. Berliner Geographische Abhandlungen 63:169-179.
- UICHARD, D., 1986: Geological and petrological investigations for the mountain hazard mapping project, Khumbu Himal, Nepal. Mountain Research and Development 6(1):41-52.
- UICHARD, D. & ZIMMERMANN, M., 1986: The Langmoche Flash-Flood, Khumbu-Himal, Nepal. Mountain Research and Development 6(1):90-94.
- UICHARD, D. & ZIMMERMANN, M., 1987: The 1985 Catastrophic Drainage of a Moraine-Dammed Lake, Khumbu-Himal, Nepal: Cause and Consequences. Mountain Research and Development 7(2):91-110.
- WATANABE, T.; IVES, J. D. & HAMMOND, J., 1994: Rapid Growth of a Glacial Lake in Khumbu Himal, Nepal: Prospects for a Catastrophic Flood. Mountain Research and Development 14(4): 329-340.
- WATANABE, T.; KAMEYAMA, S. & SATO, T., 1995: Imja Glacier dead-ice melt rates and changes in a supra-glacial lake, 1989-1994. Khumbu Himal, Nepal: Danger of lake drainage. Mountain Research and Development 15(4):293-300.
- WHITE, G., 1974: Natural Hazards. Local, Notional, Global New York.
- WILHELM, C., 1997: Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz. Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung 54. Davos.
- WIRTH, E., 1979: Theoretische Geographie. Stuttgart.
- WORLD BANK, 1979: Development performance and prospects. A World Bank country study. South Asia Regional Office. Washington, D.C.
- ZIMMERMAN, M.; BICHSEL, M. & KIENHOLZ, H., 1986: Mountain Hazards Mapping in the Khumbu Himal, Nepal, with prototype Map Scale 1:50.000. Mountain Research and Development 6(1):29-40.
- ZIMMERMANN, M.; MANI, P.; GAMMA, P. & 1997: Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz. Projektschlussbericht im Rahmen des nationalen Forschungsprogrammes „Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz“ NFB 31. Zürich.
- ZSCHAU, J.; DOMRES, B.; REICHERT, C.; SCHNEIDER, G. & SMOLKA, A., 2001: Erdbeben. Katastrophenvorsorge als wissenschaftliche und technische Aufgabe. In: PLATE, E. J. & MERZ, B. [Hrsg.]: Naturkatastrophen. Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge. Stuttgart.
- ZURICK, D. N., 1990: Traditional Knowledge and Conservation as a basis for Development in a West Nepal Village. Mountain Research and Development 10(1):23-33.

KARTEN UND LUFTBILDER

- ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR VERGLEICHENDE HOCHGEBIRGSFORSCHUNG, 2001: Nepal-Mustang. 1:50.000. München.
- HMG, DEPARTMENT OF MINES AND GEOLOGY & D.A.S.E. – Department Analyse et Surveillance de l'Environment. Kathmandu, 1999: The National Seismic Network of Nepal 1979-1999.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1992a: Ḍāḍāpākhar, Topographische Karte 1:50.000, Blatt Nr. 2785 08. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1992b: Karmaiyā, Topographische Karte 1:25.000, Blatt Nr. 2785 14B. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1992c: Topographical Map of Nepal 1:500.000, Central Sheet. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1992d: Topographical Map of Nepal 1:500.000, Eastern Sheet. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1996a: Bagarchhāp, Topographische Karte 1:50.000, Blatt Nr. 2884 06. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1996b: Chāme, Topographische Karte 1:50.000, Blatt Nr. 2884 05. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1996c: Kobāñ, Topographische Karte 1:50.000, Blatt Nr. 2883 07. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT, 1996d: Tātopānī, Topographische Karte 1:25.000, Blatt 2883 11B. Kathmandu.
- HMG, SURVEY DEPARTMENT & FINIDA, 1992: Luftbilder, mittlerer Maßstab 1:50.000 bis 1:63.630 (unveröffentlicht)
Bild L 50, Nr. 63, Flughöhe 3800 m, WILD 15/4 UAGA-F, Nr. 13158 153,19
Bild L 14, Nr. 20, Flughöhe 2500 m, WILD 15/4 UAGA-F, Nr. 13158 153,19
- HMG, SURVEY DEPARTMENT & FINIDA, 1996: Luftbilder, mittlerer Maßstab 1:50.000 bis 1:63.630 (unveröffentlicht)
Bild L 165, Nr. 11, Flughöhe 6200 m, WILD 15/4 UAG-S, No. 13215 152,84
Bild L 166, Nr. 18, Flughöhe 7300 m, WILD 15/4 UAG-S, No. 13215 152,84
Bild L 112, Nr. 41, Flughöhe 3000 m, WILD 15/4 UAG-S, No. 13215 152,84
- KOSTKA, R. (TU Graz), 1988: Charnawati Khola Landslide, Topographische Karte 1:5.000.