

# Einsatzmöglichkeiten von FERNKUNDBILDDATEN und topographischer Karte im nepalesischen Himalaya

Von Wolfgang SULZER

Mit 3 Abbildungen (im Text)

Eingelangt am 30. Jänner 1989

## 1. Einleitung

Das schlechte Angebot an gutem, geländegerechtem Kartenmaterial über Nepal gab den Anlaß, den Einsatz von Fernerkundungsbildmaterial zu erproben und dieses mit einer relativ neuen (1987) topographischen Karte und den Gegebenheiten in der Natur zu vergleichen, sowie Vor- und Nachteile der beiden Unterlagen anhand von Beispielen zur Diskussion zu stellen.

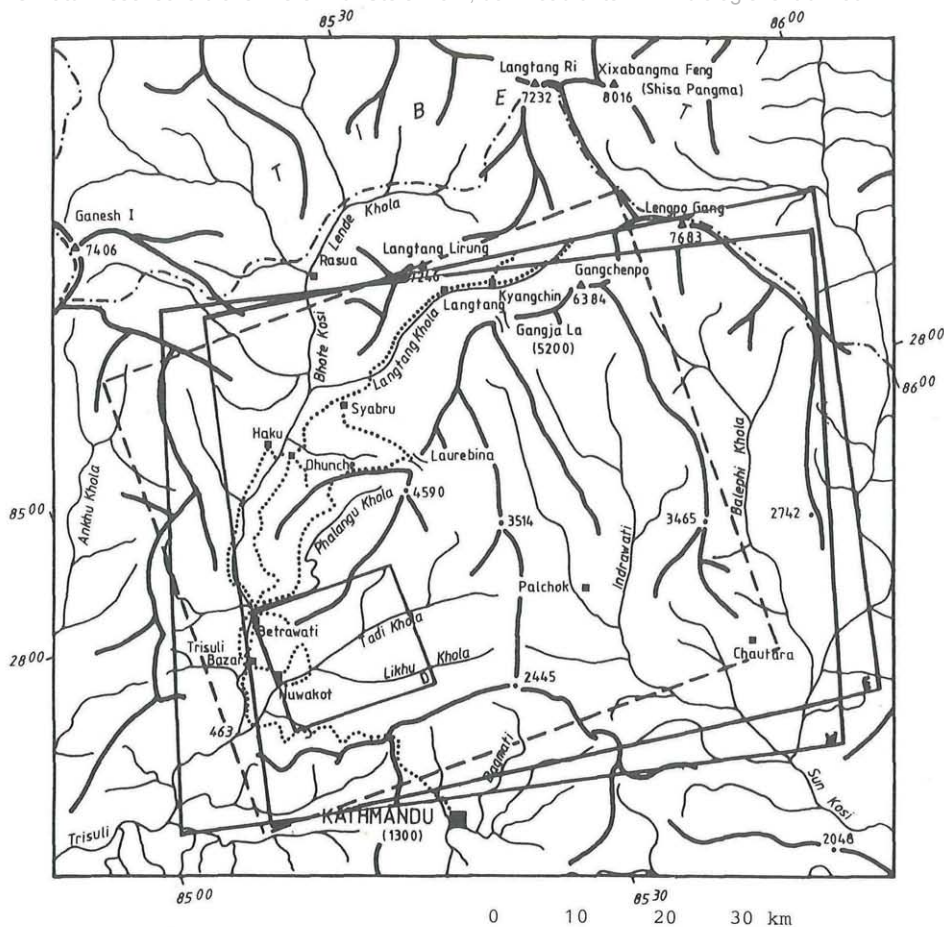
Schon vor einem Geländeaufenthalt im März und April 1988<sup>1)</sup> konnte mittels der oben erwähnten topographischen Karte, eines Satellitenstereobildpaars und Flugzeugstereoaufnahmen sowie eingehendem Literaturstudium ein recht gutes Bild von der natur- und kulturräumlichen Situation des Untersuchungsgebietes gewonnen werden. Im Gelände wurden schließlich die Fernerkundungs- bzw. Karteninformationen überprüft.

Dafür wurde ein Gebiet in der „Bagmati-Zone“ mit den Distrikten Nuwakot und Rasuwa, die sich NW von Kathmandu befinden, ausgewählt. Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) befindet sich im Einzugsgebiet des Trisuli Ganga, dessen nördliche Verlängerung, der Bhote Kosi, den Himalayahauptkamm durchbricht und damit eine Verbindung nach Tibet herstellt. Es umfaßt im südlichen Teil breite Flußterrassen mit der Mittelgebirgslandschaft des Niederen Himalaya und hat auch Anteil am Hohen Himalaya mit seinen tief eingeschnittenen Tälern und vergletscherten Hochgebirgsregionen. Somit bietet das Untersuchungsgebiet eine Vielfalt an natur- und kulturräumlicher Ausstattung und gewährleistet damit einen repräsentativen Querschnitt für unterschiedliche Fragestellungen.

## 2. Topographische Übersichtskarte 1:100.000

Als Orientierungshilfe und Arbeitsunterlage für die Geländearbeiten stand die topographische Übersichtskarte Helambu–Langtang im Maßstab 1:100.000 („FINSTERWALDER-KARTE“) zur Verfügung. Die in Nepal erhältlichen „TREKKINGKARTEN“ wurden absichtlich vernachlässigt, da sie wegen ihrer schlechten Ausführung und Ungenauigkeit für die eingangs erwähnten Zwecke nur bedingt brauchbar waren.

<sup>1)</sup> An dieser Stelle sei dem Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und der Steiermärkischen Landesregierung, die mir ein Stipendium gewährt haben, sowie Prof. W. ZSILINCSAR und Doz. R. KOSTKA für ihre zahlreichen Anregungen, und Doz. M. F. BUCHROITHNER, dessen Anregungen und Hinweise mir im Gelände eine wertvolle Hilfe waren, gedankt.



Legende :

- Staatsgrenze
- ..... Route der Geländebegehung
- Topographische Karte
- |   |   |                     |
|---|---|---------------------|
| E | } | SPOT-Satellitenbild |
| W |   |                     |
| D |   |                     |
- östliches
- westliches
- Digitales Höhenmodell

Abb. 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes.

Die „FINSTERWALDER-KARTE“ wurde von der Arbeitsgemeinschaft für Vergleichende Hochgebirgsforschung unter der Leitung von Rüdiger FINSTERWALDER, Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik der Technischen Universität München, herausgegeben. Laut R. FINSTERWALDER (1987, S. 350f.) wollte man ursprünglich eine topographische Karte in 2 Blättern im Maßstab 1:50.000 anfertigen, doch die Finanzierung der Karte wurde während der Ausarbeitung eingestellt, und so war man gezwungen, nur eine topographische Übersichtskarte im Maßstab 1:100.000, größtenteils auf der Basis der indischen „One Inch Map“ (1965), zu erstellen. Weiters wurden sowohl die

Ergebnisse der Geländearbeiten im zentralen Langtang-Himal von Erwin SCHNEIDER (1970) und die von ihm und R. KOSTKA (Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Universität in Graz) angefertigten Luftaufnahmen (1983) entlang der Straße von Kathmandu über Trisuli nach Betrawati als auch die Auswertungen von R. KOSTKA der Metric-Camera-Aufnahmen aus dem Jahre 1983 entlang der Straße nördlich von Trisuli Bazar in die Kartenherstellung eingebunden bzw. verarbeitet.

Dadurch konnten die enormen Kosten einer umfangreichen Feldarbeit und photogrammetrischen Auswertung vermieden werden. Gerade die fehlende Geländearbeit und die Einbindung heterogener Unterlagen für die Herstellung eines einheitlichen Kartenwerks manifestieren sich jedoch in einem unzureichenden topographischen und thematischen Inhalt der Karte. Einige Beispiele aus dem untersuchten Gebiet seien hier angeführt:

## 2.1. Beschriftung

Das schriftliche Namensgut wurde fast ausschließlich von der indischen Karte übernommen (R. FINSTERWALDER, 1987, S. 350). Nur im Gebiet des Langtang-Tales wurden die Bezeichnungen aus der Arbeitskarte einer japanischen Expedition der „Japanese Society of Snow and Ice“ in den Jahren 1981/82 verwendet. Da innerhalb Nepals sehr unterschiedliche Schreibweisen für Namen bzw. Ortsbezeichnungen auftreten, gibt es auch in der Karte Beschriftungen, die sich mit anderen Quellen nicht decken. So wird die Schreibweise von Distrikten und deren Hauptorten in Karten und in der Literatur, auch von offiziellen Stellen in Nepal, unterschiedlich gehandhabt. Der Distrikt „Nuwakot“ wird in dieser Schreibart in der „FINSTERWALDER-KARTE“ und in einem regionalen Entwicklungskonzept (WORLD BANK AND MINISTRY OF PANCHAYAT & LOCAL DEVELOPMENT, 1983) verwendet. Es gibt auch die Bezeichnung Nawakot (W. A. FRANK, 1974, S. 57, und Nepal-Karte des „NELLES“-Verlages). Im vorhin erwähnten Entwicklungskonzept findet man, obwohl es von offiziellen Stellen in Nepal herausgegeben wird, unübliche Schreibweisen wie „Syafru“ und „Lamtang“ für Orte, die – auch in der topographischen Karte – als „Syabru“ und vor allem als „Langtang“ bekannt sind und so verwendet werden.

Unterschiedliche Schreibweisen liegen, abgesehen von Transkriptionsproblemen, sicherlich in den verschiedenen Dialekten und Bevölkerungsgruppen begründet. Eine Einigung darüber muß noch erzielt werden, um Schwierigkeiten, die eine uneinheitliche Schreibweise mit sich bringt, entgegenzuwirken.

## 2.2. Siedlungsbild

Die Karte läßt sich im Untersuchungsgebiet bezüglich des Siedlungsbildes in zwei Gebiete unterteilen. Einerseits in das Sammelsiedlungsgebiet, das hauptsächlich von aus Tibet eingewanderten Sherpa und Bhotiya bewohnt wird, und andererseits in den Streusiedlungsbereich der verschiedenen tibeto-birmanischen (Thamang, Newari usw.) und indischen Volksgruppen.

Diese Volksgruppen bewohnen in den Distrikten Nuwakot und Rasuwa bestimmte Höhen (W. A. FRANK, 1974, S. 57 f.) und prägen durch ihren traditionellen Hausbau das Siedlungsbild. So besiedeln die Brahmanen Gebiete unter 1500–1700 m, die Thamang in der Regel die Gebiete um 1500 m. Der Siedlungsraum der tibetischen Bevölkerungsgruppe befindet sich im allgemeinen nördlich der Himalaya-Hauptkette, reicht aber entlang des Durchbruchstaes des Bhote Khosi von Tibet bis S von Syabru und in das schwer zugängliche Langtang-Tal (vgl. T. HAGEN, 1957, S. 227 ff.).



Weiters drangen die Sherpa auch über Pässe (z. B. Gangja-La- und Laurebina-Paß) nach Süden in den oberen Einzugsbereich des Indrawati, des Tadi Khola und des Phalangu Khola ein und bestimmen dort durch ihre geschlossenen Siedlungen das Landschaftsbild.

Die höchste geschlossene Dauersiedlung befindet sich mit „Langtang“ im oberen Langtang-Tal in einer Höhe von rund 3460 m, die obere Dauersiedlungsgrenze wird in einer Höhe von ca. 3850 m bei Kyangchin Gompa (Kloster, Käserei und eine Touristenunterkunft-„Lodge“) erreicht. In höheren Lagen findet man nur mehr Sommerunterkünfte für Hirten an, die jedoch meist in einem sehr schlechten und verwahrlosten Zustand sind.

Die untere Siedlungsgrenze der tibetischen Volksgruppe liegt in einer Höhe zwischen 2000 m bis 2200 m (Haku 2000 m bzw. Dhunche 2050 m).

Gerade im Grenzbereich der Siedlungsformen zeigt die Karte ein verfälschtes Bild, indem der Streusiedlungsbereich überrepräsentiert dargestellt wird. Dort, wo in der Landschaft geschlossene Siedlungen vorherrschen – einerseits durch die traditionelle Siedlungsweise der Bevölkerung und andererseits durch die klimatischen und reliefbezogenen Voraussetzungen bestimmt – wird durch unbekümmertes Generalisieren der Gebäude in der Karte ein Streusiedlungsraum vorgetäuscht.

Um Schwierigkeiten in der Darstellung von geschlossenen Siedlungen entgegenzutreten, böte der Einsatz einer flächenhaften Signatur, bei der keine Einzelsignaturen (Häuser) ausgeschieden werden, eine Lösung. Innerhalb dieser Areale bestünde immer noch die Möglichkeit, markante Objekte (Heiligtümer, offizielle Gebäude usw.) durch Einzelsignaturen darzustellen.

Die Siedlungsbezeichnung der Dörfer bzw. Weiler stimmt nicht immer mit jener der einheimischen Bevölkerung überein. So ist „Betini“ im eigentlichen Sinne kein Siedlungsname, sondern nur ein Gehöftname im Streusiedlungsbereich NW von Betrawati. Andererseits werden weder die Siedlung noch der Siedlungsname „Kalikasthan“, das NE von „Betini“ liegt und bedeutender als dieses ist, in der Karte ausgeschieden. Allerdings ist zu bedenken, daß Kalikasthan erst in den letzten zwei Jahrzehnten eine höhere funktionale Ausstattung (Schulen, Touristen- und Einheimischenunterkünfte usw.) erhalten hat.

Ein weiteres Beispiel für ein mangelhaftes Zuweisen von Siedlungen ist „Dhikure Bazar“, das auf einer Flußterrasse des Tadi Khola, rund 4 km SE von Nuwakot, liegt. Die generalisierte Karteninformation mit nur vier Gebäuden gibt den tatsächlichen Rang der Siedlung nur unzureichend wieder. Nach eigenen Beobachtungen umfaßt der Ort rund 70 Gebäude, die man in ihrer Gesamtheit durchaus als Markttort (die Bezeichnung Bazar weist darauf hin) mit einer gewissen lokalen Bedeutung bzw. Zentralität bezeichnen kann. Außerdem ist er – in diesem Gebiet durchaus keine Selbstverständlichkeit – durch eine rund 10 km lange Straße mit Battar Bazar bzw. mit Trisuli Bazar, dem Hauptort des Gebietes, verbunden.

### 2.3. Gelände

Die Äquidistanz der Höhenlinien beträgt im steilen Gebiet 100 m, in flacheren Abschnitten teilweise 50 m. Diese 50-m-Isohypsen sind jedoch in der Legende nicht ausgewiesen.

Ebenso fehlt die „Grabensignatur“ in der Legende, obwohl sie in der Karte öfters Verwendung findet. Die Signatur zeigt eine schluchtartige Vertiefung mit senkrechten Felswänden (z. B. Trisuli Ganga, rund 2 km südlich der Linie Haku-Dhunche), deren

wahre Dimension aber nicht aus der Karte entnommen werden kann. Einen großen Nachteil bedeutet das Fehlen einer besser erkennbaren Felszeichnung, die doch maßgebend für das Herauslesen eines steilen, felsigen und somit schwer begehbaren Geländes ist und die tatsächlichen topographischen Gegebenheiten wiedergibt.

Aufgrund des relativ kleinen Maßstabs und der großen Äquidistanz war es unmöglich, die Karte trotz Vergrößerungen für spezielle Aufgabenstellungen (z. B. morphologische Detailkartierungen) einzusetzen, da die Geländeformen nicht differenziert genug aus der Karte interpretiert werden konnten. So ist etwa die Moräne des Shalbachum-Gletschers im Kartenbild nicht ersichtlich, obwohl sie eine relative Höhe von über 120 m erreicht und im oberen Langtang-Tal eine markante morphologische Erscheinung darstellt.

## 2.4. Vegetation

Eine Unterscheidung der Vegetation wird in der Karte nicht vollzogen. Wald und Gebüsch („Forest and Shrub“) werden als einheitliche Flächensignatur ausgeschieden. Wenn auch die Karte große Flächenanteile Wald/Gebüsch zeigt, so entspricht die Interpretation bezüglich des Verhältnisses zwischen Wald und Gebüsch nicht der mitteleuropäischen Auffassung, wo der herkömmliche Wald bei Verwendung der gleichen Einheitssignatur in einer Karte den Großteil der Fläche einnimmt. Diese Interpretation kann man für Nepal nicht anwenden. Weite Gebiete des Waldes im leicht zugänglichen und dicht besiedelten Mittelgebirgsraum sind durch intensive Nutzung und Abholzung einer niedrigeren Sekundärvegetation (z. B. Schneiteichen im Gebiet um Trisuli-Nuwakot) gewichen. Der Wald wurde bis auf schwer zugängliche und besonders geschützte Areale (Langtang-Nationalpark) reduziert.

Gerade in einem Land, welches derart mit der Entwaldung zu kämpfen hat, ist es wichtig, dies aufzuzeigen und auf einfache Weise in einer topographischen Karte zu dokumentieren, indem man eine weitere Differenzierung der Vegetation vornimmt. Der Grund für die fehlende Differenzierung liegt wohl in der Problematik der Kartenherstellung, welche schon eingangs beschrieben wurde. Vor allem aber mag die fehlende Kartierung der tatsächlichen Vegetationsbedeckung der Grund für die mangelhafte Ausweisung der Wald- bzw. der Gebüschflächen sein.

Auch bei den Höhengrenzen des Waldes/Gebüsches, die durch die klimatischen Voraussetzungen und die anthropogenen Einflüsse bestimmt werden, treten große Unterschiede innerhalb der verwendeten Unterlagen auf. So stimmen die Auswertungen des „Land Resource Mapping Project“ (G. HILDRETH, 1986, 25ff.), in dessen Rahmen Landnutzungskarten („Land Utilization Maps“) im Maßstab 1:50.000 mit wenig topographischem Inhalt hergestellt wurden, z. B. im Gebiet des Langtang-Tales, nicht mit der „FINSTERWALDER-KARTE“, der Karte von Y. ONO und A. SADAKANE (1986, S. 102) und der Natur überein (Abb. 2). In der „One Inch Map“ ist im oberen Langtang-Tal noch Vegetation ausgeschieden, die mit „open scrub and scattered trees“ beschriftet ist, wohingegen die „FINSTERWALDER-KARTE“ keine mehr ausweist.

## 2.5. Wegenetz

Der moderne Wege- und Straßenbau ist in Nepal erst im Aufbau begriffen. Dies gilt auch für die Distrikte Rasuwa und Nuwakot, in denen innerhalb eines lokalen Entwicklungskonzeptes unter anderem auch der Wege- und Straßenbau forciert wird (WORLD BANK et al., 1986, S. 29). Die neugebauten Straßen und Wege sind in der Karte jedoch nicht oder nur teilweise eingezeichnet, so daß trotz des neuen Ausgabedatums (1987) ein



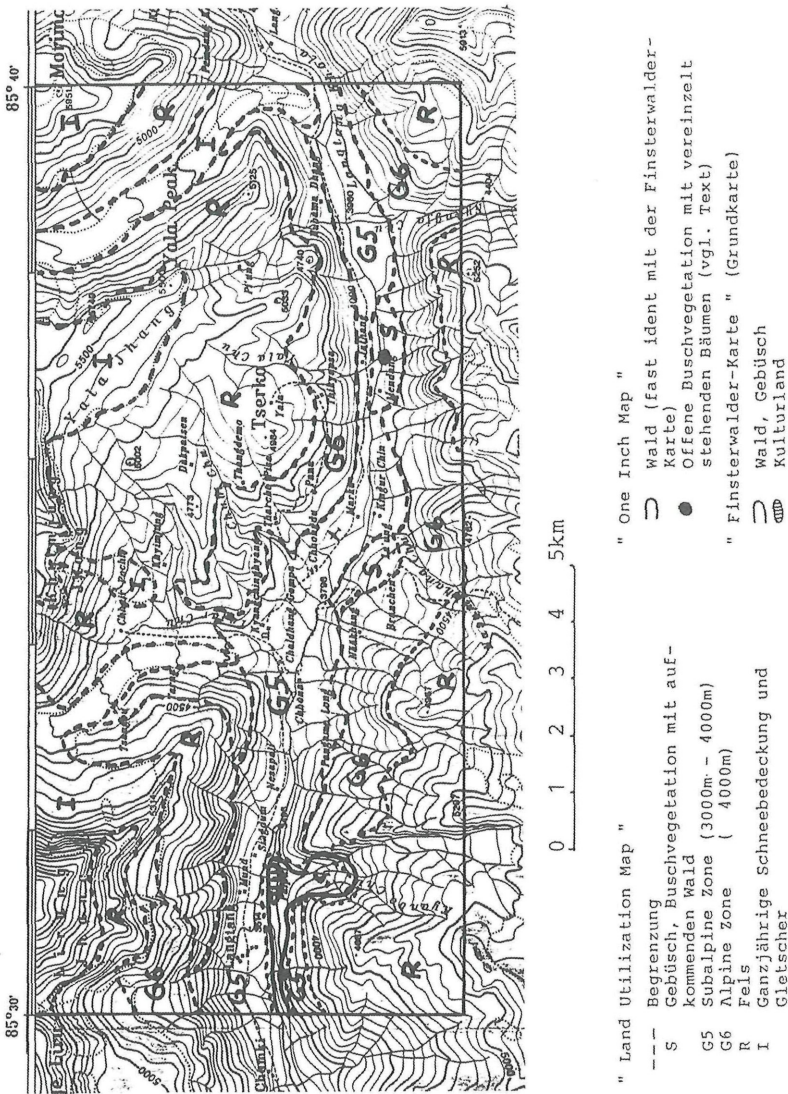


Abb. 2a: Die Bodenbedeckung im oberen Langtang-Tal – ein Vergleich der verschiedenen Literatur.

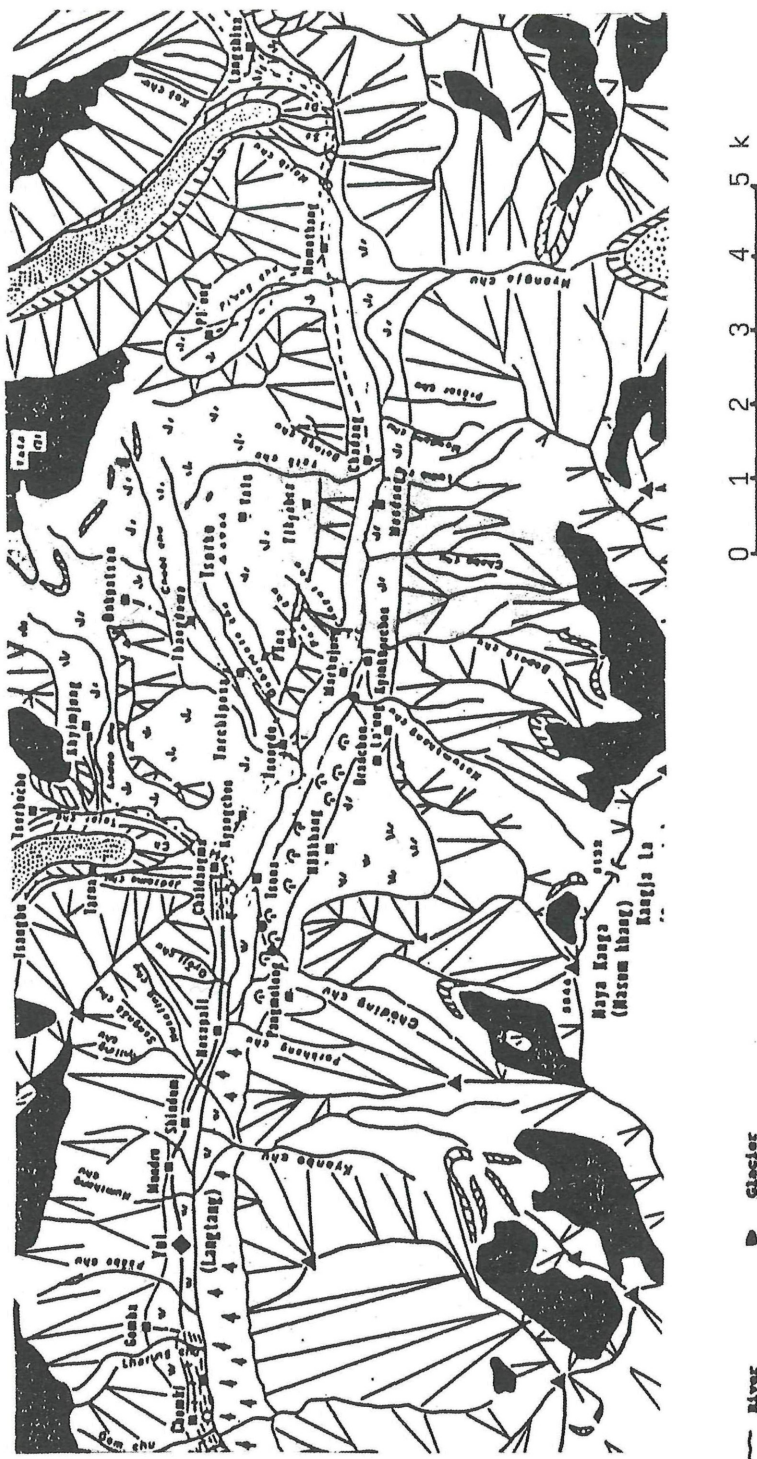


Abb 2b: Die Bodenbedeckung im oberen Langtang-Tal – ein Vergleich der verschiedenen Literatur.  
Aus: ONO, Y. and SADAKANE, A., 1986: Natural Background of the Tanshumance in the Langtang-Valley (Ausschnitt, leicht verändert).



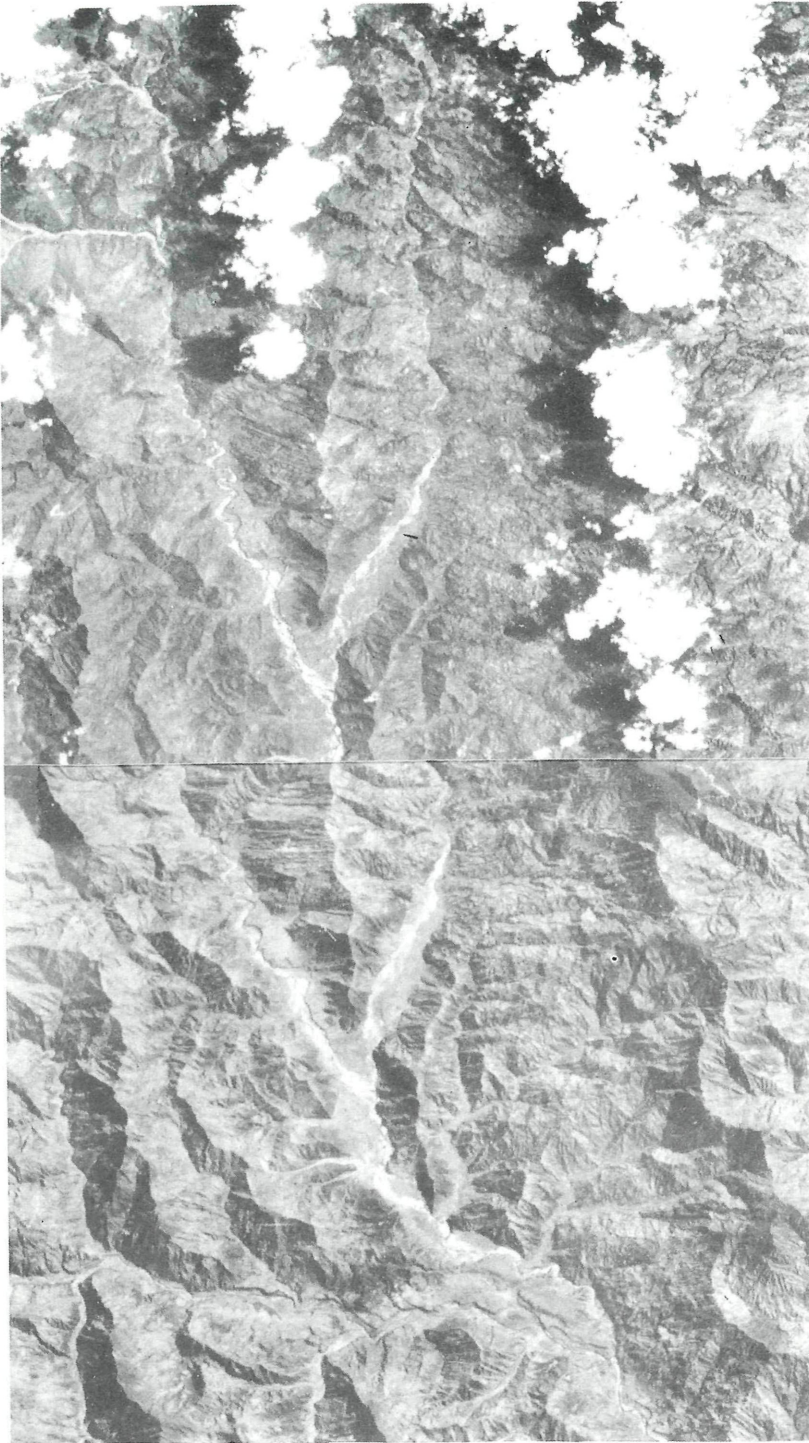
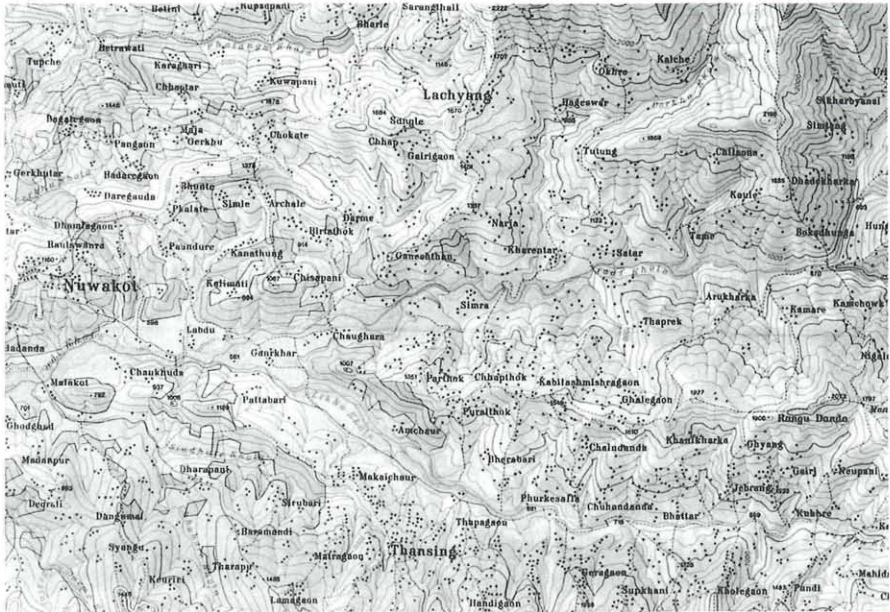
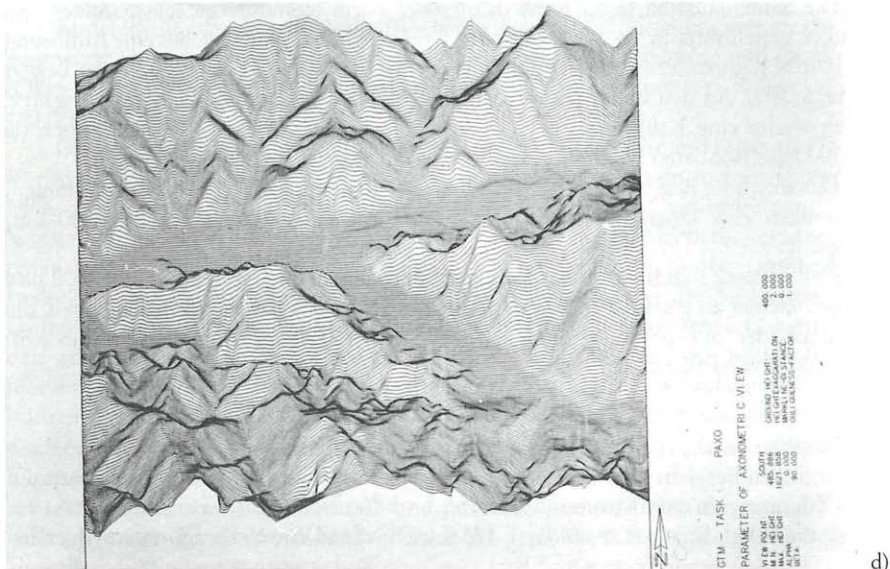


Abb. 3) Copyright SPOT-Image.





c)



d)

Abb. 3: Vergleich zwischen SPOT-Stereobildpaar, topographischer Karte und digitalem Gelände modell (siehe Text).

- a) westliches
- b) östliches
- c) Ausschnitt der topographischen Karte
- d) digitales Höhenmodell (Lage in Abb. 1 ersichtlich)

Das Bildpaar a) und b) ist eine Detailvergrößerung der bearbeiteten SPOT-Grauwertbilder und kann mittels eines Taschenstereoskops 3-dimensional betrachtet werden!

beträchtliches Aktualitätsmanko besteht. Der Ausbau der Straße von Trisuli Bazar in den Ganesh Himal war bereits im April 1988 weiter fortgeschritten als in der Karte angezeigt. Auch Straßenverbindungen nach Nuwakot bzw. Dhikure Bazar sind bereits fertiggestellt, fehlen aber in der Karte.

### 3. SPOT-Satelliten-Stereobildpaar

#### 3.1. Allgemeines

Für die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Fernerkundungsbildprodukten wurde vom Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik der Forschungsgesellschaft Joanneum in Graz ein Stereobildpaar des französischen Erdbeobachtungssatelliten SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre) zur Verfügung gestellt. Im Gelände konnten diese Bilder mittels eines Taschenstereoskops für konkrete Vergleiche mit der Natur eingesetzt werden.

SPOT wurde am 23. Februar 1986 in eine Erdumlaufbahn von rund 830 km Höhe gebracht und verfügt über ein optoelektronisches Aufnahmesystem, das in einem multispektralen und panchromatischen Modus operiert (E. LÖFFLER, 1985, S. 57). Durch den Einsatz eines schwenkbaren Spiegels sind Mehrfachaufnahmen des Untersuchungsgebietes unter verschiedenen Blickwinkeln innerhalb von 26 Tagen, welche die normale Repetitionsrate darstellen, möglich (K. KRAUS und W. SCHNEIDER, 1988, 263 ff.). Durch diese Aufnahmetechnik können die Bildprodukte mittels eines Stereoskops räumlich betrachtet werden.

Die Satellitendaten lagen nicht in digitaler Form (computergerecht), sondern als analoges, panchromatisches Stereobildpaar (Grauwertbilder) vor, welches eine Auflösung von  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ , und zwar im sichtbaren Wellenbereich von  $0,51\text{ }\mu\text{m}$  bis  $0,73\text{ }\mu\text{m}$ , besitzt (ebda., S. 263). An den Bildern wurde lediglich eine einfache radiometrische Korrektur, jedoch weder eine Kalibration noch eine geometrische Korrektur, vorgenommen (la Level). Diese Rohdaten werden speziell für Stereoauswertungen herangezogen.

Das westliche Bild wurde am 2. 11. 1986, das östliche am 12. 12. 1986 aufgenommen. Sie besitzen eine Überlappung von rund 80%, die einer Fläche von ca.  $3800\text{ km}^2$  entspricht.

Der mittlere Bildmaßstab des Satellitenbildpaares beträgt ungefähr  $1:200.000$  und ist somit kleiner als jener der topographischen Karte. Jedoch besteht die Möglichkeit, die Satellitenbilder auf phototechnischem Wege bis zu einem Auswertemaßstab von  $1:50.000$  zu vergrößern.

#### 3.2. Satellitenbildanalyse

Die thematische Auswertung von monospektralen Fernerkundungsbilddatensätzen des sichtbaren Bereichs gleicht der konventionellen Luftbilddauswertung. Das Erkennen und Differenzieren von Mustern, Texturen und Grauwert- bzw. Farbtönen steht im Mittelpunkt (vgl. E. LÖFFLER, 1985, S. 173 ff.). Die räumliche Verbreitung verschiedenartiger Phänomene wie Formenwelt bzw. Geologie, Bodentypen, Vegetationsgesellschaften, Waldbestände, Landnutzung etc. wird mit Hilfe der traditionellen Auswertung erhoben. Dabei bieten sich zwei Möglichkeiten an: einerseits die mit der Luftbilddauswertung idente visuelle Auswertung der analog vorliegenden Bilder und andererseits eine auf digitalen Daten beruhende automationsgestützte Auswertung.

Die rechnergestützte Aufbereitung und Analyse der Bilddaten mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems gewährleistet ein Minimum an spektralem und radiometrischem Informationsverlust und erhöht die Effizienz der Auswertung.



### 3.2.1. Visuelle Auswertung der analogen Grauwertbilder

Da die Satellitenbilder nicht in digitaler Form, sondern in analoger Form vorlagen, mußte auf eine rechnergestützte Auswertung verzichtet werden. Bei den Bildern handelt es sich nicht um „echte“ Photographien des Untersuchungsgebietes, sondern um in Grauwerte umgewandelte spektrale Informationen, die mittels einer 8-fach-Optik betrachtet und ausgewertet wurden.

Der große Vorteil der Satellitenbilder gegenüber herkömmlichen Luftbildern liegt in der großräumigen Synopsis eines Untersuchungsgebietes. Größere, schwer zugängliche, mit konventionellen Aufnahmetechniken (Befliegungen im Hochgebirge) nur aufwendig zu erfassende Areale können mit Hilfe von Satellitendaten rasch flächenhaft kartiert werden. Dabei bietet sich, je nach Genauigkeitsanspruch der Fragestellung, eine Kombination von Satellitenbildern, Luftaufnahmen und Feldarbeit an.

Durch den unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkt der Stereobilder – das westliche Bild wurde 40 Tage nach dem östlichen aufgenommen – ergibt sich keine vollkommene Übereinstimmung des Bildinhaltes (vgl. in Abb. 3: a) und b)). Eine sich ändernde Witterung (Bewölkung) kann als Hemmnis für die alpine Fernerkundungskartierung auftreten (vgl. M. BUCHROITHNER, 1987, S. 123). Sind auf dem westlichen Bild (a) vom 2. November nur vereinzelt kleine Wolken zu erkennen, die bei einer flächendeckenden Auswertung nicht ins Gewicht fallen, so besitzt die Aufnahme (b) vom Dezember eine Wolkenbedeckung von ca. 13%. Die Konvektionsbewölkung an den Talflanken vermindert zusammen mit dem erzeugten Schattenwurf sehr stark den stereoskopischen Eindruck und die Auswertbarkeit.

Andererseits besteht jedoch die Möglichkeit, unter Einbeziehung der zu der Aufnahmezeit aktuellen Wetterkarte Aussagen bezüglich Wolkenbildung und -strukturen (Ober- und Untergrenze) in Abhängigkeit vom Gelände zu machen (vgl. R. LAZAR, 1987, 193 ff.).

Die jahreszeitlich sehr späte Aufnahme der Bilder (November und Dezember) bringt Vor- und Nachteile mit sich. Die Aufnahmen entstanden zwar nicht während der Monsunzeit, in der die schlechten Witterungseinflüsse (häufige Quellbewölkung, hoher Wasserdampfgehalt der Atmosphäre) die Bildqualität beeinträchtigen; die vorangeschrittene Jahreszeit bietet allerdings nicht die besten Voraussetzungen für thematische Fragestellungen, wie Untersuchungen bezüglich der Phänologie oder die Ausweisung bzw. Differenzierung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Die höher gelegenen Gebiete befinden sich schon in einer Phase der Vegetationsruhe und sind meist mit Schnee bedeckt, dies dokumentiert sich auch in den beiden als Arbeitsgrundlage verwendeten Satellitenbildern. Bis zu einer Höhe von ca. 4500 m ist bereits Schnee gefallen und bewirkt neben der Verdeckung des Untergrundes durch die erhöhte Reflexion der weißen Flächen eine Überstrahlung in den umgebenden Gebieten.

Bei niedrigem Sonnenstand während der Bildaufnahme treten aufgrund der deutlichen Schatten Kleinformen besser hervor als bei hohem Sonnenstand. Dies bringt Vorteile bei einer geomorphologisch-geologischen Kartierung. So sind dazu u. a. die größeren Moränen der Gletscher gut in den Bildern ersichtlich.

Trotz des relativ kleinen Maßstabs von ca. 1:200.000 und einem kleinen Papierformat (15 cm × 15 cm) sind Details recht scharf abgebildet. So ist es möglich, die vorhin erwähnte Straße von Trisuli nach Dhunche mit Hilfe einer 8fach-Optik zu erkennen. Vor allem der Abschnitt vom Langtang Khola in den Ganesh Himal westlich von Syabru Bensi tritt im Satellitenbild recht markant in Erscheinung. Dies ist nicht allein durch die hohe Auflösung bedingt, sondern ist auch auf das erhöhte Reflexionsvermögen der neuen

Die E-Exposition und der – für diese Hanglage – günstige Sonnenstand (ungefähr 10.45 Uhr Ortszeit) lassen die frischen Rutschungen eindrucksvoll erscheinen. Hingegen sind jene Rutschungen oder Bergstürze, die an westexponierten Hängen auftreten, größer als die vorhin beschriebenen (Bergsturz im Langtang-Tal E von Syabru). Gerade der Eigenschatten erschwert die Auswertung von stark reliefierten Gebieten und bewirkt einen Verlust an Information.

Der multitemporale Aspekt der Satellitenfernerkundung hat in der Wiederholbarkeit und der damit verbundenen Aktualität einen großen Vorteil. Vor allem können zeitliche Veränderungen, auch wenn sie in der jüngeren Vergangenheit (Start von Landsat 1 im Jahre 1972) erfolgten, mit einfachen Mitteln untersucht werden. Aufnahmen derselben Gebiete können in regelmäßigen Abständen wiederholt und Veränderungen jahreszeitlich oder längerfristig untersucht werden.

Bergsturzereignisse, die aufgrund der hohen Reliefenergie, der tektonischen Gegebenheiten und der Gesteinszusammensetzung im Untersuchungsgebiet zahlreich auftreten, können über einen größeren Zeitraum (seit Einsatzbeginn von Satelliten im Gebiet) zurückverfolgt werden.

### 3.3. Sekundäre Fernerkundungsprodukte

Ein wichtiger Bestandteil beim Einsatz von Fernerkundungsdaten, der über die herkömmliche thematische Auswertung hinausgeht, ist die Erstellung von Satellitenbildkarten oder abgeleiteten Produkten wie digitalen Geländemodellen oder perspektivischen Ansichten.

Satellitenbildkarten können in relativ kurzer Zeit neu aufgelegt werden und dadurch einer aktuellen Wiedergabe von sich rasch ändernden Phänomenen (Straßen, Siedlungen, flächenhafte Erosion usw.) eher gerecht werden als eine vergleichsweise mit hohem zeitlichen und finanziellen Aufwand zu revidierende topographische Karte.

Am Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik der Forschungsgesellschaft Joanneum in Graz wurde in Kooperation mit dem International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) in Enschede aus dem SPOT-Stereobildpaar ein Geländemodell erstellt und mit Zusatzinformationen überlagert. Es stellt ein Gebiet von ca. 240 km<sup>2</sup> östlich von Nuwakot (Abb. 3d) im Maßstab 1:50.000 dar. Anhand einer ITC-Studie sollte die Brauchbarkeit der Satellitendaten für Reliefanalyse, morphometrische Studien und topographische Kartierungen festgestellt werden (GRABMAIER et al., 1987). Leider liegen zur Zeit noch keine konkreten, für unsere Fragestellungen verwendbaren Ergebnisse vor.

## 4. Ausblick

In Nepal gibt es von seiten des Österreichischen Alpenvereins und der in Kapitel 2 angeführten Arbeitsgemeinschaft für Vergleichende Hochgebirgsforschung große Anstrengungen, gute topographische Karten im Maßstab 1:50.000 herzustellen. So bereitet der Alpenverein derzeit die Herausgabe eines Kartenwerks im Maßstab 1:50.000 über das Untersuchungsgebiet vor. Wie bei der Herstellung der FINSTERWALDER-KARTE besteht auch hier die Schwierigkeit, die heterogenen Unterlagen miteinander in Verbindung zu bringen und zu einem einheitlichen Kartenwerk mit homogener Situations- und Geländeinformation zu kompilieren (vgl. R. KOSTKA, 1987, S. 208 ff.).



Nepal stellt jedoch innerhalb der Entwicklungsländer eine Ausnahme hinsichtlich der Herstellung von hochwertigem topographischen Kartenmaterial dar.

Der Einsatz von Fernerkundungsbilddatensätzen gewinnt gerade in Entwicklungsländern, in denen die amtliche Kartographie nicht gut ausgestattet ist, stark an Bedeutung. Satellitenbildkarten werden jedoch die topographischen Kartenwerke und konventionellen Luftaufnahmen nicht vollkommen ersetzen können, sondern komplementär dazu dem Bearbeiter dienlich sein. Es hat sich gezeigt, daß qualitativ hochwertige Schräg- und Senkrechtluftaufnahmen leichter im Gelände zu bearbeiten und die Ergebnisse in die SPOT-Bilder zu transferieren sind, da durch die geometrische Auflösung Gegebenheiten – wie kleine Siedlungen – schwer in den Bildern identifiziert werden konnten. Ein „rohes Satellitenbild“ muß aufgrund der fehlenden Zusatzinformationen (z. B. thematischer Inhalt) gemeinsam mit einer topographischen Karte betrachtet werden. Karte und Fernerkundungsdaten samt Folgeprodukten können sich durch ihren unterschiedlichen Informationsgehalt gut ergänzen und somit die Gesamtinformation erhöhen.

## Literatur

- BECKEL, L., 1981: Entwicklung und Stand der Fernerkundungstechnik von Satelliten und ihre Anwendung für Geographie und Kartographie. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Bd. 123, 2–54.
- BUCHROITHNER, M. F., 1987: Fernerkundung zur Kartierung alpiner Räume. In: Münchener Geographische Abhandlungen, Reihe B, Band 34, S. 121–137.
- FINSTERWALDER, R., 1987: The New Sheet Helambu – Langtang of the Nepal Map Series. Produced by the Arbeitsgemeinschaft für Vergleichende Hochgebirgsforschung (with map, scale 1:100.000). In: Mountain Research and Development, Vol. 7, Nr. 4, 347–351.
- FRANK, W. A., 1974: Ethnische Grundlagen der Siedlungsstruktur in Mittelnepal unter besonderer Berücksichtigung der Tamang. Hochgebirgsforschung, Heft 5, Innsbruck–München, 182 S.
- GRABMAIER, K., TULADHAR, A. M. und VERSTAPPEN, H. Th., 1988: SPOT for Slope Instability Survey in Nepal. Unveröff. Manuskript des International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) Enschede, Netherlands, 10 S.
- HAGEN, T., 1957: Zur Gliederung Nepals in Natur- und Bevölkerungsgebiete. In: Geographica Helvetica, Bd. 12, 222–233.
- HILDRETH, G., 1986: Land Resource Mapping Project – Summary Report. Kathmandu, Nepal, 72 S.
- KOSTKA, R. (Ed.), 1987: Die erdkundende Weltraumphotographie und ihre Anwendung in der Gebirgskartographie. Mitteilungen der Geodätischen Institute der Technischen Universität Graz, Folge 57, 217 S.
- KRAUS, K. und SCHNEIDER, W., 1988: Fernerkundung. Physikalische Grundlagen und Aufnahmetechniken, Bd. 1, Ferdinand Dümmlers Verlag, Bonn, 291 S.
- LAZAR, R., 1987: Wolkenbildungsprozesse und vertikale bzw. horizontale Erstreckung der Wolken in Abhängigkeit vom Relief. In: R. KOSTKA, 1987, 193–207.
- LÖFFLER, E., 1985: Geographie und Fernerkundung. Teubner Verlag, Stuttgart, 244 S.
- NELLES KARTE „Nepal“, Maßstab 1:500.000/1:1.500.000. Nelles Verlag, München.
- ONO, Y. and SADAKANE, A., 1986: Natural Background of the Yak Transhumance in the Langtang Valley, Nepal Himalaya. In: Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, No. 21, 95–109.
- WORLD BANK & MINISTRY OF PANCHAYAT & LOCAL DEVELOPMENT, 1983: Rasuwa – Nuwakot Rural Development Project. Final Report, Kathmandu, 76 S.
- WORLD BANK, 1986: Rasuwa – Nuwakot Development Project – Phase II. Kathmandu, 61 S.

Anschrift des Verfassers: Wolfgang SULZER, Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz, Universitätsplatz 2/II, A-8010 Graz, Österreich.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [119](#)

Autor(en)/Author(s): Sulzer Wolfgang

Artikel/Article: [Einsatzmöglichkeiten von Fernerkundungsbilddaten und topographischer Karte im nepalesischen Himalaya. 59-71](#)