

- von Semien - Äthiopien, Vol. II. Beiheft 7 zum Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft von Bern, 1982.
- KOPP, H.: Agrargeographie der Arabischen Republik Jemen. Erlanger Geographische Arbeiten, Sonderband 11, 1981.
- LAUER, W.: Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. In: Bonner Geogr. Abh. 9, 1952, S. 15-98.
- : Vom Wesen der Tropen. Klimaökologische Studien zum Inhalt und zur Abgrenzung eines irdischen Landschaftsgürtels. Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Abh. d. math.-naturw. Klasse, Jg. 1975, Nr. 3. Mainz 1975.
- LAUER, W. und P. FRANKENBERG: Untersuchungen zur Humidität und Aridität von Afrika. Das Konzept einer potentiellen Landschaftsverdunstung. Bonner Geogr. Abh. 66, 1981.
- : Versuch einer geoökologischen Klassifikation der Klimate. In: Geogr. Rundschau 37, 1985, S. 359-365.
- : Eine Karte der hygrothermischen Klimatypen von Europa. In: Erdkunde 40, 1986, S. 85-94.
- RADO, A. R. and J. G. ZÖTL (eds.): Quaternary Period in Saudi Arabia. Vol. 2. Wien, New York 1984.
- RATHJENS, C. und H. v. WISSMANN: Rathjens-v. Wissmannsche Südarabien-Reise. Band 3: Landeskundliche Ergebnisse. Hamburgische Universität, Abh. aus dem Gebiet der Auslandskunde, Band 40. Hamburg 1934.
- : Zum Klima von Mittel- und Südarabien. In: Annalen der Hydrogr. und Marit. Met. 63, 1935, S. 364-369.
- RATHJENS, C. et al.: Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens: Das Klima von Sana. Das Klima von Jemen. Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, Einzelveröffentlichungen Nr. 11. Hamburg 1956.
- RUDLOFF, W.: World Climates with Tables of Climatic Data and Practical Suggestions. Stuttgart 1981.
- STRAUB, R.: Böden als Nutzungspotential im System der semiariden Tropen. Untersuchungen zur Bewertung von Bodeneigenschaften und Bodenwasserhaushalt am Beispiel des Beckens von At Tur (Nordjemen). Jemen-Studien, Band 4. Wiesbaden 1986.
- TROLL, C.: Lokalwinde der Tropengebirge und ihr Einfluß auf Niederschlag und Vegetation. In: Bonner Geogr. Abh. 9, 1952, S. 124-182.
- : Die naturräumliche Gliederung Nord-Äthiopiens. In: Erdkunde 24, 1970, S. 249-268.
- : Das „Backbone of Africa“ und die afrikanische Hauptklimascheide. In: Bonner Meteorologische Abh. 17, 1974, S. 209-222.
- TROLL, C. und K. PAFFEN: Karte der Jahreszeitenklimate der Erde. In: Erdkunde 18, 1964, S. 5-28.
- TUCKER, M. R. and D. E. PEDGELEY: Summer Winds Around the Southern Red Sea. In: Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, 25, 1977, S. 221-231.
- WALTER, H.: Die Klima-Diagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. In: Ber. Dt. Botan. Ges. 68, 1955, S. 321-344.
- WALTER, H. und H. LIETH: Klimadiagramm-Weltatlas. Jena 1960-1967.
- WINSTANLEY, D.: Recent Rainfall Trends in Africa, the Middle East and India. Nature 243, 1973.
- WISSMANN, H. v.: Pflanzenklimatische Grenze der warmen Tropen. In: Erdkunde 2, 1948, S. 81-92.

BEGLEITWORTE ZUR KARTE „CORDILLERA REAL NORD (ILLAMPU) 1:50 000“ - EIN BEITRAG ZUR KARTOGRAPHISCHEN DARSTELLUNG SOWIE GLAZIOLOGIE UND GLETSCHERGESCHICHTE DER BOLIVIANISCHEN ANDEN

Mit 2 Abbildungen und 1 Beilage (IV)

RÜDIGER FINSTERWALDER und EKKEHARD JORDAN

Summary: Explanatory notes to the map „Cordillera Real North (Illampu) 1:50,000“ - A contribution to the cartographic representation and to the glaciology and glacier history of the Bolivian Andes

The present revision of TROLL's and FINSTERWALDER's first mapping from 1928/35 of the Illampu massif of the Cordillera Real/Bolivia is based on preparations lasting several years, and it attempts: 1. To document the glacio-

logical changes which occurred during the last 50 years in the tropics. 2. To complete the invisible areas caused through terrestrial photogrammetry of the original map by using newly-developed aero-photogrammetric methods. 3. To serve official Bolivian cartography as a standard and model for an expressive high mountain relief representation which they aspire to in their basic maps by using representation techniques which are adequate in scale.

Therefore in 2 main chapters: 1. The multiple features of the cartographic representation of the new map will be explained on the basis of the photogrammetric treatment, and 2. The map contents will be dealt with placing the main emphasis on glaciological and glaciomorphological aspects with regard to criteria of the relief and climate configuration of the area represented and of the adjacent area.

Referring closely to his comments on the original map, TROLL's pioneer work for tropical glacier research will be underlined and the increase in knowledge based on this century's methodological and technical progress will be pointed out.

In addition, the observations about the snow line, its reconstruction and spatial distribution may be regarded as a contribution to present possibilities of palaeoclimatic research by means of glaciomorphological investigation methods in the tropics, thus indicating modified dynamic processes as compared with the present condition.

I. Vorbemerkung (E. Jordan)

Nach gut 50 Jahren wird hiermit die erste rekonstruierbar geodätisch exakt vermessene topographische Hochgebirgskarte einer tropischen Gletscherregion Südamerikas, die Illampukarte der Cordillera Real, Bolivien, von TROLL und FINSTERWALDER, in grundlegend neuer Bearbeitung vorgelegt.¹⁾

Um die Neubearbeitung zu einem erfolgreichen Ende zu führen, bedurfte es wie 1927/28 bei TROLL²⁾ erheblicher Geduld und Beharrlichkeit. Der Abschluß wäre nicht denkbar gewesen ohne zahlreiche Hilfen und einen mehrjährigen Arbeitsaufenthalt in Bolivien im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Kooperation. Er bot die Möglichkeit, enge Kontakte zu den Vermessungsbehörden des Landes zu knüpfen und erlaubte mir, trotz üblicher Restriktionen über das notwendige geodätisch-photogrammetrische Grundlagenmaterial zu verfügen.

Die nach meinem Bolivienaufenthalt folgenden Vorarbeiten der Paßpunktbestimmungen durch Aero-

triangulation erstreckten sich als Teil eines größeren Vorhabens zur glaziologischen Erforschung der bolivianischen Anden über mehrere Jahre und wurden in ausgezeichnete Zusammenarbeit mit den Kollegen des Vermessungswesens der Universität Hannover, hier insbesondere Dr. K. JACOBSEN, und dem *Instituto Geografico Militar (IGM)*, La Paz, unter Beteiligung engagierter studentischer Mitarbeiter durchgeführt (JORDAN 1986).

Zur eigentlichen Kartenbearbeitung erklärte sich dann 1981 Prof. Dr. RÜDIGER FINSTERWALDER, der Lehrstuhlinhaber für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU München, bereit. Damit konnte die Bildauswertung und kartographische Gestaltung nicht nur dem erfahrensten deutschen Hochgebirgskartographen übergeben werden, sondern es konnte zugleich auch eine alte Familientradition in der Auswertung fortgesetzt werden, um die Fortschritte der letzten 50 Jahre in der Kartengestaltung und Reproduktionstechnik vorzustellen. In den Händen von RÜDIGER FINSTERWALDER lag es schließlich, die geeignetsten Mitarbeiter für die optimale Ausführung des handwerklich-künstlerischen Teiles der Kartenbearbeitung zu finden, die im Impressum der Karte genannt sind.

Der wesentliche Antrieb für die Kartenneubearbeitung ging wiederum von wissenschaftlichen Motiven aus. Wie bei CARL TROLL waren es in erster Linie glaziologische und glazialmorphologische Anliegen, die dazu animierten, die in den letzten 50 Jahren eingetretenen Veränderungen exakt und metrisch zu erfassen, gemäß den heutigen Möglichkeiten der Aerophotogrammetrie die sichttoten Bereiche der terrestrischen Aufnahmen von TROLL und HEIN ebenfalls unter genau definierten Fehlermargen kartographisch darzustellen und damit das gesamte Gebiet des Kartenblattes jetzt auch vollständig wiederzugeben.

Wie im folgenden und an anderen Stellen (JORDAN 1985, 1986) genauer dargelegt, sind die inzwischen für Teilbereiche der vergletscherten Kordillere vorliegenden amtlichen Karten für derartige Auswertungen nicht geeignet. Aus diesem Grunde ist die vorgelegte Karte auch nicht nur dazu ausgewählt worden, bestehende Lücken bisher nicht kartographisch abgedeckter Glazialgebiete Boliviens zu schließen, sondern sie sollte zusätzlich als Anregung für die amtliche Kartographie dienen, zukünftige Hochgebirgskarten aussagefähiger als bisher zu gestalten.

Da die graphische Gestaltung der Karte ein wichtiges Kriterium für die wissenschaftliche Aussagefähigkeit ist, werden in einem II. Teil die kartographischen Merkmale der Illampukarte ausführlich behan-

¹⁾ Noch früher, im Jahre 1912, wurde von KLUTE eine teilweise exakt vermessene Karte des Kilimandscharo in Afrika erstellt, doch hat sie einen für Gletscherauswertungen ungünstigeren Maßstab von 1:100 000.

²⁾ Frau ELISABETH TROLL hat dankenswerterweise den gesamten Schriftverkehr der Alpenvereinsexpedition von 1927/28, in deren Rahmen die Feldaufnahmen zur Urkartenerstellung durchgeführt wurden, und die Originalübersetzungen der Tagebücher jener Zeit aus dem Nachlaß ihres Mannes zur Verfügung gestellt. Sie vermitteln einen aufschlußreichen Einblick in den Ablauf der Arbeiten und geben zahlreiche Anregungen zur vergleichenden Interpretation der Karteninhalte.

delt. Die sich daran anschließende Karteninterpretation als Teil III kann wegen der vielen Sachinhalte und der notwendigen Diskussion mit den seit der ersten Kartenerläuterung zahlreich vorliegenden Ergebnissen aufgrund ihres beträchtlichen Umfanges hier aus räumlichen Gründen nur zusammenfassend im generellen Überblick durchgeführt werden.³⁾

Beide Autoren danken vielmals der *Deutschen Forschungsgemeinschaft*, dem *Deutschen Alpenverein* und dem *Instituto Geografico Militar* für die Unterstützung des Kartenprojektes und der glaziologischen Arbeiten in Bolivien.

II. Die kartographische Darstellung der bolivianischen Anden (R. Finsterwalder)

1. Einleitung

Die Entwicklung und Pflege der Hochgebirgskartographie ist bisher überwiegend in den Alpenländern erfolgt. Die überragendsten Leistungen im Bereich der Westalpen hat hierbei zweifellos die amtliche Schweizer Kartographie erbracht. Das Landeskartenwerk der Schweiz, ausgeführt in der bekannten „Schweizer Manier“, wird weltweit als vorbildlich anerkannt. Im Ostalpenbereich hat die Entwicklung der Hochgebirgskartographie nicht so sehr die amtliche Kartographie als vielmehr die Privatkartographie des *Deutschen und Österreichischen Alpenvereins* geprägt. Hier sind die wichtigsten Hochgebirgsgruppen im Maßstab 1:25 000 in Kartenblättern (Alpenvereinskarten) dargestellt, bei denen besonderer Wert auf die Ausmeßbarkeit und anschauliche Wiedergabe der Formen des Hochgebirges gelegt wurde.

Sieht man sich in anderen Hochgebirgen der Erde nach Kartenwerken um, die denen der Schweizer Landestopographie oder des Alpenvereins vergleichbar sind, wird man feststellen, daß nur von ganz wenigen isolierten Gebieten anspruchsvolle Hochgebirgskarten existieren. Es handelt sich hierbei in der Regel nicht um Blätter der amtlichen Kartographie, sondern um sog. Expeditionskarten, die im Rahmen von bergsteigerischen und wissenschaftlichen Expeditionen aufgenommen wurden oder die für bestimmte wissenschaftliche Aufgabenstellungen, z. B. für glaziologische Untersuchungen, bearbeitet worden sind. Besonders zu erwähnen sind hier wieder die Expeditionskarten des Alpenvereins, wie die

Karte des Nanga Parbat-Gebietes 1:50 000 (1937), der Cordillera Huayhuash 1:50 000 (1939) und des Mount Everest 1:25 000 (1957). Im Stil dieser Alpenvereinskarten sind auch einige Karten der *Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung*, München, bearbeitet, wie die Blätter „Khumbu Himal“ 1:50 000 oder „Mount Kenya“ 1:5000 und 1:10 000 (1964).

Der Schweizer Einfluß ist hingegen nicht zu übersehen bei der Bearbeitung einiger Hochgebirgsblätter aus den USA und Kanada. Es handelt sich hierbei um Einzelkarten für wissenschaftliche Zwecke, die unter Mitwirkung oder Anleitung von Schweizer Kartographen entstanden sind. Als Beispiele seien angeführt die Karten „Mount McKinley“ 1:50 000 (1961), „Massif of Mount Hubbard, Mount Alverstone and Mount Kennedy“ 1:31 680 (1965), herausgegeben von der *American Geographical Society*, New York, sowie spezielle Gletscherkarten wie die Blätter „Peyto Glacier“ 1:10 000 (1975) und „Columbia Icefield“ 1:50 000 (1981), herausgegeben vom *Inland Waters Directorate*, Ottawa.

Erwähnenswert ist, daß in den letzten Jahren auch einige chinesische Hochgebirgskarten erschienen sind. Es handelt sich um Gletscherkarten, die vom *Institute of Glaciology* in Lanzhou bearbeitet wurden, nämlich eine Karte des Baturagletschers 1:60 000 in Pakistan (1980) sowie die Blätter „Region of the Mount Qomulungma“ 1:50 000 (1980) und „Mount Gongga“ 1:25 000 (1986).

Alle diese Spezialkarten sind von Kennern des Hochgebirges bearbeitet, die mit den Besonderheiten dieser Landschaft vertraut und in der Lage sind, sie auch graphisch in der Karte zu berücksichtigen. Dies ist in der Regel bei den amtlichen Karten der außeralpinen Hochgebirge nicht der Fall. Man muß vielmehr feststellen, daß in fast allen Hochgebirgskarten die Geländedarstellung und die Wiedergabe der alpinen Vegetationsverteilung und besonders des Ödlandes nur ganz unzureichend ist. Die Ursache dafür ist einerseits in der mangelnden geographischen und kartographischen Schulung der Topographen und Kartographen zu sehen, zum anderen aber auch in der Tatsache, daß der kartographischen Wiedergabe des Hochgebirges nicht die Bedeutung beigemessen wird wie der des besiedelten Gebiets. In den meisten Ländern fehlt auch eine kartographische Tradition, an die angeknüpft werden könnte, und es fehlen entsprechende kartographische Vorbilder. Um diesem Mangel abzuwehren, wäre die Bearbeitung von Karten aus den verschiedenen Hochgebirgen notwendig, die dann als Musterblätter für die amtliche Kartographie dienen könnten. Diese Blätter sollten so konzi-

³⁾ Eine detaillierte Darlegung der Karteninhalte und ihrer Auswertungen erfolgt mit ausführlicher Veranschaulichung in zwei spezialisierten Fachzeitschriften.

piert sein, daß ihre Graphik nicht nur von Spitzenkönnern bewältigt wird, sondern auch von einer breiteren Schicht von begabten und speziell geschulten Kartographen beherrschbar ist. Nur so ist die Chance gegeben, daß die angebotenen Vorbilder auch akzeptiert werden.

Im folgenden Beitrag soll versucht werden, auf das Problem der Hochgebirgsdarstellung am Beispiel der bolivianischen Anden hinzuweisen. Nach einer kurzen Beurteilung der Hochgebirgsdarstellung in der amtlichen topographischen Karte 1:50 000 von Bolivien wird eine Musterkarte 1:50 000 aus dem Bereich der Cordillera Real vorgestellt, die nach dem mitteleuropäischen Standard bearbeitet ist und als Vorbild für die Landeskarte im Hochgebirge dienen könnte.

2. Die Carta Nacional Bolivia 1:50 000

Das Kartenwesen in Bolivien ist charakteristisch für viele Staaten Südamerikas. Die Herstellung der amtlichen topographischen Karten erfolgt durch eine militärische Vermessungsorganisation, das *Instituto Geografico Militar (IGM)* in La Paz. Das topographische Standardwerk, das noch nicht abgeschlossen ist, trägt den Namen „Carta Nacional Bolivia“ und hat den Maßstab 1:50 000. Daraus wird eine topographische Übersichtskarte 1:250 000 abgeleitet mit der Bezeichnung „America del Sur (Bolivia)“. Bei der kartographischen Ausführung ist deutlich der nordamerikanische Einfluß, speziell derjenige der USA erkennbar. Abb. 1 zeigt einen einfarbigen Ausschnitt der vierfarbigen Carta Nacional Bolivia (Schwarz für die Situation und Schrift, Braun für Höhenlinien, Blau für Gewässer einschließlich Höhenlinien auf Gletschern⁴⁾, Rot für Straßenfüllungen).

Die Carta Nacional Bolivia basiert auf Luftaufnahmen, die im Maßstabbereich von 1:40 000 bis 1:70 000 liegen. Dabei finden auch im Hochgebirge Weitwinkelaufnahmen mit der üblichen Längsüberdeckung von 60% Verwendung. Dies hat zur Folge, daß bei der photogrammetrischen Auswertung im Bereich von Steiflanken sichttote Räume auftreten und wegen des großen Basisverhältnisses von 2:3 verschiedentlich kein stereoskopischer Effekt mehr zustande kommt. Eine Vergrößerung der Längsüberdeckung auf 80% und eine ebenfalls erhöhte Querüberdeckung der Bilder könnten diese Mängel beseitigen. Leider wird davon kaum irgendwo Gebrauch gemacht.

⁴⁾ In der einfarbigen Abb. 1 sind zur besseren Unterscheidung die Flächen mit blauen Höhenlinien durch einen feinen Grauton gekennzeichnet.

Die photogrammetrische Auswertung geschieht zum Teil noch mit einfachen Geräten, die nach dem Anaglyphenprinzip arbeiten (Balplex-Plotter). Infolge der bei diesem Gerätetyp nicht vollkommenen Bildtrennung wird die stereoskopische Interpretation der Luftbilder erschwert, und die kartierten Höhenlinien sind stark geglättet. Der für den Maßstab 1:50 000 im Hochgebirge viel zu enge Schichtlinienabstand von 20 m fördert zusätzlich das Glätten und „Auskämmen“ der Höhenlinien; z. T. müssen Höhenlinien sogar weggelassen werden. Scharfe Geländekanten drücken sich im Schichtlinienbild kaum aus. Auch die Anzahl der Höhenkoten in der Karte ist recht gering.

Die photogrammetrische Auswertung wird durch eine Geländebegehung ergänzt. Diese umfaßt die Klassifizierung des Wege- und Straßennetzes, die Kennzeichnung der Ortschaften und Gebäude sowie die Erhebung der Namen. Die Ergebnisse des Geländevergleichs werden in Papierabzügen der Luftbilder eingetragen.

Die kartographische Ausführung ist betont einfach gehalten. Die Geländedarstellung erfolgt ausschließlich durch Höhenlinien im Abstand von 20 m. Felsgebiete sind weder durch eine Felszeichnung noch durch die Farbe der Höhenlinien ausgewiesen. Dasselbe gilt für den Gehänge- und Moränenschutt. Eine Kennzeichnung von Geländekleinformen durch Kantenschraffen oder andere Formzeichen ist ebenfalls unterblieben. Ziemlich willkürlich erscheint die Abgrenzung der Gletscheroberflächen durch blaue Höhenlinien. Hierbei ist nicht die Grenze des perennierenden Schnees und des Eises festgehalten, sondern die Schneebedeckung während des Zeitpunkts des Bildflugs. Die ausgewiesenen Eisgebiete sind in der Regel viel größer als die tatsächlich vergletscherten Flächen. Das Beispiel in Abb. 1 zeigt verschiedentlich Widersprüche zwischen der Führung der blauen Höhenlinien und der Abgrenzung der Gletscher. Solche Fehler können nur durch Auswerter, die mit dem Gletscherphänomen vertraut sind, vermieden werden. Auch die fehlende Kennzeichnung von Gletscherspalten muß als Mangel empfunden werden.

Für eine glaziologische Auswertung sind die Kartenblätter daher völlig ungeeignet. Aber auch die Orientierung im Gelände ist im Bereich des Hochgebirges sehr erschwert. Den Grund dafür bilden die viel zu glatten Höhenlinien, die keinerlei Identifizierung von Geländekleinformen zulassen, sowie die fehlende oder mangelhafte Unterscheidung der Bodenbedeckung nach Schutt, Fels und Eis.

Da das Land Bolivien einen recht beträchtlichen Anteil an Hochgebirgslandschaften besitzt, wäre eine

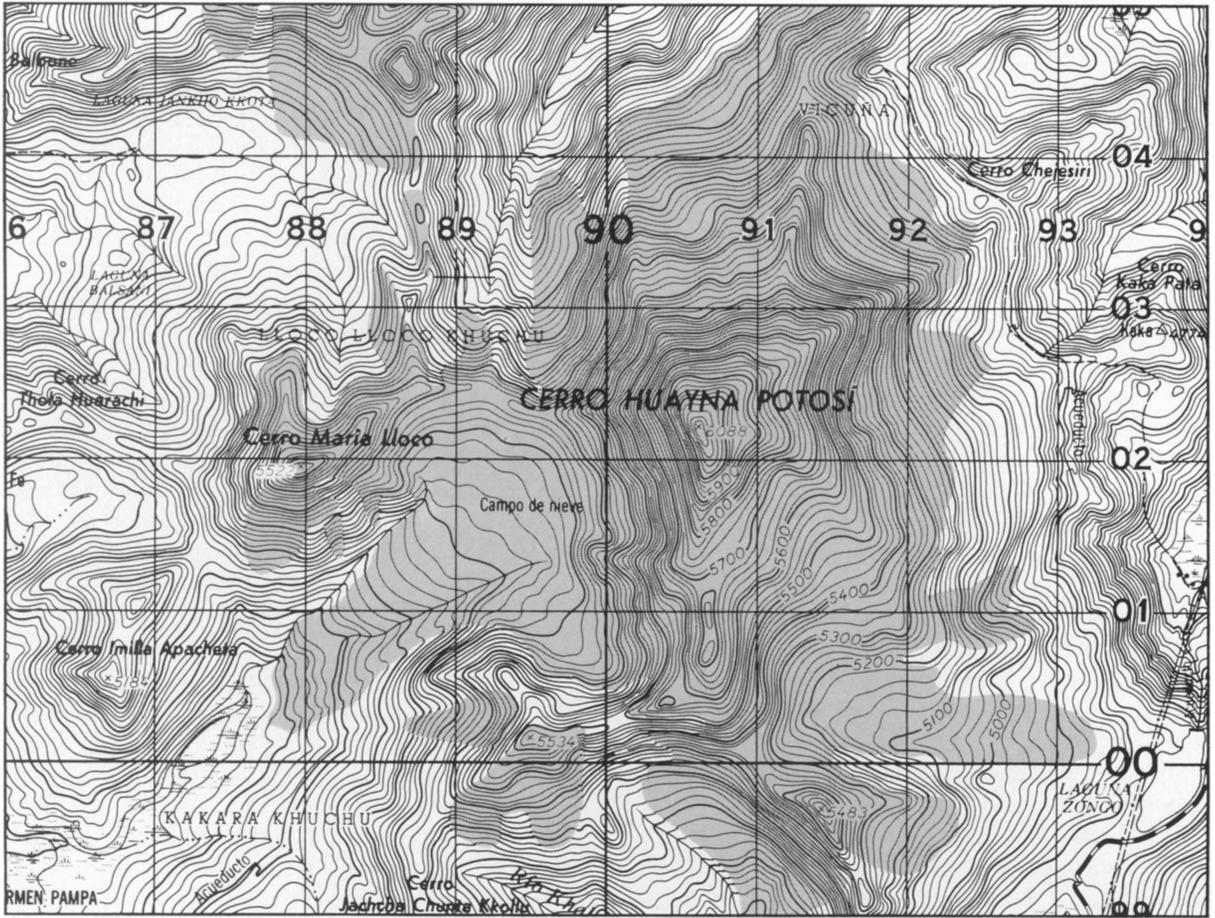


Abb. 1: Ausschnitt aus der „Carta Nacional Bolivia“ 1:50 000, Blatt 5945 II
Section from the „Carta Nacional Bolivia“ 1:50,000, Sheet 5945 II

Verbesserung der kartographischen Darstellung in diesem Bereich sehr wünschenswert. Mit der im folgenden beschriebenen Karte „Cordillera Real, Nord“ soll ein Versuch in dieser Richtung gemacht und ein Vorschlag für die Wiedergabe eines extremen Hochgebirges unterbreitet werden.

3. Die Karte „Cordillera Real, Nord (Illampu) 1:50 000“

Dieses Kartierungsprojekt wurde von E. JORDAN, Hannover, initiiert und in enger Verbindung mit dem *Instituto Geografico Militar*, La Paz, am *Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik* der Technischen Universität München unter Leitung des Verfassers ausgeführt.

Das Kartengebiet ist fast identisch mit dem Gebiet, das TROLL u. a. im Jahre 1928 im Rahmen einer

Alpenvereinsexpedition erkundet und teilweise photogrammetrisch vermessen haben. Das Ergebnis dieser Vermessungen war eine Karte 1:50 000, die im Jahre 1935 publiziert worden ist (TROLL und FINSTERWALDER 1935). Die erneute Wahl dieses Gebiets hat ihren Grund vor allem darin, daß durch den Vergleich der beiden kartographischen Aufnahmen die Veränderungen im Landschaftsbild, insbesondere der Vergletscherung, erfaßt werden können. So lassen sich wichtige Zahlen für den Gletscherrückgang seit 1928 auf der Südhalbkugel der Erde ableiten (FINSTERWALDER 1987).

Außerdem ist das Kartengebiet charakteristisch für das Hochland Boliviens und zeigt auf engem Raum recht verschiedene Hochgebirgsformen. Es enthält mit dem Jankhouma, 6427 m, den zweithöchsten Berg der bolivianischen Ostcordillere und mit dem Illampu, 6368 m, den schroffsten Gipfel, ferner

die ausgedehnteste Vergletscherung der Cordillera Real. Dazu kommt noch ein Teil der Hochfläche des Altiplano mit Altmoränen, Kastentälern und Seen sowie der Absturz des Hauptkammes nach Nordosten gegen die Yungas. Mit dem Durchbruchstal des Sorataflusses, dessen Sohle im Kartengebiet bei 2400 m liegt, ergibt sich auch eine beträchtliche vertikale Landschaftsgliederung im Bereich des Kartenblattes (4000 m Höhenunterschied).

3.1. Die photogrammetrische Bearbeitung

Im Gegensatz zu vielen Expeditionskarten, die terrestrisch-photogrammetrisch aufgenommen sind, basiert die Karte „Cordillera Real, Nord“ auf Luftaufnahmen. Sie wurden durch Vermittlung von Herrn JORDAN vom IGM zur Verfügung gestellt. Überwiegend kamen Weitwinkelbilder vom Jahre 1963 zur Verwendung, die einen Bildmaßstab von etwa 1:40 000 im Bereich des Altiplano haben. Zur Schließung von Lücken und zur Erzielung eines neuen Kartenstandes im Bereich des Wegenetzes und Siedlungsbildes wurden auch Bilder einer Hochbefliegung aus dem Jahre 1975 mit einem Bildmaßstab von 1:75 000 verwendet. Da diese Bilder einen Zustand geringerer Schneebedeckung zeigen, waren sie auch beim Entwurf der Fels- und Schutzzeichnung für die Gletschervorfelder recht nützlich.

Die für die Auswertung der Bilder notwendigen Paßpunkte wurden durch Aerotriangulation gewonnen. Diese geschah durch E. JORDAN und K. JACOBSEN an der Universität Hannover durch eine sehr umfangreiche Bündeltriangulation, bei der Bilder aus verschiedenen Flügen vereinigt wurden (JORDAN 1985). Um einen besseren Bezug zur TROLLSchen Karte vom Jahre 1935 herzustellen, sind weitere, in den Luftbildern identifizierbare Höhenpunkte aus dieser Karte in die Triangulation einbezogen worden. Damit ist gewährleistet, daß beide Karten das gleiche Höhenniveau besitzen, was für die glaziologische Auswertung von Bedeutung ist. Die Lagekoordinaten der neuen Karte beziehen sich auf das UTM-System der bolivianischen Landesaufnahme und sind daher nicht identisch mit denen der TROLLSchen Karte.

Für die topographische Kartierung wurden 40 Stereomodelle des Bildflugs von 1963 und drei Modelle des Bildflugs von 1975 ausgewertet. Dies geschah am Auswertegerät Planitop am *Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik* der TU München im Kartierungsmaßstab 1:25 000. Zur besseren Interpretation der Luftaufnahmen standen teilweise Farbbilder zur Verfügung, die vom Verfasser 1982 im Gelände auf-

genommen worden waren sowie die Ergebnisse der Geländebegehungen durch das IGM. Letztere umfassen besonders die Klassifizierung des Wege- und Straßennetzes sowie die Festlegung der Orts- und Flurnamen.

3.2. Die kartographische Ausführung

Die kartographische Bearbeitung war unter der Zielvorstellung ausgerichtet, eine moderne topographische Hochgebirgskarte, etwa in Anlehnung an die vom Alpenverein herausgegebenen Blätter, zu schaffen. Zur Erreichung dieses Ziels wurden sieben Druckfarben benutzt, was einen Druck der Karte in zwei Durchgängen an einer Vierfarben-Offsetmaschine zuläßt. Zu den einzelnen Kartenelementen ist folgendes zu bemerken:

3.2.1 Geländedarstellung

Die Geländeformen sind durch Höhenlinien im Intervall von 40 m (200 m-Zähllinien) wiedergegeben. Dieses Schichtlinienintervall bewirkt die gleichen horizontalen Höhenlinienabstände wie 20 m-Linien im Maßstab 1:25 000, die sich in den Alpenvereinskarten gut bewährt haben. Schwierigkeiten mit der graphischen Reproduzierbarkeit der Höhenlinien ergeben sich erst bei Hangneigungen über 75°, also im Steilfels. Steilwände dieser Neigung, die sich über mehrere Höhenlinien erstrecken, sind relativ selten und im Kartenbereich nur am Illampu und an einzelnen Abstürzen unterhalb des Millipaya-Gletschers vorhanden. In diesen Fällen wurden die Höhenlinien geringfügig auseinandergerückt. In kleineren Maßstäben ist diese Vorgehensweise eher vertretbar als im großen Maßstab, da hier bereits allgemein stärker generalisiert werden muß und die darzustellenden Steilwände schon wegen des größeren Höhenlinienintervalls weniger werden. Als etwas zu groß zeigte sich die Äquidistanz von 40 m jedoch in dem flacheren Gelände des Altiplano. Die dort vorherrschenden runden Geländeformen werden zwar noch ganz gut ausgedrückt, nicht aber schärfer ausgeprägte Flußterrassen und Moränenwälle. Zu ihrer Wiedergabe wurden deshalb Kantenschraffen benutzt. Dieses Hilfsmittel kam auch in anderen Gebieten zur Betonung von Geländekleinformen verschiedentlich zur Anwendung.

Zur Hervorhebung der Großformen des Geländes wurde eine Schräglichtschummerung mit Lichteinfall aus West bis Nordwest eingeführt. Sie ist einschließlich der Gletschergebiete in graublauer Farbe gehalten.

3.2.2 Bodenbedeckung

Felsgebiete kennzeichnen schwarze Höhenlinien, zu denen noch eine Kantenzeichnung in derselben Farbe kommt. Negative Kanten (Einschnitte) sind durch kurzes Unterbrechen der Höhenlinien angedeutet, positive Kanten durch eine zusätzliche Kantelinie. Horizontal oder schwach geneigt verlaufende Verteilungen im Fels sind durch Schraffenreihen ausgedrückt. Der Felsfuß ist durch eine unterbrochene Begrenzungslinie angedeutet, ebenso die Abgrenzung kleinerer Felsgebiete. Im grasdurchsetzten Schrofen- und Gelände weisen schwarze Strukturlinien innerhalb der braunen Höhenlinien auf Felsen hin. In den steileren Gebieten übernehmen dann mehr und mehr die schwarzen Höhenlinien die Darstellungsfunktion für Fels. Die Felsdarstellung ist bewußt einfach gehalten, damit sie auch von weniger geschulten Kräften ausgeführt werden kann.

Schutt und Geröll: Um Gebiete mit dieser Oberflächenstruktur vom Fels zu unterscheiden und sie optisch diesem gegenüber zurücktreten zu lassen, wird zu ihrer Wiedergabe nicht wie vielfach üblich die Farbe Schwarz, sondern Grau verwendet. In Grau sind nicht nur die Höhenlinien, sondern auch die Schuttpunkte gehalten. Durch unterschiedliche Punktgröße und Punktdichte wird z. T. ein Schattierungseffekt erreicht, der es gestattet, Kleinformen, besonders Moränenwälle kenntlich zu machen. In der gleichen Weise wie Hang- und Moränenschutt werden auch die oft größere Flächen bildenden Strukturböden behandelt.

Gletscher sind durch blaue Höhenlinien und vereinzelt durch eine blaue punktierte Begrenzungslinie gekennzeichnet. Gletscherspalten werden, soweit sie im Luftbild sichtbar waren, von einer gewissen Mindestgröße ab durch eine möglichst formtreue Strichzeichnung wiedergegeben. Steile Firnhänge und Eiswände sind durch Schraffenreihen betont.

Das *Vegetationsgelände* kennzeichnen braune Höhenlinien und ein modulierter gelber Flächenton. Wald- und Gebüschflächen sind durch einen Strukturraster in grüner Farbe hervorgehoben. Dabei erhalten deutlich ausgeprägte Waldgrenzen als Kontur eine durchgezogene Linie, fließende Grenzen eine gerissene Linie. Aufgelöster Wald und Buschwerk sind durch grüne Kringelsignaturen gekennzeichnet.

Gewässer: Da die Wasserführung von Bächen und Rinnen aus den Luftbildern nicht immer eindeutig erkennbar ist, werden die als unsicher interpretierten Wasserläufe durch eine gestrichelte blaue Linie dargestellt. Dazu gehören teilweise auch die Abflüsse von Gletschern. Infolge der starken Verdunstung auf

der Gletscheroberfläche führen sie wesentlich weniger Wasser als etwa in den Alpen. Manchmal sind sie überhaupt nicht ausgeprägt, da das wenige Schmelzwasser unterhalb des Moränenschutts abfließt und erst später an die Oberfläche tritt.

Zu den natürlichen Wasserläufen kommen noch künstlich angelegte Bewässerungskanäle, die z. T. Gletscherwasser über längere Strecken zu den Feldern des Altiplano transportieren. Für diese Kanäle wird eine eigene Signatur eingeführt. Auch eine Reihe von Teichen sind im Kartengebiet als Wasserreserven zur Bewässerung künstlich angelegt oder in natürlichen Vertiefungen zusätzlich aufgestaut. Während stehende Gewässer in der Regel durch Konturen und gerasterte Flächenfüllung dargestellt sind, erfolgt ab einer gewissen Mindestdimension die Darstellung zum Zwecke der besseren Erkennbarkeit nurmehr durch einen Vollton.

Verkehrsnetz und Siedlungsbild sind in Schwarz wiedergegeben. Straßen sind in zwei Kategorien unterteilt, nämlich in solche, die ganzjährig auch mit dem PKW befahrbar, und solche, die nur mit geländegängigen Fahrzeugen und außerhalb der Regenzeit benutzbar sind. Zu letzteren gehören vor allem die Zufahrten zu den zahlreichen hoch gelegenen Bergwerken und Minen. Fußwege sind nach ihrer Wichtigkeit und Begehbarkeit ebenfalls in zwei Klassen unterteilt. Da aber bei weitem nicht alle Fußwege im Gelände kontrolliert werden konnten, ist die getroffene Unterscheidung in Wege und Pfade nicht immer ganz berechtigt.

Beim Siedlungsbild mußte, bedingt durch den Maßstab 1:50 000, zum Teil bereits erheblich generalisiert werden. Einigermaßen lage- und flächentreu ist die geschlossene Bebauung der einzigen städtischen Siedlung von Sorata dargestellt. Bei der Wiedergabe der übrigen Einzelhaussiedlungen sind die Gebäudeflächen maßstabsbedingt bereits stark übertrieben. Dies trifft um so mehr zu, als die Gebäude in den Indiosiedlungen sehr klein sind. Die Darstellung von Bergwerken und Minen erfolgt durch die üblichen Hammersignaturen.

Die *Beschriftung* der Karte richtet sich nach den Erhebungen des IGM mit den in den amtlichen bolivianischen Karten üblichen Abkürzungen (siehe Legende!). Den spanischen Gattungsbezeichnungen, wie z. B. Cerro (Berg), Rio (Bach, Fluß), Laguna (See), sind zusätzlich auch die Synonyme in der im Kartengebiet heimischen Aimara-Sprache beigefügt. Damit soll erreicht werden, daß die Namen der ortsansässigen Bevölkerung besser verständlich sind, was wiederum die Benutzung der Karte im Gelände erleichtert.

Für die Ortsnamen wird die Antiquaschrift benutzt, für die Flurnamen die aufrechte Kursivschrift. Somit ist auch durch die Schrift eine Objektunterscheidung gegeben, welche die Lesbarkeit der Karte erleichtert. Der Kartenrahmen, der durch Koordinatenlinien des UTM-Gitters gebildet wird, ist sowohl nach Projektionskoordinaten als auch nach geographischen Koordinaten beziffert.

4. Ausblick

Mit dem Blatt „Cordillera Real, Nord“ 1:50 000 wurde eine Mehrzweckkarte geschaffen, die verschiedene Funktionen zu erfüllen hat:

1. Sie dient zunächst wissenschaftlichen Zwecken und bildet die Basis für glaziologische Untersuchungen wie die rechnerische Bestimmung der klimatischen Schneegrenze oder die Feststellung des Gletscherrückgangs für die Intervalle 1928–1963–1975.
2. Sie dient als Touristenkarte zur Durchführung von Berg- und Trekkingtouren in einem landschaftlich ungemein reizvollen Gebiet, das verkehrstechnisch relativ gut erschlossen und von der Hauptstadt Boliviens leicht erreichbar ist. Die Aufnahme der Karte in die Reihe der Alpenvereinskarten macht diese Funktion deutlich.
3. Die Karte ist last not least als Vorbild und Lernmittel für die amtliche Kartographie Boliviens gedacht. Wenn auch die kartographische Bearbeitung gemessen am amtlichen Kartenwerk eines Entwicklungslandes etwas aufwendig ist, könnten dennoch von der Karte Impulse für die Darstellung des Hochgebirges ausgehen. Zumindest wird das Bewußtsein für das Wesen der Hochgebirgslandschaft geschärft und die Anregung gegeben, diese Landschaft in der kartographischen Bearbeitung gleichwertig zu den stärker besiedelten Gebieten zu sehen. Damit hätte sich die Mühe für die Kartenherstellung bereits gelohnt.

III. Der Karteninhalt des Illampu/Jankhouma-Blattes (E. Jordan)

Die Uraufnahme der TROLL/FINSTERWALDER-Karte der Illampu-Region hat in Bolivien leider wenig Verbreitung gefunden. Bezeichnend ist, daß Ende der 70er Jahre selbst die amtlichen Vermessungsbehörden von der Existenz der Karte nichts wußten. Vor diesem Hintergrund ist es zu verstehen, daß in den 60er und 70er Jahren bei den amtlichen Namen-

erhebungen für topographische Karten dieses Raumes die früher vergebenen Bezeichnungen nicht berücksichtigt wurden. In der Regel sind daher in der alten und neuen Karte nur die Namen der Hauptlokalitäten identisch. Zum leichteren Verständnis werden in den folgenden Ausführungen die alten Bezeichnungen in Klammern angefügt.

1. Landschaftsinhalt

Die Karte stellt das Illampu/Jankhouma(Hankouma)-Massiv am Nordwestende der Cordillera Real dar. Dieses ist zusammen mit dem Illimani, östlich von La Paz, der höchste Gebirgsstock der gesamten bolivianischen Ostkordillere, überschreitet aber nach den durchgeführten Aerotriangulationen mit Sicherheit die Höhe von 6500 m nicht. Der Gebirgsstock stellt mit 103 km² aktueller Eisfläche das größte zusammenhängende Gletschergebiet und damit fast 1/5 der heutigen Vereisung Boliviens.

Die Karte hat Anteil an 4 charakteristischen Landschaftstypen Boliviens:

1. Hochkordillere mit allen Merkmalen einer Hochgebirgslandschaft (zentraler und südöstlicher Bereich des Blattes).
2. Altiplano im Bereich des südwestlichen Gebirgsfußes mit seinen relativ flachen Formen (linker unterer Teil des Blattes).
3. Oberes Trockentaleinzugsgebiet des Rio Consata, repräsentiert durch die Tallandschaft des Rio San Cristobal/Millipaya (ehemals Rio Sorata) im Lee des Hauptgebirgskammes (westlicher und nordwestlicher Blattbereich).
4. Niederschlagsreicher Yungasabfall mit eindrucksvollen Resten der bis auf 4500 m hinaufreichenden Polylepiswälder und den feucht-triefenden, sehr steilen Bergwäldern, die von ca. 3500 m abwärts beginnen.

Weitere Einzelheiten zur Landschaftsdarstellung geben TROLL und FINSTERWALDER (1935 S. 394) und JORDAN (1985 S. 172 ff.).

2. Geologischer Bau

Im wesentlichen haben die von TROLL gemachten Beobachtungen zum geologischen Aufbau der Oberflächenformen nach wie vor Gültigkeit. Neuere Untersuchungen brachten eine stärkere stratigraphische und regionale Differenzierung, führten aber teilweise auch zu Modifizierungen, vor allem was die zeitliche Zuordnung und die Überlegungen zur

Tektogenese anbelangt. Die Leitlinien der Reliefgestaltung im Bereich des Kartenblattes spiegeln ein Abbild der geologischen Verhältnisse wider. Eine aktuelle Darstellung über Entwicklung und Stand der geologischen Forschung des Gebietes mit detaillierten Literaturangaben gibt TISTL (1985) im Rahmen einer lagerstättenkundlichen Bearbeitung. Der Bezug zu den Inhalten der Karte wird bei JORDAN und FINSTERWALDER (1989) dargelegt.

3. Die Vergletscherung mit ihren Ablagerungen und deren Formen

Die Untersuchung der rezenten Vereisung Boliviens war der Hauptanlaß für die Neubearbeitung der Karte. Da es sich bei dem bearbeiteten Gebiet um die einzige Region in den tropischen Anden handelt, in der sich die Gletscherveränderungen über eine Zeitspanne von fast 50 Jahren dokumentieren und zum Teil auch quantifizieren lassen und zudem allgemein die Kenntnisse über die Vereisung der Anden erheblich vorangekommen sind, müssen einige Aussagen TROLLS korrigiert werden. Anhand der vorgelegten Karte lassen sich sämtliche für die Randtropen charakteristischen Gletscherphänomene verdeutlichen, obwohl sie im Illampu-Gebiet nicht alle in mustergültiger Form ausgeprägt sind. Für die glaziologische Forschung ergab sich der glückliche Zufall, daß die Kartenuraufnahme just zu dem Zeitpunkt erfolgte, an dem der letzte neuzeitliche Gletscherhöchststand dieser Klimazone zu verzeichnen ist.

Sieht man von den mehr stratigraphischen Arbeiten DOBROVOLNYS (1956, 1962) im La Paz-Tal einmal ab, so hat es mehr als 40 Jahre gedauert, bis die eis- und glazialmorphologischen Forschungen in Bolivien nach den Pionierleistungen CARL TROLLS von NOGAMI (1968 ff.) mit Schneegrenzuntersuchungen und GRAF (1971 ff.) mit dem Schwerpunkt auf morphologischem und palynologischem Gebiete wieder aufgenommen wurden. Diesen Arbeiten folgten ab 1975 Untersuchungen des Autors (JORDAN 1978 ff.) auf glaziologischem Gebiet (zunächst Gletschermassenhaushalt, später Gletscherinventar, ab 1977 auch Glazialmorphologie) und mit wenig Abstand Untersuchungen von Mitarbeitern der ORSTOM-Gruppe in La Paz (SERVANT 1977, BALLIVIAN, BLES und SERVANT 1978, SERVANT und FONTES 1978, LAVENU 1981, YBERT 1984) zu quartärilmnologischen, stratigraphischen und palynologischen Fragestellungen. Schließlich veröffentlichten LAUER und Mitarbeiter ab 1979 glazialmorphologische Arbeiten aus der Apolobamba am Nordende sowie MÜLLER ab 1980 (1985) eben-

solche Untersuchungen aus der Cordillera Quimsa Cruz (Tres Cruces) am Südennde des rezent vergletscherten Teiles der Ostkordillere. Die vollständige Gletschervermessung für Bolivien hat nach langwierigen Vorarbeiten der Autor durchgeführt. Aus Platzgründen kann hier nur ein Abriß der Ergebnisse des Kartenausschnittes dargelegt werden. Genaueres, insbesondere zu Methode und Verfahrenstechnik, ist bei JORDAN (1985) nachzulesen. Im vorliegenden Kartenblattausschnitt selbst wurden glaziologische und quartärmorphologische Feldarbeiten nach TROLL nur noch vom Autor und, randlich streifend, in einer Tesis von ARGOLLO (1980) durchgeführt.

3.1 Heutige Vergletscherung

Die Karte der Illampu-Jankhouma-Region zeigt, daß es sich hier um einen zusammenhängenden Gletscherkomplex handelt, der im N mit dem Aufsteigen des Gebirges aus der Muñecas(Puppen)-Kordillere klar umrissen beginnt und erst in der Abra de Calzada eine natürliche Begrenzung erfährt. Der jüngste von LAUER und RAFIQPOOR (1986/ Beilage 5) vorgenommenen Zweigliederung kann damit nicht gefolgt werden. Südlich des Passes sind in der Karte um die Co. Calzada und Co. Tiara außerdem noch die nordwestlichen Gletscher der südwärts folgenden Einheit der Calzada-Chearoco-Chachacomani-Region sichtbar. Den Gletschern wurden bei der Vermessung Nummern gegeben; denn es fehlten, wie so oft in Bolivien, jegliche Namen.

3.1.1 Gletscherflächen

Vergleicht man die Gletscherflächenbestimmungen der Jahre 1963 und 1975, so ergibt sich trotz maßstabsabhängiger Generalisierung und zu berücksichtigender Methodenfehler eine hohe Übereinstimmung. Den 1963 aus Kartenplanimetrierung ermittelten 102,80 km² stehen 103,099 km² aus direkter stereographischer Vermessung von 1975 gegenüber. Nimmt man hingegen einen Flächenvergleich anhand der TROLL-FINSTERWALDER-Urkarte vor, so kommt man zu solch großen Abweichungen, daß ihm eine realistische wissenschaftliche Aussagekraft abgesprochen werden muß. Selbst der Vergleich einzelner Gletscher oder Teilgebiete ist nicht aussagefähig. Die Gründe hierfür sind darin zu suchen, daß für die Kartenuraufnahme nur wenige Gletscher vollständig vermessen werden konnten, da bei den zugrundeliegenden terrestrisch-photogrammetrischen Übersichtsaufnahmen zu viele sichttote Räume auftreten.

Die o. g. Gesamteisfläche der Illampu-Jankhouma-Region entspricht fast einem Fünftel der Gletscherfläche Boliviens, entfällt aber auf nur 144 Gletscherindividuen und damit 8% der Gesamtgletscherzahl des Landes. Das macht auf eine Besonderheit des Gebietes aufmerksam: das Vorherrschen besonders großer Gletscher. Dies liegt an den orographischen Voraussetzungen mit ihren größten und ausgedehnten Höhen in der Ostkordillere und führt dazu, daß allein 7 der 20 größten Gletscher Boliviens auf dem Kartenblatt repräsentiert sind.

3.1.2 Die Schneegrenze

Bei der Bestimmung der Schneegrenze (SG) wurde den Besonderheiten tropischer Vergletscherung mit dem Auftreten vieler kleiner Gletscher Rechnung getragen. In Anlehnung an die Ausführungen von GROSS et al. (1976) wird die orographisch-klimatische Schneegrenze als Ausdruck der Gleichgewichtslinie eines Gletschers angesehen. Sie wurde durch eine Näherungsmethode in Form der Gletscherschwerpunktshöhenvermessung erfaßt und als Gletscherschneegrenze (GSG) bezeichnet, die unter den gegebenen Verhältnissen guter Moränenerhaltung auch einen Vergleich mit früheren Gletscherhochständen erlaubt (vgl. HEUBERGER 1980).

Bei der relativ hohen Anzahl großer Gletscher bietet sich auf der Basis der neuen Karte ein Methodenvergleich unter Verwendung des Nähr-Zehrgebietsverhältnisses an. Dazu wurden in beiden Karten die Höhenniveaus planimetriert und nach dem Flächenverhältnis 2:1 die Lage der SG auf Dekameter bestimmt. Für einen sinnvollen räumlichen Vergleich mußte eine Differenzierung nach Lage und Exposition vorgenommen werden.

Als Ergebnis zeigt sich unter Berücksichtigung noch weiterer Parameter:

1. Die Resultate des Methodenvergleichs ergeben eine gute Übereinstimmung.
2. Es erfolgt ein Ansteigen der SG von 1928 über 1963 bis 1975. Während eine Quantifizierung für den Zeitraum 1928–63 unsicher bleibt, ergibt sich für die Spanne 1963–75 eine Größenordnung von 10 m.
3. Die räumlichen Unterschiede der SG-Höhen sind erheblich und erreichen insgesamt über 700 m auf ca. 10 km Horizontalentfernung.
4. Es ist bei den SG-Höhendifferenzen im wesentlichen zu unterscheiden zwischen expositionsbedingten Abweichungen sonnenstandsabhängigen Strahlungsgenusses und lagebedingten Abweichungen aufgrund komplexer Ursachen. Bei er-

steren erreichen die Gegensätze die Größenordnung unserer Breiten; bei letzteren überschreiten sie 600 m auf 10 km Entfernung.

5. N-NO Expositionen weisen die höchsten, SO-SW Expositionen die tiefsten SG-Lagen auf. An den yungaswärtigen Luvabdachungen reicht die SG am tiefsten herab (4800 m), im leeseitigen Bereich des Massivs (San Franciscoregion im SW) am höchsten hinauf (5600 m). Die Ursachendeutung TROLLS (TROLL und FINSTERWALDER 1935, S. 398) ist daher nach neueren Erkenntnissen nicht mehr haltbar.

Die methodischen Ableitungen der Ergebnisse und detaillierte ursächliche Begründung mit weiterer räumlicher und inhaltlicher Differenzierung sind bei JORDAN (1985 und 1989) dargelegt.

3.1.3 Tropische Ablationsformen

Ein Sonderphänomen tropischer Gletscher-Zehrgebiete mit geringem Eisnachschub sowie Toteisfelder – kommt bei der wirklichkeitsnahen Wiedergabe der Eisflächen in der neuen Karte gut zur Darstellung. Es sind dies Ablationsformen gewaltigen Ausmaßes, die nicht wie die ebenfalls im Illampu-Jankhouma-Gebiet auftretenden Büßerschneeformen eine jährlich temporäre Ausprägung erfahren, sondern über Jahre, teilweise Jahrzehnte hinweg nur leichten Wandlungen des Auf- und Abbaus unterliegen. Als Toteis sind sie stationär, ansonsten weisen sie eine geringe Verlagerung in Fließrichtung des Eises auf (genauer dazu bei JORDAN 1985, S. 78 ff.). Sie treten auf der Karte besonders eindrucksvoll nördlich und südlich des Pico de Linea und San Pablo in Erscheinung und prägen in geringerer Größe die Zunge südwestlich des Yacumagipfels.

3.2 Die subrezente und holozäne Vergletscherung und ihre Ablagerungen

3.2.1 Gletscherschwund 1928–1963/75

Durch den Kartenvergleich läßt sich zunächst der Gletscherschwund für den Zeitraum von 1928 bis 1963/75 anhand des Gletscherzungenhöhenstands eindeutig dokumentieren. Es wurden dazu aus der TROLL-FINSTERWALDER-Karte alle Gletscher mit Zungenkoten zusammengestellt und die korrespondierenden Werte der neuen Karte (1963) resp. Stereocordauswertung (1975) sowie die Stirnhöhen der ausgeschiedenen subrezentten Moränenstadien hinzugefügt (vgl. auch FINSTERWALDER 1987). Als wichtigste Ergebnisse lassen sich herausstellen:

1. Die Gletscherzungen haben sich seit Beginn dieses Jahrhunderts um 50–100 m – und teilweise sogar mehr – in der Vertikaldistanz zurückgezogen.
2. Allein im Zeitraum von 1963 bis 1975 ist ein Rückzug der Gletscherzungen von 10–20 m zu verzeichnen.
3. Mit methodisch bedingter Toleranz von 10–20 m fallen Zungenhöhen von 1928 und Frontmoränen des Stadium I (JORDAN 1984) in ihrer Position zusammen. Damit ist ein weiterer Beleg für den Gletscherhochstand der 20er Jahre dieses Jahrhunderts in den Anden erbracht (vgl. MÜLLER 1985, JORDAN 1984, 1985, 1986, HASTENRATH 1981, KINZL 1934 ff.).
4. Aufgrund der Feststellung 3. läßt sich ersatzweise die wegen der Lageverzeichnung auf der Urkarte nicht mögliche Gletschererfassung aus Luftbildern durchführen und somit auch der Eisflächenschwund dieses Jahrhunderts nachweisen. Es bedarf dazu der Vermessung jener Areale, die bis Stadium I noch eisbedeckt waren, was die auf den Luftbildern deutlich auszumachenden Moränenränder beweisen. Danach ist im Illampu-Jankhouma-Massiv die Eisfläche in der Zeitspanne (Stand I/ca. 1928 bis 1975) von 50 Jahren um 9% geschrumpft (JORDAN 1984, Tab. 2, 1985, Tab. 20).

3.2.2 Subrezente und holozäne Gletscherausdehnung

Die neue Karte gibt durch ihre Schutt- und Geröllkennzeichnung, den Höhenlinienverlauf und teilweise die Betonung durch Schummerung einen ausgezeichneten Eindruck von der grandiosen Moränenlandschaft, sie läßt sogar die mehrfache Staffelung im Gletscherzungenvorfeld vielerorts erkennen. MÜLLER und JORDAN (a. a. O. 1984–86) haben durch Feldarbeiten und Luftbildvermessungen eine für alle aktuellen Gletschergebiete Boliviens gültige Gliederung der jüngsten Moränenfolge vorgelegt, die auch für die Illampu-Jankhouma-Region zutrifft. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß auf die helleren, flechtenfreien und nur weitständige Pioniervegetation tragenden Areale aus Stadium I (1920/30) eine fast immer viel markanter ausgeprägte, an der Stirn meist deutlich dreigliedrigte Moränenserie folgt, deren innerer Wall mit gewissem Vorbehalt den Alpenmoränen aus der Mitte des vergangenen Jahrhunderts, deren äußere Linie mit ebensolchen Vorbehalt den hochmittelalterlichen Moränen entsprechen könnte, wie es ähnlich KINZL (1934 ff.) für die peruanischen Anden annimmt und jüngste Untersuchungen (JORDAN und MOJICA 1988) in den feuch-

ten Tropen Kolumbiens und Ecuadors nahelegen. Unmittelbar davor lagert vereinzelt ein stark mit dunklen Flechten überwucherter, morphologisch unscheinbarer Moränenstrang, dessen Entstehung im Hochmittelalter bis Mittelholozän vermutet werden kann. Mit weitem Abstand folgen dann talabwärts die sehr wahrscheinlich spätglazialen Moränenablagerungen. Die von MERCER und PALACIOS (1977) aus der Vilcanota-Cordillere/Südperu vorgelegte, von THOURET und VAN DER HAMMEN (1983) in den Zentralanden Kolumbiens durch Pollenanalyse erarbeitete und von LAUER und RAFIQPOOR (1986) durch Analogieschlüsse gewonnene Gliederung in der Apolobamba läßt sich im hier beschriebenen Gebiet an den Moränenbildungen und deren Abfolgen bisher nicht nachweisen. Es sei in diesem Zusammenhang auf die kritisch abwägende Einordnung MÜLLERS (1985) aus der Quimsa Cruz verwiesen. Ähnlich gut wie für den letzten historischen Gletschervorstoß der 20er Jahre (Stadium I) lassen sich auch die Moränenkonturen für die subrezentent Gletschervorstöße verfolgen. So ist es möglich, aus den Luftbildern die Flächenerweiterung (Eisausdehnung) in den subrezentent Hauptstadien der Illampu-Jankhouma-Region zu vermessen. Sie betrug:

zur Zeit des Vorstoßes während des Stadiums I: 9% bzw. 9,4 km²
 zur Zeit des Vorstoßes während des Stadiums II: 20,5% bzw. 21,1 km²
 zur Zeit des Vorstoßes während des Stadiums IV: 39% bzw. 40,2 km²

Ihre gewaltigsten Dimensionen erreichen diese jungen Moränen im Kartenblatt im Cocoyo(Cooco)-Tal, wo sich über 1000 m Vertikalerstreckung Moränenlockermaterial (subrezent bis jungpleistozän) an einigen Hängen aufgehäuft hat. Vor allen größeren Gletscherzungen geben die Schotter- und Schuttsignaturen im gesamten Kartenblatt ihre mächtigen Ausmaße eindrucksvoll wieder.

3.3 Die pleistozäne Vergletscherung (Abb. 2)

Die vom Illampu-Jankhouma-Massiv ausgehenden pleistozänen Vergletscherungsspuren reichen weit über den Kartenausschnitt hinaus. Dies gilt in besonderem Maße für den östlichen Teil, nämlich die Yungasabdachung. Es müssen daher für eine vollständige Beurteilung dieses Komplexes hier auch die außerhalb des Kartenblattes durchgeführten Feldarbeiten und Luftbildauswertungen hinzugezogen werden. Diese neueren Untersuchungen, die im Zusammenhang mit ausgedehnten Arbeiten zu pleistozänen Vergletscherungsabläufen in den Zentral-

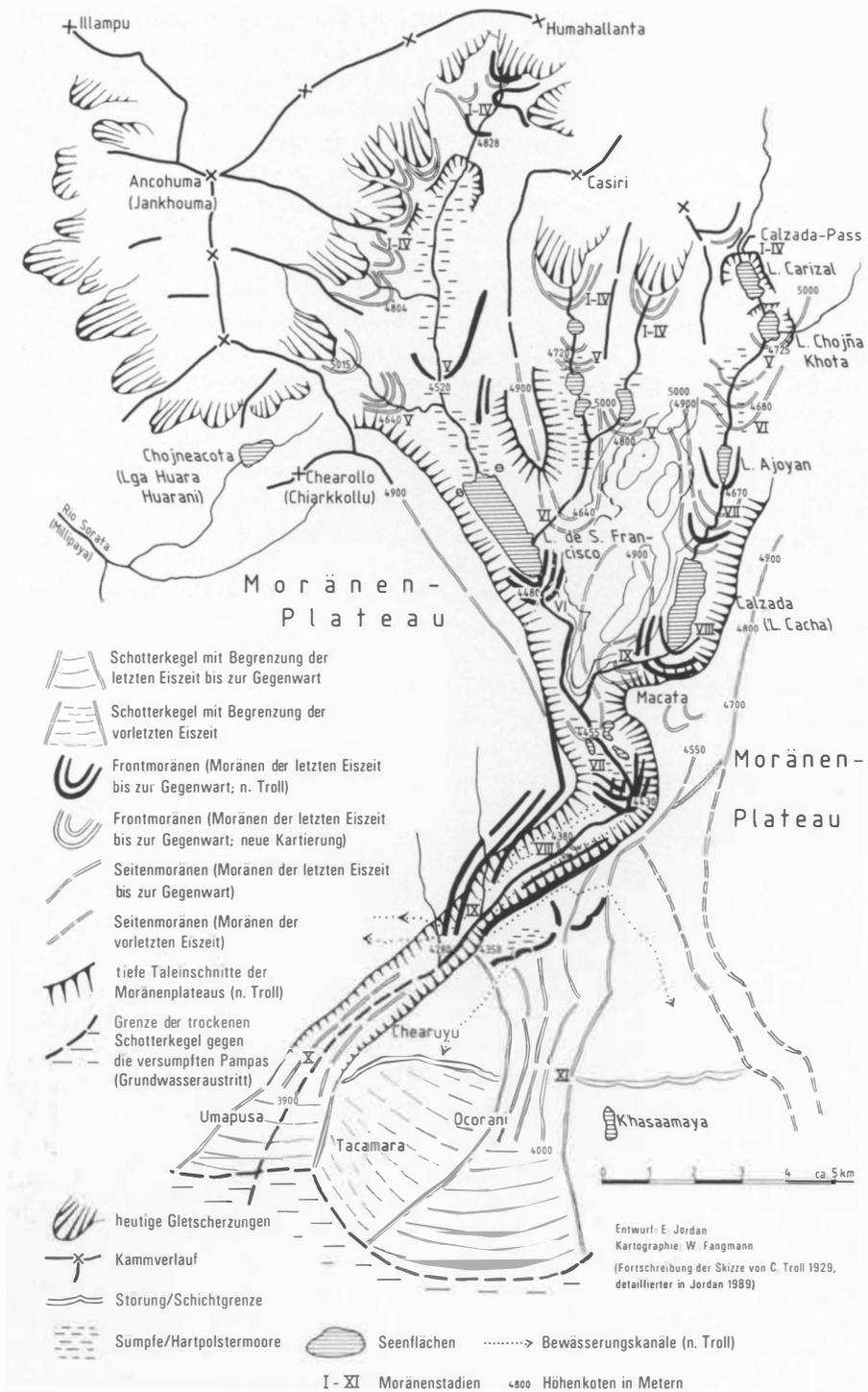


Abb. 2: Skizze der glazialen Ablagerungen im Illampu/Jankhouma-Vorland
Sketch of the glacial deposits in the Illampu/Jankhouma Foreland

anden durchgeführt werden (JORDAN und MÜLLER 1982, JORDAN 1986), bestätigen erneut die von TROLL erkannte Schlüsselstellung dieses Gebietes für obige Fragestellung. Angesichts des beschränkten Raumes kann allerdings auch hier nur ein zusammenfassender Überblick von Ergebnissen dargelegt werden, für den zudem exemplarisch die Südwestabdachung herausgegriffen werden soll, weil sie am ausgedehntesten in der Karte repräsentiert ist und hier an die Aussagen TROLLS (1929, 1935) räumlich und inhaltlich direkt angeknüpft werden kann. Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß die neueren Erkenntnisse der schwer zugänglichen östlichen Abdachung noch größere Aussagefähigkeit für eine differenzierte Jungpleistozängliederung zuweisen.

Eine aktuelle tabellarische Zusammenstellung der bisherigen Vorstellungen über die pleistozänen Abläufe in den Zentralanden geben LAUER und RAFIQPOOR (1986, S. 128/129). Darin wird deutlich, daß bisher nur 2 Eiszeiten morphologisch gesichert nachgewiesen werden können, wie schon von TROLL erkannt und von ihm als Alt- und Jungglazial bezeichnet. Sie entsprechen mit großer Wahrscheinlichkeit der mittelpleistozänen (Riß-)Vereisung und mit Sicherheit der jungpleistozänen (Würm-)Vereisung. Trotz nomenklatorischer Schwierigkeiten soll die TROLLsche Bezeichnung hier bis zur Vorlage einer umfassenden, vergleichenden Betrachtung der Moränenbildungen im Zentralandenbereich beibehalten werden.

Während das Altglazial heute als Plateauvergletscherung in Erscheinung tritt und den Großteil des Gebirgsfußmoränenkörpers repräsentiert, hat das Jungglazial sich mit seinen Gletscherzungen talartig in den älteren Komplex hineingearbeitet und ist mit seinen vielfach gestaffelten Talmoränen deutlich gegliedert erhalten, wie dies auch im Südteil des vorliegenden Kartenblattes ausgezeichnet zum Ausdruck kommt. Der Eisrand der älteren Vereisung ist dabei in der Regel etwas weiter vorgestoßen, wobei sich die maximalen Schneegrenzabsenkungen beider Eiszeiten nur unerheblich unterschieden haben dürften.

Der Nachweis des Altglazials ist am einfachsten am Westrand der Karte durch kristallines Moränenmaterial westlich des Millipaya(Sorata)tales und seiner Quellflüsse zu erbringen. Dieses kann seinen Ursprung nur in der Gipfelregion der Cordillera Real haben und muß vor der Eintiefung des Talsystems aufgeschüttet worden sein; denn letzteres weist bereits eine vollständige Moränensequenz des Jungglazials auf. Sie ist nach den neueren Erkenntnissen nicht allein nur für die Kordillerenflanke, wie schon von TROLL ausgeführt, nachweisbar, sondern ebenso

für den Paßbereich der Millipaya(Sorata)quellflüsse, ja bis hinaus zu denjenigen des Ilabayatales. Wie kombinierte Feld- und Luftbilduntersuchungen eindeutig belegen, enthalten in diesem Bereich wie auch in mehreren anderen Gebieten als Mittelpleistozän ausgewiesene Vergletscherungsareale selbst in den jüngsten farbigen Kartendarstellungen von LAUER und RAFIQPOOR (1986) eine Reihe verbesserungsbedürftiger Angaben.

Zu den schon von TROLL erkannten 2 Formgruppen zur Jungglazialkennzeichnung und -gliederung sind durch die neuen methodischen Möglichkeiten der Fernerkundung noch 3 weitere hinzugekommen (vgl. JORDAN und FINSTERWALDER 1989), die eine detailliertere räumliche Differenzierung und Deutung dieses Vereisungskomplexes zulassen. Darüber hinaus läßt sich mit den Fernerkundungsmethoden und verifizierenden Feldüberprüfungen nachweisen, daß diese erste Dreigliederung der Moränenabfolge von TROLL (1929) auch im Rio Jahuiraja (San Francisco) Tal unvollständig ist. Sie muß um 4 weitere auf insgesamt 7 jungpleistozäne Moränenstadien ergänzt werden (genauer belegt bei JORDAN und FINSTERWALDER 1989). Solch vielgliedrige Moränenstaffelung ist mit noch deutlicherer Prägnanz in den Hochtälern der Yungasabdachung erhalten und inzwischen auch in anderen Regionen nachgewiesen (NOGAMI 1970, LINDER 1984, MÜLLER 1985, JORDAN et al. 1989). Der sich häufende Nachweis solch mannigfaltiger Differenzierung bei den bisher erst wenigen Absolutdatierungen (MERCER und PALACIOS 1977) sollte vor einer allzu voreiligen Festschreibung der augenblicklich dreigliedrig quantifizierten Jungpleistozänchronologie für den Tropenbereich warnen!

Die erweiterten Formgruppenkriterien und Moränenstaffelungen lassen differenziertere Aussagen zur letztglazialen Schneegrenzabsenkung in zeitlicher und räumlicher Hinsicht zu. Danach wurden die tiefsten SG-Lagen mit etwa 3800 m im Osten und NO des Illampu/Jankhouma-Massivs erreicht, gefolgt von etwas unter 4000 m im Norden und NW und 4100–4200 m im Westen im Bereich des Millipayapasses. Die höchsten SG-Lagen befinden sich im Südwesten in der Rinconada de San Francisco mit immerhin 4600–4800 m. Dementsprechend liegen die tiefsten Moränenablagerungen zwischen 3900 und 4200 m an der Altiplanoabdachung, 2900 und 3600 m an der Kordillerenwestflanke und minimal 2000 bis 2200 m, meist aber über 2500 m in den yungaswärtigen Trogtälern. Diese Unterschiede sind eindeutiger Ausdruck des räumlich stark variierenden Niederschlags(Feuchte)aufkommens im Umland des Kordillerenmassivs und damit ein deutlicher

Beleg gegen die tiefreichenden Gletscherzungen der fragwürdigen Kartenausdeutungen von SCHULZ für den noch viel trockeneren Westkordillerenabfall zum Pazifik.

4. Fazit

Die vorgestellten Ergebnisse weisen darauf hin, daß sich die regionale Niederschlagsverteilung im Illampubereich während des Jungglazials nicht prinzipiell von der augenblicklichen unterschieden hat; denn die auch heute feuchtere Ostflanke weist mit 1000 m die stärkere SG-Absenkung gegenüber 800–600 m an der trockeneren Westflanke auf und damit zugleich auf eine verstärkte Ostwindzirkulation zu jener Zeit hin. Diese Erscheinung steht im Einklang mit der von KESSLER (1985) aus Wasserhaushaltsüberlegungen der Altiplanoseehochstände abgeleiteten grundsätzlich erhöhten Niederschlagsausfällung während der letzten Vereisung.

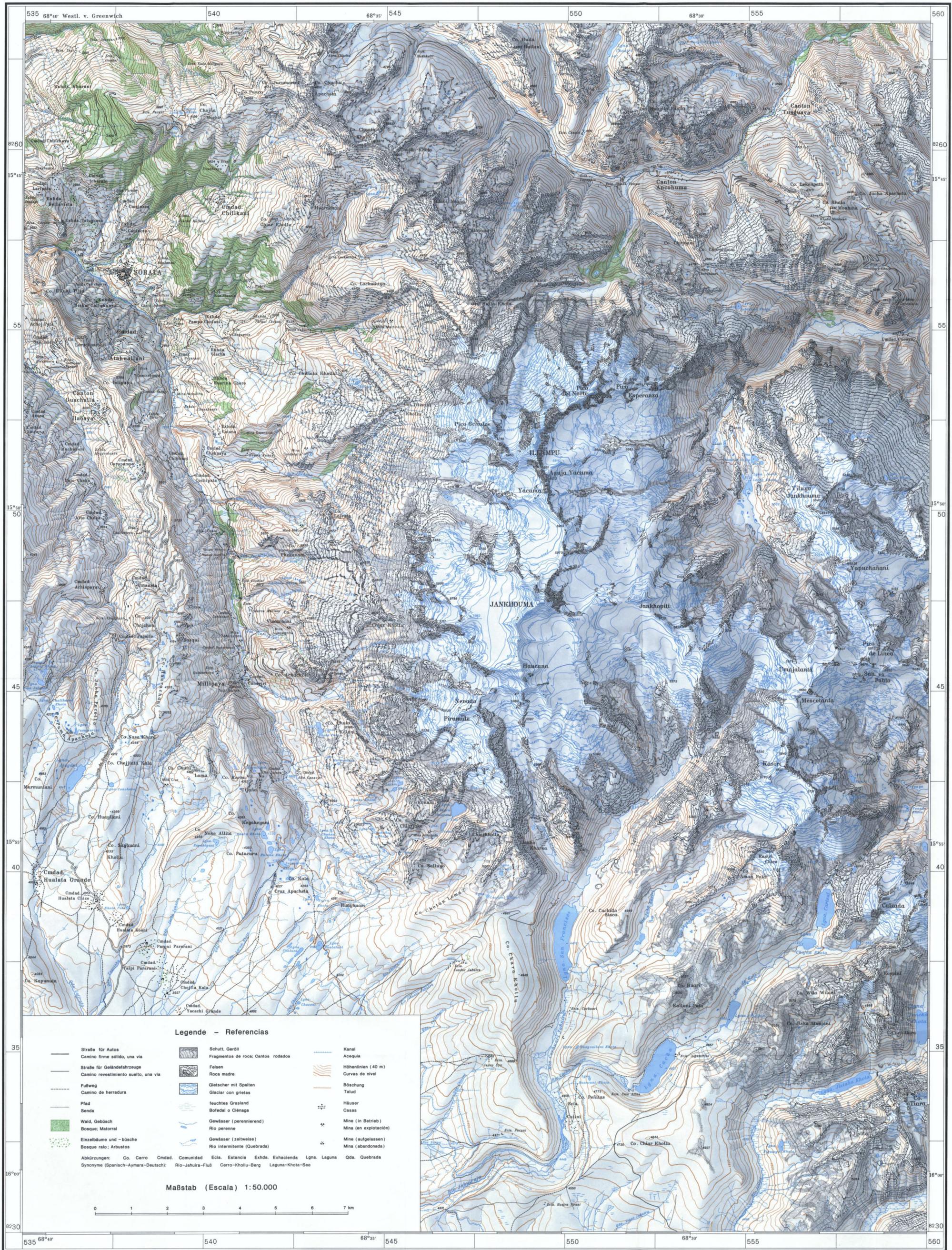
Die vorgelegte ergänzte Jungpleistozängliederung (Abb. 2) kann als Ausdruck der verbesserten technischen und methodischen Möglichkeiten und als konsequente Weiterentwicklung der TROLLSchen Auswertungen auf kartographischer Basis unter Zuhilfenahme von Luftbildern angesehen werden, für die sich erneut das San Francisco Einzugsgebiet wegen seiner Formserienvielfalt als besonders prädestiniert herausgestellt hat. Zu ihrer weiteren Bestätigung und zeitlichen Einordnung sind die bisherigen Absolutdatierungen aus anderen Gebieten zu komplettieren, was als vorrangige Aufgabe für zukünftige Untersuchungen anzusehen ist. Hierbei müssen ebenso die schwer zugänglichen, vollgliederten Moränenstufen der Trogtäler an der Kordillerenostflanke mit einbezogen werden. Da zu einer schlüssigen und vollständigen Jungpleistozängliederung der tropischen Anden auch die pollenanalytischen Auswertungen zu ergänzen sind, wird angestrebt, die hier bewährte interdisziplinäre Kooperation auch auf dieses Feld auszudehnen.

Literatur

- ARGOLLO, J. B.: Los Pie de Montes de la Cordillera Real entre los Valles de La Paz y de Tuní. Tesis de Grado. UMSA La Paz, Bolivia 1980.
- BALLIVIAN, O., BLES, J. L., SERVANT, M.: El plio - cuaternario de la region de La Paz (Andes Orientales, Bolivia). In: Cahiers O.R.S.T.O.M., Sér. Géologie, vol. X no 1, 1978, S. 101–103.
- DOBROVOLNY, E.: Geologia del Valle Superior de La Paz, Bolivia. H. Alcaldia Municipal de La Paz, La Paz 1956.
- : Geologia del Valle de La Paz, Depto. Nac. Geol., Bol. 3 (especial), La Paz 1962.
- FINSTERWALDER, R.: Der Gletscherrückgang in der Cordillera Real (Bolivien) seit 1928 im Vergleich zu dem in den Ostalpen. In: Zs. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 23, 1987, S. 143–153.
- GRAF, K.: Beiträge zur Solifluktion in den Bündner Alpen (Schweiz) und in den Anden Perus und Boliviens. Diss. Zürich 1971.
- : Estudios Geomorfologicos en los Andes y el Altiplano Bolivianos (Geomorphologische Studien in den Anden und auf dem Altiplano Boliviens). In: Revista Soc. Geol. Boliv. No. 21, La Paz/Bol. 1975, S. 3–23.
- : Untersuchungen zur rezenten Pollen- und Sporenflora in der nördlichen Zentralkordillere Boliviens - Habilitationsschrift Zürich 1979.
- : Zum Höhenverlauf der Subnivalstufe in den tropischen Anden, insbesondere in Bolivien und Ecuador. In: Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 37, 1981, 1–24.
- GROSS, G., KERSCHNER, H., PATZELT, G.: Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in Alpinen Gletschergebieten. In: Zs. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie Bd. 12, 1976, S. 233–251.
- HASTENRATH, S.: The Glaciation of the Ecuadorian Andes. Rotterdam 1981.
- HEUBERGER, H.: Die Schneegrenze als Leithorizont in der Geomorphologie. In: Arbeiten aus dem Geogr. Inst. der Univ. des Saarlandes (Rathjens Festschrift) Saarbrücken 1980, S. 35–48.
- JORDAN, E.: Boliviens Gletscher als Grundlage für die wirtschaftliche Nutzung. In: Vierteljahresschrift d. Deutsch-Bolivianischen Industrie- und Handelskammer H. 3, 1978, S. 13–25.
- : Grundsätzliches zum Unterschied zwischen tropischem und außertropischem Gletscherhaushalt unter besonderer Berücksichtigung der Gletscher Boliviens. In: Erdkunde 33, 1979, S. 297–309.
- : Die Vergletscherung des Cotopaxi - Ecuador. In: Zs. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 19, 1983, S. 73–102.
- : Holozäne Gletscherschwankungen in den bolivianischen Kordilleren. In: Beiträge zum Symposium Südamerika - Geomorphologie und Paläoökologie des jüngeren Quartärs, Bamberg, 6.–8. Juli. Zentralblatt f. Geologie u. Paläontologie Jg. 1984, H. 11/12, S. 1585–1609.
- : Die Gletscher der bolivianischen Anden - eine photogrammetrisch-kartographische Bestandsaufnahme der

- Gletscher Boliviens als Grundlage für klimatische Deutungen und Potential für die wirtschaftliche Nutzung. Habilitationsschrift, Hannover 1985 (erscheint als Bd. 23 „Erdwissenschaftliche Forschung“).
- : Die Aerotriangulationen in der Ostkordillere Boliviens und ihre Inwertsetzung für physisch-geographische Belange. In: Bolivien - Beiträge zur physischen Geographie eines Andenstaates, Jb. der Geogr. Ges. zu Hannover 1985, Hannover 1986, S. 163-198.
- JORDAN, E. et al.: Glazialgeomorphologische Untersuchungen zur pleistozänen Vergletscherung der bolivianischen und südperuanischen Anden. In: Zs. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 1989 (im Druck).
- JORDAN, E. und FINSTERWALDER, R.: Die „Illampu/Jankhouma(Hankouma)“-Karte 1:50 000 der Cordillera Real/Bolivien - Ein kartographischer und sächlicher Vergleich von Urkarte (1928/35) und Neubearbeitung (1963/75/87/89). In: Petermanns Geogr. Mitt. 1989 (im Druck).
- JORDAN, E. und MOJICA, J.: Geomorphologische Aspekte der Gletschervulkankatastrophe am Nevado del Ruiz/Kolumbien. In: Verh. d. Dt. Geographentages 1987 in München, Wiesbaden 1988 (im Druck).
- JORDAN, E. und MÜLLER, R.: Neuere glazialmorphologische Erkenntnisse zur Vergletscherung der bolivianischen Anden. In: Physische Geographie - Univ. Zürich, Vol. 5, DEUQUA - Zürich 1982, S. 70.
- KESSLER, A. 1981: Wasserhaushaltsschwankungen auf dem Altiplano in Abhängigkeit von der Atmosphärischen Zirkulation. In: Festschrift für FELIX MONHEIM zum 65. Geburtstag, Aachener Geogr. Arbeiten 14, S. 111-122.
- : Zur Rekonstruktion von spätglazialem Klima und Wasserhaushalt auf dem peruanisch-bolivianischen Altiplano. In: Zs. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 21, 1985, S. 107-114.
- KINZL, H.: Gegenwärtige und eiszeitliche Vergletscherung in der Cordillera Blanca. In: Dt. Geogr. Tg. Bad Nauheim, Verh. u. wiss. Abh., 1934, S. 41.
- : Gletscherkundliche Begleitworte zur Karte der Cordillera Blanca (Peru). In: Zs. f. Gletscherkunde 28, 1942, S. 1-19.
- : Die Vergletscherung der Südhälfte der Cordillera Blanca. In: Zs. f. Gletscherkunde u. Glaziologie 1, 1949, S. 1-28.
- : La glaciación actual y pleistocenia en los Andes Centrales. In: Colloquium Geographicum 9, 1968, S. 77-91.
- KINZL, H., SCHNEIDER, E., EBSTER, F.: Die Karte der Kordillere von Huayhuah (Peru). In: Zs. d. Ges. f. Erdkde. zu Berlin, 1942, S. 1-35.
- KINZL, H., EBSTER, F., GOTTHARDT, E., HECKLER, K., SCHNEIDER, E.: Begleitworte zur Karte 1:100 000 der Cordillera Blanca (Peru) Südteil. Wiss. Alpenvereins. H. 17, Innsbruck 1964.
- LAUER, W.: Im Vorland der Apolobamba-Kordillere. Physisch-geographische Beobachtungen auf einer kurzen Studienreise nach Bolivien. In: Estudios Americanistas II, St. Augustin 1979 (Coll. Inst. Anthr. 21), S. 9-15.
- LAUER, W. und RAFIQPOOR, M. D.: Die jungpleistozäne Vergletscherung im Vorlauf der Apolobamba-Kordillere (Bolivien). In: Erdkunde 40, 1986, S. 125-145.
- LAVENU, A.: Origine et evolution neotectonique du lac Titicaca. In: Orstom - Revue d'hydrobiologie tropicale 14, 1981, S. 289-298.
- LINDER, W.: Die Gletscherablagerungen in der Cordillera de Potosi (Kari-Kari) und ihre Bedeutung für die Möglichkeiten der Wassergewinnung - ein Beispiel der Nutzung digitaler Meßtechniken der Luftbilddauswertung. Staatsexamensarbeit, Geogr. Inst. Univ. Hannover 1984.
- MERCER, J. H. und PALACIOS, O. M.: Radiocarbon dating of the last glaciation in Peru. In: Geology 5, 1977, S. 600-604.
- MÜLLER, R.: Zur Gletschergeschichte in der Cordillera Quimsa Cruz, Bolivien, Diss. Zürich 1985.
- NOGAMI, M.: Statistical analysis of the altitudinal distribution of glaciation in the Cordillera Real, Bolivia (in Japanese with English summary). In: Journal of Geogr. 77, 1968, S. 125-140.
- : El retroceso de los glaciares en la Cordillera Real, Bolivia (in Japanese with Spanish summary). In: Geogr. Review of Japan 43, 1970, S. 338-346.
- SCHULZ, G.: Ergebnisse der Interpretation von Karten zur Frage der Vergletscherung am Andenabfall zur Atacama. In: Die Erde 117, 1986, S. 115-134.
- : Grundlagen zur Karteninterpretation von Geländeformen - erläutert am glazialmorphologischen Formeninventar der pleistozänzeitlichen Vereisung tropischer Gebirge am Beispiel Perus. In: Kartographische Nachrichten 37, 1987, S. 81-91.
- SERVANT, M.: Le cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire de l'Altiplano des Andes tropicales en Bolivie. - Recherches Françaises sur le Quaternaire, INQUA, 1977, Suppl. Bulletin AFEQ, 1977 - 1, No 50, S. 323-327.
- SERVANT, M. und FONTES, J. C.: Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes. Premières interpretations Paleoclimatiques. In: Cahiers O.R.S.T.O.M., Sér. Géologie, vol. X, no 1, 1978, S. 9-23.
- THOURET, J. C. und VAN DER HAMMEN, TH.: La sequencia holocenica y tardiglacial en el Parque los Nevados. In: Studies on tropical Andean Ecosystems, Vol I - La cordillera central colombiana, Vaduz, 1983, S. 262-276.
- TITSL, M.: Die Goldlagerstätten der nördlichen Cordillera Real/Bolivien und ihr geologischer Rahmen. In: Berliner Geowiss. Abh., Berlin, 1985, S. 101.
- TROLL, C.: Die Cordillera Real. In: Zeitschrift der Ges. für Erdkunde Nr. 7/8, 1929, S. 279-312.
- TROLL, C. und FINSTERWALDER, R.: Die Karten der Cordillera Real und des Talkessels von La Paz (Bolivien). In: Petermanns Geogr. Mitteilungen 81. Jahrg., 1935, S. 393-399 u. 445-455.
- YBERT, J. P.: Diagramme sporopollinique de la coupe holocene du rio chuquiaguillo sur l'altiplano Bolivien. In: Cahiers O.R.S.T.O.M., Sér. Géologie, vol. XIV, no 1, 1984, S. 29-34.

CORDILLERA REAL NORD (ILLAMPU)



Herausgegeben im Rahmen der Alpenvereinskartographie vom DEUTSCHEN ALPENVEREIN 1987

Hergestellt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik der Technischen Universität (T.U.) München unter Leitung von Prof. R. FINSTERWALDER.

Luftbilder des INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (I.G.M.), La Paz, vom Jahre 1963 und 1975 (Gletscherstand 1963).
 Trigonometrische Ausgangspunkte des I.G.M. und der Aufnahme von C. TROLL aus dem Jahre 1928. Aerotriangulation von E. JORDAN und K. JACOBSEN, Hannover.
 Photogrammetrische Auswertung am Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik der T.U. München
 durch M. POPP, W. BÄTZ, M. RÖSLER, Th. GEISS, J. P. FISCHER, M. SPINDLER.
 Geländezeichnung: Th. GEISS, München. Gravur: A. SIEBENLECHNER und Th. GEISS, München. Schummerung: E. v. HARSDDORF, Siegsdorf.
 Namenerhebung durch das I.G.M., La Paz.

Alle Rechte vorbehalten!

Editado por la sección cartográfica del CLUB ALPINO ALEMÁN 1987

Elaborado con la ayuda de la Fundación Alemana Científica (DFG) en la Cátedra de Cartografía y Técnicas de reproducción de la Universidad Técnica de Munich dirigida por el Prof. R. FINSTERWALDER.

Fotos aéreas del INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (I.G.M.), La Paz, BOLIVIA, de los años 1963 y 1975 (Situación de los glaciares 1963).
 Puntos trigonométricos del I.G.M. y datos de la triangulación de C. TROLL del año 1928. Aerotriangulación por: E. JORDAN y K. JACOBSEN, Hannover.
 Trabajo fotogramétrico en la Cátedra de Cartografía y Técnicas de reproducción de la Universidad Técnica de Munich,
 por M. POPP, W. BÄTZ, M. RÖSLER, Th. GEISS, J.P. FISCHER y M. SPINDLER.
 Dibujo del terreno: Th. GEISS, Munich. Grabado por: A. SIEBENLECHNER y Th. GEISS, Munich. Sombreado por: E. v. HARSDDORF, Siegsdorf.
 Clasificación de campo por el I.G.M., La Paz.

Derechos Reservados

Printed in Germany