

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von Margot Böse, Peter-Jürgen Ergenzinger, Dieter Jäkel, Hans-Joachim Pachur
und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 58

Georg Schulz

Die pleistozäne Vergletscherung
der Anden Perus und Boliviens
abgeleitet aus Formen
einer flächendeckend-integrativen
Höhenlinienanalyse

156 Seiten, 86 Abbildungen, 5 Tabellen, 2 Karten im Anhang

1994

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin

ISBN 3-88009-059-9

Georg Schulz

Die pleistozäne Vergletscherung der Anden Perus und Boliviens abgeleitet aus Formen einer flächendeckend-integrativen Höhenlinienanalyse

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von Margot Böse, Peter-Jürgen Ergenzinger, Dieter Jäkel, Hans-Joachim Pachur
und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 58

Georg Schulz

Die pleistozäne Vergletscherung
der Anden Perus und Boliviens
abgeleitet aus Formen
einer flächendeckend-integrativen
Höhenlinienanalyse

156 Seiten, 86 Abbildungen, 5 Tabellen, 2 Karten im Anhang

1994

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin

ISBN 3-88009-059-9

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	8
1. Einleitung	9
1.1 Zur Fragestellung	9
1.2 Zu den Grundlagen	9
2. Grundsätze einer integrativen Karteninterpretation	10
3. Karentstehung und Schneegrenzableitung	11
4. Forschungsstand zur pleistozänen Vereisung Perus	12
5. Kare im Kartenbild und dreidimensionale Regelmäßigkeiten in ihrem Auftreten	13
5.1 Untere Karbodenhöhen im Zentrum der Massenerhebung in einem N–S-Profil	14
5.2 Expositionsbedingte Unterschiede	16
5.3 Beispiele einer kleinräumigen Luftbild- und Kartenauswertung	53
5.4 Vergleich von Karten- und Luftbildauswertung zu den Geländebefunden	55
5.4.1 Anmerkungen zur Repräsentanz der Geländebefunde und kartographischen Auswertung	59
5.5 Karboden-Höhenunterschiede vom Zentrum der Massenerhebung zu den Gebirgsrändern	62
5.6 Zum Einfluß der Einzugsgebietsgrößen und -höhen auf die Tiefenlage unterer Karmulden	66
6. Zum Verlauf der rezenten und pleistozänen Schneegrenze	75
7. Einzugsgebietsplanimetrierungen zur Abschätzung pleistozäner Gletscherflächen nach rekonstruierter Schneegrenze	78
8. Die Formenabfolge von den Karen, Hängetälern, Trogtälern und Zungenbecken hin zu den mutmaßlichen Endmoränen, Sandern und Bortensandern	81
9. Verweise und Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte und Formenkonvergenzen	98
10. Dokumentation	107
10.1 Zum Tabellenteil	107
10.2 Zum Kartenteil	107
10.3 Zu den Legenden und Erläuterungen	108
10.4 Tabelle 4	109
10.5 Karten mit Erläuterungen	125
11. Zusammenfassung/Summary	151
11.1 Zusammenfassung	151
11.2 Summary	152
12. Quellenverzeichnis	154
12.1 Literatur	154
12.2 Karten	156

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

	Seite
Abb. 1: Kare und pleistozäne Alluvionen in Peru zwischen 10° und 18° S	Anlage
Abb. 1a: Südöstliches Anschlußblatt von Abb. 1: Kare und pleistozäne Vereisung in Bolivien zwischen 15° und 18° S	Anlage
Abb. 2: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-j	15
Abb. 3: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-j	17
Abb. 4: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-n	18
Abb. 5: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-m	19
Abb. 6: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 31-t	20
Abb. 7: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-v	21
Abb. 8: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Chile, Nr. 1930-6900	22
Abb. 9: Gletscherflächenverteilung in Abhängigkeit von der Exposition	23
Abb. 10: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-k	25
Abb. 11: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-i	26
Abb. 12: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 22-l	27
Abb. 13: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 22-l	28
Abb. 14: Ausschnitte aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 23-l und HOJA 22-e	29
Abb. 15: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 23-j	30
Abb. 16: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 24-m	31
Abb. 17: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 25-n	32
Abb. 18: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 26-l, von der pazifikseitigen Westabdachung der Anden	33
Abb. 19: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 26-ñ	34
Abb. 20: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-o	35
Abb. 21: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-o	36
Abb. 22: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-ñ	37
Abb. 23: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-p	38
Abb. 24: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-r	39
Abb. 25: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-ñ	40
Abb. 26: Ausschnitte aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-s	40/41
Abb. 27: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 31-o	43
Abb. 28: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-s	44
Abb. 29: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien vom Nordufer des Titicacasees, HOJA 5846 III	45
Abb. 30: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt Zongo, HOJA 5945 I	46
Abb. 31: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, HOJA 4945 II und 6045 III	47
Abb. 32: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt Chojlla, HOJA 6044 IV	48
Abb. 33: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt Lambate, HOJA 6044 II	49
Abb. 34: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt Comunidad Incacasani, HOJA 6343 IV	50
Abb. 35: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt Altamachi, HOJA 6343 III	51
Abb. 36: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt Corani, HOJA 6442 III	52
Abb. 37: Luftbild des Kartenausschnitts der Abb. 31 und die Interpretation mit Ergänzungen aufgrund einer Geländebegehung	54
Abb. 38: Karssee der Laguna Krota Ehuchu mit Verbauung in 3 680 m ü.M.	55
Abb. 39: Gletschergeschrammte Rundhöckerformen 40 m oberhalb der Laguna Krota Ehuchu (Abb. 38) an der westlichen Karseite	56
Abb. 40: Karssee der Laguna Chiar Krota aus dem Tal des Rio Ilampu mit der im Vordergrund dreifach gestaffelten Ufermoräne	56
Abb. 41: Karssee der Laguna Chiar Krota mit Schotterflur und Moränenverbauung	57
Abb. 42: Mittlerer Karssee der Laguna Taypi Krota und westliche Haupttalfortsetzung von Abb. 41 mit eisrück-schmelzbedingter Staffelung mehrerer Endmoränenwälle	58
Abb. 43: Direkte, talabwärtige Fortsetzung der Abb. 42 mit dem Auslauf der Endmoränenwälle und Rundhöcker	58
Abb. 44: Rundhöcker aus Abb. 43 näher betrachtet	59

	Seite
Abb. 45: Gletscherschrammen auf Rundhöckerflur vor der Laguna Taypi Krota	60
Abb. 46: Gletscherschrammen auf Rundhöckerflur nahe des Abflusses aus der Laguna Taypi Krota im mittleren Teil der Karschwelle	60
Abb. 47: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-i	63
Abb. 48: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-l	64
Abb. 49: Ausschnitt aus zwei TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-m und HOJA 28-m	65
Abb. 50: Ausschnittsverkleinerung aus den TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-o und HOJA 30-p	67
Abb. 51: Ausschnittsverkleinerung aus der TK 1 : 50 000 von Peru, Blatt 2339 II	68
Abb. 52: Ausschnittsvergrößerung aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-o	69
Abb. 53: Beispiele mutmaßlicher Karböden aus verschiedenen Karten des Maßstabs 1 : 100 000 von Peru	70–72
Abb. 54: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-q und HOJA 33-q	73
Abb. 55: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-p, Caraveli	74
Abb. 56: Diagramme entlang der West- und der Ostkordillern zwischen 10° und 20° S	77
Abb. 57: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 31-q	82
Abb. 58: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-r	83
Abb. 59: Verkleinerter Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 33-r, Aplao	87
Abb. 60: Verkleinerter Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1 : 100 000 von Peru, HOJA 33-r, Aplao – ausschnittsgleich mit der Abb. 59	88
Abb. 61: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-t und HOJA 35-u	89
Abb. 62: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-u	90
Abb. 63: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-u und HOJA 36-u	91
Abb. 64: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 36-v	93
Abb. 65: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-q und HOJA 33-q	95
Abb. 66: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Peru, HOJA 32-p (2239/II) und HOJA 33-p (2238/I)	96
Abb. 67: Allseits geschlossene Hohlformen in Auswahl aus der TK 1 : 100 000 von Peru	97/98
Abb. 68: Geologische Karte von Peru	99
Abb. 69: Das geologische Schichtenverzeichnis der peruanischen Zentralregion	101
Abb. 70: Das geologische Schichtenverzeichnis des peruanischen Südens	102
Abb. 71: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru (Verkleinerung), HOJA 25-l	103
Abb. 72: Ausschnitte aus der TK 1 : 100 000 von Peru mit pleistozänzeitlich vergletscherten Vulkankegeln	104
Abb. 73: Ausschnitt aus der TK 1 : 62 500 von Arizona, vergrößert auf ca. 1 : 50 000	106
Abb. 74: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 23-l	125
Abb. 75: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 24-l	127
Abb. 76: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 25-l	129
Abb. 77: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-ñ	131
Abb. 78: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-ñ	133
Abb. 79: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-p	135
Abb. 80: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-ñ	137
Abb. 81: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-n und HOJA 30-ñ	139
Abb. 82: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-s	141
Abb. 83: Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-p, Caraveli	143
Abb. 84: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-p, Caraveli	145
Abb. 85: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 34-u	147
Abb. 86: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-v	149
Tab. 1: Die Vergletscherungsgebiete Perus mit mehr als 1 km ² Eisfläche	76
Tab. 2: Einzugsgebietsgrößen der in Abb. 1 erfaßten Küstenflüsse	79
Tab. 3: Aus 200 mutmaßlichen Karböden zwischen 3 000 m und 4 000 m ü.M. abgeleitete Grenzen zur Ermittlung der Nährgebiets-Zehrgebietszahlen	80
Tab. 4: Zusammenstellung der Kare aus der TK 1 : 100 000 von Peru, Chile und in 1 : 50 000 von Bolivien mit Karbodenhöhen zumeist unterhalb 4 500 m ü.M.	109
Tab. 5: Pleistozäne Schneegrenzlagen in Abhängigkeit von der geographischen Breite und Gebirgslage/ Pleistocene equilibrium lines as a function of latitude and relief location	152/153

Vorwort

1985 hielt J. HÖVERMANN im Berliner Geographischen Kolloquium einen Vortrag zur Vergletscherung Tibets, die größer gewesen sein soll, als bisher angenommen. Die Frage nach vergleichbaren Verhältnissen auf den etwa breitengleichen Hochflächen des südamerikanischen Altiplano drängte sich auf. Sie führte zur Suche nach Formen einer eiszeitlichen Vergletscherung in topographischen Karten. Dafür eignen sich Karformen besonders gut. Zum einen sind sie dem flächendeckend vorhandenen Kartenmaßstab 1 : 100 000 noch gut zu entnehmen, zum anderen kann vom Karbodenniveau aus grob die hochglaziale Schneegrenze abgeleitet werden. Die Ergebnisse dieser Fernerkundung wurden mit jenen aus der Literatur – zumeist nach Geländebefunden publiziert – verglichen.

Für vielfältige Förderung im Erstellen einer Habilitationsschrift und als Vorsitzenden der Habilitationskommission möchte ich mich bei Herrn H.-J. PACHUR besonders bedanken. Die zum Abschluß notwendig gewordenen Geländearbeiten unterstützte Herr D. JÄKEL. Ihm sei dafür gedankt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) bin ich dankbar für die Bewilligung der Druckkosten, dem Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin für die Bereitstellung der Reisemittel und den Herausgebern der Berliner Geographischen Abhandlungen für die Aufnahme der Arbeit als Band 58 dieser Reihe.

Den Satz und Umbruch besorgte in den Anfängen Frau U. SALZWEDEL, später Frau A. OPITZ, die Abbildungen im Text Herr R. WILLING. Die fertigen Druckplattenkopiervorlagen wurden von Herrn D. O. MÜLLER aus Karlsruhe zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung gestellt und von Herrn J. KRUHÖFER erweitert und ergänzt. Ihnen gilt mein Dank, darüber hinaus auch jenen, die argumentativ und gutachterlich sich für den Abschluß der Arbeit eingesetzt haben, wobei namentlich mein Lehrer Herr K. KAISER erwähnt werden soll.

Berlin, im Dezember 1994
GEORG SCHULZ

1. Einleitung

Hiermit wird eine Arbeit vorgelegt, deren Grundlagen kurz benannt werden sollen. Des weiteren ist zu erläutern, warum auf eine Geländeprospektion zunächst bewußt verzichtet wurde. Dies ist ungewöhnlich für diese geographische Fragestellung und soll als erstes begründet werden.

1.1 Zur Fragestellung

Fragestellung und Ergebnis der Arbeit beschäftigen sich mit einer pleistozänen Vergletscherung der peruanischen Anden, die nach der in Kap. 4 zitierten Literatur und den in Abb. 56 dargestellten Werten derzeit nicht für möglich gehalten wird. Nach der Publikation erster Ergebnisse (SCHULZ 1986, 1987a, 1987b, 1987c, 1988a, 1988b, 1988c, 1988d, 1989b, 1989c, 1990) hat sich daran nichts geändert. Hiermit wird nun in großer Breite das Beleg- und in Teilbereichen auch Beweismaterial aus einer flächendeckenden, repräsentativen Kartenanalyse vorgelegt. Dabei wurde der Eindeutigkeit oberste Priorität eingeräumt. Alle Formenbeispiele, die eine weitergehende, noch größere Vereisung wahrscheinlich machen, werden in der Beweisführung nicht berücksichtigt. Diese über den Karteninterpretatorisch abgesicherten Bereich der Vereisung hinausgehende, mutmaßlich noch größere Vergletscherung als in Abb. 1 (in der Anlage) dargestellt, muß eine Geländeprüfung erhärten oder verwerfen.

Eigene Geländeuntersuchungen zu den vorgelegten Materialien wurden nach Abschluß dieser Arbeiten in einem Referenzgebiet vorgenommen. Sie wurden für den formalen, nicht aber inhaltlichen Abschluß der Kar-Analyse nötig. Dieses Loslösen der Geländeprospektion von der abgeschlossenen Karteninterpretation wurde entscheidend durch die Tatsache mitgeprägt, daß für die beweiskräftige, kargenetische Aussage anhand der Kartenanalyse ein Geländeaufenthalt prinzipiell unnötig ist. Wenn JORDAN (1985) aus dem benachbarten Bolivien über Messungen an repräsentativ ausgewählten Gletschern feststellt, daß die SW-geöffneten Karmulden strahlungsbedingt ca. 150–250 m tiefere Karböden ausweisen als die äquatorwärtig geöffneten, so ist ein Ergebnis dieser Arbeit, daß diese Verhältnisse auch auf das Pleistozän übertragbar sind. In den Abbildungen 9–36 dieser Arbeit wird dies demonstriert. Die zwischen 3 500 m und 4 000 m ü.M. gelegenen Karböden im Gelände als überwiegend eisgeprägt beweisen zu wollen, hieße bei dieser Belegfülle Zeit und vor allem Mittel verschwenden. Sowohl auf der 24. wiss. Tagung der DEUQUA 1988 in Würzburg, wo ein Kurzreferat und Poster zur Vereisung in Peru vorgestellt wurde (vgl. SCHULZ 1988b), als auch auf der 15. Tagung des Deutschen Arbeitskreises für Geomorphologie in Bayreuth 1988, wo das gleiche Poster gezeigt wurde, erbrachten kaum Kritik an den vorge-

legten tiefen Karpositionen. Der einzige Einwand, daß die Schneegrenzverhältnisse von Tal zu Tal unterschiedlich bewertet werden müssen, ist aus klimatologischer Sicht unbedeutend. Bei über 500 Karpositionen zwischen 3 300 m und 4 000 m ü.M. an isoliert liegenden Rücken, die vielfach nicht über 4 000 m aufragen, liegt eine so große Verdichtung vor, daß die daraus ableitbare klimatische Schneegrenze für den vorgestellten Raum eine generelle Gültigkeit besitzt.

In dieser flächendeckenden Sichtung einer Form in ihrer dreidimensionalen großräumigen Verteilung und der daraus ableitbaren Formungsprozesse und Formungsstockwerke liegt der Vorzug einer Karteninterpretation gegenüber der Felderkundung in einem riesigen und schwierigen Gelände. Es ist die Demonstration der konsequenten Anwendung physisch-geographischer Kenntnisse auf die Möglichkeiten der Fernerkundung. Und daß in der Vergangenheit nicht alle Mittel und Wege dieser Art ausgeschöpft wurden, zeigt diese Arbeit. Dies wird dadurch unterstrichen, daß ABELE (1987) in Zusammenfassung des Wissens aus diesem Raum Karmulden unterhalb 4 500 m für nicht belegbar hält. Aber auch den Angaben von FINSTERWALDER & JORDAN (1989) kann widersprochen werden, wenn sie nach wie vor z.B. in Leelage für die Ostkordillere die tiefstpleistozäne Schneegrenze zwischen 4 600 m und 4 800 m benennen (vgl. dazu 5.4.1).

Natürlich stellt sich bei einem ca. 400–1 000 m tieferen Karbodenniveau als derzeit bekannt die Frage nach der pleistozänzeitlichen Nährgebietsgröße und den Folgeformen unterhalb der Karböden neu. Trogtäler und Eisranddokumente werden vorgestellt. Letztere können unter bestimmten Voraussetzungen (vgl. Kap. 8, insbesondere Abb. 59–63) sogar am Gebirgsfuß auf der Fußfläche liegen. Daß hier die Beweisfähigkeit aufgrund der Karten stark eingeschränkt ist, wird deutlich. Der Einblick in den Aufbau der Alluvialflächen und -kegel ist ohne Geländearbeit nicht möglich, stratigraphische Bezüge ohne Feldprospektion nicht ableitbar. Hier liegen in einer Beweisführung gravierende Unterschiede zwischen dem glazialerosiven zum glazialakkumulativen Formen- und Formungsbereich. Daß in vertikaleräumlicher Anordnung unterhalb der Kare im Sinne einer Formensequenz ein großer Teil möglicher Ablagerungen vorgestellt wird, ohne Beweiskraft zu erlangen, soll zeigen, wo Defizite liegen und vermehrte Geländeprospektion notwendig wird.

1.2 Zu den Grundlagen

Bei den Grundlagen der Arbeit ist an erster Stelle die Kartographie zu benennen. Sie ist sowohl über eine manuell-technische, später dann wissenschaftliche Auseinanderset-

zung Ausgangspunkt in der Entwicklung hin zu dieser Arbeit. Speziell die Höhenliniendarstellung in topographischen Karten (SCHULZ, KN 1969, AVN 1972, KN 1974, Bauwelt 1980, KN 1990) und dabei immer die Frage eines Weges vom Ist-Zustand zum sachlich-fachlichen wünschenswerten in der Darstellung sei erwähnt. Lange stand so das Isohypsenbild im Zentrum wissenschaftlicher Auseinandersetzung. Dies führte zur Konzeption eines Lexikons zur Interpretation von Höhenlinien in der Art eines Bestimmungsschlüssels, ähnlich dem in der Botanik (SCHULZ 1989a). Insbesondere die Tätigkeit in der Physischen Geographie, die Zusammenarbeit mit Herrn PA-CHUR, auch die Teilnahme an seinen Exkursionen und Expeditionen, aber auch die großen Exkursionen mit Herrn KAISER, die ich sechsmal begleiten durfte, schärften im steten Vergleich von Höhenlinienbildern und Satellitenbildern zur Wirklichkeit die Fähigkeit zur Interpretation. Dies schloß immer mit ein den Gedanken und häufig auch den praktischen Versuch, unzulängliche Kartenvorlagen zu verbessern. Eine letzte kritische Anmerkung ist der jüngsten Diskussion um die TK 1 : 25 000 in den Kartographischen Nachrichten (SCHULZ 1986) zu entnehmen. Und

last not least muß Herr HÖVERMANN benannt werden. Als sein Schüler hatte ich nach seinem Colloquiumsvortrag in Berlin 1985 über die Vereisung Tibets sofort die Idee, ähnliche Formen und daraus ableitbare Prozesse in den klimatisch, tektonisch und morphologisch vergleichbaren Anden zu suchen. Eine hervorragend ausgestattete Kartensammlung des Instituts ließ diesen Plan bis zur jetzt vorgelegten Zusammenfassung einiger Ergebnisse reifen. Bei der quadratkilometerweisen Sichtung aller Formen am Andenabhang auf einer Länge von 10° S bis 30° S schälte sich als Zone einer größeren Vereisung auf der Achse arid-nival das Gebiet zwischen 14° 30' und 20° S heraus. Die Karten Grundlagen südlich 18° S lagen nicht vollständig vor, so daß hier keine Repräsentanz in der Aussage vorliegt.

Daß in der Arbeit, auch bei reichhaltiger Ausstattung, nur ein Bruchteil der Formenbeispiele vorgestellt wurde, sei allen gesagt, die noch mehr Material kennenlernen wollen. Es liegt zur Einsicht für jeden u.a. in der Staatsbibliothek Berlin, aber auch in der Kartensammlung des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin bereit.

2. Grundsätze einer integrativen Karteninterpretation

Die Dokumentation physisch-geographischer Sachverhalte in Karten, später Luft- und heute Satellitenbildern hat auch immer dazu herausgefordert, sie in Umkehr der Aufnahme zur Grundlage der Interpretation zu verwenden. Was im Gelände mühevoll erarbeitet werden muß und im Flugzeug schnell überflogen wird, im Satelliten dann in beliebiger Wiederholung zu unterschiedlichsten Zeiten, kann als Karte, Luft- oder Satellitenbild zur ruhenden, zweidimensionalen, mit Hilfsmitteln dann auch dreidimensionalen Betrachtung führen. Eine Höhenliniendarstellung in topographischen Karten, vielfach auf photogrammetrischem Wege hergestellt, Luft- und Satellitenbilder sowie geologische Karten ergeben in Zusammenschau einen relativ schnellen Überblick. Von großem Vorteil ist die großräumig-vergleichende Betrachtung einzelner Formen, Formkomplexe und -abfolgen sowie ihre Vernetzung mit anderen Formen und Sedimenten in horizontal- und vertikräumlicher Sichtung. Hydrologische und vegetationskundliche Informationen bilden eine fundamentale Ergänzung.

Über eine reine Formenbeschreibung nach Grund- und Aufrißgestalt, Größe der Formen, Höhen- und Breitenlage sowie Einbindung zu benachbarten, auch übergeordneten Reliefeinheiten hinaus wird die Frage nach den Prozessen bedeutsam, die zur Formenentstehung beigetragen haben, entweder in zeitlicher, auch ablösender Aufeinanderfolge unterschiedlichster Vorgänge oder im zeitgleichen Einwirken derselben. Bei der Fernerkundung ist die Frage ent-

scheidend, ob über die Morphologie hinaus eine genetische Deutung wahrscheinlich gemacht werden kann, zumal verschiedene Prozesse eine ähnliche Formengeometrie erzeugen können.

Bei Beurteilung dieser Frage ist der objektadäquate Maßstab der Grundlage, die Qualität der Darstellung und die Vielschichtigkeit von Begleitinformationen heranzuziehen. Des weiteren ist zu prüfen, ob verschiedene Formen im Sinne einer Formungsdominanz auf die Wirkung nur eines exogenen Faktors zurückgeführt werden können. Sichel-förmige Vollformen in Reihung und Wechsel mit allseits geschlossenen, flachen Hohlformen lassen auf äolische Prozesse schließen. Eine Vielzahl trichter- bis muldenförmiger, häufig regellos verteilter kleinerer Hohlformen in Vergesellschaftung mit einem Trockentalnetz dort, wo es ausreichend Niederschlag gibt, und Weitungen in diesen Tälern, die dort zu Talungen werden können, wo gegenläufige Gefällestrecken Schwellen und Becken mit ebenen Talböden schaffen, auch Blind- und Sacktäler, zeigen karstkorrosive Prozesse an. Auch die fluvialen, aber auch glazialen Prozesse schaffen Formen, die in ihrer Geometrie sowie Verteilung, Reihung bzw. Aufeinanderfolge im Raume einer jeweils eigenen Gesetzmäßigkeit folgen. Die Kenntnis der Regelmäßigkeiten ist bei der Zuordnung unterschiedlichster Formen zu nur einem Prozeß bedeutsam. Daß auch hier zur Fernerkundung Begleitinformationen wichtig sind, die u.a. Rückschlüsse auf Untergrundgegebenheiten erlauben, ist selbstverständlich.

Zum dritten soll das Problem der flächendeckenden Repräsentanz einzelner Formen angesprochen werden. Ein großer Teil der Oberflächenformen ist unter exogenen, dominant klimatischen Faktoren entstanden. Hier gibt es aktualistisch eine Abfolge unterschiedlichster Prozeßbereiche vom Äquator über die Trockengürtel bis hin zu den Polen. Aber auch die Formung innerhalb einzelner Klimazonen variiert vom Meeresniveau aufwärts bis zu den Gipfeln der höchsten Erhebungen. Darüber hinaus hat es im Quartär in den N-S- bzw. Höhengrenzen Verschiebungen der Klimagürtel gegeben, was einen mehrmaligen Wechsel der Formungsprozesse in weiten Bereichen der Erde erbrachte, so daß Vorzeitformen von aktuell geprägten getrennt werden müssen. Im Rahmen einer flächendeckenden, repräsentativen und integrativen Karteninterpretation soll diese Trennung am Beispiel der pleistozänen Kare der Anden zwischen 10° S und 20° S und dort schwerpunktmäßig an isolierten Rücken demonstriert werden. Dabei ist das Problem der Formenkonvergenz von Bedeutung. Sie wird jedoch entscheidend gemindert, wenn eine strahlungsbedingte Größen- und Höhendifferenzierung der oberen Kare vorliegt (vgl. 5.2 und Abb. 9–36).

Kare sind durch ihre Größe für eine flächendeckende Sichtung im Maßstab 1 : 100 000 geeignet. Sie werden

dort, wo es keine anderen Ableitungsmöglichkeiten gibt, nach unten hin durch hocheiszeitliche Schneegrenzlagen begrenzt (HEUBERGER 1980: 36). Eine Schwierigkeit in der kargenetischen Prozeßansprache liegt darin, daß unterschiedlichste Prozesse zur gleichen Formengeometrie führen können. Rückläufige Mulden, in hufeisenförmiger, steiler Umräumung gelegen, können gänzlich oder zum Teil auch karstkorrosiv, vulkanisch oder tektonisch entstanden sein. Des Weiteren sind Massenverlagerungen an Hängen, Bergstürze und Rutschungen mit in die Betrachtung einzubeziehen. Damit stellt sich die Frage nach der Aussagekraft des Einzelbeispiels, das im Rahmen der expeditiven Geländearbeit Beweiskraft erlangt, nicht dagegen bei der Karteninterpretation. Hier kann erst die flächendeckende Sichtung und tabellarische Erfassung der wichtigsten Parameter von Hunderten Einzelbeispielen einer bestimmten Formengeometrie, in dreidimensionaler Erfassung der expositionsbedingten Höhen- und Größenunterschiede, Resultate bringen, die prozeßorientierte Aussagen ermöglichen. Sie müssen dann über die Einbindung der Einzelformen in den weiteren Geländezusammenhang und in Vernetzung und Abfolge zu anderen Formen und Sedimenten sowie hydrologischen und vegetationskundlichen Parametern abgesichert werden.

3. Karentstehung und Schneegrenzableitung

Kare sind glazial überprägte obere Talschlüsse, die im allgemeinen auf topographischen Karten des Maßstabs 1 : 100 000 und größer gut erkennbar sind. Die präglaziale Anlage war zumeist fluvial ein Quelltrichter oder eine Quellmulde im Bereich des Talursprungs hochgelegener Täler. Die Überprägung durch Schnee, Firn und letztlich Eis ist nur dort möglich gewesen, wo diese Talschlüsse am Beginn einer Eiszeit – beim Überwiegen der Schneefallmenge gegenüber der Ablation – Sammelbecken der Schneemassen wurden.

Ob ein oberes Talende in den Bereich der Schneegrenze gelangte, war nicht nur von seiner absoluten Höhe über dem Meer bzw. der Breitenlage abhängig. Darüber hinaus ist von Bedeutung die randliche oder zentrale Lage der Talschlüsse zur Massenerhebung, die generelle Abdachung des Gebirges und die Öffnung der Talschlüsse pol- oder äquatorwärts, die über den allgemeinen Schneefall hinausgehende Akkumulation durch Wind und Lawinen sowie die Gebirgsausrichtung zu den niederschlagsbringenden Winden und die Tatsache, ob es sich um eine Region vornehmlich sommerlicher oder winterlicher Niederschlagszeiten handelt. Trotz geeigneter Vorformen und Schneegrenzlagen können Kare aber fehlen, wenn übergeordnete Hauptalpgletscher in gleicher Höhe oder darüber eine eigenständige Kargletscherdynamik verhindert haben (vgl. SCHNEIDER, 1962/63). Wo bei beginnender Eiszeit und dem Ab-

sinken der Schneegrenze geeignete Vorformen als Sammelbecken der langfristig positiven Schneebilanz eine eigenständige Firn- und Eisbildung sowie Formung ermöglichen, entstanden Kare. Ihre Untergrenze gilt dort als Zeugnis hocheiszeitlicher Schneegrenzlage, wo eindeutige Glazialablagerungen fehlen. Und da die Eindeutigkeit sowohl von Ablagerungen als auch kleinerer Formen wie End- und Seitenmoränen, Sander, Oser, Drumlins oder Rundhöcker im Maßstab 1 : 100 000 schwer oder gar nicht zu erbringen ist, bildet das Kar zur Fernerkundung in diesem Maßstab eine Leitform. Weitere an das Kar- und später Taleis geknüpfte, zuweilen auch den geologischen Karten dieses Maßstabs entnehmbare Begleitinformationen und Sedimente dienen der Verifikation.

Allgemein soll nach GROSS, KERSCHNER & PATZELT (1976) unter Schneegrenze jene Linie verstanden werden, die das obere, höhere Akkumulationsgebiet abgrenzt von dem darunter gelegenen Ablationsbereich. Diese Linie als Verbindung aller Punkte auf dem Gletscher mit der Haushaltsjahresbilanz von Null wird auch Gleichgewichtslinie genannt. Für einen längeren Zeitraum gemittelt, wird sie als Schneegrenze bezeichnet. Sie deckt sich weitgehend mit der lokalen oder auch orographischen Schneegrenze. Da Kare als Großformen in topographischen Karten gut erkennbar sind, eignen sie sich besonders zur karteninterpre-

tatorischen Sichtung im Hinblick auf das Abschätzen der pleistozänzeitlichen Schneegrenze. Beweiskraft kommt auch hier nach KUHLE (1986) nur dem im Gelände erkundeten, gesicherten Einzelfall zu, so daß ein eindeutig anzusprechendes, tiefliegendes Kar regional auch eine tiefliegende, pleistozänzeitliche Schneegrenzlage ergeben kann. Jene, die aus höher liegenden Karböden ableitbar sind, sind damit als jüngere, aber auch länger vom Kargletscher geprägte Formen anzusprechen, und können damit einen ge-

nerell besseren Erhaltungszustand besitzen. Dieser kann seinen Niederschlag in einer noch steilen, wenig über Schuttfüße verkleideten Umräumung finden, aber auch in einem noch nicht vom Schutt der Hänge gänzlich aufgefüllten, rückwärtigen Becken und in Verbauungen im Kar-schwellenniveau. Das karteninterpretatorische Äquivalent zur Beweiskraft nur eines Geländebefundes ist die flächendeckende dreidimensionale Sichtung Hunderter Beispiele, wie sie in Kap. 5 vorgestellt wird.

4. Forschungsstand zur pleistozänen Vereisung Perus

Die Formenansprache dieser Karteninterpretation beschränkt sich auf die Anden zwischen 10° S und 20° S im südlichen Peru, dem nördlichen Chile und Bolivien. Dieser Raum ist im Hinblick auf die pleistozänzeitliche Lage der Schneegrenze noch wenig erforscht. Deshalb wird nachfolgend überwiegend auf Ergebnisse benachbarter Regionen zurückgegriffen, die besser erschlossen und bearbeitet sind.

R. v. KLEBELSBERG (1949) nimmt in Zusammenfassung der Forschungsergebnisse vor 1949 für die unter ca. 9° S liegende Cordillera Blanca eine pleistozänzeitliche Schneegrenzabsenkung von 600–700 m an, wobei die Schneegrenze nach S ansteigt und in der Cordillera Huayhuash (ca. 11° S) nur noch ein Absenkungsbetrag von 400–500 m vorliegen soll. Die meisten Angaben sind Zufallswerte, die mangels geeigneter Karten nicht auf einer flächendeckenden Sichtung Hunderter Einzelformen beruhen konnten. MERCER (1962), MONHEIM (1963), MORTENSEN (1927), SERVANT (1977), TRICART (1965), TROLL (1929, 1937, 1942), WEISCHET (1970) und ZEIL (1964), die aus diesem Raum berichteten, konnten kaum auf topographische noch geologische Detailaufnahmen dortiger Landesaufnahmen zurückgreifen. Die topographische Karte 1 : 100 000, nach Befliegungen seit 1955 in der Höhendarstellung photogrammetrisch ausgewertet, wurde zwischen 1961 und 1972 vom peruanischen Militär für das in der Übersichtskarte der Abb. 1 gezeigte Gebiet herausgegeben. Die geologische Kartierung gleichen Maßstabs erfolgte in der Regel 2–4 Jahre später, Satellitenbilder und Satellitenbildkarten waren erst ab Mitte 1975 verfügbar. Die Grundlagen dieser Arbeit aus Chile wurden 1961 herausgegeben und jene aus Bolivien zwischen 1967 und 1983. Erst danach war eine flächendeckende Sichtung, Verknüpfung und Zusammenschau der unterschiedlichsten Grundlagen möglich, aber auch notwendig. Selbst CLAPPERTON (1972), der für West- und Zentralperu zu einer Abschätzung der pleistozänzeitlichen Schneegrenzdepression zwischen 1 500–2 000 m kam, zeigt mit seinen Feldkartierungen aus drei Gebirgsmassiven, daß ihm lediglich aus der Cordillera Blanca hinreichende topographische Unterlagen zur Verfügung standen.

Im Rahmen der geologischen Detailkartierung wurden von BELLIDO (1963), GARCIA (1968), JOL (1968), MARQUEZ (1978) und PECHO (1969) mächtige und ausgedehnte Alluvialdecken auf der Gebirgsfußfläche auskartiert, die der Übersichtskarte in Abb. 1 und im Detail den Abb. 59–64 zu entnehmen sind. Sie werden gelegentlich sogar ins Holozän gestellt. Diese Alluvionen bestehen nach den Darlegungen der geologischen Erläuterungshefte soeben benannter Autoren aus vielfach unverfestigten Steinlagen mit Durchmessern zwischen 1 cm und 20 cm, die zumeist gerundet bis kantengerundet sind und durch Zwischenlagen aus Kiesen, Sanden und Tonen gegliedert sein können. Die Mächtigkeit variiert von wenigen Metern bis zu 150–200 m. Fast immer werden diese Alluvialdecken mit einer Zeit starken Eisabbaus in Verbindung gebracht. Anastomisierende Schmelzwässer haben so eine weite Gebirgsfußflächenüberdeckung geschaffen. Die Frage der vielfach hohen Lage alluvialer Flächen gegenüber den Talböden wird durch starke Einschneidung nach der Ablagerung beantwortet. Dies ist sicher der Regelfall, doch sollte das Augenmerk auf jene Bereiche gerichtet werden, wo die Alluvionen hoch und abseits größerer Erosion liegen, so daß Eiskontakt zur möglichen Entstehung der Alluvialdecken in die Überlegungen einfließen kann.

Nach MERCER und PALACIOS (1977) gab es in Peru zwischen 28 000 BP und 14 000 BP einen bedeutenden Gletschervorstoß mit spätglazialen Schwankungen zwischen 12 500 BP und 11 000 BP (Tauca-Phase). Die einem letzten Maximalstand um 11 000 BP zugerechneten Ablagerungen sind die Huancane-II-Moräne. Bereits um 10 000 BP sind die Gletscher auf die heutige Ausdehnung zurückgeschmolzen. Diese Ergebnisse werden von Zentralperu von CARDICH et al. (1977) sowie von GRAF (1979) und von LAUER (1990) aus Bolivien bestätigt. GRAF verweist auf eine günstige Phase für Torfbildung zwischen 7 500 BP und 5 500 BP mit frühester Torfbildung und damit Eisfreiwerdung um ca. 9 000 BP bis 10 000 BP in Höhen um ca. 4 400–5 000 m ü.M.

Nach HEINE (1977) (vgl. Schneegrenzdarstellungen in Abb. 56) zeigt im untersuchten Raum ab 13° S die spätglaz-

ziale Schneegrenze die tiefste Lage im Vergleich zu jener des Hochglazials. Die letzte flächenhafte Abschätzung der Eisausdehnung für die spätwisconsinsche Vereisung nahmen HOLLIN & SCHILLING (1981) vor (vgl. Flächen in Abb. 1).

Die im Rahmen dieser Studien durchgeführte flächendeckende Sichtung der Karten 1 : 100 000 und größeren Maßstabs hat zur Registrierung, Messung und tabellarischen Erfassung von über 500 Karen zwischen 10° S und 20° S geführt, wobei allgemein jene schon in der Literatur benannten, oberhalb 4 500 m ü.M. gelegenen ebenso unberücksichtigt blieben wie die Kare nördlich 10° S, speziell in der Cordillera Blanca, die über die Aufnahmen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins in den dreißiger

Jahren publiziert wurden. Insbesondere sei auf KINZLS gletscherkundliche Begleittext zur Karte der Cordillera Blanca (KINZL 1942) verwiesen. Die von HASTENRATH (1971) vorgelegten N-S- und W-E-Profile durch die westliche Cordillere mit dem Eintrag der pleistozänzeitlichen Schneegrenze basieren im wesentlichen auf Karbodenhöhen. Erstaunlich ist, daß ab 14° S die Differenzierung von pleistozänzeitlicher zu heutiger Schneegrenze auf einen Wert von BRÜGGEN zurückzuführen ist, der bei 19° 42' S und 68° 40' W pleistozänzeitliche Karböden in 5 000 m ü.M. benennt. Nach HASTENRATH (1971) fällt die Schneegrenze pazifikseitig ab. In die Betrachtung sollten auch die Flußeinzugsgebietsgrößen auf dem Altiplano einbezogen werden, wie sie der Tab. 2 (Kap. 7) zu entnehmen sind.

5. Kare im Kartenbild und dreidimensionale Regelmäßigkeiten in ihrem Auftreten

Grundlage der nachfolgenden Analyse sind über 500 Einzelbeispiele, die zum überwiegenden Teil in der Übersichtskarte der Abb. 1 und in Tab. 4 der Dokumentation am Schluß dieser Arbeit aufgelistet wurden. Daß damit nur ca. 1% mutmaßlicher Kare dokumentiert wurden, muß vorab begründet und in seiner Repräsentanz erläutert werden. Bei den in der Übersichtskarte eingetragenen Beispielen sind für jede TK 1 : 100 000 die jeweils tiefsten, eindeutig erkennbaren Karmulden ausgewählt worden. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen: Im Blatt 22-j wurden für die Darstellung in der Übersichtskarte (Abb. 1) vier Kare ausgewählt. In der Tab. 4 wurden sieben Kare aufgelistet. Tatsächlich aber weist die topographische Karte von Peru in HOJA 22-j 130 Kare mit Seen, 50 Karmulden mit Mooren und weitere 50 Karmulden ohne allseits geschlossene Hohlformen im Tiefsten der dreiseitigen Umrahmung aus. Im Blattbereich 30-o wurden für die Darstellung in der Übersichtskarte (Abb. 1) vier Karbeispiele eingetragen und in Tab. 4 sechs Kare aufgelistet. Tatsächlich sind der TK 1 : 100 000 aber 23 Kare mit Seen, 66 Kare mit einer Feuchtstelle und 28 hufeisenförmige Hohlformen ohne kartenentnehmbare Karschwelle verzeichnet, wobei noch zehn größere Seen größer als 1 km² hinzukommen, die wahrscheinlich durch glazialerosive Wirkung mitgestaltet sind.

Wesentlich für die Aufnahme eines Kares in die Übersichtskarte war die Höhenlage der Karböden über dem Meer. Pro Blatt 1 : 100 000 wurden die am tiefsten liegenden Kare ermittelt und auf ihre Repräsentanz im Hinblick auf sich abzeichnende Expositionsunterschiede oder der Vergleichbarkeit der Einzugsgebietsgrößen oberhalb der Karrückwände geprüft. Nach Ermittlung dieser unteren Karbodengrenze wurden ca. 3–6 typische Karausrichtun-

gen und Höhenlagen ausgewählt. Hunderte von Karen aus dem Gebirgsinnern oder aus höherer Lage blieben unberücksichtigt – dies auch darum, weil sie in ihrer Existenz nicht strittig und zur Ableitung einer tiefstpleistozänen Schneegrenze keine Aussagekraft besitzen.

Nach Auswertung von über 100 Einzelblättern der TK 1 : 100 000 von Peru und Chile und über 100 Blätter der TK 1 : 50 000 von Bolivien haben sich folgende Gesetzmäßigkeiten ergeben:

- 1) Die strahlungsbedingte Größen- und Höhendifferenzierung der rezenten Vergletscherung ist auch auf das Pleistozän zu übertragen.
- 2) Dieser Sachverhalt ist am besten zu ermitteln an isoliert liegenden Rücken, die ohne reliefbedingte Fern- und Fremdbeeinflussung sind, die nur eine kleine Gipfelfläche besitzen und nicht wesentlich über 4 000 m aufragen.
- 3) Danach lag an der Andenwestabdachung die pleistozäne Schneegrenze zwischen 10° S und 14° S und um 4 000 m. Sie fiel zwischen 15° S und 16° S auf 3 400 m ab, um nach Süden bis 18° S auf Werte um 3 700 m anzusteigen.
- 4) In den Zentren der weiträumigen Massenerhebungen liegen obere Karböden an den Flanken der Taleinschnitte zwischen 3 800 m und 4 350 m.
- 5) An der Ostflanke liegen die Kare zwischen 3 400 m (10° S) und 3 720 m (17° 20' S).

5.1 Untere Karbodenhöhen im Zentrum der Massenerhebung in einem N–S-Profil

Eingangs zu den nachfolgenden Einzelbeispielen im topographischen Kartenbild sollen die eine glaziale Karentstehung einschränkende Zusätze wie "mutmaßlich" oder "wahrscheinlich" relativiert werden. In diesem, noch vielmehr im darauffolgenden Kapitel, das die Expositionsunterschiede differenziert verdeutlicht, sind diese Einschränkungen, wie belegt werden wird, unangebracht (vgl. Abb. 10–36). Jeder, der sich die Fülle an Einzelbeispielen ansieht, wird auch im Detail der Einzelform die Eindeutigkeit der glazialen Prägung oberer Talschlüsse bis hin zur unzweifelhaften Karmorphologie akzeptieren. Für diese Aussage bedarf es keiner Geländebefunde, hier erlangt die Karte als maßstäblich verkleinertes Geländeabbild Beweiskraft. Dies bedeutet nicht, daß sich damit eine Geländeprospektion erübrigen würde. Über die reine Morphographie und Eindeutigkeit der glazialen Genese – auch im Hinblick auf Schneegrenzableitungen – hinaus ist der Geländearbeit die Vertiefung dieser Information vorbehalten, um z.B. die Zeitstellung einzelner Moränenstände und damit Eisausdehnungsstadien über abgedämmte Moore zu untersuchen, von denen es kartennachweislich Tausende im Blattschnitt der Übersichtskarte 1 gibt. Neben der Frage der absoluten Datierung wird die pollenanalytische Auswertung bedeutsam, auch der stratigraphische Bezug. Dies sind Fragestellungen, die über den hier vorgestellten Ansatz hinausgehen und zukünftig geklärt werden müssen. Diese Vertiefung des Wissens und Spezifikation wird die Karansprache der Karteninterpretation ergänzen, jedoch nicht in Frage stellen können. Zu eindeutig sind dafür die vorgelegten Einzelbeispiele der topographischen Karten und die Ergänzungen der Formenverknüpfung sowie die geologischen Begleitinformationen.

Neben den eindeutig tiefsten Karmulden der topographischen Karten wird es einer Geländeprospektion vorbehalten bleiben, noch tiefer liegende Karhohlformen und Nivationsnischen über glaziale Schriffmerkmale und Sedimente zu belegen. Hinweise sind in den Karten über die hier gezeigten Kare hinaus in einer großen Fülle enthalten, bleiben jedoch mangels Eindeutigkeit – auch im Hinblick auf Formungskonvergenzen – unberücksichtigt.

In sechs Ausschnitten aus der TK 1 : 100 000 von Peru, jeweils aus dem zentralen Bereich der Wasserscheide, die den pazifikseitigen vom atlantischen Einzugsgebiet trennt, sollen in einem N–S-Profil Kare vorgestellt werden.

Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt vom NE-Rand der Cordillera Huayhuash. Direkt in der NE-Ecke sind drei Kare mit Seen gelegen, die am oberen See-Ende jeweils von der 4 400-m-Linie begrenzt werden (Höhen oberhalb 4 400 m ü.M. sind hellgrau markiert). Der N-geöffnete Talschluß mit See in der NW-Ecke wird in 4 350 m ü.M. durch eine Schwelle verbaut. Auch direkt am Südrand dieses Kartenausschnitts gilt diese Aussage. Am Ostrand liegen die Seen in 4 300 m und 4 350 m ü.M. Der See am Westrand der Karte liegt in 4 250 m ü.M.

Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt aus der gleichen TK 1 : 100 000, HOJA 21-j und in der NE-Ecke zwei SW-geöffneten Karböden mit Seen in 4 100 m und 4 150 m ü.M. Zentral im Blatt ist ein mußmaßlicher Rundhöcker markiert mit einer Gipfelhöhe von 4 144 m, einer flachen Luv- und steilen Leeseite. Die Karte weist hier zur Charakterisierung der Steilheit Kantenschraffen aus. In der SW-Ecke des Ausschnitts liegt die Laguna Lauricocha. Sie ist durch CARDICH et al. (1977) mit einer Endmoräne aufgenommen und C¹⁴-datiert worden. An der in Abb. 3 mit einem Pfeil markierten Stelle wurde 5 m unter dem Terrassenniveau des Lauricocha-Flusses in einem Mäanderbogen organogenes Material mit 12 500 ± 340 Jahre BP datiert. CARDICH et al. leitet daraus den Schluß ab, daß die Moräne am Ostende des Sees um 12 500 BP entstanden ist. Er kann für diesen Zeitpunkt der Gletscherzunge im Seebecken (76 m tief) eine Eismächtigkeit um 300 m ableiten. In bergaufwärtiger Verfolgung des Talzuges des Lauricocha-Flusses über weitere Seebecken mit vorgelagerten Endmoränen ergibt sich von der Moräne um 3 850 m ü.M. bis zur heutigen unteren Gletschereisgrenze um 4 800 m ü.M. eine Entfernung von 28 km. Diese in Zahlen dokumentierten Verhältnisse gilt es festzuhalten auch für die Diskussion um Abb. 51 (Entfernung vom Steilrand zum aktuellen Eisrand ca. 18 km) bzw. bei Benennung der Laguna Aricota in Kap. 8 (vgl. Abb. 86), die im Süden Perus im pazifikseitigen Abfall eine Moränenverbauung um 2 800 m besitzt.

Daß mit dieser in Abb. 3 dokumentierten Moräne vor dem See von Lauricocha nur ein spätglazialer Rückzugshalt markiert ist, wird auch deutlich durch die tiefsten, in 4 150 m ü.M. liegenden Karböden. Sie machen am Rand eines Rückens mit max. 4 435 m ü.M. gelegenen Aufzungen (NE-Ecke der Abb. 3) deutlich, daß die hocheiszeitliche Schneegrenze um ca. 4 100 m gelegen haben muß. Dies legt den Schluß nahe, daß der gesamte Blattbereich von HOJA 21-j zur Maximalvereisung im Würm eisüberdeckt war (vgl. auch Abb. 1).

Abb. 2: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-j.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 400 m ü.M.; schwarz: Seeflächen; Punkt-Struktur-Raster: mutmaßliche Karböden



← 4 km →

In Abb. 4 sind südlich 13° S relativ gut untere Karböden mit Seen in 4 250 m ü.M. erkennbar (zu Markierungen vgl. die jeweilige Abbildungsbeschriftung). Auch hier ist zu bemerken, daß die relativ kleinen, voneinander isolierten Hochflächen, kaum über 4 600 m ü.M. aufragend, an den Flanken die Kare eingelassen tragen. Speziell der Feuchtstellenreichtum der südwestlichen Hochfläche zeigt eine ehemalige, eigenständige Eisüberdeckung mit einer unteren Gletschermulde um ca. 4 300 m ü.M. (W-geöffnet am Westrand des Ausschnitts).

Der direkt westlich, im zentralsten Höhenbereich der Anden gelegene Ausschnitt der Abb. 5 zeigt in der zum Pazifik weisenden Abdachung untere eisgeformte Talschlüsse mit Seen in 4 350 m ü.M. und darüber auf der Hochfläche Seebecken in Zungenform zwischen 4 450 m und 4 500 m ü.M. In den obersten Einzügen des Rio Colca, bei 15° 10' (Abb. 6) liegen Karböden in 4 450 m ü.M., sogar mit einem See in der NE-Ecke des Ausschnitts. Die Karmulde am Westrand gelegen und mit einer Feuchtstelle in 4 250 m versehen, sei ebenso als mutmaßlich eisgeprägt eingestuft wie jene, die um 4 150 m am Südrand des Ausschnitts im Tals des Rio Colca markiert wurden. Eine Hochfläche, die bis auf den Talbereich des Flusses keine Gebiete unter 4 200 m ü.M. gelegen aufweist, kann auch keine tiefer liegenden Kare haben. Diese liegen dann am Gebirgsrand, wie noch in Kap. 5.2 detaillierter ausgeführt wird.

Die Abb. 7 zeigt für den Höhenbereich bei 17° 20' S in der NE-Ecke und im Zentrum des Ausschnitts, hier dann vermoort am Südwestrand der C^{OS}. Señoraca Karböden (um 4 400–4 600 m ü.M. markiert), die auch im Original mit einer Kantensignatur versehen sind, und am Südrand der Abb. 7 sind Feuchtstellen in 4 300 m ü.M. mit halbkreisförmiger, steiler Einfassung gekennzeichnet worden.

Für den chilenischen Norden verdeutlicht die Abb. 8 mutmaßliche Karpositionen. Hierzu ist vorab anzumerken, daß die Karten nicht vollständig verfügbar waren, so daß hier auch keine flächendeckende Sichtung möglich ist. Die Abb. 8 zeigt zudem einen Ausschnitt schon aus dem pazifiseitigen Rand der Anden. Die auskartierten mutmaßlichen Karböden fügen sich tendenziell in das aus Peru vorgelegte Verteilungsmuster ein. Bei Gipfelhöhen zwischen 4 639 m und 4 902 m ü.M. liegt der höchste mutmaßliche Karboden zwischen 4 250 m und 4 450 m ü.M. und ein unteres Stockwerk zwischen 3 900 m und 4 100 m ü.M.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Von 10° S zu 17° 30' S steigt die untere Karbodenhöhe im zentralen Gebirgsbereich an von ca. 4 100 m (HOJA 21-j) über 4 250 m (HOJA 27-n) auf 4 300 m (HOJA 35-v) an.

5.2 Expositionsbedingte Unterschiede

Grundlage auch meßtechnisch nachprüfbarer Aussagen zu den Expositionsunterschieden im Karbodenbereich bei vergleichbaren Einzugsgebieten bilden die Arbeiten von JORDAN (1983) zur rezenten Vergletscherung tropischer Eiskappen. Neben der später noch anzuwendenden Erkenntnis, daß die "Summierung aller Sektoren und das Planimetrieren der Eishauben in ihrer Gesamtheit" einen Nährgebiets-Zehrgebiets-Richtwert von etwas über 2 : 1 ergibt, was "als grobe Bestätigung der Verwendbarkeit alpiner Erkenntnisse auch für den feuchten Tropenbereich" angesehen werden kann (JORDAN 1983: 97), sei auf JORDAN (1985: 282) verwiesen. Die äquatorwärts und damit nordgeöffneten Kare haben kleinere und höher liegende Gletscher gehabt als die süd- und südwestgeöffneten, wo die orographische Schneegrenze auch bei 10–20° S

-
- Abb. 3: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-j.
hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; Punkt-Struktur-Raster: mutmaßliche Karböden
- Abb. 4: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-n (S. 18).
hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m ü.M.; Punkt-Struktur-Raster: kultivierte Flächen und mutmaßliche Karböden
- Abb. 5: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-m (S. 19).
dunkelgrau und schwarz: große und kleinere Seen; hellgrau: Flächen oberhalb 4 400 m ü.M.; Punkt-Struktur-Raster: mutmaßliche Karböden
- Abb. 6: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 31-t (S. 20).
Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; Punkt-Struktur-Raster: mutmaßliche Karböden
- Abb. 7: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-v (S. 21).
hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; dunkelgrau und schwarz: große und kleinere Seen; Punkt-Struktur-Raster: kultivierte Flächen und mutmaßliche Karböden

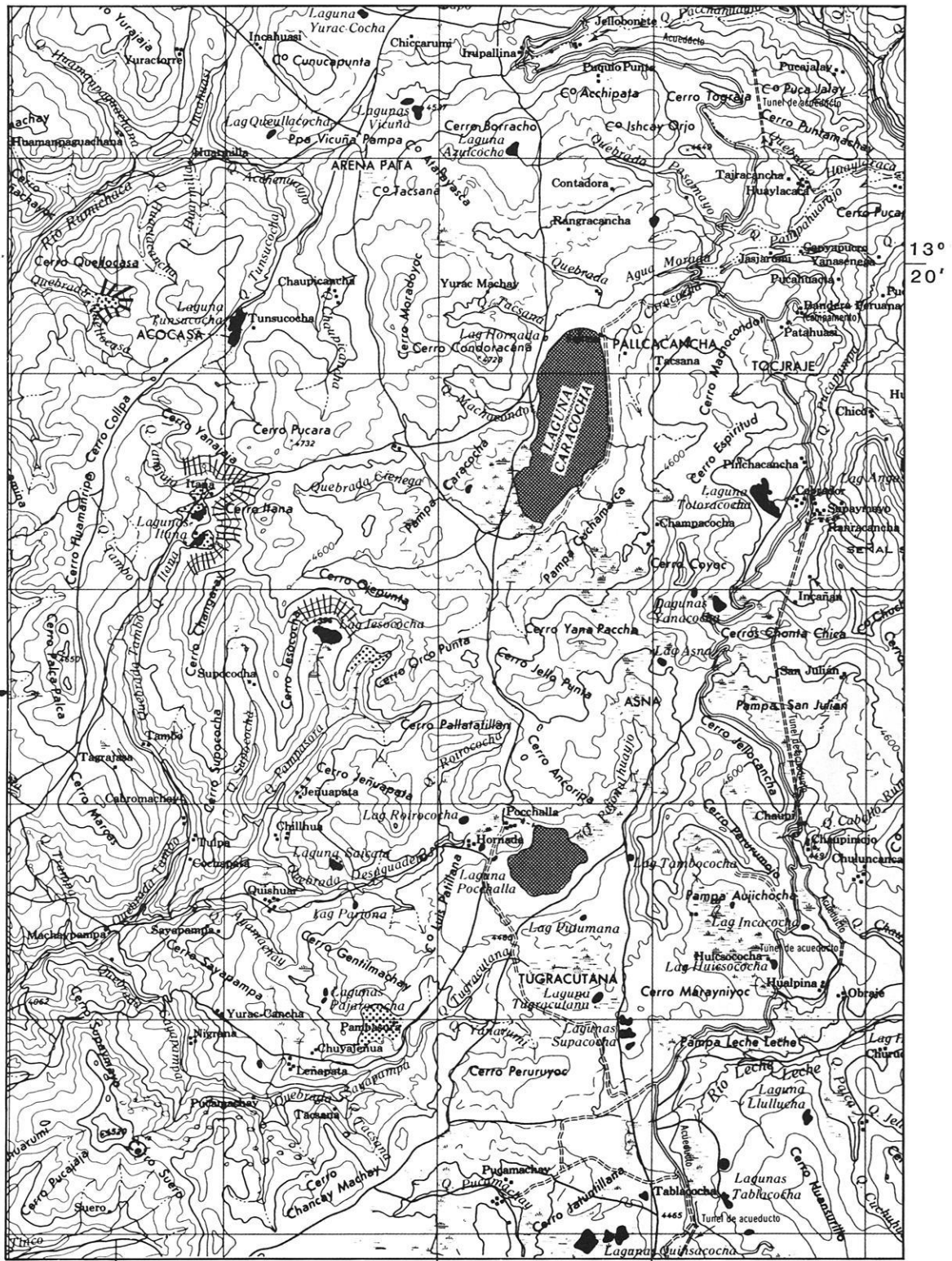


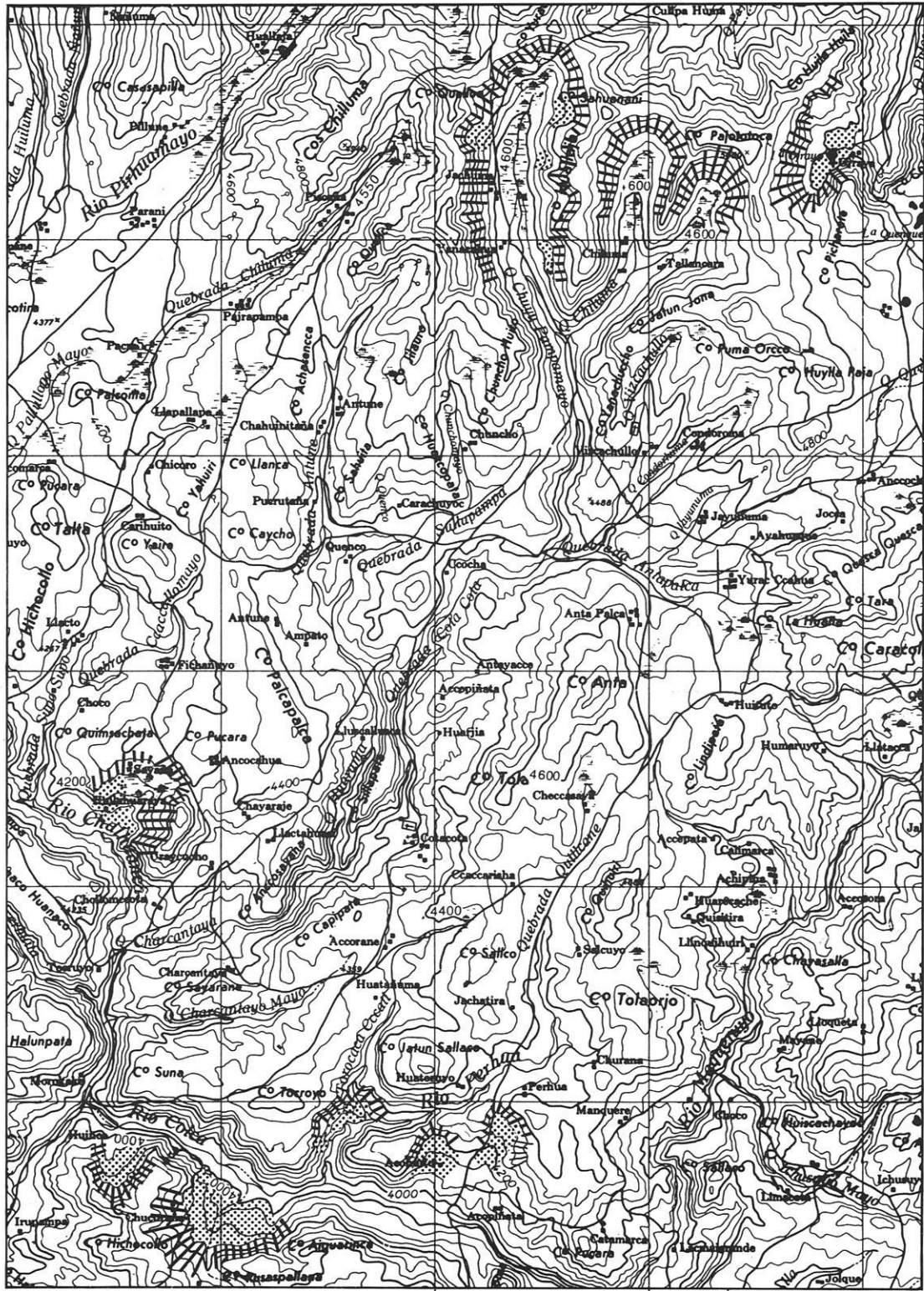
möglicher Rundhöcker

10°
20'

76° 40'

4 km





← 4 km → 71° 20'

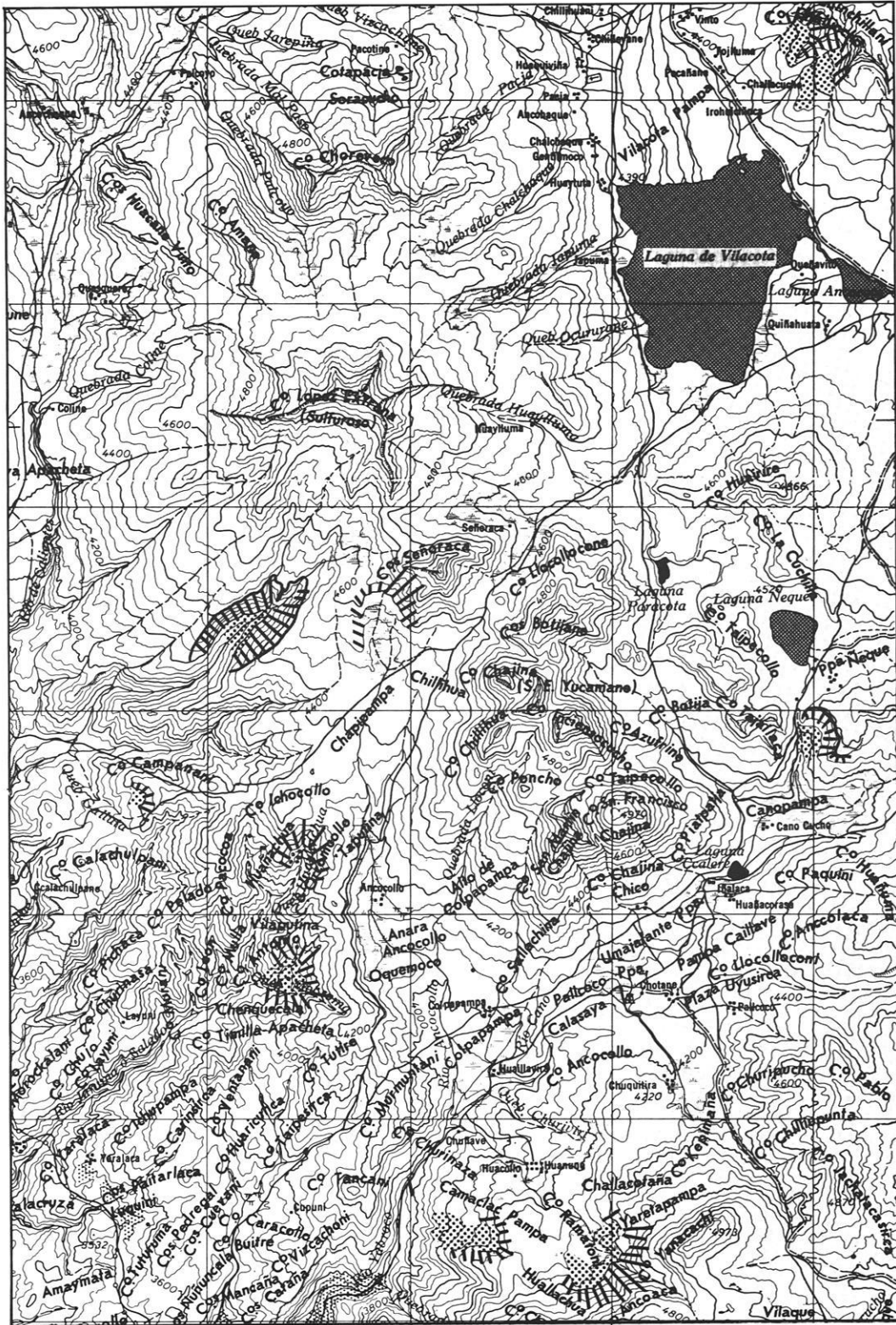




Abb. 8: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Chile, Nr. 1930-6900.
 Punkt-Struktur-Raster: mutmaßliche Karböden; schraffiert: steile Karwandbegrenzungen

unter steiler Sonne tiefer gelegen hat, so daß sowohl in zeitlich längerer Dauer als auch durch tiefere Gletscherzungen eine Prägung erfolgte (vgl. Abb. 9). Diese an rezenten Gletschern ermittelte Erkenntnis aus Ecuador und Bolivien wird nachfolgend am Isohypsenverlauf pleistozänzeitlich geformter Kare in den Karten Perus und Boliviens geprüft.

Feuchteunterschiede zwischen Ost- und Westkordillere tangieren diese Strahlungsabhängigkeit nicht. Bei feuchteren Bedingungen liegen die strahlungs- und damit expositionsbedingten Größen- und Höhenunterschiede der Kare an isolierten Rücken in ihrem gesetzmäßigen, generellen Verteilungsmuster lediglich tiefer als in trockeneren Regionen.

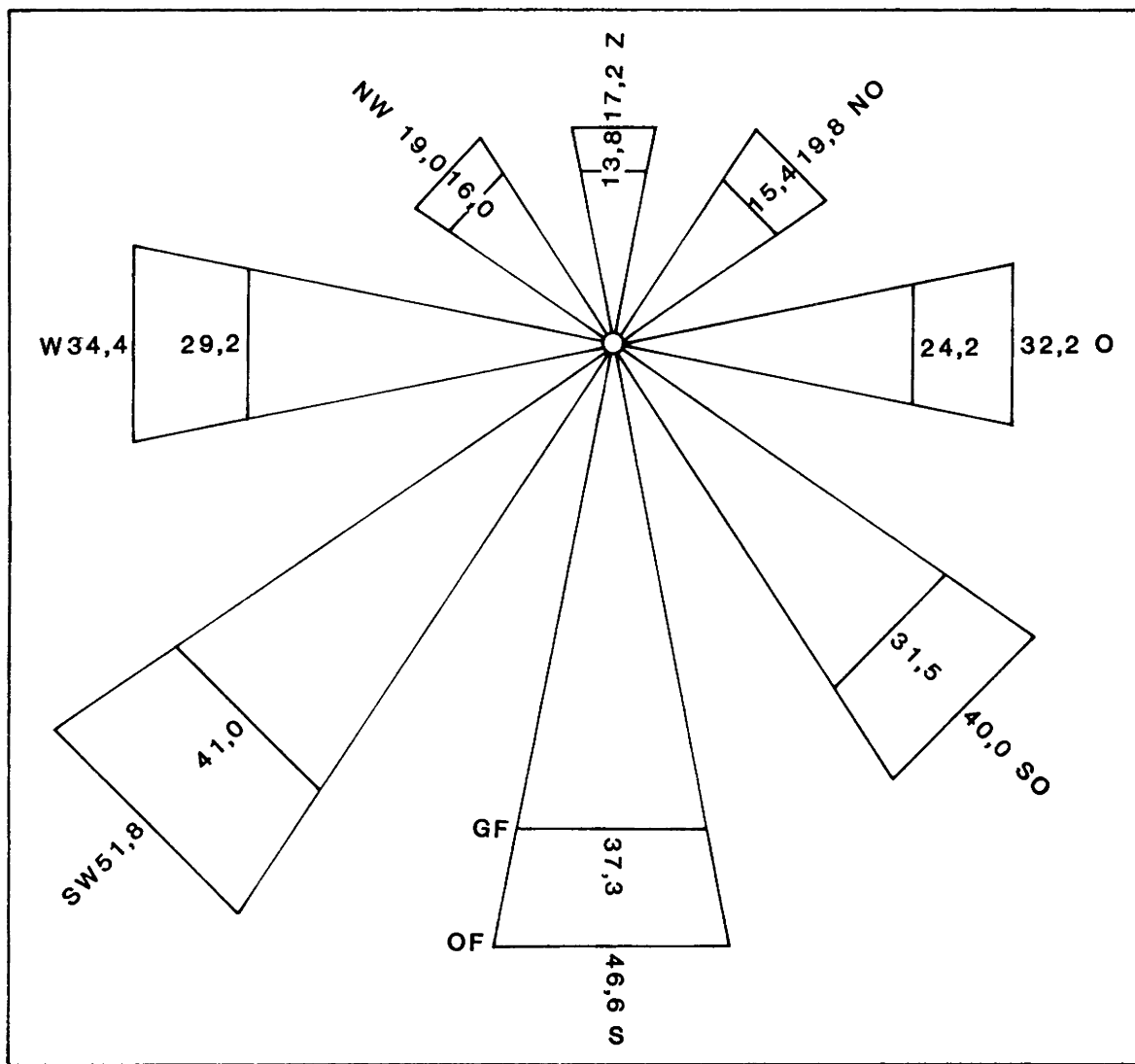


Abb. 9: Gletscherflächenverteilung in Abhängigkeit von der Exposition in km², differenziert nach der Grundfläche (GF) und Oberfläche (OF) aus der Cololo-, Ilampu-, Huayna- und Tres-Cruces-Region (aus: JORDAN 1985: 282).

Die Abb. 10 zeigt unter 10° 00' S einen Höhenzug NNW–SSE-streichend, der eine maximale Auftragung von 4 843 m ü.M. besitzt. An seinen Flanken sind Kare eingetieft, die nach SW, der nach Abb. 9 günstigen Eisbildungsposition, geöffnet sind. Die drei Seen in ihnen haben – von Norden nach Süden – Seespiegelhöhen in 3 890 m, 3 760 m und 3 680 m ü.M. An der NE-exponierten Flanke des gleichen Rückens haben die zwei Karseen in den NE-geöffneten, steilen Umräumungen Seespiegelhöhen von 4 100 m und 4 050 m ü.M. Das fast nordgeöffnete Kar mit der Laguna Querococha am Nordrand des Ausschnitts hat eine Höhe von 4 250 m ü.M. Hervorzuheben ist, daß die SW-geöffneten Karmulden in sich in der für die Südhalbkugel typischen Weise mit steileren Schattenrückwänden und flacheren Sonnenhangbegrenzungen eine asymmetrische Formung aufweisen.

In Abb. 11 sind auf der Breite von 10° S die oberen, pazifikseitigen Talschlüsse dargestellt. Die dort verzeichneten Seen liegen zwischen 3 950 m (Schattenmulde mit der Laguna Ichicarhuacocha) und 4 300 m ü.M. (Sonnenmulde der Laguna Jatuncarhuacocha).

Die Abb. 12 belegt im Ostabfall der peruanischen Anden eine pleistozäne Vergletscherung von Rücken, die nicht oder unwesentlich über 4 000 m ü.M. aufragen. Dies sind ideale natürliche Versuchsfelder zur Schneegrenzbestimmung. Die geologischen Kartierungen gleichen Maßstabs und die Erläuterungen von BELLIDO (1965) weisen für den gesamten Ausschnitt undifferenziert mesozoische Intrusionen aus. Damit ist eine strukturmorphologische Prägung der Hohlformen auszuschließen.

Die Karböden an diesen Rücken liegen zwischen 3 400 m (Laguna Yanacocha, NE-Ecke) und 3 900 m ü.M. (direkt in Sonnenmuldenposition am Westrand). Die größten Seen liegen in den polwärts geöffneten Schattenmulden um 3 670 m ü.M.

Mit Blick auf die Übersichtskarte der Abb. 1 kann festgehalten werden, daß alle westlich dieser Kare gelegenen Höhen oberhalb 3 500 m bis 3 600 m als Nährgebiete im Pleistozän vereist gewesen waren. Dies wird auch durch den nachfolgenden Detailausschnitt der Abb. 13 eindrucksvoll belegt. Die daran nach Osten anschließenden Zehrgebietsflächen (schraffierte Linie in Abb. 1) sind eine ganz vorsichtige Abschätzung, die nach Geländearbeiten mit großer Wahrscheinlichkeit als weiter in die Täler hinabreichend erarbeitbar sein dürfte.

Die der Abb. 13 entnehmbaren Kare zeigen ebenfalls die für diese Region typische Schneegrenzlage um 3 600 m bis

3 900 m ü.M. Die strahlungs- und damit expositionsabhängige Größen- und Höhendifferenzierung der Seen in den oberen Talschlüssen unterstreicht diese Aussage. Daß im Sinne der Ausprägung klimatologischer Formungsstockwerke des Pleistozän diese Verhältnisse sich auch auf alle Nachbartäler und Rücken übertragen lassen, soll an weiteren Kar-Beispielen belegt werden.

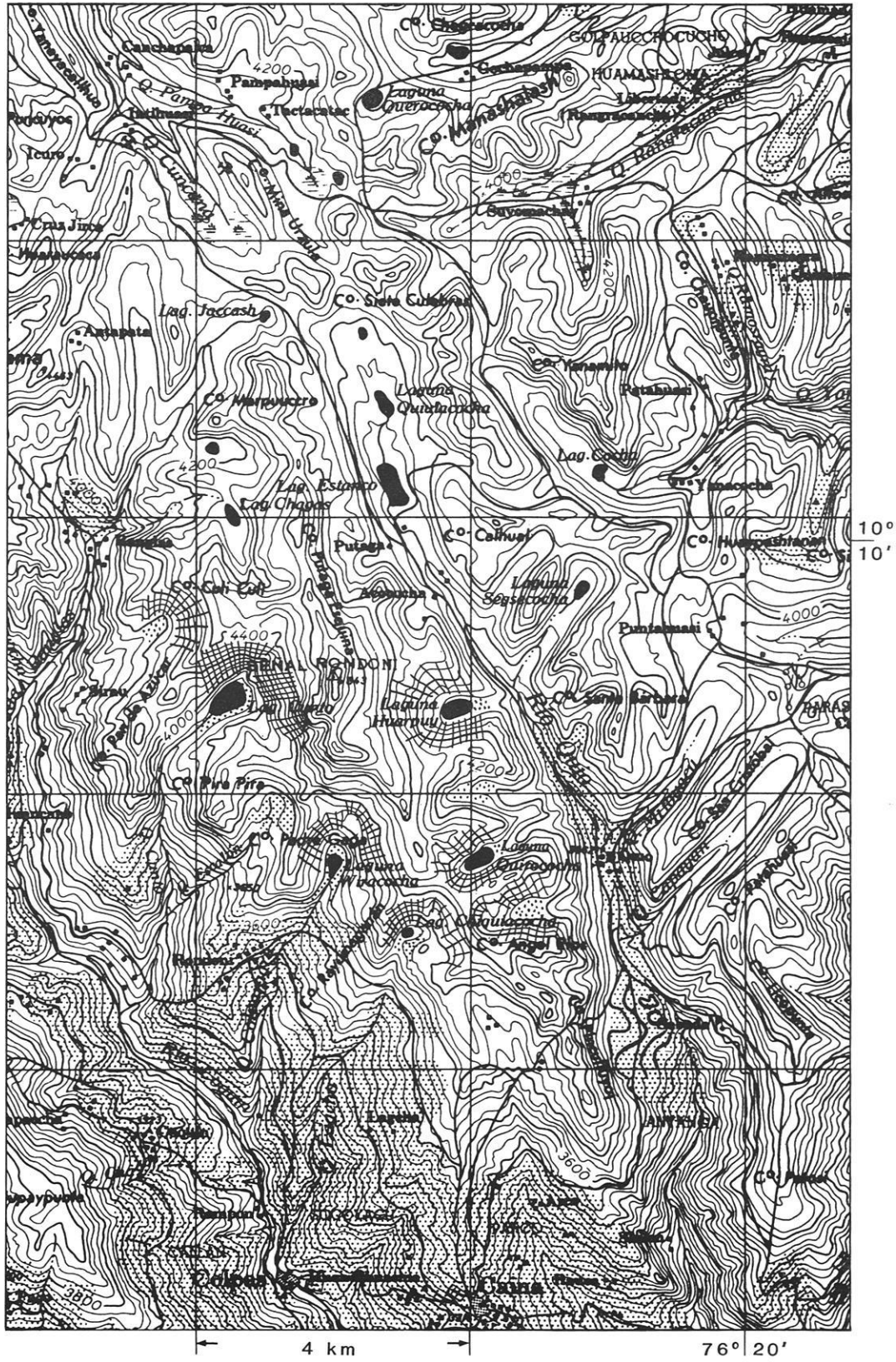
Abb. 14 zeigt ca. 50 km südlicher zwei Kartenausschnitte vergleichbarer Prägung. Auch hier belegt der südliche Ausschnitt an einem Berg mit einer maximalen Auftragung von 4 258 m ü.M. die Strahlungsungunst in SW-geöffneter Karmulde (3 830 m hoch) gegenüber jener in NE-Öffnung mit einer Seehöhe von 4 030 m. Die großen Seen des nördlichen Kartenausschnitts der Abb. 14 und die sie umgebende Morphographie lassen vermuten, daß hier in Transfluenzpaßsituationen ein Eisstromnetz die rückwärtigen Seeerfassungen glazialerosiv erniedrigt hat. Dies setzt eine Gletschereisfüllung der Täler bis in diese Höhe voraus, was eine Eismächtigkeit der Talgletscher von 800 m bis 1 000 m bedingen würde. Der tiefste Bereich des Haupttales liegt im Ausschnitt bei 3 000 m ü.M.

Die aus sicheren, auf Seemuldenbasis beruhende Vergletscherungsannahme oberhalb 3 800 m ü.M. ist der Abb. 1 zu entnehmen und ist um die Zehrgebietsflächen bergab zu ergänzen. Die so ableitbare maximale Vereisungsannahme in der Übersichtskarte (schraffierte Linie) ist mit großer Vorsicht eingetragen worden.

In Abb. 15 ist ein Ausschnitt aus der pazifikseitigen Abdachung der heute trockenen Westflanke abgebildet. Die Wasserscheide liegt nur an einer kleinen Stelle bei 5 000 m ü.M. (vgl. Übersichtskarte der Abb. 1). Die allgemeine Massenerhebung bleibt kleinflächig im Vergleich zu den südlicheren Gebieten Perus und Boliviens. Die Distanz vom Talschluß des Rio Ocupampa bei Loma Huarumanioc zum Pazifik beträgt 70 km. Tiefste Kare mit Seen liegen im gesamten Blattausschnitt der TK 1 : 100 000 zwischen 4 100 m und 4 200 m ü.M., ohne Seen zwischen 3 700 und 4 000 m. Das höchste Karstockwerk hat Seen zwischen 4 350 m (Laguna Lagshacocha) und 4 550 m (Laguna Juitococha). Eine zeitliche Einordnung der Vereisung entzieht sich der Kartenanalyse.

Trotzdem kann in allgemeiner Analogie zu bekannten Verhältnissen angenommen werden, daß im Pleistozän gebildete Gletschermulden in oberen Talschlüssen in den nachfolgenden Formungsphasen dann gänzlich verfüllt wurden, wenn sie aus älteren Eiszeiten stammen. Sie würden dann nicht nur den warmzeitlichen sondern auch den jüngeren kaltzeitlichen Prozessen im Verlanden und Auffüllen ausgesetzt gewesen sein.

Abb. 10: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-k.
hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; Punkt-Struktur-Raster: kultivierte Flächen und Karböden



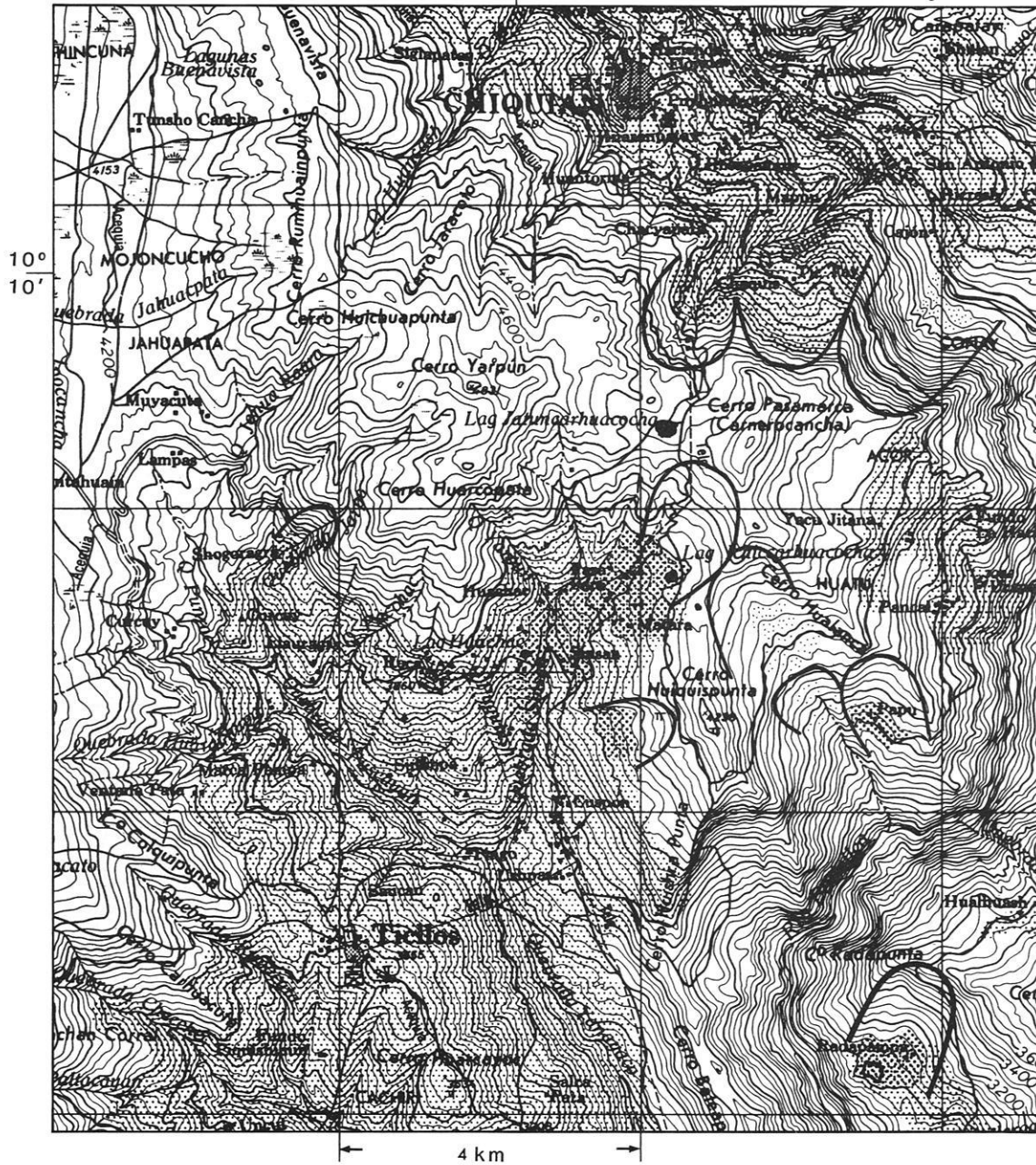


Abb. 11: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-j.
 hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; Punkt-Struktur-Raster: kultivierte Flächen und Karböden

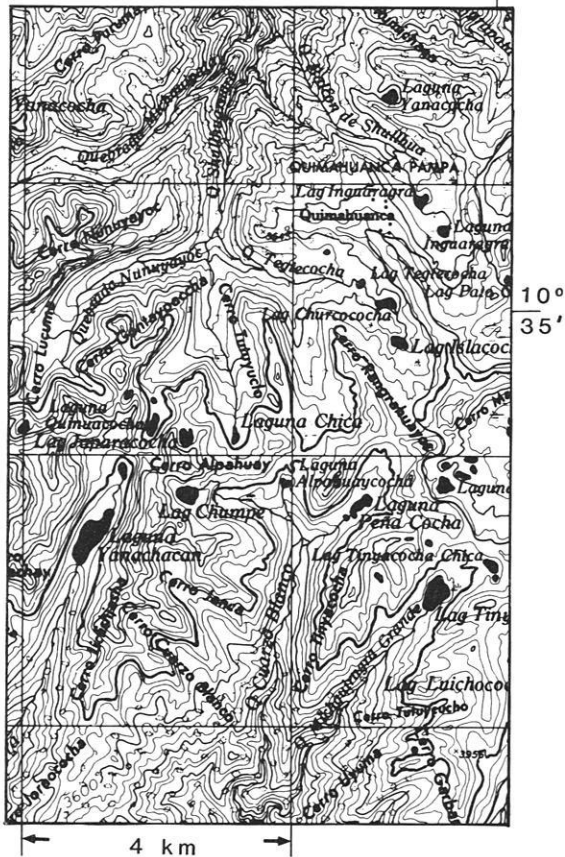


Abb. 12: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 22-I. hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; verstärkte Höhenlinie: 3 800-m-Isohypse; schwarz: Seen

Abb. 16 zeigt einen Ausschnitt aus HOJA 24-m. Im gesamten Blattbereich dieser TK sind Seen in äquatorwärts geöffneter Sonnenmuldenposition schon in 3 700 m ü.M. belegbar (vgl. Tab. 4, S. 111). Daß hier im gefalteten präkambrischen Basement mit paläozoischen Intrusionen, überwiegend Granite und Diorite, ein Ausschnitt gewählt wurde, wo die Sonnenmuldenposition erst in 4 150 m ü.M. einen Karssee verzeichnet, hängt damit zusammen, daß an einer kleinen, isoliert liegenden Aufragung, die strahlungsbedingten Abhängigkeiten bei gleichem Einzugsgebiet eindrucksvoll dokumentiert werden können. Eine karstkorrosive Formung scheidet wegen der Intrusiva aus, eine vulkanische Entstehung der Hohlformen ist zweifelhaft wegen der strahlungsbedingten Höhen- und Größendifferenzierung der Seen. Gletschereis als ehemals exarierendes Agens in den Mulden ist die wahrscheinlichste Annahme zur Entstehung dieser Form.

Aus dem gesamten Blattbereich dieser TK läßt sich eine, an Karböden festgelegte klimatische Schneegrenze um 3 650 m ü.M. ableiten (vgl. Tab. 4, S. 111, Kar Nr. 4 unter

HOJA 24-m). Für die Abb. 17 gilt das gleiche, was soeben zu Abb. 16 gesagt wurde. Sie wird in dieser Dokumentation auch deshalb aufgenommen, um den möglichen Einwand von Singularitäten zu widerlegen.

Abb. 18 zeigt am pazifikseitigen Andenabfall die dort seltener anzutreffende Situation isolierter Rücken und Gipfel. Die Andenwestflanke fällt vom pazifiknahen Altiplano zu den Fußflächen unvermittelt ab als die Ostflanke, die mehrfach gestaffelt in viele, isolierte Kämme und Rücken gegliedert ist. Dies zeigt deutlich die Abb. 1, wo auch diese Abb. 18 verzeichnet wurde. Der Cerro Auquichanca mit den drei strahlungsbedingt in unterschiedlicher Größe und Höhe liegenden Karsseen wird von Süden, Westen, und Norden durch Täler isoliert, so daß hier eine ideale Geländesituation vorliegt. Auch diese Seen stellen Gletscherzungenmulden dar. Daß diese Höhe und benachbarte Flächen letztzeitlich vergletschert waren, erscheint daher sicher.

Abb. 19 belegt ebenfalls die strahlungsabhängige Komponente der glazialen Exaration. Die am Nordrand liegenden Karsseen haben Höhenunterschiede von ca. 300 m von der tieferen Schattenmuldenposition hin zur höheren Sonnenmulde.

An Abb. 20 wird ein weiteres Beispiel aus der 13° 10' S liegenden Ostabdachung der Anden gezeigt. Wie zuvor wurden die Höhen über 4 000 m ü.M. hellgrau markiert. Die oberen, südgeöffneten Talschlüsse zeigen eisgeprägte Karböden, z.T. mit Seen. Die Laguna Tapucabanana im Nordwesten des Ausschnitts hat am unteren See-Ende die eingemessene Höhe von 3 670 m und im höheren, durch eine 150 m messende Steilstufe getrennten Teil des Talschlusses einen weiteren See in 3 900 m ü.M. Zwei zentral gelegene, SW-geöffnete Talschlüsse (punktiert markiert) haben obere Verebnungen um 3 600 m und 3 700 m, und die Seen am Ostrand des Ausschnitts liegen in ca. 3 950 m ü.M. Das direkt nordgeöffnete Kar hat dagegen eine angemessene Seespiegelhöhe von 4 079 m ü.M.

Die Abb. 21–26 und die Abb. 53f und 53j wurden deshalb in der Übersichtskarte 1 vermerkt und in Kap. 5.2 als Detailkarten aufgenommen, um speziell in dem stärker aufgelösten östlichen Bereich der Andenhochfläche über zehn W–E-angeordnete Blätter (Streifen 28 und HOJA 29) mit über 550 km Erstreckung die Belege einer Schneegrenze um 4 000 m zu erhärten.

Das Gebiet in Abb. 25 zeigt einen breiten Sporn der Hochfläche, wo nur die Täler bis auf 3 800 m eingetieft sind. Der Ausschnitt liegt in dem Bereich, der von HOLLIN & SCHILLING (1981) als wisconsinzeitlich vereist eingestuft wurde. Daß es hier schwerer ist, Kare unterhalb 4 000 m auszuweisen, ist verständlich. Daß der gesamte Blattbereich von HOJA 29-ñ vereist gewesen ist, wird bei der Seenfülle (über 70) auf den Hochflächen deutlich (vier Seen haben Flächengrößen über 1 km² bei Höhenlagen zwischen 4 200 m und 4 300 m ü.M.). Das in Tab. 4, S. 120

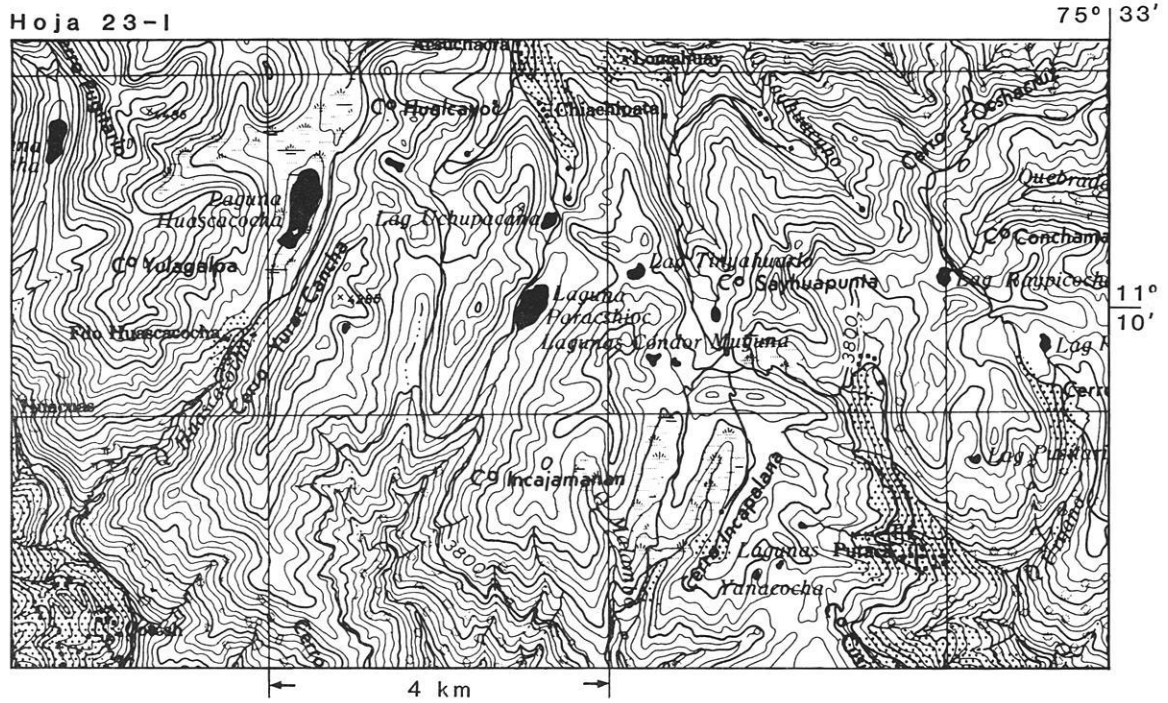


Abb. 14a

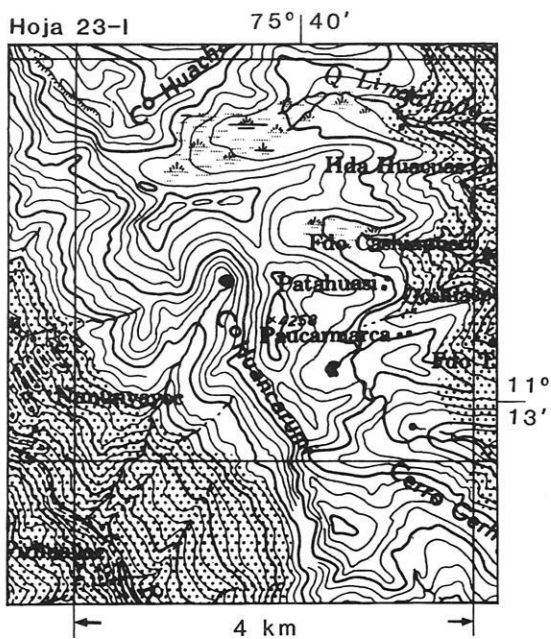


Abb. 14b

Abb. 14:
Ausschnitte aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 23-I.
hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.

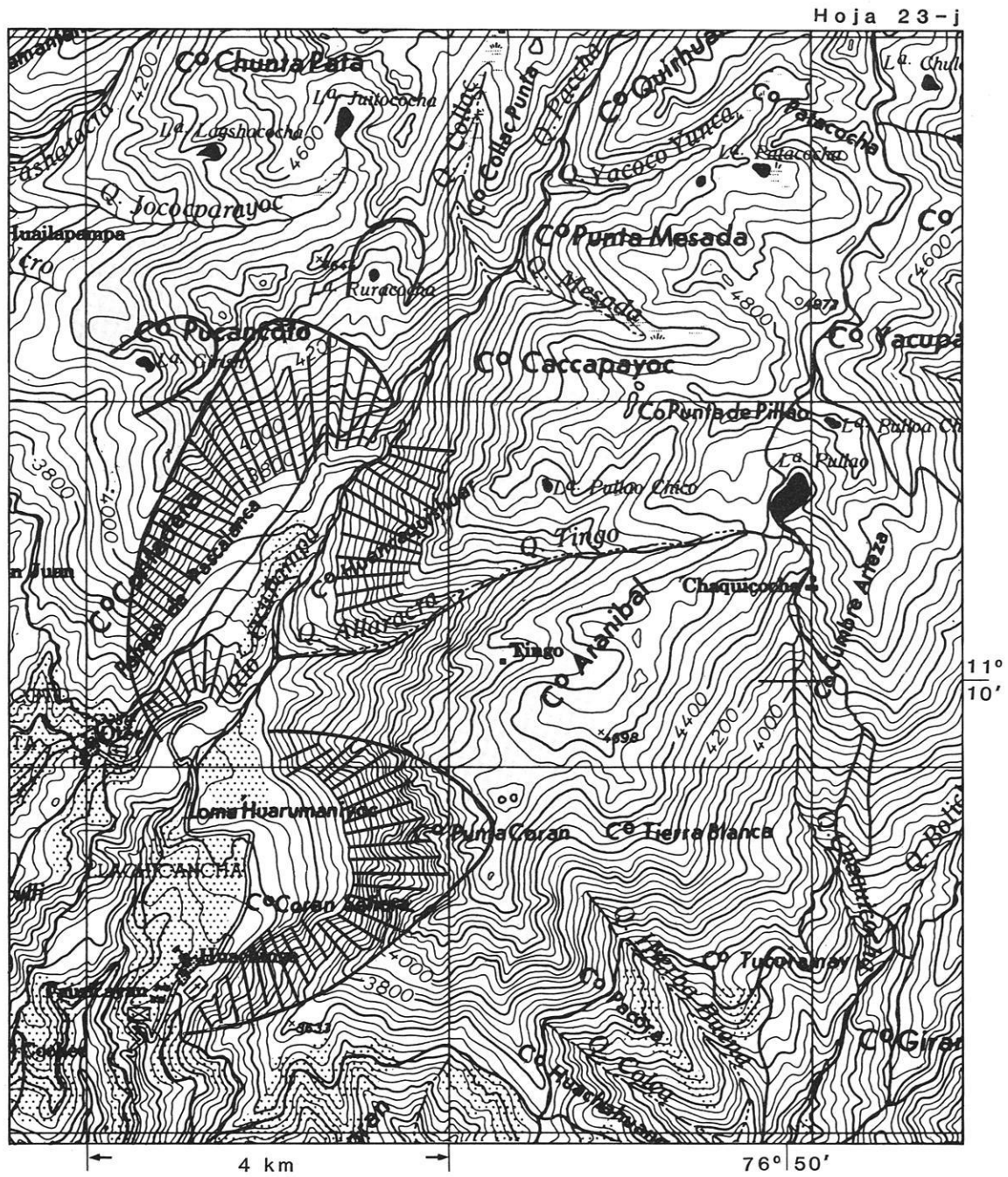


Abb. 15: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 23-j.
 hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m ü.M.; Schraffur: eisgeprägte Talschlüsse

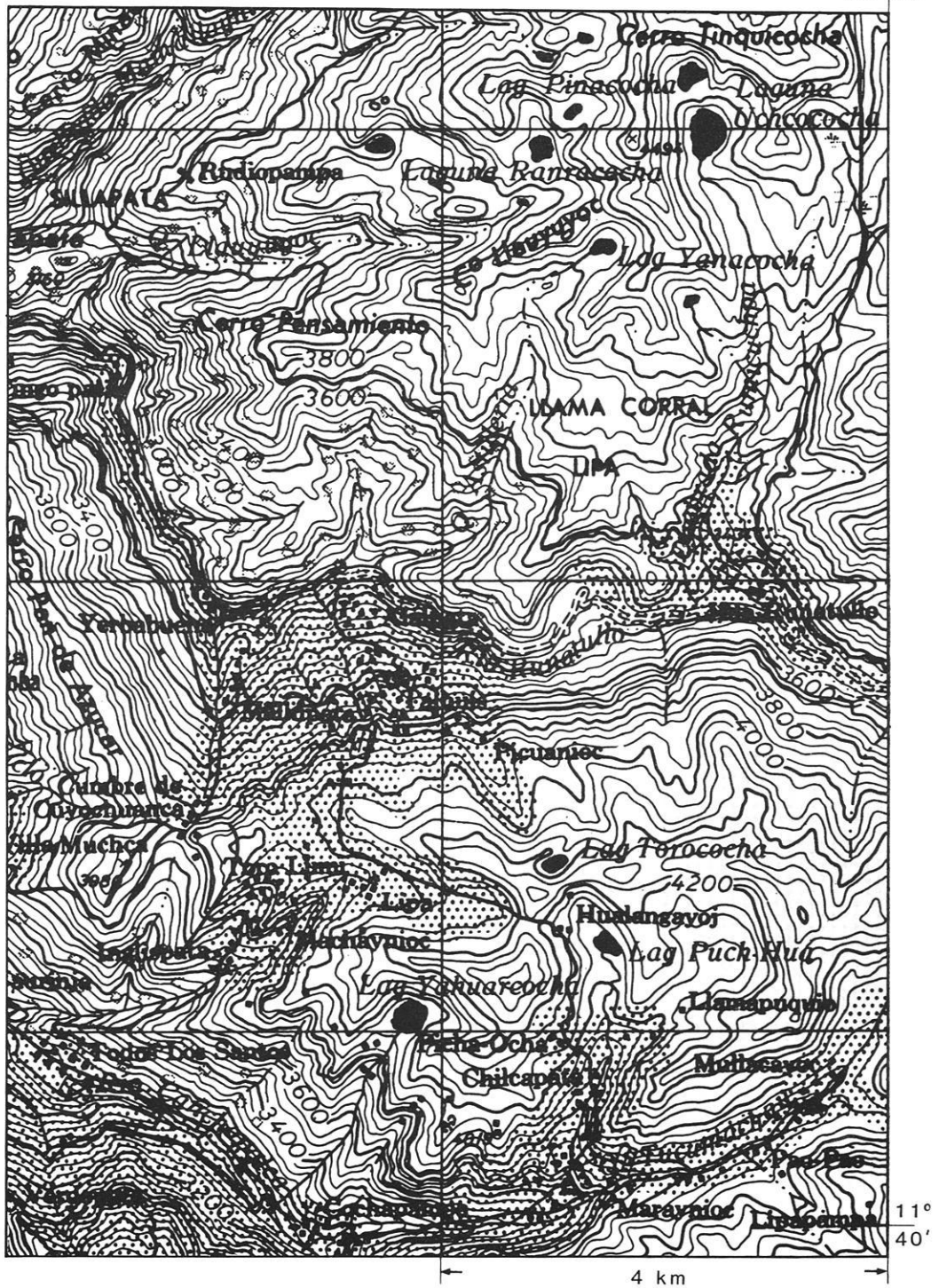


Abb. 16: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 24-m.
 hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen in Karmulden

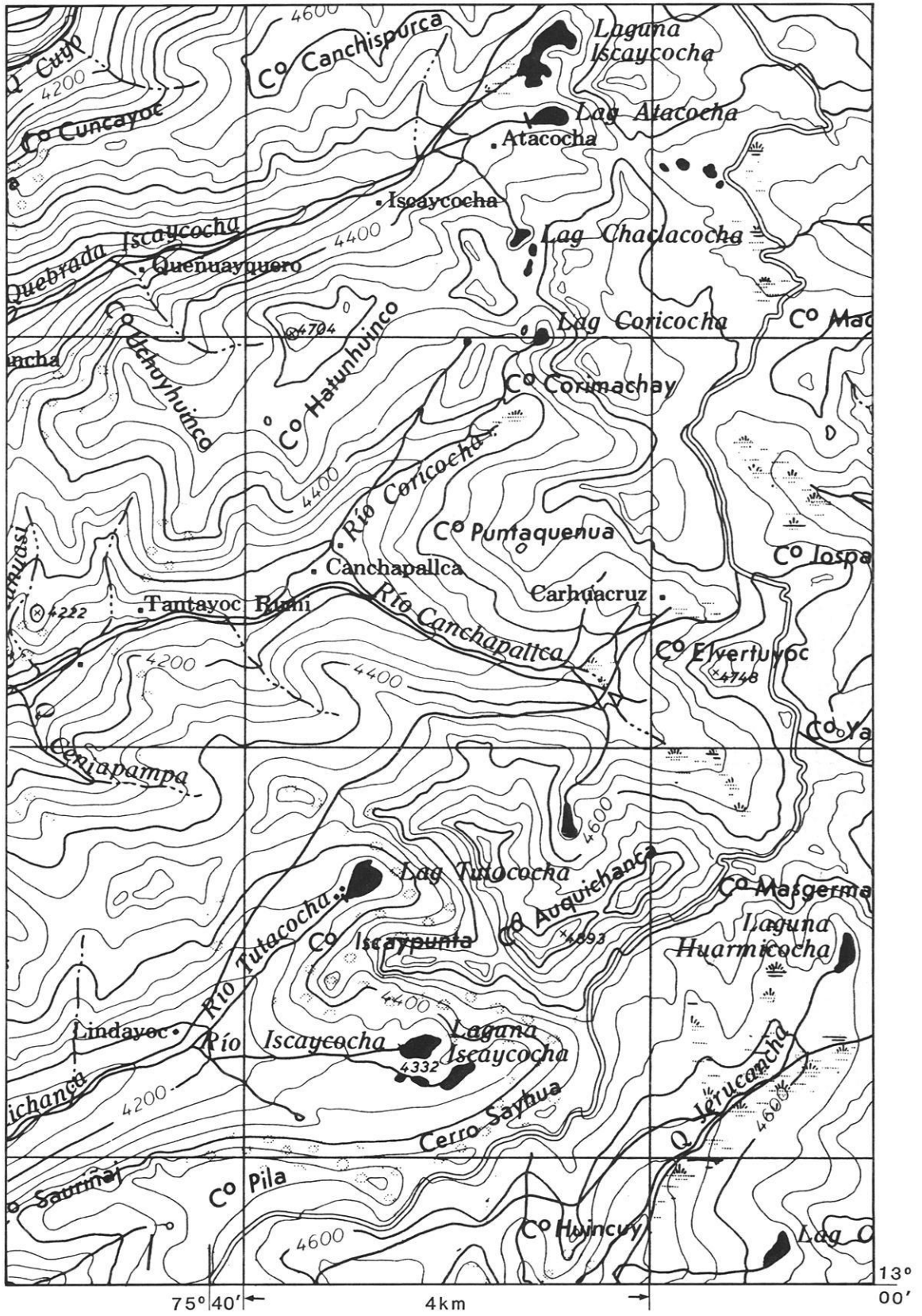


Abb. 17: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 25-n (oben).

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen in Karmulden

Abb. 18: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 26-1 von der pazifikseitigen Westabdachung der Anden (rechts).

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; grau: Flächen oberhalb 4 400 m ü.M.; schwarz: Seeflächen



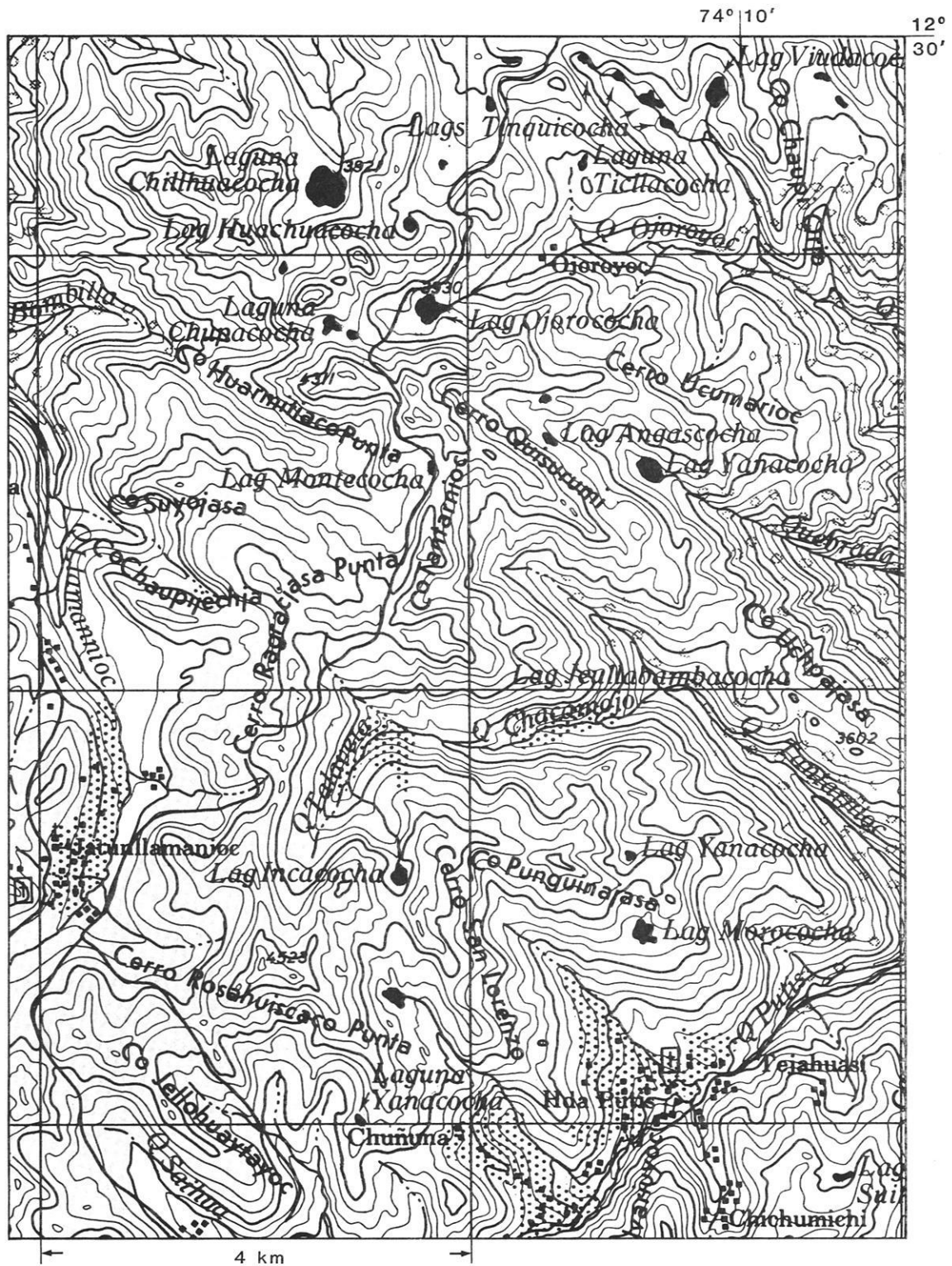
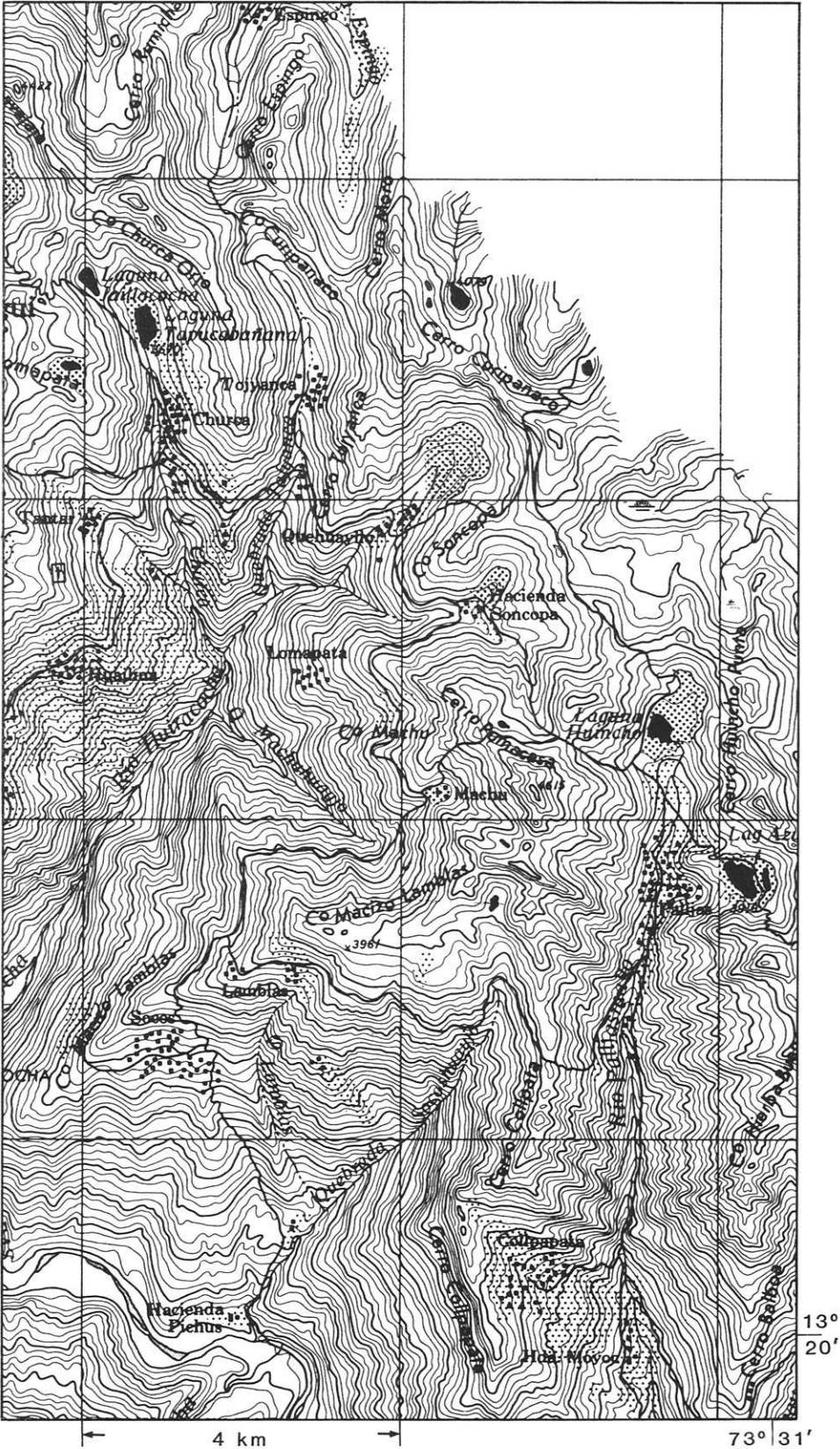


Abb. 19: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 26-n (oben).
 Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; grau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen in Karmulden

Abb. 20: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 27-o (rechts).
 Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seeflächen, zumeist in Karmuldenlage
 (in Auswahl stärker punktiert)



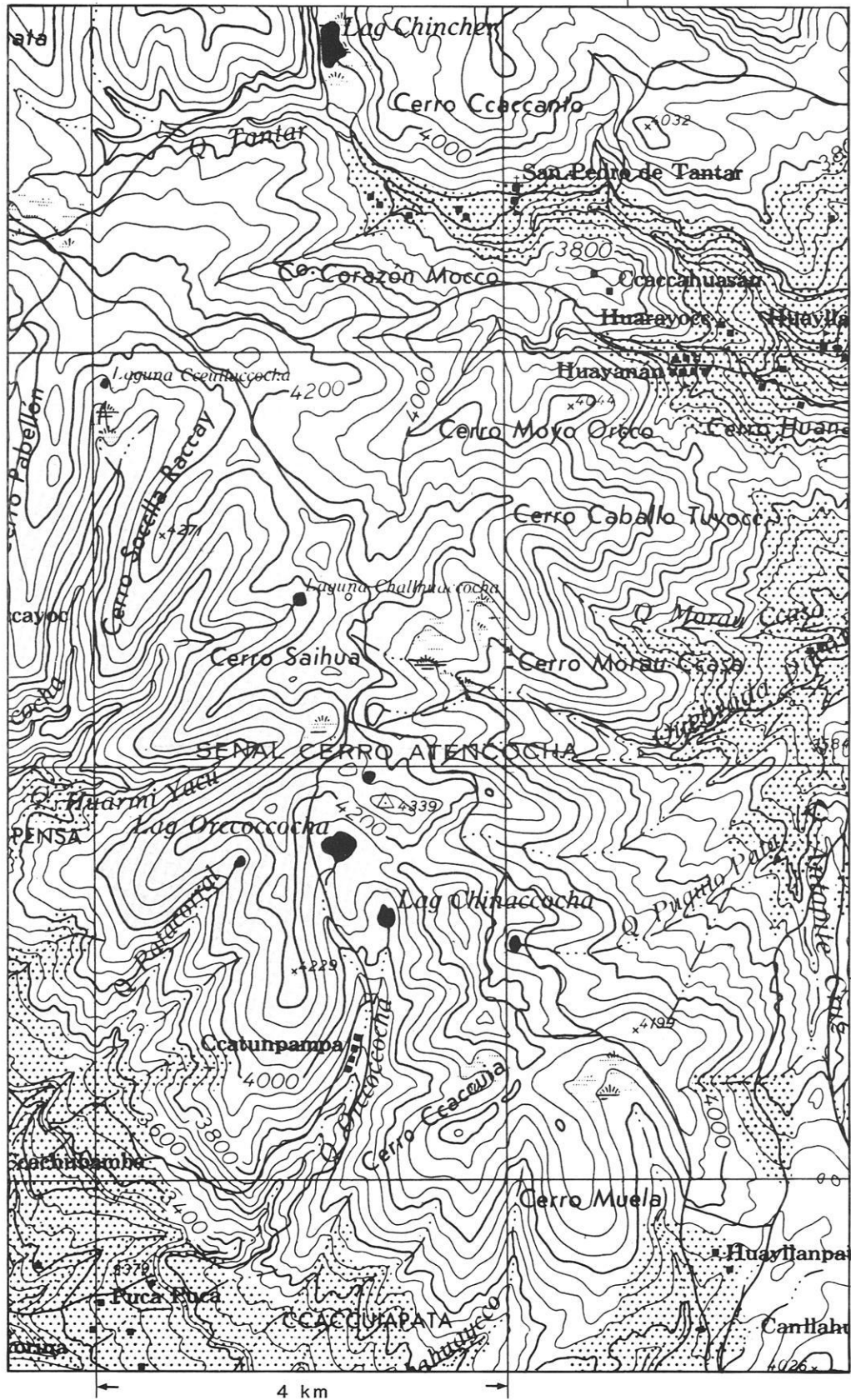


Abb. 21: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-o.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seeflächen, zumeist in Karnuldenlage

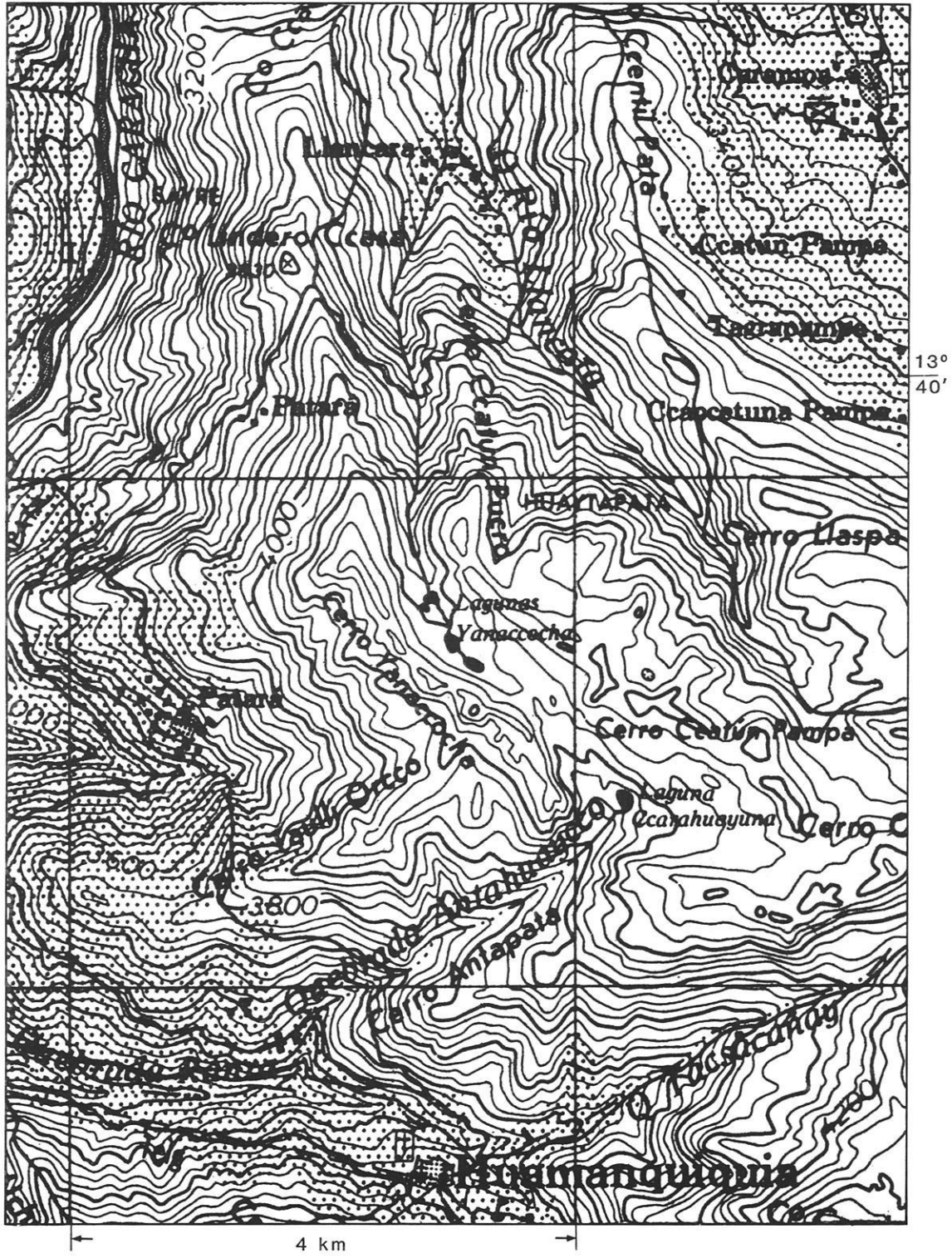


Abb. 22: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-n.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seeflächen in Karmulden

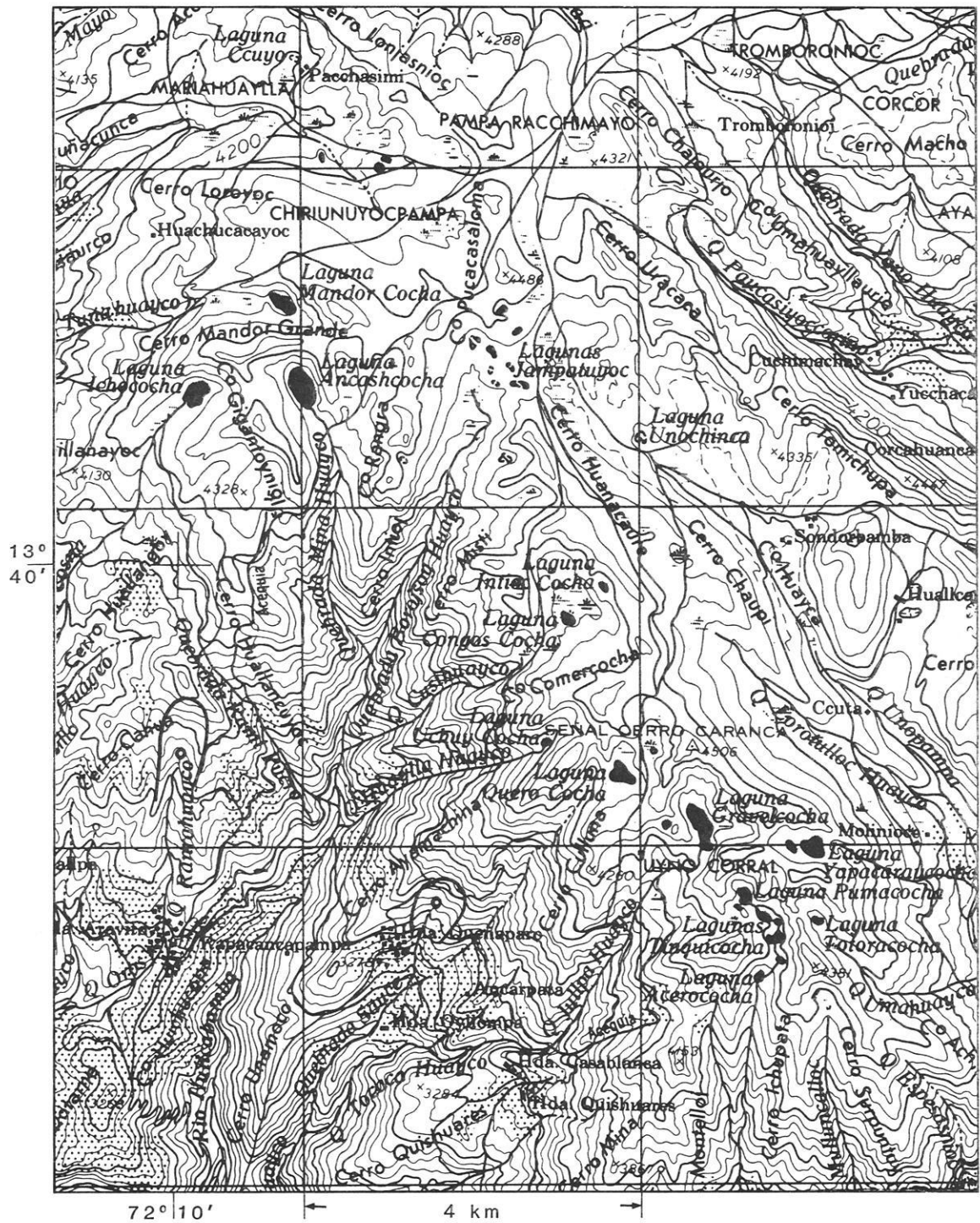


Abb. 24: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-r.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m ü.M.; schwarz: Seeflächen, zumeist in Karmuldenlage

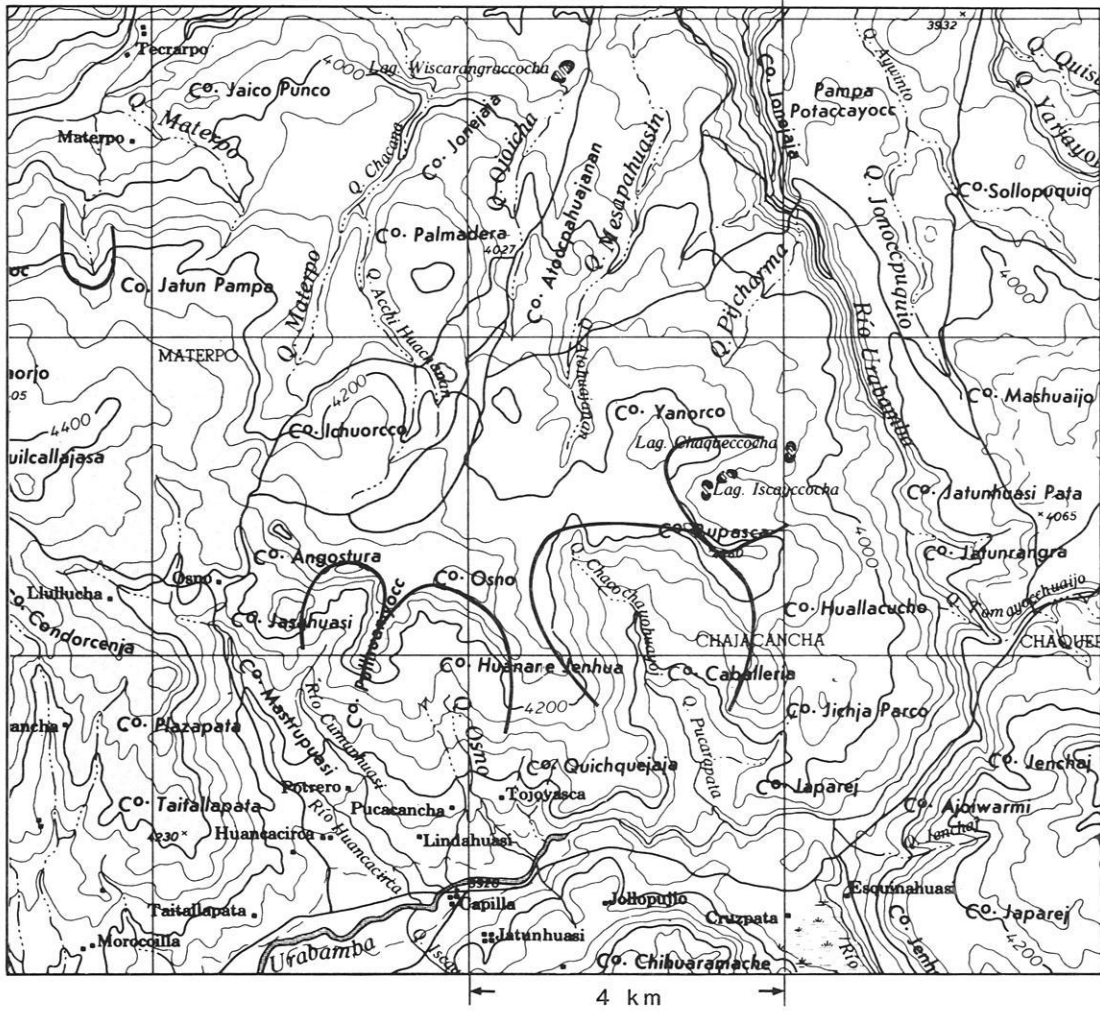


Abb. 25: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-n̄.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m ü.M.; Schraffur periodisch wasserführende Seen

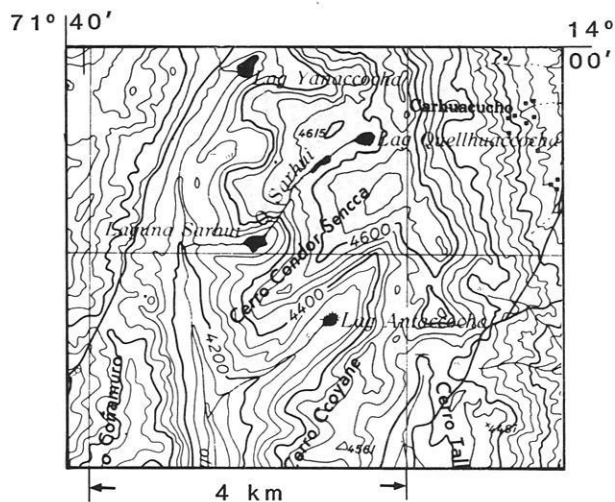


Abb. 26a:

Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru (HOJA 29-s).

hellgrau: Flächen oberhalb 4 400 m ü.M.; schwarz: Seeflächen in Karnmulden

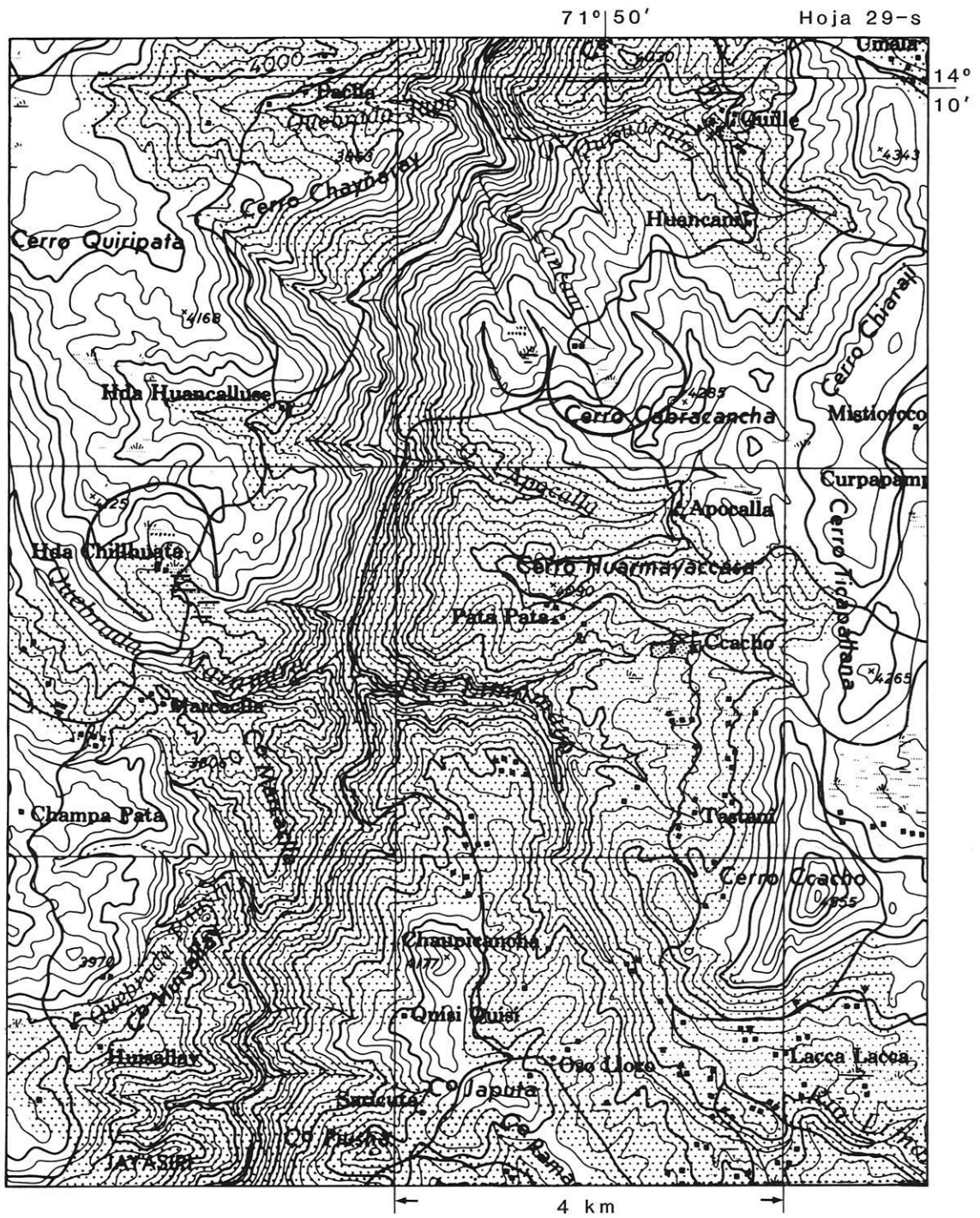


Abb. 26b: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-s.
 hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.

Die Abb. 27 von der pazifikseitigen Flanke wurde um Eintragungen ergänzt, die der geologischen Kartierung gleichen Maßstabs entnommen wurden. Danach sind die Talschlüsse der zum Pazifik weisenden Flüsse mit fluvioglazialen Sanden, Kiesen und Schottern zwischen 3 700 m und 3 900 m ü.M. verfüllt. Diese Sedimente sind in den oberen Talschlüssen der jungpleistozänen Vulkanite des Cerro Achataihua (SE-Ecke der Abb. 27) nicht kartiert worden. So wie die Vulkane des Altiplano in Abb. 72 zeigt auch diese Auftragung lehnsesselartige Formen, die nach SW geöffnet sind.

Bei dem auf Blatt 31-o liegenden See Parinacochas (vgl. Abb. 1) mit über 67 km² Wasserfläche dürfte die jüngere Prägung auch aus der jungpleistozänen Vereisung mit ableitbar sein. Dafür spricht auch die Ausformung oberer Talschlüsse 50 km nördlich des Sees (vgl. Abb. 50), wo oberhalb 4 000 m ü.M. große, pazifikseitig tributäre Nährgebiete liegen, die bis zum südlichen Hochflächenrand reichen. Abb. 52 bildet die 20 km südlicher gelegene Region mit Karen um 3 600 m ü.M. ab. Der direkt östlich des Sees Parinacochas gelegene Nevado Sara Sara hat nach JORDAN (1985) oberhalb 5 500 m eine rezente Eiskappe von ca. 5 km². Die nach der geologischen Karte gleichen Maßstabs ins Holozän eingestuft jungen Alluvionen der Seerandauffüllungen um die Laguna Parinacochas bedecken weitere 70 km² des ursprünglich doppelt so großen Seebekens.

Der Kartenausschnitt der Abb. 28 umfaßt den Rand des Altiplano dort, wo die großen Flüsse zwischen 73° 30' W und 71° 00' W ihre größten Einzugsgebiete haben. Der Kartenausschnitt ist deshalb von Interesse, weil er an den, von Flüssen weit in die Hochfläche hineingeschnittenen Talflanken auch expositionsabhängige Höhenunterschiede zeigt. Die Kar-, Hang- und Talformung deutet auch auf eine jungpleistozäne Eisfüllung dieses Rio-Colca-Tales hin, die von hier aus noch mindestens 80 km bis zur Position der Abb. 58 gereicht haben dürfte. Aus Karen in Höhen um 4 000 m ü.M. (z.B. am Westrand der Abb. 28) läßt sich eine Schneegrenze ableiten, die ein Nährgebiet im Einzugs der Rio Colca von 9 100 km² umfaßt haben dürfte, so daß sich bei einer 80 km langen Talgletschereisfüllung ein Nährgebiets-Flächenverhältnis von über 6,5 : 1 ableiten läßt.

Westlich im Talsystem des Rio Ocoña zeigt Abb. 57 vergleichbare Verhältnisse, so daß auch Abb. 84 (mit Eintrag in Abb. 1) aus dem unteren Abschnitt dieses Tales mit in die Vereisungsbetrachtung einbezogen werden kann. Die Ausformung des Hochflächenrandes aus dieser, heute trockenen Region wird weiter über die Abb. 53a, 53b, 53d und über die Darstellung in Abb. 51 verdeutlicht.

Auch die Abb. 29 stellt eine Region dar, die durch ihre Leelage als trocken gilt. Die hier verzeichneten Kare zwi-

schen 4 140 m und 4 220 m in Ufernähe des Titicacasees belegen die jungpleistozäne Vergletscherung.

Für diese Hochflächenregion im Lee der Ostkordillere benennt KESSLER (1985) zum Spätpleistozän (13 000–10 000 BP, nach HEINE ist dies hier die Zeit der tiefsten Schneegrenze und Gletscherausdehnung der letzten Eiszeit, vgl. auch Abb. 56) eine Schneegrenzdepression von maximal 300 m, woraus er eine Temperaturemiedrigung von lediglich 3 K ableitet. Mit diesem Wert werden Modellberechnungen zum Verdunstungsrückgang und zur Lebensdauer der Seen während der Taucasee-Phase vorgenommen. Da benachbarte Berge im Lee des Altiplano direkt am Titicacasee mit Gipfeln um 4 800 m (Karte von La Paz 1 : 25 000, Serie 19-3) heute nicht vergletschert sind, ist zu den Karen der Abb. 29 eine mindestens doppelt so hohe Schneegrenzdepression ableitbar, was gegenüber KESSLER (1985) auch einen doppelt so hohen Verdunstungsrückgang für das Spätglazial bedeuten würde.

Die Position von Abb. 29 und die folgenden Abb. 30–36 sind in der Übersichtskarte 1a vermerkt. Die dokumentierten Kare wurden in Tab. 4, S. 122 und S. 123 aufgelistet. Auch hier ist eine Schneegrenze unter 4 000 m über die strahlungsbedingte Größen- und Höhendifferenzierung der Karmulden ableitbar. Auf Abb. 31 wird in den Kap. 5.3 und 5.4 gesondert eingegangen. Daß hier keine Singularitäten aus nur einem Tal vorliegen, veranschaulicht Abb. 33. Verfolgt man die 3 500-m-Linie aus dem westlichen Kar weiter nach Osten, so zeigt schon das benachbarte Tal höhengleich um 3 500 m eine längliche Karbodenverflachung und am Ostrand des Ausschnitts ist in gleicher Höhe abermals ein See verzeichnet. Dieser liegt an einem Rücken, der nicht über 3 725 m aufragt. Daher wird die pleistozäne Schneegrenze unter 4 000 m abgeleitet. Gleiches gilt für die Belege der Abb. 34–36.

Eine zusammenfassende Betrachtung zu Kap. 5.2 erfolgt auch unter Einbeziehung der in der Dokumentation aufgenommenen Abb. 74, 77, 78, 79, 80, 85 und 86. All diese Belege sind auch Grundlage der Abb. 56, wo getrennt für die West- und Ostflanke der Anden die pleistozänen Schneegrenzlagen eingetragen wurden. Ihr ist zu entnehmen, daß zwischen 10° S und 14° S nach den bislang vorgelegten Karbodenhöhen die pleistozäne Schneegrenze in den Ostkordilleren um 300–500 m niedriger gelegen hat als an der Westabdachung. Zwischen 14° S und 17° S besteht dieser Unterschied nicht. Dies wird später noch detaillierter auch damit begründet, daß hier im pazifikseitigen Andenabfall Flußeinzugsgebiete liegen, die in der Westabdachung dieser Region die größten sind (Rio Ocana, Majes, Colca). Sie greifen breit und tief in den Altiplano ein und bilden Zugbahnen für den Feuchtetransport.

Auch wird hier der aufgeschlitzte Rand des Altiplano durch die höchsten, noch heute vergletscherten Berge aufgebaut.

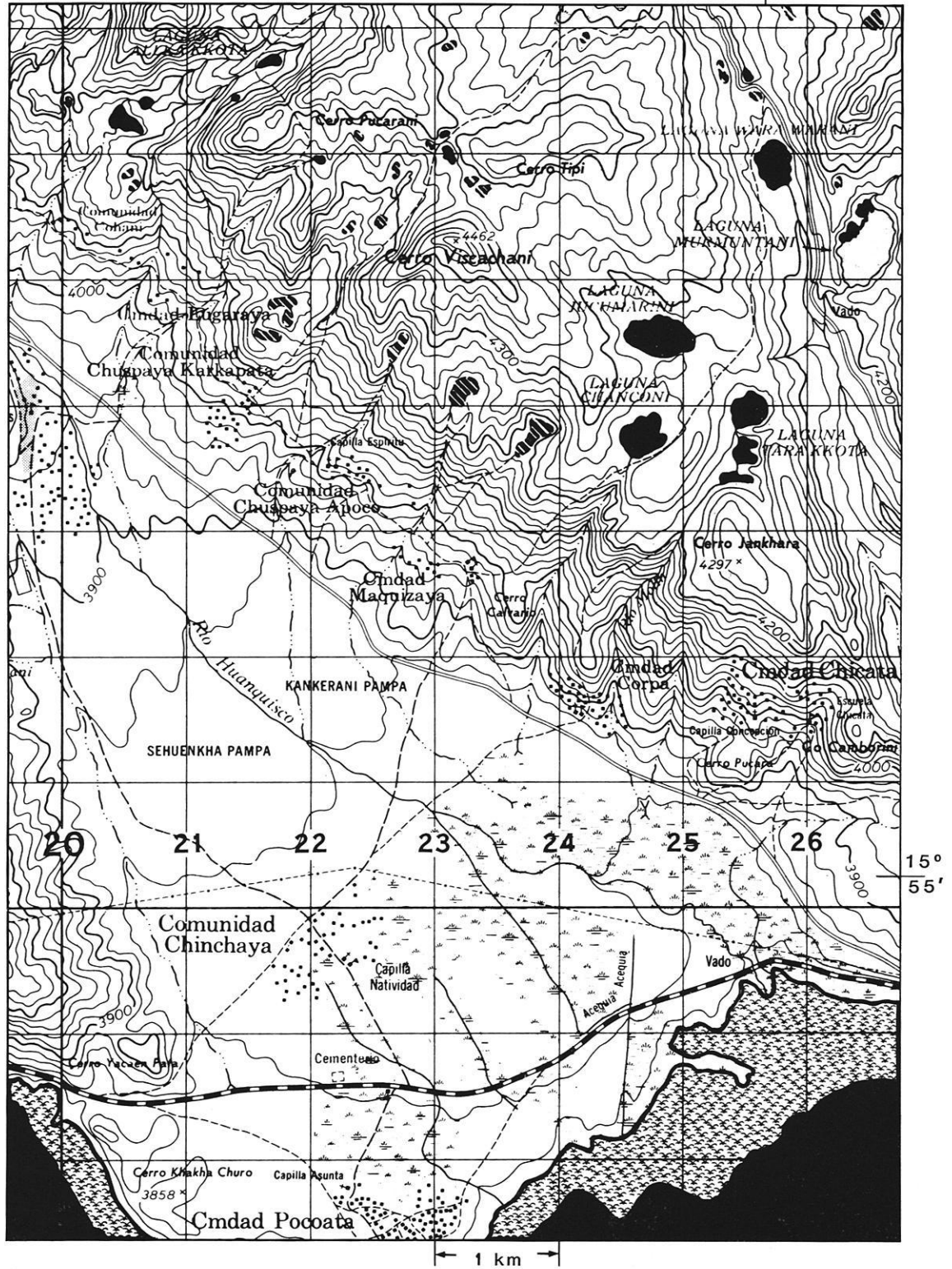
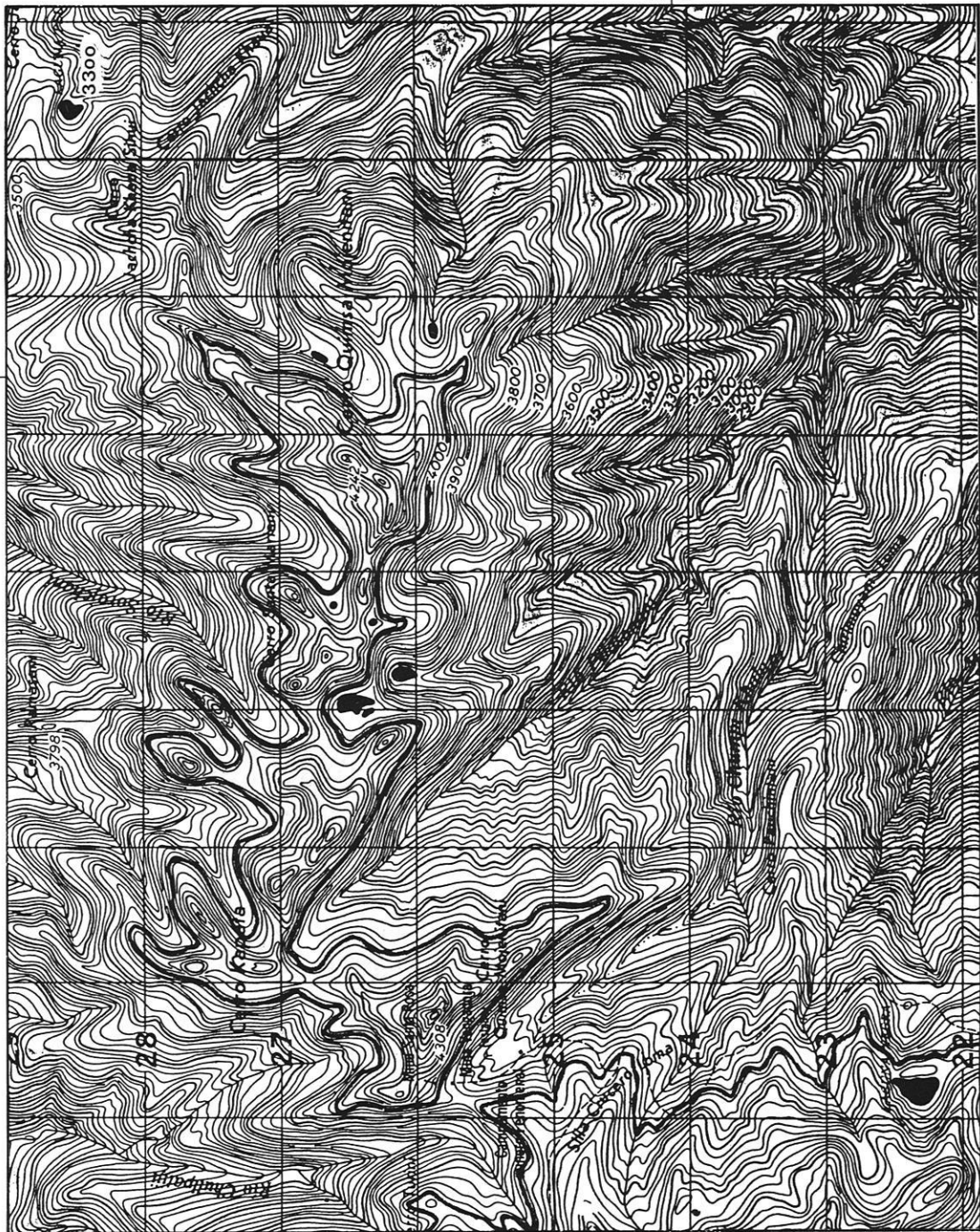


Abb. 29: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, HOJA 5846 III, vom Nordufer des Titicacasees.
Äquidistanz der Höhenlinien: 20 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m ü.M.; schwarz: Seeflächen; schraffiert: periodisch wasserführend

68° 05' Hoja 5945 I



16°
04'

Abb. 30:
Ausschnitt aus der TK 1:50 000
von Bolivien, Blatt ZONGO, HO-
JA 5945 I.
Äquidistanz der Höhenlinien:
20 m; hellgrau: Flächen oberhalb
4 000 m ü.M.; schwarz: Seeflä-
chen, zumeist in Karmulden gele-
gen

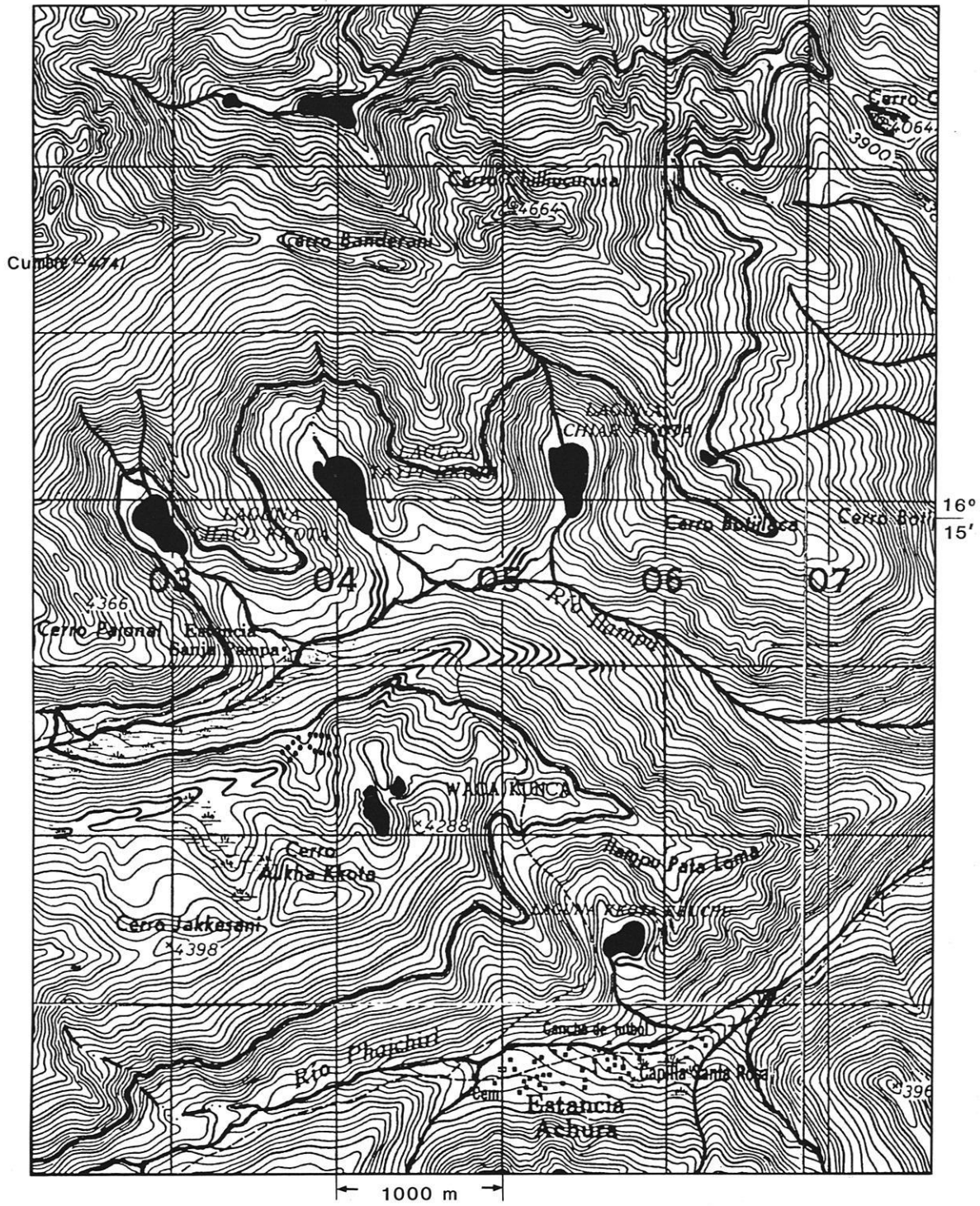


Abb. 31: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, HOJA 4945 II und HOJA 6045 III.
 Äquidistanz der Höhenlinien: 20 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seeflächen, zumeist in Karmulden gelegen; punktierte Linien: Endmoränen im sonnengeöffneten Karboden am Hangfuß des Cerro Anka Kkota

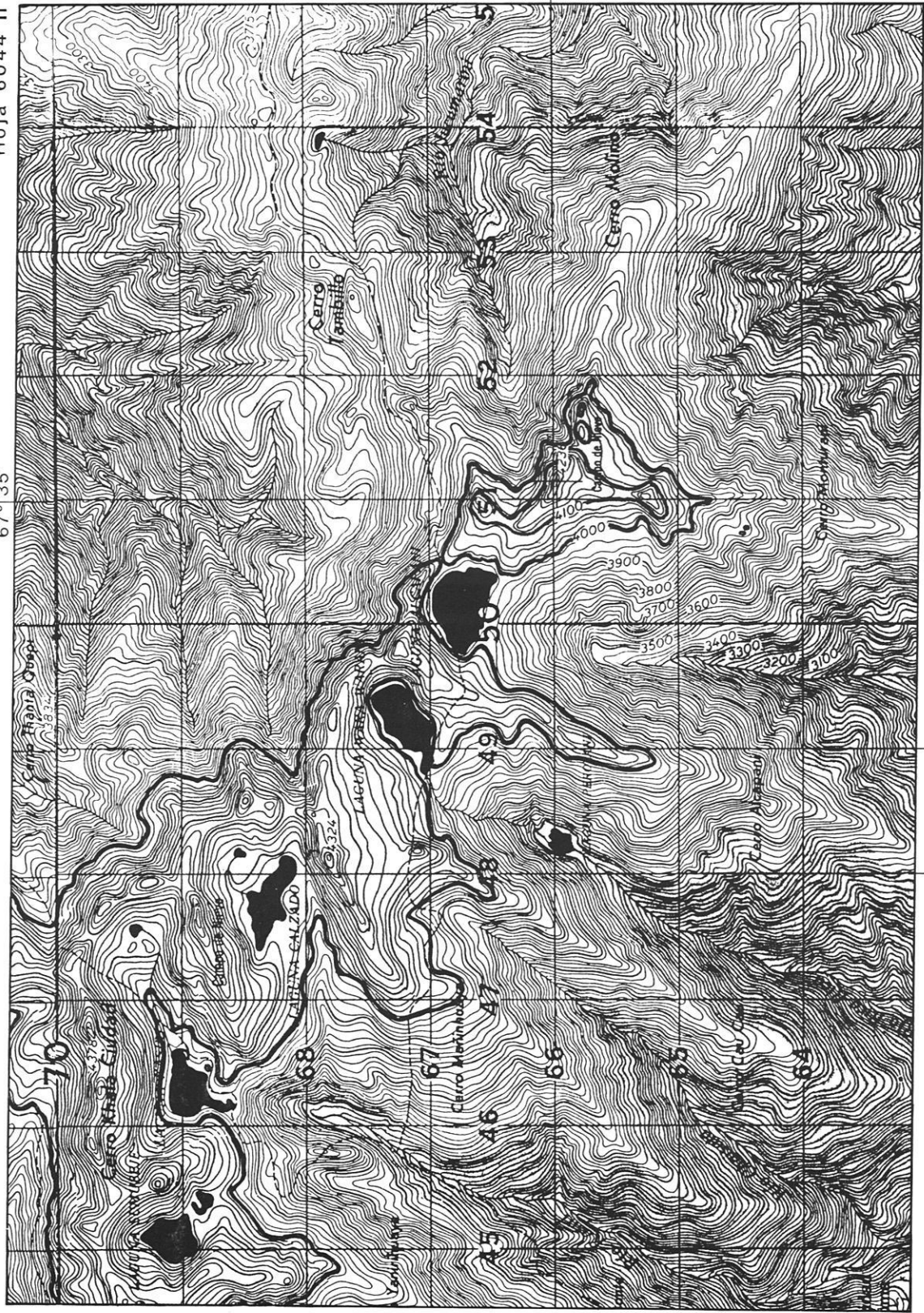


Abb. 33: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt LAMBA TE, HOJA 6044 II.

Äquidistanz der Höhenlinien: 20 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seeflächen

1 km

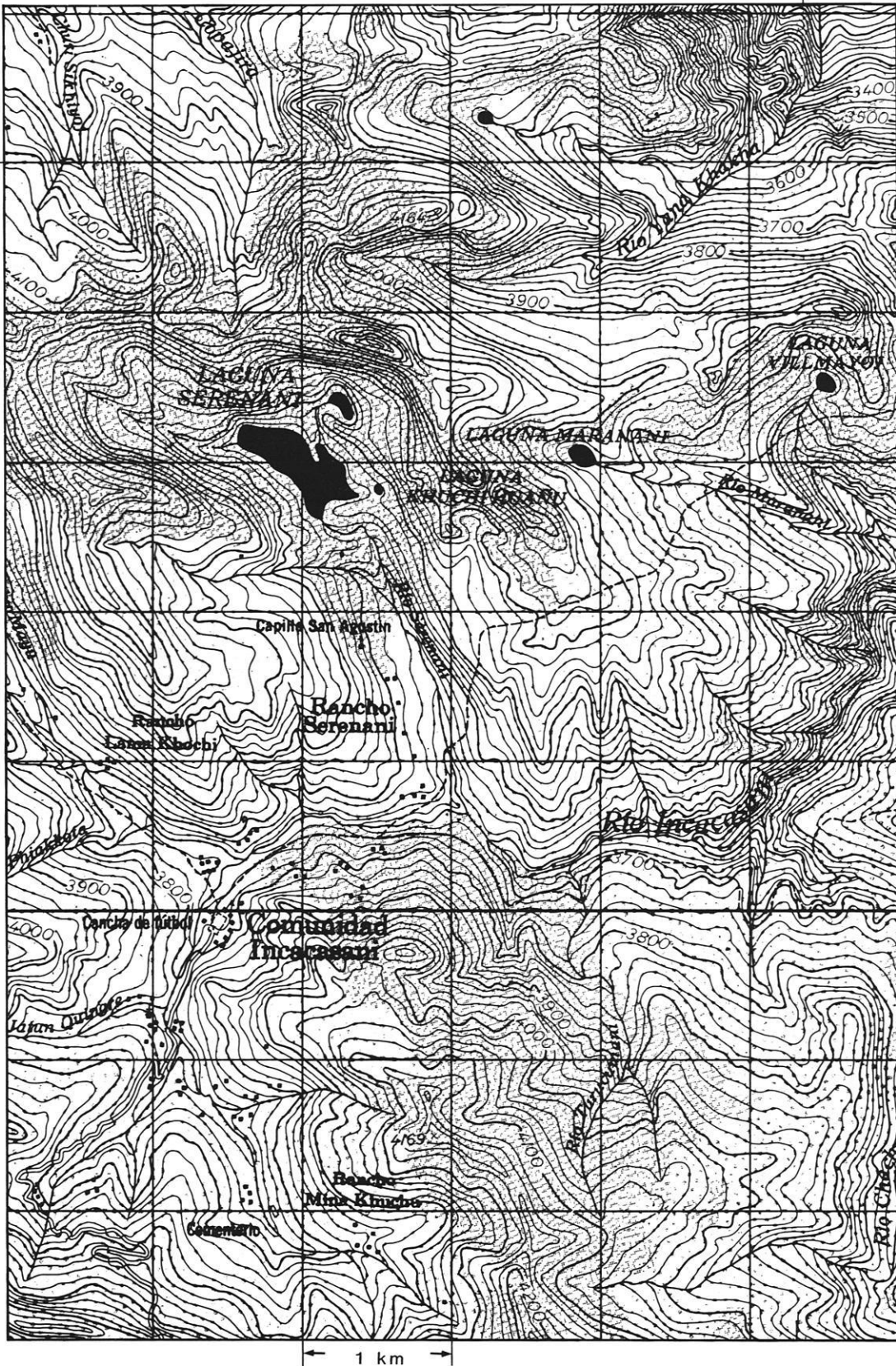


Abb. 34: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt COMUNIDAD INCACASANI, HOJA 6343 IV.
 Äquidistanz der Höhenlinien: 20 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen

In diesem Zusammenhang sei auf die großen pleistozänen Alluvionen der Fußflächen dieses Gebietes verwiesen und auf die von SCHWELLER et al. (1981) erarbeitete, landgesteuerte Verfüllung des Peru-Chile-Grabens. Danach liegen in diesem Graben zwischen 12° S und 27° S keine festländischen Sedimente, was ABELE (1988) als Beleg für die pleistozäne Trockenheit der Andenwestflanke deutet. Doch ist interessant, daß nach SCHWELLER (ebenda) zwischen 16° 30' S und 18° 30' S eine 1 000 m mächtige, vom Festland stammende Verfüllung erreicht wird (SCHULZ 1989b, Abb. 5). Dies ist der Bereich weitester und bedeutendster Talweitungen und Aufschlitzungen des Altiplano, hier liegen zwischen 10° S und 20° S seine höchsten Ränder, größte Einzugsgebiete von über 50 000 km² oberhalb 4 000 m und auf den Fußflächen die größten und mächtigsten pleistozänen Alluvionen. Dies korrespondiert mit Ka-

ren zwischen 3 300 m und 4 000 m ü.M. weshalb eine glazigene Genese der Alluvionen möglich erscheint. Im Vergleich zu den Angaben bei HEINE (1977), HASTENRATH (1971) oder MARCINEK (1985) lag die Schneegrenze um 500–1 600 m tiefer. Aber auch zu den Einzelangaben NOGAMIS (1976) (vgl. Diagramm Abb. 56) ergeben sich partiell Differenzen bis zu 1 300 m für die Westabdachung und um 600 m für die Ostabdachung.

Darüber hinaus zeigt der Blick auf die Abbildungen 1 und 1a, daß die tiefere Schneegrenze der Ostabdachung in der Vereisungsannahme gegenüber HOLLIN & SCHILLING (1981) die größte Flächenerweiterung erfährt, die damit letzteiszeitlich von Gletschern bedeckte Fläche hat im Blattbereich der Abb. 1 und 1a mindestens eine Größe von 250 000 km² gehabt.

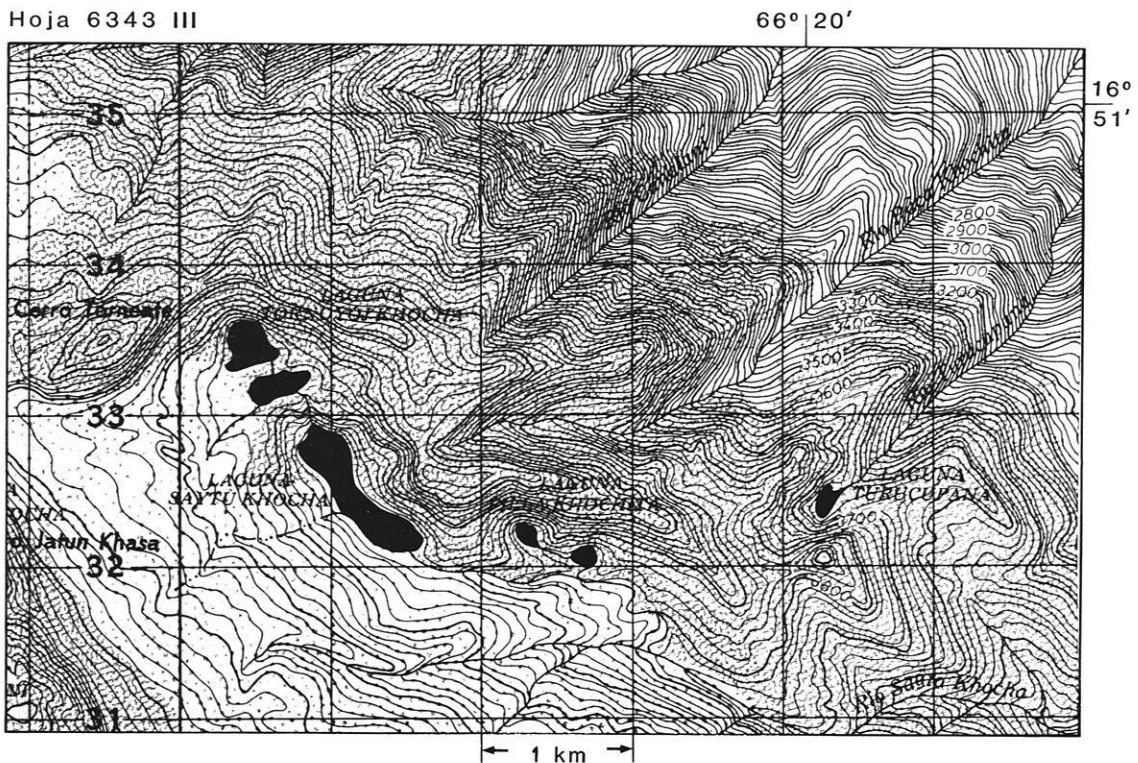


Abb. 35: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt ALTAMACHI, HOJA 6343 III. Äquidistanz der Höhenlinien: 20 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen

5.3 Beispiele einer kleinräumigen Luftbild- und Kartenauswertung

Die vorgestellte Kar-Analyse der Abb. 10–36 wird mit weiteren Arbeitsmethoden erhärtet. Vor der Auswertung von Luftbildern und der Geländebegehung wurde die Abb. 31 als Prüfgebiet ausgewählt, um die vorab hergestellte Karteninterpretation zu verifizieren.

In Abb. 31 werden die Flanken zweier W–E-streichender Rücken durch Kare mit Seen im Karboden untergliedert.

Die nach Süden weisende Schattenflanke des nördlichen Rückens trägt drei Seen, wovon der östlichste in einer Seespiegelhöhe um 3 670 m liegt. Auch der südlichste See an der Schattenflanke des südlichen Rückens hat die gleiche Seespiegelhöhe von 3 670 m, wobei die 3 680-m-Linie deutlich eine wallartige Talquerverbauung aufweist. Demgegenüber liegen die beiden Seen an der äquatorwärts weisenden Sonnenflanke diese Rücken in 4 160 m ü.M. Und in der E-geöffneten Talschlußmulde, nach JORDAN (1985) eine Lage mittlerer Eisbildungsgunst im Unterschied zur vollen Schattenposition an den südpolseitigen Flanken bzw. den vollen Sonnenpositionen auf den äquatorwärtigen Flanken, liegt der Seespiegel in ca. 4 010 m ü.M.

Die expositions- und damit strahlungsbedingte Höhendifferenzierung entsprechend den Messungen an rezenten Gletschern dieser Region wird voll bestätigt. Dies gilt auch für die Größenverhältnisse, wobei in den polwärts geöffneten Schattenmulden die drei größten Karsen liegen. Diese drei Seen entwässern zum Rio Ilampu, der im Bereich der ehemaligen Kargletscherzuflüsse einen breiten Trogtalboden besitzt. Dieser breite, flache Talboden hat im Längsgefälle markante Steilstufen, welche direkt östlich der Gitterzahl 04 und bei der Gitterzahl 05 am deutlichsten zu erkennen sind. Dort, wo der ehemalige, von West nach Ost fließende Hauptalpgletscher im Tal des Rio Ilampu durch die ehemaligen Kargletscherzungen einen Zugewinn an Eis und Gestein aus dem recht nahen Liefergebiet der steilen Karumrahmungen erhielt, ist über die 40–60 m hohen Gefällstufen im Haupttalboden eine Steigerung der Erosionsleistung ablesbar. Dieses Korrespondieren von Stufen im Längsgefälle des Haupttales mit dem Austritt der ehemaligen Kargletschereismasse ins Haupttal ist ein zusätzlicher Beleg für die eisgenetische Prägung der Seebecken in den oberen Talschlüssen. Im glazialerosiven Formenschatz ist die Aussage eindeutig, bei mutmaßlich akkumulativen Formen dagegen nur über Gelände-prospektion zu beweisen. Ein solches Beispiel ist der Abb. 31 an der äquatorwärtigen Seite des südlichen Rückens zu entnehmen. Diese Flanke hat flache Bereiche mit Mulden, die vermoort sind. Am nordöstlichen Rand dieser Flankenfläche direkt an der oberen, südlichen Talkante des Rio Ilampu ist der Fläche ein

ca. 4 km langer, W–E-streichender, schmaler Wall von max. 20 m Höhe aufgesetzt. Er beginnt aus dem Hang in 4 200 m am Westrand der Karte herauszuwachsen. Im hinteren, durch den Wall abgedämmten Bereich liegt eine Feuchtstelle. Ist dieser Wall am westlichen Anfang dem Hang angegliedert und noch recht niedrig (zwischen 0 m und 5 m hoch), so erreicht er an der östlichen Spitze der 4 200-m-Linie seine maximale Höhe von rund 20 m, die er bis zur 4 180-m-Linie beibehält. Weiter ostwärts begrenzt dieser weiter an der oberen Talkante verlaufende Wall eine südlich durch die 4 160-m-Linie umgrenzte Feuchtstelle. Das den Höhenlinien entnehmbare Ende dieses Walls wird durch die 4 100-m-Linie markiert. Es ist im Sinne einer integrativen Karteninterpretation unter vergleichender Betrachtung analoger, bekannter Formengemeinschaften glazialer Prägung im Hochgebirge zu vermuten, daß hier eine Seitenmoräne eines ehemaligen Hauptalpgletschers liegt. Dies ist beweisfähig jedoch nicht über reines Höhenlinienstudium zu belegen. Hier, im glazialakkumulativen Bereich ist der Einblick in die Sedimentinhalte unerläßlich. Damit belegt diese Abb. 31, daß Kartenanalyse nicht nur physisch-geographische Belege einer eisgenetischen Prägung oberer Talschlüsse erbringen kann, sondern zu Gelände-prospektion geradezu herausfordert.

Die vor der Geländebegehung verfügbaren Luftbilder im Maßstab von ca. 1 : 40 000 bestätigten die Karteninterpretation (vgl. Abb. 37) und erbrachte weitere Details. So ist in Abb. 37 zu erkennen, daß die drei großen Karsen bis zum Haupttal hin vielfach hintereinander gestaffelt verbaut sind mit halbrunden Wällen, die eine regelhafte Ablagerung mit Lockenmaterial – vermutlich endmoräner Entstehung im schrittweisen Eisrückzug – bis 3 600 m herabreichend belegen. Und auch der an der oberen südlichen Talkante der Rio Ilampu auf ca. 4 km Länge nach den Höhenlinien der Abb. 31 ausgewiesene, ca. 20 m hohe Wall ist dem Luftbild in gratartiger Zuspitzung entnehmbar. Die eng zerrunsten Hänge zeigen im Vergleich zum benachbarten Gestein an, daß er aus Lockenmaterial aufgebaut ist. Dabei gliedern sich an den Hauptwall, der an der Basis 20–50 m breit ist, im Abstand von 50 m weitere, parallel verlaufende, gratartige zugespitzte Wälle an. Sie sind durch das Abschmelzen der Hauptalpgletscherzunge auf jeweils tiefer liegende Positionen der Trogtalwand eingestellt und reichen im weiteren, talabwärts gerichteten Verlauf bis auf 3 700 m herab. Periglaziale Prozesse oder die von Bergstürzen scheiden zur Entstehung dieser Wälle schon nach dem Luftbild zweifelsfrei aus. Periglaziale Hangschuttedeken und Fließwülste sind zum einen nicht so scharfkantig im Top zugespitzt, zum anderen aber ist ihre Lage auch immer Ausdruck des stärksten Gefälles an den Hängen. Hangparallele Bildungen über 4 km Länge in dieser Ausprägung und Lage sind als Seiten- bzw. Ufermoränen anzusprechen.

Abb. 36: Ausschnitt aus der TK 1 : 50 000 von Bolivien, Blatt CORANI, HOJA 6442 III. Äquidistanz der Höhenlinien: 20 m; verstärkt gezeichnet: 3 800-m-Höhenlinie; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen; schraffiert: Seen mit periodischer Wasserführung

68° w.L.Gr.



16°
15'S

- | | | | |
|--|---------------------|--|---------------------------|
| | Moränenwälle | | Diamiktit, aufgeschlossen |
| | Schotterflur | | Geschlossene Hohlform |
| | Karwand, übersteilt | | Rundhöcker |

Abb. 37: Luftbild des Kartenausschnitts der Abb. 31 (S. 47) und die Interpretation mit Ergänzungen aufgrund einer Geländebegehung.

In der Argumentation zur pleistozänen Schneegrenze ist diese Moräne jedoch von untergeordneter Bedeutung. Wesentlicher sind die Karseen und die an sie zu knüpfende Schneegrenzdepression von den rezenten Werten zu jenen des Pleistozäns.

Zur aktuellen Schneegrenze dieses Raumes gibt JORDAN (1985: 281) folgende Werte an:

Tiefste Lage der rezenten Schneegrenze:

- in Sonnenmuldenposition: 4 775 m ü.M. (mittlere Lage: 5 161 m ü.M.)
- in ostgeöffneter Position: 4 777 m ü.M. (mittlere Lage: 5 150 m ü.M.)
- in Schattenmuldenposition: 4 472 m ü.M. (mittlere Lage: 5 036 m ü.M.)

Nach der Karten- und Luftbildanalyse ergäbe sich zu den rezenten Verhältnissen eine pleistozäne Schneegrenzdepression

- von mindestens 515 m in Sonnenmuldenlage (4 775–4 160 m ü.M.),
- von mindestens 757 m in ostgeöffneter Muldenlage (4 777–4 020 m ü.M.),

- von mindestens 792 m in Schattenmuldenposition (4 472–3 680 m ü.M.).

Die Bestätigung bzw. Ergänzung dieser Mindestwerte, die für das Pleistozän den Karbodenhöhen in der Abb. 31 entnommen wurden, erfolgte in einer Geländebegehung.

5.4 Vergleich von Karten- und Luftbilddauswertung zu den Geländebefunden

Das Tal des Rio Ilampu (Abb. 31) wurde in einer einwöchigen Begehung im März 1990 aufgesucht. Dabei wurde das Luftbild (vgl. Abb. 37) nach der Geländesituation ergänzt. Zusätzlich wurden Photos angefertigt, um die Geländebefunde zu dokumentieren.

Der Anmarsch über den Paß der Cumbre in 4 870 m ü.M. führte über den Inkapfad ins Tal des Rio Phajchire (Südbegrenzung der Abb. 37) und dort zum ersten Nachtlager auf dem Karboden der Laguna Kkota Ehuchu mit einer Moräne in 3 680 m. Die Abb. 38 zeigt den Karsee in polwärtiger Öffnung und Aufnahmerichtung.



Abb. 38: Karsee der Laguna Kkota Ehuchu mit Verbauung in 3 680 m ü.M. (Aufn. G. Schulz, März 1990).



Abb. 39: Gletschergeschrammte Rundhöckerformen 40 m oberhalb der Laguna Kkota Ehuchu (vgl. Abb. 38) an der westlichen Karseite (Aufn.: G. Schulz, März 1990).



Die Endmoräne zwischen Karsee und Haupttal in 3 680 m ist markant abgebildet. Auf der gegenüberliegenden Talseite, der Sonnenflanke, ist ein Karboden in 3 840 m ü.M. zu erkennen. Die Höhendifferenz zwischen Karsee im Vordergrund in Schattenmuldenposition und jenem gegenüber in Sonnenmuldenposition beträgt 160 m. Diese Differenz liegt im Bereich jener Werte, die an rezenten Gletschern bei vergleichbaren Expositionsunterschieden in dieser Region ermittelt wurden (JORDAN 1985).

Abb. 39 zeigt aus dem vorgestellten Kar der Lagune Kkota Ehuchu eine Detailaufnahme von der westlichen Karseitenwand, 40 m über dem Seespiegel, mit blankpolierter Gesteinsoberfläche und Gletscherschliff im Granit.

Abb. 40 zeigt den untersten Karsee Chiar Kkota im Tal des Rio Ilampu (vgl. auch Abb. 31 und 37). Dieser Karsee liegt in gleicher Seespiegelhöhe von 3 680 m wie der Karsee in Abb. 38. Beide Karseen liegen in Schattenmuldenposition.

Abb. 40:

Karsee der Laguna Chiar Kkota (3 680 m Seespiegelhöhe) aus dem Tal des Rio Ilampu mit der im Vordergrund dreifach gestaffelten Ufermoräne (Aufn.: G. Schulz, März 1990).

Deutlich zu erkennen ist die mehrfach sichelförmige Verbauung des Karbodens zwischen See und Haupttal. Die Moränenstaffeln verlaufen an den Seitenhängen der Karwand nicht böschungsparell (schwerkraftbedingte Massenverlagerung), sondern sie sind den Seitenhängen schräg aufgesetzt. Im Vordergrund ist die Ufermoräne des ehemaligen Haupttalgletschers zu erkennen, die niedertaubedingt mehrfach geteilt ist. Diese Moräne, der Inkapfad verläuft über ca. 1 km hangabwärts an der Talinnenseite dieser Moräne, wobei viele kleine Aufschlüsse Einblick in die Sedimente gewähren, besteht aus kantengrundeten Steinen von Ei- bis Faustgröße, die in einer kiesigen Grundmasse mit großen Blöcken (Durchmesser 1 m) regellos vergesellschaftet sind.

Die Abb. 41 ist, wie auch die folgenden Aufnahmen 42 und 43, die direkte, westliche Fortsetzung der Abb. 40. Am äußersten Ostrand ist die Laguna Chiar Kkota der Abb. 40 noch gerade angeschnitten. Das Zentrum der Aufnahme zeigt den Talboden des Haupttales des Rio Ilampu zwischen dem unteren und dem mittleren Kar. Zu erkennen ist talauf eine Moräne, davor zeichnet sich talab eine Schotterflur ab. Endmoräne und Schotterflur des Haupttales sind

durch die Erosion zerschnitten. Im unteren Bereich wird die Schotterflur durch Runsenbildung rückschreitend zerschnitten.

Die Abb. 42 zeigt in direkter westlicher, talaufwärtiger Verlängerung der Abb. 41 den mittleren Karsee der Laguna Taypi Kkota. Der ehemalige Gletscher dieses Kares hat bis weit ins Haupttal hinein seine äußersten Moränenwälle abgelagert. Der talabwärtige Bereich am östlichen, rechten Bildrand zeigt eine kuppige-kesselige Niedertaulandschaft hinter der Endmoräne der Abb. 41. Im Mittelgrund liegt eine Rundhöckerflur, die noch detaillierter in Abb. 44 vorgestellt wird.

Abb. 43 dokumentiert eindeutig die endmoränale, talabwärtige Fortsetzung der in Abb. 42 in der linken unteren Bildecke angeschnittenen Moränenwälle. In zwei großen und im Innenbogen mehrerer kleiner Wälle gewinnen die Endmoränenbögen vom Taltiefsten ausgehend in Richtung Karseitenwand allmählich an Höhe.

Deutlich ist hier, wie auch in Abb. 42, daß diese Moräne auf der oberen Kante der das Haupttal querenden Gefälls-



Abb. 41: Karsee der Laguna Chiar Kkota mit Schotterflur und Moränenverbauung.

Am Ostrand ist der Karsee aus Abb. 40 angeschnitten. Im westwärts ansteigenden Haupttal des Rio Ilampu liegt eine Schotterflur mit einer am Westrand des Fotos (linke Seite) liegenden Moränenverbauung. In die Schotterfläche des Haupttalbodens hat sich im rechten unteren Bildteil der Rio Ilampu unter Hangrunsenbildung in den relativ weichen Talbodenakkumulationen eingetieft (Aufn.: G. Schulz, März 1990).

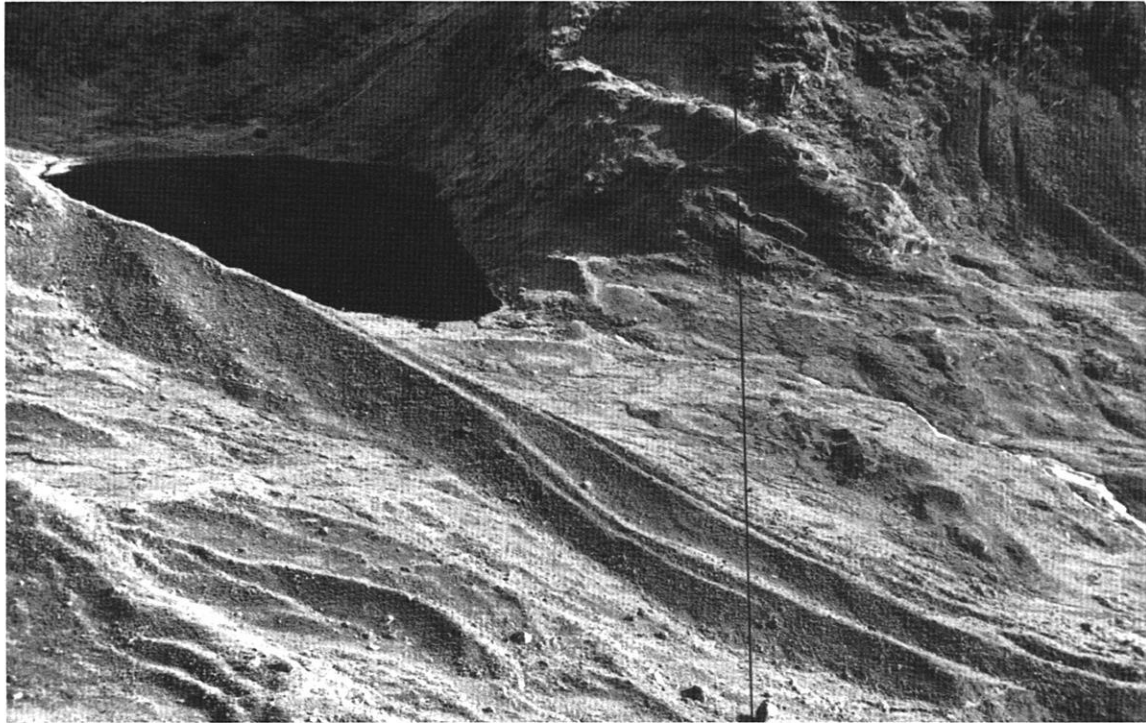


Abb. 42: Mittlerer Karsee der Laguna Taypi Krota und westliche Haupttalfortsetzung von Abb. 41 mit eistrückschmelzbedingter Staffelung mehrerer Endmoränenwälle (Aufn.: D. Jäkel, März 1990).



Abb. 43: Direkte, talabwärtige Fortsetzung der Abb. 42 mit dem Auslauf der Endmoränenwälle und Rundhöcker (Aufn.: D. Jäkel, März 1990).



Abb. 44: Rundhöcker aus Abb. 43 näher betrachtet; zur Lage vgl. auch das Luftbild der Abb. 37 (Aufn.: G. Schulz, März 1990).

fe sitzt, die durch die vermehrte Erosionskraft im Zusammenfluß von Haupt- und Kargletscher während des Hochglazials entstanden ist. Der dem Rio Ilampu nächste Bereich der Moräne hat eine Höhe von 3 760 m ü.M.

Abb. 44 zeigt, wie schon im Überblick im Mittelgrund der Karschwelle in Abb. 43 zu sehen war, die Rundhöcker detaillierter. Das Eis kam aus dem Kar der Laguna Taypi Krota von der rechten Bildseite und überfloß das Anstehende (Granite). Die Lage dieser Rundhöckerflur ist auch in Abb. 37 markiert. Da von Ost nach West haupttalaufwärts photographiert wurde, ist hinter dem Rundhöcker in Begrenzung zum Himmel die große, seitenaufwärts zustrebende Gratlinie der End- bzw. Ufermoräne des Kargletschers frontal zu erkennen (vgl. auch den Verlauf dieser Moräne aus schräger Draufsicht in Abb. 42 und 43).

Abb. 45 und 46 dokumentieren Gletscherschrammung.

5.4.1 Anmerkungen zur Repräsentanz der Geländebefunde und kartographischen Auswertung

Die Geländebefunde bestätigen in signifikanter Übereinstimmung die kartographische Ansprache der Kare. Die Höhenlinien verzeichnen bedeutsame strahlungs- und damit expositionsbedingte Größen- und Höhendifferenzie-

rungen der Kare zwischen 3 300 m und 4 000 m, die zuverlässig anzusprechen sind.

In der Geländeprospektion konnten darüber hinaus weitere Kare aufgenommen werden, die zwar ohne Seen, aber durch breite, flache Mulden geprägt werden. Diese sind vielfach auch durch Endmoränenbögen mehrfach gestaffelt gekennzeichnet (Abb. 31). Weitere Karmulden ohne See liegen 150–300 m tiefer, so daß die aus Karseehöhen abgeleitete pleistozäne Schneegrenze und damit flächige Eisausdehnung zu bestimmten Zeiten noch tiefer herab gereicht haben dürfte, als es in dieser Arbeit angegeben wurde.

Im folgenden werden die hier vorgestellten Schneegrenzen mit jenen von FINSTERWALDER & JORDAN (1989) verglichen. Dies ist bedeutsam, da beide Autoren für die Region der rezent größten zusammenhängenden Vergletscherung Boliviens eine Schlüsselposition zur Erarbeitung auch der pleistozänen Schneegrenze sehen.

Nach den Ausführungen vorgenannter Autoren liegt die tiefste pleistozäne Schneegrenze im Lee des Ilampu-Jankhouma-Massivs bei 4 600 m bis 4 800 m, und dies in Schattenmuldenposition. Ob damit die tiefste Lage dieser Region bei dieser Konstellation benannt ist, darf angezweifelt werden, was zu belegen ist.

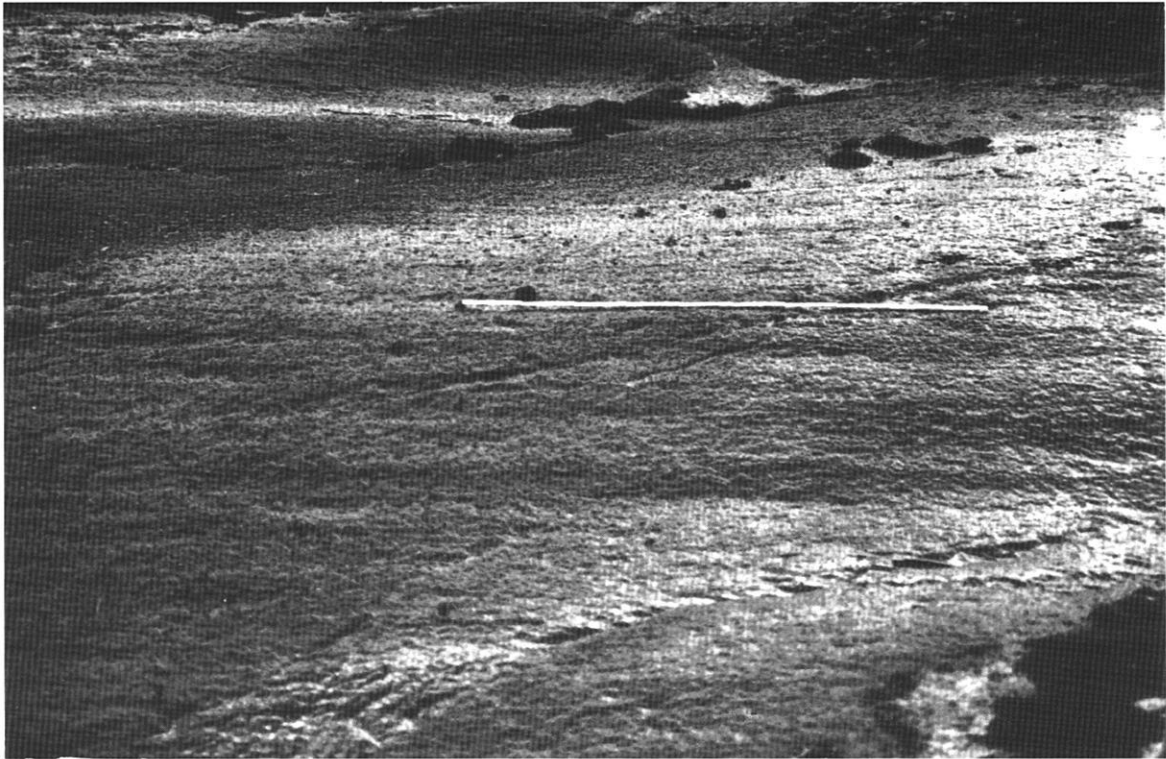


Abb. 45: Gletscherschrammen auf Rundhöckerflur vor der Laguna Taypi Krota (Aufn.: D. Jäkel, März 1990).

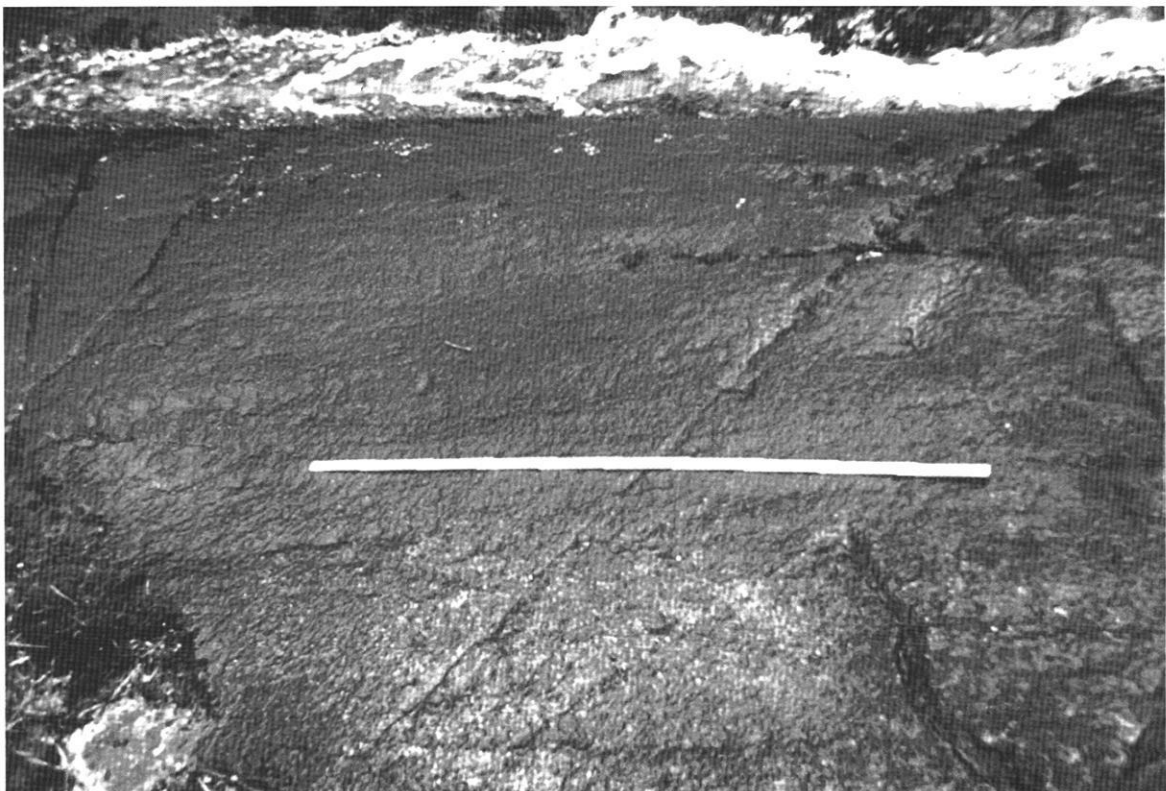


Abb. 46: Gletscherschrammen auf Rundhöckerflur nahe des Abflusses aus der Laguna Taypi Krota im mittleren Teil der Karschwelle (Aufn.: G. Schulz, März 1990).

Abb. 29 dieser Arbeit zeigt in doppelter Leelage hinter der Cordillera Real und der eigenen Aufragung direkt neben dem Titicacasee auf dem Altiplano Kare um 4 200 m bei rückwärtigen Aufragungen um 4 462 m. Diese Kare wurden im Gelände aufgenommen. Es liegen in ihnen lehrbuchhaft vom Eis zugeschliffene Rundhöcker. Nach den tiefsten pleistozänen Schneegrenzwerten im Schlüsselgebiet von FINSTERWALDER & JORDAN (1989, 4 600–4 800 m ü.M. für Leelagen und Südöffnung der Mulden) dürfte es hier keine Vergletscherung gegeben haben, weder eigenständig noch ferntransportiert.

Die Kare der Abb. 50 im Lee an der trockenen Westflanke um 4 000 m, die Kare der Abb. 22 mit einer klimatischen Schneegrenzableitung um 4 000 m und die Leelage direkt am trockenen Westabfall der Anden in Abb. 18 zeigen mit den anderen Beispielen deutlich, daß die von FINSTERWALDER & JORDAN (1989) vorgelegte Lokalität des Ilampu-Massivs und die dort erarbeiteten Werte nicht Schlüsselwerte und Schlüsselgebiete sind, in der Erarbeitung der tiefsten pleistozänen Schneegrenze der Anden. Schlüsselpositionen sind vielmehr die in dieser Arbeit vorgelegten über 500 Kare in strahlungs- und damit expositionsbedingter Größen- und Höhendifferenzierung zwischen 3 300 m und 4 000 m in ihrem flächendeckenden und regelmäßig wiederkehrenden Verteilungsmuster. Noch überzeugender kommt jenen isolierten Rücken eine repräsentative Schlüsselposition in der exakten Ableitung der tiefsten pleistozänen Schneegrenze zu, die nicht über 4 000 m aufragen und dennoch vereist gewesen waren, belegt auch hier über die Seegrößen- und Höhenunterschiede in den oberen Talschlüssen. Dies sind die idealen Versuchsfelder der Natur mit den geeigneten Testflächen zur Lösung der aufgeworfenen Fragen.

Die hiermit vorgelegten Fakten (vgl. auch SCHULZ 1987c, 1988d, 1989b und 1990) widerlegen erneut die hohen pleistozänen Schneegrenzen von FINSTERWALDER & JORDAN (ebenda) und auch jene Angaben von MÜLLER (1985: 110) aus dem Zongotal (direkt westlich der Abb. 31). MÜLLER benennt unterste Kare zwischen 4 250 m und 4 400 m, wo im benachbarten Tal des Rio Ilampu (Abb. 31) Kare zwischen 3 680 m und 4 160 m entnehmbar sind.

Zur feuchten Luvlagenposition geben FINSTERWALDER & JORDAN eine tiefstpleistozäne Schneegrenze um 3 800 m an. Das tiefste Kar in der NE-Ecke der von ihnen bearbeiteten Karte hat eine eingemessene Seespiegelhöhe von 3 897 m in Schattenmuldenposition. Es liegt damit 220 m höher als die untersten Karseen in Abb. 31, vgl. auch die Photos der Abb. 38 und 40. Aber auch diese unteren Karböden dürften nach den Belegen in Kap. 5.2 flächenrepräsentativ noch niedriger gelegen haben. Abb. 12 weist in der Laguna Yanacocha eine Karschwelle von 3 400 m auf bei rückwärtigen Aufragungen um 3 650 m. Abb. 13 zeigt in der Laguna Cimacocha eine Seespiegelhöhe von 3 580 m, und Abb. 74 weist Karseen in 3 570 m

aus, wobei die Umrahmungshöhen 3 800 m nicht überschreiten. Auch die in Tab. 4 unter 26-ñ (Karsee in 3 250 m ü.M.), 27-ñ (Karsee in 3 326 m) oder 29-o (Karsee in 3 300 m) verzeichneten Beispiele belegen die flächenhafte Repräsentanz (vgl. auch Abb. 53-j). In der von FINSTERWALDER & JORDAN (1989) vorgestellten Region der Cordillera Real zeigt Abb. 33 Karseen in Höhen von 3 480 m, wobei der östlichste Karsee an einer Bergflanke liegt, die im Top noch unterhalb der von FINSTERWALDER & JORDAN angegebenen tiefsten pleistozänen Schneegrenzlage abtaucht, mithin nicht vergletschert gewesen sein dürfte. Der Tab. 4, S. 122 und S. 123 sind aus dieser Region weitere Karseen außerhalb der Abbildungsausschnitte entnehmbar: z.B. in HOJA 5945 I der Karsee in 3 300 m ü.M. oder in HOJA 6343 IV jener in 3 560 m.

Alle diese Werte belegen, daß die inzwischen von FINSTERWALDER & JORDAN vorgelegten tiefsten Schneegrenzen nochmals um 400–500 m erniedrigt werden müssen, wobei Kare ohne Seen in noch tieferer Lage bei dieser vorsichtigen Abschätzung unberücksichtigt bleiben. Diese Aussage gilt sowohl für Luv- als auch Leelagen und natürlich auch für die damit einhergehende größere Flächenausdehnung der maximalen pleistozänen Vereisung.

Es soll nunmehr auf die jüngste Publikation einer topographischen Karte des Berglandes von Charazani (Bolivien) in 1 : 50 000 eingegangen werden (LAUER & RAFIQUPOOR 1990). Diese Arbeit stellt die exakte topographische Aufnahme als Fortsetzung der Forschungen beider Autoren aus "Erdkunde" (1986) dar. Dort wurde aus dem Munecas-Bergland eine pleistozäne Vergletscherung benannt, die über randliche Gletscherzungen eine Prägung der oberen Talungen zwischen 3 900 m und 4 000 m zeigt (1986: 131). Die 1990 publizierte Karte bildet im Südosten Teile des Nunecas Berglandes ab (vgl. Erläuterung zur Karte 1990: 43). Im Tal des Rio Poroa am Südostrand der Topographischen Karte wurden "glaziale Akkumulationsformen der jüngsten Vereisungsepoche" in ca. 3 800 m eingetragen. Doch angesichts der an der Ostflanke der Anden liegenden Kare um 3 650 (14° 02' S, Abb. 53f), 3 800 m (14° 22' S, Abb. 53i), 3 760 m (16° 04' S, Abb. 30 wobei 1 km östlich dieses Ausschnitts ein Karsee in 3 300 m liegt), 3 680 m (16° S, Abb. 31) und 3 480 m (16° 35', Abb. 33), ist zu vermuten, daß auch in der von LAUER & RAFIQUPOOR (1990) vorgestellten Region Hinweise auf Kare um 3 600 m bis 3 800 m zu lokalisieren sind.

Als Beispiel sei das Kar in 69° 01' W und 15° 06' S benannt. Sein Boden liegt in 3 800 m Höhe, hat einen See und ist steil umrahmt. Bei einer dreiseitigen Umrahmungshöhe an einem schmalen Grat zwischen 4 089 m und 4 150 m ü.M. ist Eisbildung und Gletscherschurf ohne Fremdwirkung möglich gewesen, die Schneegrenze lag also um 3 800 m. Angesichts der großen Eiseinzugsgebiete oberhalb dieser Schneegrenze im Sinne von Nährgebietsflächen ist zu fragen, ob in der von LAUER & RAFIQUPOOR vorgelegten Karte mit dem Eintrag der tiefsten

glazialen Akkumulationsformen zwischen 3 900 m und 4 000 m wirklich die tiefstpleistozänen Eisrandlagen der Wisconsinzeit dokumentiert sind.

Auch stellen beide Autoren fest (1986: 139), daß die Hochfläche um den Rio Suches von den jungglazialen Ablagerungen so zugedeckt wurde, daß ältere Vereisungsformen bislang nicht eindeutig aufzuschließen waren. Trotzdem gilt für ältere Eiszeiten als sicher, daß die gesamte Hochfläche des Rio Suches von Eis so hoch erfüllt war, daß die Schmelzwässer über die Talenden der Charazanitalung hin zum Amazonas entwässerten (niedrigste Paßhöhe: ca. 4 500 m ü.M.).

Nach den Karseekartierungen um 3 600–3 800 m für diesen Bereich stellt sich m.E. die Frage einer so großen Vereisung auch für die Wisconsinzeit neu.

5.5 Karboden-Höhenunterschiede vom Zentrum der Massenerhebung zu den Gebirgsrändern

Bei Betrachtungen der jeweils tiefsten, zu ermittelnden Lage eines Karbodens in einem W–E-Profil durch die Anden wird der erste Schnitt zwischen 10° S und 10° 20' S gelegt. Er führt durch die gut bekannten, rezent vergletscherten Cordillera Huayhuash und Cordillera Raura. Die Abb. 2 zeigt die NW-Flanke der Cordillera Huayhuash, die Abb. 3 dagegen die NE-Flanke der Cordillera Raura.

Zwischen der Laguna Lauricocha (Abb. 3) und den westlich sich anschließenden Bergen liegen die unteren Karböden um 4 200–4 400 m ü.M. (Westrand der Abb. 3, Zahl 4 200). Bei 76° 34' W liegt ein Karsee in 3 950 m ü.M. (NE-Ecke der Abb. 3) und bei 76° 25' W liegt der unterste Karsee bei 3 680 m (vgl. Abb. 10). Dies ergibt auf gleicher Breite im Ostabfall der Cordillera Raura auf einer Distanz von 36 km bei gleicher Exposition einen Abfall unterer Karböden von 4 200 m auf 3 680 m ü.M.

Im Westabfall von der Cordillera Huayhuash zeigt die Abb. 2 untere Karböden um 4 400 m. Die in Abb. 47 verzeichneten tiefsten Karseen um 4 200 m ü.M. liegen ca. 44 km westlich der Abb. 2. Das mutmaßliche Kar in der NW-Ecke der Abb. 47 hat eine Verflachung um 3 850 m ü.M. Somit ergibt sich für die Lage der unteren Karböden an der Westflanke der Anden eine Höhendifferenz von 4 400 m auf 4 200 m ü.M., möglicherweise aber auch auf ca. 4 000 m ü.M., wenn sich das Kar der NW-Ecke in Abb. 47 als solches bestätigt.

Ein zweiter W–E-Schnitt, noch im schmalen Streifen der Westkordillere gelegen, soll im Blattbereich von HOJA 27 und 28 zwischen 13° S und 13° 20' S gelegt werden. Von W nach E fortschreitend zeigen die Abb. 48 (HOJA 27-m), und Abb. 4 (HOJA 27-m und 28-m) Kare der pazifikseitigen Westflanke, die Abb. 5 (HOJA 27-m), und Abb. 4 (HOJA 27-n) Kare im Zentrum der Anden, und Abb. 20 (HOJA 27-o) wird die Ostabdachung mit Karen dokumentiert. Im westlichsten Blatt, am Außenabfall zum Pazifik, liegen die mutmaßlichen Karböden unterhalb 4 000 m ü.M. Höhen oberhalb 4 000 m wurden im Ausschnitt von HOJA 27-l (Abb. 48) grau markiert. Südwestlich der zentralen Aufragung dieses Blattes mit Gipfelhöhen um 4 452 m ü.M. liegt eine ca. 2 × 2 km messende, SW-geöffnet, hufeisenförmige Verflachung mit einem Feuchtbereich in 3 900 m ü.M., ehe der 1 500 m messende Steilabfall ins Tal beginnt. Die von dieser zentralen Erhebung nach NNW eingetiefte hufeisenförmige Hohlform hat die größte Verflachung um 3 800 m ü.M. An der Blattgrenze zwischen HOJA 27-m und HOJA 28-m der Abb. 49 liegen bei 13° 30' S Kare in 3 150 m bis 3 800 m ü.M. Vor dem See in 3 150 m liegt in der vorderen Muldenöffnung eine Querverbauung in 3 200 m. Von Interesse für die Geländeprospektion dürfte auch die Talquerverbauung im Haupttal des Rio Huaytara sein, die in der SW-Ecke des Ausschnitts eine eingemesene Höhe von 2 378 m besitzt. Auf der sich nördlich des Ausschnitts anschließenden Hochfläche liegen sieben größere Seen, wobei die zungenförmige Laguna Orcococha 9 km lang und 2–4 km breit ist. Von gleicher Größe und Gestalt ist die Laguna Choclococha (ca. 16 km² groß, vgl. Karte Abb. 1).

Rund 40 km östlich, im zentralen Höhenbereich von HOJA 27-m der Abb. 5 liegen die tiefsten Kare um 4 400 m ü.M., mit Seen um ca. 4 350 m ü.M. Weitere 40 km östlich, in der Ostabdachung der Hochfläche, sind untere Karböden – auch hier in der günstigsten Südöffnung – bei 4 250 m noch relativ hoch gelegen. Weitere 110 km östlich, im Blatt 27-o der Abb. 20 dieser Arbeit ist ein Abfall unterer Karböden auf 3 670 m bei Südöffnung ausweisbar.

Für den der Abb. 1 deutlich entnehmbaren schmalen Teil der Anden ist im W–E-Profil unterer Karböden zusammenfassend festzuhalten: Bei 10° S liegen die unteren, westlichen Karböden um 3 950 m ü.M. Sie steigen zentral auf 4 200–4 400 m ü.M. an und fallen im Ostabfall auf ca. 3 680 m ü.M. ab.

Zwischen 13° S und 13° 30' S liegen untere, westliche Karböden um 3 800 m, möglicherweise auch tiefer (Abb. 49, 3 150 m). Sie steigen zentral auf 4 400 m an, um sich im Ostabfall auf ca. 3 700 m ü.M. zu erniedrigen.

Abb. 47: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 21-i.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m ü.M.; schwarz: Seen, vielfach in Karmulden

Auch wenn in den Abb. 48 und 49 horizontal lagernde Vulkanite anstehen, die vielfach Hangstufen und -mulden verursachen (auf Abb. 48 liegen z.B. in der großen Mulde bei Aurahoa sicher auch Rutschungen vor), so weist der Blick auf die Abb. 1 für HOJA 27-m (Abb. 49) aber auch das Gesamtblatt der TK 1 : 100 000 darauf hin, daß sowohl nach HOLLIN & SCHILLING (1981) als auch nach der Morphologie mit größtem Seenreichtum auf den Hochflächen zwischen 4 400 m und 4 600 m an einer weitflächigen Vereisung im Sinne von Nährgebieten nicht zu zweifeln ist.

Bei W-E-Profilen, die sich nun südlich 13° S anschließen, ist die größere Massenerhebung mit in die Betrachtung einzubeziehen. Speziell die großen Flußeinzugsgebiete des Rio Ocoña, Rio Majes mit dem Rio Grande und Rio Colca und Rio Tambo, zu ca. 30 000 km² oberhalb 4 000 m ü.M. gelegen, sind potentielle Eislieferanten für die Westabdachung und damit von großem Einfluß auf die Karbödenhöhe. Dieser Einfluß erstreckt sich dann weiter bis hin zu den mutmaßlichen Eisranddokumenten auf der Gebirgsfußfläche. Einen Überblick gibt Tab. 5 in Kap. 11.

5.6 Zum Einfluß der Einzugsgebietsgrößen und -höhen auf die Tiefenlage unterer Karmulden

Entlang 73° 30' W ist der Übersichtskarte (Abb. 1) zu entnehmen, daß die Strecke von der pazifikseitigen 1 000-m-Linie bis zur Wasserscheide auf der Gipfelregion ebenso lang ist wie jene in Nordverlängerung von dieser Wasserscheide hinab zur atlantikseitigen 1 000-m-Höhenlinie. Auch bei 72° 30' W ist die Entfernung identisch mit jener, die sich nördlich der Wasserscheide bis zur 1 000-m-Isopleth des atlantischen Einzugs anschließt. Die Anzapfung des Altiplano ist also im Bereich der drei Flußsysteme des Rio Ocoña, Rio Majes und Rio Tambo ebenbürtig mit jener vom Atlantik kommenden. Dies ist der Abb. 1 zwischen 73° 45' W und 71° 00' W entnehmbar, wenn die Flächen oberhalb 2 000 m beiderseits der eingetragenen Wasserscheide verglichen werden.

Dies verdient in zweierlei Hinsicht festgehalten zu werden. Zunächst kann zumindest für diesen Teil der Anden das Argument nicht gelten, die atlantische, östliche Zertalung des Altiplano sei viel tiefer in das Gebirge reichend, weil die Westflanke zum Pazifik hin die viel trockenere Seite ist. Dies gilt zwar für die heutige Zeit, wird jedoch in der Vergangenheit anders gewesen sein, was die tief eingeschnittene und weit in Gebirge reichende pazifikseitige Zertalung zwischen Rio Ocoña, Majes und Tambo belegt. Niederschläge in ihrer Höhe und Art sind natürlich nicht ausschließlich für den Grad einer Anzapfung verantwortlich, aber eben auch ein Faktor. Zum zweiten stand südlich 14° 30' S damit auch pleistozänzeitlich ein beachtliches Eiseinzugsgebiet oberhalb 4 000 m ü.M. zur Verfügung.

Nachfolgend werden mutmaßliche Karbödenhöhen an der Westflanke dieses Abfalls im Kartenbild gezeigt und kurz erläutert.

In den Kartenausschnitt der Abb. 50 sind die ehemals vergletscherten, heute vermoorten Hochflächen oberhalb 4 000 m (grau markiert) zu finden. In sie eingetiefte Täler, die zum Pazifik weisen, zeigen an höheren Seitentalschlüssen steile, hufeisenförmige Umrahmungen mit Karböden, die Seen tragen oder vermoort sind. Diese liegen in Höhen zwischen 3 319 m (am Südostrand des Ausschnitts; hier liegt möglicherweise auch eine eisrückzugsbedingte Massenverlagerung aus rückwärtiger Umrahmung vor) und 3 600 m bis 3 750 m (im Zentralteil der Karte).

Die Abb. 51 zeigt aus dem Blattschnitt der Karte von Peru, HOJA 32-q, einen Ausschnitt der Topographischen Karte 1 : 50 000, Blatt Nr. 2339/II. Ein großer, steilflankiger Talschluß, südgeöffnet in die Hochfläche eingetieft, weist in günstiger, SW-geöffneter Position Karmulden aus, die getreptt Verflachungen um ca. 2 950 m, 3 025 m, 3 125 m, 3 250 m und 3 400 m ü.M. aufweisen. Die Hochfläche im nördlichen Talschluß des Rio Grande, im Oberlauf Rio Blanco, mißt an der Hochflächenkante 3 750 m ü.M. Diese Hochfläche mit einem Anstieg von 1–2° hat 20 km nördlich der Kante Anschluß an den Nevado Coropuna mit Gipfelhöhen um 6 300 m und einer rezenten Eiskappe von 40 km² (nach JORDAN 1985, vgl. Tab. 1). Mit einer pleistozänen Eismassenausdehnung und darüber hinaus gewaltigen Eiseinzügen, die sich von der Flächenkante der Abb. 51 in 3 750 m ü.M. noch 125 km bis zur Wasserscheide nordwärts erstrecken, wird die glaziale Prägung des gesamten Talschlusses und seiner SW geöffneten Kare wahrscheinlich. Gegenüber den weitaus kleineren Eiseinzugsgebieten im nördlichen, schmalen Andenstreifen, wo an der Westflanke untere Karbödenhöhen um ca. 3 900 m lagen, bedeutet dies eine um 500–800 m tiefere Karbödenhöhe.

Die Ansprache der Verflachungen in den Mulden als alte Talböden (BOWMAN 1916) kann nicht die Erhaltung der steilen, hufeisenförmigen Wandeinfassungen erklären. Gerade während der morphodynamischen aktiven Kaltzeiten des Quartärs dürfte ohne Kareisprägung eine Verflachung eingesetzt haben, der Hangknick in dieser markanten Form also über Abtragungsprozesse verschwunden sein.

Natürlich muß, exemplarisch für andere, auch auf die Bergsturzgefährdung, insbesondere nach dem Abschmelzen der Eismassen eingegangen werden. Dies ist, nach Abschmelzen des Widerlagers Eis aus so steilflankigen Positionen ein auch aus den Alpen hinreichend bekanntes Phänomen, was eine glazigene Vorprägung nicht negiert, sondern im Gegenteil, erst durch die glazialerosive, seitliche Versteilung werden wesentliche Voraussetzungen für Bergstürze im Zusammenwirken mit Lagerungs- und Niederschlagsfaktoren geschaffen. Insbesondere die zentralen Verbauungen im oberen Karböden mit dem Höhenpunkt von 3 436 m ü.M., aber auch jene 2 km südwestlich um

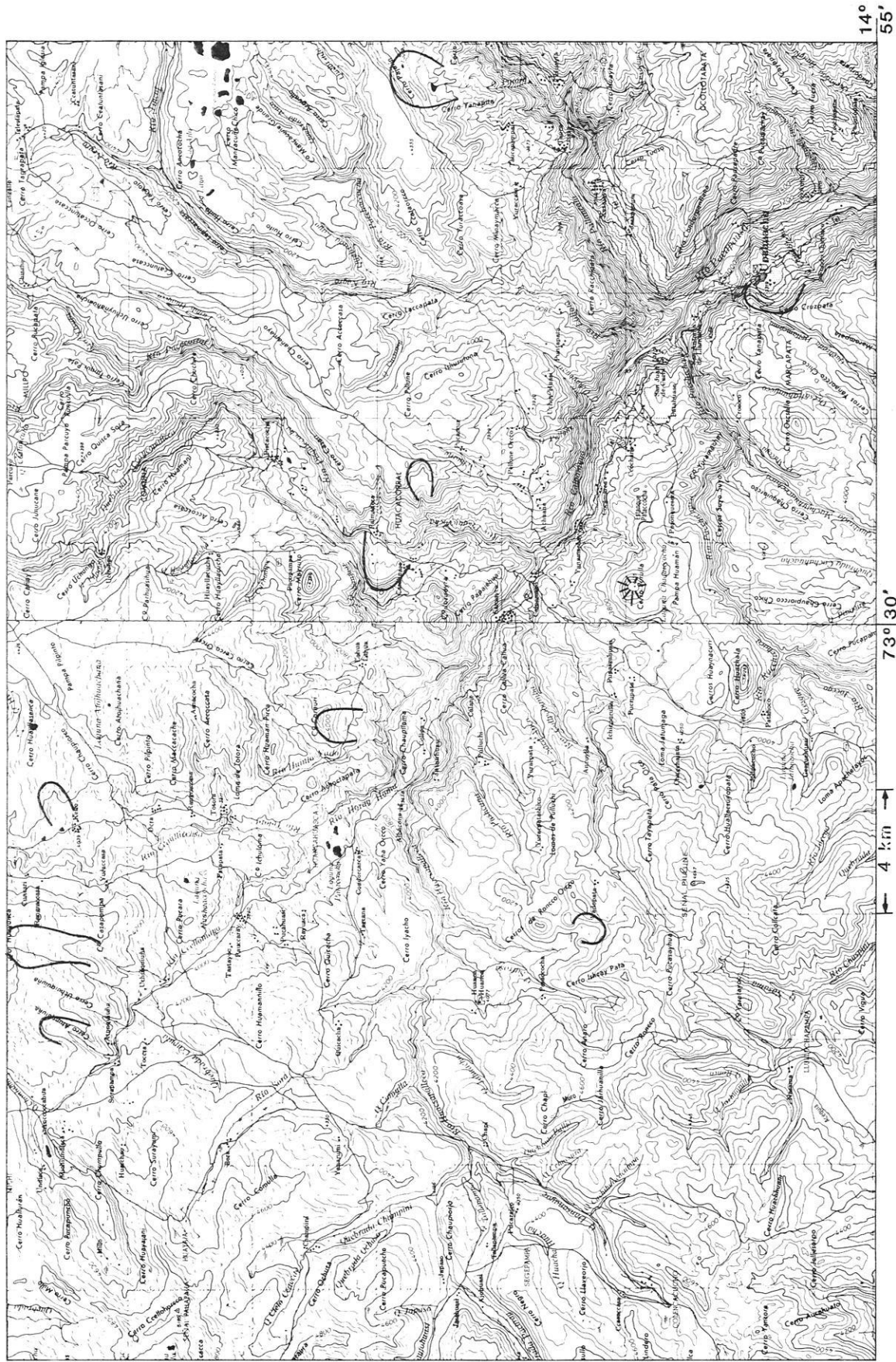


Abb. 50: Ausschnittsverkleinerung aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-o und HOJA 30-p.
 Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen

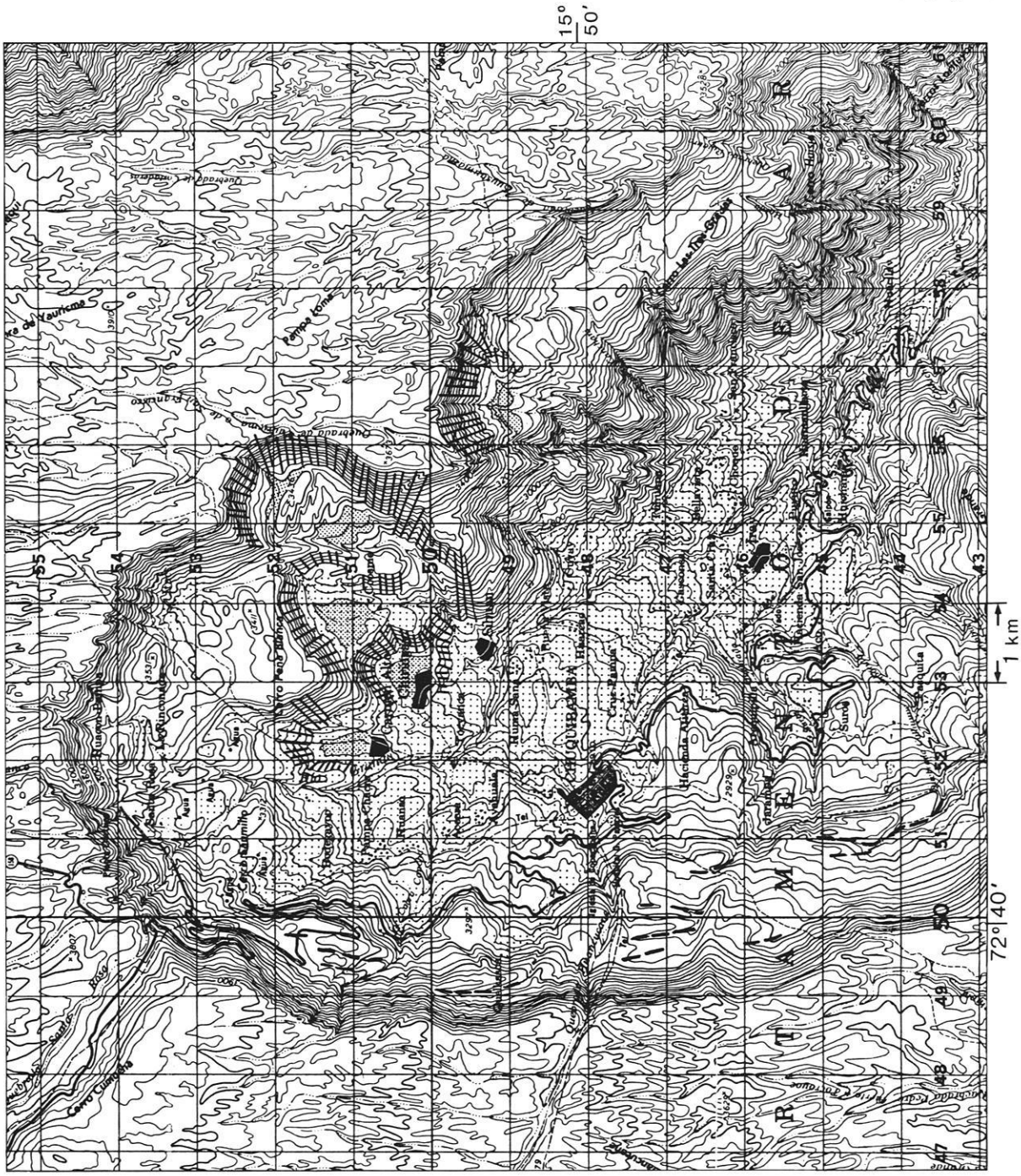


Abb. 51:
 Ausschnittsverkleinerung aus der
 TK 1 : 50 000 von Peru, Blatt Nr.
 2339 II, HOJA 32-q.
 Äquidistanz der Höhenlinien: 25 m

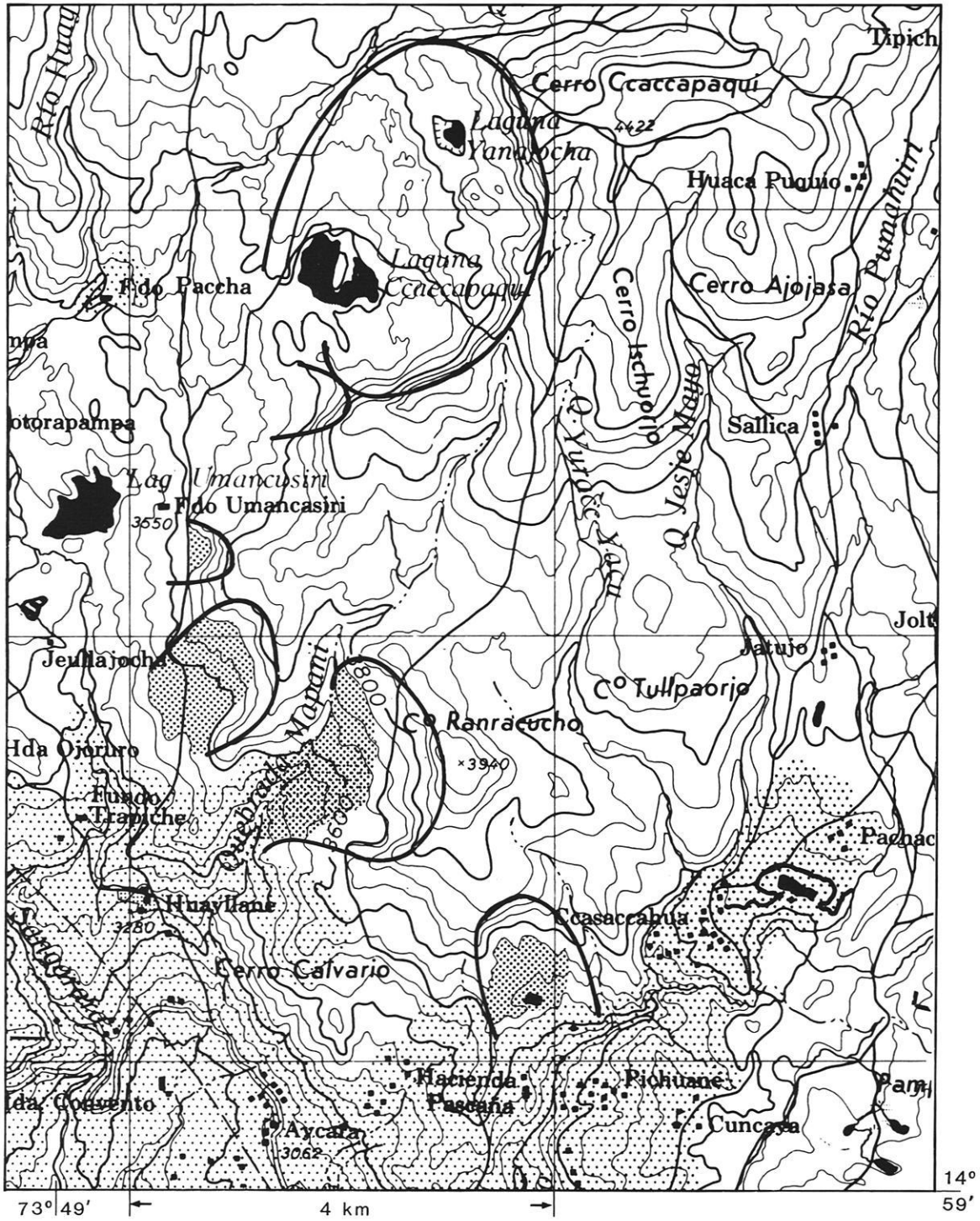


Abb. 52: Ausschnittsvergrößerung aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-o.
 Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.; schwarz: Seen

3 125 m ü.M. und die, welche ca. 1 km darunter um 2 925 m ü.M. den Ort Chiringay trägt, könnten über eine glaziale Genese hinaus auch durch Bergsturz- bzw. -rutschmassen mit aufgebaut sein.

Zur Zeitstellung der Ereignisse wird hier, nur 20 km unterhalb der großen rezenten Vergletscherung am Nevado Copuna – auch im Vergleich zum datierten, spätglazialen Gletscherstand an der Laguna Lauricocha (vgl. Abb. 3), der immerhin 28 km vom heutigen vereisten Bereich der Cordillera Raura entfernt liegt – deutlich, daß der Talschluß des Rio Grande mit seinen SW geöffneten Karen mutmaßlich noch spätpleistozän glazigen geprägt wurde.

Zu der Verbreitung alluvialer Bildungen ist anzumerken, daß sie sowohl die Karbodenbereiche bedecken als auch die höhengleiche Verflachung am gegenüberliegenden Hang. Auf dieser Hangleiste wurde ein N-S-ausgerichtetes Gerinnenetz nachgezeichnet. Es verläuft höhenkantenparallel und auch parallel zu einer mutmaßlichen ehemaligen Gletscherrandlage im Talgrund.

Es ist an dieser Stelle anzumerken, daß alle bisherigen Untersuchungen in den schmalen, nördlich 14° S gelegenen Anden erfolgten, während der Süden Perus mit seinen gewaltigen Eiseinzugsgebieten oberhalb 4 000 m ü.M. noch völlig unerforscht ist.

In Abb. 52 ist die pazifikseitige Abdachung des Altiplano oberhalb 4 000 m abgebildet. Dies ist ein westlich von Abb. 50 gelegenes Gebiet, was untere Karböden mit Seen um 3 600 m ausweist.

Folgende Abb. 53 (a-j) zeigen Beispiele mutmaßlicher Karböden aus verschiedenen TK 1 : 100 000 von Peru:

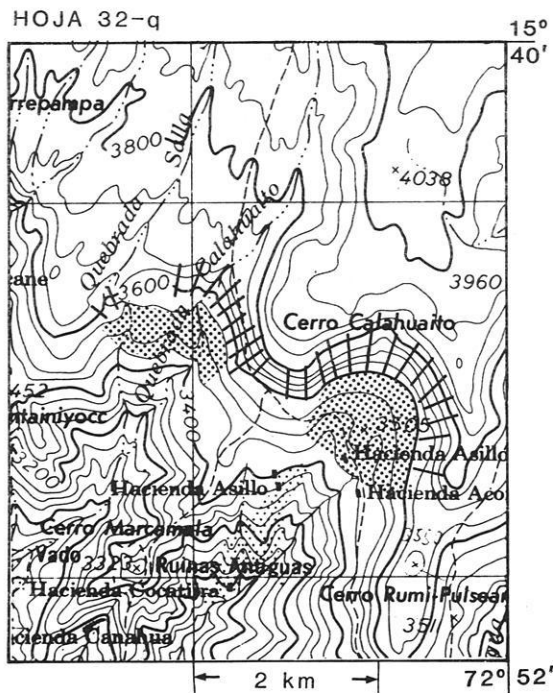


Abb. 53a (HOJA 32-q)

In der Abb. 53 ist eine beliebig erweiterbare Sammlung mutmaßlicher unterer Karböden aus den Flankenbereichen der Anden zusammengestellt, die alle südlich 13° S gelegen und mittelbar an große Höheneinzüge oberhalb 4 000 m ü.M. angebunden sind. Ihre Karbodenhöhen sind jenen vergleichbar, die im großen Talschluß des Rio Grande in Abb. 51 zwischen 3 000 m und 3 400 m vorgestellt wurden. Die Höhe der Karböden in Abb. 53a liegt in ca. 3 500 m, in 53b bei ca. 3 500 m, in 53c bei 3 450 m, in 53d bei 3 450 m, in 53e bei 3 500 m, in 53f bei 3 650 m, in 53g bei 3 200 m, in 53i bei 3 700 m und in Abb. 53j bei 3 585 m ü.M. Die Abb. 53h, wo die 3 000-m-Grenze unterschritten wird, leitet über zu den Abb. 54 und 55. Unter Berücksichtigung der weiten Flächen oberhalb 4 000 m ü.M., die pleistozänzeitlich wahrscheinlich vereist waren, ist eine so tiefe Lage eisgeformter oberer Talschlüsse nur durch den Zuschuß über Eislawinen denkbar.

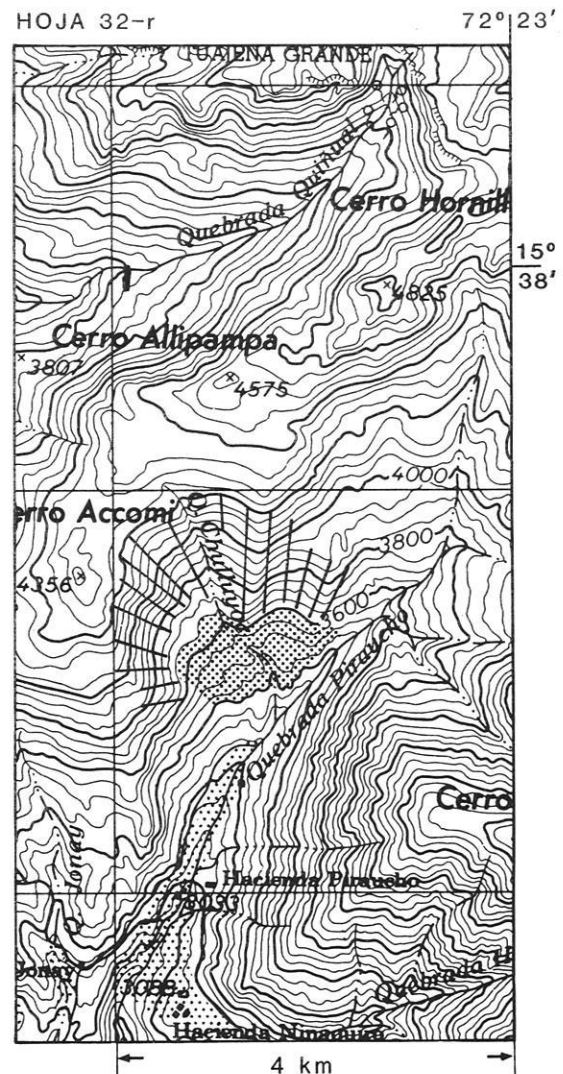


Abb. 53b (HOJA 32-r)

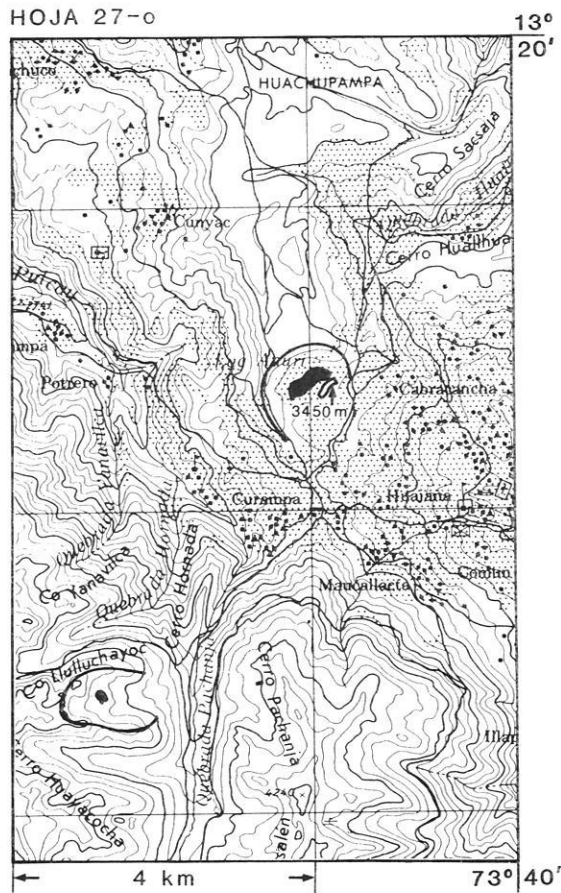


Abb. 53c (HOJA 27-o)

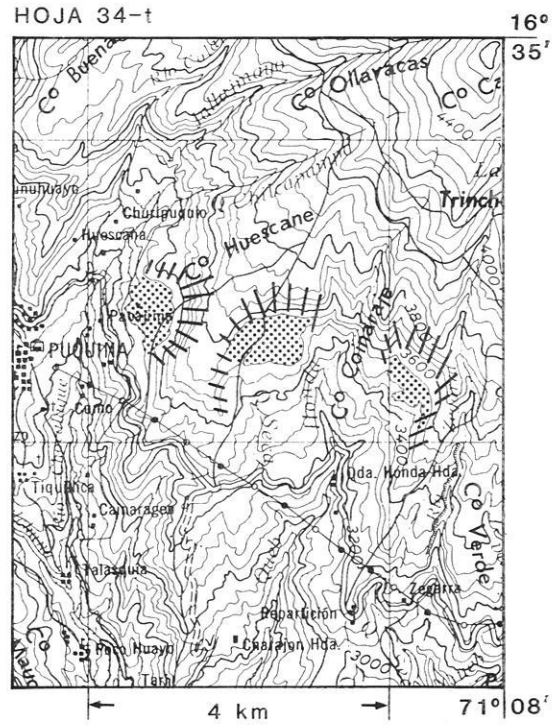


Abb. 53e (HOJA 34-t)

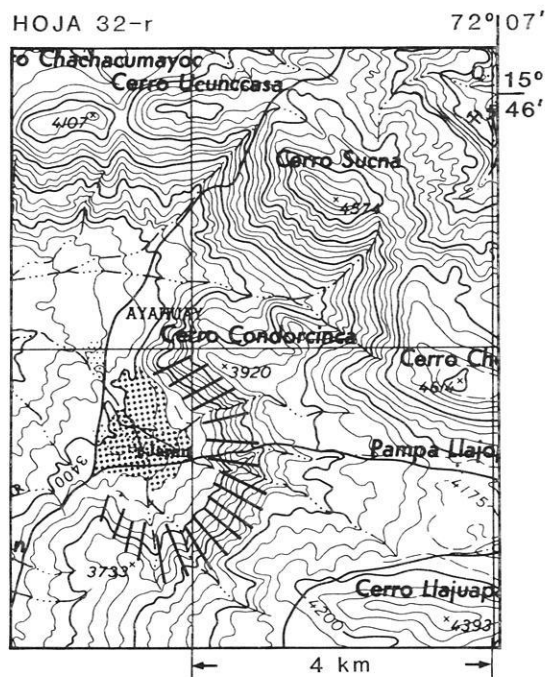


Abb. 53d (HOJA 32-r)

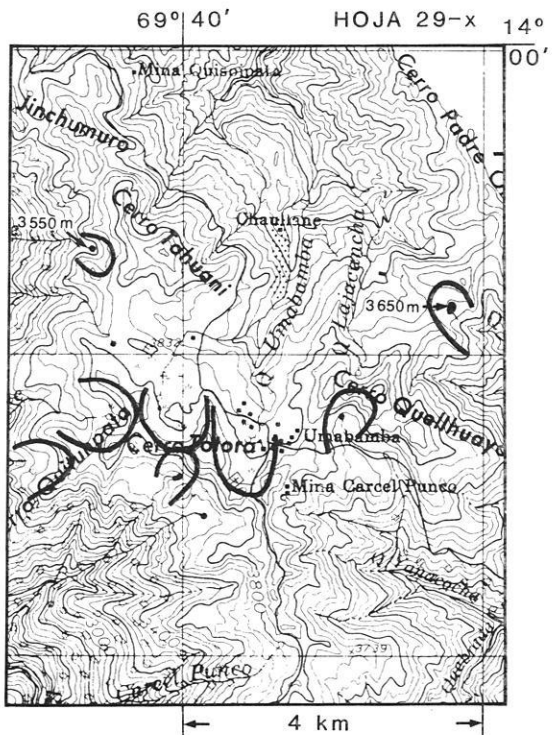


Abb. 53f (HOJA 29-x)

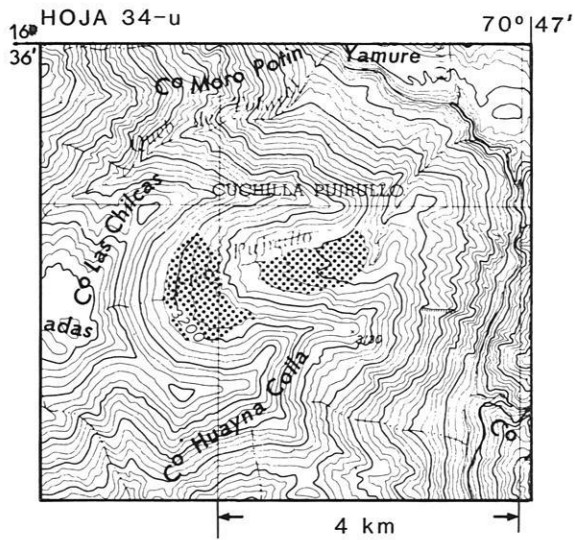


Abb. 53g (HOJA 34-u)

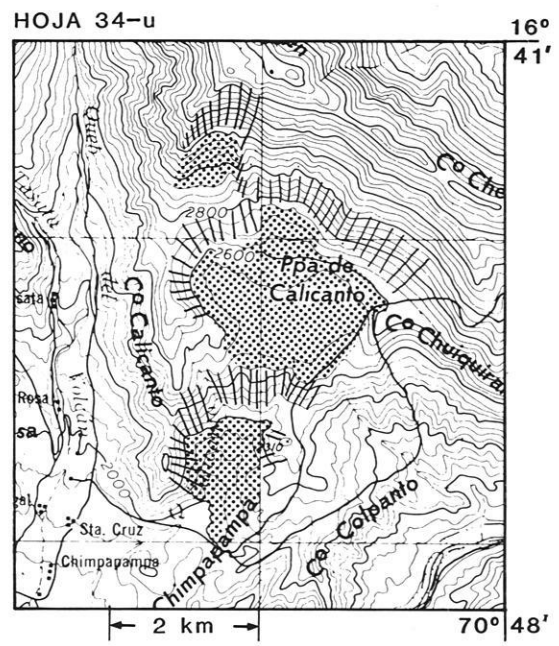


Abb. 53h (HOJA 34-u)

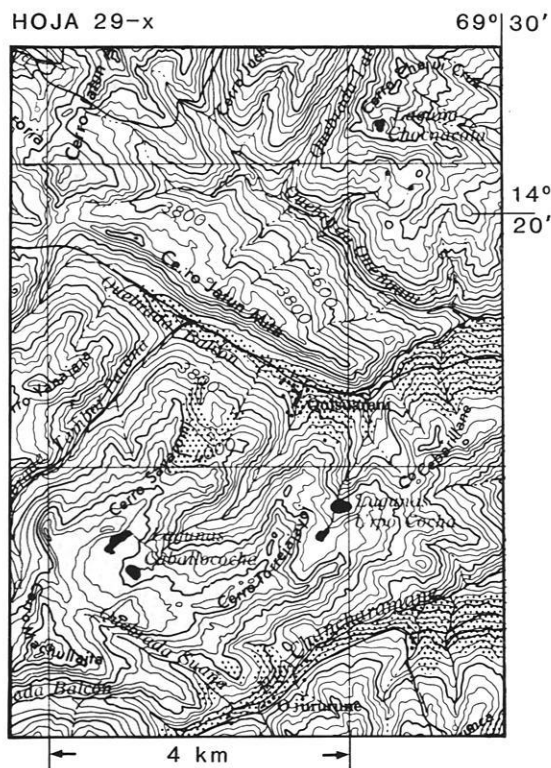


Abb. 53i (HOJA 29-x)

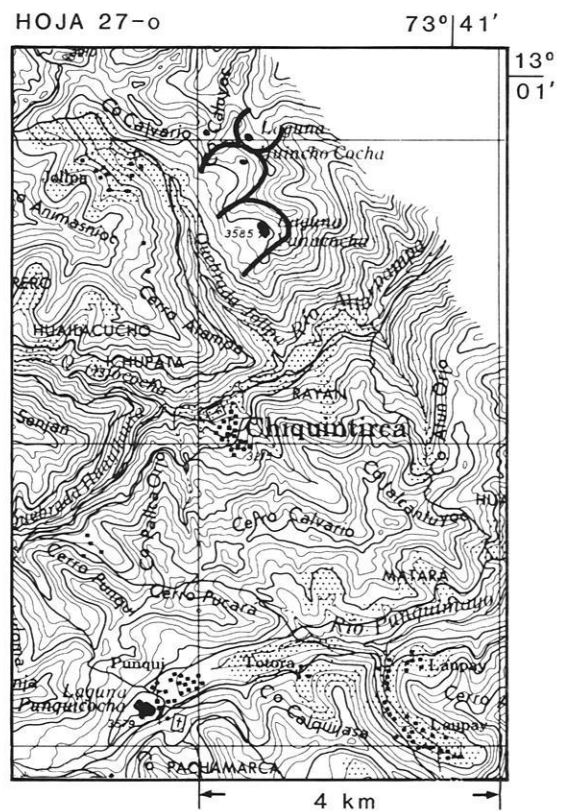


Abb. 53j (HOJA 27-o)

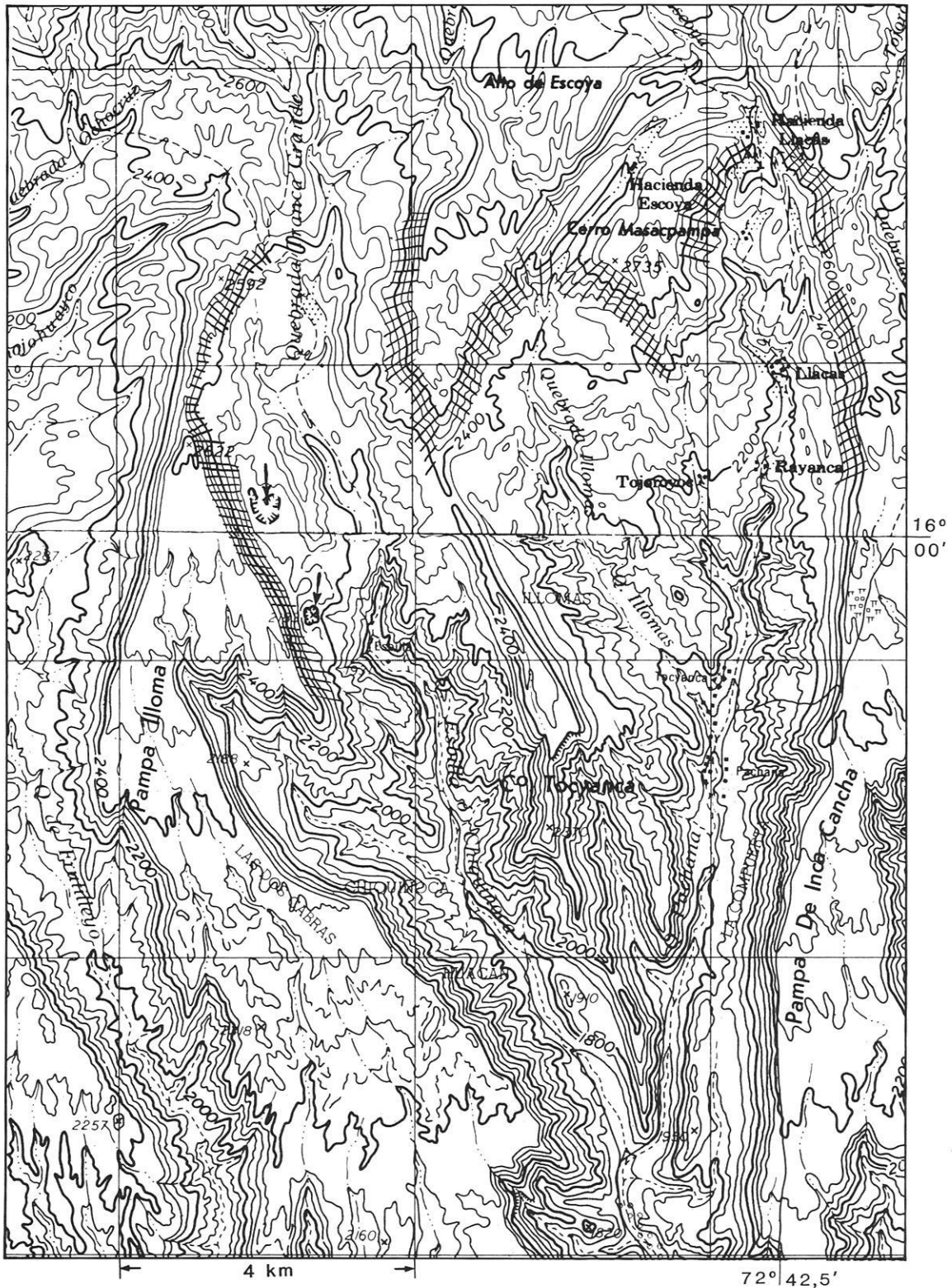


Abb. 54: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-q und HOJA 33-q: karatige Formung am Ostrand des Beckens der Quebrada Churunga.
 Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m

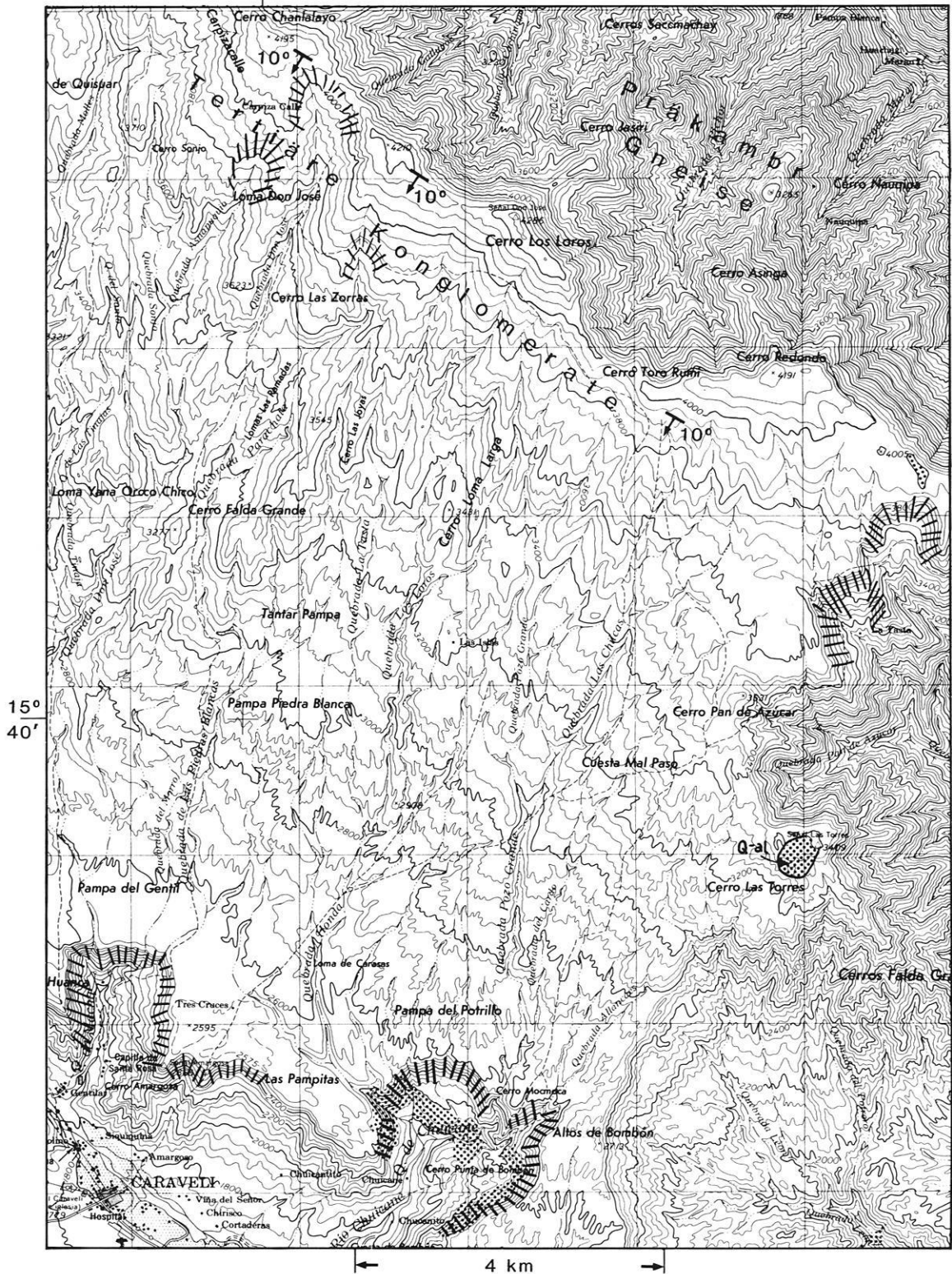


Abb. 55: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-p, CARAVELI.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; Grauraster: Höhen oberhalb 4 000 m ü.M.; Punktraster: Quartäre Alluvionen auf dem Gipfel des Cerro Las Torres sowie Bartholithe im Halbrund und teilweise an den Hängen im runden, steilen Talschluß des Q. de Chuicane

Abb. 54 zeigt hier in 3 000 m ü.M. den Rand der Hochfläche, die in Nordverlängerung in ca. 40 km und dann in ca. 5 000 m ü.M. Anschluß hat an die rezente Eiskappe des Nevado Coropuna. An der Ostseite der Quebrada Tranca Grande haben sich in ca. 2 200 m ü.M. zwei allseits geschlossene Hohlformen erhalten. Sie, der steile Abbruch von der Hochfläche, seine halbkreisförmigen Einbuchtungen, die flachen oberen Talschlüsse um 2 200–2 400 m ü.M., die ca. 200–250 m über den darunter fortführenden Kerbtälern hängen, legen eine zumindest zeitweise Eisprägung nahe, hier aufgrund der tiefen Lage möglicherweise über Eiszuschuß von der Hochfläche deutbar. Für die Betrachtung der pleistozänzeitlichen Schneegrenze, wie sie in Kap. 6 abgeleitet wird, bleiben diese Formen ebenso unberücksichtigt wie jene der Abb. 55, wo im Talschluß des Rio Caraveli in der Nordumrahmung mutmaßlich glazial mitgestaltete Muldenböden in ca. 2 000 m ü.M. liegen.

Die steilen halbrunden Wandeneinfassungen sind nach der geologischen Karte gleichen Maßstabs sowohl in Batholithen als auch in miozänen Konglomeraten angelegt. Die exarative, runde Formung der Wandeneinfassung der Quebrada de Chuicane erfolgte ohne Einfluß des Gesteinswechsels auf die Form. Der Boden ist mit rezenten Allu-

vionen überschüttet. Auch hier wäre die Erhaltung der steilen Wandeneinfassungen während der formungsaktiven Kaltzeiten ohne Eisbildung ungewöhnlich.

Hingewiesen sei auch noch auf die ungewöhnliche Lage jener quartären Alluvionen in der Abb. 55, die in isolierter, hoher Position direkt auf dem Sporn an der nach Osten abfallenden Flächenkante aufgesetzt liegen (Cerro Las Torres).

Der Verzicht auf die Einbeziehung dieser Karformen in die Schneegrenzbetrachtung fällt auch deshalb leicht, weil eine gesicherte Schneegrenzlage über eindeutige Karböden in 4 000 m ü.M. bei den pazifikseitigen Eiszügen völlig ausreicht, um Gletscherloben bei der Annahme eines Nährgebiets-Zehrgebietsverhältnisses von 2 : 1 das Vorland erreichen zu lassen.

In den Abb. 54 und 55 mit ihren flachen Talböden im dreiseitig steilen Talschluß unterhalb 3 000 m ü.M. sind die Grenzen einer eindeutigen Kartenanalyse erreicht. Erst eine Geländeerkundung wird weiterführende Ergebnisse bringen, die jedoch für die in dieser Arbeit zu klärende Frage von untergeordneter Bedeutung sind.

6. Zum Verlauf der rezenten und pleistozänen Schneegrenze

Für Peru gibt HASTENRATH (1971) folgende rezente Schneegrenzlagen an: In der Westkordillere auf der Höhe von Lima (ca. 12° S) liegt sie bei ca. 5 000 m und etwas über 5 800 m hoch liegt sie bei 16° 17' S im Bereich der Vulkane El Misti (Gipfelhöhe: 5 822 m) und Chanchani (Gipfelhöhe: 6 057 m) bei Arequipa. Im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes der Abb. 1 liegt die Schneegrenze nach HASTENRATH um 5 900 m (bei 18° S), hier jedoch etwas mehr im zentralen Teil der Anden am Nevado Sajama (Gipfelhöhe: 6 520 m) ermittelt. Diese Angaben sollen ergänzt werden durch Gletscherflächengrößen, die JORDAN (1985: 348/349) für rezente Eiskappen im Untersuchungsgebiet angibt.

Eine Korrektur der rezenten Schneegrenze (vgl. Abb. 56) im Hinblick auf die aus Tab. 1 ableitbaren rezenten Schneegrenzen wurde in Abb. 56 nachgetragen, denn unter HOJA 29-r der Tab. 1 wird unter 14° 12' S eine Eiskappe bei einer Gipfelhöhe von nur 4 950 m ü.M. ausgewiesen und bei 15° 19' S eine Eiskappe unterhalb der Gipfelhöhe von 5 505 m ü.M. Diese Angaben werden auch von CLAPPERTON (1983) bestätigt.

Die Ermittlung der pleistozänen Schneegrenze beruht bei HASTENRATH, aber auch bei BRÜGGEN (1950) auf Funden der "fossil cirques", zumeist bei Geländebegehun-

gen ermittelt und damit ohne flächendeckende Repräsentanz. In der hiermit vorgelegten integrativen Karteninterpretation konnten über den derzeitigen Wissensstand hinaus Kare ausgewiesen werden, die Grundlage der Ableitung der pleistozänzeitlichen Schneegrenze waren. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Kurven für die West- und Ostseite der Kordilleren getrennt gezeichnet.

Die Benennung der Abbildungsnummern in Abb. 56 ist als Erleichterung im Prüfen der vorgenommenen Ableitungen gedacht. Auf die Einbeziehung mutmaßlicher Karböden unterhalb 3 200 m wurde verzichtet. Sie sind ohne hinreichende Geländebefunde nicht sicher in die Schneegrenzbetrachtung einzubeziehen, obwohl sich aufgrund der flächendeckenden Analyse und der Geländebegehung (Gebiet der Abb. 31) eine große Wahrscheinlichkeit für ein partielles und zeitlich begrenztes, noch tieferes Herabreichen der Schneegrenze ergibt, als in Abb. 56 eingetragen wurde (vgl. 5.4.1). Diese Tendenz wurde auch über die Geländeprospektion (vgl. 5.4.1 mit dortigem Verweis zu Abb. 31) belegt.

Von großem Interesse ist die Lage der pleistozänen Schneegrenze am Außensaum des Gebirges, insbesondere dort, wo eine exakte Ableitung über die strahlungsbedingten Expositionsunterschiede der Karbodenhöhen- und Grö-

Tab. 1: Die Vergletscherungsgebiete Perus mit mehr als 1 km² Eisfläche (nach JORDAN 1985)

Nr. (Hoja)	Lokalität	Fläche [km ² ± 30%]	Gipfelhöhe [m ü.M.]	Lage	Nr. (Hoja)	Lokalität	Fläche [km ² ± 30%]	Gipfelhöhe [m ü.M.]	Lage
21-j	Cord. Huayhuash	100	6 634	10° 15' S 76° 55' W	26-m	Nev. Altar u.a.	3	5 268	12° 55' S 75° 20' W
21-j	Cord. Pariaucro	20	5 572	10° 25' S 76° 56' W	26-m	Nev. Antarazo	3	5 209	12° 56' S 75° 08' W
21-j	Cord. Raura	40	5 706	10° 28' S 76° 45' W	26-m	Nev. Carhuarazo	3	5 169	12° 58' S 75° 02' W
22-j	Cord. Rumi Cruz	10	5 100	10° 43' S 76° 39' W	27-p	Cord. Vilcabamba	ca. 20	6 152	13° 15' S 73° 10' W
22-l	Nev. Tarata	15	5 723	10° 32' S 75° 56' W	27-q	Cord. Sacsarayoc	ca. 30	5 994	13° 15' S 72° 45' W
23-k	Nev. Alkay	3	5 100	11° 17' S 76° 28' W	27-r	Cord. Salcantay	ca. 50	6 271	13° 20' S 72° 30' W
23-k	Cord. de la Viuda	5	5 000	11° 23' S 76° 25' W	27-r	Cord. Umbamba	ca. 20	5 777	13° 15' S 72° 20' W
23-k	Cord. de la Corte	5	5 362	11° 29' S 76° 25' W	28-t	Nev. Jolljepunca	80	5 522	13° 31' S 71° 12' W
24-k	Nev. Puypuy u.a.	5	5 264	11° 32' S 76° 06' W	28-t	Cord. Anzongate Cord. Ananta Pico Tres	200	6 372 6 110 6 093	13° 44' S 71° 09' W
24-k	Nev. Raujunte	5	5 200	11° 33' S 76° 15' W	28-u	Nev. Quelccaya	55	5 650	13° 55' S 70° 50' W
24-k	Nev. Conchupata u.a.	15	5 275	11° 35' S 76° 18' W	29-o	Nev. Carahuarazo	5	5 124	14° 20' S 73° 45' W
24-k	Nev. Chumpe	3	5 150	11° 45' S 76° 03' W	29-r	Nev. Malmauya	2	4 950	14° 12' S 72° 29' W
24-k	Nev. Cascacocha	20	5 315	11° 54' S 76° 15' W	29-t	Nev. Condorcota	5	5 426	14° 22' S 71° 02' W
24-k	Nev. Haucaypaca	5	5 365	11° 56' S 76° 08' W	29-u	Nev. Pumanota u.a.	40	5 516	14° 04' S 70° 47' W
24-k	Nev. Paca Tunshu	80	5 730	11° 55' S 76° 04' W	29-u	Nev. Chimbola	8	5 472	14° 27' S 70° 57' W
24-l	Nev. Cullec	3	4 950	11° 54' S 75° 54' W	29-v	Nev. Balansani	5	5 354	14° 02' S 70° 12' W
24-m	Nev. Marairazo	3	4 943	11° 37' S 75° 12' W	29-v	Nev. Quenamari	20	5 280	14° 15' S 69° 45' W
24-m	Nev. Putcacocha	3	5 069	11° 40' S 75° 12' W	30-q	Nev. Pcohuari	5	5 331	14° 37' S 72° 31' W
24-m	Nev. Huaytapalicana	50	5 557	11° 54' S 75° 04' W	30-r	Nev. Huayunca	5	5 438	14° 35' S 72° 29' W
25-k	Nev. Runcho	3	5 700	12° 13' S 76° 03' W	31-p	Nev. Sara Sara	ca. 5	5 505	15° 19' S 73° 28' W
25-l	Cord. Pichcahuajra	20	5 897	12° 15' S 75° 58' W	31-q	Nev. Solimana	15	6 039	15° 24' S 72° 55' W
25-l	Nev. Pajarinpauca Nev. Umann Nev. Ancovila	15	5 420 5 431 5 467	12° 10' S 75° 55' W	31-r	Nev. Chila Nev. Casiri	5	5 655 5 634	15° 25' S 72° 10' W
25-l	Cord. Llomgote u.a.	12	5 780	12° 20' S 75° 56' W	31-s	Nev. Surihuir	5	5 556	15° 27' S 71° 51' W
25-l	Nev. Toroyoc u.a.	5	5 431	12° 25' S 75° 39' W	32-q	Nev. Coropuna	40	6 377	15° 33' S 72° 39' W
26-m	Nev. Condoray u.a.	8	5 250	12° 38' S 75° 28' W	32-s	Nev. Hualca Nev. Ampato	30	6 028 6 288	15° 47' S 71° 25' W
26-m	Nev. Citac u.a.	2	5 328	12° 47' S 75° 15' W	33-s	Chachani	5	6 057	16° 12' S 71° 32' W

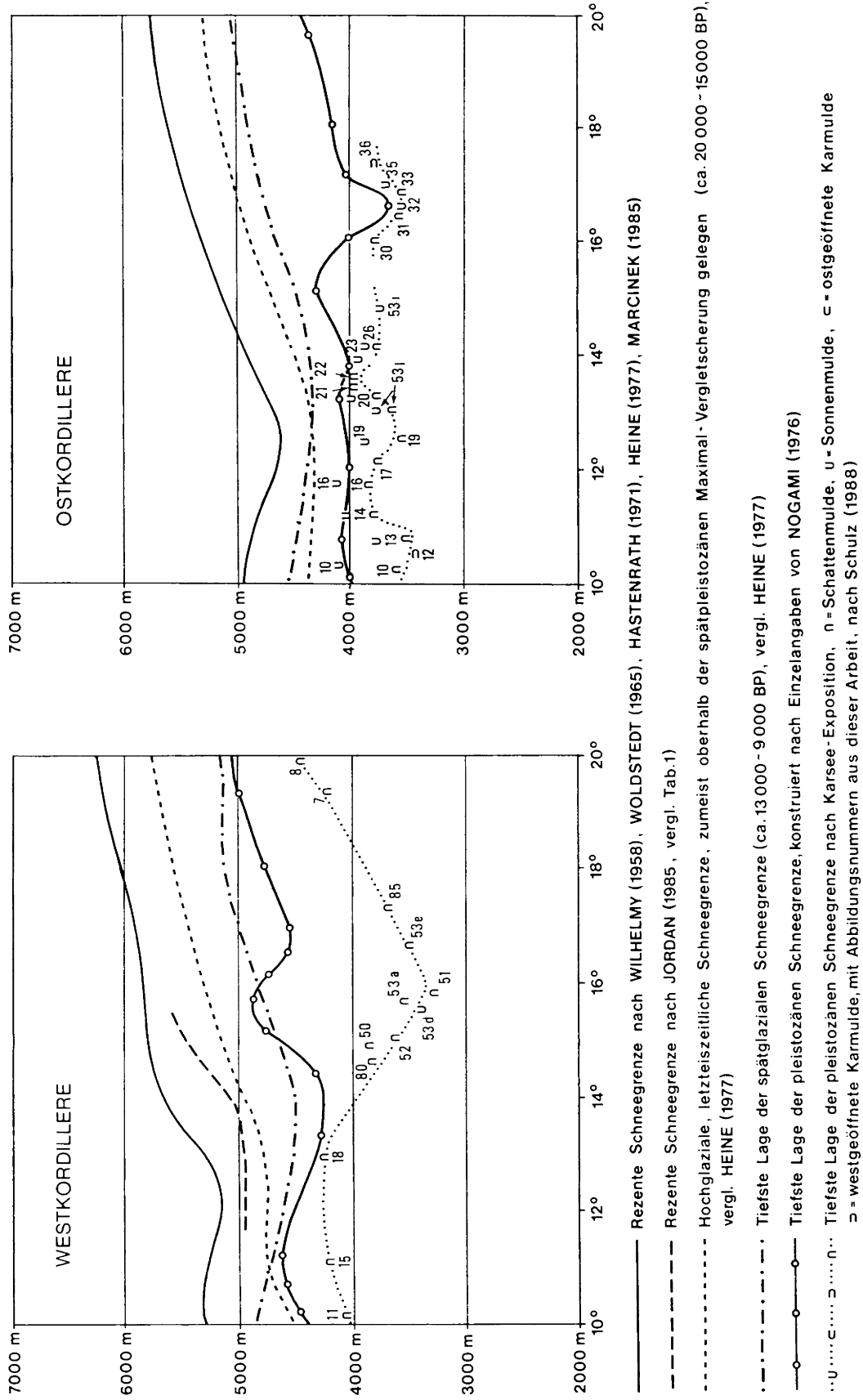


Abb. 56: Diagramme entlang der West- und der Ostkordillere zwischen 10° S und 20° S.

Bendifferenzierung vorliegt. Ideale Bedingungen im Sinne von Schlüsselpositionen zur Klärung dieser Frage liegen dort vor, wo die ehemals vereisten und kleinen Rücken ohne Hochflächenanschluß sind und nicht wesentlich über 4 000 m ü.M. aufragen.

Danach kann festgestellt werden, daß nach den in dieser Arbeit vorliegenden Karbodenhöhen eine Schneegrenze ableitbar ist, die überall unter den derzeitigen Annahmen liegt. Dies gilt auch im Vergleich zu den derzeit tiefsten Werten (NOGAMI 1976), zu denen die tiefstpleistozäne Schneegrenze an der Ostflanke der Anden 200–600 m tiefer gelegen hat.

Für die Westabdachung ist über diesen Wert hinaus ab 14° S ein noch größerer Absenkungsbetrag ermittelt worden, was nachfolgend erläutert werden soll. Für diese Werte dürfte das große Einzugsgebiet, über 4 000 m gelegen, mit verantwortlich sein, aber auch die im Nevado Copuna (40 km² rezentes Eis mit einer Gipfelhöhe bei 6 377 m ü.M.) und im Nevado Hualca/Ampato (30 km² rezentes Eis mit Gipfelhöhen um 6 288 m ü.M.) vorliegende große Nähe am unmittelbaren Gebirgsrand. Beide Bergmassive liegen 110 km bzw. 90 km von der zentralen Wasserscheide auf dem Altiplano entfernt und damit nahe am Steilabfall des Hochgebirges hinab zum Pazifik. In Abb. 51 liegt das rezente Eis vom Rand der Steilstufe nur 20 km entfernt. Diese orographische Gunst zur Vereisung und

Karbildung und damit tief zu vermutende Schneegrenze des Pleistozäns wird im Sinne einer sicheren Abschätzung nochmals nach oben hin korrigiert. Bei der nachfolgenden Planimetrierung der Flußeinzugsgebiete in jeweils unterschiedlichen Höhenstockwerken sollen die vielen Karböden unter 4 000 m ebenfalls unberücksichtigt bleiben wie jene unter 3 000 m. Dies gilt einer abermaligen Steigerung der Aussagewahrscheinlichkeit. Daher wird generell für den Bereich zwischen 10° S und 18° S im Andenabfall zum Pazifik eine pleistozänzeitliche Schneegrenze um 4 000 m ü.M. bei der nachfolgenden Nährgebiets-Zehrgebiets-Planimetrierung zugrunde gelegt.

Diese hocheiszeitliche Schneegrenzlage um 4 000 m wird durch eindeutige Kare an allen Rändern, z.T. erheblich unter 4 000 m gelegen, gestützt. Im Kernbereich des Gebirges sind Kare unter 4 000 m seltener anzutreffen, da nur wenige Areale unterhalb 4 000 m ü.M. liegen. Abb. 6 zeigt dort, wo der Rio Colca nahe der Gebirgswasserscheide fließt, entsprechende Formen im Südwesten des Ausschnitts. Ähnliches gilt für die Abb. 28, aber auch für Abb. 3 mit Karböden in 3 950 m ü.M. Wo (wie in Abb. 2 oder Abb. 5) keine Gebiete unter 4 000 m abtauchen, können niedrigste Karböden auch nur in 4 250 m bzw. 4 350 m angelegt sein. Insofern ist die in Tab. 5 der Zusammenfassung eingetragene Karboden- und damit Schneegrenze für die zentrale Wasserscheidenregion möglicherweise auf eine tiefere Lage hin zu korrigieren.

7. Einzugsgebietsplanimetrierungen zur Abschätzung pleistozäner Gletscherflächen nach rekonstruierter Schneegrenze

Grundlage der Kartierung und Planimetrierung bildet die Abgrenzung der Flußeinzugsgebiete an ihren Wasserscheiden. Tab. 2 zeigt 22 den Pazifik erreichende Flüsse, die in den zentraleren Anden ihre Einzugsgebiete haben. Bei einer pleistozänen Schneegrenze um 4 000 m ü.M. wurden zunächst die Flußeinzüge oberhalb dieser 4 000 m planimetriert. Die Gebietsgrößen des Rio Ocoña, Rio Majes, Rio Vitor und Rio Tambo haben zusammen mit dem kleinen Rio Sihuas eine Fläche von 33 345 km² auf der pazifischen Seite, die im Pleistozän mutmaßlich Nährgebiet war. Wie Tab. 2 weiter zu entnehmen ist, wurde die Flächengröße eingetragen, die sich in den einzelnen Flußeinzugsgebieten zwischen 3 000 m und 4 000 m ü.M. planimetrisch ermitteln läßt. Unter der Annahme, dies sei eine Zehrgebietsfläche unterhalb der bei 4 000 m gelegenen pleistozänen Schneegrenze, wurden in der folgenden Spalte die beiden Flächen ins Verhältnis zueinander gesetzt. Hierbei kann festgestellt werden, in welchen Flußeinzugsgebieten der untere Gletscherrand am Ende des Zehrgebiets das 3 000-m-Niveau erreicht bzw. unterschritten haben kann. Als Maßzahl dient ein Nährgebiets-Zehrgebietsverhältnis von

2 : 1, wie es in den Alpen von GROSS et al. (1976) und für die Tropen von JORDAN (1983) ermittelt wurde. Danach hat in den Taleinzügen der laufenden Nummern 1, 3, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14 und 15 das pleistozänzeitliche Eis die 3 000-m-Linie kaum erreicht.

Alle diese Täler haben nördlich 14° 30' S ihre oberen Taleinzüge in dem relativ schmalen Kordillerenstreifen. Lediglich in den Tälern Nr. 2, 4, 6, 7 und 8 wird die 3 000-m-Linie vom pleistozänzeitlichen Eis in den Tälern geringfügig unterschritten worden sein. Insbesondere das Talsystem des Rio San Juan mit seiner Verhältniszahl von 3,2 : 1 zeigt auch in Abb. 48 tieferliegende Karböden bis auf mutmaßlich 3 400–3 300 m ü.M. hinabreichend.

Das besondere Interesse gilt jedoch den Tälern Nr. 16, 17, 18, 19 und 20. Bis auf den kleinen Rio Sihuas liegen hier die Verhältniszahlen eines Nährgebiets oberhalb 4 000 m zu den Flächen zwischen 4 000 m und 3 000 m bei 3,4 bis 6,2. Dies bedeutet im Einklang mit der flächendeckenden integrativen Kartenauswertung, daß der pleistozänzeitliche

Tab. 2: Einzugsgebietsgrößen der in Abb. 1 erfaßten Küstenflüsse.

lfd. Nr.	Flußgebiet	Flächenanteil am Einzugs oberhalb 4 000 m = Nährgebiet [km ²]	Flächenanteil am Einzugs zwischen 3 000 m u. 4 000 m = Zehrgebietsannahme zur Prüfung der Eisausdehnung bis auf 3 000 m hinabreichend [km ²]	Flächenverhältnis von Nährgebiet zu Zehrgebietsannahme	Anmerkung
1	Rio Huaura	1 505	817	1,8 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
2	Rio Chancay	805	360	2,2 : 1	mutmaßliche Vereisung bis 3 000 m
3	Rio Chillón	385	247	1,5 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
4	Rio Rimac	1 225	532	2,3 : 1	mutmaßliche Vereisung bis 3 000 m
5	Rio de Mala	1 100	580	1,9 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
6	Rio Cañete	2 800	1 330	2,1 : 1	mutmaßliche Vereisung bis 3 000 m, möglicherweise auch erheblich darunter
7	Rio San Juan	1 155	360	3,2 : 1	Vereisung z.T. erheblich unter 3 000 m
8	Rio Pisco	1 750	700	2,5 : 1	mutmaßliche Vereisung bis 3 000 m, möglicherweise auch erheblich darunter
9	Rio Ica	630	550	1,1 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
10	Rio Grande	2 345	1 425	1,6 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
11	Quebr. Jahuay	105	532	0,2 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
12	Rio de Acari	1 190	741	1,6 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
13	Rio Yauca	595	740	0,8 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
14	Rio Chaparra	–	570	–	mutmaßlich keine große Vergletscherung
15	Rio Caraveli	280	930	0,3 : 1	mutmaßlich keine große Vergletscherung
16	Rio Ocoña	9 430	2 800	3,4 : 1	Vereisung z.T. erheblich unter 3 000 m
17	Rio Majes	9 500	1 900	5,0 : 1	Vereisung z.T. erheblich unter 3 000 m
18	Rio Sihuas	850	399	2,1 : 1	mutmaßliche Vereisung bis 3 000 m
19	Rio Vitor	4 935	1 235	4,0 : 1	Vereisung z.T. erheblich unter 3 000 m
20	Rio Tambo	8 610	1 400	6,2 : 1	Vereisung z.T. erheblich unter 3 000 m
21	Rio Moquegua	630	247	2,5 : 1	mutmaßliche Vereisung bis 3 000 m
22	Rio Locumba	1 505	520	2,9 : 1	mutmaßliche Vereisung bis 3 000 m

Tab. 3: Aus 200 mutmaßlichen Karböden zwischen 3 000 m und 4 000 m ü.M. abgeleitete Grenzen zur Ermittlung der Nährgebiets-Zehrgebietszahlen (aus: SCHULZ 1987b).

Einzugsgebiete von Flächen bestimmter Stockwerke	Rio Ocoña	Rio Camana mit Rio Majes und Rio Colca	Rio Sihuas	Rio Vitor	Rio Tambo	Rio Locumba Zur Lage vgl. Fig. 1 in DIE ERDE, 1986, S. 118
	Oberhalb der 3962 m-Linie (gleich 13000 Fuß) haben die Gebietsgrößen der einzelnen Einzüge als Fläche 1 bezeichnet folgenden Werte					
Fläche 1	9 558 km ²	9 976 km ²	946 km ²	5 421 km ²	7 462 km ²	1 706 km ²

Zwischen der 3962 m-Linie und der 3050 m-Linie, vergleichbar mit der 10 000 Fuß Isohypse, haben die Areale der einzelnen Einzugsgebiete (als Fläche 2 benannt) folgende Werte:						
Fläche 2	2 325 km ²	1 999 km ²	494 km ²	1 118 km ²	1 206 km ²	780 km ²

Festlegen der unteren Grenze der Planimetrierung nach geomorphologischen Gesichtspunkten. Zwischen der 3050 m-Linie (Untergrenze der Fläche 2) und dieser tiefsten Abgrenzung ergibt sich die Fläche 3						
	bis 16 km vor der Küste (vgl. Fig. 8 in DIE ERDE) und auf Fig. 3 bis zu den hängenden Alluvialkegeln reichend	bis zum letzten, ovalen Talbecken der Fig. 7 und den benachbarten alluvialen Übergangskegeln reichend	bis zu den hängenden Alluvialkegeln der Fig. 6 in DIE ERDE reichend	bis an den Rand der alluvialen Kanten und Übergangskegel in 1400 m ü. M.	bis 300 m ü. M. Meer und seitlichen Alluvialkanten sowie hängenden Übergangskegeln herabreichend	bis zu den hängenden Alluvialrändern in 1800 m ü. M. herabreichend
Fläche 3	2 500 km ²	2 900 km ²	410 km ²	2 100 km ²	2 065 km ²	923 km ²

Verhältnis von Fläche 1 zu 2 + 3	1,98 zu 1	2,04 zu 1	1,05 zu 1	1,68 zu 1	2,28 zu 1	1 zu 1
Verhältnis von Fläche 1+2 zu 3	4,75 zu 1	4,13 zu 1	3,51 zu 1	3,11 zu 1	4,20 zu 1	2,70 zu 1
	großer, submariner Alluvialfächer	großer, submariner Alluvialfächer	kein submariner Fächer	kein submariner Fächer	großer, submariner Alluvialfächer	kein submariner Fächer

Maximale Gletscherlänge im Zehrgebiet bei einer pleistozänenzeitlichen Schneegrenzlage um 4000 m ü. M. und unteren Gletscherendlagen gemäß den Angaben in den einzelnen Einzugsgebieten						
190 km	200 km	45 km	90 km	160 km	65 km	
Maximale Gletscherlängen im Zehrgebiet bei einer Schneegrenzlage um 3000 m und unveränderten, nach morphologischen Kriterien festgelegten Eisendlagen						
155 km	115 km	32 km	55 km	95 km	50 km	

Eisrand erheblich unterhalb der 3 000-m-Linie gelegen haben wird.

Nun ist noch in Rechnung zu setzen, daß die Flußeinzugsgebiete in ihrer heutigen Größe nicht identisch sein müssen mit jenen der pleistozänen Eiseinzugsgebiete. Über Eistransfluenzen wird einem Eiseinzugssystem Eis zugeflossen sein, das dem benachbarten Einzugsgebiet dann abzuziehen wäre. Diese eisflußbedingte Flächendifferenz ist aus Karten nicht zweifelsfrei zu entnehmen. Für das folgende Rechenbeispiel werden daher im Südteil die Flächen der Einzugsgebiete 16–20 als Ganzes genommen. Dabei liegen 33 345 km² oberhalb 4 000 m, dem gesicherten Nährgebiet und 7 734 km² darunter zwischen 4 000 m und 3 000 m. Diese für die fünf Flüsse gemittelte Nährgebiets-Zehrgebiets-Flächenverhältniszahl lautet dann 4,3 : 1. Hier ganz besonders, aber auch in den Taleinzügen Nr. 21 (Moquegua) und 22 (Locumba) wird der pleistozäne Eisrand die 3 000-m-Linie tief hinabreichend unterschritten haben.

Tab. 3 (aus SCHULZ 1987b) zeigt, daß bei einer um 4 000 m ü.M. veranschlagten Schneegrenze im Pleistozän der Eisrand die Alluvialkanten und hängenden Übergangskegel auf der Gebirgsfußfläche erreicht hat. Diese Kanten liegen im Rio-Ocoña-Einzug bei 2 400 m ü.M., am Rio-Majes-Ostrand bei der günstigeren Verhältniszahl um 1 600 m ü.M., beim Rio-Tambo-Westrand in 1 600 m bzw. am Ostrand bei 1 500 m ü.M. Die Alluvialkanten im Unterlauf des Rio Locumba liegen am Ostrand um 1 600 m. Zusätzlich zeigt Tab. 3 klar, daß in einzelnen Gletscherzungen das Eis bis 16 km vor der Küste (Rio Ocoña) bzw. 300 m ü.M. (Rio Tambo) gereicht haben kann (vgl. für den Ocoña Abb. 57 mit dem Eintrag der Einzugsgebiete oberhalb 4 000 m und Abb. 83 und 84 mit mutmaßlich pleistozänen Alluvionen 500–800 m über dem rezenten Talboden, die z.T. in Positionen liegen, wo eine rezente Bildung auszuschließen ist, u.a. in dem 1 080 m hohen, isoliert liegenden, talparallel ausgerichteten runden Höcker).

Neben den Einzügen der einzelnen Flüsse wurde in die Übersichtskarte der Abb. 1 auch die aus dieser Abschätzung ableitbare pleistozänen Eisausdehnung flächig eingezeichnet. Sie zeigt (entsprechend der Berechnung in Tab. 2) für den Bereich des Rio Sihuas eine erheblich geringere Südausdehnung. Auch wird deutlich, daß nördlich 14° 30' S im pazifikseitigen Andenabfall eine nur sehr schmale, auf das Hochgebirge beschränkte Vereisung vorgelegen haben wird; dies entspricht den Aussagen der meisten Arbeiten, die von einer relativ unbedeutenden Vereisung in Peru sprechen. Daß speziell im Süden Perus, aber auch in Teilbereichen der Nordkordillere über die sichere Annahme eines Nährgebiets oberhalb 4 000 m noch tiefere Eis- und Schneegrenzlagen ausweisbar sein werden, wird über Kare in den Karten der Abb. 10 (untere Karböden in 3 680 m), Abb. 12 (3 400 m), Abb. 13 (3 580 m), Abb. 19 (3 600 m), Abb. 26 (3 750 m), Abb. 31 (3 680 m), Abb. 32 (3 580 m), Abb. 33 (3 500 m), Abb. 50 (3 750 m), Abb. 51 (3 200 m), Abb. 52 (3 600 m) und in den Abb. 53a–f und i–j (jeweils zwischen 3 400 m und 3 600 m) sowie in der Dokumentation (Kap. 10) mit Karbödenhöhen zwischen 3 500 m und 4 000 m ü.M. deutlich. Angesichts dieses flächendeckenden Vorkommens von Karböden unterhalb 4 000 m in über 500 Beispielen ist eine deutliche glazial-exarative Prozeßkomponente abgesichert zu diagnostizieren. Dies gilt auch für den Fall, daß im Gelände im Einzelfall auch eine andere Ursache für die Entstehung der allseits geschlossenen Hohlformen in den dreiseitig steilen Talschlüssen nachgewiesen werden sollte. Es ist auch nach dem Kenntnisstand der wissenschaftlichen geomorphologischen Forschung auszuschließen, daß hier für die Mehrzahl der Mulden- und Seenentstehung in Höhen zwischen 3 000 m und 4 000 m ein anderer Prozeß als der glazigene herangezogen werden kann. Für den hypothetischen Fall, daß dieser Nachweis im Gelände trotzdem möglich sein sollte, kann angesichts dieser Dokumentation schon jetzt festgestellt werden, daß dies eine noch größere Überraschung sein würde als die hiermit abgeleitete Karverbreitung.

8. Die Formenabfolge von den Karen, Hängetälern, Trogtälern und Zungenbecken hin zu den mutmaßlichen Endmoränen, Sandern und Bortensandern

Die in vielen Einzelbeispielen abgeleiteten Kare (in einer tabellarischen Dokumentation unter Kap. 10 im Anhang noch erweitert) sind nur das höchstgelegene Glied der Formensequenz der glazial überformten Landschaft. Den zu Karen z.T. mit Seen überformten Talschlüssen folgen hängende Talböden oberhalb von Steilstufen, die über kerb- bis klammartige Erosionsrinnen das Haupttalniveau erreichen. In Abb. 10 wird dies bei den SW-geöffneten Ka-

ren am deutlichsten. Trogtäler schließen sich an, die Weitungen, aber auch Engtalstrecken besitzen (vgl. Abb. 31 und Kapitel 5.3 und 5.4). Abb. 57 zeigt unterhalb der Kare eine für die Anden typische Trogtalformung.

Gleiches gilt für Abb. 58, wo der ehemalige, ältere, zerschnittene Talboden an der Talquerverbauung am Westrand des Ausschnitts 1 280 m ü.M. liegt und damit ca. 300 m

72° 50'

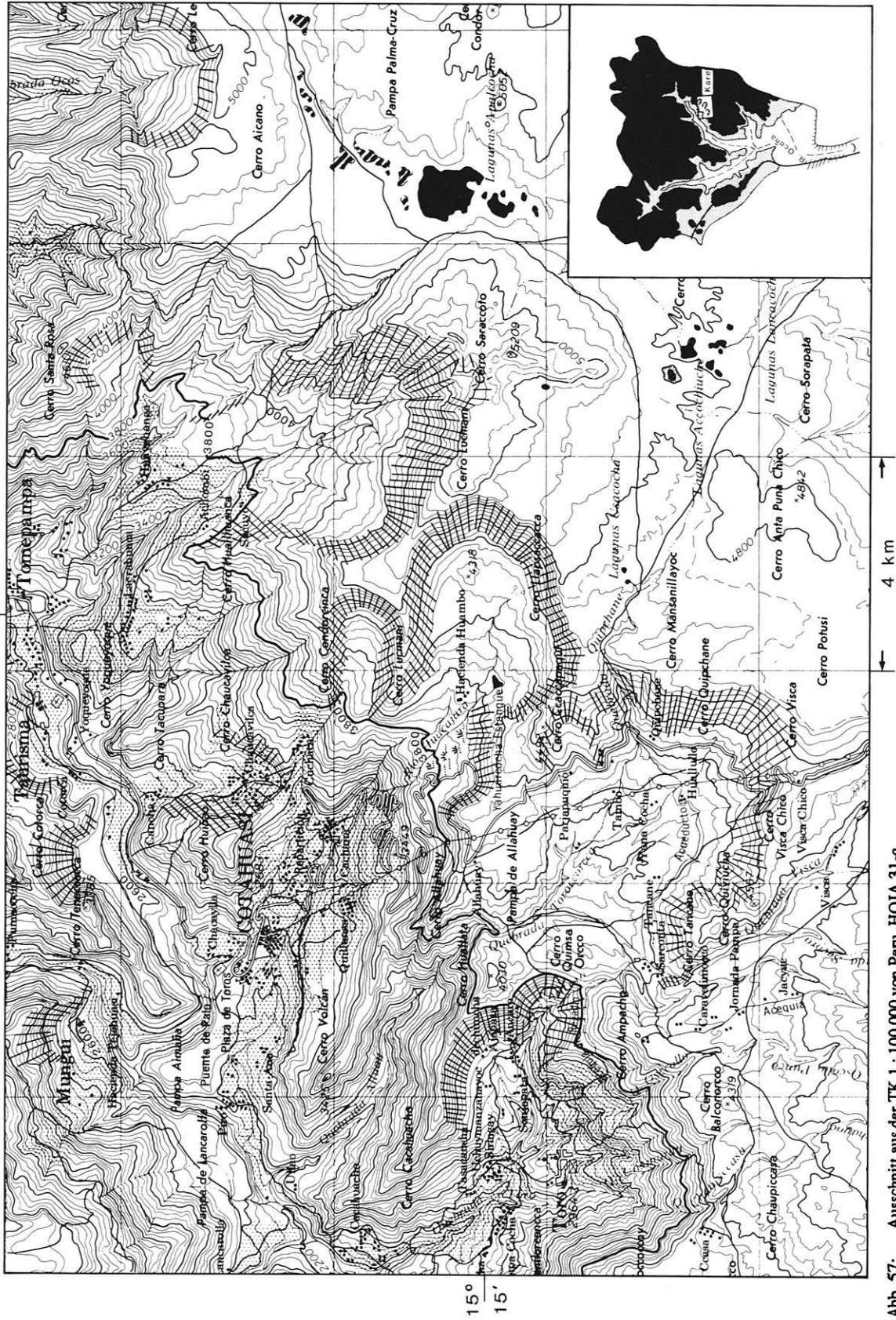


Abb. 57: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 31-q.

Hauptkarte: Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; schwarz: Seen

Nebenkarte: Einzugsgebiet des Rio Ocoña mit dem Lageintrag der Topographischen Karte

schwarz: Höhen oberhalb 4 000 m; Graustraster: Höhen zwischen 3 000 m und 4 000 m; weiß innerhalb des Einzugsgebietes: Nährgebiet der pleistozänen Talgletscher, im Tal von Ocoña bis auf 50 m ü.M. herabreichend

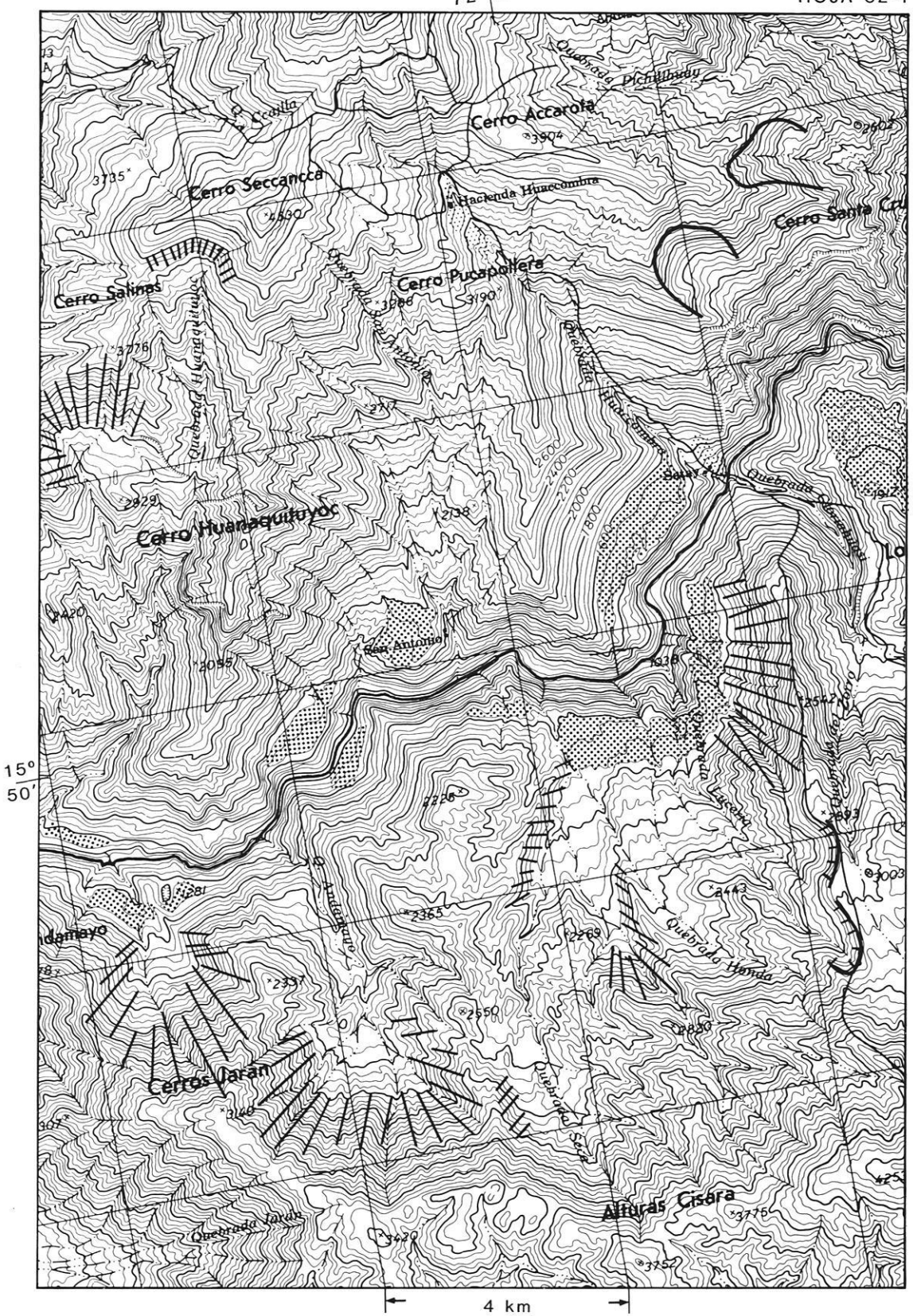


Abb. 58: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru: Schluchtstrecke des Rio Colca kurz vor der Mündung in den Rio Majes. Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; Punktraster: ältere Talbodenniveaus, z.T. 200–300 m über dem heutigen Fließniveau

über der heutigen Kerbtalschlucht. Weitere 4 km flußaufwärts hat der ältere Talboden eine mittlere Höhe von 1 300 m (300 m oberhalb des rezenten Flußbetts), und abermals 12 km flußaufwärts liegt die hintere Talbodenbegrenzung bei 1 600 m, und weitere 4 km flußaufwärts hat der vordere Terrassenrand die Höhe von 1 600 m. Die Zahlen wurden z.T. nachgetragen und die Trogtalbodenreste gekennzeichnet.

Für die Annahme einer Gletscherzunge hinter der Talquerverbauung in Abb. 58 betrüge das Nährgebiets-Zehrgebiets-Flächenverhältnis, wie es sich aus der Planimetrierung der Einzugsgebiete oberhalb dieser Verbauung ergibt, 6,5 : 1. Das dem Rio Colca tributäre Gebiet oberhalb 4 000 m, der sicheren Schneegrenzannahme, beträgt 9 100 km², das darunter liegende Areal im Einzug des Rio Colca bis an diese Verbauung 1 400 km². Über weite Strecken herrschen – wie von KUHLE (1986) auch aus dem Himalaya berichtet wird – vom Gletscher und seinen Schmelzwässern geformte Kerbtäler mit einem V-Profil vor. Dies liegt, wie er weiter ausführt, an der viel steileren Gefällskurve im Vergleich zu den Alpentälern und daran, daß die Gletscherzungen sehr weit unter die Schneegrenze hinabreichen, wodurch im Zusammenhang mit einer stärkeren Spaltenbildung viel mehr Schmelz- und Niederschlagswasser unter dem Eis abließ und formte. Alle diese Bedingungen unter tropischer Sonne waren am steilen Andenabfall zum Pazifik ebenfalls gegeben. Dies schließt nicht eine klassische Trogtalformung aus, sie ist gelegentlich anzutreffen, dann jedoch mit z.T. stark geneigten Trogtalböden, wie in Abb. 51 zu sehen ist. Auch ist bei diesem Beispiel der Abb. 51 deutlich der Betrag der nach-eiszeitlichen Erosion ablesbar mit Werten um ca. 200 m, ein Betrag, den KUHLE (1986) auch aus dem Himalaya benennt. Weitere Trogtalbeispiele sind den Abb. 10, 12, 13, 14, 15, 18, 28, 31 und der Dokumentation in den Abb. 74, 76, 80, 83, 84 und 85 zu entnehmen.

Die Abb. 83 und 84 der Dokumentation zeigen die geologische und topographische Karte aus dem Tal des Rio Ocoña. Schon 1986 wurden diese 600–800 m über der Talsohle gelegenen Verebnungen als Trogschultern gedeutet, wobei auf die fluviale, aber auch strukturmorphologische Vorzeichnung verwiesen wurde (SCHULZ 1986: 131). Nach der neuesten, 1984 herausgegebenen geologischen Karte von Peru werden auf diesen höheren Flächen unverfestigte Sande, Kiese und Steine als rezent eingestufte Bildungen ausgewiesen. Pleistozäne Alluvionen fehlen im gesamten Blattbereich. Ohne Einblick in die Sedimente wird keine gesicherte Aussage über die Prozesse möglich sein, welche zur Auf- und Überschüttung in Teilbereichen geführt haben. Doch sind karteninterpretatorisch Anmerkungen und für zukünftige Geländeprospektion exakte Lokalitäten herauszufiltern. Gerade im Hinblick auch der möglichen Ablagerungskonvergenzen zu glazialen bzw. glazifluvialen Sedimenten sei der elliptische Hügel in der Kartenmitte östlich der Hacienda Ispaca näher betrachtet (gekennzeichnet, vgl. auch Eintragung in Abb. 1). Sein Gipfel liegt ca. 600 m

oberhalb der Talaue des Rio Ocoña auf einer Verebnung, die keinen direkten Anschluß an benachbarte Berge besitzt. Vielmehr wird sie vom Cerro Sta. Monica (1 701 m) durch ein Tal getrennt. Damit ist eine zeitgleiche Bildung mit den Talalluvionen im Rio Ocoña, wie sie von peruanischen Geologen vorgenommen wurde, unwahrscheinlich. Die Frage, ob hier eine ältere, pleistozäne Akkumulation vorliegt, ist nicht nur hier zu prüfen. Auch im Cerro Takila, der westlich den Ocoña begleitenden Hangleiste, liegen diese Alluvionen in einer Position, die rezente Prozesse zur Bildung unwahrscheinlich erscheinen lassen. Gleiches gilt für die Kuppen von Iquipi (alle markiert).

Zungenbeckenseen mit Endmoränen sind aus unterschiedlicher Höhe bekannt. Verwiesen sei nochmals auf die Laguna Lauricocha der Abb. 3 mit einer spätglazialen Endmoräne, jünger als 12 500 BP. Der Moränenrücken wird von der 3 900-m-Höhenlinie umfahren und liegt damit um ca. 55 m höher als der Seespiegel. Ein weiteres Zungenbecken mit großem See stellt die Laguna Aricota dar. Sie wird distal umgürtet von einer endmoränenalen Verbauung mit Toteishohlformen auch in den Umfließungsrinnen. Ein Kartenausschnitt liegt der Dokumentation (Abb. 86) bei.

Diese Karte zeigt den Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru aus dem trockenen Süden bei 17° 20' S. Im Zentrum der Karte liegt die Laguna Aricota mit einer Wasserspiegelhöhe von ca. 2 842 m. Die steilen, den See begleitenden Talflanken reichen bis zu Hochflächen in 3 600 m hinauf. Am Südwestende des Sees liegt eine Talquerverbauung. Diese gliedert sich in zwei Komplexe. Beide Rücken werden von der 2 900-m-Linie umgrenzt, wobei dem nordöstlichen zwei Kuppen oberhalb 2 950 m aufgesetzt sind. Diese Rücken der Talquerverbauung werden von den Talflanken durch längliche Rinnen getrennt. Im Verlauf der nördlichen Rinne liegen zwei allseits geschlossene Hohlformen, im Verlauf der südlichen Rinne liegt eine weitere. Aber auch das der Talquerverbauung vorgelagerte Gebiet weist Rinnen und in ihrem Verlauf längliche, allseits geschlossene Hohlformen auf. Von den Höhen des südlichen Teils der Talverbauung geht eine zentripetale, ehemalige Entwässerung ins pleistozäne Zungenbecken hinein. Hier handelt es sich um typische Erscheinungen z.T. auch periglaziale Formen mit Trockentälern sowie allseits geschlossenen Hohlformen und Verbauungen im Talweg. Der Vergleich mit der geologischen Kartierung gleichen Maßstabs zeigt, daß die Talquerverbauung aus jungen Alluvionen besteht. Diese Alluvionen reichen die Talflanken hinauf. An der polwärts ausgerichteten, nördlichen Talflanke reichen diese Alluvionen bis 3 600 m hinauf, an den äquatorwärts abfallenden Hängen der südlichen Talbegrenzung nur bis ca. 3 400 m ü.M.

Von Bedeutung für die Ansprache dieser großen Talquerverbauung als mögliche Endmoräne ist die Frage der Formenkonvergenz zu anderen Prozessen und ihren Bildungen. Dieses Problem konnte bei den Karen über die Expositionsunterschiede ausgeräumt werden, da bei vergleichba-

ren Karumrahmungen im Eiseinzug die pleistozänzeitlichen Karbodenhöhenunterschiede jenen entsprachen, die an rezenten Gletschern gemessen wurden. Hier nun bei der Talquerverbauung ist die Frage zu stellen, was im Vergleich zur formenkonvergenten Bergsturzbildung für eine Endmoräne spricht.

Ein weiteres Argument gegen die alleinige Bergsturzentstehung, wobei nach den Abschmelzen des Widerlagers Eis von den Talflanken immer mit Bergsturzereignissen zu rechnen ist, liegt in der Trennung der Talverbauung von den Talflanken. Mehrheitlich werden Bergsturzmassen und Trümmer in so engen, steilen Tälern an die Hänge angeschmiegt sein. Hier dagegen sind sie durch Abflußrinnen vom Hang getrennt. Sie sind darüber hinaus nicht nur das Werk des subaerischen Fließens im gleichgeneigten Gefälle eines Talwegs und der daran geknüpften Erosion, sondern die allseits geschlossenen Hohlformen als Ausdruck gegenläufiger Gefällestrecken legen eine subglaziale Schmelzwasserformung nahe, wahrscheinlich auch unter zeitweiliger Beteiligung von Toteis.

Zu fragen bleibt weiter, ob in räumlicher Ausdehnung der Kartenanalyse im Höhenstockwerk der mutmaßlichen Endmoräne weitere Indizien erkennbar werden, die auf ehemaligen Eiskontakt schließen lassen. Zu diesem Zweck wurde der Bereich zwischen 2 950 m und 3 000 m ü.M. markiert. Das Verfolgen dieser horizontalräumlichen Trasse zeigt Erscheinungen, die im Umfeld dieses Höhenstockwerks in benachbarten Tälern kurz vorgestellt werden.

Im nordwestlichen Tal liegt ebenfalls ein See, kleiner und um 2 950 m ü.M. ca. 100 m höher als die Laguna Aricota. Auch in diesem Tal reichen die jungen Alluvionen an der polwärts exponierten Talflanke ca. 700 m über dem Seespiegel hinauf. An der mehr äquatorwärts abfallenden Talflanke liegen sie wie im Tal von Aricota ebenfalls niedriger, reichen also nicht ganz so weit hinauf. Der Talgrund und die untere Umräumung um den kleinen See sind frei von Alluvionen. Bergsturzereignisse zur Erklärung der Prozesse, die zur Bildung des Seebeckens führten, scheiden hier somit aus.

Die Eintiefung des Seebeckens wird möglicherweise auch hier durch den glazialen Schurf einer Gletscherzunge erfolgt sein. Daß auch hier wie bei der Laguna Aricota junge Alluvionen an oberen Talflankenpositionen dem länglichen Talverlauf folgen, könnte darauf hindeuten, daß diese Positionen nicht den Rand maximaler Talgletscher dokumentieren, wohl aber den Rand der zeitlich und morphologisch wirksamsten Eisformung. Alluvialkanten und -kegel auf den Gebirgsfußflächen, mehren unter Einbeziehung der Schneegrenz- und Nährgebiets-Zehrgebiets-Flächenbeachtung (vgl. Ausführungen zu Tab. 3) die Argumente einer zeitlich und partiell aus dem Gebirge heraustretenden Vergletscherung im Pleistozän.

In horizontalräumlicher Verlängerung des 3 000-m-Bereichs hin zum Nordende der Laguna Aricota liegen zwischen 3 000 m und 3 200 m zehn allseits geschlossene Hohlformen regellos verstreut. Auch sie sind in jungen Alluvionen eingelassen. Auch hier können Bergsturzereignisse weitgehend ausgeschlossen werden. Zum einen fehlen entsprechende Talflanken, zum anderen regellos verteilte kuppige Vollformen zwischen den Hohlformen. Sowohl die jungen Alluvionen hier als auch die Hohlformen in ihrer regellosen Verteilung werden in ihrer Entstehung möglicherweise den Prozessen der Toteisgenese zuzuschreiben sein.

Die horizontalräumliche Trassierung am Südrand der Laguna Aricota zeigt ca. 3 km vom Südostende des Sees entfernt eine Paßregion, welche mehrere Kuppen über eine unruhige Höhenlinienzeichnung aufweist, wie sie im Blattbereich sonst nicht zu beobachten ist. Auch diese Kuppen bestehen nach der peruanischen geologischen Kartierung gleichen Maßstabs aus jungen Alluvionen. Auch hier ist eine bergsturzartige Massenverlagerung als Augenblicksleistung an Hängen auszuschließen, eine Eisrandgenese der Hügel also wahrscheinlich.

Daß zwischen 3 600 m und 3 800 m die oberen Talflanken hufeisenförmige Versteilungen und zentral Bodenverflachungen zeigen, stützt die These eisgenetischer Prägung des Raumes und jene der Entstehung einer Endmoräne am unteren Ende der Laguna Aricota, wobei eistrückzugsbedingte Bergsturzereignisse nicht auszuschließen sind. Auch sie waren in diesem Sinne das indirekte Ergebnis einer Talgletscherzunge, wobei die räumlich enge Verzahnung bei der Ablagerungarten denkbar ist.

Als nächster Problemkreis soll jener der Eisrandbildung auf der Gebirgsfußfläche näher vorgestellt werden. Daß der Eisrand die dort hängenden Alluvialkanten und -übergangskegel erreicht haben könnte, soll nachfolgend erläutert werden. Bei einer Schneegrenzlage von ca. 4 000 m gilt dies als sehr wahrscheinlich. Ob das Eis über diese Kanten und Kegel hinaus abwärts bis zu den allseits geschlossenen Hohlformen des Vorlandes, z.T. in 353 m ü.M. gelegen (vgl. SCHULZ 1987a, Abb. 3 und 4), gereicht haben könnte, muß ebenfalls der Geländeinspektion vorbehalten bleiben. Doch sollen nachfolgend die hängenden Alluvialkanten und -kegel in Beispielen gezeigt werden. Sie sind im Überblick in die Übersichtskarte der Abb. 1 eingetragen worden. Hiermit werden nun jene detaillierter dokumentiert, die noch nicht publiziert wurden.

Der große Fächer östlich des Tales von Ocoña wurde von SCHULZ (1986: 123) detailliert beschrieben. Abb. 65 dieser Arbeit zeigt – zu einer anderen Fragestellung – einen Ausschnitt vom Ostrand dieses Fächers. Er ist im mittleren und unteren Bereich mit Alluvionen bedeckt, die in einer Dreieckshochfläche im äußersten Westen noch im Gipfel der Fläche bei 2 200 m ü.M. liegen. Von dieser Fächer-

kante erfolgt ein steiler, geglätteter Abfall um zunächst 600 m in das nördliche Becken.

Bei SCHULZ (1987a) sind die hängenden Alluvialkegel des Rio Sihuas abgebildet, desgleichen bei SCHULZ (1986: 126). Daß diese Alluvialkante vom östlichen Rio Sihuas-Einzug im Westen Anschluß hat an den Einzug des Rio Majes (Flächenverhältniszahl von 5 : 1, Tab. 2), zeigt Abb. 59 mit der Geologie in Abb. 60. Die Abb. 61 zeigt hängende Alluvialkanten und -kegel im Einzug des Rio Moquegua und Abb. 62 jene südöstlich des Moquegua. Die verkleinerte Karte der Abb. 63 im äußersten Süden markiert die typische Position der Alluvialkegel und -kanten.

KUHLE (1976, 1984), der Eisrandbildungen aus dem Iran im Übergang vom nivalen Höhenklima zu semiariden Gebirgsfußflächen vorlegt, nennt die auf dieser klimatischen Abfolge basierenden Eisranddokumente *Bortensander*. Er sieht sie auf dieser Achse als Kernformen einer semiariden Vorlandsvergletscherung an. Danach bestehen diese am unmittelbaren Eisrand abgelagerten Formen im unteren Teil zumeist aus leicht gebanktem, häufig gestauchtem Moränenmaterial (Diamiktit), dem geschichtete und sortierte Schmelzwasserabsätze auf- bzw. anliegen. Der Bortensanderkörper ist vielfach als kegelige Dreieckshochfläche der Gebirgsfußfläche aufgesetzt mit rückläufigem, gegen den allgemeinen Fußflächenanstieg gerichtetem Ge-

fälle. Die Bortensanderoberfläche ist zumeist engräumig zertalt. Viele Talursprünge liegen am oberen Zwickel der Bortenkante und werden häufig vom Abfall zum Zungenbecken hin geköpft, streichen also hängend aus und sind somit auf die ehemalige Entwässerung der Eislobsoberfläche eingestellt. Das Talsystem zeigt als konsequente Fortsetzung der Falllinie der Gletscheroberfläche ein Konvergieren der Gerinnebahnen zur Sandermitte und zum Gebirgsfußflächenende hin.

Für die südlich 16° S in den Abb. 59–63 vorgelegten Alluvialkanten und -kegel trifft die morphographische Beschreibung zu. Diese Alluvionen sind der Gebirgsfußfläche aufgelagert und von heutigen Wassereinzügen durch rückläufige Gefällestrrecken und Becken vom eigentlichen Gebirgsrand getrennt. Im Rio-Ocoña-Einzug mißt der Abfall von der Bortenkante zum Beckentiefsten zunächst 600 m (vgl. Abb. 65) und später dann nochmals 1 300 m. Die Geländehöhe von der Bortenkante wird hier im weiteren Gebirgsanstieg aus dem nördlichen Becken heraus erst wieder in ca. 20 km erreicht. Abb. 59 und 60 zeigen die Morphographie und Geologie der Alluvionen zwischen dem Rio-Majes-Einzug und dem Rio Sihuas. Dieser Ausschnitt wird auch gut durch die Satellitenbildaufnahme (vgl. SCHULZ 1988a) dokumentiert. Diese hängenden Übergangskegel und -kanten werden von einem häufig konvergierenden Gerinnenetz überzogen (markiert, am

Abb. 59: Verkleinerter Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 33-r, APLAO: Morphologie der pleistozänen Schotterfläche und aufgesetzten Alluvialkegel als Ergebnis der Deglaciation (rechts).
Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m

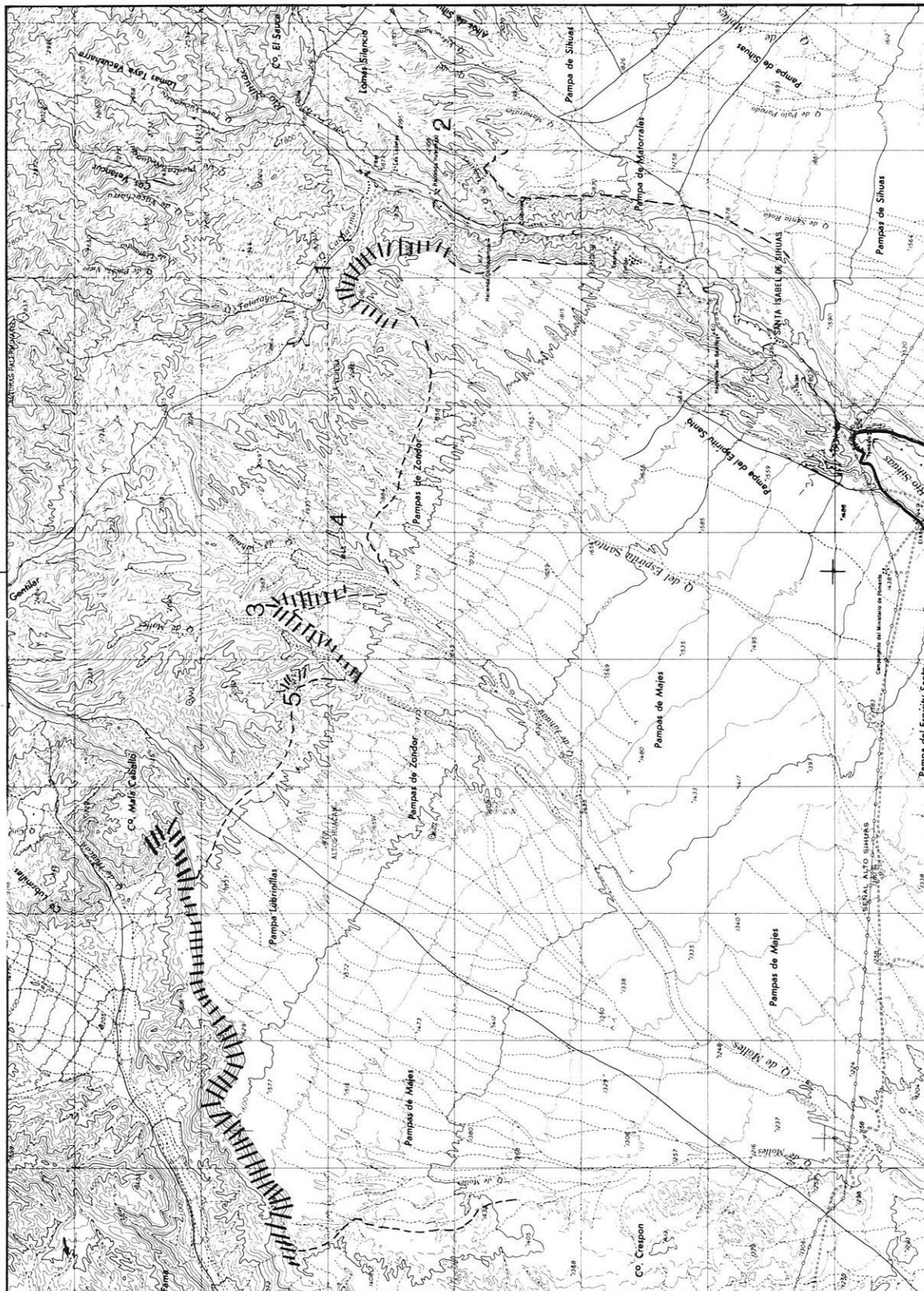
Abb. 60: Verkleinerter Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1 : 100 000 von Peru, HOJA 33-r, APLAO (S. 88).
Diese Abbildung ist ausschnittsgleich mit Abb. 59. Gut zu erkennen ist die Deckungsgleichheit der pleistozänen Schotter (Q pl-al) und Alluvialkegel und -kanten (Ziffem 1–5) mit der Topographie in Abb. 59.

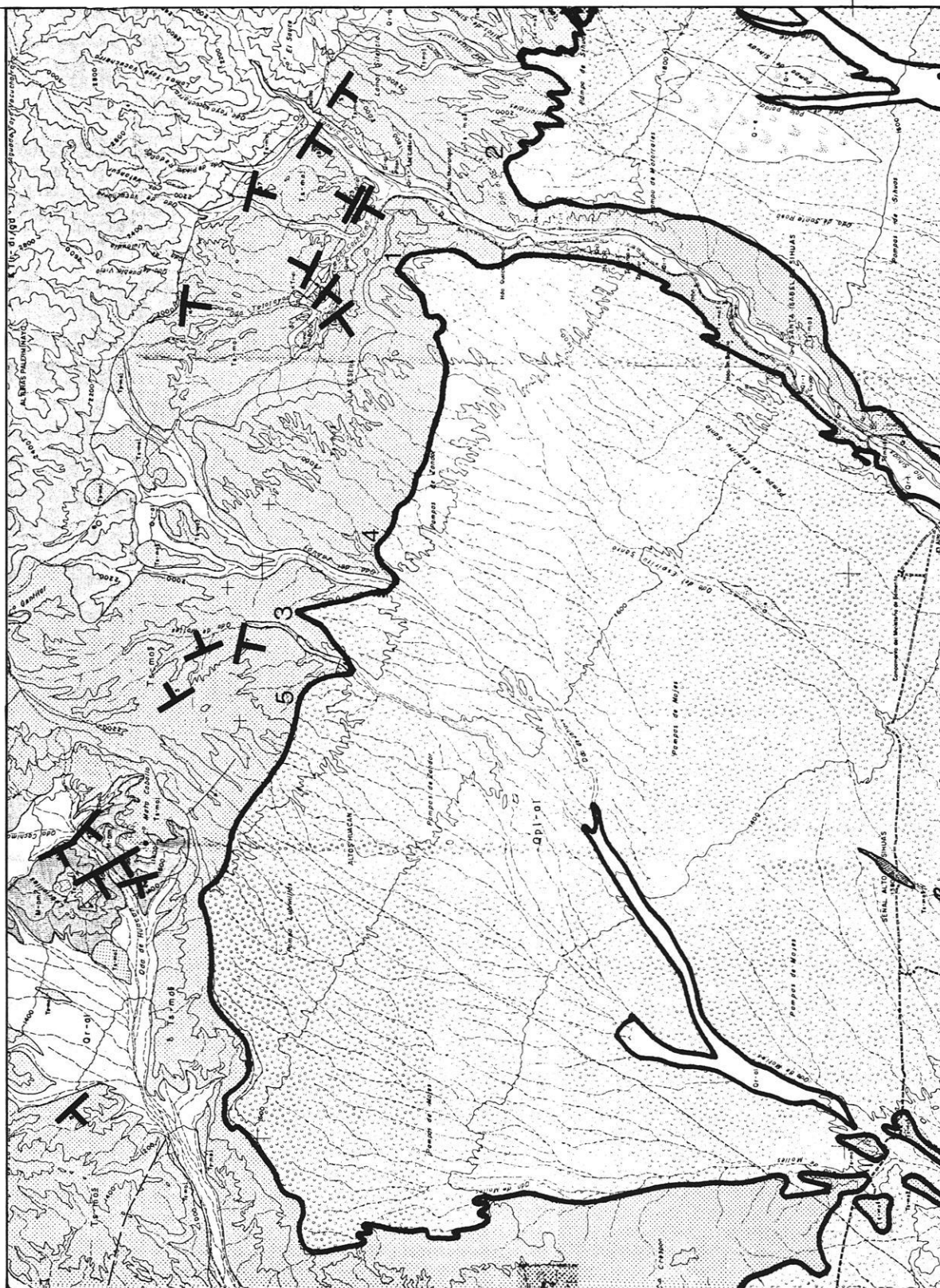
Abb. 61: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-t und HOJA 35-u (S. 89).
Grauraster: nach der Geologischen Karte 1 : 100 000 als rezent eingestufte holozäne Alluvionen (Konglomerate und Kiese mit Einschaltungen von Tuffen, insgesamt bis 100 m mächtig)

Abb. 62: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-u (S. 90).
Grauraster: nach der Geologischen Karte 1 : 100 000 als rezent eingestufte holozäne Alluvionen (Konglomerate und Kiese mit Einschaltungen von Tuffen, insgesamt bis 100 m mächtig)

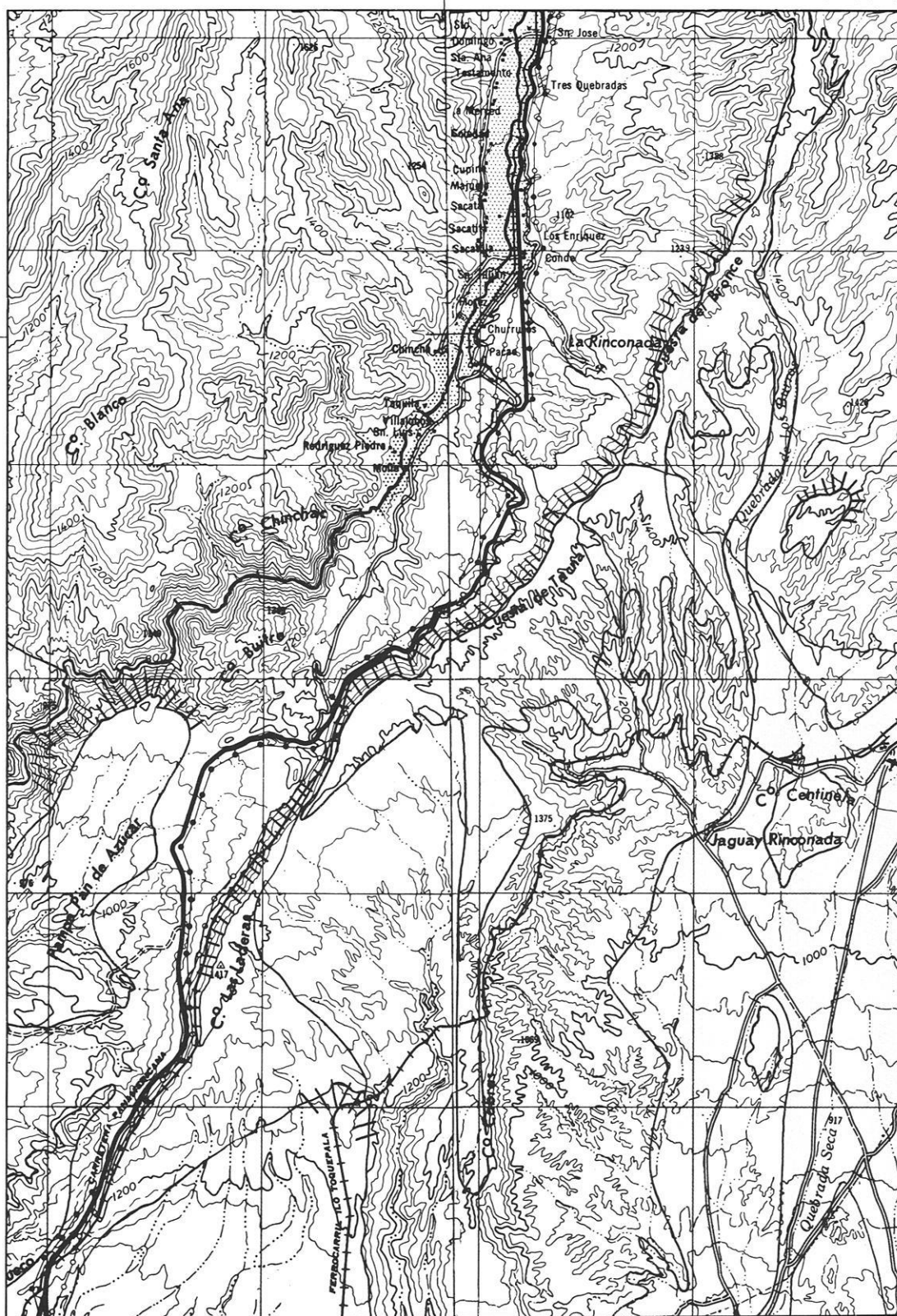
Abb. 63: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-u und HOJA 36-u (S. 91).
Grauraster: rezente Alluvionen (Q-al, vgl. Geol. Karte 1 : 100 000 von Peru);
Kantenschraffen: den allgemeinen Gebirgsabfall unterbrechende, mehr oder weniger aufgelöste Stufen gegenläufigen Gefälles, angelegt in

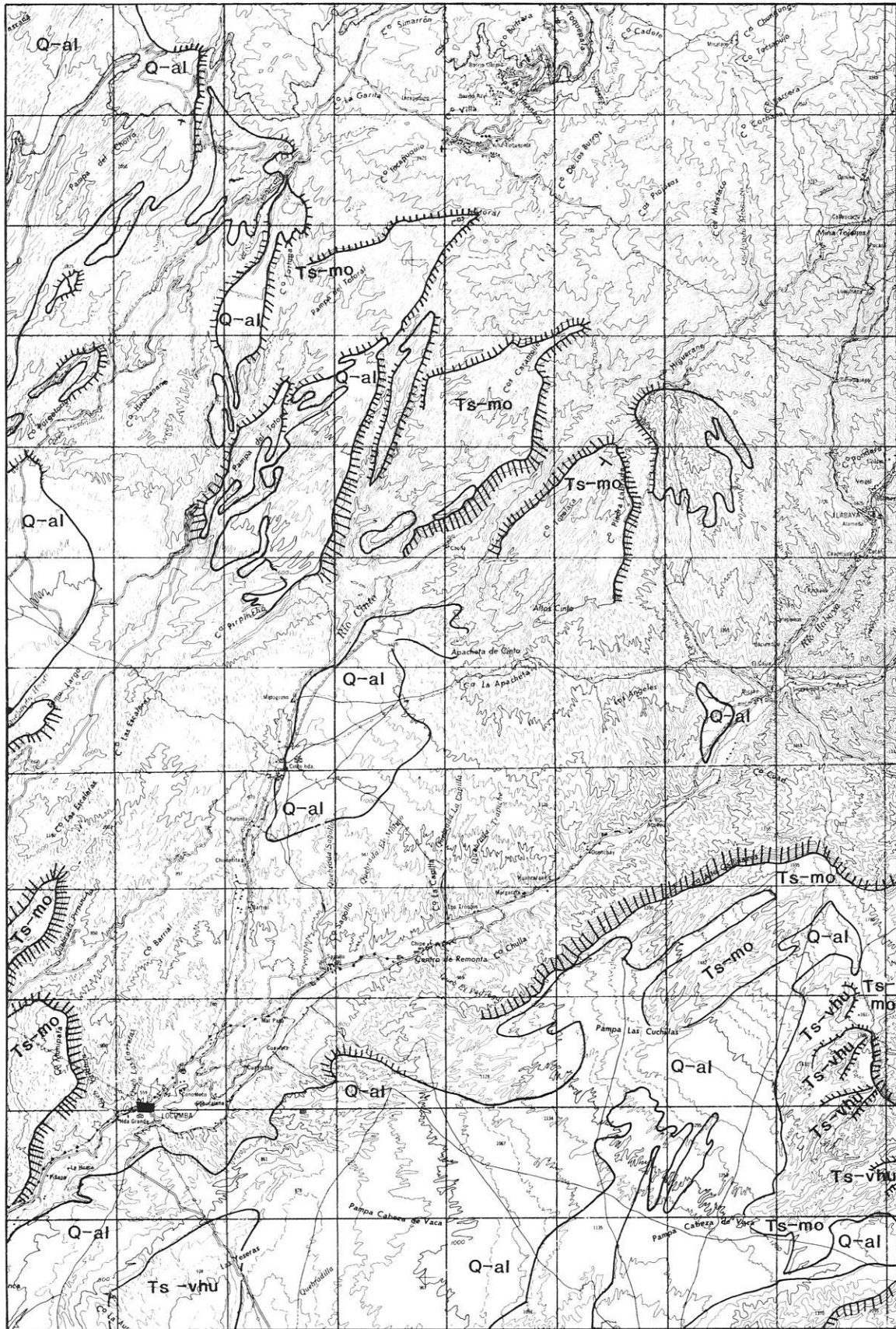
- Q-al (rezenten Alluvionen),
- Ts-vhu (pliozänen Vulkaniten),
- Ts-mo (miozänen Konglomeraten aus Steinen und Sanden mit tuffiger Matrix)





17°
20'





deutlichsten im Punkt 3 der Karte 59), das an den hängenden, höchsten Kanten, also an einer heutigen Wasserscheide endet und dort die tiefste Zertalung aufweist, ohne Gebirgsanschluß zu haben. Ein 200–600 m messender Steilabfall in die 4–10 km breiten Becken trennt hier diese Kegel und Kanten vom weiteren Gebirgsanstieg. Diese Alluvialaufschüttung wird von den peruanischen Geologen ins Pleistozän gestellt (JOL 1968) und als glazifluvialer Prozeß im Zuge einer bedeutenden Deglaciation gedeutet. Erstaunlich ist die horizontalräumliche Deckungsgleichheit dieser Flächengrenze zur amtlichen geologischen Kartierung (Abb. 60). Die Mächtigkeit alluvialer Bildungen ist im Vergleich mit der topographischen Karte und nach den geologischen Erläuterungsheften sowie unter Einbeziehung der Satellitenbilddauswertung an der oberen Kante mit 100–200 m zu ermitteln. Das Gerinnenetz, welches zumeist im mittleren Teil des Ausschnitts bei immer geringer werdender Eintiefung verschwindet, zeigt, daß auch hier die Lokermaterialdecke eine größere Mächtigkeit haben muß. Die Grenze der Alluvionen wurde gestrichelt in die Topographie eingetragen. Sowohl die Morphographie als auch die Geologie zeigt in den Punkten 1–6 Dreiecksformen. Zwischen diesen Formen (am deutlichsten zwischen Form 1 und 2) liegen Talweitungen, als mutmaßliche Zungenbecken eines Eislobus deutbar, desgleichen zwischen den Formen 5 und 3 sowie 3 und 4. Daß die Gletscherzungen gelegentlich auch tiefer hinabgereicht haben könnten, wird in Abb. 59 in der unteren Talweitung des Rio Sihuas deutlich. Es muß auch hier im Vergleich der Übersichtskarte (Abb. 1) zu den Flächenverhältniszahlen der Tab. 2 deutlich darauf hingewiesen werden, daß im Rio Ocoña eine lange, schmale Talgletscherzunge mutmaßlich bis 50 m ü.M. hinabgereicht hat, wohingegen im Rio Sihuas mit der schlechtesten Flächenverhältniszahl südlich 14° S eine schmale Zunge höchstens auf 1 400 m ü.M. herunter gereicht haben dürfte.

Abb. 61–63 sollen nicht weiter im Detail beschrieben werden. Sie dienen über die Zusammenschau auf der Übersichtskarte (Abb. 1) hinaus lediglich der Dokumentation. Sie zeigen damit im Detail, daß diese Formen als mutmaßliche Eisranddokumente im Süden Perus vorliegen und daß sie auf eine stratigraphische Bearbeitung warten. Denn anders als bei den glazialexarativen Karformen, die auch über expositionsbedingte Unterschiede in Hunderten von Formen in großer Regelmäßigkeit über alle Gesteinsunterschiede hinweg einem bestimmten Höhenstockwerk zugeordnet werden können (vgl. Abb. 10–36 und Dokumentation), ist hier im Bereich der Akkumulationen eine Prozeßansprache zur Formengese beweiskräftig nicht möglich. Zwar ergeben die Nährgebiets-Zehrgebiets-Flächenverhältniszahlen bei einer Schneegrenzannahme um 4 000 m sichere Abschätzungen, daß die unteren Eisloben pleistozänzeitlich diese Kanten erreicht haben könnten, doch welche Art von Endmoränen, Endmoränenvertreter oder Sanderformen einschließlich Bortenbildungen hier vorliegen, dies zu klären bleibt ausschließlich der Geländeprospektion vorbehalten. Daß bei zukünftigen Arbeiten der Blick für

diese Probleme und Arbeitsgebiete geschärft werden konnte, auch das ist ein Ergebnis dieser Arbeit.

Daran anknüpfend stellt sich natürlich das Problem des pleistozänzeitlichen Klimas, insbesondere das der Feuchte. Sind diese alluvialen Bortenkanten und Übergangskegel Kennformen semiarider Bedingungen, so wird es in diesem Höhenstockwerk zur Zeit der Lage des Eisrandes an diesen Kanten entsprechende Klimabedingungen gegeben haben, zeitweise zumindest. Dies schließt nicht aus, daß es zu anderen Zeiten, z.B. im Aufbau eines Eiskuchens, aber auch im höheren Gebirgsstockwerk zugleich, aber auch zu verschiedenen Zeiten feuchter gewesen sein kann. Verwiesen sei auf den El-Niño-Mechanismus im Wechsel der Hadley-Zellen-Zirkulation mit Abschwächungen und der damit einhergehenden Walker-Zellen-Zirkulation, wobei das kalte Wasser des Perustromes in nördlichen Bereichen ausfallen kann, was zum El-Niño-Effekt führt. Für 1982/83 belegt KÄSE (1985) katastrophale Regenfälle in Peru.

Natürlich läßt ein 6–8-jähriger Rhythmus keine Eiszeit entstehen, doch sind eiszeiterzeugende, länger anhaltende Regenzeiten aufgrund eines veränderten, sich längerfristig verlagernden Zirkulationsmechanismus angesichts der Karbodenhöhen und Vorlandsüberschüttungen denkbar.

KESSLER (1985) weist im Bereich des peruanisch-bolivianischen Altiplano auf die rezente Seespiegelschwankungen bei verstärkter SE-Passatströmung zur sommerlichen Regenzeit hin und verknüpft dies mit einer Südverlagerung der atmosphärischen Zirkulationsgürtel und wendet diese auch auf den Gletschervorstoß zur Tauca-Phase (12 500–11 000 BP, vgl. Abb. 3) an. Er kommt jedoch für die trockenere Zeit im Gletscherrückzug zur Vermutung einer Nordverlagerung der Zirkulationsgürtel auf dem Altiplano. Daß hier, bevor weitere klimatologische Situationen erörtert werden, noch viele Feldbefunde vonnöten sind, ist selbstverständlich.

Nachfolgend sollen noch zwei Formen in der Sequenz von den Karen zu den Alluvionen im Gebirgsfußflächenbereich angesprochen werden, da sie Bausteine und Indizien sind, die eine tief herabreichende Vereisung zusätzlich stützen helfen – im Sinne einer ganzheitlichen, integrativen Karteninterpretation.

Neben den in den Abb. 59–63 dokumentierten Dreiecksvollformen alluvialer Bedeckung sollen jene vorgestellt werden, die frei sind von Alluvionen, also im Festgestein angelegt wurden. Auch liegen sie am unteren Rand pleistozänzeitlicher Gletscher, wobei sich diese Randposition aus einer Schneegrenzlage um 4 000 m ü.M. ableitet. Sie sind auf der Gebirgsfußfläche zahlreich und regelhaft verbreitet, auch im Nebeneinander vergesellschaftet mit Alluvialkegeln. Abb. 64 zeigt ca. 10 entsprechende Kegel im Anstehenden (Chevrons) unterhalb einer großen, möglicherweise kargenetisch mitbedingten Hohlform, die mit Alluvionen (punktiert) ausgekleidet ist.

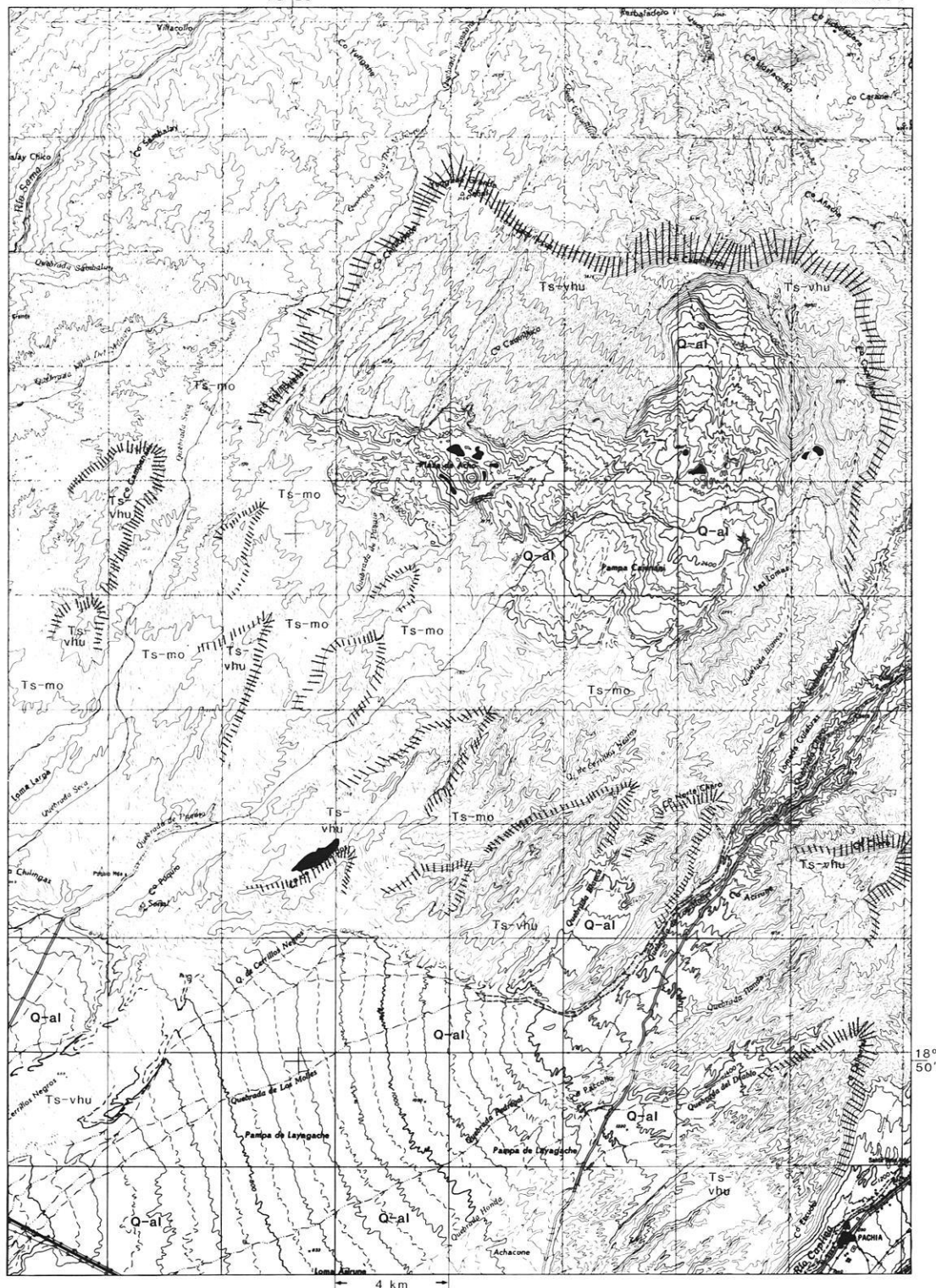


Abb. 64: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 36-v.

Grauraster: rezente holozäne Alluvionen (Q-al, vgl. Geol. Karte 1 : 100 000 von Peru) aus Kiesen und unverfestigte Konglomerate, gelegentlich Tufflagen, bis 100 m mächtig;
schwarz: allseits geschlossene Hohlformen;
Kantenschraffen: den allgemeinen Gebirgsabfall unterbrechende, mehr oder weniger aufgelöste Stufen gegenläufigen Gefälles, angelegt in pliozänen rhyolithischen Tuffen und Brekzien (Ts-vhu) sowie mio-pliozänen Konglomeraten und Sanden (Ts-mo)

Abb. 65 zeigt den östlichen Teil einer großen, 30 km langen Fächerform mit Höhen um 2 550 m im höchsten Fächerenteil. Die Neigung zur Südabdachung beträgt zuoberst 10–14° und sinkt rasch auf Werte um 2° zum Fächerfuß hin ab. Diese Fächerform weist allerdings von der W–E-verlaufenden Fächer- bzw. Bortenkante nach Norden einen geglätteten Steilabfall auf, der zur ersten Verebnung hinab zunächst 600 m beträgt und Hangwinkel von über 40° zeigt. Der sich nördlich anschließende Beckenraum bildet einen Taleinschnitt auf 600 m ü.M. hinabreichend, so daß sich zur Fächeroberkante eine Höhendifferenz von 1 900 m ergibt. Dieses Becken hat eine Nordausdehnung von 20–30 km, ehe wieder Gebirgshöhen erreicht werden, die der Fächeroberkante entsprechen. Alle, den Fächer überziehenden, strahlenförmig in der Karte um 2 400 m wurzelnden Täler sind vom Wasserliefergebiet abgeschnitten. Dieser Fächer steht also ohne Gebirgsanschluß in der Landschaft.

Zu klären bleibt, zu welcher Zeit die Fächerform gebildet wurde und wann sie im zentralen, oberen Bereich z.T. erheblich zerschnitten wurde. Denn auffällig ist der überall zu beobachtende starke Zerschneidungsbetrag an der Fächeroberkante, aber ohne Wassereinzugsmöglichkeiten um 150 m, der im mittleren Bereich auf Werte zwischen 100 m und 50 m und am Fächerfuß auf 10 m und darunter absinkt. Aufgebaut wurde diese Großform aus pliozänzeitlich eingestufteten Vulkaniten (weiße und rosa Rhyolite und Tuffe). Im Ostteil des Fächers (vgl. Abb. 65) ist eine starke Auflösung in einzelne Dreieckshochflächen mit dazwischen liegenden Talweitungen zu erkennen, wobei der Betrag der Eintiefung hier Werte um 400 m erreicht. Doch sind auch hier die Haupttäler noch radial ausgerichtet und die verstärkt gezeichneten 2 000-m-, 2 200-m- und 2 400-m-Linien zeigen über die Taleinschnitte hinweg weiter die Rundung der Fächerform. Doch alluvialbedeckt sind hier die Hochflächen, Riedel zwischen den Tälern nicht. Lediglich am Südrand ist die Auflage pleistozänzeitlicher Alluvionen mit der Tendenz belegt, nach Westen zum Tal des Rio Ocoña immer höher an die Nordkante zu rücken, wobei im äußersten Westen in einer etwas losgelösten Dreieckshochfläche bis zum Top in 2 250 m ü.M. eine Alluvialbedeckung vorliegt. In Abb. 66 ist aus der TK 1 : 50 000 von Peru diese westlichste Dreieckshochfläche mit dem Eintrag der Alluvionen abgebildet. Der Blick auf die Übersichtskarte in Abb. 1 zeigt darüber hinaus, daß die Ostbegrenzung des nördlich anschließenden Beckens über den Altiplano Anschluß an die Gletscher des Nevado Coropuna hat. Von dort und den Eiseinzugsgebieten des Rio Ocoña mit einer Fläche von 9 500 km² oberhalb 4 000 m (vgl. Tab. 3 und Abb. 57) sind mutmaßlich die Gletscher im Pleistozän in das Becken herabgekommen. Die vermutlich im Pleisto-

zän vom Eis des Nevado Coropuna mitgeprägten oberen Talschlüsse der Abb. 54 mit den zwei allseits geschlossenen Hohlformen deuten dies an. Diese Eismassen füllten das Becken auf, überflossen wahrscheinlich auch die hohe Fächer- bzw. Bortenkante und lösten sie im Ostteil erheblich auf. Die dabei entstandenen Dreieckshochflächen im Anstehenden zeigen deutlich eine bortensanderähnliche Oberflächenprägung. Exemplarisch sei die zentrale Dreieckshochfläche der Abb. 65 beschrieben.

Das Höhenlinienbild dokumentiert deutlich die Dominanz jüngerer, seitlicher Wassereinzüge. Die Hüllfläche ist im horizontalräumlichen Schnitt konkav nach innen eingebogen (entsprechend den drei langgestrichelten Linien). Die Steilhänge der Dreiecksschenkel sind glatt und weisen kaum linearerosive Spuren auf.

Als Hypothese kann hier formuliert werden: Zwischen diesen Flächenauflösungsformen hat mutmaßlich Eis als Widerlager gelegen, die Strömungspfeiler um- und überflossen und so zu bestimmten Zeiten die Dreiecksfläche durch von den Seiten kommende Schmelzwässer konkav überprägt. Zwischen den Dreieckshochflächen liegen zumeist Talweitungen und Verebnungen. Überprägungen dieser Art sind am ganzen Andenabfall zu beobachten. Abb. 54 zeigt eine vergleichbare Dreieckshochfläche im Anstehenden (markiert) und in einem Bereich, der nach den Berechnungen der Schneegrenze um 4 000 m und darauf begründbarer Eisausdehnung vergletschert gewesen sein könnte, so daß auch hier eine eis- und schmelzwasserbedingte Auflösungsform der Gebirgsfußfläche vorliegen kann. Gleiches gilt für das gekennzeichnete Beispiel in Abb. 67c.

Als nächstes sei auf allseits geschlossene Hohlformen im Talverlauf verwiesen, die bei eisgefüllten Tälern nach dem Abschmelzen entstehen können. Bei den drei ausgewählten Beispielen handelt es sich um Täler aus dem Einzugs des Rio Majes, die innerhalb der abgeleiteten Eisrandgrenzen liegen und damit zeitweise eisgefüllt waren. Abb. 67b zeigt eine Talquerverbauung, hinter der sich die Hohlform befindet. Von der Verflachung im Hohlformenniveau bis zum Taltiefsten dokumentiert sich auch hier eine ca. 250 m tiefe nacheiszeitliche Einschneidung. Die Abb. 67a zeigt eine Tallängsverbauung, oberhalb derselben im Bereich einer Verflachung die allseits geschlossene Hohlform liegt. Der nacheiszeitliche Erosionsbetrag beträgt hier nur ca. 100 m. Dieser niedrigere Betrag resultiert vermutlich daraus, daß der große ehemalige Wassereinzug, am Ostrand des großen Fächers (vgl. Abb. 65) gelegen, mit dem Abschmelzen des Eises unterbunden war, so daß danach nur noch lokal ein kleines Gebiet die gelegentlichen Regenfälle entwässert.

Abb. 65: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-q und HOJA 33-q.
 dunkler Grauraster: pleistozäne Alluvionen (Q-pl-al, vgl. Geologische Karte 1 : 100 000 von Peru), die zur Abschmelzzeit der pleistozänen Eismassen geschüttet und akkumuliert worden sein sollen;
 heller Raster: die begradigte, schluchtenübergreifende Enveloppe (Hüllfläche) um 2 000 m, 2 200 m und 2 400 m ü.M

HOJA 33q

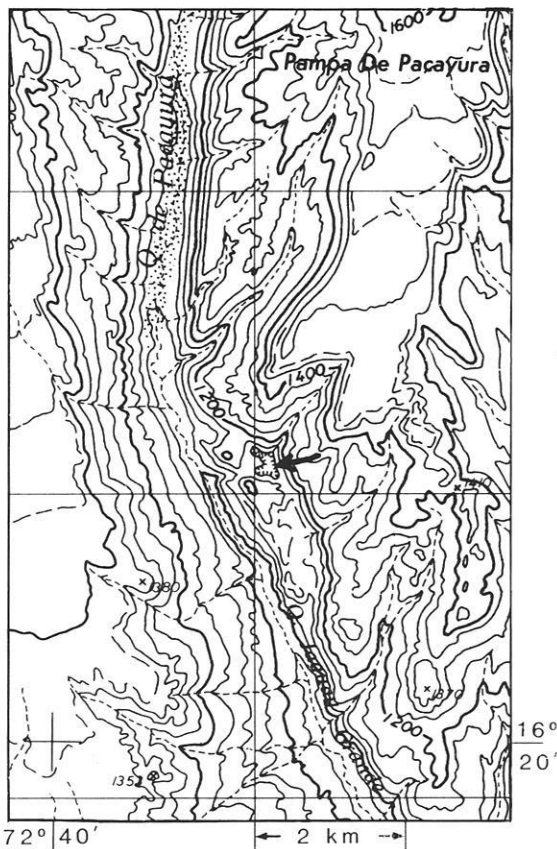


Abb. 67a: Ausschnitt HOJA 33-q.

72° 25'

HOJA 32r

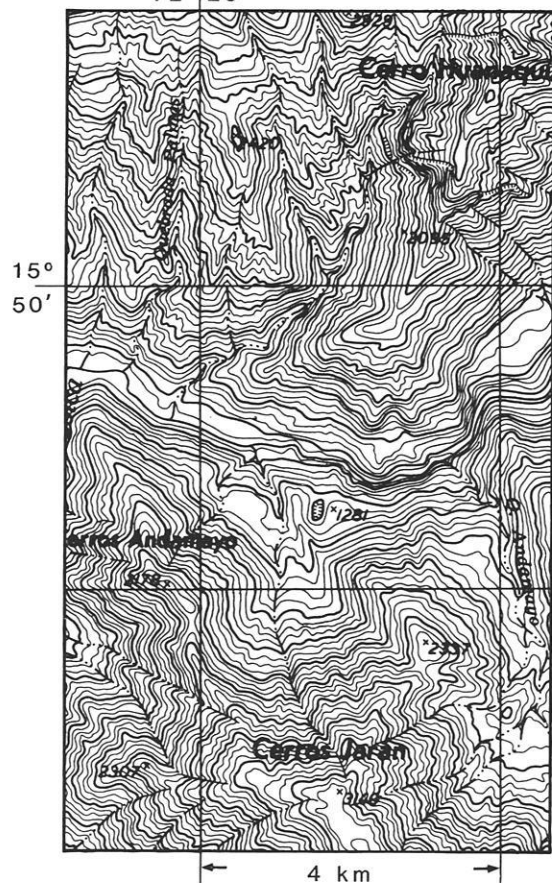


Abb. 67b: Ausschnitt HOJA 32-r.

Abb. 67: Allseits geschlossene Hohlformen in Auswahl aus den TK 1 : 100 000 von Peru (Abb. 67c siehe S. 98).

Abb. 67c zeigt unterhalb einer Konfluenzstufe die Hohlform in einer Höhe von 785 m ü.M. in einem Seitental, unmittelbar neben dem Talgrund des Rio Majes mit seinen Weitungen.

Als Beispiele kleiner Alluvialfächer ohne größeren rezenten Gebirgsanschluß sei auch auf die beiden Schwemmfächer am Gebirgsfuß in den Blattgebieten 31-n und 32-n hingewiesen, die auf Abb. 1 mit ihren heutigen, sehr kleinen Einzugsgebieten eingetragen wurden. Sie bestehen aus vielen, sichelförmig und gestaffelt angeordneten Wällen und Hohlformen. Ihre Größe von ca. 60 km² zu jener des rezenten Liefergebietes etwa gleicher Größe stehen in einem Mißverhältnis, das natürlich nur über Geländeprospektion an Aufschlüssen der Alluvionen erarbeitbar ist, wobei Fragen des Ferntransportes über heutige Wasserscheiden hinweg und die dafür benötigten Prozeßkombinationen geklärt werden müßten.

Alle diese unter Kap. 8 vorgelegten Formen innerhalb der rekonstruierbaren Vereisungsgrenzen sind karbegleitende Folgeformen, ohne im Einzelbeispiel Beweiskraft zu erlangen. In der Vielzahl jedoch und in ihrer Lage und Vernetzung im Raum mit anderen Formen und Sedimenten bilden sie Indizien, die in Ergänzung die in den Kapiteln 5, 6 und 7 dargelegten Fakten stützen.

Dies gilt auch für die Tatsache, daß die Alluvialaufschüttungen am Rio Majes und Rio Tambo im unteren Abschnitt zungenförmig aussetzen (vgl. Abb. 1), dafür aber hier submarin die größten Fächer aufgebaut liegen. Nach SCHWELLER et al. (1981) ist im Einklang mit diesen Befunden in diesem Abschnitt des Peru-Chile-Grabens die größte vom Festland kommende Verfüllung gemessen worden, die nördlich 16° 30' S und südlich 18° 30' S wieder aussetzt.

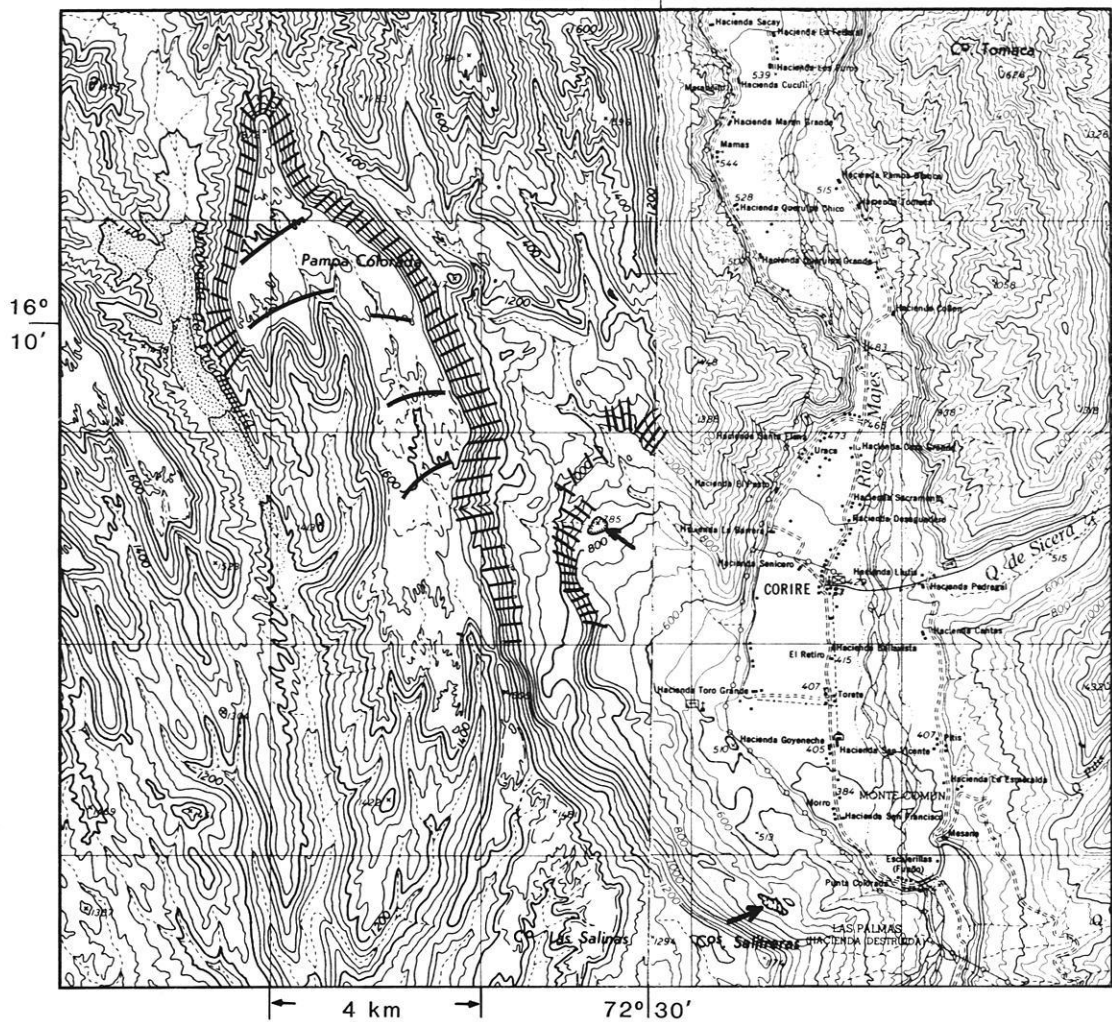


Abb. 67c: Ausschnitt HOJA 33-q und HOJA 33-r.

9. Verweise und Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte und Formenkonvergenzen

In die geologische Übersichtskarte (Abb. 68) wurden die quartären Lockersedimente, z.T. pleistozäner Zeitstellung, gekennzeichnet, desgleichen in den Schichtenverzeichnissen der Abb. 69 und 70. In Zentralperu werden diese Alluvionen zumeist ins Pleistozän gestellt (Abb. 69), wohingegen sie im Süden Perus vielfach als rezente Bildungen eingestuft werden (Abb. 70), die dann diskordant von Vulkaniten unterlagert werden. Auch die Mächtigkeitsangaben

der Profile schwanken. Sind die pleistozänen Alluvionen in Zentralperu 100–200 m mächtig, so sollen sie im Bereich der Flüsse Ocoña und Majes fehlen, wo lediglich rezente Bildungen von 60–100 m Mächtigkeit eingetragen sind. Diese Angaben sind jedoch durch Einzelkartierungen im Maßstab 1 : 100 000 zu relativieren, was die Abb. 59–63 und Abb. 64–66 zeigen. Im Rio-Majes-Fußflächenbereich sind im Erläuterungsheft von JOL (1968) Alluvionen über

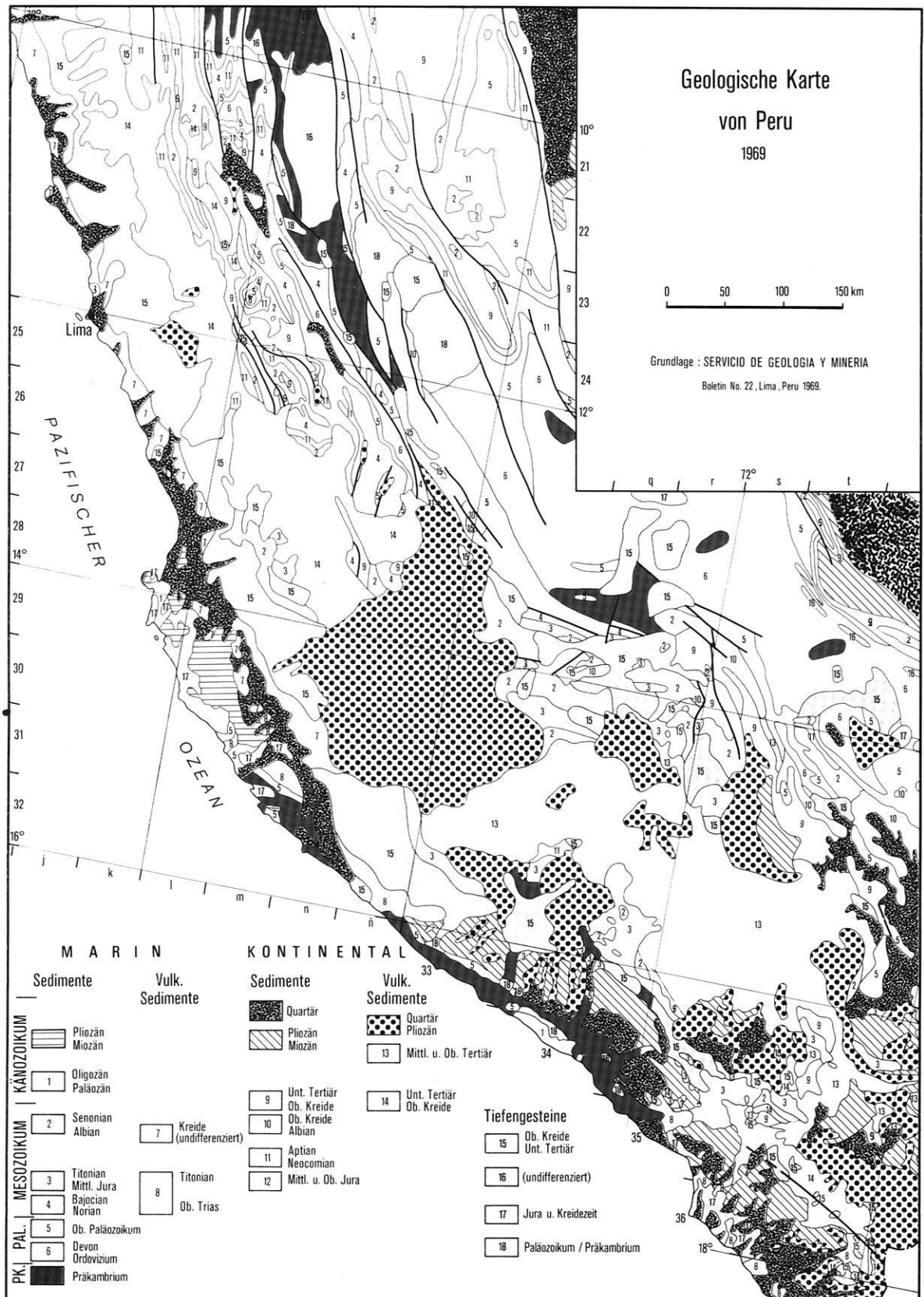


Abb. 68: Geologische Karte von Peru.

150 m Mächtigkeit benannt. Gleiches gilt für die Angaben von PECHO & MORALES (1969) in ihrem Erläuterungsheft für die Karte 33-q im Maßstab 1 : 100 000. Schon vom Erscheinungsjahr her dürften diese Detailkartierungen in den zeitgleich publizierten Profilen der Abb. 69 und 70 noch keinen gebührenden, repräsentativen Eintrag gefunden haben. Dies zeigt das erste Profil in Abb. 70, wo in den Flußeinzugssystemen von Ocoña und Majes lediglich rezente Bildungen verzeichnet sind, während die Spezialkartierung im Maßstab 1 : 100 000 und die Erläuterungshefte bis zu 200 m mächtige pleistozänzeitliche Alluvionen ausweisen (vgl. Abb. 60 und 65).

Das teilweise über 200 m mächtige Pleistozän des Südens wird gebildet von Tonen, Schluffen, Sanden und Kiesen, vielfach geschichtet und im Wechsel zu ungeschichteten Steinlagen. Sowohl fluviale Aktivitäten im Gefolge einer mächtigen Deglaciation werden als Prozeß benannt als auch Erd- und Bergrutschereignisse, Muren sowie Schlammströme. Daß hierbei ein Teil der Formen auch Endmoränenvertreter sein können, ist als Ergebnis dieser Arbeit über die pleistozäne Schneegrenzlage im Hinblick auf das Hinabreichen des Eises bis an die Alluvialkanten und -kegel wahrscheinlich.

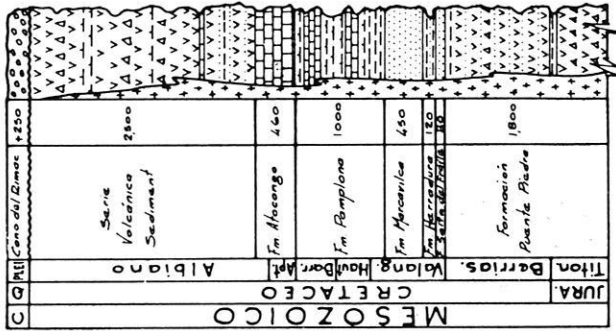
Diese Lockersedimente werden durch eine Diskordanz von mio-pliozänzeitlichen Vulkaniten unterlagert, deren Sedimente als nächstältere Formation der Gebirgsfußflächen speziell südlich 16° S anzutreffen sind (vgl. schräg schraffierte Flächen in Abb. 68). Die rhyolitischen und rhyodazitischen Tuffe, z.T. weiß, an der Basis rosa, mit Laven und Bimsbruchstücken durchsetzt, wurden mit grobem Punktraster gekennzeichnet. Ihre Zeitstellung reicht vom Pliozän ins Quartär hinein. Diese Serien wurden in der Kennzeichnung durch jene erweitert, die aufgrund ihrer Kalke eine besonders karstkorrosive Formung vermuten lassen. Als marine Sedimente sind die in der Sierra Central, der Ica-Nazca-Region sowie der Mollendo-Rio-Tambo- und Arequipa-Region anstehenden Kalke ausgewiesen worden (Fläche 2 in Abb. 68). In Fläche 11 folgen als kontinentale Sedimente jene Kalke des Aptiano, die zumeist nördlich 13° S ausgebildet vorliegen. Darunter folgen die marinen jurassischen Kalke (Fläche 12) des Titoniano und Bajociano, die nördlich 13° 30' S in der Region Central kaum vertreten sind, gelegentlich dagegen in der Ica-Nazca-Gegend vorkommen und südlich davon speziell in der Region Mollendo, Rio Tambo und Arequipa. Das Schichtenverzeichnis der Abb. 70 (Mitte) macht aber deutlich, daß diese Kalke von ca. 270 m Mächtigkeit nur einen geringen Anteil an den insgesamt ca. 6 000 m mächtigen Serien des Jura

besitzen. Darunter folgen die marinen Kalke des Bajociano und Noriano (T_R Ji-m, Fläche 4 in Abb. 68) und jene im unteren Jura der vulkanischen Serien (T_R Js-vs, vgl. auch Abb. 68, Fläche 8). Letztere haben einen großen Anteil in der Region Central und treten südlich 14° S nicht mehr auf.

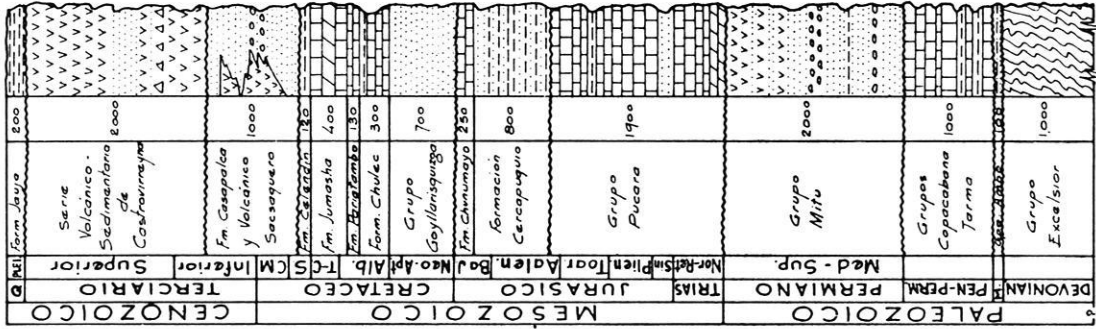
Wenn im Vergleich der Profile zu der Karte (Abb. 68) festgestellt werden kann, daß hier nur wenige Flächen aus Kalken aufgebaut werden (Kalke haben nur einen 10–50%igen Anteil an cretazischen und jurassischen Serien), so liegt hier doch im Detail eine karstkorrosive Formung vor, die geeignet ist, Formenkonvergenzen zu glazigenen Karsthohlformen anzusprechen. Dies wird exemplarisch an einem Beispiel im Maßstab 1 : 100 000 gezeigt. Dabei wird zugleich deutlich, daß dieser Maßstab geeignet ist, eine karstkorrosive Mitgestaltung entsprechender Karsthohlformen zu erkennen. Eine weitere Beispielkarte belegt die Formenkonvergenz zu vulkanischen Hohlformen.

Abb. 71 zeigt einen Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000, HOJA 25-l. Allseits geschlossene Hohlformen ohne Wasserfüllung bzw. jene mit gelegentlicher Wasserfüllung wurden durch Schraffuren gekennzeichnet und alle Seen schwarz markiert. Ein Blick auf die geologische Übersichtskarte der Abb. 68 zeigt eine NW–SE-verlaufende Ausrichtung der Schichtenpakete, die nach dem Schichtenverzeichnis der Abb. 69 in der Region Sierra Central aus ca. 500 m mächtigen marinen Kalken des Albiano mit den hangenden Kalken der Formationen Poriotambo und Jumsha aufgebaut werden. In Übertragung dieser Kenntnis auf die Abb. 71 zeigt sich in der Ausrichtung und Anordnung der karstkorrosiven Hohlformen eine deutliche Übereinstimmung. Sowohl die NW–SE-Ausrichtung der Laguna Huascacocha am Nordrand der Karte, aber auch die 1,5–2,5 km südwestlich liegenden vier allseits geschlossenen Hohlformen, ebenfalls NW–SE aufgereiht und jene, die abermals ca. 2,5 km südwestlich in gleicher NW–SE-Reihung und Längserstreckung folgen, zeigen dies an. Ähnliches läßt sich für die Fülle zentral von NW nach SE aufgereihten, zeitweise wassererfüllten Mulden sagen. Daß ein Teil der Seen über eine glaziale Überprägung hinaus auch karstkorrosiv geformt wurde, wird auch deutlich durch eine teilweise starke Zerlappung im Umriß, durch Inseln und Halbinseln und Seeufer, die teilweise trocken fallen. Speziell die Vergesellschaftung mit den trockenen Dolinen und Uvalas – z.T. 50–100 m steilwandig und allseits geschlossen eingetieft – sind weitere Indizien, die auch ohne Kenntnis der geologischen Situation hinreichend Auskunft über die karstkorrosive Formungskomponente geben könnten.

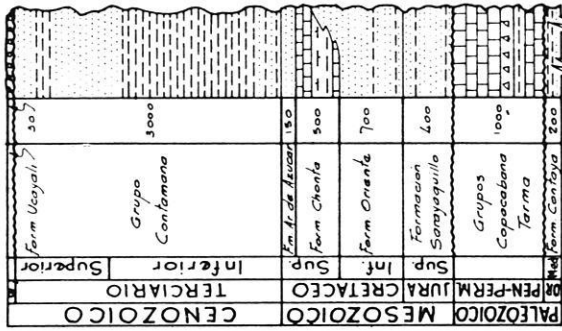
Abb. 69: Das geologische Schichtenverzeichnis der peruanischen Zentralregion (aus: BELLIDO 1969).



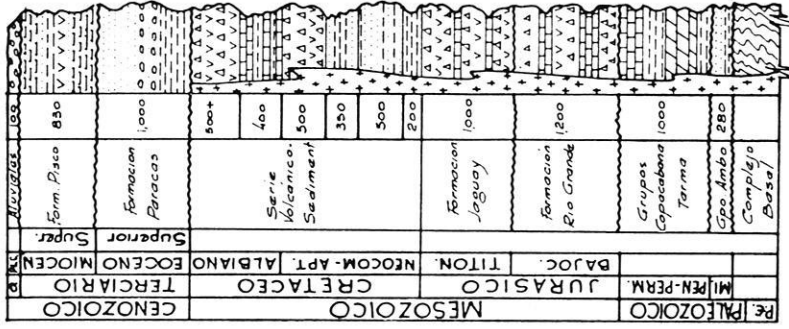
AREA DE LIMA
 Fernandez Concha (1958), Fernandez Concha y Bellido (1948-51), Prado (1961), Vargas (1965)



SIERRA CENTRAL
 Mc Laughlin (1924), Newell et al. (1949), Wilson (1963), Guizado y Landa (1966), Megard (1968), Salazar (inédito)



ORIENTE CENTRAL
 Moran y Fyfe (1933), Kummel (1948), Huff (1949)

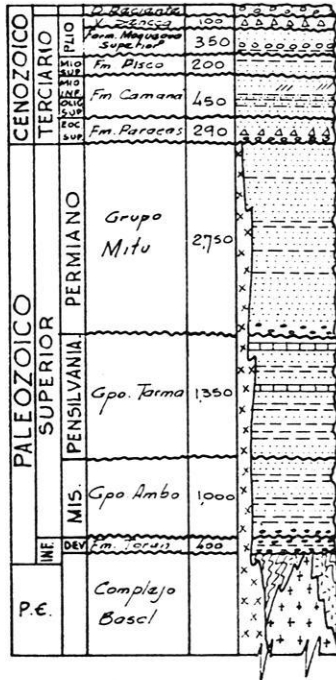


REGION ICA-MIZCA
 Petersen (1955), Ruigg (1956), Newell (1956), Aguirre (1961)

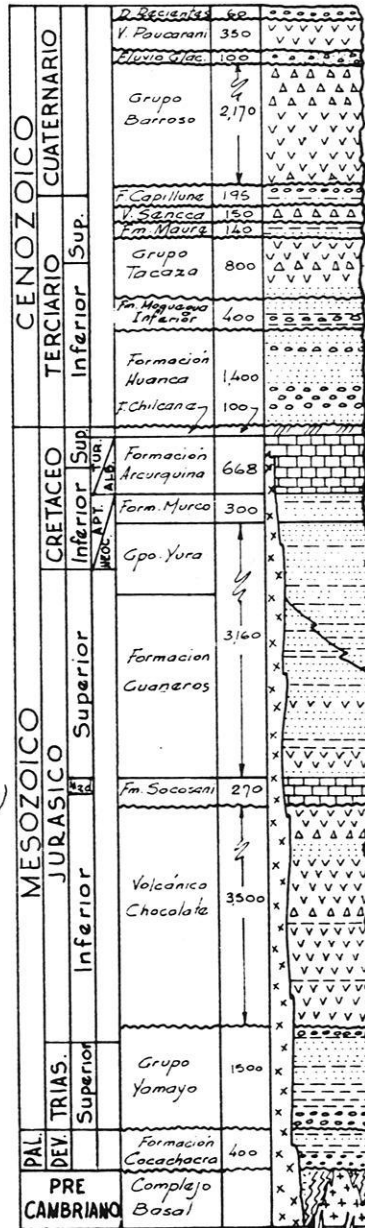
COLUMNAS
 ESTRATIGRAFICAS GENERALIZADAS
 REGION CENTRAL

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS GENERALIZADAS

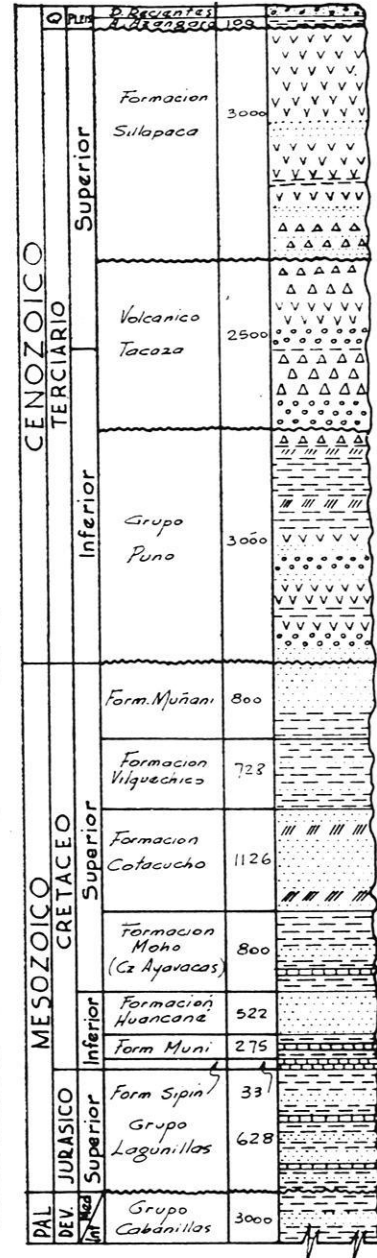
REGION SUR



VALLES DE ATICO-OCOÑA Y MAJES
 Bellido y Narváez (1960), Mendiivil
 y Castillo (1960), Gómez (1964),
 Paradas (1964), Guizado (en prensa)
 Pecho (En prensa)



MOLLEENDO - VALLE DEL TAMBO-AREQUIPA
 Jenks (1948), Benavides (1962), Bellido
 y Guevara (1963), Guevara (inedito),
 Vargas (inedito)



CUENCA DEL TITICACA
 Newell (1948), Emp. Pet. Fiscal (1967)

Abb. 70: Das geologische Schichtenverzeichnis des peruanischen Südens (aus: BELLIDO 1969).

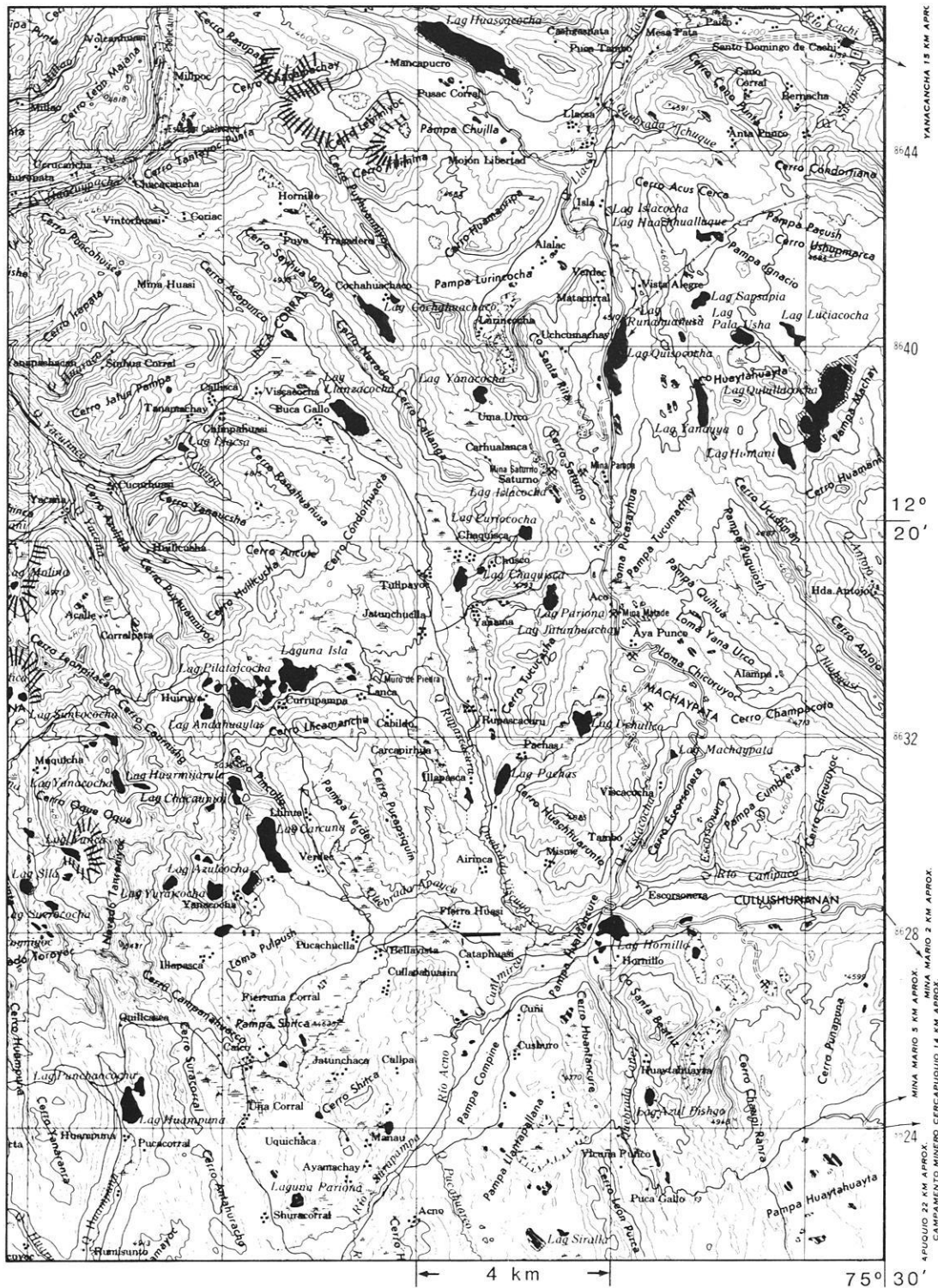


Abb. 71: Verkleinerter Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 25-1.

Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m; Schraffuren: Karmulden (in Auswahl) und Umgrenzung der Karsthohlformen; schwarz: Seen

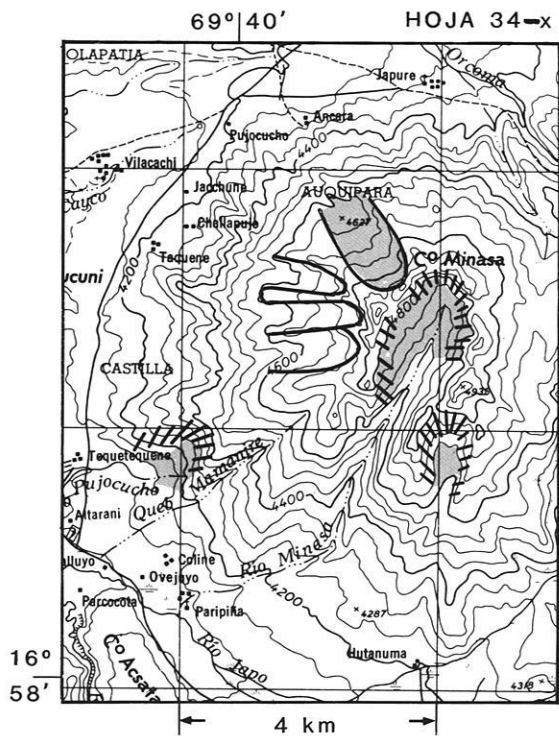


Abb. 72a: Ausschnitt HOJA 34-x.

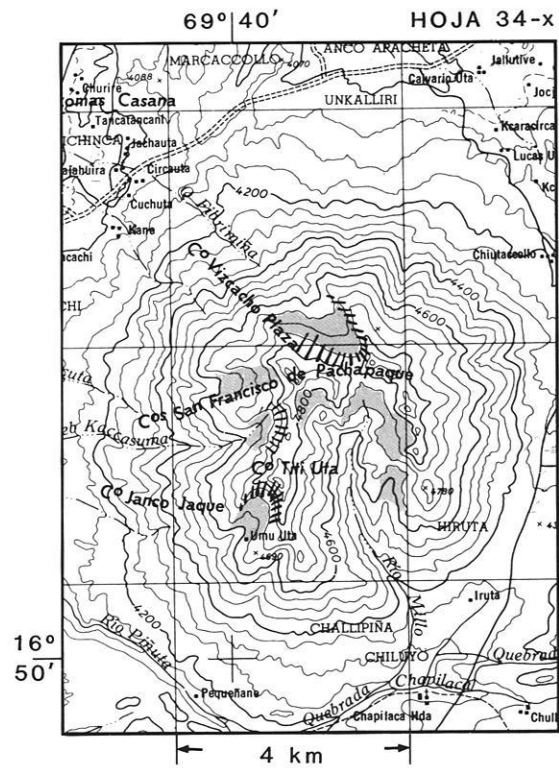


Abb. 72b: Ausschnitt HOJA 34-x.

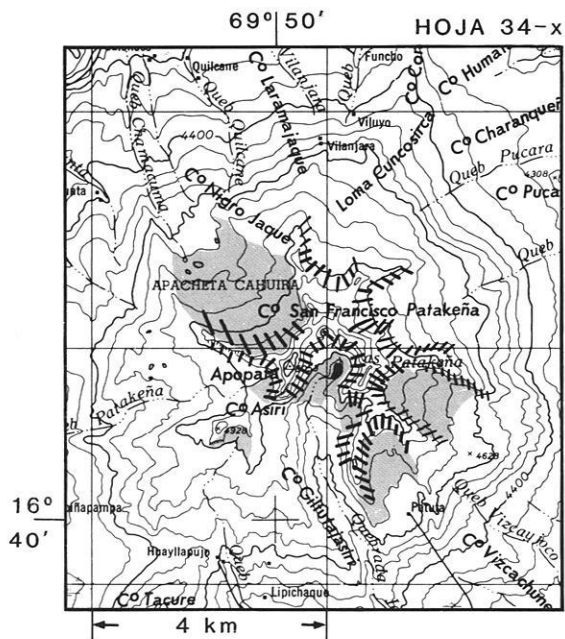


Abb. 72c: Ausschnitt HOJA 34-x.

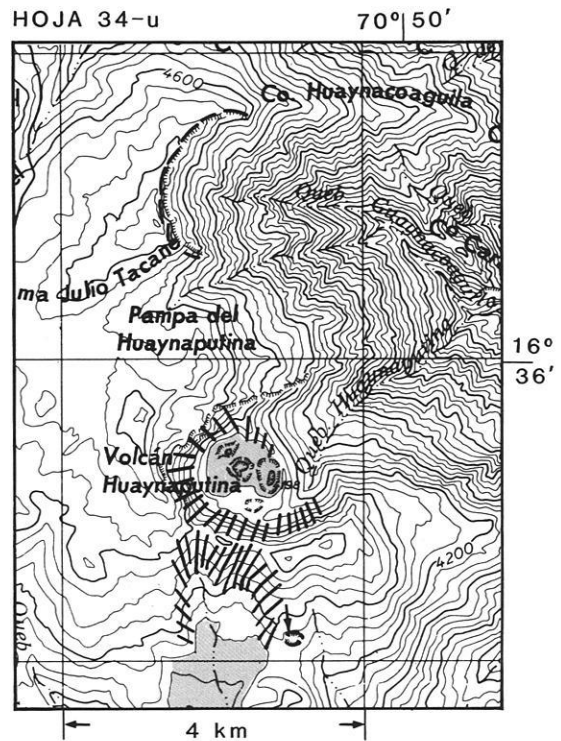


Abb. 72d: Ausschnitt HOJA 334-u.

Abb. 72: Ausschnitte aus der TK 1 : 100 000 von Peru mit pleistozänzeitlich vergletscherten Vulkankegeln.
 grau: Karböden

Die flächendeckende Sichtung von über 500 Karen ohne karstkorrosive Beeinflussung um und unter 4 000 m ü.M. gelegen und die Inwertsetzung aller morphologischen Indizien in Abb. 71 läßt den Schluß zu, daß das gesamte Gebiet pleistozänzeitlich vergletschert war und somit die Dolinen und Uvalas eine glaziale Überprägung erfahren haben. Eindeutig karstkorrosiv mitgeprägte Kare sind in ihrer hufeisenförmigen Umrahmung schraffiert dargestellt (Abb. 71, Nordrand der Karte). Unter weitgehendem Ausschluß der Korrosion, überwiegend glazial geprägte Kare liegen in und um den Nevado Toroyoc und Nevado Tanranyoc (SW-Ecke) mit ihren rezenten Eiskuppen (5 km² JORDAN 1985, vgl. Tab. 1), die in Höhen oberhalb 4 700–5 000 m liegen.

Sowohl auf diese hochliegenden Kare im Randbereich rezenter Vergletscherung als auch auf jene am Nordrand der Abb. 71 kann bei einer vergleichenden, repräsentativen Betrachtung unterer Karbodenhöhen verzichtet werden, da es genug zweifelsfreie Beweise kargenetischer Talschlußprägung gibt, die für eine Vereisungsaussage voll ausreichen (vgl. Abb. 10–36).

Gleiches gilt für die vulkanischen Hohlformen der Abb. 72. In Abb. 72a hat der C^o Minasa eine Gipfelhöhe von 4 950 m, in Abb. 72b der C^o Titi Uta eine von 4 950 m, in 72c der Apopata eine von 5 058 m und in 72d der Volkac Huaynaputina eine von 4 850 m. Diese ziemlich gleichhohen Kegel sind im Pleistozän mit Sicherheit vergletschert gewesen. Dies ist ableitbar aus repräsentativen unteren Karbodenanalysen zwischen 10° S und 20° S, aber auch aus der Tabelle 1 (JORDAN 1985), wo z.B. bei 15° 27' S der Nevado Surihuirí mit einer Gipfelhöhe von 5 556 m ü.M. noch heute einen Gletscher trägt. Hauptindiz jedoch für eine pleistozänzeitliche Vergletscherung dieser Kegel ist die den Karten entnehmbare Morphologie. Diese zeigt in Übereinstimmung mit den in Abb. 9 nach JORDAN abgebildeten Expositionsunterschieden eine eindeutige Bevorzugung des Südhanges, der die stärkste kargletschergeprägte Formung bei deutlicher Südwest-Dominanz zeigt. In Abb. 72a reicht diese Formung in der günstigsten Südwest-Exposition auf eine Karbodenhöhe um 4 100 m ü.M. hinab. Eine Einbeziehung dieser Formen in die Überlegungen zur Schneegrenzdepression wurde jedoch nicht vorgenommen.

Bei der hufeisenförmigen Hohlform in Abb. 72d erfolgt die letzteiszeitliche Prägung durch Gletschereis wahrscheinlich

in einer vulkanischen Hohlform; vermutlich liegt hier eine kleine Caldera vor. Der in Schattenmuldenposition nach Süden geöffnete obere Talschluß liegt mit seiner größten Verflachung zwischen 4 250 m und 4 300 m etwa höhen- gleich zur ENE-Verebnung in der mutmaßlich kleinen Caldera.

In den mit mehr oder weniger horizontal lagernden Schichten wechselnder Mächtigkeit und Härte ausgebildeten steilwandigen Talschlüsse liegen häufig ebenfalls karähnliche Formen (vgl. Abb. 73). Im Vergleich zu Karen fehlen die allseits geschlossenen Mulden im Talschluß, also die Karschwellen. Diese Mulden können jedoch im Karbonatgestein vorkommen, dann jedoch nicht in ausschließlicher Talschlußlage sondern in regelloser Verbreitung.

Des weiteren beschränken sich bei sowohl horizontal lagernden wie schwach einfallenden Schichten die Verebnungen der Talschlüsse nicht auf diese, sondern die Verebnungen umgreifen auch die talschlußtrennenden Rücken, sie bilden also einen Saum. Dies ist bei den Karen, wie sie in dieser Arbeit aus den Anden zwischen 10° S und 18° S vorgestellt wurden, nicht der Fall. Gänzlich auszuschließen sind Formenkonvergenzen natürlich in den Rücken aus Intrusivkörpern. Von diesen Intrusivkörpern (vgl. Abb. 12, 13, 17, 31, 32 und 74) zu benachbarten Rücken ist der Analogieschluß erlaubt, zumal wenn Karseen in dem gleichen Höhenstockwerk in anderem Gestein vorkommen. Und wenn dann noch eine expositionsbedingte Höhendifferenzierung gemäß Abb. 9 ableitbar ist, so wird der Unterschied zur Abb. 73 abermals deutlich. Denn im Vergleich beider Abbildungen zeigt sich, daß bei nahezu horizontal lagernden Schichten alle flacheren Talschlüsse in gleicher Höhe liegen – unabhängig von ihrer Öffnung zu den Himmels- und damit Strahlungsrichtungen.

Diese themaugänzenden Erläuterungen zur Geologie und Formenkonvergenz bei der Karbodenbetrachtung sollen verdeutlichen, daß sich aufgrund der Materialfülle glazigen gesteuerter Karmulden ein Rückgriff auf Beispiele aus Gebieten verbot, die in ihrer Hohlformengenese eine karstkorrosive oder vulkanische Mitprägung vermuten ließen. Dieses Ausklammern der im Kalk und in Vulkankegeln angelegten Hohlformen zur Schneegrenzableitung geschah auch dann, wenn (wie in Abb. 71 und 72 zu belegen ist) Eis und Kargletscher ein maßgebliches Formungselement dargestellt haben.

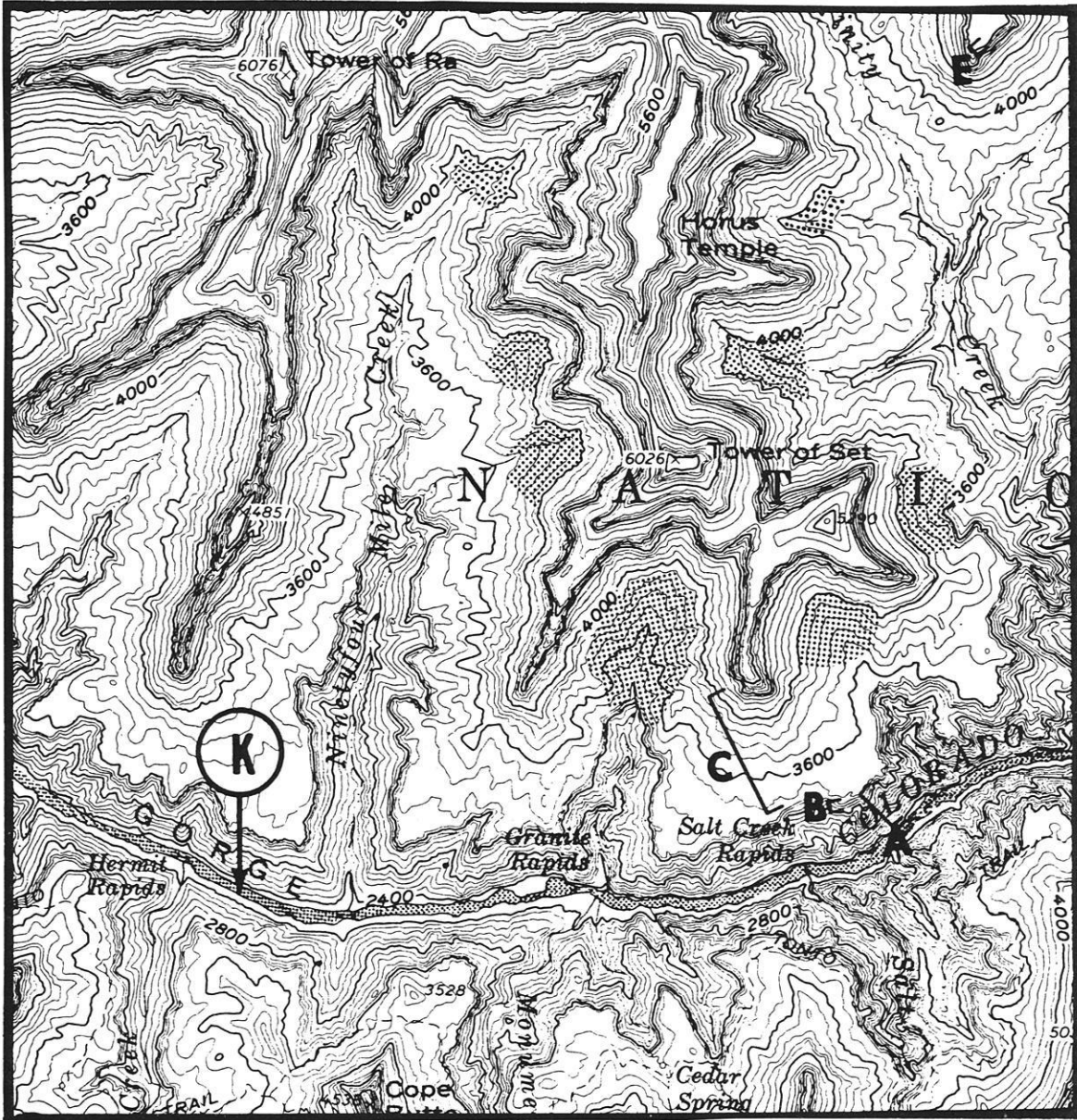


Abb. 73: Ausschnitt aus der TK 1 : 62 500 von Arizona, vergrößert auf ca. 1 : 50 000 (aus: Atlas of Landforms, United States Military Academy, West Point, New York, 1965: 4).

Punktierte Flächen: höhengleiche obere Talschlußflächen bei horizontaler Lagerung von Sedimentgesteinen mit relativ weichen Zwischenlagen

10. Dokumentation

Im folgenden werden die als pleistozänzeitlich erkannten Kare in den Karten Perus und Boliviens in einem Karten- und Tabellenteil mit Einleitungen dokumentiert.

10.1 Zum Tabellenteil

In Tab. 4 (S. 109–123) wurden nur jene Kare aufgenommen, deren Karböden unterhalb 4 500 m liegen. Karböden darüber sind sicher auch nach Vorlage dieser Dokumentation, z.T. aber auch nach dem Forschungsstand (vgl. Abb. 56) zumindest zwischen 12° S und 16° S anerkannt.

In der Rubrik Bemerkungen wurden auch die entsprechenden, arbeitsinternen Abbildungsnummern vermerkt, wo Karbilder in Karten zu sehen sind. Der Tabelle liegt die Auswertung von 99 Karten des Maßstabs 1 : 100 000 und 1 : 50 000 zugrunde. Dabei wurden 625 Karböden, unterhalb 4 500 m ü.M. gelegen, erfaßt, wovon 294 Karböden unter 4 000 m liegen. Die Aufzählung ist nicht vollständig, wie der Vergleich aufgelisteter Kare mit Formen in HOJA 22-1 (Abb. 12 und 13) zeigt. Von den Karböden unterhalb 4 000 m auf der Breite um 10° 40' S wurden in der Tab. 4 nur drei zweifelsfrei verzeichnet (HOJA 22-1, Kare Nrn. 1-3, S. 110). Tatsächlich aber weist die Karte, in Abb. 12 und 13 ausschnittsweise dokumentiert, 30 Karböden mit See auf. Eine ähnliche Relation tabellarisch erfaßter zu tatsächlich vorhandenen Karen ist auch bei Abb. 74 ablesbar. Zwar sind in der Tabelle zwischen 11° 02' und 11° 08' S und bis 75° 45' W sieben Karböden unterhalb 4 000 verzeichnet, der Kartenausschnitt weist aber 48 Seen unterhalb 4 000 m auf und der Originalblattschnitt im Maßstab 1 : 100 000 darüber hinaus noch einmal so viele. Diese Beispiele machen deutlich, daß in der Tabelle lediglich eine Auswahl unterer Karmulden vorliegt.

Neben den geographischen Koordinaten und den Karbodenhöhenwerten ist der Tabelle noch die Exposition der Karöffnung zu entnehmen, ob ein Karsee, eine moränale Verbauung bzw. eine Felsschwelle im Höhenlinienbild sichtbar wird, eine allseits geschlossene, trockene Mulde existiert, oder ob der Muldenboden vermoort ist. Bemerkungen über Expositionsunterschiede bei vergleichbaren Einzügen, Kartreppen etc. ergänzen die Tabellenaussage in der letzten Spalte.

Auf S. 122 der Tab. 4 wurden – von den verfügbaren Karten im Aufzeigen von Tendenzen lückenhaft – auch Beispiele aus drei chilenischen Karten 1 : 100 000 aufgenommen. Auf S. 122/123 dieser Tabelle zeigt die Auswertung von 12 Topographischen Karten 1 : 50 000 aus Bolivien. Von den 625 erfaßten Karböden sind 222 SW-geöffnet, der nach JORDAN (1985) günstigsten Eisbildungsausrichtung

(vgl. Abb. 9), wobei angemerkt werden muß, daß die Auswahl der Kare nicht nach dem Gesichtspunkt der Expositionsgunst für Eisbildung erfolgte, sondern nach der absoluten Lage über dem Meer. In der Häufigkeit folgt die benachbarte polwärtige Öffnung mit 123 Karböden, der nach JORDAN (1985) zweitgünstigsten Exposition. Wiederum 63 bzw. 67 Karmulden öffnen sich nach W bzw. SE, den ebenfalls begünstigten Himmelsrichtungen. Damit sind die W-, SW-, S- und SE-geöffneten Karmulden mit 475 von 625 Karen vertreten, was 76% entspricht. Nach den Messungen an rezenten Gletschern (JORDAN 1985) liegen in diesen vier Sektoren 67% der Gletscherflächen aller acht Himmelsrichtungen.

10.2 Zum Kartenteil

Neben den arbeitsinternen Abbildungsnummern (1–86), die in der Tab. 4 vermerkt sind, soweit sie Hinweise auf Kare geben, ist der Tab. 4 von Abb. 74–86 ein Kartenteil angefügt worden, der der Kar-Dokumentation dient. Dabei ist die Kennzeichnung bestimmter Höhenstockwerke nicht einheitlich gewählt. Sie steht unter dem didaktischen Gesichtspunkt, eine gute Lesbarkeit und ein schnelles Auffinden des unteren Karbodenniveaus zu erleichtern. Dieses untere Niveau unterliegt Höhenschwankungen. Diese sind, wie der Übersichtskarte in Abb. 1 und der Zusammenfassung näher zu entnehmen ist, hauptsächlich von vier Faktoren abhängig:

- von der geographischen Breite,
- von den Expositionsunterschieden (vgl. Abb. 10–36),
- von der Lage zur Massenerhebung, wobei Ost- und Westabdachung Unterschiede aufweisen (vgl. Abb. 56), und
- von den Einzugsgebietgrößen oberhalb der Karböden.

Wie die Kardokumentation zeigt, haben die anstehenden Gesteine kaum Einfluß auf dieses, klimatisch bedingte Karbodenniveau. Sowohl im gefalteten präkambrischen Basement (Abb. 74 und 16), auf Intrusionskörpern mit Graniten etc. (Abb. 12, 13, 15, 16, 18, 74 und 79), in Vulkaniten (Abb. 15, 18, 19, 77, 78, 80 und 85) und auf Kalken (Abb. 71, 75, 79, 82, 85) eingetieft, folgen sie o.a. Gesetzmäßigkeiten, was angesichts der Diskussion um die Formenkonvergenzen bedeutsam ist.

Diese gesteinsunabhängige Karhöhenlage unterliegt im Einzelfall Schwankungen bis zu 600 m. Erst die Summe aller mutmaßlichen Karmulden bei gleichzeitiger flächendeckender integrativer Betrachtung anderer Zeugen einer glazigen geprägten Landschaft belegt die von den lokalen Faktoren unabhängige Verbreitung.

Natürlich müssen für eine flächendeckende, integrative Kartenauswertung Voraussetzungen erfüllt sein. Zunächst ist das flächendeckende und geeignete Kartenmaterial vonnöten. Diese Voraussetzung war vor 1970 im Arbeitsgebiet nicht vorhanden. Des weiteren aber muß über das höhen-gleiche Markieren von Trassen jedes Kartenblatt genau untersucht werden, und wenn nach einem ersten, groben Überblick zur Festlegung der Höhe der Trasse und ihrer Markierung erkannt wird, daß ein anderes Höhenstockwerk geeigneter ist, wird eine zweite Trasse angelegt. Die Bearbeitung eines Blattes kann so einen Tag in Anspruch nehmen, die anschließende Dokumentation einen weiteren. Und dies ist für diese Arbeit bei über 143 Karten geschehen (in Tab. 4 sind 99 berücksichtigt worden).

Neben diesem nicht zu unterschätzenden Zeitaufwand ist es natürlich notwendig, daß der Interpret sowohl von den physisch-geographischen als auch den kartographischen Grundlagen her das leisten kann und will. Unter diesen Aspekten soll diese Dokumentation das Belegmaterial der pleistozänen Vergletscherung in großer Breite ergänzen und damit zur Prüfung und weiteren Bearbeitung anregen.

Bei CLAPPERTON (1972) sind es noch Lücken in der Verfügbarkeit topographischer Karten, die nachweislich eine flächendeckende und integrative Karteninterpretation vor der Feldarbeit zur Festlegung bestimmter Reiserouten verhinderten. Doch bei ABELE (1987) kann dieses Argument nicht mehr gelten, wenn er mit DOLLFUSS (1965) schreibt, daß in der Westkordillere bei Lima (12° S) Kare zwischen 4 600 m und 4 900 m liegen. Dies kann nicht bestritten werden, ginge es um Kare allgemein. Doch geht es hier und bei ABELE um das tiefste Hinabreichen von Eis sowohl in den Tälern als auch in unteren Karbodenniveaus. Und wenn ABELE (1987) noch schreibt, "um solch tiefe Gletscherstände zu belegen, bedarf es mehr als einer bloßen Karteninterpretation", so wird mit Tab. 4 der Dokumentation deutlich, daß die Kare der Westkordillere im unteren Niveau bis auf 3 800 m (HOJA 21-i), 3 700 m (HOJA 22-i), 3 800 m (HOJA 24-k), 3 950 m (HOJA 25-k), 3 750 m (HOJA 27-m), 3 727 m (HOJA 28-n), 3 750 m (HOJA 28-n), 3 500 m (HOJA 29-n) und 3 600–3 800 m (HOJA 30-ñ), (zugleich Abb. 80) herabreichen. Und zur tiefsten Lage von Eis in den Tälern, wo ABELE (1987) glaziale Trogtäler bis auf 3 800 m ü.M. benennt, sei verwiesen auf die Kartendokumentationen in Abb. 15 (Eisformung und Trogtalschlüsse zwischen 1 600 m und 3 000 m), desgleichen auf Abb. 76 (Eisformung bis 2 400 m ü.M. hinabreichend, vgl. auch Text dazu), Abb. 58 (mit Vereisungsspuren in 1 280 m) und Abb. 85 (Eis bis 2 850 m ü.M. reichend). Diese Karte der Dokumentation zeigt den südlicheren Teil bei 17° 20' S, der ja trockener ist und damit als pleistozänzeitlich weniger vergletschert gilt, wes-

halb Eiszeitdokumente nur oberhalb 4 500 m zu vermuten seien. Doch diese heute von N nach S abnehmende Feuchte – auch der Kartendokumentation über weniger Seen, periodisch oder episodisch fließende Gerinne etc. deutlich entnehmbar – muß im Pleistozän nicht in gleicher Intensität und in gleicher Breite vorliegen haben, worauf die unteren Karböden hinweisen. Daß mit dieser Dokumentation nicht die tiefsten Eisrandlagen in den Tälern erfaßt worden sind, ist aus der überwiegend Kare erfassenden Thematik erklärbar.

Daß die östlicheren Kordilleren nördlich 14° S ca. 400–600 m tiefer vergletschert waren, belegt Tab. 5 in der Zusammenfassung mit den dort verzeichneten Kar-Abbildungsverweisen. Es ist zu vermuten, daß diese Belege, zumindest im Karbodeniveau zeitweilig eine Schneegrenzlage markiert haben. Dies macht deutlich, daß bei den z.T. ausgedehnten Arealen oberhalb 4 000 m ein beachtliches Hinabreichen ins Zehrgebiet erfolgte.

10.3 Zu den Legenden und Erläuterungen

Nach der graphischen Verdeutlichung glazigener Formen in den Karten wird jeweils die Geologie des Raumes angerissen. Danach erfolgt die Interpretation des Ausschnitts im Hinblick auf die Eiszeitformen.

LIEDTKE (1986) hat in seiner Weltkarte zum Stand und den Aufgaben der Eiszeitforschung in den Anden Perus lediglich kleine, isoliert liegende Gletschergebiete in Zusammenfassung des derzeitigen Wissens eingetragen. Diese Vorstellung ist weitgehend identisch mit der Kartierung der wisconsinzeitlichen Vereisung der Anden, wie sie von HOLLIN & SCHILLING (1981) vorgelegt und von CLAPPERTON (1983) übernommen wurde. So bleibt mit dieser Dokumentation und den sicher folgenden Feldarbeiten zu hoffen, daß zukünftige Darstellungen der pleistozänen Vereisung dieses Raumes eine größere und zusammenhängendere Eismasse ausweisen werden. Denn einer Hochfläche von über 150 000 km² als Zehrgebiet oberhalb 4 000 m (350 km × ca. 75 km im Norden und 350 km × 350 km im Süden Perus) sind noch Nährgebietsflächen zuzuordnen, so daß die eisbedeckte Fläche sicher über 200 000 km² groß war. Jede Absenkung der Schneegrenze unter 4 000 m (regional zeitweise auf 3 500 m) würde dieses Areal vergrößern, und auch die in Chiles Norden und in Bolivien vergleichbaren Indizien (vgl. Tab. 4, S. 122 und 123) lassen diese Tendenz einer noch größeren Eismasse über den bearbeiteten Bereich hinaus vermuten. Dies gilt mit Abb. 29 auch für das unmittelbare Umfeld des Titicacasees.

10.4 Tabelle 4

Zusammenstellung der Kare aus der TK 1 : 100 000 von Peru, Chile und in 1 : 50 000 von Bolivien mit Karbodenhöhen unterhalb 4 500 m ü.M.

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen vorne (m ü.M)	Karbodenhöhen hinten (m ü.M)	Exposition der Karöffnung	Bemerkungen	
21-i	1	10° 15'	77° 22,5'	4 150	4 200	SW	mit See	
	2	10° 15'	77° 22,5'	4 200	4 250	SW	mit See	
	3	10° 12,5'	77° 09'	3 950	4 050	SW	mit See	
	4	10° 09'	77° 06,5'	3 800	4 000	SW	ohne See	
	5	10° 16,5'	77° 04'	4 300	4 400	NW	mit See	
	6	10° 16,5'	77° 06'	2 600	3 000	SE	ohne See	
							Vgl. Abb. 47 und 11	
21-j	1	10° 02'	76° 59'	4 400	4 450	SW	mit See	
	2	10° 01'	76° 58'	4 350	4 400	NE	mit See, Karschwellenverbauung	
	3	10° 02'	76° 49'	4 150	4 200	SW	mit See	
	4	10° 03'	76° 49'	4 150	4 200	W	mit See	
	5	10° 11'	76° 32,5'	4 100	4 250	E/NE	Kartreppe mit Seen	
	6	10° 11'	76° 33,5'	4 150	4 200	SW	mit See	
	7	10° 12'	76° 33'	4 100	4 200	S	mit See	
	8	10° 18,5'	76° 39,5'	3 845			Endmoräne vor Laguna Lauricocha (12 500 BP)	
							Vgl. Abb. 2 und 3	
21-k	1	10° 12'	76° 25,5'	3 900	3 950	SW	mit See	
	2	10° 13'	76° 24,5'	3 750	3 800	SSW	mit See	
	3	10° 13,5'	76° 24'	3 850	3 900	SW	mit See	
	4	10° 13'	76° 23,5'	4 000	4 050	E	mit See	
	5	10° 05'	76° 24'	4 000	4 050	NW	mit See	
								Vgl. Abb. 10 Expositionsunterschied ± 200 m bei vergleichbarem Einzug der Kare
	6	10° 02'	76° 21,5'	3 900	3 950	E	mit See	
	7	10° 02'	76° 21'	3 800	3 850	S	mit See	
	8	10° 01,5'	76° 04'	3 650	3 700	E	mit See	
	9	10° 02'	76° 04'	3 700	3 750	E	mit See	
	10	10° 05'	76° 04,5'	3 900	3 950	NE	mit See	
	11	10° 07'	76° 04'	4 000	4 000	SW	mit See u. Karschwellenverbauung	
	12	10° 17'	76° 01'	3 800	3 850	N	mit See	
	13	10° 19,5'	76° 01'	3 820	3 850	E	mit See	
14	10° 29'	76° 23,5'	4 081	4 100	S	mit See		
22-i	1	10° 47'	77° 12'	3 950	4 050	N	mit Feuchtstelle	
	2	10° 47'	77° 12'	4 400	4 600	W	mit drei kleinen Seen	
	3	10° 49'	77° 02'	3 700	3 750	E	ohne See	
22-j	1	10° 56,5'	76° 53'	4 200	4 250	SW	ohne See	
	2	10° 30'	76° 42,5'	4 250	4 300	E	mit See	
	3	10° 37'	76° 43'	4 350	4 400	W	mit See	
	4	10° 31'	76° 33'	4 050	4 100	SW	mit See	
	5	10° 32,5'	76° 31,5'	4 150	4 200	SW	mit See	
	6	10° 49'	76° 44'	4 482	4 500	NW	mit See	
	7	10° 33,5'	76° 31'	4 150	4 200	SW	mit See	
22-k	1	10° 33'	76° 25'	4 050	4 100	NW } SW }	Kartreppe mit Seen	
				4 200	4 250			
	2	10° 31'	76° 15'	3 950	4 000	S	mit See	
	3	10° 35,5'	76° 14'	4 200	4 300	NW	Kartreppe mit Seen	
	4	10° 34,5'	76° 05,5'	4 300	4 350	NW	mit See	
	5	10° 36'	76° 05,5'	4 250	4 300	SW	mit Feuchtstelle	
	6	10° 41,5'	76° 03,5'	4 278	4 300	E	mit See	
7	10° 33'	76° 24,5'	4 200	4 250	SW	mit See		

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
22-l	1	10° 36'	75° 45'	3 750	3 800	S	mit See
	2	10° 37'	75° 44,5'	3 721	3 750	SW	mit See
	3	10° 38'	75° 37'	3 589	3 600	SE	mit See
	4	10° 52'	75° 43'	3 800	3 850	NE	mit See, verbaut
	5	10° 58'	75° 44'	3 750	3 800	NE	mit See
	6	10° 58'	75° 45'	3 950	4 000	SW	mit See
	7	10° 56'	75° 46'	3 950	4 000	SW	mit See
	8	10° 57'	75° 51'	3 950	4 000	SW	mit See
							Vgl. Abb. 12 und 13 im Hinblick auf größere Exarationsbeträge bei polwärtiger Talöffnung
23-j	1	11° 08,5'	76° 54'	4 150	4 200	SW	mit See
	2	11° 07'	76° 45'	4 450	4 500	SW	mit See
	3	11° 10,5'	76° 36'	4 500	4 550	E	mit See
	4	11° 16'	76° 32'	4 450	4 500	SW	mit See
	5	11° 17,5'	76° 37'	4 350	4 400	W	mit See
	6	11° 28,5'	76° 35'	4 000	4 050	SW	ohne See
	7	11° 10'	76° 53'	3 000 3 400	3 200 3 700	SW SW	Trogtalabschluß, Kar, erweitert und getrept
							Vgl. Abb. 14
23-k	1	11° 26'	76° 28'	4 500	4 550	NW	mit See
	2	11° 10'	76° 17'	4 400	4 450	SW	mit See
	3	11° 04'	76° 20'	4 450	4 500	E	mit See
	4	11° 29'	76° 08,5'	4 400	4 450	NW	mit See
	5	11° 01,5'	76° 01,5'	4 350	4 400	NW	mit See
							Im gesamten Blattbereich keine Höhe unter 4 100 m ü.M
23-l	1	11° 02'	75° 48'	4 050	4 100	NE	mit See
	2	11° 02,5'	75° 48'	4 100	4 150	SE	mit See
	3	11° 03'	75° 43'	3 750	3 800	SW	mit See
	4	11° 03,5'	75° 42'	3 800	3 850	SW	mit See
	5	11° 02,5'	75° 35,5'	3 700 3 750	3 750 3 800	WSW	mit Seen
	6	11° 04'	75° 35'	3 750	3 800		
	7	11° 04,5'	75° 36'	3 800	3 850	SE	mit See
	8	11° 05,5'	75° 35'	3 550	3 600	S	mit See
	9	11° 08'	75° 34,5'	3 600	3 650	SW	mit See
	10	11° 12'	75° 41'	3 800	3 850	S	mit See
	11	11° 12,5'	75° 40,5'	4 000	4 050	NE	mit See
	12	11° 19'	75° 39'	4 050	4 100	SW	mit See
							Vgl. Abb. 14 und 74 Höhenunterschied bei den Karen Nr. 10 und 11 expositionsbedingt, Rücken ragt max. 4 258 m ü.M auf
24-j	1	11° 31,5'	76° 35,5'	3 800	4 000	W	mit See
	2	11° 36,5'	76° 35'	4 400	4 450	SW	mit See
	3	11° 36,5'	76° 34'	4 400	4 450	SW	mit See
	4	11° 37,5'	76° 35'	4 450	4 500	W	mit See
	5	11° 38,5'	76° 35'	4 400	4 450	SW	mit See
	6	11° 39'	76° 32'	3 650	3 800	S	ohne See
24-k	1	11° 42,5'	76° 25'	4 450	4 500	SW	mit See
	2	11° 39'	76° 29'	3 800	3 850	SW	mit See
	3	11° 31,5'	76° 29'	4 400	4 450	SW	mit See
	4	11° 34'	76° 05,5'	4 350	4 400	E	mit See, Karschwellenverbau nach den Höhenlinien
	5	11° 48'	76° 09,5'	4 300	4 350	WSW	mit See, Karschwellenverbau nach den Höhenlinien
	6	11° 59,5'	76° 05'	4 205	4 250		

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
24-l	1	11° 46'	75° 54'	4 400	4 450	W	mit See mit See, Karschwellenverbau nach den Höhenlinien mit See mit See mit See mit See mit See
	2	11° 45'	75° 46'	3 850	3 900	NNW	
	3	11° 43,5'	75° 42'	4 300	4 350	SW	
	4	11° 44'	75° 41'	4 300	4 350	SW	
	5	11° 54'	75° 37'	4 300	4 350	SE	
	6	11° 57,5'	75° 51'	4 450	4 500	SE	
	7	11° 58'	75° 50'	4 400	4 450	S	
							Vgl. Abb. 75
24-m	1	11° 32'	75° 22'	4 000	4 050	SE	mit See
	2	11° 31'	75° 21,5'	4 050	4 100	SE	mit See
	3	11° 34,5'	75° 11'	3 800	3 850	E	mit See
	4	11° 32'	75° 03,5'	3 650	3 700	N	mit See
	5	11° 32'	75° 04'	3 750	3 800	W	mit See
	6	11° 35,5'	75° 01,5'	4 000	4 050	SW	mit See
	7	11° 36'	75° 01'	4 000	4 050	SE	mit See
	8	11° 39,5'	75° 02,5'	3 900	3 950	SW	mit See
	9	11° 39'	75° 01,5'	4 000	4 050	SE	mit See
	10	11° 41'	75° 00,5'	4 200	4 250	WSW	mit See
	11	11° 46'	75° 03'	3 950	4 000	SW	mit See
	12	11° 57'	75° 02'	4 400	4 450	S	mit See
	13	12° 00'	75° 04'	4 450	4 500	W	mit See
	14	11° 48,5'	75° 18'	3 900	3 950	S	mit See
							Vgl. Abb. 16
25-k	1	12° 13'	76° 26'	2 800	3 100	SSW	karartiger Talschluß
	2	12° 00,5'	76° 21'	4 414	4 450	SW	mit See
	3	12° 04'	76° 20'	4 450	4 500	SW	mit See
	4	12° 13'	76° 10'	3 800	3 950	S	ohne See
	5	12° 12'	76° 16,5'	3 950	4 000	S	ohne See
	6	12° 06'	76° 12'	3 950	4 000	W	mit See
	7	12° 07,5'	76° 04,5'	4 450	4 500	SW	mit See
	8	12° 08,5'	76° 08'	4 050	4 100	SSE	ohne See
	9	12° 23'	76° 08'	4 100	4 200	NNE	ohne See
	10	12° 23'	76° 10'	4 100	4 200	NW	ohne See
	11	12° 25,5'	76° 01'	4 486	4 500	SW	mit See
							Breitenlage von Lima
25-l	1	12° 19'	75° 58'	4 300	4 350	NW	mit See
	2	12° 01'	75° 52'	4 450	4 500	SW	mit See
	3	12° 25'	75° 47'	4 350	4 400	WNW	mit See,
	4	12° 25'	75° 47,5'	4 477	4 500	SW	mit See
	5	12° 21'	75° 47'	3 550			Zungenbecken eines Talgletschers, See mit Talquerverbauung (Nm. 3 und 4)
							Vgl. Abb. 76, Breite von Lima, kaum Höhen unter 4 000 m ü.M im gesamten Blattbereich
25-m	1	12° 13'	75° 28'	4 350	4 400	S	mit See
	2	12° 30'	75° 23,5'	4 250	4 300	S	mit See
	3	12° 21'	75° 19'	3 700	3 750	SE	mit See
	4	12° 20'	75° 18,5'	3 700	3 750	S	ohne See
	5	12° 21'	75° 06'	4 100	4 150	S	mit allseits geschlossener Hohlform
	6	12° 07,5'	75° 01,5'	4 350	4 400	SSE	mit See
	7	12° 04'	75° 02'	4 400	4 450	E	mit See
	8	12° 09'	75° 20'	4 350	4 400	SW	mit See
	9	12° 06'	75° 24'	4 300	4 350	SW	mit See
	10	12° 03'	75° 25,5'	4 050	4 100	SW	mit See

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
25-n	1	12° 14'	74° 50'	3 950	4 000	S	mit See
	2	12° 07'	74° 56'	4 050	4 100	N	mit See
	3	12° 07,5'	74° 48'	3 700	3 750	SW	mit See
	4	12° 08'	74° 47'	3 750	3 800	NW	mit See
	5	12° 10'	74° 46'	3 900	3 950	W	mit See
	6	12° 11'	74° 46'	3 950	4 000	W	mit See
	7	12° 11'	74° 45,5'	3 900	3 950	S	mit See
	8	12° 14'	74° 38'	3 890	3 900	WSW	Zungenbeckensee mit Talquerverbauung
	9	12° 14'	74° 37,5'	4 050	4 100	NNW	Karsee südöstlich des Zungenbeckeneinzugs von Pos. 8
	10	12° 15'	74° 37'	4 100	4 150	S	mit See
	11	12° 16'	74° 33'	3 950	4 000	S	mit See
	12	12° 19,5'	74° 34,5'	3 800	3 850	S	mit See
	13	12° 27,5'	74° 34,5'	4 150	4 200	NW	mit See
	14	12° 29'	74° 53'	4 100	4 150	SW	mit See
Vgl. Abb. 17							
26-l	1	12° 47'	75° 33'	4 300	4 350	SW	mit See
	2	12° 54'	75° 38'	4 450	4 500	SW	mit See
	3	12° 57'	75° 32,5'	4 400	4 450	SW	ohne See
	4	12° 58'	75° 39,5'	4 300	4 350	SW	mit See
	5	12° 59'	75° 39'	4 332	4 350	SSW	mit See
	6	12° 57,5'	75° 38'	4 500	4 550	N	mit See
	7	12° 42,5'	75° 53,5'	3 350	3 400	SSW	ohne See
Vgl. Abb. 18 Kare Nr. 4–6: expositionsbedingt Höhenunterschiede bei kleiner Auf- ragung von max. 4 893 m ü.M							
26-m	1	12° 40'	75° 23'	4 450	4 500	S	mit See
	2	12° 35'	75° 07'	4 400	4 450	S	mit See
	3	12° 45,5'	75° 04'	4 400	4 450	S	mit See
Im Blattbereich kaum Flächen un- terhalb 4 000 m ü.M							
26-n	1	12° 50'	74° 55,5'	4 200	4 250	NNE	mit See
	2	12° 33'	74° 50'	4 250	4 300	SW	mit See
	3	12° 33'	74° 45,5'	4 300	4 350	W	mit See
	4	12° 32,5'	74° 44,5'	4 150	4 200	S	mit See
	5	12° 37'	74° 32'	4 200	4 250	SW	mit See
	6	12° 37,5'	74° 31'	4 150	4 200	W	mit See
	7	12° 59,5'	74° 40,2'	4 230	4 250	W	mit See
	8	12° 56,5'	74° 41'	4 100	4 150	N	mit See
	9	12° 57'	74° 45'	3 850	4 000	N	mit zwei kleinen Seen
	10	12° 51'	74° 31,5'	3 400	3 450	SE	mit zwei kleinen Seen
	11	12° 51'	74° 32'	3 350	3 350	SW	mit See
26-ñ	1	12° 40'	74° 24'	3 950	4 000	S	mit See
	2	12° 31'	74° 19,5'	3 700	3 750	NW	mit See
	3	12° 34'	74° 18,5'	3 900	3 950	NW	mit See
	4	12° 33'	74° 16'	3 750	3 800	SW	mit See
	5	12° 31'	74° 12,5'	3 921	3 950	NNE	mit See
	6	12° 31,5'	74° 11,5'	3 930	3 950	E	mit See
	7	12° 32,5'	74° 10,5'	3 650	3 700	SE	mit See
	8	12° 34'	74° 04'	3 588	3 600	NW	mit See
	9	12° 41,5'	74° 01'	3 810	3 850	SW	mit See
	10	12° 49'	74° 03'	3 820	3 850	SW	mit See
	11	12° 45'	74° 27'	3 250	3 300	SE	mit See
Vgl. Abb. 19							

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
27-l	1	13° 03'	75° 34'	3 600	3 800	N	ohne See
	2	13° 10'	75° 37'	3 300	3 400	WNW	ohne See
	3	13° 07'	75° 36'	3 900	4 000	WSW	mit Feuchtstelle
	4	13° 09'	75° 48'	3 850	3 950	E	ohne See
							Vgl. Abb. 48
27-m	1	13° 27'	75° 25'	3 550	3 650	NW	ohne See
	2	13° 19'	75° 19'	3 750	3 850	W	ohne See
	3	13° 14'	75° 25'	4 400	4 450	W	mit See
	4	13° 13'	75° 25'	4 450	4 500	W	mit See
	5	13° 07'	75° 26,5'	4 450	4 500	S	mit See
	6	13° 22,5'	75° 09'	4 390	4 400	W	mit See
		13° 22,5'	75° 09'	4 390	4 400	W	mit See
	7	13° 24'	75° 08'	4 350	4 400	S	mit See
	8	13° 29'	75° 14,5'	4 150	4 200	W	ohne See
9	13° 24,5'	75° 15'	4 350	4 400	SSW	mit See	
							Vgl. Abb. 5 und 49
27-n	1	13° 05,5'	74° 45,5'	4 300	4 350	W	mit Feuchtstelle
	2	13° 03,5'	74° 36,5'	4 300	4 350	S	mit See
	3	13° 04,5'	74° 33,5'	4 250	4 300	SE	mit See
	4	13° 22'	74° 30'	4 350	4 400	NW	mit See
	5	13° 26'	74° 31'	4 250	4 300	S	mit Feuchtstelle
	6	13° 29'	74° 31'	4 350	4 400	S	mit Feuchtstellen dicht nebeneinander
							Vgl. Abb. 4
27-ñ	1	13° 29'	74° 29'	3 900	3 950	S	mit Feuchtstelle
	2	13° 09,5'	74° 25'	3 326	3 350	ESE	mit See
	3	13° 01,5'	74° 04'	4 190	4 200	SW	mit See
	4	13° 03,5'	74° 03,5'	4 100	4 150	SW	mit See
	5	13° 07'	74° 00'	4 060	4 100	S	mit See
	6	13° 07,5'	74° 00,5'	4 100	4 150	SW	mit See
	7	13° 19'	74° 05'	4 150	4 200	S	mit See
	8	13° 20'	74° 15'	4 100	4 150	WSW	mit zwei Seen
	9	13° 24'	74° 04'	4 100	4 150	S	mit Feuchtstelle
27-o	1	13° 27'	73° 57'	2 950	3 000	N	mit See
	2	13° 16,5'	73° 55'	4 050	4 100	ESE	mit See
	3	13° 13'	73° 56'	4 000	4 050	E	mit See
	4	13° 00'	73° 48,5'	4 100	4 150	E	mit See
	5	13° 02'	73° 42'	3 585	3 600	WSW	mit See
	6	13° 07,5'	73° 37,5'	3 635	3 650	SSE	mit See
	7	13° 13,5'	73° 35,5'	3 670	3 700	S	mit See
	8	13° 22'	73° 42,5'	3 450	3 500	SSE	mit See, Karschwellenverbau im Isolinienbild
	9	13° 28'	73° 43,5'	3 822	3 850	SW	mit See
							Vgl. Abb. 20, 53c und 53j Kare Nm. 1 und 2: Über dem Talhang und unterhalb der Hochflächenkante Karterrasse
27-s	1	13° 17,5'	71° 59'	4 134	4 150	S	mit See
	2	13° 21,5'	71° 51'	4 288	4 300	SW	mit See
	3	13° 22'	71° 51'	4 150	4 200	SSE	mit See
	4	13° 25,5'	71° 46,5'	4 194	4 200	SW	mit See
	5	13° 24'	71° 41,5'	4 052	4 100	SSW	mit See
	6	13° 17,5'	71° 38'	2 950	4 000	E	mit drei kleinen Seen
	7	13° 17'	71° 31,5'	3 850	3 900	W	ohne See

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
28-m	1	13° 31'	75° 19'	3 150	3 200	SE	mit See mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle ohne See
	2	13° 40'	75° 10,5'	4 100	4 150	SW	
	3	13° 42'	75° 09'	4 100	4 150	SW	
	4	13° 43'	75° 09'	4 100	4 150	SW	
	5	13° 43,5'	75° 09'	4 100	4 150	SW	
	6	13° 47'	75° 08,5'	3 600	3 800	SE	
							Vgl. Abb. 49
28-n	1	13° 48'	74° 49'	4 150	4 200	SW	mit Feuchtstelle mit See ohne See mit See mit See mit See mit See
	2	13° 30,5'	74° 47,5'	4 000	4 050	W	
	3	13° 36,5'	74° 47'	3 750	3 800	W	
	4	13° 31'	74° 31'	4 300	4 350	S	
	5	13° 54'	74° 38,5'	4 300	4 350	SW	
	6	13° 56'	74° 36'	4 300	4 350	SW	
	7	13° 59'	74° 52,5'	3 727	3 750	SE	
28-n̄	1	13° 45,5'	74° 23'	3 750	3 800	SSW	mit See mit See mit See mit See mit See mit See allseits geschlossene Mulde, weitere Karterrassen ohne See
	2	13° 38'	74° 24'	4 100	4 150	NNE	
	3	13° 41,5'	74° 16,5'	4 200	4 250	NNW	
	4	13° 42'	74° 15,5'	4 100	4 150	SSW	
	5	13° 51'	74° 02,5'	4 250	4 300	W	
	6	13° 57'	74° 28'	4 350	4 400	S	
	7	13° 59'	74° 20'	3 525	3 600	NW	
	8	13° 44'	74° 17'	3 500	3 600	SW	
							Vgl. Abb. 22 und 77 Expositionsunterschied bei gleicher Einzugshöhe von max. 4 400 m ü.M
28-o	1	13° 51,5'	73° 59'	4 100	4 150	S	mit See mit See ohne See mit See mit Feuchtstelle mit See mit See mit See mit See mit See
	2	13° 49,5'	73° 50,5'	4 150	4 200	W	
	3	13° 44'	73° 55,5'	3 000	3 600	W	
	4	13° 35'	73° 56,5'	4 000	4 050	S	
	5	13° 51'	73° 38,5'	3 950	4 000	SW	
	6	13° 57'	73° 42'	4 150	4 200	SE	
	7	13° 58,5'	73° 46,5'	4 150	4 200	SW	
	8	13° 30'	73° 56,5'	3 900	3 950	S	
	9	13° 39'	73° 54'	3 550	3 600	E	
	10	13° 30,5'	73° 37'	4 000	4 050	SSW	
							Vgl. Abb. 21
28-p	1	13° 49'	73° 25'	3 950	4 000	NE	mit See mit See mit See mit See mit See mit See ohne See ohne See
	2	13° 49'	73° 20'	4 050	4 100	SW	
	3	13° 45'	73° 03'	4 200	4 250	SW	
	4	13° 48'	73° 06,5'	4 200	4 250	SW	
	5	13° 53'	73° 09,5'	4 000	4 050	SE	
	6	13° 53'	73° 16'	4 100	4 150	SE	
	7	13° 35'	73° 10'	3 000	3 150	SW	
	8	13° 34,5'	73° 09'	3 150	3 250	NNW	
							Vgl. Abb. 23 Nm. 7 und 8: ca. 150 m Höhenunterschied an max. 3 642 m ü.M aufragendem Rücken, expositionsbedingt
28-r	1	13° 39'	72° 10'	4 200	4 250	SSW	mit See mit See mit See, im Isolinienbild Talquer- verbauung ohne See
	2	13° 41,5'	72° 06,5'	4 200	4 250	S	
	3	13° 49'	72° 02'	4 200	4 250	SSW	
	4	13° 53,5'	72° 07,5'	3 750	3 800	S	

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
noch 28-r	5	13° 37,5'	72° 18,5'	3 400	3 500	E	mit Quelle, versiegt nach 300 m im Bodenbereich mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle Vgl. Abb. 24
	6	13° 38,5'	72° 18,5'	3 400	3 500	E	
	7	13° 37'	72° 17,5'	3 800	3 850	S	
28-s	1	13° 52'	71° 59'	4 200	4 250	S	mit See
	2	13° 33'	71° 46,5'	4 150	4 200	ESE	mit See
	3	13° 44'	71° 43'	4 352	4 400	E	mit See
	4	13° 48'	71° 37,5'	4 200	4 250	SSE	mit See
	5	13° 58'	71° 39,5'	4 372	4 400	SW	mit See
	6	13° 48'	71° 58'	3 000	3 100	SW	ohne See
	7	13° 53'	71° 55'	3 250	3 350	WSW	ohne See
	8	13° 44'	71° 54'	3 950	4 000	E	mit Feuchtstelle
28-t	1	13° 56'	71° 26'	4 200	4 250	S	mit See
	2	13° 57'	71° 27,5'	4 300	4 350	S	mit See
	3	13° 56'	71° 28,5'	4 300	4 350	WSW	mit zwei Seen
	4	13° 55,5'	71° 27'	4 350	4 400	NW	mit See
	5	13° 53'	71° 26,5'	4 300	4 350	WSW	mit See
	6	13° 36'	71° 01'	3 900	4 100	S	mit See
	7	13° 56,5'	71° 23,5'	3 950	4 000	SW	ohne See
Nm. 2-4: Expositionsunterschiede bei gleichem, kleinen Einzug, max. Höhe 4 700 m ü.M							
29-n	1	14° 28'	74° 38'	2 850	2 900	S	ohne See
	2	14° 18'	74° 56'	2 700	2 800	SW	ohne See
	3	14° 10'	74° 56'	3 450	3 500	SW	ohne See
	4	14° 06'	74° 49'	4 150	4 200	SW	mit Feuchtstelle
	5	14° 15,5'	74° 35'	4 150	4 200	SW	mit Feuchtstelle
	6	14° 15,5'	74° 36'	4 100	4 200	S	mit Feuchtstelle
	7	14° 02,5'	74° 38'	4 100	4 150	NW	mit See
	8	14° 24,5'	74° 36'	3 400	3 450	NW	ohne See
29-ñ	1	14° 11'	74° 22'	4 200	4 250	S	mit Feuchtstelle
	2	14° 03'	74° 01'	4 300	4 350	ENE	mit See
	3	14° 09,5'	74° 08'	3 800	3 850	S	mit Feuchtstelle
	4	14° 12'	74° 05,5'	3 500	3 550	E	mit See
	5	14° 14,5'	74° 05'	3 750	3 800	E	ohne See
	6	14° 24'	74° 03,5'	4 200	4 250	S	mit Feuchtstelle
	7	14° 25'	74° 02'	4 250	4 300	WSW	mit See und Feuchtstelle
	8	14° 12,5'	74° 15'	4 150	4 200	W	mit See
Vgl. Abb. 25 und 78							
28-o	1	14° 25'	73° 56'	4 000	4 050	WNW	mit See
	2	14° 17'	73° 52'	4 250	4 300	S	mit See
	3	14° 16'	73° 50'	4 300	4 350	N	mit See
	4	14° 12,5'	73° 54'	3 900	3 950	WNW	ohne See
	5	14° 10,5'	73° 50'	4 250	4 300	SW	mit See
	6	14° 02'	73° 51'	3 250	3 350	W	ohne See
	7	14° 02,5'	73° 43'	4 200	4 250	W	mit See
	8	14° 11'	73° 34,5'	3 300	3 350	E	mit See
	9	14° 16'	73° 39,5'	4 200	4 250	NE	mit See
	10	14° 17,5'	73° 42'	4 300	4 350	SE	mit See
	11	14° 28,5'	73° 44,5'	4 000	4 050	S	mit See
Nm. 2 und 3: Expositionsunterschiede bei gleichem, kleinen Einzug, max. Höhe 4 650 m ü.M							

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
29-p	1	14° 07'	73° 22'	4 100	4 150	S	mit See
	2	14° 06,5'	73° 21,5'	4 150	4 200	NE	mit See
	3	14° 05'	73° 07,5'	4 202	4 300	SW	mit See
	4	14° 01,5'	73° 02'	4 300	4 350	NW	mit See
	5	14° 06'	73° 03'	4 300	4 350	S	mit See
	6	14° 16'	73° 05,5'	4 250	4 300	N	mit See
							Vgl. Abb. 79 Nm. 1 und 2: expositionsbedingter Höhenunterschied
29-q	1	14° 05'	72° 55'	4 200	4 250	SW	mit See
	2	14° 04'	72° 56'	4 238	4 250	SW	mit See
	3	14° 03,5'	72° 55'	4 350	4 400	N	mit See
	4	14° 01,5'	72° 54'	4 274	4 300	SW	mit See
	5	14° 02'	72° 53,5'	4 300	4 350	SW	mit See
	6	14° 14'	72° 30,5'	4 300	4 350	SW	mit See
	7	14° 15'	72° 31,5'	4 350	4 400	SW	mit See
	8	14° 01,5'	72° 39'	3 900	4 000	SW	ohne See
							Nm. 1-3: Expositionsunterschiede bei gleichem Einzug, max. Höhen um 4 850 m ü.M
29-r	1	14° 18'	72° 23'	4 300	4 350	SW	mit See
	2	14° 05'	72° 23'	4 354	4 400	SW	mit See
	3	14° 04'	72° 20'	4 300	4 350	S	mit See
	4	14° 04,5'	72° 20'	4 250	4 300	S	mit See
	5	14° 15,5'	72° 10'	4 100	4 150	W	mit Feuchtstelle
	6	14° 21'	72° 13'	4 050	4 100	E	mit Feuchtstelle
	7	14° 29,5'	72° 06,5'	3 500	3 550	NW	ohne See
	8	14° 22'	72° 17,5'	4 240	4 250	SE	mit See
29-s	1	14° 13'	71° 52,5'	3 750	3 850	S	mit Feuchtstelle
	2	14° 11,5'	71° 50'	3 800	3 950	NNW	mit Feuchtstelle
	3	14° 06'	71° 46,5'	4 400	4 450	S	mit See
	4	14° 01,5'	71° 39'	4 250	4 300	SW	mit See
	5	14° 02'	71° 38'	4 250	4 300	SSW	mit See
	6	14° 26'	71° 46'	4 400	4 450	SW	mit See
	7	14° 25,5'	71° 46,5'	4 300	4 350	SW	mit See
	8	14° 25'	71° 46,5'	4 300	4 350	SW	mit See
	9	14° 27,5'	71° 53,5'	3 800	4 000	W	ohne See
							Vgl. Abb. 26
29-t	1	14° 02'	71° 23,5'	4 400	4 450	SW	mit See
	2	14° 24'	71° 14,5'	4 350	4 400	WSW	mit See
	3	14° 25'	71° 14'	4 357	4 400	WSW	mit See
	4	14° 25,5'	71° 13'	4 392	4 400	WSW	mit See
	5	14° 25'	71° 28'	3 750	3 850	ENE	ohne See
	6	14° 03'	71° 22'	4 450	4 500	WSW	mit See
29-x	1	14° 03'	69° 52,5'	4 100	4 150	S	mit See
	2	14° 03'	69° 52,5'	4 200	4 200	S	mit See
	3	14° 03'	69° 52,5'	4 300	4 350	S	mit See
	4	14° 02'	69° 49,5'	3 850	3 900	SE	mit See
	5	14° 02'	69° 49,5'	4 150	4 200	SSE	mit See
	6	14° 13'	69° 39,5'	4 100	4 150	NNW	mit See
	7	14° 14'	69° 39'	3 850	3 900	S	ohne See
	8	14° 15'	69° 42'	4 150	4 200	S	mit See
	9	14° 15'	69° 41'	4 150	4 200	S	mit See
	10	14° 15'	69° 40,5'	4 150	4 200	S	mit See
							Nm. 1-3: dreifach getrepptes Kar, Nm. 4 und 5: zweifach getrepptes Kar

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
noch 29-x	11	14° 22,5'	69° 33'	4 200	4 250	SE	mit zwei Seen mit See mit See mit See bei max. Aufragung von 3 950 m ü.M. Vgl. Abb. 53f und 53i Nm. 12/13: zweifach getrepptes Kar
	12	14° 22,5'	69° 31'	3 800	3 850	N	
	13	14° 22,5'	69° 31'	3 900	3 950	N	
	14	14° 03'	69° 40,5'	3 650	3 700	SW	
30-n	1	14° 38'	74° 39'	3 150	3 200	S	ohne See, Trogtalschlußcharakter ohne See ohne See mit See (in der TK 1 : 50 000) Vgl. Abb. 81
	2	14° 43'	74° 39'	2 850	3 000	SW	
	3	14° 32'	74° 39'	3 300	3 350	NW	
	4	14° 49'	74° 37,5'	2 500	2 600	SW	
30-n̄	1	14° 35'	74° 13'	3 900	3 950	SW	mit See mit See mit See ohne See ohne See Vgl. Abb. 80 und 81
	2	14° 37'	74° 11'	3 900	3 950	SW	
	3	14° 35'	74° 02,5'	4 250	4 300	W	
	4	14° 48'	74° 13'	3 400	3 550	S	
	5	14° 49'	74° 05'	3 700	3 800	SW	
30-o	1	14° 43'	73° 51,5'	4 300	4 350	SW	mit See mit See ohne See mit See mit Feuchtstelle mit Seen Vgl. Abb. 50 und 52
	2	14° 51,5'	73° 47,5'	4 280	4 300	W	
	3	14° 57,5'	73° 47,5'	3 500	3 550	W	
	4	14° 58,5'	73° 46,5'	3 450	3 550	SSE	
	5	14° 47'	73° 32'	3 800	3 850	S	
	6	14° 46,5'	73° 34'	3 750	3 800	E	
30-p	1	14° 55'	73° 24'	3 330	3 350	E	ohne See mit See mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit zwei Seen Altiplano zumeist über 4 000 m ü.M. geleghen, vgl. Abb. 50
	2	14° 48,5'	73° 20,5'	4 000	4 050	S	
	3	14° 33'	73° 24,5'	4 200	4 250	N	
	4	14° 34,5'	73° 18,5'	4 150	4 200	N	
	5	14° 33'	73° 12'	4 300	4 350	SW	
	6	14° 46'	73° 27'	3 750	3 950	S	
30-q	1	14° 57'	72° 42,5'	4 200	4 400	WSW	ohne See mit See mit See Altiplano im Blattbereich zumeist über 4 500 m ü.M. aufragend
	2	14° 55'	72° 41'	4 250	4 300	NW	
	3	14° 55'	72° 43'	4 100	4 150	SSW	
30-r	1	14° 35'	72° 16,5'	4 100	4 150	N	ohne See ohne See mit Feuchtstelle Altiplano im Blattbereich zumeist über 4 500 m ü.M. aufragend
	2	14° 34'	72° 16,5'	4 100	4 200	S	
	3	14° 44'	72° 01'	4 450	4 500	SW	
30-s	1	14° 30,5'	71° 49'	4 200	4 250	WSW	mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit See mit See mit See mit Feuchtstelle Vgl. Abb. 82 Altiplano im Blattbereich zumeist über 4 000 m ü.M. aufragend
	2	14° 31'	71° 49'	4 200	4 250	WSW	
	3	14° 34,5'	71° 59,5'	4 300	4 350	S	
	4	14° 31'	71° 33'	4 450	4 500	N	
	5	14° 31'	71° 31'	4 249	4 250	SW	
	6	14° 49,5'	71° 35,5'	4 450	4 500	SSE	
	7	14° 30'	71° 50'	4 050	4 100	SW	

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
30-t	1	14° 41'	71° 27'	3 950	4 000	SE	mit See
	2	14° 35'	71° 14'	4 450	4 500	SW	mit See
	3	14° 43,5'	71° 05'	4 500	4 550	W	mit See
	4	14° 45,5'	71° 03,5'	4 450	4 550	SW	mit See
	5	14° 52,5'	71° 01'	4 350	4 400	S	mit Feuchtstelle
	6	14° 54,5'	71° 01'	4 350	4 400	SW	mit See
							Nm. 5 und 6: im Vorfeld (Borten-?)Sanderkegel mit Zungenbeckenseen
30-u	1	14° 55,5'	70° 59,5'	4 350	4 400	SW	mit See
	2	14° 54,5'	70° 59,5'	4 400	4 450	SW	mit Feuchtstelle
	3	14° 37'	70° 55,5'	4 350	4 400	SW	mit Feuchtstelle
	4	14° 33'	70° 51,5'	4 400	4 500	W	ohne See
	5	14° 33,5'	70° 50,5'	4 300	4 400	SSW	ohne See
	6	14° 56'	70° 31'	3 950	4 000	SSW	mit Feuchtstelle
30-x	1	14° 48,5'	69° 58,5'	3 930	3 950	NW	mit See
	2	14° 46'	69° 58'	3 980	4 000	W	mit See
	3	14° 42'	69° 54'	4 300	4 350	NW	mit Feuchtstelle
	4	14° 38,5'	69° 58,5'	4 300	4 350	NNE	mit See
31-o	1	15° 02'	73° 51'	3 250	3 300	SE	mit allseits geschlossener Hohlform
	2	15° 01'	73° 50'	3 200	3 250	SSE	ohne See
	3	15° 03'	73° 42'	3 900	4 000	SW	ohne See
	4	15° 12'	73° 30,5'	3 600	3 800	SW	ohne See
	5	15° 26,5'	73° 40,5'	3 500	3 600	SSE	ohne See
	6	15° 27'	73° 41,5'	3 300	3 400	SSW	ohne See
	7	15° 28'	73° 52'	4 200	4 250	SW	ohne See
							Vgl. Abb. 27 An der trockenen Westflanke der Anden in Südperu keine Seen in den oberen Talschlüssen
31-p	1	15° 23'	73° 19'	3 000	3 200	NE	ohne See
	2	15° 18,5'	73° 06,5'	3 600	3 800	S	ohne See
	3	15° 14'	73° 11,5'	3 700	3 800	WSW	mit Feuchtstelle, Talquerverbau nach den Höhenlinien
	4	15° 06'	73° 09'	3 950	4 150	SW	mit Feuchtstelle, Trogtalschluß
	5	15° 17,5'	73° 15'	3 100	3 150	NW	ohne See
	6	15° 18'	73° 14'	3 200	3 400	SW	ohne See
31-q	1	15° 16,5'	72° 52'	3 950	4 100	NW	ohne See
	2	15° 15'	72° 50'	4 000	4 300	W	mit See
	3	15° 14'	72° 48,5'	4 200	4 400	N	ohne See
	4	15° 07,5'	72° 54,5'	3 400	3 600	E	ohne See
	5	15° 07'	72° 52'	3 800	4 000	WSW	ohne See
	6	15° 09,5'	72° 51,5'	3 000	3 400	SW	ohne See
	7	15° 09,5'	72° 53'	3 100	3 400	SE	ohne See
	8	15° 12'	72° 48'	3 700	3 900	WSW	ohne See
	9	15° 11,5'	72° 44,5'	4 200	4 600	N	ohne See
	10	15° 12'	72° 42'	4 400	4 600	W	ohne See
							Vgl. Abb. 57 Bis auf wenige, steiflankige, 2 000 m eingetiefte Täler mit pleistozänzeitlichen, höheren Talböden liegen 90% der Blattflächen oberhalb 4 000 m ü.M
31-r	1	15° 10,5'	72° 22,5'	4 050	4 100	S	mit See
	2	15° 23'	72° 21'	3 800	3 900	W	mit allseits geschlossenen Hohlformen

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen		Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
				vorne (m ü.M)	hinten (m ü.M)		
noch 31-r	3	15° 28,5'	72° 19'	3 200	3 600	SW	mit See ohne See Kare Nm. 3 und 4: getrept 90% des Blattbereichs liegen ober- 4 000 m ü.M
	4	15° 27'	72° 18'	3 700	3 800	SW	
31-s	1	15° 27,5'	71° 30,5'	4 300	4 400	S	mit See ohne See Da über 90% des Blattbereichs über 4 500 m ü.M liegen, gibt es kaum Kare darunter
	2	15° 27,5'	71° 34'	4 300	4 400	S	
31-t	1	15° 12,5'	71° 26'	4 250	4 350	WSW	mit Feuchtstelle ohne See ohne See ohne See Vgl. Abb. 6 Da über 90% des Blattbereichs oberhalb 4 000 m ü.M. liegen, ist eine Karbildung darunter unmöglich
	2	15° 16'	71° 23'	4 100	4 200	SSW	
	3	15° 17'	71° 25,5'	4 000	4 100	NNE	
	4	15° 29'	71° 22,5'	4 100	4 200	SE	
	5			Zungenbeckenseen zwischen 4 400 m und 4 600 m ü.M.			
31-u	1	15° 01'	70° 50,5'	4 450	4 500	WSW	mit Seen mit See Blattbereich zu hoch gelegen für Kare unterhalb 4 500 m ü.M
	2	15° 08'	70° 30,5'	4 500	4 550	W	
32-p	1	15° 45,5'	73° 24'	2 050	2 100	N	ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See Durchgangskar in Paßlage, Allu- vionen im Boden Vgl. Ausschnitt in Abb. 55
	2	15° 44'	73° 22'	1 900	2 000	S	
	3	15° 46'	73° 17'	1 900	2 200	SW	
	4	15° 33'	73° 20'	3 700	3 800	SW	
	5	15° 37,5'	73° 11'	3 500	3 800	SW	
	6	15° 41,5'	73° 13'	3 350	3 400	S	
32-q	1	15° 43'	72° 53,5'	3 505	3 550	SW	ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See mit See und Querverbau im Höhen- linienbild ohne See, mit allseits geschlossener Hohlform Vgl. Abb. 51 und 53a sowie zur Durchgangseisgegebenheit im Kar Nr. 11 Abb. 54 Kare Nm. 6–9: aus dem Trogtal- schluß des Rio Grande
	2	15° 46'	72° 50,5'	3 350	3 450	SW	
	3	15° 48,5'	72° 49,5'	3 250	3 300	SW	
	4	15° 51'	72° 49'	3 200	3 250	SW	
	5	15° 49'	72° 30,5'	2 400	2 500	NE	
	6	15° 49'	72° 38,5'	2 900	2 950	SW	
	7	15° 48'	72° 39'	3 000	3 050	SSW	
	8	15° 48'	72° 38'	3 100	3 150	S	
	9	15° 48'	72° 37'	3 350	3 400	S	
	10	15° 36'	72° 34'	4 250	4 250	SW	
	11	15° 59,5'	72° 46,5'	2 250	2 300	SSE	
32-r	1	15° 37'	72° 24'	4 300	4 400	W	ohne See ohne See ohne See
	2	15° 40'	72° 25'	3 500	3 600	S	
	3	15° 48'	72° 10'	3 500	3 600	NNW	

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen vorne (m ü.M)	Karbodenhöhen hinten (m ü.M)	Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
noch 32-r	4	15° 51,5'	72° 11,5'	3 400	3 600	NW	ohne See
	5	15° 38'	72° 19,5'	3 200	3 400	S	ohne See
	6	15° 39,5'	72° 08'	2 900	3 000	NW	ohne See
							Vgl. Abb. 53b und 53d
32-s	1	15° 55,5'	71° 59'	3 900	3 950	SSW	ohne See
	2	15° 40'	71° 48'	4 150	4 200	E	ohne See
	3	15° 41'	71° 44,5'	3 800	3 900	N	ohne See
	4	15° 44'	71° 43,5'	4 200	4 400	WSW	mit Feuchtstelle
	5	15° 36,5'	71° 44'	3 800	4 100	SSW	ohne See
	6	15° 31,5'	71° 33,5'	4 000	4 100	E	ohne See
	7	15° 35'	71° 36,5'	3 900	3 950	SE	mit See
	8	15° 37'	71° 38'	3 700	3 800	SW	ohne See
	9	15° 40,5'	71° 33,5'	4 300	4 400	SW	mit Feuchtstelle
	10	15° 53'	71° 33,5'	4 500	4 550	SW	mit See
							Vgl. Abb. 28 Kare Nm. 7 und 8: expositionsbedingter Unterschied
32-t							Da der Blattbereich zumeist über 4 300 m ü.M liegt, sind Kare mit Seen erst oberhalb 4 600 m ü.M anzutreffen
32-u	1	15° 51'	70° 39'	4 150	4 200	SSW	ohne See
	2	15° 32,5'	70° 48'	4 650	4 700	ENE	mit See
	3	15° 55'	70° 43'	4 250	4 300	W	mit See
							Blattbereich ist für Kare unter 4 000 m ü.M zu hoch gelegen
32-v	1	15° 36,5'	70° 27,5'	4 450	4 500	SW	mit See
	2	15° 46'	70° 27'	4 350	4 400	SW	mit See
	3	15° 54'	70° 30'	4 350	4 400	NW	mit See
	4	15° 40,5'	70° 13,5'	3 950	4 000	NW	mit See
33-s	1	16° 09'	71° 45'	3 100	3 200	SSW	mit See und Querverbau im Höhenlinienbild
	2	16° 13'	71° 31,5'	4 500	4 600	S	ohne See
	3	16° 16'	71° 34,5'	3 250	3 300	S	mit allseits geschlossener Hohlform
	4	16° 17,5'	71° 34,5'	3 049	3 050	ESE	mit allseits geschlossener Hohlform
							Kare Nm. 3 und 4: vulkanisch mitbedingt
33-t	1	16° 10'	71° 01'	4 200	4 300	W	ohne See
	2	16° 14'	71° 29'	4 400	4 600	S	ohne See
	3	16° 06'	71° 21'	3 950	4 000	NE	mit Feuchtstelle
	4	16° 07,4'	71° 19'	3 900	4 000	SE	ohne See
	5	16° 12'	71° 22'	3 800	4 000	S	mit allseits geschlossenen Hohlformen
							90% des Blattbereichs liegen oberhalb 4 000 m ü.M
33-u	1	16° 12'	70° 59'	4 250	4 300	S	mit Feuchtstelle
	2	16° 09,5'	70° 40,5'	3 800	4 200	E	ohne See
	3	16° 23'	70° 38,5'	4 350	4 450	SW	mit See
	4	16° 29'	70° 48,5'	2 700	2 800	W	ohne See
	5	16° 26'	70° 41,5'	3 700	3 800	SSW	ohne See
							90% des Blattbereichs liegen oberhalb 4 000 m ü.M

Fortsetzung Tab. 4

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen vorne (m ü.M)	Karbodenhöhen hinten (m ü.M)	Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
33-v	1	16° 04,5'	70° 27'	4 350	4 400	SW	mit Seen mit Seen Die Kare sind getreppt. Blattbereich ist zumeist oberhalb 4 000 m ü.M gelegen.
	2	16° 03'	70° 27'	4 600	4 700	SW	
33-x	1	16° 16'	69° 31'	4 000	4 050	N	mit See mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle
	2	16° 21'	69° 31'	4 050	4 100	N	
	3	16° 24'	69° 31'	4 000	4 150	NE	
34-t	1	16° 36'	71° 14,5'	3 300	3 350	SSE	ohne See mit Feuchtstelle ohne See mit Feuchtstelle mit See mit Feuchtstelle mit See ohne See Vgl. Abb. 53e
	2	16° 33'	71° 10,5'	3 850	4 000	SW	
	3	16° 37'	71° 10'	3 300	3 350	W	
	4	16° 32,5'	71° 07'	4 400	4 450	SW	
	5	16° 33,5'	71° 06,5'	4 450	4 500	S	
	6	16° 31'	71° 01'	4 400	4 500	S	
	7	16° 36'	71° 06,5'	3 850	3 900	E	
	8	16° 38'	71° 08'	3 500	3 550	SW	
34-u	1	16° 45,5'	70° 55,5'	2 050	2 150	S	ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See ohne See Großkar mit Seen und Feuchtstellen ohne See ohne See mit Feuchtstelle Vgl. Abb. 53g, 53h und 85 Die Kare Nr. 5 und 6 sowie 9 und 10 sind getreppt.
	2	16° 43'	70° 50'	2 500	2 600	SSE	
	3	16° 41'	70° 53,5'	3 300	3 400	SE	
	4	16° 33,5'	70° 50,5'	4 000	4 200	NE	
	5	16° 38,5'	70° 48'	3 100	3 200	NE	
	6	16° 38,5'	70° 47'	2 750	2 900	E	
	7	16° 31,5'	70° 33,5'	4 400	4 450	S	
	8	16° 39'	70° 38'	4 250	4 550	S	
	9	16° 42'	70° 41'	4 200	4 400	SSW	
	10	16° 43'	70° 41'	3 700	3 750	SW	
	11	16° 43,5'	70° 36,5'	4 400	4 500	W	
34-v						Das gesamte Blattgebiet liegt zu- meist oberhalb 4 500 m ü.M, daher sind Kare (mit Seen) nur darüber zu finden.	
34-x	1	16° 36'	69° 55'	4 400	4 500	E	mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle
	2	16° 34,5'	69° 31'	4 400	4 500	SSW	
35-u	1	17° 02'	70° 36,5'	4 350	4 400	W	mit Feuchtstelle ohne See ohne See
	2	17° 14,5'	70° 31,5'	3 600	3 650	SW	
	3	17° 15,5'	70° 31,5'	3 450	3 500	SSW	
35-v	1	17° 18,5'	70° 16,5'	3 600	3 750	SE	ohne See ohne See mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle mit Feuchtstelle ohne See ohne See ohne See Vgl. Abb. 7 und 86
	2	17° 13'	70° 22'	3 600	3 700	SE	
	3	17° 08,5'	70° 20,5'	4 100	4 200	S	
	4	17° 12,5'	70° 05,5'	4 450	4 500	S	
	5	17° 14,5'	70° 005'	4 200	4 400	SW	
	6	17° 19'	70° 03,5'	4 300	4 400	WNW	
	7	17° 19'	70° 21'	3 400	3 600	SSE	
	8	17° 14'	70° 21'	3 550	3 650	SW	
	9	17° 24'	70° 04,5'	3 700	3 800	WSW	
36-v	1	17° 37'	70° 12'	2 800	3 600	SW	mehrfach getrepptes Großkar mit allseits geschlossenen Hohlformen, alluvialerfüllt, vgl. Abb. 64

Fortsetzung Tab. 4 mit einer Zusammenstellung von wenigen Kare aus der TK 1 : 100 000 von Chile mit Karbodenhöhen unterhalb 4 500 m ü.M.

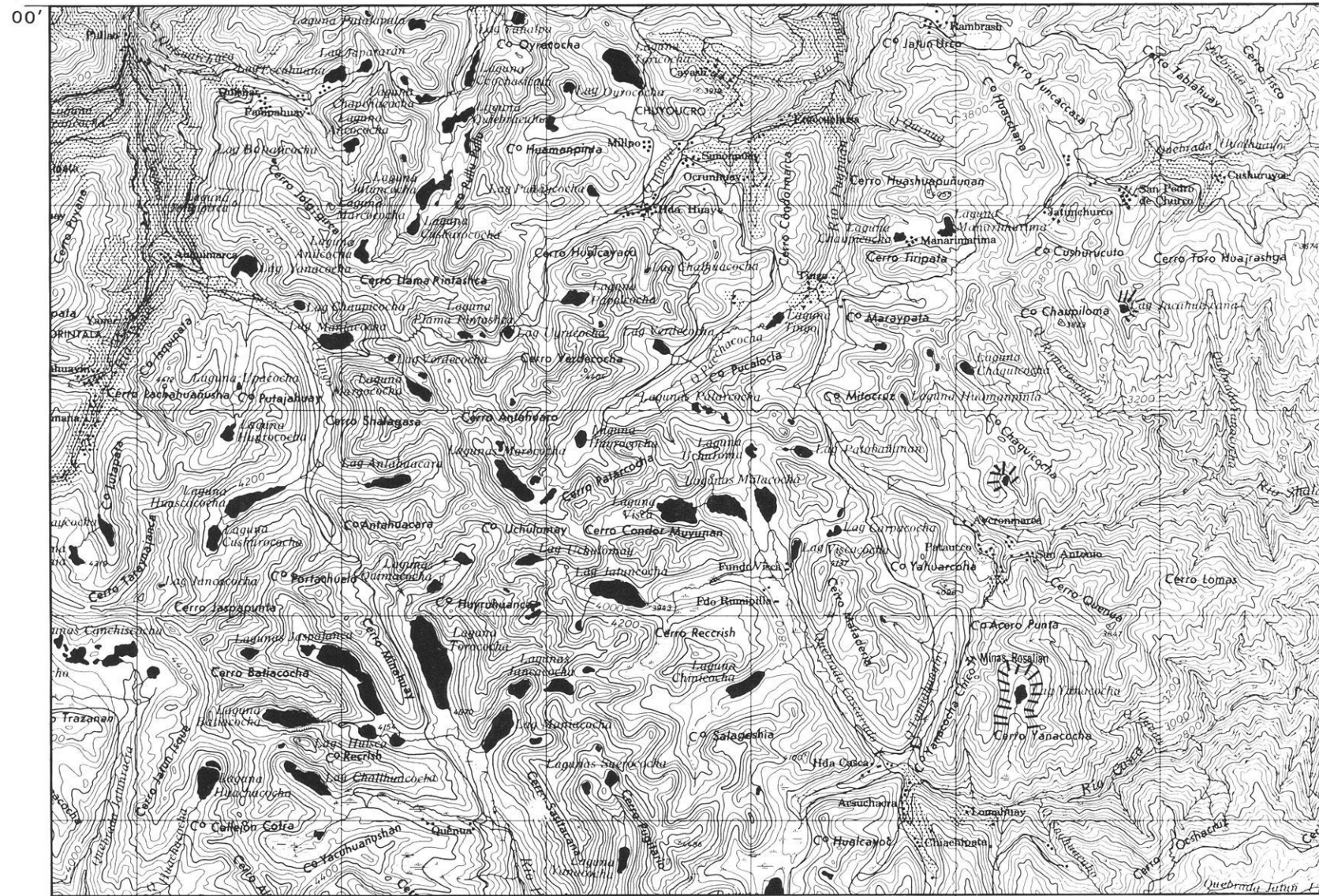
Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen vorne (m ü.M)		hinten (m ü.M)	Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
1900/ 6900	1	19° 15'	69° 18,5'	3 750	4 000		W	ohne See
	2	19° 15'	69° 15'	4 050	4 200		ENE	ohne See
	3	19° 19'	69° 20,5'	3 050	3 150		S	ohne See
								Kare Nr. 1 und 2: Expositionsunterschied bei vergleichbarem Einzug
1930/ 6900	1	19° 30,5'	69° 07,5'	4 350	4 450		SW	ohne See
	2	19° 30,5'	69° 07'	4 500	4 600		S	ohne See
	3	19° 50,5'	69° 02'	3 800	3 950		SSE	ohne See
	4	19° 50,5'	69° 01'	3 750	4 000		SW	ohne See
	5	19° 54'	69° 01,5'	4 000	4 100		W	ohne See
	6	19° 56'	69° 01,5'	4 250	4 450		SSW	ohne See
	7	19° 57'	69° 02'	3 750	4 000		W	ohne See
								Vgl. Abb. 8
2000/ 6900	1	20° 03'	69° 05,5'	3 750	3 850		SW	ohne See
	2	20° 06'	69° 02'	4 500	4 600		W	ohne See
	3	20° 07,5'	69° 06'	3 650	3 750		W	ohne See
	4	20° 08,5'	69° 06,6'	3 500	3 650		SW	ohne See

Fortsetzung Tab. 4 mit einer Zusammenstellung der Kare aus der TK 1 : 100 000 von Bolivien mit Karböden zumeist unter 4 000 m ü.M.

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen vorne (m ü.M)		hinten (m ü.M)	Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
5846 III	1	15° 53'	68° 52'	4 180	4 200		SW	mit See (5 km nördl. Titicacasee) mit See
	2	15° 52'	68° 53'	4 140	4 160		SW	
								Vgl. Abb. 29
5845 IV	1	16° 04'	68° 54'	3 810	3 820		N	mit See mit See, auf Karschwelle rezente Strandwälle am Titicacasee
	2	16° 05'	68° 54'	3 810	3 820		S	
5945 I	1	16° 09'	68° 03,5'	3 840	3 860		NW	mit See
	2	16° 10,5'	68° 00'	4 000	4 020		NE	mit See
	3	16° 12'	68° 02,5'	3 860	3 880		NE	mit See
	4	16° 02'	68° 04'	3 300	3 320		SE	mit See
	5	16° 03'	68° 05'	3 840	3 860		NE	mit See
	6	16° 03,5'	68° 05'	3 880	3 900		E	mit See
	7	16° 03,5'	68° 06'	3 940	3 960		ESE	mit See
	8	16° 03,5'	68° 06'	3 760	3 780		S	mit See
	9	16° 04'	68° 07,5'	4 000	4 020		ENE	mit See, Wall auf Karschwelle
								Vgl. Abb. 30 Kare Nrn. 7 und 8: Kartreppe
4945 II	1	16° 15'	68° 00'	4 000	4 020		ENE	mit See
	2	16° 15'	68° 01'	3 680	3 700		S	mit See
	3	16° 15'	68° 01,5'	3 780	3 800		SSE	mit See
	4	16° 15'	68° 02'	3 960	3 980		SE	mit See
	5	16° 005'	68° 05'	3 660	3 680		SSW	mit See, Moränenwall
								Vgl. Abb. 31 Expositionsbedingte Höhenunterschiede

Fortsetzung Tab. 4 mit einer Zusammenstellung der Kare aus der TK 1 : 100 000 von Bolivien mit Karböden zumeist unter 4 000 m ü.M.

Blatt-Nr. der TK	Kar-Nr.	Geogr. Breite (S)	Geogr. Länge (W)	Karbodenhöhen vorne (m ü.M)	Karbodenhöhen hinten (m ü.M)	Exposition der Karöffnung	Bemerkungen
6045 III	1	16° 17'	67° 57'	4 020	4 040	NNE	mit See
	2	16° 18,5'	67° 52'	3 520	3 600	W	ohne See
6044 IV	1	16° 23'	67° 50'	3 580	3 600	N	mit See
	2	16° 25'	67° 51'	3 900	3 920	SE	mit See
							Vgl. Abb. 32
6044 II	1	16° 35'	67° 36,5'	3 480	3 500	SSW	mit See
	2	16° 34'	67° 33'	3 480	3 500	SSW	mit See
	3	16° 33,5'	67° 38'	3 940	3 960	S	mit großem See
	4	16° 34,5'	67° 36'	3 980	4 000	SW	mit großem See
	5	16° 34,5'	67° 35,5'	3 960	3 980	S	mit großem See mit Moränenwall in 3 980 m ü.M
							Vgl. Abb. 33
6343 IV	1	16° 43'	66° 28'	3 600	3 620	N	mit See
	2	16° 43'	66° 28'	3 560	3 580	NNE	mit See
	3	16° 44'	66° 27,5'	3 740	3 760	WSW	mit See
	4	16° 46'	66° 26'	3 820	3 840	SE	mit See
	5	16° 47'	66° 26'	3 920	3 940	SE	mit See
	6	16° 46,5'	66° 25'	3 820	3 840	SSW	mit See
	7	16° 48,5'	66° 24'	3 880	3 900	W	mit See
							Zu den Kare Nm. 4-7 vgl. Abb. 34
6343 III	1	16° 52,5'	66° 20'	3 620	3 640	NE	mit See
	2	16° 53'	66° 21'	3 840	3 860	SE	mit See
	3	16° 53'	66° 21'	3 820	3 840	SE	mit See
							Vgl. Abb. 35 Kare Nm. 2 und 3: Kartrepp
6143 I	1	16° 47'	67° 01'	3 800	3 820	S	mit See
	2	16° 48'	67° 0,5'	3 860	3 880	SW	mit See
6442 III	1	17° 17'	65° 51'	3 720	3 740	SW	mit See
	2	17° 17'	65° 51'	3 720	3 740	SW	mit See
	3	17° 17,5'	65° 56'	3 880	3 900	SE	mit See
	4	17° 17,5'	65° 56'	3 640	3 660	SSE	mit See
	5	17° 17,5'	65° 50,5'	3 800	3 820	SW	mit See
	6	17° 18'	65° 50'	3 820	3 840	NW	mit See
	7	17° 18'	65° 49,5'	3 880	3 900	NE	mit See
	8	17° 19'	65° 49,5'	3 840	3 860	SW	mit See
	9	17° 19'	65° 57,5'	3 900	3 920	SSE	mit See
	10	17° 19'	65° 49'	3 840	3 860	SW	mit See
	11	17° 18'	65° 48'	3 660	3 680	WSW	mit See
	12	17° 18'	65° 48'	3 920	3 940	WNW	mit See
	13	17° 19'	65° 48'	3 840	3 860	SW	mit See
							Vgl. Abb. 36 Kare Nm. 3 und 4 sowie 11 und 12: Kartreppen
5934 II	1	19° 50,5'	68° 10'	3 740	3 780	S	ohne See
	2	19° 51'	68° 11'	3 840	3 900	SE	ohne See
	3	19° 51'	68° 12'	3 960	3 980	SW	ohne See



75° 40' 4 km

10.5 Karten mit Erläuterungen

Abb. 74: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 23-1

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.
- schwarz: Seen
- Schraffur: dreiseitige Karrückwandversteilung bei SW- und S-geöffneter Mulde um 3 600 m ü.M.

Allgemeine Einordnung

Der Ausschnitt der TK 1 : 100 000 in Abb. 36 liegt im Ostabfall der Anden nordöstlich Lima (vgl. Übersichtskarte der Abb. 1). Auftragungen über 5 000 m gibt es im Blattbereich nicht. Die stark aufgelösten Erhebungen liegen zwischen 4 600 m und 4 800 m ü.M.

Geologie

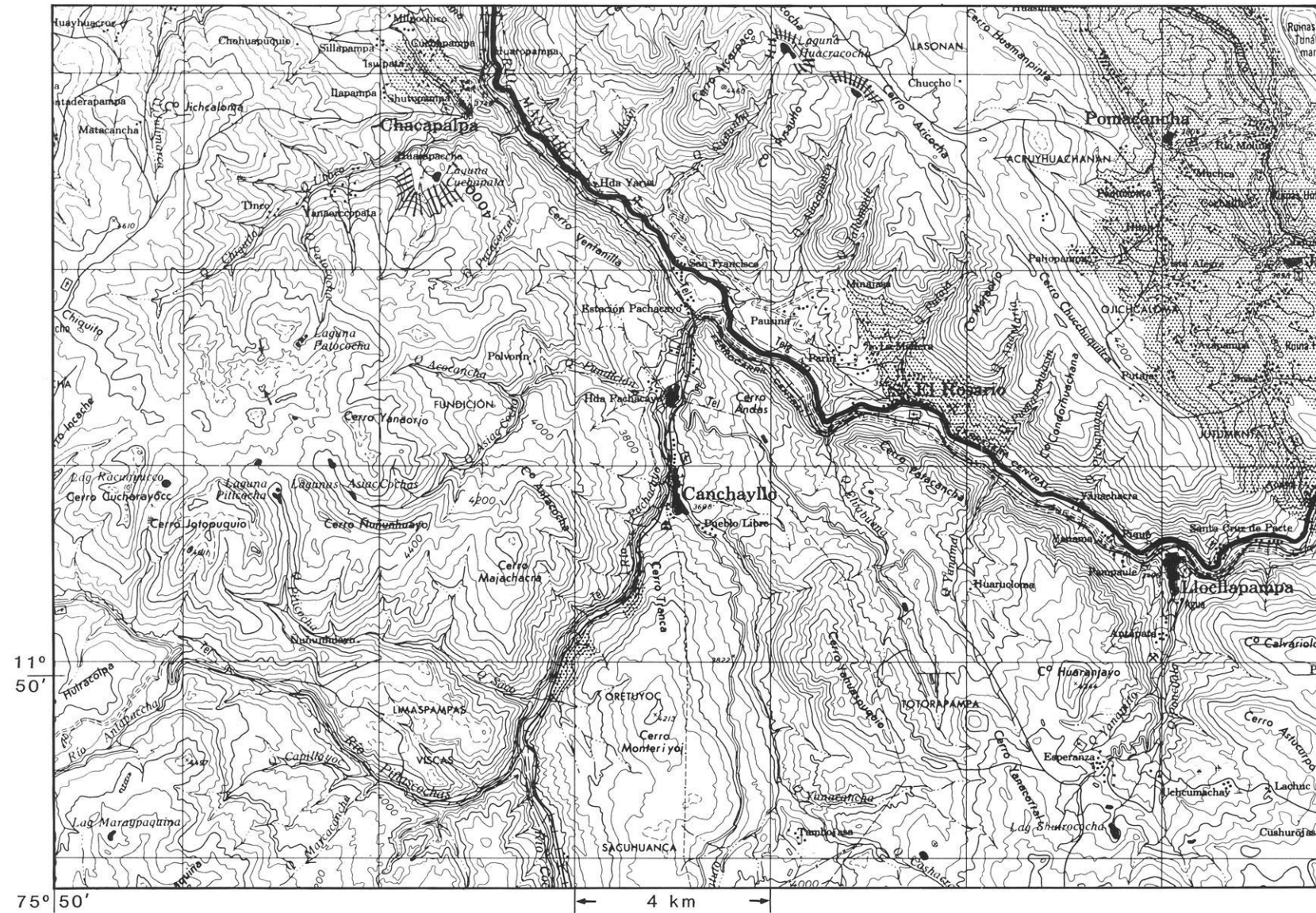
Der gesamte Blattbereich wird durch präkambrische, gefaltete Gesteine und zeitgleich entstandenen Intrusionen, zumeist Granite und Diorite, gebildet.

Eiszeitformen

Auch hier, ca. 60 km südlich der vergleichbaren Gegebenheiten in Abb. 34 liegt ein unteres Karbodenniveau zwischen 3 600 m und 3 800 m. Die der nebenstehenden Karte zu entnehmenden zwei östlichsten Kare, süd-geöffnet, haben je einen See in ca. 3 625 m Höhe ü.M. Wesentlich sind die minimalen Eiseinzüge oberhalb der Seen. Die Rückwandhöhen liegen bei 3 800 m bzw. 3 900 m ü.M. Hier dürfte ebenfalls gut die pleistozänzeitliche Schneegrenze um ca. 3 600 m ableitbar sein.

Hingewiesen sei auch auf die Expositionsunterschiede unterer Karböden, die bei Südöffnung vielfach 100–150 m tiefer liegen als bei äquatorwärtiger Nordöffnung (vgl. Abb. 46a). Die Laguna Yanacocha um Südrand der Abb. 46 ist in Abb. 46a am Nordrand angeschnitten.

Abb. 75: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 24-1



- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 400 m ü.M.
- schwarz: Seen
- Schraffur: Karrückwandversteilungen

Allgemeine Einordnung

Der Ausschnitt der TK 1 : 100 000 wird gegliedert durch das NW-SE-verlaufende Tal des Rio Mantaro, das die Cordillera Occidental von der östlich des Flusses liegenden Cordillera Oriental trennt. Maximale Aufzungen liegen bei 4 700 m ü.M.

Geologie

Jurassische, oberkretazische und alttertiäre Sand- und Tonsteine werden in Teilen der Hochfläche überdeckt von Kalken des Albiano und Senoniano (Kreide). Die kleinen, trockenen und abflußlosen Hohlformen auf der Hochfläche oberhalb 4 400 m weisen im Morphologischen darauf hin. Sie dürften karstkorrosiv mitgeprägt sein.

Eiszeitformen

Trotz der auf der Hochfläche nicht auszuschließenden karstkorrosiven Mitgestaltung, speziell auch altquartären Alters, dürften die Seen unterhalb 4 400 m in ihrer hufeisenförmigen Umrahmung und bei Südost- bis Südwestöffnung glazigen mitgestaltet sein. Diese Annahme resultiert auch aus den Fakten der 70 km nördlicher liegenden Abb. 36, wo ausschließlich das präkambrische Basement ansteht, wobei eine pleistozänzeitliche Schneegrenze um ca. 3 600 m ü.M. ableitbar war. Auch die ca. 70 km östlich dieses Ausschnitts liegenden Bereiche der Abb. 38 sind sicheres Indiz dafür. Daß hier in Abb. 37 eine annähernd tiefe Lage der Schneegrenze möglich war, zeigt das nordgeöffnete hufeisenförmige Halbrund bei der größeren Ortschaft Chacapa mit dem Moor, dem See und den vorgelagerten Kuppen in 3 850 m d.M.

12°
00'

75° 50'

HOJA 25-1

Abb. 76: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 25-1

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 600 m ü.M.
- schwarz: Seen
- Schraffur am Nordrand der Karte: Karrückwände eines Sees in 4 350 m ü.M.

Allgemeine Einordnung

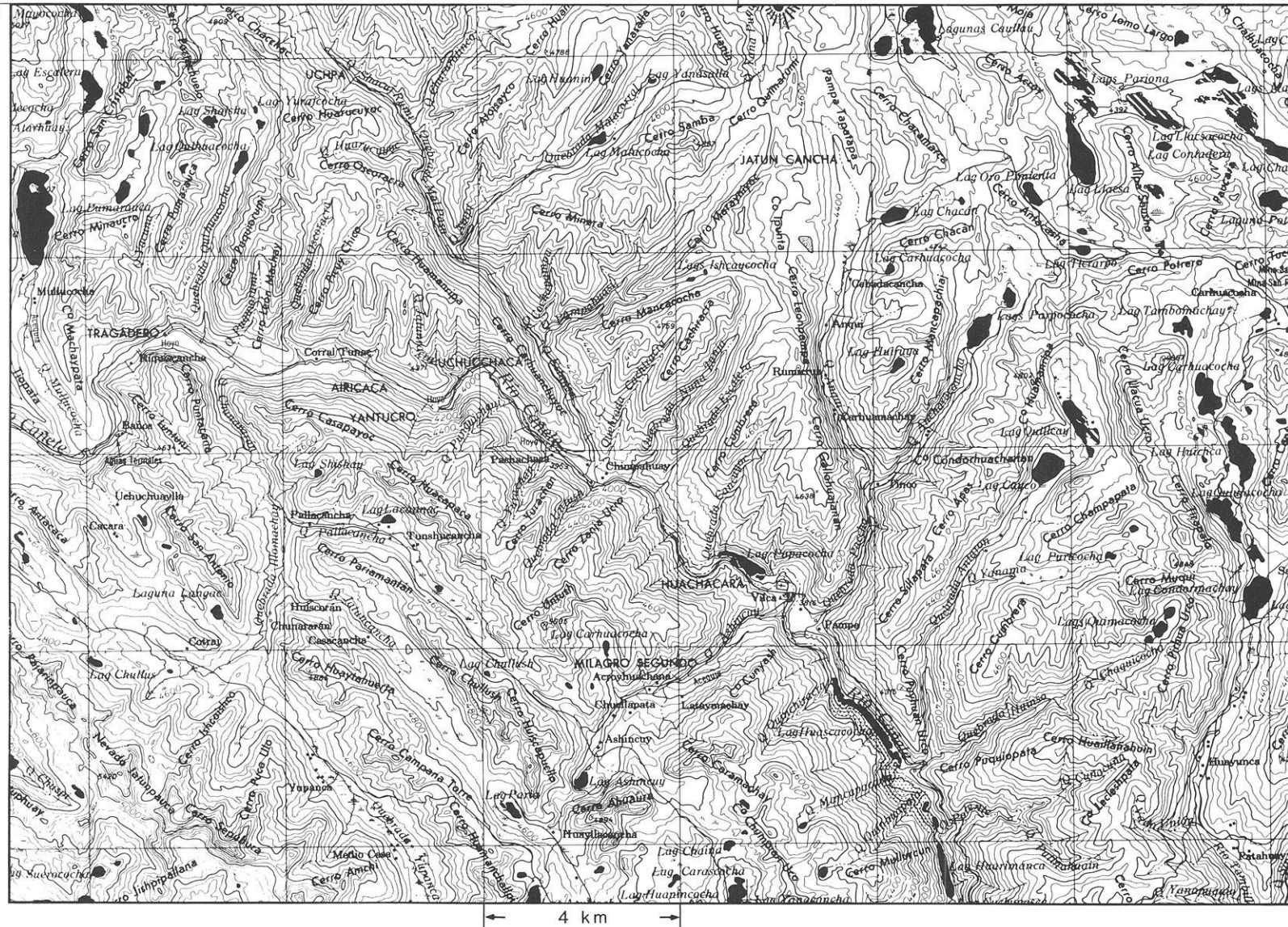
Die Abb. 76 zeigt den oberen Eiseinzug des Rio Cañete, der hier nach SE, später nach SW fließt und den Pazifik in ca. 160 km erreicht. Die Höhen über 5 000 m, im Maximum des Ausschnitts 5 420 m, dokumentieren den schmalen, NW-SE-verlaufenden Charakter der Cordillera Occidental.

Geologie

Die NW-SE-streichenden Rücken bestehen aus Sedimentgesteinen (Sandstein- und Konglomeratvarianten) kontinentaler Facies aus der unteren Kreide (Aptiano und Neocomiano). Daneben erlangen in den Tälern gleicher Ausrichtung marine Sedimente der Oberkreide an Bedeutung, was auch für die NE-Ecke des Ausschnitts mit seinen periodisch trocken fallenden Seen gilt.

Eiszeitformen

Am Südrand des Kartenausschnitts liegt im Tal des Rio Cañete der See Huarimanca in 3 700 m ü.M., womit die tiefste orographische Position des Ausschnitts markiert ist. Sowohl im Oberlauf (7 km nördlich im Lago Papa-cocha) als auch im Unterlauf liegen weitere Seen (11 Stück, der südlichste, 12 km südlich der Ausschnittsbegrenzung, in 3 400 m ü.M.) Weitere 30 km südlicher, in 2 400 m ü.M., ist der Rio Cañete auf einer Strecke von 8 km rinnenseartig verbreitert. Ob damit die tiefste Lage der pleistozänzeitlichen Eisfüllung des Tales erreicht ist, müßte im Gelände untersucht werden. Zahlreich sind in der Abb. 39 die das Tal begleitenden Kare im Ursprung der Seitentäler. Entsprechend der hohen Auftragung über 5 000 m liegen untere Karböden bei 4 350 m (Nordrand des Ausschnitts bei äquatorwärtiger Öffnung).



74° 20'

HOJA 28ñ

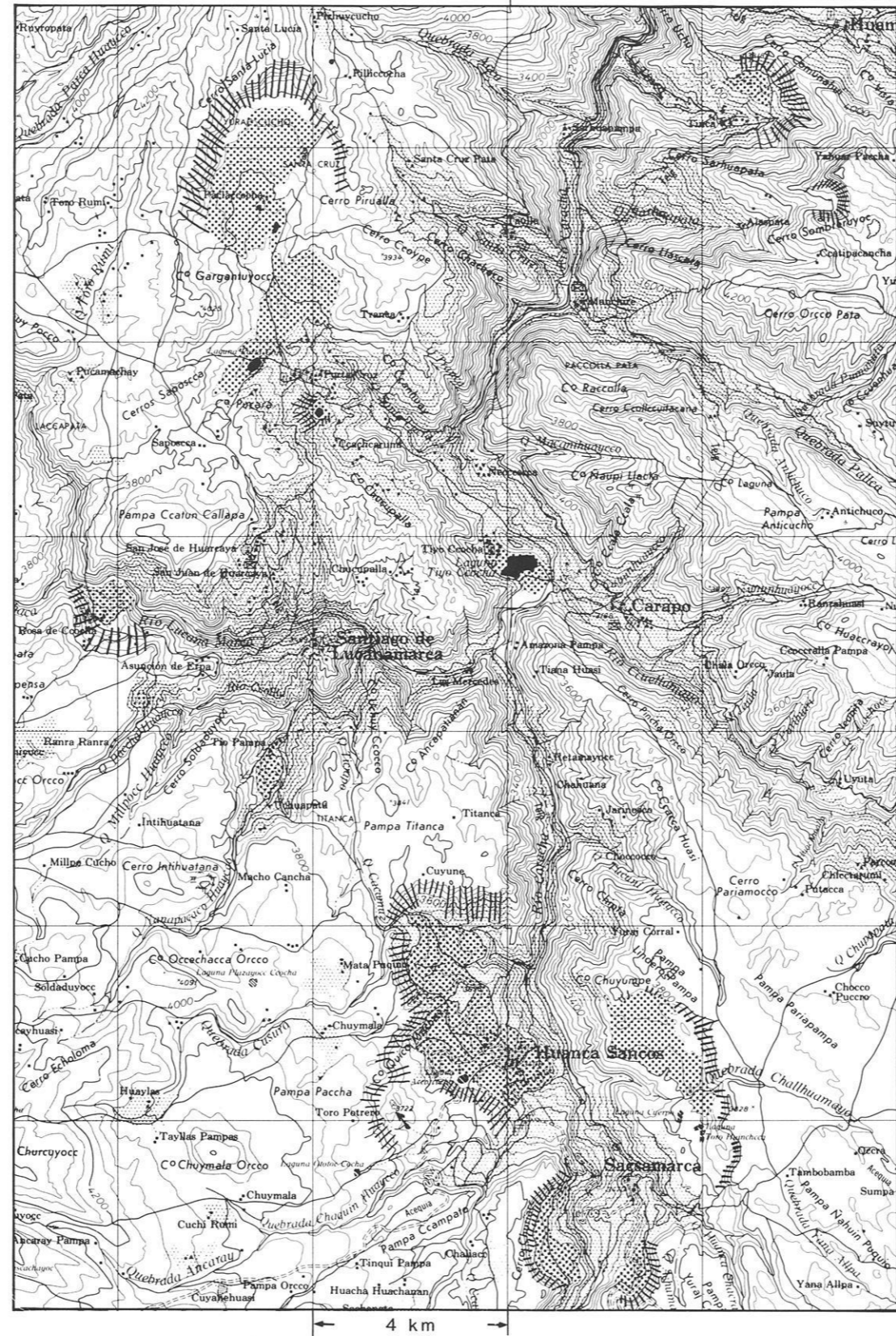


Abb. 77: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 28-ñ

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.
- schwarz: Seen
- grober Punktraster: Karböden
- Schraffur: Karrückwände

Allgemeine Einordnung

Das in diesem Ausschnitt generell nach N entwässernde Talnetz ist allseits, auch direkt außerhalb der SE-Ecke der Blattbegrenzung umgeben von Hochflächen oberhalb 4 000 m. Sowohl der Vergleich mit der Übersichtskarte in Abb. 1 als auch die morphologische Beschaffenheit der Talhänge und der Talböden lassen auf eine zeitweise Eisfüllung des zentralen Teils des Beckens schließen, das mit vier größeren Zuflüssen den Mittelpunkt des Ausschnitts bildet.

Geologie

Der NW-Teil wird von kretazischen und alttertiären Vulkaniten, der SE- und E-Teil von jenen des Plio-Pleistozäns aufgebaut im Überwiegen vulkanischer Brekzien und Tuffe.

Eiszeitformen

Ein Großkarboden in der NW-Ecke, S-geöffnet, mit vier kleinen Tümpeln, liegt in Höhen zwischen 3 700 m und 4 000 m, zwischen 3 800 m und 3 850 m deutlich getrept. Direkt darunter liegt SSW-geöffnet eine deutliche Verflachung zwischen 3 600 m und 3 650 m, höhengleich ihr gegenüber eine mit einem See. Abermals 150 m tiefer liegt eine E-geöffnete Karmulde mit einem See in 3 450 m ü.M. Auch die zentral im Talgrund gelegene Laguna Tiyo Cocha in 3 050 m ü.M. dürfte glazialgenetisch entstanden sein.

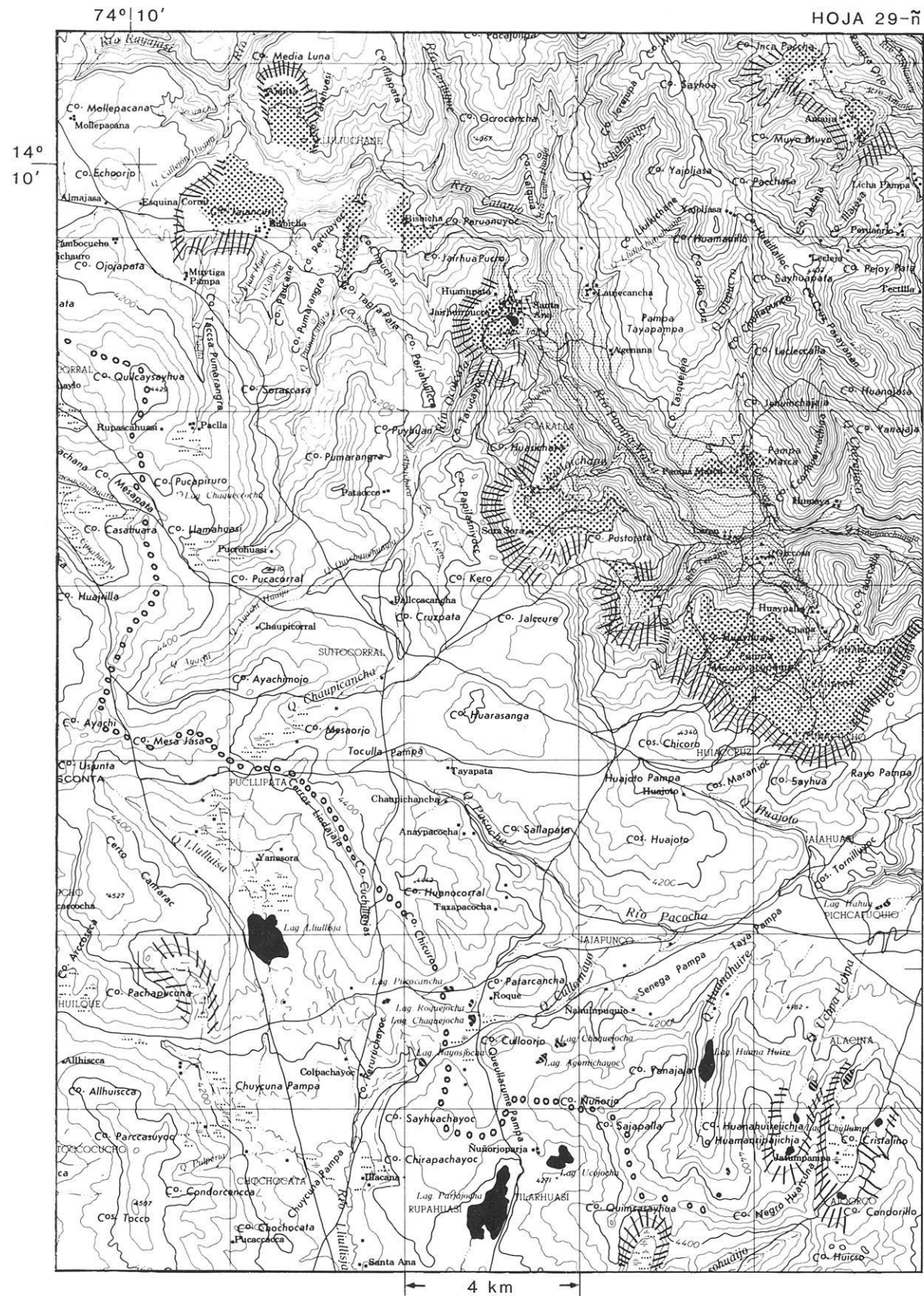


Abb. 78: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-n

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 000 m ü.M.
- schwarz: Seen
- grober Punktraster: Karböden
- Schraffur: Karrückwände

Allgemeine Einordnung

Die ab ca. 14° S dominierende Massenerhebungen über 4 000 m auch in ihrer WE-Erstreckung wird in diesem Ausschnitt angeschnitten. In diese Hochfläche greifen relativ schmale Täler ein. Die Wasserscheide, von der aus zum Pazifik hinab entwässert wird, verläuft auf der Hochfläche in NW-SE-Richtung (in den Cerros Lindajaja, in der Karte markiert durch eine Linie kleiner Kreise).

Geologie

Im gesamten Blattschnitt der TK 1 : 100 000 und damit auch des Ausschnitts der Abb. 78 stehen plio-pleistozäne Vulkanite an.

Eiszeitformen

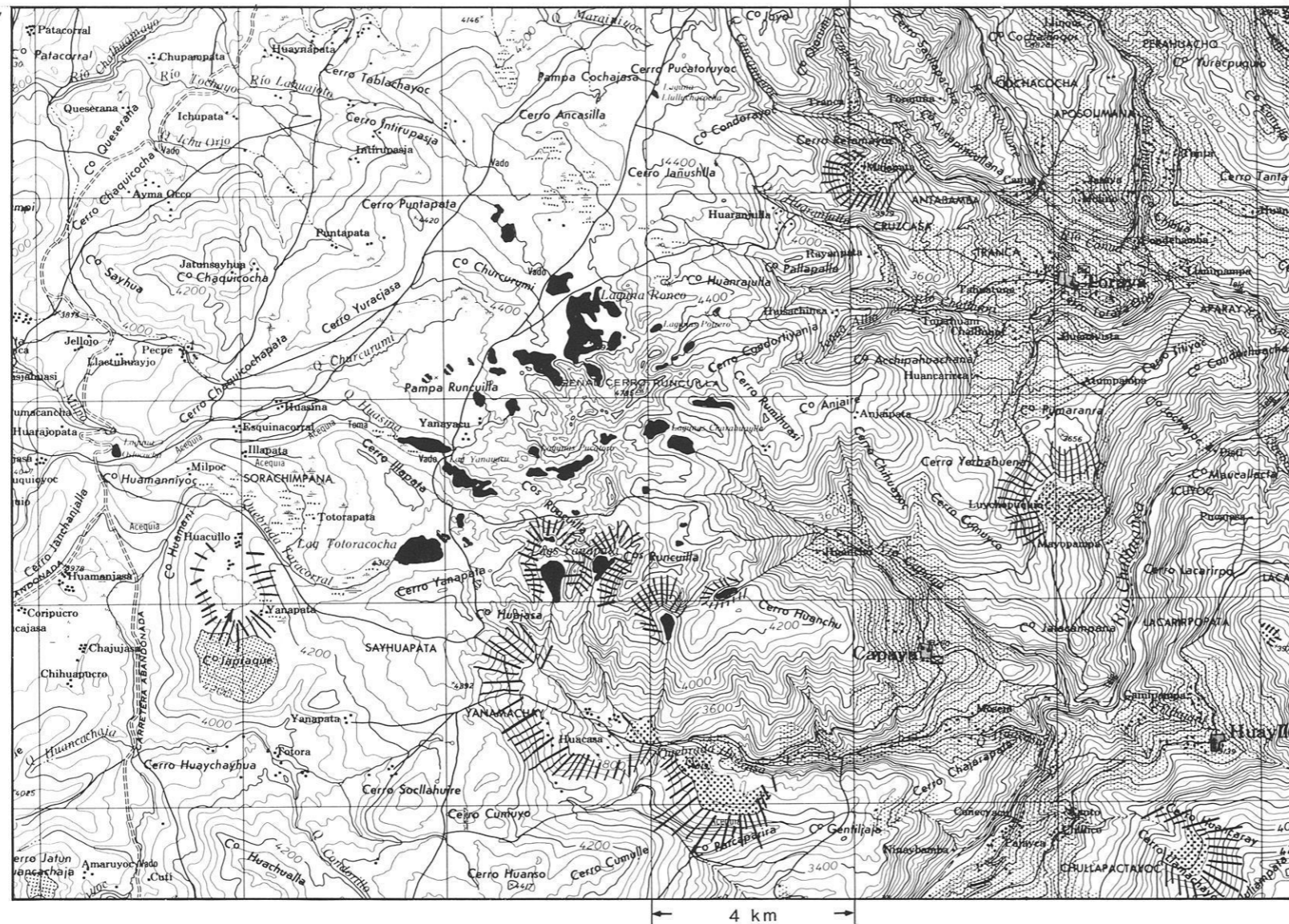
Bis auf die schmalen Taleinschnitte liegen alle Flächen der TK 1 : 100 000 oberhalb 4 000 m. Sie sind in den oberen Talungen vermoort und mit größeren Seen erfüllt. Oberste Talschlüsse zwischen 4 300 m und 4 400 m sind kar- und trogartig breit und dreiseitig von steileren Wänden umgeben. Die in den Muldenböden liegenden Seen sind z.T. vermoort, z.T. führen sie nur periodisch Wasser. Für den Karsee in 4 350 m Höhe, getrept dann tiefer in 4 150 m Höhe, dort allerdings nur periodisch wassererfüllt, liegt in der SE-Ecke ein Beispiel vor. Die unterhalb 4 000 m wirksam gewesene Eisformung ist an den Hängen des Rio Pampa eindrucksvoll dokumentiert. Sowohl aus der Karformung um 3 600 m, NE-geöffnet mit See bei Santa Ana, als auch aus der allgemeinen großräumigen Lage des Tales (vgl. Abb. 1) ist eine pleistozäne Eisfüllung dieses Tales sehr wahrscheinlich. Das Flußbett hat am Ostrand des Ausschnitts eine Höhe von 2 850 m.

14°
00'

73° 20'

HOJA 29-p

Abb. 79: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 29-p



- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m
- schwarz: Seen
- Schraffur: Markierungen an steilen Karrückwänden

Allgemeine Einordnung

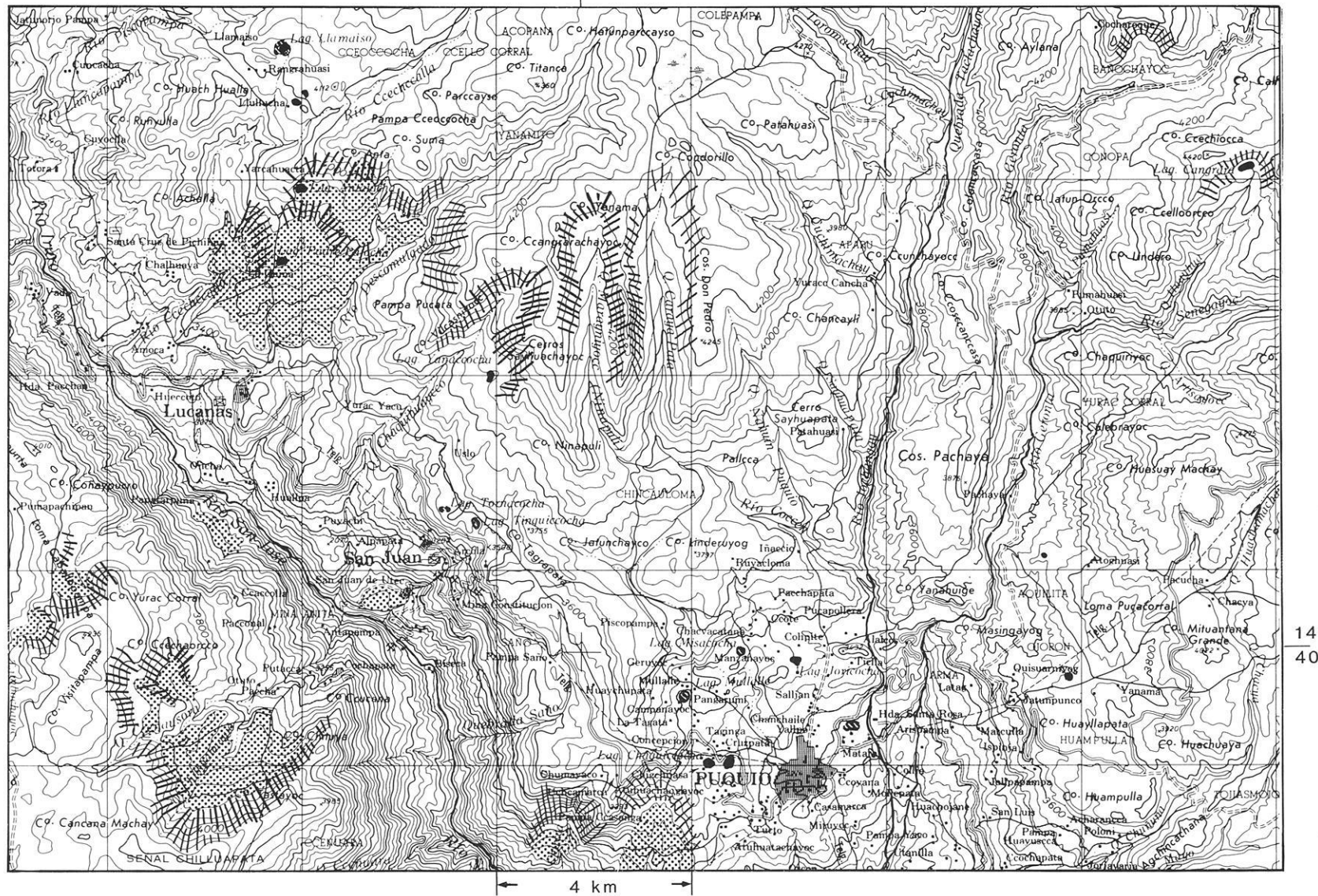
Der Ausschnitt in Abb. 79 repräsentiert die NW-Ecke der TK 29-p mit einer Hochfläche über 4 000 m, die in ihrer geschlossenen, von Tälern begrenzten Erstreckung ca. 1 500 km² groß ist. Im Blattbereich ist der südliche Zipfel dieser Hochfläche – oberhalb 4 200 m grau markiert.

Geologie

Während in den Tälern teilweise Granodiorite, Diorite und Granite der Oberkreide und des Altertiärs aufgeschlossen sind, werden die großen Bereiche der Hochfläche bis an den Westrand durch marine Sedimente der Oberkreide, auch kalkiger Fazies aufgebaut. Allseits geschlossene, trockene Hohlformen, periodisch trockene Seen, eine gezackte Linienführung im zentralen Höhenbereich mit vielen Kleinformen, aber auch die reich gegliederten, zerlappten Seen deuten diese, auch karstkorrosive Formung an.

Eiszeitformen

Trotzdem ist die pleistozänzeitliche Vergletscherung auch hier eindeutig belegbar. Speziell die beiden, am Süd- und Ostrand der Hochfläche direkt unterhalb der 4 200-m-Linie eingetragenen Karseen belegen dies. In der polwärtigen, Eisformung begünstigenden Position, liegt der See in 4 100 m Höhe, in der ungünstigeren ENE-Öffnung der Karmulde dagegen um ca. 50 m höher. Wo ein unteres, kareisgeformtes Stockwerk um 3 700 m ü.M. bis 3 200 m ü.M. liegen könnte, wurden im Ostteil der Abb. 79 an drei Stellen Markierungsschraffen eingetragen.



- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 200 m ü.M.
- schwarz: Seen
- Schraffur: Markierungen an Karrückwänden

Allgemeine Einordnung

In pazifkseitiger Abdachung von der Hochfläche oberhalb 4 000 m zeigt der Ausschnitt im Rio San José einen von NW nach SE fließenden Fluß, der südlich der Ausschnittbegrenzung nach SW umbiegt und als Rio Acari dann in ca. 120 km den Pazifik erreicht (vgl. die Übersichtskarte der Abb. 1). Der Rio San José ist beidseitig, im Westen schmal von Höhen über 4 000 m eingefäßt.

Geologie

Der gesamte Blattausschnitt der TK 1 : 100 000, HOJA 30-ñ, wird aus Laven, brekziösen Vulkaniten und Tuffen des Plio-Pleistozäns aufgebaut.

Eiszeitformen

Aufgrund der Lage der Karmulden wird eine Vergletscherung angenommen, die bis in die flache Schüssel mit dem Ort Puquio reichte und die auch das Tal des Rio San José mit Eis erfüllte. Ein Blick auf die Übersichtskarte in Abb. 1, noch vielmehr jedoch auf die Karte 1 : 100 000 im Originalblattschnitt zeigt, daß der westlich des Rio San José liegende, NW-SE verlaufende Rücken oberhalb 4 000 m eigenvergletschert war und daß die Schmelzwässer dieses Eises die sich nach SW anschließende Fußfläche erosiv geprägt haben. Dies ist möglicherweise auch in Anbindung an das Eis der größeren Hochflächen im Osten erfolgt. In völliger Parallelität sind der Karte 1 : 100 000 ca. 30 Schmelzwasserrinnen im Abstand von ca. 500-1 000 m bei einer Eintiefung zwischen 50 m und 100 m entnehmbar (vgl. Abb. 81).

Ob das Eis aus dem nordöstlich sich anschließenden Hochflächenbereich nur bis an die \pm 4 000 m hohen Auftragungen der Abb. 81 geflossen ist, oder gar die Hochfläche überflossen und in Teilen der Tiefenlinien hinabgeglitten ist, um in tieferer Position regeneriert wieder alle thermischen, dynamischen und strukturellen Eigenschaften und mechanischen Wirkungen eines Gletschers anzunehmen, dies ist zu vermuten. Diese Annahme wird gestützt durch die markierten Formen in Abb. 81, wo Talweiten oberhalb des Talbodens verstärkt wurden. Hier könnte durch Eis eine Seiten- und Rückwandverteilung vorliegen. Direkt außerhalb des westlichen Blattrandes liegen noch deutlichere Indizien vor (vgl. SCHULZ 1987a: 82, Abb. 1 und Abb. 2).

Aber auch in der Abb. 1 am Andenfuß zwischen Quebrada Jahuag und Rio Acari eingetragene Alluvialfächer, ohne heutigen Gebirgsanschluß, deutet mit seinen sichelförmigen Flußwüsten und Mulden – auch Satellitenbildern entnehmbar – auf eine eisrandnahe, möglicherweise blockgletscherogenetische Bildung hin.

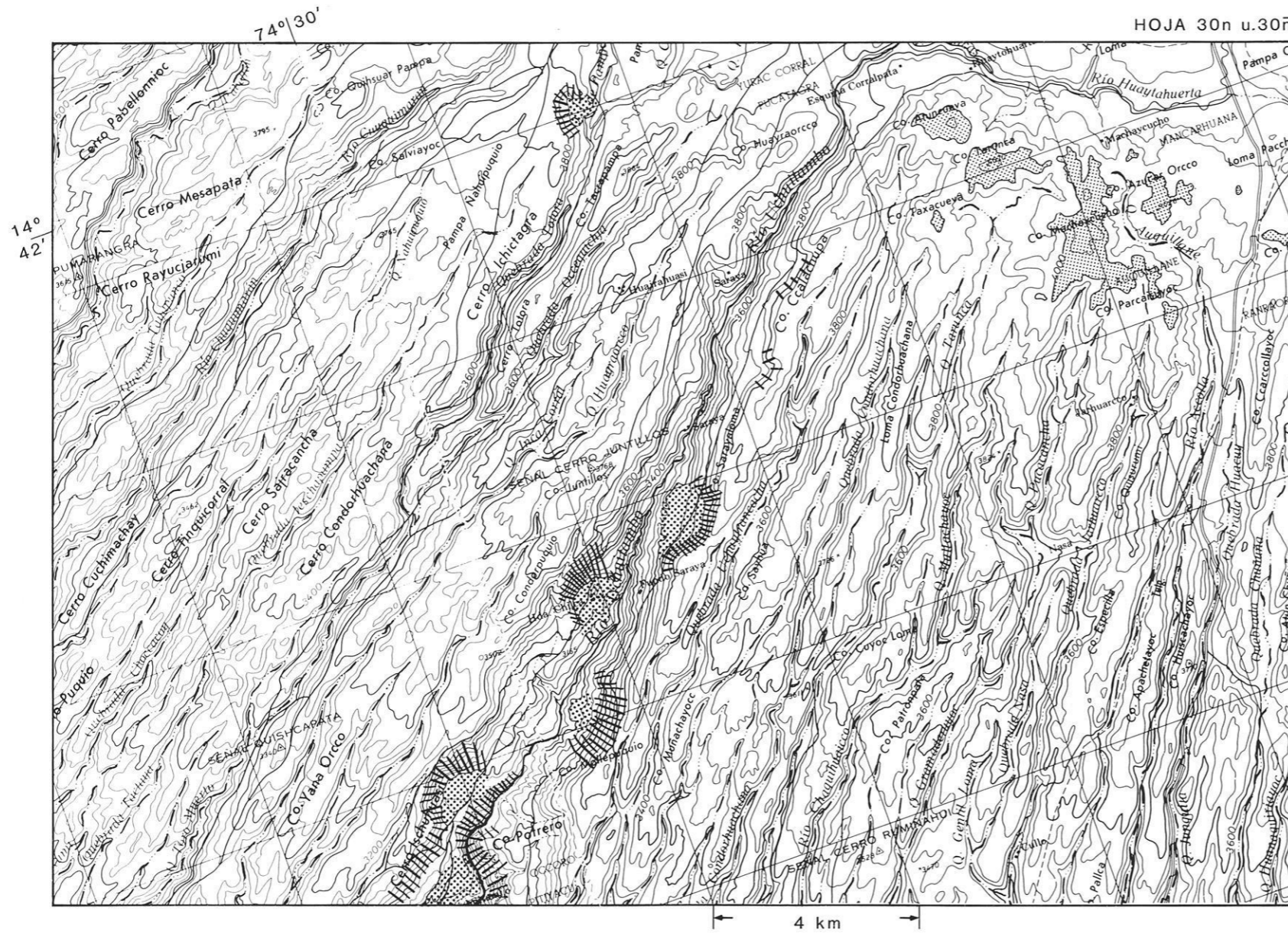


Abb. 81: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-n und HOJA 30-ñ

Gebirgsfußfläche im Südwestansluß an die Abb. 80 mit schmelzwasserbeeinflusster Einschneidung und Auflösung (vgl. Charakteristik zu Abb. 80)

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau punktiert: Flächen oberhalb 4 000 m

Zur Geologie und möglichen schmelzwasserbeeinflussten Zertaltung der Hänge vgl. Text zu Abb. 80.

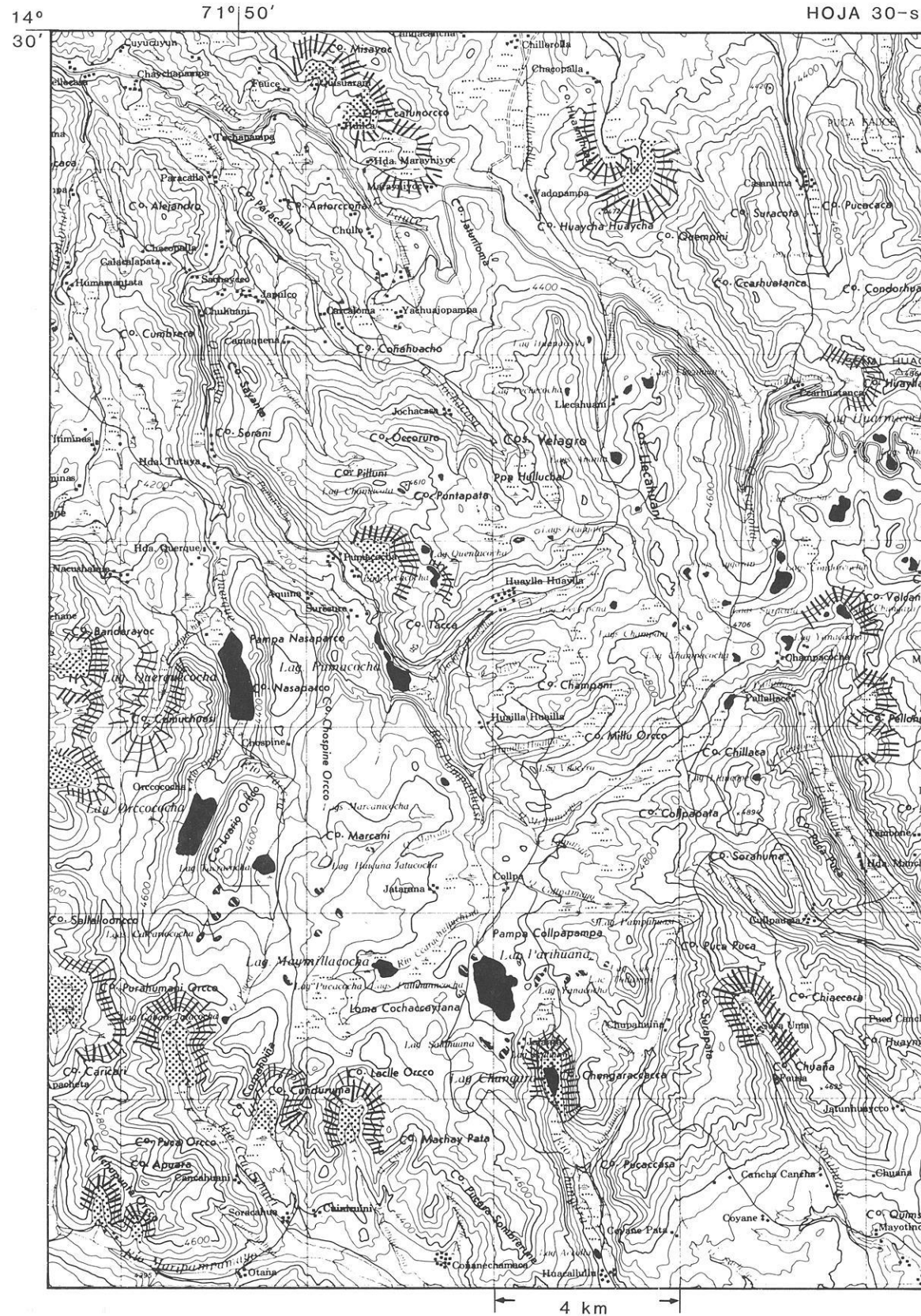


Abb. 82: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 30-s

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 600 m ü.M.
- schwarz: Seen
- Schraffur: Markierungen an Karwänden

Allgemeine Einordnung

Der Blick auf die Übersichtskarte zeigt, daß im Blattschnitt der Karte 30-s 2 500 km² oberhalb 4 000 m liegen. Im südlich angrenzenden Blatt sind es ca. 2 900 km² und in den beiden westlichen Blättern 30-q und 30-r ebenfalls je ca. 2 900 km², vielfach sogar oberhalb 5 000 m gelegen. In der Abb. 82 liegt also ein Ausschnitt vom nördlichen Rand dieser ca. 60 000 km² großen, geschlossenen Massenerhebung vor, die natürlich über den Blattschnitt der Übersichtskarte (Abb. 1) hinaus nach Osten und Südosten weitergeht. Der schmalere Nordwesten Perus hat im Blattbereich der Übersichtskarte nochmals ca. 40 000 km² oberhalb 4 000 m ü.M. gelegen, so daß als Nährgebiet, eine pleistozänzeitliche Schneegrenze um ca. 4 000 m angenommen, eine über 100 000 km² große Hochfläche im bearbeiteten Gebiet verfügbar war.

Geologie

Im zentralen Höhenbereich der Abb. 46 stehen marine Sedimente des mittleren und oberen Jura an. Neben Grauwacken des mittleren Jura sind speziell im oberen Jura Lutite und Kalke verbreitet.

Eiszeitformen

Kare als Eiszeitdokumente unterhalb 4 000 m sind aufgrund der allgemeinen Aufragung nicht vertreten. Lediglich in der NW-Ecke des Ausschnitts, wo Taleinschnitte knapp unterhalb 4 000 m liegen, sind in 4 200 m Höhe drei Karböden, SW-geöffnet und vermoort, verzeichnet. Trotz karstkorrosiver Begleitformen dürfte an einer Eisbedeckung des gesamten Ausschnitts zu Zeiten des Pleistozäns nicht gezweifelt werden. Auch das am Südrand angeschnittene Tal des Rio Chungara mit seinen Seen im breiten Talboden macht eine pleistozäne Talgletscherfüllung wahrscheinlich.

73° 10'

HOJA 32-p

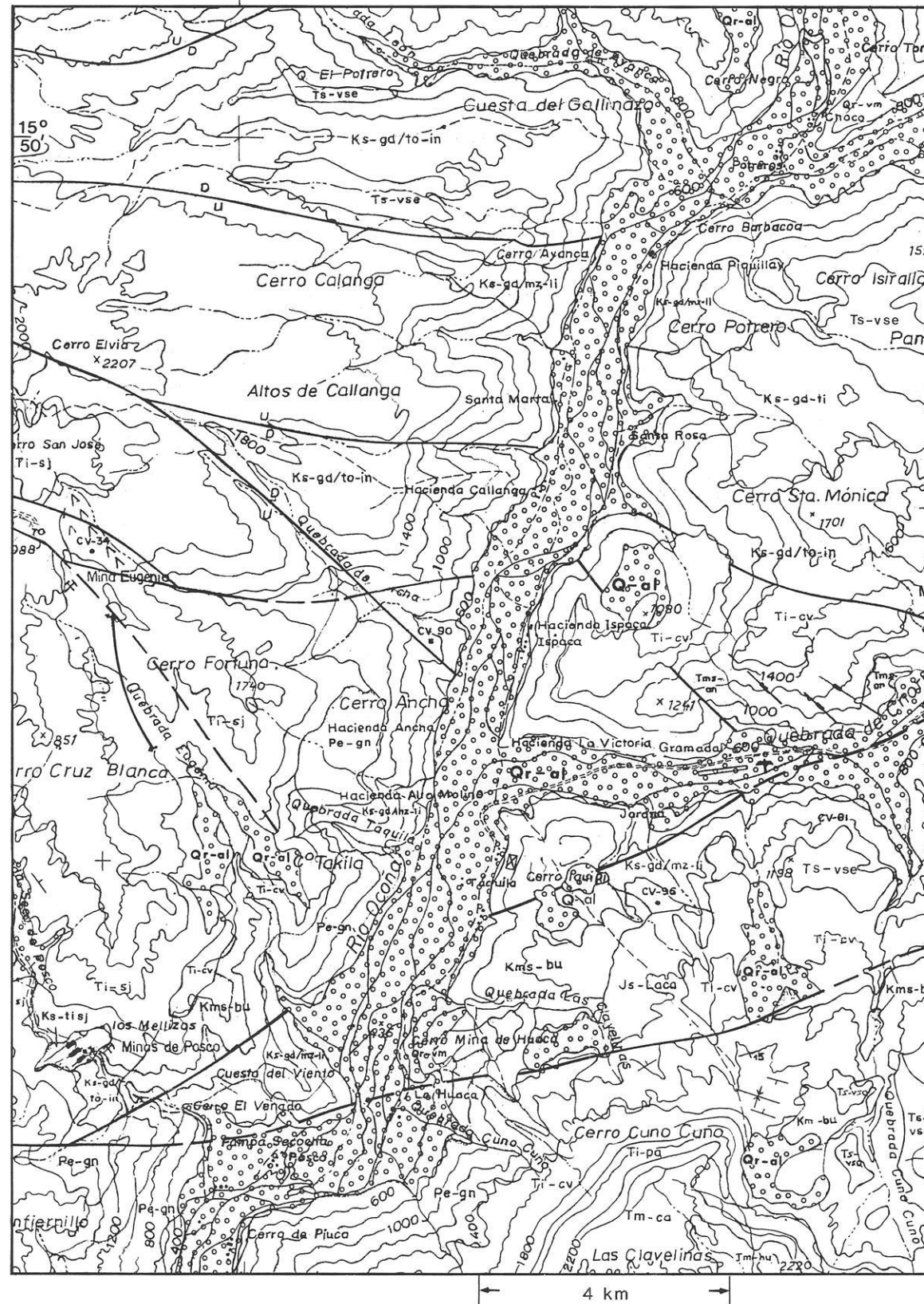


Abb. 83: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-p (CARAVELI)

- Äquidistanz der Höhenlinien: 200 m
- Qr-al: rezente Alluvionen
- Q-al: pleistozäne Alluvionen

Zur Legende vgl. die ausschnittsgleiche Topographische Karte von Peru in Abb. 84.

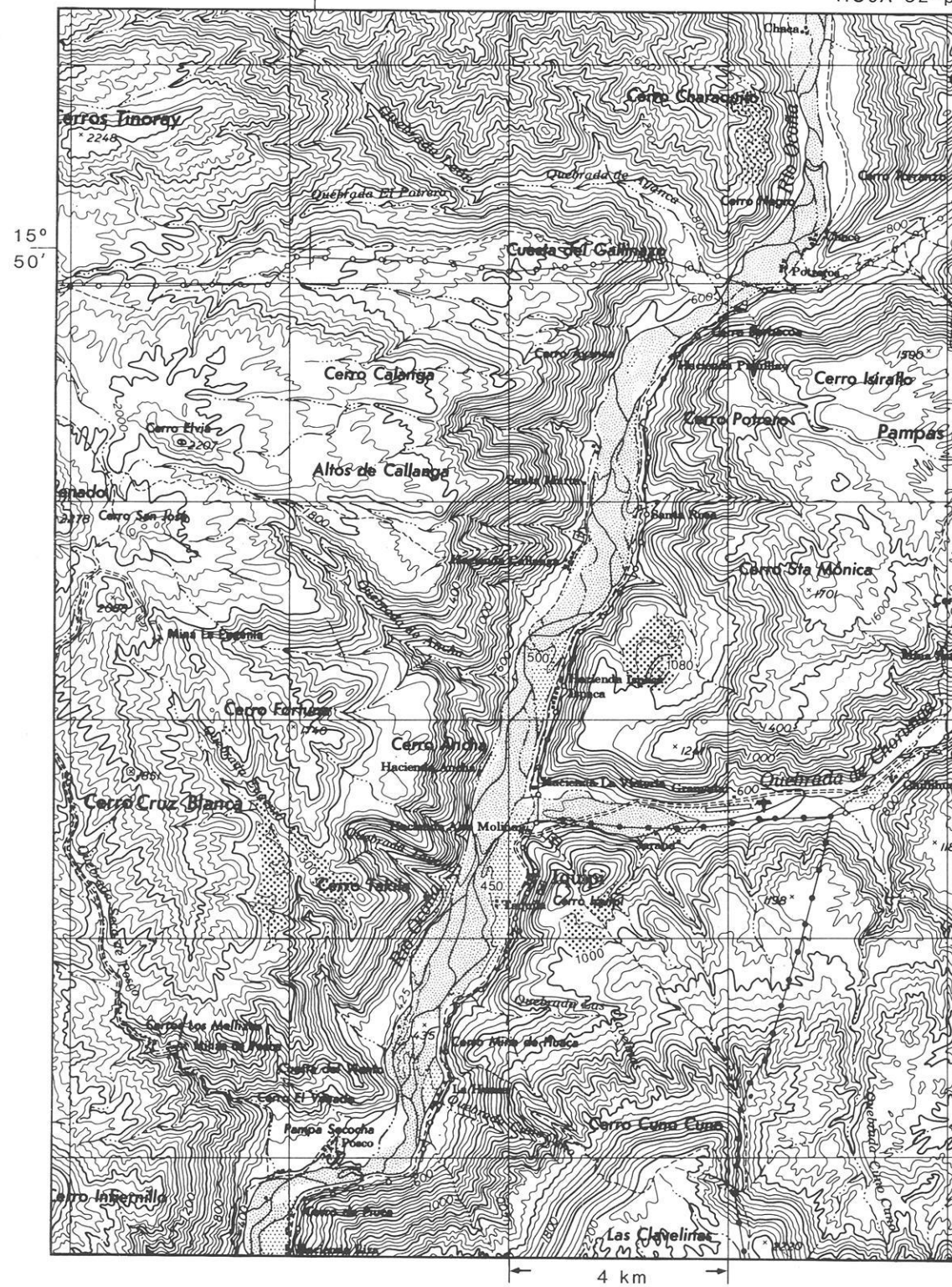


Abb. 84: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 32-p (CARAVEL)

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- grober Punktraster: rezent eingestufte Alluvionen (Q-al) auf höheren, 400–600 m über dem Talgrund liegenden Terrassenflächen und darüber aufragenden Kuppen gelegen (vgl. auch Abb. 83). Alluvionen pleistozäner Zeitstellung werden im gesamten Blattbereich nicht ausgewiesen. Ein pleistozänes Alter wäre aber bei diesen, im Höhenbereich auf Kuppen liegenden Alluvionen im Gelände zu prüfen (in Abb. 83 Kreissignaturenrastrer).
- feiner Punktraster: rezent Alluvionen in Talwegposition, aktuell überschwemmt und geformt (in Abb. 83 Kreissignaturenrastrer).



Abb. 85: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 34-u

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- hellgrau: Flächen oberhalb 4 600 m ü.M.
- schwarz: Seen
- Schraffur: Markierungen an eisverteilten Tal- und Karrückhängen
- grober Punktraster: Tal- und Karbodensedimente im Höhenbereich

Allgemeine Einordnung

Der Ausschnitt der Abb. 85 liegt am Südrand der Übersichtskarte mit weiten Flächen oberhalb 4 000 m, die im östlichen Anschlußblatt den gesamten Bereich, vielfach oberhalb 5 000 m ü.M. gelegen, einnehmen. Die Flüsse sind Zubringer zum Rio Tambo, der in ca. 130 km Entfernung vom Westrand des Ausschnitts den Pazifik erreicht.

Geologie

Die östlichen Hochflächen oberhalb 4 000 m bestehen aus mittel- bis obertertiären Vulkaniten, insbesondere Laven, Brekzien und Tuffen. Im Westen werden durch die Flüsse marine Sedimente des Jura angeschnitten. Die Sedimente des mittleren Jura werden durch eine 270 m mächtige Kalkbank repräsentiert.

Eiszeitformen

Das in der NE-Ecke des Ausschnitts gelegene und südpolgeöffnete Großkar beginnt mit untersten Verflachungen in 3 600 m ü.M. und reicht bis zur rückwärtigen Karbodenbegrenzung auf 4 550 m hinauf. Dies dürfte neben den südlicheren, aus Osten kommenden Zuflüssen ein Eisliefergebiet für den direkt westlich fließenden Rio Tambo gewesen sein.

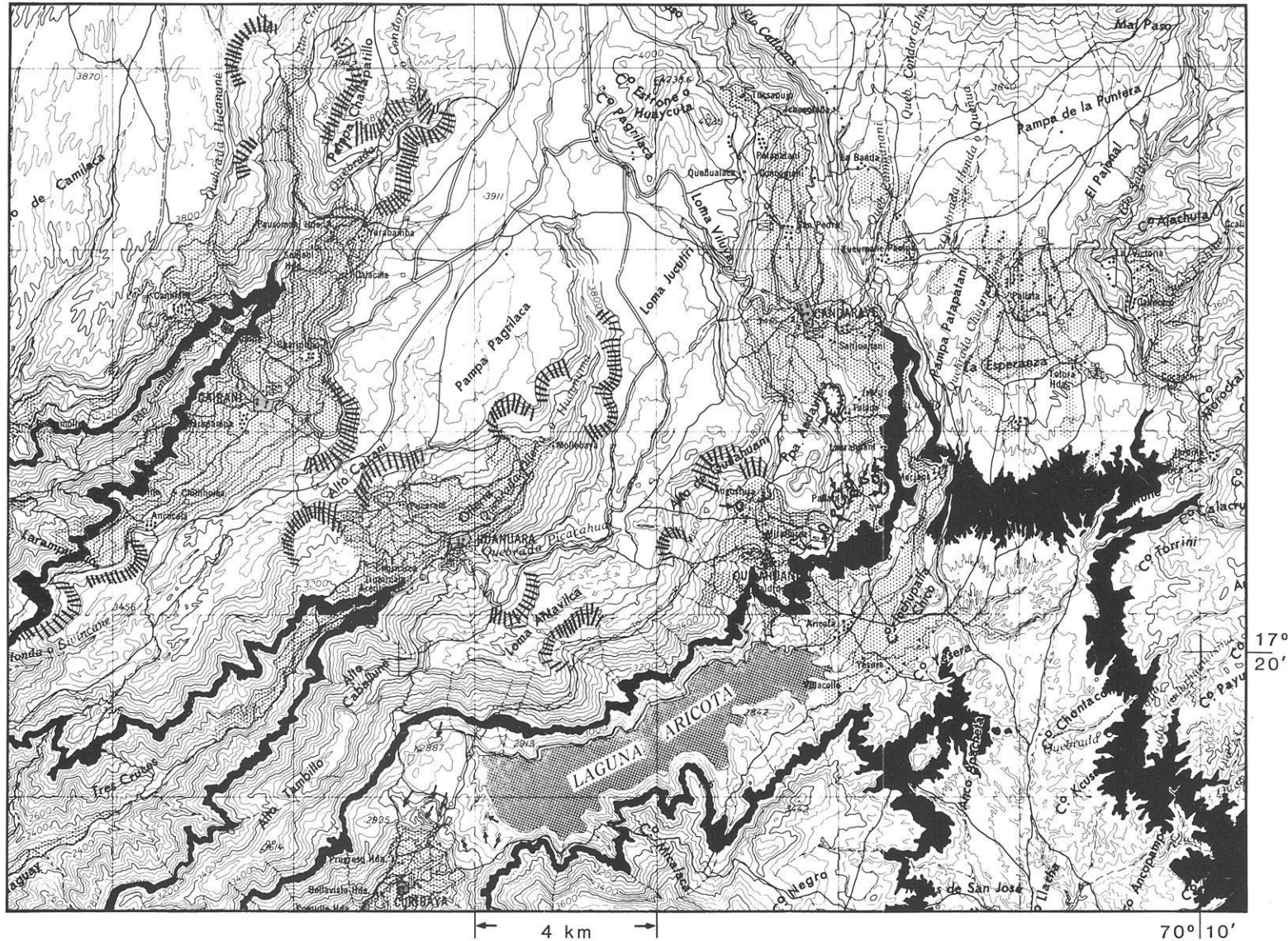


Abb. 86: Ausschnitt aus der TK 1 : 100 000 von Peru, HOJA 35-v

- Äquidistanz der Höhenlinien: 50 m
- schwarz: Höhenstockwerk zwischen der 3 000-m- und 3 100-m-Linie
- Schraffur: Markierungen an eisversteilten Karhängen
- Pfeile: allseits geschlossene Hohlformen

Allgemeine Einordnung

Die Laguna Aricota liegt bei 17° 20' S und 70° 20' W im trockenen Süden des bearbeiteten Gebietes in der SW-Abdachung der Anden hinab zum Pazifik, der über das Tal des Rio Curivaya in ca. 90 km erreicht wird.

Geologie

Der gesamte Blattschnitt wird von Vulkaniten von der Wende Kreide/Tertiär bis zum Pleistozän und Quartär aufgebaut. Darüber lagern in bestimmten Positionen diskordant pleistozäne und holozäne Alluvionen. Dabei handelt es sich um unkonsolidierte Ablagerungen aus Steinen, Kies, Sanden, Schluffen und Tonen. Die Steine haben Durchmesser von 1–2 cm, im Sand- und Kiesspektrum liegt zumeist eine Schichtung vor.

Eiszeitformen

Vor der Laguna Aricota liegt eine Talquerverbauung aus jungen Alluvionen. Diese Verbauung gliedert sich in zwei Erhebungen. Die südlichste zeigt Höhen zwischen 2 900 m ü.M. und 2 950 m ü.M., die nordwestliche auch über 2 950 m ü.M. Diese Talquerverbauung ist an beiden Talflanken von den steilen und hohen Talhängen durch Rinnen getrennt, in deren Verlauf sich allseits geschlossene Hohlformen befinden. Auch am seeseitigen und seeabgewandten Abfall dieser Querverbauung liegen weitere, allseits geschlossene Hohlformen, zumeist in Längserstreckung entsprechend den Talungen, in denen sie liegen. Diese Talquerverbauung in ca. 2 900 m ü.M. wird als Endmoräne angesprochen, der See als Zungenbecken.

Da die jungen Alluvionen an den Haupttalflanken noch bis zur Höhe von 3 600 m, d.h. 700 m über dem Seespiegel am polwärts geöffneten Hang und 3 200 m, d.h. ca. 300 m über dem See am äquatorwärts geöffneten Hang hinaufreichen, wird diese Endmoräne als Rückzugshalt des würmzeitlichen Eises interpretiert.

Das höhengleiche Verfolgen der Trasse zwischen 3 000 m und 3 100 m ü.M. zeigt im Nordwesten ebenfalls einen kleinen See. Er liegt in einem flachen Talabschnitt, direkt darunter wird es steiler. Die Ausbildung als See läßt auf eine Schwelle schließen. Auch hier, höhengleich im Nachbartal, wird auf eine Zungenbekengene geschlossen. Auch hier liegen die jungen Alluvionen max. 700 m (polwärtig geöffneten Hang) bzw. 450 m (äquatorwärts geöffneten Hang) über dem See.

Östlich der Laguna Aricota ist eine, sonst im Kartenbild nicht wiederkehrende Unruhe im Höhenlinienbild eines flachen Rückens zu erkennen (zwischen Cerro Yesera und Anco Apacheta gelegen, wird umfahren von der schwarzen Trassenmarkierung). Nach der geologischen Karte 1 : 100 000 liegen auch hier junge Alluvionen, ein zusätzliches Indiz für Moränenbildung.

Die 15 Hohlformen nordöstlich der Laguna werden als Dokumente einer Eiszerfallslandschaft angesprochen.

11. Zusammenfassung/Summary

11.1 Zusammenfassung

Nach dem physisch-geographischen Grundsatz einer integrativen Karteninterpretation, die den Unterschied zur Geländeprospektion aufzeigt, wo dem isolierten Einzelbeispiel Beweiskraft zukommt, geht es hier um die flächendeckende, repräsentative Sichtung und Dokumentation bestimmter Formen und Formenabfolgen, die in der Ableitung prozessualer Entstehungsbedingungen zum einen durch ihre umfassende Materialverdichtung Beweiskraft erlangen können, zum anderen aber auch dadurch, daß diese Formenanordnung, Größe und Höhe bekannten, aktuellen meßbaren Gesetzmäßigkeiten folgt.

So galt es, die von JORDAN (1985) an rezenten Gletschern und Karen des Raumes erarbeiteten Werte (Abb. 9) im Höhenlinienbild an jenen Karen zu prüfen, die im Pleistozän gebildet worden sind. Mit HEUBERGER (1980) werden diese Karböden nach unten hin durch hocheiszeitliche Schneegrenzlagen begrenzt.

Im Sinne einer sicheren Beweisführung an kartenentnehmbaren Fakten galt das Ziel nicht nur dem flächenhaften Kartieren vieler Einzelbeispiele von Karen als steil umrahmte obere Talschlüsse, z.T. mit Seen, die im Wasserückhalt per Definition das rückläufige Gefälle verdeutlichen.

Es wird vielmehr bedeutsam, die strahlungsbedingten, an rezenten Gletschern des Raumes ermittelten Geländebeobachtungen in der Karte in vergleichbarer Gesetzmäßigkeit an hunderten Beispielen zu dokumentieren, wonach die Karmulden bei ähnlichen Einzügen in polwärts geöffneten Schattenmulden 100–250 m tiefer liegen als in äquatorwärtigen, sonnengeöffneten Mulden, und daß noch ein zweiter Unterschied allgemein größerer Seen und breiterer Mulden in polwärts geöffneten Talschlüssen zu beobachten ist. Diese beiden Gesetzmäßigkeiten sind in den Abb. 10–36 dokumentiert.

Drittens aber wurden – im Sinne einer nochmals abzuschärfenden Beweisführung – Schlüsselpositionen vorgestellt, die zusätzlich eine exakte, tiefste Schneegrenzlage belegen. In diesem Sinne liegen Langzeit-Versuchsanordnungen der Natur dort vor, wo Bergrücken, an deren Flanken die Kare liegen, nicht wesentlich über 4 000 m aufragen. Des weiteren sollten sie eine vom Altiplano getrennte, völlig freistehende Position einnehmen. Rücken dieser Lage und Höhe belegen eindeutig, daß die klimatologische Schneegrenze unterhalb der Gipfelregion gelegen haben muß. Exemplarische Beispiele dieser Art sind den Abb. 12, 13, 33 und 36 für die nachfolgenden maximalen Gipfelhöhen zu entnehmen: 3 950 m, 3 900 m, 3 715 m und 3 920 m.

Obwohl bei dieser Belegfülle mit Beweiskraft zur allgemeinen und alleinigen Frage der eigenetischen Prägung

oberer Talschlüsse zu Karen keine Geländeprospektion erforderlich ist, erfolgte aus formal-kritischen Erwägungen heraus eine zusätzliche Prüfung an Luftbildern und durch Feldarbeiten. Die uneingeschränkt positiven Befunde sind in Kap. 5.3 und 5.4 sowie in den Abb. 31 und 37–46 dokumentiert.

Mit den Belegen der nach diesen Grundsätzen angefertigten Kartenanalyse lassen sich über Tab. 5 folgende drei Regelmäßigkeiten der pleistozänen Schneegrenzlagen in den Anden zwischen 10° S und 18° S benennen (vgl. auch Abb. 56):

- An der Andenwestabdachung lag die pleistozäne Schneegrenze zwischen 10° S und 14° S um 4 000 m. Sie fiel zwischen 15° S und 16° S auf Werte um 3 400 m ab, im Extrem auf 3 100 m (vgl. Abb. 51), um nach Süden bis auf Werte um 3 700 m anzusteigen.
- In den Zentralanden, wo kaum Flächen unter 4 000 m abtauchen, konnten tiefste Karböden an den Flanken der Taleinschnitte zwischen 3 800 m und 4 350 m ermittelt werden. Diese Werte liegen im Breitenvergleich zur Westflanke ca. 200–350 m höher.
- An der Ostflanke liegen die Kare zwischen 3 400 m (10° 33' S) und 3 720 m (17° 20' S). Von den Zentralanden zur Ostabdachung ergeben sich damit im Breitenvergleich pleistozäne Schneegrenzdifferenzen von ca. 700 m (10–14° S) und ab 15° S solche von 450 m.

Im Vergleich zu den bisher bekannten tiefsten Werten (vgl. Diagramm in Abb. 56) hat die in dieser Arbeit vorgelegte pleistozäne Schneegrenze an der Ostflanke 200–600 m tiefer gelegen. Für die Westabdachung ist über diesen Wert hinaus ab 14° 30' S ein noch größerer Absenkungsbetrag ermittelt worden.

Aber auch die noch 1989 von FINSTERWALDER & JORDAN zur Leelage der Ostkordillere publizierte tiefstpleistozänen Schneegrenzen von 4 600 m und 4 800 m muß nach diesen Arbeiten um 400–600 m niedriger angesetzt werden; das gleiche gilt für den von beiden Autoren benannten Wert von der Luvseite, auch er lag ca. 500 m niedriger (vgl. 5.4, insbesondere Abb. 29).

Mögliche Schneegrenzableitungen unter 3 100 m hinabreichend (vgl. Abb. 55) mit mutmaßlichen Karböden um 2 000 m blieben in der Rekonstruktion der Eisausdehnung ebenso unberücksichtigt wie die Werte um 3 100–3 200 m in Abb. 51. Diese tiefen Lagen mutmaßlicher Karmulden sind wahrscheinlich über den direkten Reliefanschluß an die hohen und großen Flächen des Altiplano durch Zugschußeis aus höheren Regionen erklärbar, wobei hier erst die Geländeprospektion Gewißheit bringen kann.

Tab. 5: Pleistozäne Schneegrenzlagen in Abhängigkeit von der geographischen Breite und Gebirgslage.

Geogr. Breite	Gebirgslage		
	Westflanke	Zentral-Anden	Ostflanke
10–11° S	3 950 m (Abb. 11)	4 100 m (Abb. 3) 4 250 m (Abb. 2)	3 400 m (Abb. 12) 3 580 m (Abb. 13) 3 680 m (Abb. 10)
13–14° S	4 000 m (Abb. 25)	4 250 m (Abb. 4) 4 350 m (Abb. 5)	3 670 m (Abb. 20) 3 550 m (Abb. 53f.)
15–16° S	3 600 m (Abb. 52) 3 750 m (Abb. 50) 3 400 m (Abb. 53a) 3 600 m (Abb. 53d)	Westteil: 3 900 m bis 4 000 m (Abb. 28) 3 800 m bis 4 000 m (Abb. 57)	Osteil: in doppelter Leelage 4 200 m (Abb. 29)
17–18° S	3 700 m (Abb. 85)		3 720 m (Abb. 36)

Bei einer sicheren Schneegrenzannahme von 4 000 m lägen oberhalb dieser Höhe zwischen 10° S und 18° S über 150 000 km² Nährgebietsflächen für die pleistozäne Vereisung; auf der Grundlage der Werte aus Tab. 5 wären dies über 200 000 km². Dem fügten sich in den Tälern hangab die Zehrgebiete an. Sie sollen sich nach GROSS et al. (1976) und für die Tropen dieser Region nach JORDAN (1983) in erster Annäherung im Verhältnis von 2 : 1 anschließen.

Für den untersuchten Bereich ist die so ermittelte tiefste und größte pleistozäne Eisausdehnung in Abb. 1 eingetragen. Im Detail kann über Tab. 3 für einzelne Einzugsgebiete gesagt werden, daß bei einem Nährgebiets-Zehrgebiets-Flächenverhältnis von 2 : 1 und einer Schneegrenze bei 4 000 m das Eis im Tal des Rio Ocoña bis 16 km (= 50 m ü.M.) herabgereicht hat und in den Tälern des Rio Majes (2,04 : 1) und des Rio Tambo (2,28 : 1) bis auf 300 m ü.M.

Daß diese, nach den vorliegenden Untersuchungen abgeschätzte Eisausdehnung auch andere Formen in der Sequenz von den Karen über die Hänge- und Trogtäler bis zu den Zungenbecken, Endmoränen und Sandern, möglicherweise Bortensander hinterlassen hat, wird in Kap. 8 an Beispielen vorgestellt. Sie sind jedoch nicht Fundament einer Beweisführung, sondern nur logische Ergänzung. Speziell die mutmaßliche Formenhinterlassenschaft aus Lockermaterial entzieht sich – im Gegensatz zu den expositionsabhängigen glazialexarativen Karformen – weitgehend einer beweisfähigen Kartenanalyse. Hier kann nur zukünftige Geländearbeit stratigraphische Bezüge erbringen.

11.2 Summary

According to the physical-geographical principle of integrative map interpretation – in contrast to field surveys, where a single feature is considered valid evidence – the author is concerned with the large-scale classification and documentation of certain characteristic landforms and landform sequences on maps. Data from numerous maps are evaluated in order to establish regular patterns of comparable landforms of similar elevations and sizes, which in turn can be used to obtain general criteria for the recognition of current formation processes.

The initial aim was to apply the values obtained by JORDAN (1985) from modern glaciers and cirques in the study area (Fig. 9) to the contouring of Pleistocene cirques. It is assumed that these cirque floors correspond to the equilibrium lines of the glacial maximum (HEUBERGER 1980).

To obtain valid, map-based criteria the author's aim was not only to record many individual examples of cirques – steep-walled upper valley heads, some of which contain lakes, by definition proof of a reversed long-profile gradient – but also to map hundreds of cirques exhibiting similar patterns to those of insolation-induced features discovered at modern glaciers in the area. Given comparable catchments, cirques in shaded depressions opening poleward lie 100–250 m lower than in sunny depressions that open towards the equator; also, generally larger lakes and broader depressions are observed in valley heads opening poleward. Both these patterns are documented in Figs. 10–36.

Third – as a further link in the chain of argumentation – key locations are presented as additional evidence of accurate lowest equilibrium-line levels. Such longterm natural test sites are found in locations where the mountain ridges on whose flanks the cirques are situated are not much above 4 000 m high. Further, they should occupy disjunct positions, separate from the Altiplano. Ridges at this location and elevation clearly prove that the climatic equilibrium line must have been situated below the peak region. Typical examples of this type are contained in Figs. 12, 13, 33 and 36 for the following maximum peak elevations: 3 950 m, 3 900 m, 3 715 m and 3 920 m.

With this body of evidence on the ice-genetic shaping of upper valley heads into cirques, field studies are unnecessary. However, to fulfil formal criteria, additional checks based on air photographs and fieldwork were made. The results were, without exception, positive and are documented in Chapters 5.3 and 5.4, and in Figs. 31 and 37–46.

Map evaluation conducted on these principles yielded the following three patterns of Pleistocene equilibrium-line locations in the Andes between lat. 10° S and 18° S (see Table 5 and Fig. 56):

- On the west slopes of the Andes the Pleistocene equilibrium line between lat. 10° S and 18° S was situated at about 4 000 m. Between lat. 15° S and 16° S it drops to about 3 400 m, in extreme cases to 3 100 m (Fig. 51), rising in the south to about 3 700 m.
- In the Central Andes, where terrain below 4 000 m is rare, the lowest cirque floors were found on the flanks

of the tributary valleys, between 3 800 m and 4 350 m. In comparison with the western valley slopes these values are about 200–350 m higher.

- On the eastern slopes the cirques lie between 3 400 m (10° 33' S) and 3 720 m (17° 20' S). Between the Central Andes and the eastern slopes the Pleistocene equilibrium line differs by about 700 m (lat. 10–14° S) and by about 450 m south of lat. 15° S.

Compared with previously reported values (cf. diagram in Fig. 56) the Pleistocene equilibrium line presented here was situated 200–600 m lower on the eastern slope. For the western slope an even greater equilibrium-line depression has been established south of lat. 14° 30' S.

These results also indicate that the lowest Pleistocene equilibrium lines of 4 600 m and 4 800 m reported by FINSTERWALDE & JORDAN (1989) for the leeward slope of the eastern Cordillera were in fact some 400–600 m lower; the equilibrium lines reported by these authors in weatherside locations also lie about 500 m lower (cf. 5.4., particularly Fig. 29).

Possible equilibrium lines below 3 100 m (cf. Fig. 55) with putative cirque floors at about 2000 m were not included in the reconstruction of the ice cover. Nor were the values around 3 100–3 200 m in Fig. 51. These low positions of postulated cirque depressions are probably due to additional ice from higher regions if there was a direct relief link with the Altiplano; however, only field studies can confirm this hypothesis.

Table 5: Pleistocene equilibrium lines as a function of latitude and relief location.

Latitude	Relief location		
	West flank	Central Andes	East flank
10–11° S	3 950 m (Fig. 11)	4 100 m (Fig. 3) 4 250 m (Fig. 2)	3 400 m (Fig. 12) 3 580 m (Fig. 13) 3 680 m (Fig. 10)
13–14° S	4 000 m (Fig. 25)	4 250 m (Fig. 4) 4 350 m (Fig. 5)	3 670 m (Fig. 20) 3 550 m (Fig. 53f.)
15–16° S	3 600 m (Fig. 52) 3 750 m (Fig. 50) 3 400 m (Fig. 53a) 3 600 m (Fig. 53d)	West: 3 900 m to 4 000 m (Fig. 28) 3 800 m to 4 000 m (Fig. 57)	East: in double lee location 4 200 m (Fig. 29) 3 750 m (Fig. 30) 3 680 m (Fig. 31)
17–18° S	3 700 m (Fig. 85)		3 720 m (Fig. 36)

Assuming an equilibrium line at 4 000 m, accumulation areas of more than 150 000 km² would have lain above this elevation between lat. 10° S and 18° S during the Pleistocene glaciation; on the basis of the data in Table 5 these accumulation areas would have covered more than 200 000 km². These are followed by ablation areas in the valleys downslope. According to GROSS et al. (1976) and – for the tropics of this region – JORDAN (1983) the relation between accumulation and ablation areas is estimated to be 2 : 1.

For the study area the lowest and maximum extent of the Pleistocene glaciers calculated in this way is shown in Fig. 1. Given a ratio of 2 : 1 between the accumulation and ablation areas and an equilibrium line at 4 000 m, the ice

spread down as far as 16 km (= 50 m a.s.l.) in the Rio Ocoña and 300 m a.s.l. in the valleys of the Rio Majes (2.04 : 1) and Rio Tambo (2.28 : 1).

In Chapter 8 examples are given to show that this estimated ice extent also produced other landforms in the sequence ranging from cirques, hanging and trough-shaped valleys to terminal basins, end moraines and outwash plains, possibly outwash aprons. However, these examples are not the basis for a line of argumentation but rather logical supplements. In particular the postulated landforms built up of unconsolidated material – unlike aspect-dependent glacio-exarative landforms – largely elude valid map analysis. In such cases, stratigraphic evidence can only be obtained by fieldwork.

12. Quellenverzeichnis

12.1 Literatur

- ABELE, G. 1987: Zur Frage nach dem Ausmaß der pleistozänen Vergletscherung auf der Westflanke der zentralen Anden. – *Die Erde*, 118 (2): 142–145, Berlin.
- ABELE, G. 1988: Die wechselseitige Abhängigkeit von Relief und Klima im Bereich der Andenwestflanke. – Tagungsheft 11. Geowiss. Lateinamerika-Koll. Univ. Hannover: 1. Hannover.
- BELLIDO, B. E. 1969: Sinopsis de la geología del Perú. – *Serv. Geol. y Min.*, B. Nr. 22: 1–54, Lima.
- BELLIDO, E. & GUEVARA, C. 1963: Geologie de los Cuadrangulos de Punta de Bomnon y Clemese. – *Comision Carta Geol. National*, Vol. II, No. 5, Lima.
- BOWMAN, I. 1916: The Andes of Southern Peru. – *Amer. Geol. Soc.*: 1–336, New York.
- BRÜGGEN, J. 1929: Zur Glaziologie der Chilenischen Anden. – *Geol. Rdsch.*, 20 (1): 1–35, Leipzig.
- CARDICH, A., CARDICH, L. & RANK, D. 1977: Datierung der jungpleistozänen Vereisung Lauricocha in den peruanischen Anden. – *Geol. Rdsch.*, 66 (2): 446–454, Stuttgart.
- CLAPPERTON, C. M. 1972: The Pleistocene moraine stages of west-central Peru. – *J. Glaciol.*, 3 (62): 255–263, Cambridge.
- CLAPPERTON, C. M. 1983: The Glaciation of the Andes. – *Quatern. Sci. Rev.*, 2: 83–155, Great Britain.
- FINSTERWALDER, R. & JORDAN, E. 1989: Begleitworte zur Karte "Cordillera Real Nord (Illampu) 1 : 50 000". Ein Beitrag zur kartographischen Darstellung sowie Glaziologie und Gletschergeschichte der Bolivianischen Anden. – *Erdkunde*, 43: 36–50, Bonn.
- FISCHER, K. 1974: Die Pedimente im Bereich der Montes de Toledo, Zentralspanien. – *Erdkunde*, 28: 5–13, Bonn.
- GARCIA, W. 1968: Geología de los Cuadrangulos de Mollendo y la Joya. – *Serv. Geol. y Min.*, Boletín 19: 1–95, Lima.
- GEHRENKEMPER, J. 1978: Rañas und Relefgenerationen der Montes de Toledo in Zentralspanien. – *Berliner Geogr. Abh.*, 29, Berlin.
- GRAF, K. J. 1979: Untersuchungen zur rezenten Pollen- und Sporenflora in der nördlichen Zentralkordillere Boliviens und Versuch einer Auswertung von Profilen aus postglazialen Torfmooren. – Zürich.
- GRAF, K. J. 1986: Klima und Vegetationsgeographie der Anden. – *Geogr. Inst. Univ. Zürich*, 19: 1–147, Zürich.
- GROSS, G., KERSCHNER, H. & PATZELT, G. 1976: Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. – *Z. Gletscherkde u. Glazialgeologie*, XII (2): 223–251, Innsbruck.
- GUIZADO, J. 1968: Geología des Cuadrangulo de Aplao. – *Serv. Geol. y Min.*, Lima.
- HASTENRATH, S. L. 1971: On the Pleistocene snow-line depression in the arid regions of the South American Andes. – *J. Glaciol.*, 10 (59): 255–267, Cambridge.
- HASTENRATH, S. L. & KUTZBACH, J. 1985: Late Pleistocene Climate and Water Budget of the South America Altiplano. – *Quatern. Res.*, 24: 249–256, Washington.
- HEINE, K. 1977: Beobachtungen und Überlegungen zur eiszeitlichen Depression von Schneegrenze und Strukturbodengrenze in den Tropen und Subtropen. – *Erdkunde*, 31 (3): 161–178, Bonn.
- HEINE, K. 1985: Jungquartäre Klimaschwankungen auf der Südhalbkugel. In: *Zbl. Geol. Paläont.*, Teil I (11/12): 1751–1768, Stuttgart.
- HEUBERGER, H. 1980: Die Schneegrenze als Leithorizont in der Geomorphologie. – *Arb. Geogr. Inst. Univ. Saarland*, 29: 35–48, Trier.
- HÖVERMANN, J. 1954: Über die Höhenlage der Schneegrenze in Aethiopien und ihre Schwankungen in historischer Zeit. – *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-physik. Kl.*, 6: 111–137, Göttingen.
- HÖVERMANN, J. 1982: Geomorphological landscapes and their development. – *Sitzungsber. Braunschweigische Wiss. Ges.*, Sonderheft 6 (Die 1. chinesisch-deutsche Tibet-Expedition): 43–47, Braunschweig.
- HÖVERMANN, J. 1985: Neue Befunde zur Glazialmorphologie und Vergletscherung Nordost-Tibets. – *Koll.-Vortr.*, Berlin.
- HÖVERMANN, J. & KUHLE, M. 1985: Typen von Vorlandvergletscherungen in Nordost-Tibet. – *Regensburger Geogr. Schr.*, 19/20: 29–52, Regensburg.
- HÖVERMANN, J. & WANG WENYING (Hrsg.) 1987: Reports on the part of the Yinghai-Xizang (Tibet) Plateau. – *Sci. Press*, 1–510, Beijing.
- HOLLIN, J. T. & SCHILLING, D. H. 1981: Late Wisconsin-Weichselian mountain glaciers and small ice caps. – In: DENTON, G. H. & HUGHES, T. (Hrsg.): *The Last Great Ice Sheets*, New York (Chapt. 34: 179–206).
- JOL, J. G. 1968: Geología del Cuadrangulo de Aplao. – *Serv. Geol. y Min.*, Boletín 20, Lima.

- JORDAN, E. 1983: Die Vergletscherung des Cotopaxi – Ecuador. – Z. Gletscherkde u. Glazialgeologie., 19 (1): 73–102, Innsbruck.
- JORDAN, E. 1985: Holozäne Gletscherschwankungen in den bolivianischen Kordillären. – Zbl. Geol. Paläont., Teil I (11/12): 1585–1609, Stuttgart.
- KÄSE, R. H. 1985: El Niño. – Geowiss. in unserer Zeit, 3 (4): 113–119, Weinheim.
- KESSLER, A. 1985: Zur Rekonstruktion von spätglazialem Klima und Wasserhaushalt auf dem peruanisch-bolivianischen Altiplano. – Z. Gletscherkde u. Glazialgeologie, 21: 107–114, Innsbruck.
- KINZL, H. 1942: Gletscherkundliche Begleitworte zur Karte der Cordillera Blanca (Peru). – Z. Gletscherkde., 28 (1/2): 1–19.
- KUHLE, M. 1974: Vorläufige Ausführungen morphologischer Feldarbeitsergebnisse aus dem SE-Iranischen Hochgebirge, am Beispiel des Kuh-i-Jupar. – Z. Geomorph., N.F., 18: 472–483, Berlin, Stuttgart.
- KUHLE, M. 1976: Beiträge zur Quartärmorphologie SE-Iranischer Hochgebirge. – Göttinger Geogr. Abh., 67: 1–209, Göttingen.
- KUHLE, M. 1982: Was spricht für eine pleistozäne Inlandvereisung Hochtibets? – Sitzungsber. u. Mitt. Braunschweigische Wiss. Gesell., Sonderh. 6: 68–77, Braunschweig.
- KUHLE, M. 1984a: Zur Geomorphologie Tibets, Bortensander als Kennformen semiarider Vorlandvergletscherung. – Berliner Geogr. Abh., 36: 127–137, Berlin.
- KUHLE, M. 1984b: Spuren der hocheiszeitlichen Gletscherbedeckung in der Aconcagua-Gruppe (32–33° S). – Zbl. Geol. Paläont., Teil I (11/12): 1635–1646, Stuttgart.
- KUHLE, M. 1986a: Schneegrenzberechnung und typologische Klassifikation von Gletschern anhand spezifischer Reliefparameter. – Petermanns Geogr. Mitt., 130 (1): 41–51, Gotha.
- KUHLE, M. 1986b: Die Vergletscherung Tibets und die Entstehung von Eiszeiten. – Spektrum Wiss., 9: 42–54, Heidelberg.
- LAUER, W. 1982: Zur Ökologikologie der Kallawaya-Region (Bolivien). – Erdkunde, 36 (4): 223–247, Bonn.
- LAUER, W. 1983: Late Glacial glaciation and the development of climate in southern South America. – SASQUA Intern. Symp., Swaziland: 103–114, Rotterdam, Boston.
- LAUER, W. & RAFIQPOOR, M. D. 1986: Die jungpleistozäne Vergletscherung im Vorland der Apolobamba-Kordillere (Bolivien). – Erdkunde, 1/4: 125–145, Bonn.
- LAUER, W. & RAFIQPOOR, M. D. 1990: Topographische Karte des Berglandes von Charazani (Bolivien). Erdkunde, 44: 37–46, Bonn.
- LIEDTKE, H. 1986: Stand und Aufgabe der Eiszeitforschung. – Geogr. Rdsch., 7/8: 412–419, Braunschweig.
- MARCINEK, J. 1985: Gletscher der Erde. – 1–215, Frankfurt/Main.
- MARQUEZ, W. G. 1978: Geologia de los Cuadrangulos de Puquina Omate, Huaitire, Mazo Cruz y Pizacoma. – Inst. Geol. y Min., 29, Lima.
- MENDIVIL, Y. CATTILLO, W. 1960: Geologia del Cuadrangulo de Ocoña. – Com. Carta Geol. Nac., 1 (3), Lima.
- MERCER, J. H. 1962: Glacier Variations in the Andes. – Glaciol. Notes, 12: 9–31.
- MERCER, J. H. & PALACIOS, O. 1977: Radiocarbon dating of the last glaciation in Peru. – Geology, 5: 600–604.
- MONHEIM, F. 1963: Forschungsbericht über eine Reise nach Südperu und Bolivien. – Geogr. Z., 51: 323–335, Stuttgart.
- MONHEIM, F. 1964: Nachtrag zum Forschungsbericht über eine Reise nach Südperu und Bolivien. – Geogr. Z., 52: 71.
- MORTENSEN, H. 1927: Der Formenschatz der nordchilenischen Wüste. Ein Beitrag zum Gesetz der Wüstenbildung. – Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Physik. Klasse, 8: 1–191, Berlin.
- MORTENSEN, H. 1957: Temperaturgradient und Eiszeitklima am Beispiel der pleistozänen Schneegrenzdepression in den Randtropen und Subtropen. – Z. Geomorph., N.F., 1: 44–56, Berlin, Stuttgart.
- MÜLLER, R. 1985: Zur Gletschergeschichte in der Cordillera Quimsa Cruz. – 1–188 (Inaugural-Diss.), Zürich.
- NOGAMI, M. 1976: Altitude of the modern snowline and pleistocene snowline in the Andes. – Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ., 11: 71–86, Tokyo.
- OPPENHEIM, V. 1945: Las glaciares en el Peru. – Boletín Soc. Geol. Peru, 18: 37–43, Lima.
- PECHO, G. & MORALES, G. 1969: Geologia de los Cuadrangulos de Camana y la Yesera. – Serv. Geol. y Min., Lima.
- SCHNEIDER, H.-J. 1962: Die Gletschertypen. – Geogr. Taschenbuch, S. 276–283, Wiesbaden.
- SCHULZ, G. 1969: Möglichkeiten einer geographischen Aussagegenerweiterung der Topographischen Karte 1 : 25 000. – Kartogr. Nachr., 4: 138–145, Gütersloh.
- SCHULZ, G. 1972: Die topographische Substanz und der Versuch ihrer maßstabs- und themaimmanenten kartographischen Bearbeitung. – Allg. Verm. Nachr., 8: 229–307, Karlsruhe.
- SCHULZ, G. 1974: Der charakteristische Höhenlinienverlauf obsequenter und resequenter Täler im Bereich der Ausstrichlinie geologischer Schichten. – Kartogr. Nachr., 1, Gütersloh.
- SCHULZ, G. 1980: Bemerkungen zum Sinken der mittleren Pfeiler der Autobahnüberbauung Berlin-Schmargendorf aus geographischer Sicht. – Bauwelt, 26: 1125.
- SCHULZ, G. 1986: Ergebnisse der Interpretation von Karten zur Frage der Vergletscherung am Andenabfall zur Atacama. – Die Erde, 117 (2): 115–134, Berlin.
- SCHULZ, G. 1987a: Grundlagen zur Karteninterpretation von Geländeformen – erläutert am glazialmorphologischen Formeninventar der pleistozänzeitlichen Vereisung tropischer Gebirge am Beispiel Perus. – Kartogr. Nachr., 3: 81–91, Bonn/Bad Godesberg.
- SCHULZ, G. 1987b: Zum Ausmaß der pleistozänen Vergletscherung auf der Westflanke der Anden. – Die Erde, 118 (2): 145–147, Berlin.
- SCHULZ, G. 1987c: Die Karte als geographisches Darstellungsmittel: Karte. – Intern. Jb. Kartogr., 27: 183–205, Bonn/Bad Godesberg.
- SCHULZ, G. 1988a: Zum Problem der pleistozänen Vergletscherung der peruanischen Anden – eine geomorphologisch-integrative Karteninterpretation. – Petermanns Geogr. Mitt., 132, (3), Gotha.
- SCHULZ, G. 1988b: Die flächendeckend-integrative Höhenlinienanalyse in der physischen Geographie – erläutert an pleistozänzeitlichen Formen in Peru. – Kurzfassung der Vorträge, 24. wiss. Tagung der DEUQUA in Würzburg: 19, Würzburg.
- SCHULZ, G. 1988c: Pleistozäne Kare in Peru und Bolivien – ein Beitrag zur Korrektur bisheriger Felddefunde aufgrund der Kartenanalyse. Postermittteilung. – Tagungsh. 11. Geowiss. Lateinamerika-Koll., 16.–18.11.1988, Univ. Hannover: 143, Hannover.
- SCHULZ, G. 1988d: Drei Methoden der Höhenanalyse in topographischen Karten und ihre physisch-geographische Beweiskraft. – Intern. Jb. Kartogr., 28: 137–161, Ulm.
- SCHULZ, G. 1989a: Lexikon zur Bestimmung der Geländeformen in Karten. – Berliner Geogr. Studien, 28: 1–359, Berlin.
- SCHULZ, G. 1989b: Die topographische Karte als eigenständige Grundlage in der physisch-geographischen Erforschung der Erdoberfläche. – Intern. Jb. Kartogr., 29: 229–248, Ulm.
- SCHULZ, G. 1989c: Die Contour Line Analysis in Physical Geography with Reference to Pleistocene Landforms in Peru. – In: Geoöko Plus 1, Abstracts of the papers and posters, second Intern. Conf. on Geomorphology, Frankfurt: 256, Frankfurt/Main.
- SCHULZ, G. 1990: Zum Aussagewert des Höhenlinienbildes in topographischen Karten als Grundlage in der physisch-geographischen Forschung. – Kartogr. Nachr., 2: 52–60, Bonn/Bad Godesberg.
- SCHWELLER, W. J., KULM, I. D. & PRINCE, R. A. 1981: Tectonics, structure and sedimentary framework of the Peru-Chile-Trenc. – Geol. Soc. America, 154: 323–349.

- SERVANT, M. 1977: Le Cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire de l'Altiplano des Andes tropicales en Bolivie. – Suppl. Bull. AFEQ, 50: 323–327, La Paz.
- SERVANT, M. & FONTES, J.-Chr. 1978: Les Lacs Quaternaires des Hauts Plateaux des Andes Boliviennes premières interprétations Paléoclimatiques. – Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Geol., 10 (1): 9–23, La Paz, Paris.
- STINGL, H. & GARLEFF, K. 1985: Gletscherschwankungen in den subtropisch-semiariden Hochanden Argentinien. – Z. Geomorph., N.F. Suppl.-Bd. 30: 115–131, Berlin, Stuttgart.
- la TORRE, H. J. 1965: Geología del Cuadrángulo de Tarata. – Com. Carta Geológica Nac., 11: 1–89, Lima.
- TRICART, J. 1965: Observation on the Quaternary firm line in Peru. – J. Glaciol., 5 (42): 857–863, Cambridge.
- TROLL, K. 1929: Reisen in die östlichen Anden Boliviens. – Petermanns Geogr. Mitt., 75, 181–188, Gotha.
- TROLL, K. 1937: Quartäre Tektonik und Quartärklima der tropischen Anden. – Frankfurter Geogr. H., 11: 64–67, Frankfurt/Main.
- TROLL, K. 1942: Neue Gletscherforschungen in den Subtropen der alten und neuen Welt. – Z. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 73 (1): 54–56, Berlin.
- WALTHER, H. & LIETH, H. 1969–1967: Klimadiagramm-Weltatlas. – Jena.
- WEISCHET, W. 1970: Chile. Seine länderkundliche Individualität und Struktur. – Wiss. Länderkunde. – 1–618, Darmstadt.
- WILSON, J. & GARCIA, W. 1962: Geología de los Cuadrángulos de Pachia y Palca. – Com. Carta Geol. Nac., 2 (4), Lima.
- WIRRMANN, D., MOURGUIART, P. & OLIVEIRA ALMEIDA, L. F. 1988: Holocene Sedimentology and ostracods Repartition in Lake Titicaca – Paleohydrological Interpretations. – Press, Cah. O.R.S.T.O.M., 6: 1–57, Bondy.
- YBERT, J.-P. 1988: Apports de la palynologie à la connaissance de l'histoire du lac Titicaca (Bolivie-Pérou) ou cours du Quaternaire récent. – Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. techn., Cah. O.R.S.T.O.M., 25: 139–150, Bordeaux.
- ZEIL, W. 1964: Geologie von Chile. – Berlin.

12.2 Karten

- Atlas Historico Geografico y de paisajes Peruanos, Lima, Peru, 1963–1970. Carta Orografica, 1 : 5 Mio.
- Carta Nacional 1 : 100 000, Levantado por el Instituto Geografico Militar, Lima, Peru, 1960–1963 por Metodos Fotogrammetricos (Multiplex) de Fotografias Aereas Tomadas en 1955. Control Horizontal y Vertical por el IGM en Colaboracion con el IAGS. Classification de Campo 1959, Escala de Compilacion 1 : 25 000.
Blätter 36-t (Ilo), 36-u (Locumba), 36-v (Pachia), 35-s (Punta de Bombon), 35-t (Clemesi), 35-u (Moquegua), 35-v (Tarata), 34-q (Camana), 34-r (Mollendo), 34-s (La Joya), 34-t (Puquina), 34-u (Omate), 34-v (Huaitire), 34-x (Mazo Cruz), 33-o (Atico), 33-p (Ocoña), 33-q (La Yesera), 33-r (Aplao), 33-s (Arequipa), 33-t (Characato), 33-u (Ichuña), 33-v (Pichacane), 33-x (Ilave), 32-n (Yauca), 32-ñ (Cuala), 32-o (Chapparra), 32-p (Caraveli), 32-q (Chuquibamba), 32-r (Huambo), 32-s (Chivay), 32-t (Challalli), 32-u (Lagunillas), 32-v (Puno), 32-x (Acora), 31-m (San Juan), 31-n (Acari), 31-ñ (Jaqui), 31-o (Coracora), 31-p (Pausa), 31-q (Cotahuasi), 31-r (Orcopampa), 31-s (Cailloma), 31-t (Condorama), 31-u (Ocuviro), 31-x (Huancane), 30-l (Lomitas), 30-m (Palpa), 30-n (Nazca), 30-ñ (Puquio), 30-o (Chaviña), 30-p (Pacapausa), 30-q (Chulca), 30-r (Chayarani), 30-s (Velille), 30-t (Yauri), 30-u (Ayaviri), 30-v (Azangaro), 30-x (Putina), 29-k (Punta grande), 29-l (Ica), 29-m (Cordova), 29-n (Caramate), 29-ñ (Santa Ana), 29-o (Querobamba), 29-p (Chalhuanca), 29-q (Antabamba), 29-r (Santo Tomas), 29-s (Livi-

- taca), 29-t (Sicuanti), 29-x (Limbani), 28-k (Pisco), 28-l (Guadalupe), 28-m (Santiago de Chocorvos), 28-n (Paras), 28-ñ (Huancapi), 28-o (Chincheros), 28-p (Andahuaylas), 28-r (Tambobamba), 28-s (Cuzco), 28-t (Ocongate), 27-k (Chincha), 27-l (Tantara), 27-m (Castrovirreyna), 27-n (Huachocolpa), 27-ñ (Ayacucho), 27-o (San Miguel), 27-s (Calca), 26-j (Mala), 26-k (Lunahuana), 26-l (Tupe), 26-m (Conayca), 26-n (Huancavelica), 26-ñ (Huanta), 25-i (Lima), 25-j (Lurin), 25-k (Huarochiri), 25-l (Yauyos), 25-m (Huancayo), 25-n (Pampas), 24-j (Chosica), 24-k (Matucana), 24-l (La Oroya), 24-m (Jauja), 23-h (Huacho), 23-i (Huaral), 23-j (Canta), 23-k (Ondores), 23-l (Tarma), 22-h (Carramca), 22-i (Ambar), 22-j (Oyon), 22-k (Cerro de Pasco), 22-l (Ulcumayo), 21-g (Huamey), 21-h (Huayllapampa), 21-i (Chiquian), 21-j (Yanahuanca), 21-k (Ambo), 20-j (La Union), 20-k (Huaraz), 19-h (Carhuaz), 19-i (Huari).

Carta Nacional 1 : 50 000,
Blätter 2239 I, II, III und IV (= 32p), Blätter 2339 I, II, III und IV (= 32q), Blätter 2238 I, II, III und IV (= 33p), Blätter 2538 II und III (= 33s), Blätter 2437 II und III (= 34r), Blätter 2537 I und II (= 34s).

Carta Geologica del Peru 1 : 100 000, Republica del Peru, Ministerio de Fomento Y.O.P., Direccion General de Minería, Servicio de Geologica y Minería.
Blätter 36-t (Ilo), 36-u (Locumba), 36-v (Pachia), 35-t (Clemesi), 35-u (Moquegua), 35-v (Tarata), 34-r (Mollendo), 34-s (La Joya), 34-t (Puquina), 34-u (Omate), 33-q (La Yesera), 33-r (Aplao), 33-s (Arequipa), 32-ñ (Chala), 32-o (Chapparra), 32-p (Caraveli), 31-m (San Juan), 31-n (Acari), 31-o (Coracora), 31-p (Pausa), 23-j (Canta), 19-h (Carhuaz), 19-i (Huari).

Mapa Metalogenetico 1 : 1 Mio., Lima, Peru, 1969.

Mapa Planimetrico de imagenes de Satelite 1 : 250 000. Instituto Geografico Nacional, 1984. Prepared and printed by: IFA, Institute for Applied Geosciences, D-63263, Neu Isenburg.
HOJA SE 18-4, Camana, HOJA SE 19-5, Moquegua, HOJA SE 19-6, Tarata HOJA SE 19-2, Juli, HOJA SE 19-1, Arequipa.

Seekarte von Arica, Peru, Maßstab 1 : 750 000, neu veröffentlicht 1978 unter Superintendanz von Admiral GDD Hall, korrigiert 1979, 1980, 1983 und 1985.

Karten von Chile:

Topographische Karte von Chile 1 : 100 000, Instituto Geografico Militar de Chile der Blätter:
CODPA 1830–6930, 1961
MAMIÑA 2000–6900, 1961
CAMIÑA 1900–6900, 1961
MINIMINI 1900–6930, 1961
GUAVIÑA 1930–6900, 1961

Topographische Karten von Bolivien:

Carte Nacional, Bolivia 1 : 50 000, Blätter:
ANCORAIMES, HOJA 5846 III
UNDUAVI, HOJA 6045 III
CHOJLLA, HOJA 6044 IV
LAMBATE, HOJA 6044 II
COMUNIDAD INCACASANI, HOJA 6343 IV
ALTAMACHI, HOJA 6343 III
CORANI, HOJA 6442 III

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,

Grunewaldstr. 35, D-12165 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)

Postanschrift: Geomorphologisches Laboratorium, Altensteinstr. 19, D 14195 Berlin

- Heft 1: HIERSEMENZEL, Sigrid-Elisabeth (1964)
Britische Agrarlandschaften im Rhythmus des landwirtschaftlichen Arbeitsjahres, untersucht an 7 Einzelbeispielen. - 46 S., 7 Karten, 10 Diagramme.
ISBN 3-88009-000-9 (*vergriffen*)
- Heft 2: ERGENZINGER, Peter (1965)
Morphologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Ilz (Bayerischer Wald). - 48 S., 62 Abb.
ISBN 3-88009-001-7 (*vergriffen*)
- Heft 3: ABDUL-SALAM, Adel (1966)
Morphologische Studien in der Syrischen Wüste und dem Antilibanon. - 52 S., 27 Abb. im Text, 4 Skizzen, 2 Profile, 2 Karten, 36 Bilder im Anhang.
ISBN 3-88009-002-5 (*vergriffen*)
- Heft 4: PACHUR, Hans-Joachim (1966)
Untersuchungen zur morphoskopischen Sandanalyse. - 35 S., 37 Diagramme, 2 Tab., 21 Abb.
ISBN 3-88009-003-3 (*vergriffen*)
- Heft 5: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. I. Feldarbeiten 1964/65 (1967)
65 S., 34 Abb., 1 Karte.
ISBN 3-88009-004-1 (*vergriffen*)
- Heft 6: ROSTANKOWSKI, Peter (1969)
Siedlungsentwicklung und Siedlungsformen in den Ländern der russischen Kosakenheere. - 84 S., 15 Abb., 16 Bilder, 2 Karten.
ISBN 3-88009-005-X (DM 15,-)
- Heft 7: SCHULZ, Georg (1969)
Versuch einer optimalen geographischen Inhaltsgestaltung der topographischen Karte 1 : 25 000 am Beispiel eines Kartenausschnittes. - 28 S. 6 Abb. im Text, 1 Karte im Anhang.
ISBN 3-88009-006-8 (DM 10,-)
- Heft 8: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. II. Feldarbeiten 1965/66 (1969)
82 S., 15 Abb., 27 Fig., 13 Tafeln, 11 Karten.
ISBN 3-88009-007-6 (DM 15,-)
- Heft 9: JANNSEN, Gert (1970)
Morphologische Untersuchungen im nördlichen Tarso Voon (Zentrales Tibesti). - 66 S., 12 Abb., 41 Bilder, 3 Karten.
ISBN 3-88009-008-4 (DM 15,-)
- Heft 10: JÄKEL, Dieter (1971)
Erosion und Akkumulation im Enneri Bardague-Araye des Tibesti-Gebirges (zentrale Sahara) während des Pleistozäns und Holozäns. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti, 55 S., 13 Abb., 54 Bilder, 3 Tab., 1 Nivellement (4 Teile), 60 Profile, 3 Karten (6 Teile).
ISBN 3-88009-009-2 (*vergriffen*)
- Heft 11: MÜLLER, Konrad (1971)
Arbeitsaufwand und Arbeitsrhythmus in den Agrarlandschaften Süd- und Südostfrankreichs: Les Dombes bis Bouches-du-Rhône. - 64 S., 18 Karten, 26 Diagramme, 10 Fig., zahlreiche Tabellen.
ISBN 3-88009-010-6 (DM 25,-)
- Heft 12: OBENAUF, K. Peter (1971)
Die Enneris Gonoa, Toudoufou, Oudingueur und Nemaayesko im nordwestlichen Tibesti. Beobachtungen zu Formen und Formung in den Tälern eines ariden Gebirges. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 70 S., 6 Abb., 10 Tab., 21 Photos, 34 Querprofile, 1 Längsprofil, 9 Karten.
ISBN 3-88009-011-4 (DM 20,-)
- Heft 13: MOLLE, Hans-Georg (1971)
Gliederung und Aufbau fluviatiler Terrassenakkumulation im Gebiet des Enneri Zoumri (Tibesti-Gebirge). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 53 S., 26 Photos, 28 Fig., 11 Profile, 5 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-012-2 (DM 10,-)
- Heft 14: STOCK, Peter (1972)
Photogeologische und tektonische Untersuchungen am Nordrand des Tibesti-Gebirges, Zentral-Sahara, Tchad. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 73 S., 47 Abb., 4 Karten.
ISBN 3-88009-013-0 (DM 15,-)
- Heft 15: BIEWALD, Dieter (1973)
Die Bestimmungen eiszeitlicher Meeresoberflächentemperaturen mit der Ansatztiefe typischer Korallenriffe. - 40 S., 16 Abb., 26 Seiten Fig. und Karten.
ISBN 3-88009-015-7 (DM 10,-)
- Heft 16: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. III. Feldarbeiten 1966/67 (1972)
156 S., 133 Abb., 41-Fig., 34 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-014-9 (DM 45,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,

Grunewaldstr. 35, D-12165 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)

Postanschrift: Geomorphologisches Laboratorium, Altensteinstr. 19, D 14195 Berlin

- Heft 17: PACHUR, Hans-Joachim (1973)
Geomorphologische Untersuchungen im Raum der Serir Tibesti (Zentralsahara). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/ Tibesti. 58. S., 39 Photos, 16 Fig. und Profile, 9 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-016-5 (DM 25,-)
- Heft 18: BUSCHE, Detlef (1973)
Die Entstehung von Pedimenten und ihre Überformung, untersucht an Beispielen aus dem Tibesti-Gebirge, Republique du Tchad. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 130 S., 57 Abb., 22 Fig., 1 Tab., 6 Karten.
ISBN 3-88009-017-3 (DM 40,-)
- Heft 19: ROLAND, Norbert W. (1973)
Anwendung der Photointerpretation zur Lösung stratigraphischer und tektonischer Probleme im Bereich von Bardai und Aozou (Tibesti-Gebirge, Zentral-Sahara). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 48 S., 35 Abb., 10 Fig., 4 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-018-1 (DM 20,-)
- Heft 20: SCHULZ, Georg (1974)
Die Atlaskartographie in Vergangenheit und Gegenwart und die darauf aufbauende Entwicklung eines neuen Erdatlases. - 59 S., 3 Abb., 8 Fig., 23 Tab., 8 Karten.
ISBN 3-88009-019-X (DM 35,-)
- Heft 21: HABERLAND, Wolfram (1975)
Untersuchungen an Krusten, Wüstenlacken und Polituren auf Gesteinsoberflächen der nördlichen und mittleren Sahara (Libyen und Tchad). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 71 S., 62 Abb. 24 Fig., 10 Tab.
ISBN 3-88009-020-3 (DM 50,-)
- Heft 22: GRUNERT, Jörg (1975)
Beiträge zum Problem der Talbildung in ariden Gebieten, am Beispiel des zentralen Tibesti-Gebirges (Rep. du Tchad). - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 96 S., 3 Tab., 6 Fig., 58 Profile, 41 Abb., 2 Karten.
ISBN 3-88009-021-1 (DM 35,-)
- Heft 23: ERGENZINGER, Peter Jürgen (1978)
Das Gebiet des Enneri Misky im Tibesti-Gebirge, République du Tchad - Erläuterungen zu einer geomorphologischen Karte 1 : 200 000. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 60 S., 6 Tab., 24 Fig., 24 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-022-X (DM 40,-)
- Heft 24: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. IV. Feldarbeiten 1967/68, 1969/70, 1974 (1976)
73 S., 24 Fig., 79 Abb., 12 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-023-8 (DM 30,-)
- Heft 25: MOLLE, Hans-Georg (1979)
Untersuchungen zur Entwicklung der vorzeitlichen Morphodynamik im Tibesti-Gebirge (Zentral-Sahara) und in Tunesien. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 104 S., 22 Abb., 40 Fig., 15 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-024-6 (DM 35,-)
- Heft 26: BRIEM, Elmar (1977)
Beiträge zur Genese und Morphodynamik des ariden Formenschatzes unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Flächenbildung am Beispiel der Sandschwemmebenen in der östlichen Zentralsahara. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 89 S., 38 Abb., 23 Fig., 8 Tab., 155 Diagramme, 2 Karten.
ISBN 3-88009-025-4 (DM 25,-)
- Heft 27: GABRIEL, Baldur (1977)
Zum ökologischen Wandel im Neolithikum der östlichen Zentralsahara. - Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 111 S., 9 Tab., 32 Fig., 41 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-026-2 (DM 35,-)
- Heft 28: BÖSE, Margot (1979)
Die geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen. - 46 S., 3 Tab., 14 Abb., 25 Photos, 1 Karte.
ISBN 3-88009-027-0 (*vergriffen*)
- Heft 29: GEHRENKEMPER, Johannes (1978)
Rañas und Reliefgenerationen der Montes de Toledo in Zentralspanien. - 81 S., 68 Abb., 3 Tab., 32 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-028-9 (DM 20,-)
- Heft 30: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1978)
Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm I. - 90 S., 38 Abb. und Beilagen, 17 Tab.
ISBN 3-88009-029-7 (DM 18,-)
- Heft 31: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1980)
Methoden und Anwendbarkeit geomorphologischer Detailkarten. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm II. - 104 S., 25 Abb., 5 Tab.
ISBN 3-88009-030-0 (DM 17,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,
Grunewaldstr. 35, D-12165 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)
Postanschrift: Geomorphologisches Laboratorium, Altensteinstr. 19, D 14195 Berlin

- Heft 32: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. V. Abschlußbericht (1982)
182 S., 63 Fig. und Abb., 84 Photos, 4 Tab., 5 Karten.
ISBN 3-88009-031-9 (DM 60,-)
- Heft 33: TRETER, Uwe (1981)
Zum Wasserhaushalt schleswig-holsteinischer Seengebiete. - 168 S., 102 Abb., 57 Tab.
ISBN 3-88009-033-5 (DM 40,-)
- Heft 34: GEHRENKEMPER, Kirsten (1981)
Rezenter Hangabtrag und geoökologische Faktoren in den Montes de Toledo. Zentralspanien. - 78 S., 39 Abb., 13 Tab., 24 Photos, 4 Karten.
ISBN 3-88009-032-7 (DM 20,-)
- Heft 35: BARSCH, Dietrich & STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1982)
Erträge und Fortschritte der geomorphologischen Detailkartierung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm III. - 134 S., 23 Abb., 5 Tab., 5 Beilagen.
ISBN 3-88009-034-3 (DM 30,-)
- Heft 36: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1984):
Regionale Beiträge zur Geomorphologie. Vorträge des Ferdinand von Richthofen-Symposiums, Berlin 1983. - 140 S., 67 Abb., 6 Tab.
ISBN 3-88009-035-1 (DM 35,-)
- Heft 37: ZILLBACH, Käthe (1984)
Geoökologische Gefügemuster in Süd-Marokko. Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. - 95 S., 61 Abb., 2 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-036-X (DM 18,-)
- Heft 38: WAGNER, Peter (1984)
Rezente Abtragung und geomorphologische Bedingungen im Becken von Ouarzazate (Süd-Marokko). Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. - 112 S., 63 Abb., 48 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-037-8 (DM 18,-)
- Heft 39: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1985)
Geomorphological Mapping in the Federal Republic of Germany. Contributions to the GMK priority program IV. - 89 S., 16 Abb., 5 Tab.
ISBN 3-88009-038-6 (DM 22,50)
- Heft 40: MÄUSBACHER, Roland (1985)
Die Verwendbarkeit der geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25) der Bundesrepublik Deutschland für Nachbarwissenschaften und Planung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm V. - 97 S., 15 Abb., 31 Tab., 21 Karten.
ISBN 3-88009-039-4 (DM 18,-)
- Heft 41: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1986)
Geo- und biowissenschaftliche Forschungen der Freien Universität Berlin im Werra-Meißner-Kreis (Nordhessen). Beiträge zur Werra-Meißner-Forschung I. - 265 S., 82 Abb., 45 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-040-8 (DM 28,-)
- Heft 42: BARSCH, Dietrich & LESER, Hartmut (Hrsg.) (1987)
Regionale Beispiele zur geomorphologischen Kartierung in verschiedenen Maßstäben (1 : 5 000 bis 1 : 200 000). Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VI. - 80 S., 10 Abb., 9 Beilagen.
ISBN 3-88009-041-6 (DM 35,-)
- Heft 43: VAHRSON, Wilhelm-Günther (1987)
Aspekte bodenphysikalischer Untersuchungen in der libyschen Wüste. Ein Beitrag zur Frage spätpleistozäner und holozäner Grundwasserbildung. - 92 S., 12 Abb., 56 Fig., 7 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-042-4 (DM 18,-)
- Heft 44: PACHUR, Hans-Joachim & RÖPER, Hans-Peter (1987)
Zur Paläolimnologie Berliner Seen. - 150 S., 42 Abb., 28 Tab.
ISBN 3-88009-043-2 (DM 30,-)
- Heft 45: BERTZEN, Günter (1987)
Diatomeenanalytische Untersuchungen an spätpleistozänen und holozänen Sedimenten des Tegeler Sees. - 150 S., 19 Fig., 2 Tab., 38 Abb., 7 Anlagen
ISBN 3-88009-044-0 (DM 30,-)
- Heft 46: FRANK, Felix (1987)
Die Auswertung großmaßstäbiger Geomorphologischer Karten (GMK 25) für den Schulunterricht. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VII. - 100 S., 29 Abb., Legende der Geomorphologischen Karte 1 : 25 000 (GMK 25).
ISBN 3-88009-045-9 (DM 18,-)
- Heft 47: LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1988)
Untersuchungen zur Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschland - Neue Ergebnisse der Geomorphologischen Kartierung. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm VIII. - 225 S., 77 Abb., 12 Tab.
ISBN 3-88009-046-7 (DM 60,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin,
Grunewaldstr. 35, D-12165 Berlin (Preise zuzüglich Versandkosten)

Postanschrift: Geomorphologisches Laboratorium, Altensteinstr. 19, D 14195 Berlin

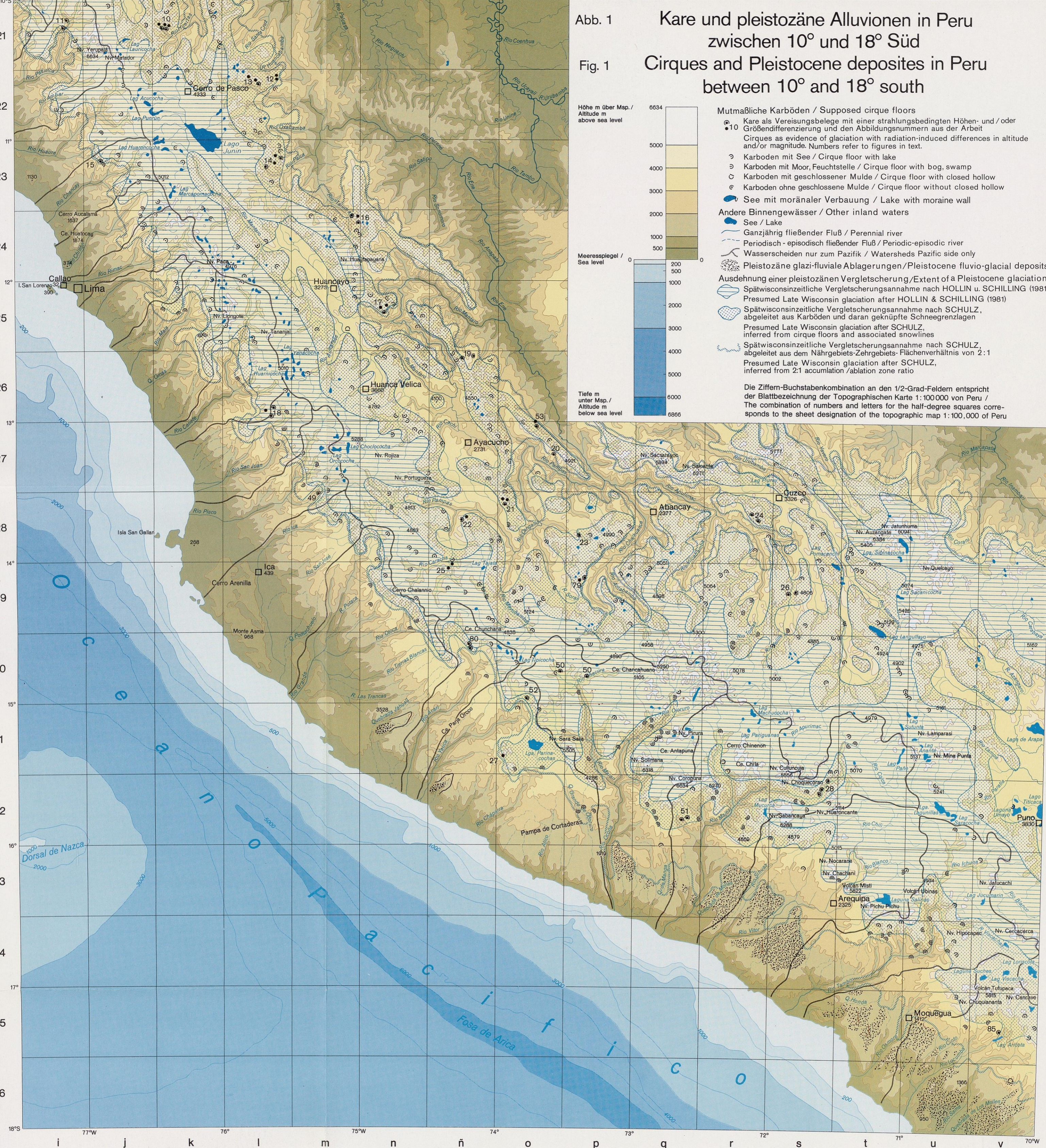
- Heft 48: MÖLLER, Klaus (1988)
Reliefentwicklung und Auslaugung in der Umgebung des Unterwerra-Sattels (Nordhessen). - 187 S., 55 Abb., 20 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-047-5 (DM 25,-)
- Heft 49: SCHMIDT, Karl-Heinz (1988)
Die Reliefentwicklung des Colorado Plateaus. - 183 S., 50 Abb., 17 Photos, 20 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-048-3 (DM 60,-)
- Heft 50: STÜVE, Peter (1988)
Die Schneeschmelze eines nordskandinavischen Einzugsgebietes ermittelt über die räumlich-zeitliche Variation des Strahlungs- und Energiehaushalts. - 119 S., 42 Abb., 13 Tab., 21 Karten.
ISBN 3-88009-050-1 (DM 30,-)
- Heft 51: BÖSE, Margot (1989)
Methodisch-stratigraphische Studien und paläomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. - 114 S., 54 Abb., 17 Tab., 1 Bild.
ISBN 3-88009-051-3 (DM 25,-)
- Heft 52: WALTHER, Michael (1990)
Untersuchungsergebnisse zur jungpleistozänen Landschaftsentwicklung Schwansens (Schleswig-Holstein). - 143 S., 60 Abb., 4 Tab., 9 Fotos.
ISBN 3-88009-052-1 (DM 20,-)
- Heft 53: KARRASCH, Heinz (Hrsg.) (1990)
Prozeßabläufe bei der Landschafts- und Landesentwicklung: Methoden, Ergebnisse, Anwendungen. Festschrift für Wilhelm Wöhle zum 65. Geburtstag. - 300 S., 121 Abb., 35 Tab.
ISBN 3-88009-053-X (DM 80,-)
- Heft 54: KRÖPELIN, Stefan (1993)
Zur Rekonstruktion der spätquartären Umwelt am Unteren Wadi Howar (Südöstliche Sahara / NW-Sudan). - 293 S., 53 Abb., 47 Tab., 92 Fotos und Fototafeln, 1 Satellitenbildmosaik.
ISBN 3-88009-054-6 (DM 35,-)
- Heft 55: WÜNNEMANN, Bernd (1993)
Ergebnisse zur jungpleistozänen Entwicklung der Langseerinne Südangelns in Schleswig-Holstein. - 167 S., 59 Abb., 8 Tab., 15 Bilder.
ISBN 3-88009-056-4 (DM 20,-)
- Heft 56: JACOBSHAGEN, Volker, MÖLLER, Klaus & JÄKEL, Dieter (Hrsg.) (1993)
Hoher Meißner und Eschweger Becken. Geowissenschaftliche und vegetationskundliche Charakteristik einer Nordhessischen Landschaft. (In Vorbereitung).
ISBN 3-88009-057-2
- Heft 57: HOFMANN, Jürgen (1993)
Geomorphologische Untersuchungen zur jungquartären Klimaentwicklung des Helan Shan und seines westlichen Vorlandes (Autonomes Gebiet Innere Mongolei/VR China). - 187 S., 46 Abb., 23 Tab., 85 Photos, 7 Beilagen.
ISBN 3-88009-058-0 (DM 25,-)
- Heft 58: SCHULZ, Georg (1994)
Die pleistozäne Vergletscherung der Anden Perus und Boliviens abgeleitet aus Formen einer flächendeckend-integrativen Höhenlinienanalyse. 156 S., 86 Abb., 5 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-059-9 (DM 68,-)
- Heft 59: DE JONG, Carmen (1995)
Temporal and spatial interactions between river bed roughness, geometry, bedload transport and flow hydraulics in mountain streams - examples from Squaw Creek, Montana (USA) and Lainbach/Schmiedlaine, Upper Bavaria (Germany). 229 S., 255 Abb., 7 Tab.
ISBN 3-88009-060-2 (DM 60,-)

Abb. 1

Kare und pleistozäne Alluvionen in Peru zwischen 10° und 18° Süd

Fig. 1

Cirques and Pleistocene deposits in Peru between 10° and 18° south



Höhe m über Msp. /
Altitude m above sea level

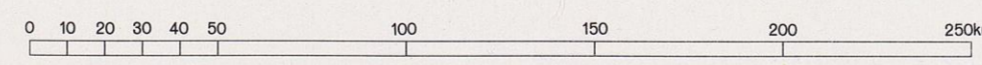
6634
5000
4000
3000
2000
1000
500
0

Tiefe m unter Msp. /
Altitude m below sea level

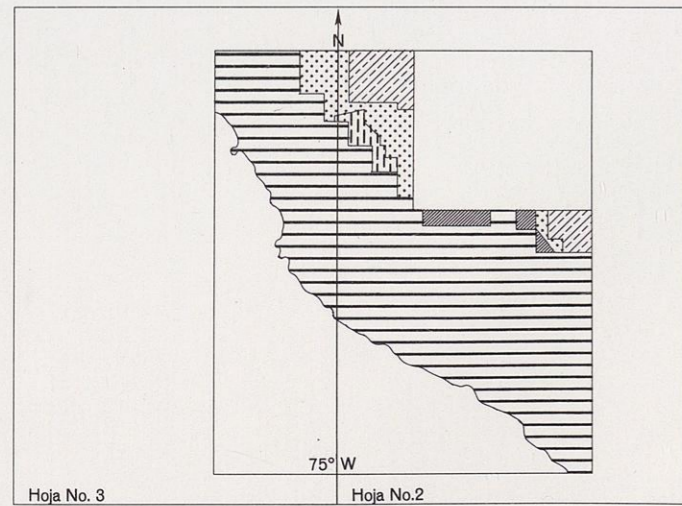
200
500
1000
2000
3000
4000
5000
6000
6866

- Mutmaßliche Karböden / Supposed cirque floors**
- 10 Kare als Vereisungsbelege mit einer strahlungsbedingten Höhen- und/oder Größendifferenzierung und den Abblendungsnummern aus der Arbeit
 - Cirques as evidence of glaciation with radiation-induced differences in altitude and/or magnitude. Numbers refer to figures in text.
 - Karböden mit See / Cirque floor with lake
 - Karböden mit Moor, Feuchtstelle / Cirque floor with bog, swamp
 - Karböden mit geschlossener Mulde / Cirque floor with closed hollow
 - Karböden ohne geschlossene Mulde / Cirque floor without closed hollow
 - See mit moränaler Verbauung / Lake with moraine wall
- Andere Binnengewässer / Other inland waters**
- See / Lake
 - Ganzjährig fließender Fluß / Perennial river
 - - - Periodisch - episodisch fließender Fluß / Periodic-episodic river
 - Wasserscheiden nur zum Pazifik / Watersheds Pacific side only
- Ausdehnung einer pleistozänen Vergletscherung / Extent of a Pleistocene glaciation**
- Spätwisconsinzeitliche Vergletscherungsannahme nach HOLLIN u. SCHILLING (1981)
 - Presumed Late Wisconsin glaciation after HOLLIN & SCHILLING (1981)
 - Spätwisconsinzeitliche Vergletscherungsannahme nach SCHULZ, abgeleitet aus Karböden und daran geknüpfte Schneegrenzlagen
 - Presumed Late Wisconsin glaciation after SCHULZ, inferred from cirque floors and associated snowlines
 - Spätwisconsinzeitliche Vergletscherungsannahme nach SCHULZ, abgeleitet aus dem Nährgebiets-Zehrgebiets-Flächenverhältnis von 2:1
 - Presumed Late Wisconsin glaciation after SCHULZ, inferred from 2:1 accumulation/ablation zone ratio
- Pleistozäne glazi-fluviale Ablagerungen / Pleistocene fluvio-glacial deposits**
- Die Ziffern-Buchstabenkombination an den 1/2-Grad-Feldern entspricht der Blattbezeichnung der Topographischen Karte 1:100 000 von Peru / The combination of numbers and letters for the half-degree squares corresponds to the sheet designation of the topographic map 1:100,000 of Peru**

1 : 2 000000



Zuverlässigkeit der Basiskarte
Reliability of the base map



- Reguläre photogrammetrische Aufnahme Carta Nacional 1:200 000
Regular photogrammetric survey Carta Nacional 1:200,000
- Orthophotokarten des Instituto Geografico Militar 1:100 000
Orthophotomaps of the Instituto Geografico Militar 1:100,000
- Reguläre topographische Aufnahme Carta Nacional 1:200 000
Regular topographic survey Carta Nacional 1:200,000
- Irreguläre topographische Aufnahme 1:25 000
Irregular topographic survey 1:25,000
- Expeditionsaufnahme aus anderen Quellen 1:1000 000
Expedition survey from other sources 1:1,000,000

Kartographie / Cartography: Elke Bovensmann 1988
Ergänzungen / Additions: Joachim Kruhoffer 1992
Diplomarbeit unter der Leitung von / Thesis under supervision of Prof. Dr. Dietrich O. Müller an der Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie, Studiengang Kartographie Mit geomorphologischer Beratung von / Geomorphological advice: Dr. Elmar Briem
© Copyright: Elke Bovensmann, Dietrich O. Müller 1989
2. berichtete Auflage / 2nd revised edition 1992
Quellen / Sources:
Geomorphologische Karteninterpretation / Geomorphological interpretation of topographical maps: Dr. Georg Schulz
Mapa Físico e Político del Perú 1984³ 1:100 000, Hoja No.2, No.3 (Instituto Geografico Nacional)
Kartennetzentwurf / Map projection:
Gaußsche Abbildung, längentreuer Hauptmeridian 75° W / Gauß-Krüger Projection, equidistant meridian of origin 75° W
Druck / Print:
Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften

Abb. 1 a : Südöstliches Anschlußblatt von Abb. 1 / Fig. 1 a : Mapsheet adjoining Fig. 1 in the southeast

