

# Zur Geologie des Paläozoikum in den südöstlichen Anden von Peru

Autor(en): **Katz, Hans Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **52 (1959)**

Heft 2

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-162597>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Zur Geologie des Paläozoikums in den südöstlichen Anden von Peru

Von Hans Rudolf Katz, Chile

Mit 2 Textfiguren

## RESUMEN

En los Andes del sureste del Perú, las formaciones sedimentarias más antiguas abarcan una serie comprensiva que va desde el Ordoviciano (ó más antiguo) hasta el Devoniano. Es del tipo hemipelágico, y no hay evidencia para una orogénesis Caledoniana. La discontinuidad en la sedimentación después del Devoniano Medio, un metamorfismo parcial de los estratos del Paleozoico inferior y la intrusión de grandes batolitos de rocas graníticas alcalinas sugieren que el primer ciclo orogénico tuvo lugar entre el Devoniano y el Carbonífero. Sin embargo, el mar permocarbonífero encontró depresiones poco afectadas por el diastrofismo anterior, por lo cual a menudo no hay discordancia angular entre el Paleozoico inferior y superior.

En el perfil muy fosilífero del valle de Carabaya (Prov. Azángaro), el retroceso del mar pérmico es indicado por el suministro repentino de material terrígeno rojo, el depósito de clásticos y la erosión de las calizas con fusulinas del Permocarbonífero. Corresponde esto al segundo ciclo orogénico (formación de los Gondwánides). Posteriormente, perturbaciones algo intensas afectaron al conjunto de los estratos paleozoicos y permotriásicos con un rumbo perpendicular al Cretáceo del Lago Titicaca. Se correlaciona tal tectónica aparentemente pre-Andina con el ciclo Nevadense, que era efectivo a la vez en otras partes del Perú.

En la misma provincia de Azángaro, se ha comprobado la extensión mucho más grande del Paleozoico, en zonas donde el reciente mapa geológico del Perú (publicado por la Sociedad Geológica del Perú, 1956) exhibe únicamente Cretáceo.

## ENGLISH SUMMARY

The oldest sedimentary series in the Andes of southeastern Perú consists of dark marine, graptolitic shales and sandstones of lower Paleozoic age; it constitutes a comprehensive series several kilometres thick, which ranges from below the lower Ordovician up to middle Devonian. It is strongly folded and partly metamorphosed, being intruded by various igneous sills and dykes as well as by huge batholiths of mainly alkaline rocks. These are considered to be of upper Devonian to lower Carboniferous age.

Indications of Caledonian orogeny are lacking, but diastrophism apparently occurred after the middle Devonian; it forms part of the Old Variscan cycle. The Pennsylvanian to lower Permian marine transgression found several areas of great uplifts, which partly remained dry land; intermediate basins which had only little been affected by the Old Variscan movements were covered by the upper Paleozoic sea, though not everywhere simultaneously.

A second period of orogenic movements followed after the middle Permian, when Young Variscan diastrophism created the Gondwanides; these extended from the Argentine through Bolivia into Perú. In a detailed section it is shown how the Permian sea ended in a regressive phase, its marine deposits, although still rich in fossils, suddenly being mixed with red material apparently derived from nearby terrestrial sources. Coarse red clastics unconformably overlie the Permocarboniferous limestones and shales at a regional scale; the thick synorogenic deposits are associated with rhyolitic and andesitic effusives. For the Permo-Triassic period great erosion thus is ascertained, and the thick sandstone series which along the northeastern Andean slope unconformably covers the Lower Paleozoic is correlated with this period; it seems to be the northwestward extension of known Gondwana deposits in Bolivia.

In most parts of our area the clastic redbed deposits, which were formed as a result of destruction of the Gondwanides, continue upwards without further unconformities into the Cretaceous or even Tertiary. This indicates that great depositional basins of semi-continental character remained undisturbed through all those times which preceded the main Andean folding.

However, in some places strong tectonical disturbances of pre-Andean age are recognised in marine Permocarboferous as well as continental Gondwana beds; they are tentatively correlated with the Kimmeridgian folding cycle (Nevadian revolution). Such older tectonics often expose a trend which is not conformable with the Andean one; in most cases, however, old structures are overcome by the Tertiary folding and turned over into the new system of mountain-building. Thus the great complexity of the present Andes, which appear to be composed of several unities very different in age and type, clearly is demonstrated.

## EINFÜHRUNG

Wie seit langem bekannt, sind paläozoische Gesteine am Aufbau weiter Gebiete in den östlichen Anden von Südperu und Bolivien beteiligt. Zum Teil sind sie sehr fossilreich, aber trotzdem ist es bis heute nicht gelungen, über die Grosseinheiten «älteres» und «jüngeres» Paläozoikum hinaus eine kartierbare stratigraphische Gliederung aufzustellen; jüngere Schichten als Unterperm bestehen zudem hauptsächlich aus sterilen Rotschichten. So ist die geologische Geschichte in mancher Beziehung dunkel geblieben, wenn auch da und dort grosstektonische Geschehnisse paläozoischen Alters erkannt werden können, die für die Formierung dieses Teils der Anden sicher von weitreichender Bedeutung waren.

Aus dem Altpaläozoikum wird hauptsächlich Devon zitiert. Doch sind von den Dschungeltälern des Rio Tuichi (Bolivien), Rio Inambari und Rio Marcapata östlich der Hauptwasserscheide mehrere Stellen bekannt, die beträchtliche Aufsammlungen von ordovizischen Fossilien lieferten. Gut unterscheidbare lithologische Merkmale fehlen jedoch, weshalb es bis jetzt nicht möglich ist, auf geologischen Karten Formationsgrenzen anzugeben. Die ganze Schichtreihe ist sehr eintönig und besteht beinahe ausschliesslich aus dunklen Schiefen und untergeordnet Sandsteinen von einer Gesamtmächtigkeit von mehreren Kilometern. Es scheint sich wohl um eine «série compréhensive» zu handeln, die möglicherweise schon unter dem unteren Ordovizium beginnt und bis ins mittlere Devon reicht.

Das Jungpaläozoikum – pennsylvanische und unterpermische Kalke und Schiefer, die an einigen Stellen von einer kontinentalen Serie von unterkarbonischem Alter (Mississippian) unterlagert sind – ist vom Altpaläozoikum durch eine grosse Schichtlücke regionalen Charakters geschieden. Eine Winkeldiskordanz zwischen den beiden Serien, die allgemein parallel zu liegen scheinen, ist in den meisten Profilen zwar nicht zu erkennen. Es ist deshalb angenommen worden, dass das Gebiet vom Mitteldevon bis ins Unterperm relativ stabil geblieben wäre, mit Ausnahme von geringen vertikalen Blockverschiebungen. Wie im folgenden gezeigt werden soll, stimmt dies allerdings mit Detailbeobachtungen im Gelände nicht überall überein; schon DOUGLAS wie auch CABRERA LA ROSA PETERSEN erwähnten ausgeprägte Diskordanzen zwischen Unter- und Oberpaläozoikum, ähnlich wie es auch von Zentralperu bekannt ist (McLAUGHLIN, BOIT, HARRISON).

Das marine Unterperm (einschliesslich Leonard) wird diskordant von roten Sandsteinen und Konglomeraten, Schiefen und vulkanischen Gesteinen überlagert (andesitische und rhyolitische Lavaergüsse, Tuffe und Agglomerate).

NEWELL bezeichnet alle diese Schichten als Mituserie («Mitu Group»); ein Name, der bisher für die post-karbonischen aber prä-obertriasischen Konglomerate von Zentralperu verwendet wurde (McLAUGHLIN, BOIT usw.). Diese Mituserie scheint ihre Basis im Mittel- oder Oberperm zu haben, währenddem die Obergrenze nicht genauer bestimmt ist. In Zentralperu wird die Serie von obertriasisch-liasischen Kalken und Schiefern überlagert, aber in den südöstlichen peruanischen Anden kommt sie entweder nicht in Kontakt mit jüngeren Formationen, oder reicht möglicherweise selbst bis in die Kreide hinauf; dies wird auch von NEWELL für die Gegend von Cusco angenommen, wo er für den oberen Teil der Huayllambaserie (GREGORY), die dort auf lithologisch ähnlichen, sicher permischen Rotschichten liegt, ein Kreidealter vermutet. Prä-kretazischer Diastrophismus erfolgte jedoch im Titicacaseegebiet, wo Kreide- und Tertiärserien nördlich des Sees direkt auf marines Oberpaläozoikum transgredieren, an einigen Orten sogar auf Unterpaläozoikum; eine Diskussion über die ursprüngliche, post-permische aber prä-kretazische Sedimentationsfolge, Ablagerung von Mituschichten usw. bleibt für jenes Gebiet somit auf Vermutungen und indirekte Hinweise angewiesen.

Einen ersten Einblick in die Probleme und Verhältnisse der südostperuanischen Anden hatte der Verfasser in den Jahren 1954/55 gewonnen, während welcher er Explorationsarbeiten für die Shell in Madre de Dios ausführte. Die darauffolgenden, weiterhin in Peru verbrachten Jahre gaben ihm Gelegenheit, vermehrt und auf breiterer Basis diesen Dingen nachzugehen und ein Bild der paläozoischen Geschichte zu formen, wie es in dieser Arbeit darzustellen versucht wird. Obwohl dazu verschiedene Reisen beträchtliche Beobachtungsdaten lieferten, sei aber daran erinnert, dass grosse Teile jener ausgedehnten Gebiete immer noch praktisch unbekannt geblieben sind.

### Das Altpaläozoikum

Neben mächtigen Intrusivmassen, wie sie in den bis 6300 m hohen Gebirgen des Salcantay, Ausangate, Allincapac, Nudo de Vilcanota und einigen Teilen der Cordillera de Carabaya vorkommen, besteht die Hauptmasse der östlichen Anden aus stark verfalteten und zum Teil metamorphen Serien von grauen bis schwarzen Ton- und Siltschiefern und Phylliten, die zwischengelagert da und dort braune und graue Sandsteine oder Quarzite enthalten. Diese Serien erstrecken sich bis weit hinunter in die Täler des nordöstlichen Andenabhanges, wo sie auch nahe der Vorlandebenen noch aufgeschlossen erscheinen. Es kann wohl angenommen werden, dass sie in weiter Verbreitung ebenso im Untergrund des amazonischen Tieflandes (Madre de Dios usw.) vorkommen.

Die Basis dieser Serien ist nirgends aufgeschlossen; es handelt sich um die ältesten Formationen des Gebietes, welche möglicherweise sogar oberstes Algonkium einschliessen. Kambrium ist ziemlich sicher beteiligt, da EVANS nur 30 km jenseits der Grenze, bei Pata in Bolivien, eine *Peltura* sp. gefunden hatte. Unteres Ordovizium (Llanvirn) wurde zuerst von DOUGLAS aus den Tälern des Chaquimayo und Quitari erwähnt, wo eine verhältnismässig reiche Graptolitenfauna existiert (BULMAN). Zwischen Santo Domingo und Limbani, sowohl auf der Nord- wie Südseite des Inambaritales fand ich weitere Graptoliten in pechschwarzen, dünnplattigen Pelitschiefern, die zum Teil rostrot anwittern und haufenweise



Abdrücke von Pyritkristallen enthalten. Aus derselben Gegend erwähnt STEINMANN *Diplograptus cf. truncatus* LAPW., was für oberes Ordovizium (Caradoc) spricht.

Wirkliches Silur (das heisst Obersilur nach europäischer Nomenklatur) ist in Südperu nirgends nachgewiesen worden. Wohl sprechen ältere Autoren oft von Silur, und vor allem BALTA und viel später auch STEINMANN erwähnen die grosse Verbreitung der «Silurformation», da sie das Ordovizium eben zum Silur gehörig

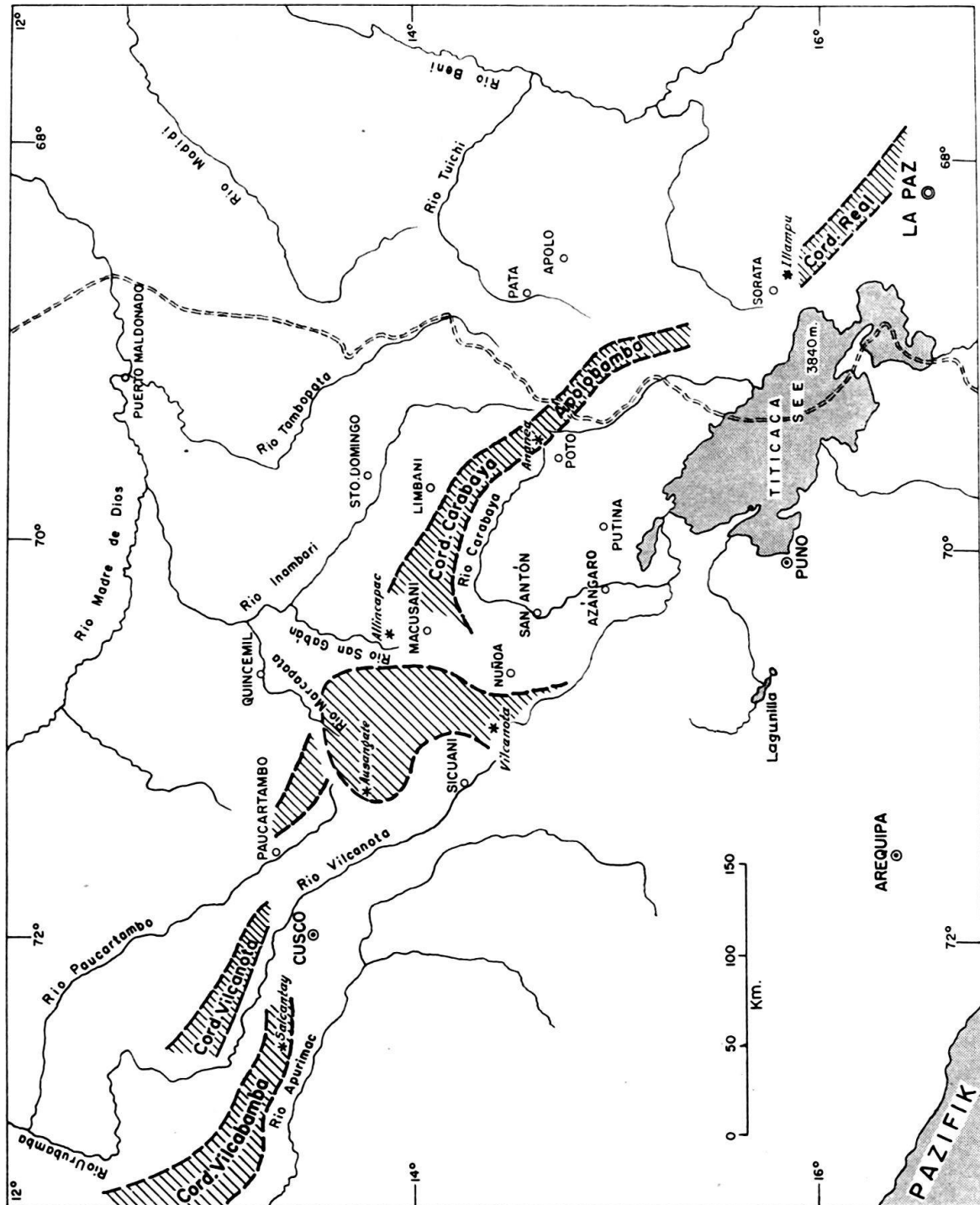


Fig. 1. Übersichtskarte mit Gewässernetz und orographischer Gliederung der Ostanden zwischen Südperu und

betrachteten; ein eindeutiger Fossilnachweis von *Gotlandium* ist hingegen nie erbracht worden (das einzige dafür in Betracht kommende Fossil, das BALTA von Ing. Rizo-Patrón aus der Gegend des Quellosanipasses südlich von Macusani gebracht worden war, erwies sich als *Terebratula antisiensis* D'ORB., welche identisch mit *Clarkeia antisiensis* von KOZLOWSKI ist und in unterdevonischen Schichten Boliviens vorkommt).

Eine Fauna, die sich bei näherem Studium möglicherweise als silurisch erweisen könnte, fand ich hingegen in einer mächtigen, sehr monotonen Serie von grauen Peliten am Inambarifluss unterhalb des San Gabán-Tales. In tonig-serizitischen und siltigen Schiefen ist dort eine Fossilbrekzie von wenigen Zentimetern zwischengelagert, die aus Fragmenten von Trilobiten, Brachiopoden, Cephalopoden und Gastropoden besteht. *Asaphus*-ähnliche Formen sowie solche, die dem von DOUGLAS aus dem Quitarital bei Quincemil beschriebenen *Homotelus* sp. gleichen, sprechen zwar noch für Ordovizium; doch lassen Spiriferen und andere Brachiopoden silurisches Alter vermuten, wie vor allem auch der Abdruck eines 7,5 cm grossen calymenen Trilobits, der möglicherweise *C. tuberculata* aus dem Wenlock entspricht.

Auffallend ist, dass sich alle diese Fundstellen von ordovizischen und eventuell silurischen Fossilien in den Tälern nordöstlich der hohen Kordillere (der Ostanden) befinden, währenddem aus dem intraandinen Bereich südwestlich derselben nur Devon nachgewiesen worden ist. Unterdevonische Fossilien sind bekannt vom Vilcanotatal aus der Nähe von Sicuani, und von Taya Taya nordwestlich von Puno wo DOUGLAS verschiedene Typen von *Conularia* fand. Vom Nordwestufer des Titicacasees erwähnt NEWELL Mitteldevon mit der diagnostischen Form *Homolonotus* sp. Jedoch sind in der Sierraprovinz zwischen Putina und Poto auch schwarze Schiefer, welche dort von rötlichen Kreidesandsteinen diskordant überlagert sind, weitverbreitet und von identischer Beschaffenheit wie gewisse, ordovizische Graptolitenschiefer im Inambarital; vom Cerro Salcantay bei Cusco zeigte mir R. FORSTER (Lima) ähnliche dunkle Schiefer, die tatsächlich Graptoliten führen. Es ist somit sehr wahrscheinlich, dass grössere Teile der altpaläozoischen Serien auch in den Sierragebieten nicht dem Devon angehören, sondern älter sind.

Der lithologische Charakter all dieser Schichten ist sehr eintönig. Die Hauptmasse besteht aus dunkelgrauen und schwarzen Schiefen; es sind feinst- bis siltkörnige Pelite, oft hart und plattig, doch treten auch bröcklige und blättrige Schieferchen von hellgrauer, zum Teil sogar rötlicher Farbe in nicht unbedeutender Mächtigkeit auf (z. B. zwischen Ccatca und Ocongate). Infolge verbreiteter Serizitbildung auf den Schichtflächen erscheinen viele Komplexe aus der Ferne gesehen in silbrig schimmernden Grautönen (z. B. auf den Höhen östlich von Urcos im Vilcanotatal). Allgemein zeigt sich in manchen Teilen, wenn auch nicht überall, grosse Ähnlichkeit mit den «Schistes lustrés» – Serien der Alpen.

Karbonatgesteine sind beschränkt auf einige seltene, plattige Kalksteineinlagerungen. Hingegen treten grüngraue Siltsteine, zum Teil metamorphisiert zu massivem Hornfels, in Verbindung mit diabasartigen Effusiva besonders südlich des Alto Madre de Dios und in der Gegend von La Pampa zwischen Inambari- und Tambopatafluss auf. Dort wie auch am Inambari unterhalb des Seitentales von San Gabán sind verschiedenartige Ergussgesteine (Dolerite, Melaphyre, mandel-

steinartige Diabase wie auch Porphyre) in grosser Zahl den braunen und grauen Quarziten und Phylliten lagergangartig (?) zwischengeschaltet.

Häufig sind fein- bis mittelkörnige, harte und gut gebankte Quarzite mit Schichtmächtigkeiten von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern; oft treten Kreuzschichtung und Ripplemarks auf. Die einzelnen Bänke sind meist durch dünne, schwärzliche Tonschieferlagen voneinander getrennt. Die Farbe der Quarzite, welche gewöhnlich in grösseren Schichtverbänden innerhalb der Pelit-schiefer und Phyllite auftreten, ist grau bis grünlich, auch olivbraun, und oft rostrot in der Anwitterung.

Diese viele Tausend Meter mächtige Schichtfolge von hauptsächlich pelitischen Gesteinen mit ausgezeichneter, regelmässiger Schichtung und Laminierung, verbunden mit charakteristischem Fossilinhalt, deutet auf mindestens hemipelagischen Absatz, auf relativ stabile, marine Verhältnisse eines nur langsam absinkenden Sedimentationsraumes in sicher zum Teil grosser Küstenferne (was schon durch die sehr ausgedehnte Verbreitung dieser Serien in Südamerika gegeben ist); der Sulfidreichtum und Gehalt an organischem Restmaterial vieler dieser dunklen Schiefer (welche in Bolivien zum Teil ölführend sind) beweist sauerstoffarmes Milieu, lässt somit ebenfalls auf sehr ruhige Absatzbedingungen schliessen. Die riesige Menge von feinklastischem Material, angehäuft über solch ausgedehnte Gebiete und während solch langer Zeiträume, bedingt wohl die Existenz gewaltiger Denudationsmassen: es handelt sich aber nicht um flyschartige Sedimente (wie z. B. von HARRISON interpretiert), und obwohl das Unterdevon in zum Teil mehr küstennaher Fazies entwickelt ist, fehlt in diesen Gebieten auch jeder Nachweis einer kaledonischen Orogenese.

Aus all dem Vorhergesagten ergeht, dass vorläufig keine durchgehende Unterteilung der altpaläozoischen Serien gemacht werden kann; Leithorizonte fehlen, und Fossilnachweis ist in zu geringem Umfang bisher erbracht worden, als dass diese sehr uniformen, jedoch stark verfalteten Schichten als zu verschiedenen Gliedern gehörig unterschieden werden könnten. Der Umstand, dass offenkundig keine Sedimentunterbrechung von Bedeutung, und jedenfalls keine abrupten, tiefgreifenden Wechsel in der Gesteinsfolge (d. h. in den Sedimentationsbedingungen) vorkommen, ist jedoch für sich allein schon sehr wichtig: vom unteren Ordovizium bis zum mittleren Devon wurde somit eine durchgehende, einheitliche Gesteinsserie oder «*Série compréhensive*» abgelagert.

### Die Bedeutung der oberdevonischen Schichtlücke

Weder von Peru noch von Bolivien sind oberdevonische Ablagerungen bekannt. Das Unterkarbon besteht mit sehr beschränkter Verbreitung aus hauptsächlich terrestrischen Sandsteinen und Schiefen mit kohligen Lagen und Pflanzenresten, sowie vulkanischen Tuffen (vgl. NEWELL 1953 mit vollständiger Literaturangabe). Oberkarbonische bis unterpermische, marine Kalke und Schiefer liegen somit an den meisten Stellen direkt auf Altpaläozoikum, wobei eine deutliche Winkeldiskordanz zwischen den beiden Gruppen jedoch selten sichtbar ist.

Nach genauen Untersuchungen an Fusulinen (DUNBAR) zeigte es sich, dass in einigen Gebieten – so auch in dem unsrigen – selbst das Pennsylvan fehlt, und die

marine Transgression nicht vor dem untersten Perm einsetzte. Prä-oberpaläozoischer Diastrophismus hatte offenkundig bedeutende Hochzonen geschaffen, welche zum Teil bis ins Perm hinein Festland blieben.

Ein deutliches Beispiel für unregelmässige topographische Verhältnisse vor der Ablagerung des marinen Jungpaläozoikums, aber auch für fortdauernde, ungleichmässige Bewegungen epirogenen Charakters während dessen Ablagerung findet man im Carabayatal nördlich von San Antón (wo nicht unweit davon DOUGLAS eine ausgeprägte Winkeldiskordanz zwischen Unter- und Oberpaläozoikum beobachtete). Nahe bei Chuquisani ist dort folgendes Profil aufgeschlossen (von oben nach unten):

11. Rotschichten: fein- bis mittelkörnige, rote Sandsteine und Schiefer. Bänke von harten, z. T. tuffogenen Sandsteinen. Rote Tonschiefer mit Zwischenlagen von 1–2 m mächtigen, dichten bis feinkristallinen, mergeligen Kalken von dunkelweinroter Farbe . . . . .	500 m +
10. Grauer Kalkstein, hellgrau anwitternd, in dünn-schichtigen Lagen wie auch bis 40 cm dicken Bänken. Nach oben zu mergelig-schiefrig und rötlich werdend . . . . .	2 m
9. Graue und lilafarbene, tonige Schiefer mit 1–3 cm dicken Kalksteinzwischenlagen . . . . .	1,2 m
8. Grauer, zuckerkörniger Kalk, sehr hart, mit mergeligen Flecken von rötlicher und grünlicher Farbe . . . . .	0,1 m
7. Graurote Mergel mit dünnen Zwischenlagen von hellgrauem Kalk und Kalkmergel . . . . .	1,4 m
6. Grauer, dichter Kalk, mergelig . . . . .	0,5 m
5. Graue bis rotviolette Mergel mit dünnen Zwischenlagen von hellgrauem Kalk . . . . .	1,1 m
4. Hellgrauer, plattiger Kalk, dicht bis feinkristallin . . . . .	1,0 m
3. Dunkelgrau-bläulicher, dünnplattiger Kalk, dicht, mit Fusulinen; hellgrau anwitternd . . . . .	1,0 m
2. Dunkelgrauer Kalk mit Fusulinen, dicht bis feinkristallin, graubraun anwitternd . . . . .	0,1 m
1. Dunkelgraue, rostrot anwitternde, blättrige Schiefer mit Zwischenlagen von grauen und grünlichen Siltsandsteinen, abwärts in einen mächtigen Komplex von gut gebankten, braunen und weisslichen, grau anwitternden Quarziten übergehend. Altpaläozoikum. . . . .	1000 m

In diesem Profil, das vollkommen konkordant ist, besteht das marine Permo-karbon aus grauen Kalken mit Fusulinen an der Basis, Mergeln und Schiefen von total nur 8,4 m Mächtigkeit (Nr. 2–10). Nur 4–5 km weiter nördlich jedoch, jenseits von einem ausgeprägten, W-E-streichenden Vertikalbruch (der wohl bereits von präkarbonischer Anlage und später wieder reaktiviert worden ist), erscheint das obere Paläozoikum mit grauen, Fusulinen und Brachiopoden führenden Kalken von 300 m Mächtigkeit, welche diskordant von roten Konglomeraten und Sandsteinen überlagert sind.

Von NEWELL (1949) ist das ganze Gebiet hier als Kreide kartiert worden, obwohl über weite Zonen hinweg Paläozoikum ansteht. Tatsächlich besteht der grössere Teil der Provinz Azángaro, d. h. das Gebiet nördlich der Linie Putina–Muñani–San Antón, und nach Nordwesten bis weit über das Quenamarigebiet hinaus (Nudo de Quenamari, 5854 m) und bis in die Gegend zwischen Nuñoa und Macusani aus paläozoischen Gesteinen, d. h. fossilführendem Oberpaläozoikum sowie altpaläozoischen Schiefen und Quarziten: auch auf der geologischen Karte von Südamerika (Geological Society of America 1950) sowie der jüngsten, 1956 von der Sociedad Geológica del Perú veröffentlichten, geologischen Karte von Peru (1:2 Mill.) ist hier ausschliesslich Kreide angegeben.



Ein Vergleich der Mächtigkeiten und lithologischen Entwicklung des marinen Oberpaläozoikums, sowie dessen regionaler Verbreitung lässt nun vermuten, dass das permokarbonische Meer vom Titicacasee und der Gegend nördlich davon nicht in direkter Ausdehnung bis ins Vilcanotal und die Gegend von Cusco–Paucartambo reichte (obwohl von dorthin wahrscheinlich eine Meeresverbindung mit dem Titicacasee bestand, jedoch südsüdostwärts via die Apurimac–Yauri-Gegend). Die grosse, permokarbonische Senke der Vilcanota–Paucartambo–Urubamba-Region war vielmehr im Südosten von einer alten Hochzone begrenzt, die auch heute noch durch hohe, quer zum Andenstreifen sich hinziehende Gebirgsstöcke markiert ist (vom Nudo de Vilcanota zu den Tälern des Marcapata und San Gabán und der Gruppe des Allincapec). Diese sind durch Tiefengesteine der Alkalireihe charakterisiert (alkalireiche Hornblendegabbros mit Pegmatiten, Monzonite, Nephelinsyenite, Foyaite, Eläolithporphyre, Alkali-Mikroklinggranite usw.), sowie durch verschiedene vulkanische Abkömmlinge derselben (vgl. DOUGLAS und FRANCIS). Diese Gesteine stehen in auffallendem Kontrast zu den gleichförmigen, kalkreichen Granodioriten der westlichen Kordilleren.

Diese und andere, in den östlichen Anden gefundene Eruptivgesteine (Syenite nördlich von Macusani, Biotitgranite bei Limbani, rötliche und violette Monzonite und Monzonitporphyre am Huacamayofluss nördlich von Santo Domingo, in Verbindung dort mit biotit- und augitreichen Quarzdioriten und grünen Sanidinporphyren) treten ausschliesslich im Kontakt mit altpaläozoischen Schichten auf. Umgekehrt sind in die permokarbonischen Kalke vom Titicacasee oder des Cuscogebietes nirgends ähnliche Tiefengesteine eingedrungen, noch sind sie durchsetzt von Lagergängen wie z. B. das Altpaläozoikum in den Tälern des Inambari und von La Pampa (mit Ausnahme einiger Melaphyr- und Andesitgänge – z. B. im Vilcanotal –, welche der jüngeren Effusivgesteinsgruppe der Mituserie angehören). Offenbar fand die Intrusion dieser Alkaligesteine sowie die Metamorphose des Altpaläozoikums somit vor der Meeresstransgression des oberen Paläozoikums statt.

Abgesehen von allgemeiner Hebung und Meeresregression zwischen Oberdevon und Unterkarbon bildeten demnach orogene Phasen von regionaler Bedeutung verschiedene, komplexe Hochzonen heraus (Faltung, Bruchbildung sowie Intrusion von Tiefengesteinen samt Metamorphose der altpaläozoischen Schiefer); diese bilden zum Teil auch heute noch das Rückgrat der östlichen Anden. Zwischen den Hochzonen jedoch erhielten sich relativ ungestörte Gebiete, welche später die Sedimentationsräume des Permokarbonmeeres wurden. Deshalb – da die Profile des oberen Paläozoikums hauptsächlich innerhalb dieser Becken aufgeschlossen und auch studiert worden sind – ist eine Winkeldiskordanz an seiner Basis nur selten beobachtet worden. Wie wir sehen, ist daraus jedoch nicht auf tektonische Stabilität im allgemeinen zu schliessen, da andererseits oberdevonischer Diastrophismus in grossem Ausmass angezeigt ist.

Diese oberdevonischen Hochzonen erstreckten sich bis weit über das gegenwärtige, andine Kordillengebiet hinaus und umfassten zum mindesten auch die subandinischen Gegenden vom Marcapatatal und bis zur bolivianischen Grenze beim Tambopatafluss. Die verschiedenartigen Intrusivgesteine dort, wie auch gewisse Metamorphose und die intensive Verfaltung der altpaläozoischen Schiefer machen dies unzweifelhaft deutlich; es scheint, dass auch das Fehlen von marinem Ober-



paläozoikum in jenem ganzen Gebiet (das wohl auf Nichtablagerung beruht) damit im Zusammenhang steht.

### Permische Rotschichten und post-paläozoische Ablagerung von kontinentalem Schutt

Die Kalke des Permokarbon, welche westlich des Carabayatales den Cerro Quenamari (4844 m; nicht zu verwechseln mit dem weit höheren Nudo de Quenamari) und Cerro Yaritani (4740 m) aufbauen, sind dort zum Teil von roten Mergeln und Kalkmergeln überlagert, die ebenfalls noch oberpaläozoischen Alters sind. Nahe bei Huaricunca Apachetapata ist in oststreichenden, 40–50° südfallenden Schichten folgendes Profil aufgeschlossen (von oben nach unten; vgl. Fig. 2):

28. Lilarote, plattige Mergelkalke mit Brachiopoden (? <i>Rhipidomella</i> sp.) . . . . .	0,7 m
27. Graurötlicher, hellgelb–braun anwitternder Kalk, dicht und massig, mit verkielten Brachiopoden . . . . .	0,3 m
26. Rote, dünnplattige Mergel, kalkig . . . . .	1,0 m
25. Dunkelrote, zuckerkörnige Mergelkalke, hellgrau–rötlich anwitternd, mit Brachiopoden und Crinoidenstielgliedern in 3 getrennten Zonen . . . . .	0,4 m
24. Rote Tonschiefer mit 2 Zwischenlagen von fossilführendem Mergelkalk ähnlich Nr. 25, je 20 cm dick . . . . .	0,8 m
23. Rotviolette Mergelschiefer mit dünnen, Brachiopoden-führenden Kalklagen von je 0,5–2 cm . . . . .	2,2 m
22. Rote bis lilafarbene Tonschiefer mit harten, kalkigen oder kieseligen Fossilzonen von wenigen Zentimetern, welche Spiriferen ( <i>Sp. condor</i> ), Productiden ( <i>P. semireticulatus</i> ), <i>Chonetes</i> , <i>Derbyia</i> , Crinoiden und Bryozoen enthalten . . . . .	1,0 m
21. Rote Tonschiefer mit etwa 10 unregelmässig verteilten, harten Kalkzwischenlagen von wenigen Zentimetern Dicke; diese bestehen aus Fossilbrekzien oder vollständig zoogenen Kalken von oft gelbbrauner Farbe . . . . .	9,0 m
20. Dunkelroter Mergelkalk, dicht bis fein zuckerkörnig, leuchtend rot anwitternd	0,4 m
19. Rote Tonschiefer, z. T. sandig, mit gelben Kieselzwischenlagen von einer Dicke bis zu 1 cm. Daneben 3–10 cm dicke, rotbraune, zoogene Kalkeinlagerungen, die hauptsächlich aus Brachiopodenschalen bestehen: <i>Productus</i> , <i>Spirifer</i> , <i>Derbyia</i> , Crinoiden . . . . .	5,0 m
18. Rötlicher Kalk mit Brachiopoden . . . . .	1,5 m
17. Weinroter, plattiger Kalk, rote Tonschiefer und Mergelkalk mit einigen Zwischenlagen von gelbem, sandigem Mergel . . . . .	5,0 m
16. Hellgrauer, kristalliner Kalk, gelb anwitternd . . . . .	1,0 m
15. Roter bis lilafarbener, harter, gut geschichteter Kalksteinkomplex. Dichter bis fein zuckerkörniger Kalk, z. T. mergelig und mit tonigen und sandigen Zwischenlagen. Einige der härteren Bänke sind voller Fossilien, vor allem Productiden (? <i>P. cora</i> ) und Spiriferen, aber auch Crinoiden und Bryozoen; in den unteren Horizonten kommen hell graugelbe, auch rote Mergelkalke mit Gastropoden vor . . . . .	8,0 m
14. Roter, fossilleerer Kalk . . . . .	6,0 m
13. Hellgrauer bis grüngelblicher, mergeliger Sandstein, braun anwitternd . . . . .	1,0 m
12. Dunkel- bis weinroter, harter, kristalliner Kalk in 0,1–1 m dicken Bänken, mit einigen weisslich-gelben Kiesellagen . . . . .	12,0 m
11. Grauer, plattiger Mergelkalk, hell olivgrün anwitternd . . . . .	1,0 m
10. Wechsellagerung von schwarzen und olivgrauen, blättrigen Schiefen und schwarzem, plattigem Dolomitkalk, hart, braun–orange anwitternd. Zuoberst sowie in weiteren Zwischenlagen olivgraue Kalkmergel, an deren Basis weisslicher, schiefriger Kalk . . . . .	6,0 m
9. Hellgrauer, grobkristalliner Dolomit, massig . . . . .	8,0 m

8. Dunkelgrauer, sehr harter Kalk, dicht bis fein zuckerkörnig, mit braunen Kieselkonkretionen und verkieselten Brachiopoden (Productiden etc.), sowie grobkristallinen Crinoidenbrekzien. Gut geschichtet, Einzellagen 0,1–0,5 m dick; von weitem ist Schichtung jedoch kaum ersichtlich, der Kalk erscheint massig und baut hohe, kompakte Felsstufen und -wände auf. Hellgrau anwitternd, oft auch leicht rötlich. An der Basis hervortretende, 2–3 m dicke Bank von kompaktem, grauem Kalk . . . . .	50–60 m
7. Nicht aufgeschlossen (Tonschiefer?) . . . . .	2,0 m
6. Dunkelgraubraune Kalkbank, fein zuckerkörnig, mit verkieselten Brachiopoden . . . . .	0,5 m
5. Nicht aufgeschlossen (Tonschiefer?) . . . . .	2,5 m
4. Graue, kristalline Dolomitbank mit Brachiopoden, braunorange anwitternd . . . . .	0,3 m
3. Graubraune Kalkbank mit Brachiopoden . . . . .	0,5 m
2. Schlecht aufgeschlossen. Dunkelgraue bis schwarze, blättrige Schiefer, z. T. rostig anwitternd; im unteren Teil Zwischenlagen von dunkelgrauen und braunen Sandsteinen, feinkörnig und dünn-schichtig, hellgrau anwitternd . . . . .	20–25 m
1. Mächtiger Komplex von gut gebankten, grauen Kalken mit einigen Schieferzwischenlagen. Der Kalkstein ist dicht bis fein zuckerkörnig; z. T. auch plattig absondernd. Führt Fusulinen in Mengen, aber verhältnismässig wenig Brachiopoden. Charakteristisch sind bis 5 m mächtige Zwischenlagen von rosafarbenem, kalkigem Dolomit, der braun–orange anwittert. Im unteren Teil auch graubraune, plattige Kalke . . . . .	150–200 m
<hr/>	
Totale Mächtigkeit des hier aufgeschlossenen, marinen Permokarbon: . . . . .	300–360 m

Die mächtigen, grauen Kalke, die in diesem Profil konkordant von fossilreichen roten Tonen, Mergeln und Kalken überlagert sind, liegen wenige Kilometer weiter östlich unter roten Tonsiltschiefern und Sandsteinen, welche ebenfalls noch verkieselte Crinoidenstielglieder, Broyzoen und Fragmente von Brachiopoden führen. Noch weiter östlich, an einem hervortretenden Berg (4460 m) direkt am Carabayafluss, werden sie mit einer Winkeldiskordanz von 20–30° von groben, roten Brekzien und Konglomeraten überlagert. Deren Grundmasse wird von hartem, sandig-tonigem Zement von roter Farbe gebildet, währenddem die schlecht gerundeten Komponenten, die in einzelnen Fällen bis kopfgross werden, aus grauen, zum Teil fossilführenden Permokarbonkalken, braunen und gelben Sandsteinen und Quarziten sowie Ergussgesteinen bestehen. Typisch für die Brekzie ist ihre ausserordentlich schlechte Sortierung.

Es ist somit offenkundig, dass die marine, relativ ruhige und gleichmässige Sedimentation des Permokarbon, welche bei Huaricunca Apachetapata nach oben zu in ebenfalls noch marine, aber wohl durch scharf kontinentale Einflüsse bedingte Rotschichtenfazies von recht unausgeglichenem Charakter übergeht, schon während des Perm unterbrochen wurde und zum Teil tiefgreifender Erosion Platz machte. Die groben Konglomerate des Carabayatales sind sehr ähnlich den roten Mitukonglomeraten, wie sie entlang dem Vilcanotal auf die Kalke des Unterperm wie auch die altpaläozoischen Schiefer übergreifen. Östlich von Cusco überschneidet die Diskordanz wohl mindestens 1000 m des stratigraphischen Profils. Andesitische und rhyolitische Ergussgesteine und Tuffe sind zudem häufig mit den roten Psephiten und Psammiten vermischt und belegen auf ihre Weise die Existenz einer recht labilen Kruste. Unzweifelhaft gehören die tektonischen Bewegungen dieser Zeit zum selben Zyklus, der weiter südlich die südamerikanischen Ketten des Gondwanalandes schuf. Es ist deshalb naheliegend, eine einstmalige Ausdehnung

der Gondwaniden von Argentinien und Bolivien bis ins südliche Peru hinein anzunehmen (vgl. W. RÜEGG, der die Aufrichtung von Oberkarbon und Perm im Küstenabschnitt von Südperu ebenfalls als gondwanisch betrachtet).

Nun sind die roten, klastischen Gesteinsserien im Hangenden des Paläozoikums auf weite Erstreckung hin ein sehr charakteristisches Schichtglied; ihre geologische Bedeutung ist jedoch nicht überall vollständig klar. Besonders dort, wo die Mitsu-schichten in mächtiger, konkordanter Serie von wenig verändertem Habitus offenbar bis in die Kreide oder das Alttertiär hinauf sich gewissermassen ausdehnen – obwohl sie andernorts von marinem Jura und Kreide abgelöst werden und sogar, wie wir noch sehen werden, auch oberjurassische sowie jüngere Faltenbewegungen ausgeprägte Diskordanzen schufen –, ist eine sichere Erfassung der post-gondwanischen Geschichte nicht leicht.

Solch langandauernde, fortgesetzte Sedimentation von klastischem, kontinentalem Schutt und das Fehlen jeglicher nennenswerten, marinen Transgression oder einer Winkeldiskordanz können wohl nur die Folge ganz besonderer Verhältnisse sein. Diese scheinen aber in unserem Gebiet vor allem im Osten und Südosten geherrscht zu haben, d. h. entlang dem Nordostabhang der Ostkordillere. In der subandinischen Zone von Caupolicán in Nordbolivien ist das marine Permokarbon nur sehr reduziert vorhanden und fehlt nordwestlich vom Benifluss überhaupt; 600 bis 1800 m mächtige Sandsteine der Gondwanaserien überlagern dort diskordant das Altpaläozoikum (vermutlich meist Unterdevon). Die tieferen Beosandsteine enthalten sporadische Konglomeratlagen und möglicherweise sogar Tillite; aufwärts gehen sie in die gut gebankten Balasandsteine über, die mehr und mehr Zwischenlagen von roten Tonschiefern aufnehmen. Mit allmählichem Übergang folgen darüber die Rotschichten der Quendequeformation, welcher Oberkreide- bis Alttertiäralter zugeschrieben wird (vgl. AHLFELD).

Eine sehr gleichartige Schichtfolge konnte ich auch in Peru beobachten, wo zwischen dem Tambopata- und Inambari-Marcapatafluss das Altpaläozoikum (Ordovizium bis möglicherweise Obersilur) mit vermutlicher Diskordanz von einer 1000–2000 m mächtigen Serie gut gebankter, harter Sandsteine überlagert wird; diese enthalten graugrüne und rote Tonschieferzwischenlagen bis zu mehreren Metern Dicke. Aufwärts gehen sie ohne scharfe Grenze in bröcklige, rote Tone und rotbraune Tonsandsteine über; am Huayllumbefluss nahe bei Quincemil fand DOUGLAS in grauen sowie bunten, zum Teil siltigen Tonen und Mergeln, die unzweifelhaft derselben Stufe angehören, eine schlecht erhaltene Brackwasserfauna von ungefähr Oberkreide- bis Alttertiäralter.

Es scheint somit, dass in diesen Gebieten die regionale Wirkung des jungherzynischen Diastrophismus sich in kontinuierlicher Ablagerung einer hauptsächlich kontinentalen Serie auswirkte, welche offenkundig das Resultat von fort-dauernder Erosion der Gondwaniden war. Es beweist aber auch, dass ausgedehnte Depressionszonen von semikontinentalem oder nur schwach marinem Charakter relativ ungestört von permotriasischer Zeit bis ins Tertiär hinauf existierten. Solcherart waren wohl auch die Verhältnisse in gewissen Zonen innerhalb der gegenwärtigen Anden, wo die Mitsu-schichten ohne sichtbaren Unterbruch bis zur Kreide reichen, wobei die ganze Serie in terrigener Rotschichtenfazies ausge-

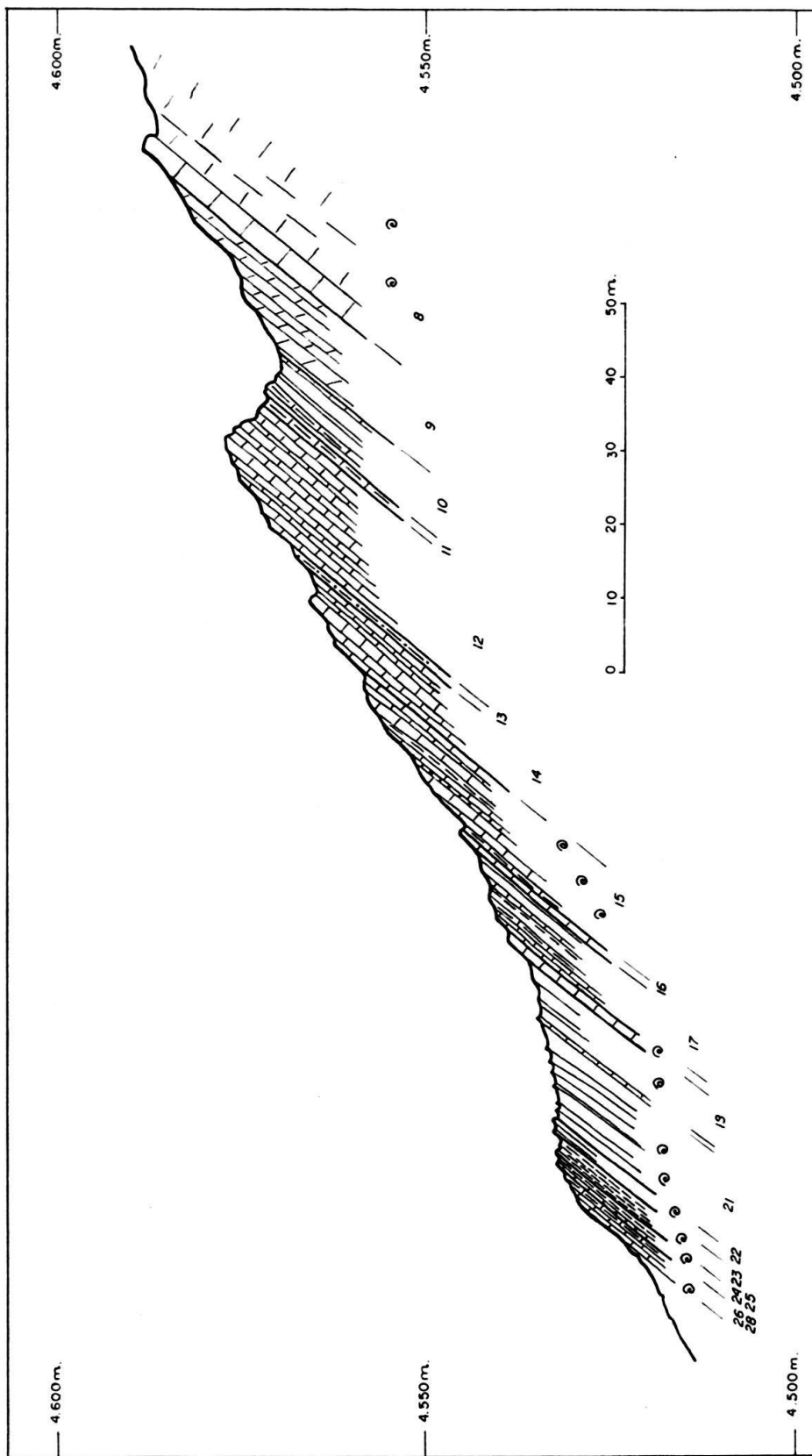


Fig. 2. Profil durch die roten Tone, Mergel und Kalke im Hangenden des marinen Permokarbons mit Fusulinen. Huaricunca Apache-tapata westlich vom Carabayata. (vgl. Profilbeschreibung auf S. 729 und 730).

bildet ist; dies scheint z. B. auch der Fall zu sein im Hangenden des auf S. 727 beschriebenen Profils von San Antón.

Südwärts gegen den Titicacasee sind es jedoch rote, terrestrische Sedimente der Oberkreide (Putinaserie NEWELLS, hauptsächlich rote Sandsteine und rote, gipsführende Tone, sowie kieselige Schiefer mit *Chara*-Oogonien), die direkt und unter Ausschluss der permotriasischen Mituschichten auf Ober- wie Unterpaläozoikum übergreifen, wie es vor allem zwischen Putina und Poto deutlich sichtbar ist. Es ist wohl möglich, dass diese Serie – wie GERTH es annimmt – ursprünglich in Verbindung stand mit den Rotschichten gleichen Alters am Nordostabhang der Anden, doch ist jedenfalls die vorgängige Geschichte beider Gebiete sehr verschieden verlaufen. Wenn man zudem bedenkt, dass unmittelbar am Titicacasee diese Oberkreide von einer recht mächtigen, zum Teil marinen Mittel- und Unterkreide unterlagert wird (Mohoserie mit den Ayavacaskalken des Apt und Alb), welche ihrerseits westlich von Puno mit einem Basalkonglomerat auf scharf aufgerichtete, marine Juraschichten transgrediert (Lagunillasschichten des Callovien und möglicherweise Oxford), so stellt die oben erwähnte, riesige Schichtlücke zwischen Altpaläozoikum und Oberkreide im intra-andinen Raum ein sicherlich besonders komplexes Phänomen dar. Da wir aber gesehen haben, dass das Paläozoikum in der Gegend des Carabayatales eine viel grössere Verbreitung hat als bisher angenommen, und es dort zudem von noch unzweifelhaft permotriasischen Mituschichten überlagert wird, wären detaillierte Neuaufnahmen in der Provinz Azángaro wohl von bedeutendem Interesse; es ist sehr wohl möglich, dass dabei eine sicherere Gegenüberstellung der eigentlichen Gondwanaserien und der ebenfalls kontinentalen, roten Oberkreide erzielt werden kann, ganz abgesehen von einer wenigstens annähernden Lösung mannigfacher, historisch-tektonischer und paläogeographischer Fragen.

So ist z. B. auch in diesem Gebiet – gleich wie bei Lagunillas westlich vom Titicacasee, wo oberjurassische Faltung direkt nachgewiesen ist – eine mesozoisch-präkretazische Tektonik noch angezeigt. Denn während die Kreidenserien von Putina-Huancané überall NW-SE, d. h. parallel dem Andenstreifen verlaufen und damit deutlich das System der jüngsten Faltungsphasen charakterisieren, streicht das Paläozoikum im Carabayatal (sowohl marines Permokarbon wie diskordant darüberliegende Mitu-Rotschichten) auffallenderweise und ebenso deutlich nach ENE, also quer zur Andenrichtung. Intensive Verfaltung dieser Art ist am Cerro Pucacunca (4713 m) aufgeschlossen, wo eine grosse, liegende Falte aus permokarbonischen Kalken und Schiefen nach Süden zu aufgeschoben erscheint. Zweifelsohne sind diese Strukturen älter als die tertiäre Hauptphase der andinen Orogenese, aber auch älter wohl als die oberkretazische Faltung (peruanische Faltung von STEINMANN), die in Südperu kaum wirksam war. Sie dürften einer kimmerischen Phase entsprechen, die auch in anderen Teilen der Anden Bedeutung erlangte (z. B. im Küstensektor von Südperu, vgl. RÜEGG; ebenso ist sie im zentralen Teil von Ostperu erkennbar, wo die neokomen Aguas Calientes-Sandsteine mit deutlicher, regionaler Diskordanz über die oberjurassische, zum Teil rote und kontinentale Chapizaformation transgredieren). Solche ältere Strukturen wurden jedoch meist von der intensiven Faltung des Tertiärs überprägt und dem neuen, einheitlicheren Gebirgsbau angepasst und einverleibt, in dem sie oft



kaum noch erkennbar sind. Nur kleinere, isolierte Teile sind da und dort verhältnismässig intakt geblieben, verlieren aber nach einiger Distanz – wie es der Fall ist in unserem Gebiet östlich des Carabayatales – ihren besonderen Charakter und gehen unter in echten, jungen Andenstrukturen.

#### WICHTIGSTE LITERATURANGABEN

- AHLFELD, F. (1946): *Geología de Bolivia*. Rev. Museo La Plata, 3, Geol. no. 19, La Plata. 370 pp., 115 fig., 1 Karte 1:1212000.
- BALTA, J. (1898): *Más fósiles de Carabaya*. Bol. Min. 14, Lima.
- BOIT, B. (1939–1940): *Lineas generales de la estratigrafía de la región del Cerro de Pasco*. Act. Acad. Nac. Cienc. Exact., etc., año 2, 2, fasc. III, pp. 259–286 und 317–342, Lima..
- (1945): *Geología post-carbónica de Carhuamayo*. Act. Nac. Cienc. Exact., etc., año 8, 8, fasc. II, pp. 69–85, Lima.
- BULMAN, O. M. B. (1933): *Report on the graptolites from the Quitari area, Peru*. Quart. J. geol. Soc. London no. 355, 89, pp. 348–356.
- CABRERA LA ROSA, A., & PETERSEN, G. (1936): *Reconocimiento geológico de los yacimientos petrolíferos del Departamento de Puno*. Bol. Cuerpo Ing. Perú, no. 115, Lima (mit Karte und Photographien).
- DOUGLAS, J. A. (1920): *Geological Sections through the Andes of Peru and Bolivia: From the Port of Mollendo to the Inambari river*. Quart. J. geol. Soc. London, 76, pp. 1–58.
- (1933): *The Geology of the Marcapata valley in eastern Peru*. Quart. J. London, 89, pp. 308–348.
- DUNBAR, C. O., & NEWELL, N. D. (1946): *Marine early Permian of the Central Andes and its Fusuline Faunas*. Amer. J. Pal., 244, pp. 377–402 und 457–491, New Haven, Conn.
- EVANS, J. W. (1903): *Expedition to Caupolicán, Bolivia, 1901–1902*. Geogr. J. 22, pp. 601–645. London.
- FRANCIS, G. H. (1956): *La geología de la zona entre Macusani y Ollachea, provincia de Carabaya, departamento de Puno*. Inst. Nac. Invest. y Fomento Min., Bol. no. 15, pp. 57–75, Lima.
- GERTH, H. (1955): *Der geologische Bau der südamerikanischen Kordillere*. (Borntraeger, Berlin.)
- GREGORY, H. E. (1916): *A geological reconnaissance of the Cuzco valley, Peru*. Am. J. Sci., 41, pp. 1–100, 2 Karten, 44 Fig., New Haven, Conn.
- HARRISON, J. V. (1943): *The Geology of the Central Andes in part of the province of Junín, Peru*. Bol. Soc. Geol. Perú, 16, Lima.
- KOZLOWSKI, R. (1923): *Faune dévonienne de Bolivie*. Ann. Paléontol., 12, pp. 1–112, mit 10 Taf., 7 Fig., Paris.
- MCLAUGHLIN, D. H. (1924): *Geology and Physiography of the Peruvian Cordillera, Departements of Junín and Lima*. Bull. Geol. Soc. Am., 35, pp. 591–632, mit 8 Fig. und 1 Taf.
- NEWELL, N. D. (1949): *Geology of the Lake Titicaca Region, Peru and Bolivia*. Geol. Soc. Am., Memoir 36, 111 pp., Fig. und Karte.
- RÜEGG, W. (1956): *Geologie zwischen Canete–San Juan, 13°00'–15°24', Südperu*. Geol. Rdsch. 45, no. 3, pp. 775–858, Stuttgart.
- STEINMANN, G. (1929): *Geologie von Peru*. (Heidelberg, Carl Winters Universitätsbuchhandlung.)
- CHRONIC, B. J., & ROBERTS, T. G. (1953): *Upper Palaeozoic of Peru*. Geol. Soc. Am., Memoir 58, mit Fig. und 43 Taf.