

BEITRÄGE ZUR REGIONALEN GEOLOGIE DER ERDE

Herausgegeben von Prof. Dr. Dr. e. h. Alfred Bentz
Präsident der Bundesanstalt für Bodenforschung
Band 2

Hannfrit Putzer

GEOLOGIE VON PARAGUAY

1962

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN-NIKOLASSEE

GEOLOGIE
VON PARAGUAY

Biblioteca
Ciencias Natur
IOB - UN

von

Dr. habil. Hannfrit Putzer
Reg. Geologe an der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover
mit einem Beitrag von Dr. F. Bender

Mit 2 Fossiltafeln, 10 Tabellen
76 Textabbildungen und 1 geologischen Übersichtskarte

1962

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN-NIKOLASSEE

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks, der Herstellung von Mikrofilmen und der photomechanischen Wiedergabe vorbehalten.

© 1962 by Gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee

Klischees: Carl Schütte und C. Behling, Berlin-Tempelhof

Papier: Papierfabrik Scheufelen KG., Oberlenningen

Schrift: 10 Punkt Garamond mit 1 Punkt Durchschuß, 8 Punkt Garamond kompakt

Druck: Felgentreff & Co., Berlin SW 61

Printed in Germany

Vorwort

Die geologische Erforschung von Paraguay, dem „Land der Mitte“ im süd-amerikanischen Sub-Kontinent, begann 1894 mit den petrographischen Untersuchungen MILCH's. Seitdem wurden jedoch nur relativ wenig geologische Arbeiten veröffentlicht, von denen die meisten das leichter zugängliche Ost-Paraguay behandelten. Die ersten zusammenfassenden Darstellungen verdanken wir HARRINGTON (1956) und ECKEL (1959). In den großen Nachbarstaaten: Argentinien, Bolivien, Brasilien — deren geologische Strukturen sich nach Paraguay hinein fortsetzen — hatten reiche Lagerstätten bereits im 19. Jhd. Anlaß zu zahlreichen Spezial-Untersuchungen gegeben, die schon früh regional-geologische Gesamtbearbeitungen zur Folge hatten.

Der lange südamerikanische Krieg von 1864 bis 1870, in dem Paraguay gegen Brasilien, Uruguay und Argentinien unterlag, sowie die folgende Besetzung des Landes hatten die wirtschaftliche und politische Entwicklung nachhaltig beeinträchtigt. Kartographische Aufnahmen und planmäßiger Straßenbau haben erst nach dem zweiten Weltkrieg eingesetzt.

Nachdem mich der Präsident der Bundesanstalt für Bodenforschung, Herr Prof. Dr. A. BENTZ, 1957 mit der Leitung einer Studiengruppe in Paraguay zur Durchführung geologischer Aufgaben im Rahmen der Technischen Hilfe der Bundesrepublik beauftragt hatte, habe ich in weiten Teilen des schönen und interessanten Landes viele Beobachtungen gesammelt und, anschließend an meine Arbeiten in Süd-Brasilien, eine geschlossene regional-geologische Darstellung von Paraguay auf Grund eigener Geländearbeit und Verwertung der Forschungsergebnisse von Fachkollegen in Angriff genommen.

Die Gesamtbehandlung der Geologie eines Landes, das noch nicht völlig durchforscht ist, wird immer Lücken und Fehler aufweisen. Die fortschreitende wirtschaftliche Erschließung von Paraguay wird insbesondere auch durch Verbesserung der Verkehrsmöglichkeiten neue Aufschlüsse, Fossilien-Fundpunkte, Mineral-Vorkommen und Beobachtungsmaterial liefern. Geologische Kartierungen, detaillierte Bearbeitung einzelner Formationen, hydrogeologische und lagerstättenkundliche Prospektionen werden in hoffentlich naher Zukunft die bisherigen Erkenntnisse erweitern, verbessern und verfeinern. Text und Karte dieses Buches sollen das bis heute Erreichte darstellen und Grundlagen für die weitere Erforschung eines Landes bieten, in das große geologische Einheiten weit hineingreifen: ein Sporn des brasilianischen Schildes, des assyntisch konsolidierten Ge-

rüstes, als „zentralparaguayische Schwelle“, sowie die im älteren Paläozoikum angelegten Geosynklinalen des Gran Chaco- und Paraná-Beckens.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Präsident Prof. Dr. A. BENTZ, der durch sein ständiges Interesse meine Arbeit gefördert und die Möglichkeit gegeben hat, diese Darstellung in der von ihm herausgegebenen Reihe „Beiträge zur regionalen Geologie der Erde“ zu veröffentlichen.

Meinen Mitarbeitern der Durchquerung Paraguay's von 1957, den Herren Dr. R. WOLFART, Dr. H. NIELSEN und Ing. G. EGENHOFF, sowie den Teilnehmern der hydrogeologischen Kommission der Bundesanstalt, mit denen ich 1959 im Chaco Boreal arbeitete, den Herren Dr. H. FLATHE, Dr. F. BENDER und Dr. R. LÜDERS, danke ich herzlich für Gedankenaustausch und Zusammenarbeit; den Herren Dr. W. HARRE, Dr. F. J. ECKHARDT, Dr. H. FESSER und Dr. G. VAN DEN BOOM von der Bundesanstalt für die Anfertigung von Analysen und Bestimmung von Gesteinsproben; Herrn Paläobotaniker K. MÄDLER für die Untersuchung einer Mikroflora aus den Red Beds.

Seine Exzellenz der Herr Staatspräsident der Republik Paraguay, General Don Alfredo STROESSNER, hat mit großem Interesse unsere geologischen Studien verfolgt und durch Stellung von Flugzeugen und Jeeps die Geländearbeiten 1957, 1959 und 1960 unterstützt.

Hohe paraguayische Beamte haben durch unermüdliche Hilfe, Ratschläge und Hinweise bei der Organisation und Durchführung der Reisen mitgewirkt; ich gedenke in Dankbarkeit der Herren Minister COSCIA, Unterstaats-Sekretär E. BARRAIL, Ing. Don G. STORM, s. Zt. Präsident des Banco Central del Paraguay, Geologe Don R. MAZO, Leiter der Dirección de la Producción Mineral, sowie der paraguayischen und deutschen Freunde: Prof. Dr. R. BOETTNER von der Universität Asunción, Don Luis PFANNL, Ing. F. Saguier CABALLERO, General BRITZ in Mariscal Estigarribia, General GUGGIARI in Asunción, Oberst CRENNO in Vallemi, Oberstleutnant GONZALEZ in Nu-Porá, Pater DOTTO in Puerto Guaraní, Dr. med. DOLLINGER in Filadelfia, Administrador REIMERS in Sommerfeld (Chaco), Konsul REINECKE in Encarnación; Herr WUNDERLICH in Villa Hayes, Herr BRUSQUETTI in San Ignacio, Herr OSTERTAG und Herr THOMAS in Asunción.

Den Herren Botschafter Dr. BORGS-MACIEJEWSKI (1957) und Botschafter BRIEST (1960), Legationsrat Dr. BOEHNKE, Kanzler HABERMANN und Wirtschafts-Referent ORTEL von der Botschaft der Bundesrepublik in Asunción gebührt mein Dank für Gastfreundschaft, Rat und Unterstützung.

Diskussionen mit den Herren Prof. Dr. H. STILLE (Hannover), Prof. Dr. K. BEURLEN (Recife) und den brasilianischen Kollegen Prof. Dr. O. BARBOSA und Dr. S. GUEDES (Rio de Janeiro) sowie Ing. HOWARD (Cia. Pegasa in Asunción) und Prof. Dr. F. AHLFELD (La Paz, Bolivien) halfen bei der Klärung geologischer Probleme.

Den Genannten und vielen, nicht namentlich erwähnten Gastfreunden und Helfern in Ost- und West-Paraguay diese Arbeit als Ausdruck meines Dankes zu widmen, ist mir ein herzliches Bedürfnis.

Dem Verlag Gebrüder Borntraeger (Berlin) bin ich für die großzügige Ausstattung und das Verständnis beim Druck des Buches zu großem Dank verpflichtet.

Hannover, November 1961

HANNFRIT PUTZER

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
I. Geographische Einführung	
Fläche, Lage und Bevölkerung	1
Wissenschaftliche Erforschung	2
Physiographische Gliederung	3
Ost-Paraguay	5
Chaco Boreal	5
Tal-Landschaften	9
Flußnetz	10
Karten	13
Klima	15
Verkehrsverhältnisse	19
Wirtschaft	26
II. Geologischer Überblick	
1. Westrand des Paraná-Beckens	28
2. Zentral-paraguayische Schwelle	30
3. Becken des Gran Chaco	31
III. Schichtenfolge	
1. Präkambrium	36
Südliches Ost-Paraguay	37
Nördliches Ost-Paraguay	40
Chaco Boreal	41
2. Kambrium oder oberstes Präkambrium	41
Klastische Serie von San Luis	41
Kalke von Itapucumi	42
3. Silur (Ordoviz und Gotland)	46
Ost-Paraguay	46
Chaco Boreal	56
4. Devon	58
5. Oberkarbon	61
6. Perm	66
a) Estrada-Nova-Formation	66
a 1) Independencia-Fazies	67
a 2) Serra-Alta-Fazies	67
b) Rio do Rasto-Formation	68
7. Trias	69
Ost-Paraguay	69
Chaco Boreal (Red Beds)	75
8. Jura	77
9. Kreide	79
a) Caiuá-Sandstein (? Unterkreide)	79
b) Baurü-Sandstein (Oberkreide)	79
10. Tertiär	80
11. Quartär	80
a) Pampeano-Formation	80
b) Xaraiés-Stufe (pleistozän)	82
c) Alluvium	83

IV. Post-triassische magmatische Gesteine	87
Tiefen-Gesteine	87
Erguß- und Gang-Gesteine	91
V. Tektonischer Bauplan	96
VI. Paläogeographie	104
VII. Mineralische Rohstoffe	107
1. Brennstoffe	108
Kohlen	108
Torf	108
Erdöl und Erdgas	109
2. Erze	113
Eisenerz	113
Manganerze	115
Kupfererze	118
Radioaktive Mineralien	118
3. Nicht-metallische Industrie-Mineralien	118
Glimmer	118
Feldspat	120
Schwefelkies	120
Talk	121
Pyrophyllit	121
Kaolin	122
Farb-Erden	123
Baryt	123
Schmucksteine	123
Glassande	123
Salz und Gips	124
Bauxit	124
4. Baustoffe	124
Kalkstein	124
Plattensandstein	126
Bausteine	128
Beton-Zuschlagstoffe	128
VIII. Hydro-Geologie von Paraguay	129
Ergebnisse hydro-geologischer Untersuchungen im Chaco Boreal (F. BENDER)	131
IX. Die paraguayischen Böden	147
Summary	151
Resumen	159
Literatur	171
Sachregister	175
Ortsregister	177
Autorenregister	179
Tafeln	180





Abb. 1. Situations-Karte

Fig. 1. Mapa general

I. Geographische Einführung

Fläche, Lage und Bevölkerung

Paraguay, der „Garten Südamerikas“ (BÜRGER [1927]) liegt als Binnenstaat fast im Herzen des Kontinents zwischen 19° und 28° südlicher Breite und zwischen 54° und 63° westlicher Länge. Der südliche Wendekreis schneidet den Staat etwa in seiner Mitte.

Die Nachbarstaaten sind im Südwesten, Süden und Südosten Argentinien, im Osten und Nordosten Brasilien, im Norden und Nordwesten Bolivien.

Paraguay hat eine Oberfläche von 406 752 km² — zum Vergleich: Das Deutsche Reich hatte 1933 eine Oberfläche von 540 858 km².

Etwas über 60 % des Staatsgebietes liegen im Gran Chaco. Die größte Ausdehnung des Landes von Westen nach Osten beträgt etwas mehr als 900 km und von Norden nach Süden genau 900 km.

Nach dem Zensus von 1957 leben 1,6 Millionen Menschen in Paraguay, das mit vier Einwohnern je km² nach Bolivien die geringste Bevölkerungsdichte Südamerikas hat. Nur etwa 56 000 Paraguayer haben ihre Heimat im Chaco, dessen Bevölkerungsdichte 0,2 Einwohner je km² beträgt. In der Gesamtzahl der Bewohner sind die wilden Indios nicht mitgerechnet.

Die Bevölkerung besteht aus Weißen (größtenteils Abkömmlinge der spanischen Einwanderer), die jedoch fast alle Blut der Guarani-Indios in sich haben und darauf stolz sind. Charakteristisch ist, daß die gesamte paraguayische Bevölkerung bilingual ist: neben der spanischen Amtssprache wird das Guarani von allen Bevölkerungsschichten gesprochen. Der Anteil der deutschstämmigen Paraguayer macht etwa 30 000 Menschen (= 2,14 %) aus, von denen über ein Drittel im Chaco leben.

Die nächststärkere Einwanderungsgruppe stellen die Italiener mit etwa 1,3 % der Gesamt-Bevölkerung. Unter 1 % liegt der Anteil der Japaner und Russen.

Verwaltungsmäßig ist die Republik Paraguay in 16 Departamentos eingeteilt, von denen 13 Ost-Paraguay und drei den Chaco umfassen.

Die bedeutendsten Städte sind:

die Staatshauptstadt Asunción (208 000 Einwohner), Concepción (32 000 Einwohner), Villarica (14 000 Einwohner), Encarnación (12 600 Einwohner), Pilar (10 000 Einwohner) und Paraguari (5000 Einwohner) in Ost-Paraguay, Mariscal Estigarribia (3200 Einwohner) und Villa Hayes (1500 Einwohner) im Chaco.

Als Entdecker Paraguays gilt der portugiesische Conquistador ALEIXO GARCIA, der 1524 auf der Suche nach dem Land des „weißen Gottes“ und sagenhafter Goldschätze von Südbrasilien aus in Ost-Paraguay eindrang, durch den Chaco Boreal zog und bis ins Hochland der Anden gelangte.

Während des ersten Jahrhunderts der Conquista war Paraguay wegen seiner bedeutenden Viehzucht das wichtigste Tiefland des ibero-amerikanischen Kolonialreiches, und Asunción (gegründet 1537 durch JUAN DE SALAZAR Y ESPINOZA) das älteste städtische Zentrum außerhalb der Anden. Bis 1617 gehörte Paraguay zum Vize-Königreich Perú, danach zum Vize-Königreich La Plata.

Das heutige Paraguay war Kernland des theokratischen Missions-Staates „Guaira“, eines sozialistischen Staatswesens, das die Jesuiten von 1609 bis 1767 aufgebaut und in dem sie hervorragende Kulturarbeit geleistet hatten.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts hat die wirtschaftlich aufgeblühte Republik Paraguay ihren schwersten Rückschlag, Blut- und Landverlust durch den sechsjährigen Krieg unter seinem Marschall-Präsidenten FRANCISCO SOLANO LOPEZ gegen die Tripel-Allianz Brasilien — Argentinien — Uruguay erlitten (1864 bis 1870). Von 1,3 Millionen Einwohnern (1861) lebten bei Kriegsende noch 230 000 Menschen; der südliche Chaco zwischen dem Rio Pilcomayo und Rio Bermejo mußte an Argentinien abgetreten werden.

Nach dem letzten internationalen Krieg, den Paraguay von 1929 bis 1935 mit Bolivien um den Chaco geführt hat, vergrößerte sich der paraguayische Anteil am Gran Chaco durch den Frieden von Buenos Aires um 153 925 km² (WILHELMY [1954]).

Wissenschaftliche Erforschung

Die ersten Nachrichten über das Land und seine indianischen Ureinwohner brachte der deutsche Landsknecht ULRICH SCHMIDL 1567 nach Europa, der unter AYOLA die Schlacht am Berg Lambaré bei Asunción am 15. August 1537 mitgefochten hat und danach den Rio Paraguay hinaufgefahren ist (Abb. 2).

Der bayerische Jesuitenpater SEPP (1710) lieferte mit seiner Beschreibung von Paraguay einen wertvollen Beitrag zur Landeskunde. Die Karten eines anderen gelehrten Paters der Societas Jesu, STOECKLEIN (1728), übermittelten die ersten geographischen Vorstellungen über das amerikanische Zweistromland.

Eine für seine Zeit hervorragende Landesbeschreibung stammt von dem Spanier AZARA (1790), dem im 19. Jahrhundert der Franzose DE MERSAY (1860) und der Argentinier DU GRATY (1862) folgten. Die beiden letzteren Autoren erwähnen als erste zahlreiche geologische und mineralogische Beobachtungen.

Deutsche Geographen erweiterten im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts wesentlich die Kenntnisse über das Land. CARNIER (1911 bis 1913) stellte die morphologische und geologische Erforschung Ost-Paraguays auf ein wissenschaftliches Fundament. KRIEG (1931) und KANTER (1936) sind die Erforscher des



Abb. 2. Zeitgenössisches Bild des deutschen Reiters ULRICH SCHMIDL, der unter AYOLA am 15. 8. 1537 die Schlacht am Lambaré mitgefochten und Paraguay durchreist hat. Gemälde in Straubing

Fig. 2. Retrato del primer relator sobre el Paraguay, del caballero ULRICH SCHMIDL, compañero de armas en la batalla del Cerro Lambaré en 1537 (Foto: Kirnbauer)



Abb. 3. Mäander des Rio Montelindo, eines periodischen Flusses des Ost-Chaco, westlich seiner Mündung in den Rio Paraguay, im Juli noch wasserführend

Fig. 3. Meandros del Rio Montelindo, rio periódico del Chaco Boreal oriental, todavía con agua en julio (Foto: Bender)

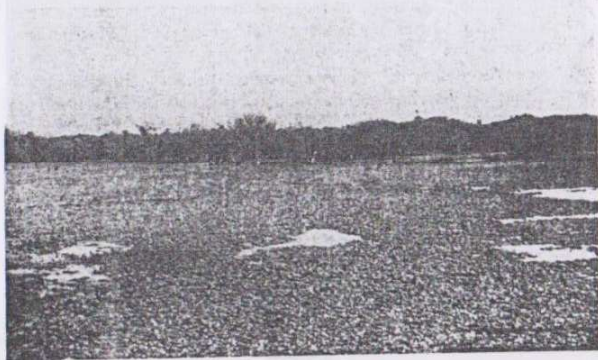


Abb. 4. Abgeschnürte alte Fluß-Schlinge mit Süßwasser, bedeckt von Wasserpflanzen, in Isla Poi, zentraler Chaco Boreal

Fig. 4. Resto de un río con agua potable, cubierto por plantas acuáticas, Laguna Isla Poi en el Chaco Boreal central (Foto: Putzer)

am rechten Ufer des Rio Paraguay (von Norden nach Süden: Fortin Olimpo, südlich Puerto Guarani, südwestlich Puerto Casado und gegenüber Asunción). Ein flaches, etwas über 300 m NN hohes Bergmassiv, der Cerro León, liegt im nördlichen Chaco, dessen Fortsetzung einige isolierte Hügel an der Nordgrenze zu Bolivien bilden, die sich aus der monotonen Ebene als deutliche Landmarken herausheben und auch vom Flugzeug gut ausgemacht werden können (Abb. 22).



Abb. 5. Sumpflandschaft des südöstlichen Chaco, etwa 100 km westlich Villa Hayes

Fig. 5. Paisaje pantanoso del Chaco Boreal sudoriental (Foto: Putzer)

Das geringe Relief der Chaco-Ebene bedingt, daß weite Gebiete nicht oder nur wenig entwässert werden. Die heutigen Flüsse sind nur wenig in die Tafellandschaft eingeschnitten. Zahlreiche Flußtäler des Drainage-Systems einer lange zurückliegenden Zeit sind zugeschüttet und nur aus der Luft als trockengelegte oder sumpfige Flußmäander erkennbar (Abb. 3). Langgestreckte Lagunen und ausgedehnte Sümpfe, als Reste einstiger Talauen, sind verbreitet, vor allem im östlichen und südlichen Chaco (Abb. 4, 5).

Die Böden sind feinstsandig, lößartig und im Süden lehmig-tonig.

Das Vegetationsbild des Gran Chaco ändert sich gemäß den nach Westen abnehmenden Niederschlägen und zunehmenden Temperaturen (Seite 16). Im Südosten und Süden herrscht die Parklandschaft: ausgedehnte sumpfige Niederungen mit „Palmares“ (unzählige Caranday-Palmen, die wachsliefernde Fächerpalme *Copernicia cerifera australis*), unterbrochen von Waldinseln auf etwas höher gelegenen schildförmigem Gelände, wechseln mit Gras-Flächen (Pampa). Galeriewälder säumen die Flüsse.

Gran Chaco. SCHUSTER (1929) brachte in einem Handbuch über Paraguay zahlreiche Einzelangaben über Geographie, Mineralogie und Klima.

Die modernste geographische Darstellung, ergänzt durch mineralogische Angaben und eine geologische Übersichtskarte, stammt aus der Feder des Franzosen SERMET (1950).

Erst um die Mitte unseres Jahrhunderts begann die regional-geologische Erforschung des Landes: der Argentinier HARRINGTON (1950, 1956) veröffentlichte die erste Geologie von Ost-Paraguay mit einer geologischen Übersichtskarte und bearbeitete die Kernbohrungen der Union Oil of California im Chaco.

BOETTNER (1947, 1952, 1955) beschrieb silurische Fossilien aus Ost-Paraguay und gab einen wichtigen Übersichts-Bericht über das nördliche Ost-Paraguay.

BENTZ behandelte in einem nicht veröffentlichten Bericht (1957) die Ölmöglichkeiten des Chaco, PUTZER und Mitarbeiter (1958) beschrieben die lagerstättenkundlichen Verhältnisse und erarbeiteten eine geologische Übersichtskarte des Chaco und Ost-Paraguays.

FLATHE, BENDER und LÜDERS studierten 1959 die hydro-geologischen und bodenkundlichen Verhältnisse im zentralen Chaco Boreal.

ECKEL (1959), Geologe der U. S. Geological Survey, legte eine geologische Karte im Maßstab 1 : 1 500 000 von Gesamt-Paraguay und eine zusammenfassende Beschreibung über die Geologie und Rohstoff-Vorkommen vor.

Das vorliegende Buch ist das Ergebnis geologischer Forschungsreisen des Verfassers durch ganz Paraguay in den Jahren 1957, 1959 und 1960.

Physiographische Gliederung

Geographisch ist Paraguay in zwei vom Rio Paraguay getrennte Einheiten gegliedert: links des Flusses das wasserreiche Hügelland von Ost-Paraguay mit den für die feuchten Tropen typischen Wäldern und Pampa, dem rechtsufrig die Tiefebene des Gran Chaco mit Savanne, Parklandschaft und Dornenbusch gegenüberliegt.

Nicht nur die heutigen Verhältnisse der beiden Landesteile: Vegetation, Klima, Nutzung, Besiedlung und verkehrsmäßige Erschließung zeigen starke Unterschiede, sondern auch die geologische und morphologische Entwicklung von Ost- und West-Paraguay waren grundverschieden. Ost-Paraguay ist der Westrand des großen Paraná-Beckens, West-Paraguay gehört zum Senkungsstrog der subandinen Vortiefe.

Der weitaus größte Teil Paraguays gehört zu den „Tiefenebenen der Mitte“ (LAUTENSACH [1927]) des südamerikanischen Kontinents zwischen dem Kettengebirge der Anden im Westen und dem brasilianischen Bergland im Osten, dessen westlichste Ausläufer auf Ost-Paraguay übergreifen. Damit liegt Paraguay im Einzugsbereich des viertgrößten Stromsystems der Erde, des Paraná.

Wir untergliedern das Land in Ost-Paraguay, Gran Chaco und die Talandschaften des Rio Paraguay und Paraná.

Ost-Paraguay

Das nahezu rechteckige, von Nord nach Süd gestreckte Ost-Paraguay (Paraguay Oriental) ist das südamerikanische Mesopotamien: fast überall bilden Flüsse die Grenzen dieser „Wasserburg“, im Westen der Rio Paraguay von der Mündung des Rio Apa bis zum Zusammenfluß des Paraguay mit dem Paraná, im Norden der Rio Apa. Nur im Nordosten wird die Grenze nicht durch einen Fluß, sondern durch die Randstufe des Hochlandes von Mbaracayú und Amambay, mit maximalen Höhen von 738 m gebildet.

Das flußreiche Hügelland hat breite Talauen und steigt allmählich nach Osten an, von 75 m NN am Rio Paraguay bis über 700 m NN. Die „Cordillera de Los Altos“, eine etwa 400 m über dem Meer gelegene Randstufe, begleitet den Ostrand der Ypacarai-Senke, die von dem gleichnamigen See eingenommen ist. Nach Osten folgt als weitere und markante Randstufe der Westrand des Hochlandes von Paraná, die „Cordillera de Caaguazú“, eine der höchsten Erhebungen des zentralen Ost-Paraguay. Der höchste Berg des Landes erreicht bei Chirigué, an der Nordost-Grenze des Landes, 738 m über dem Meer.

Im südlichen Ost-Paraguay erheben sich einige isolierte Berge aus magmatischen Gesteinen bis 700 m NN. Die morphologisch markantesten Bergmassive sind der Essexitstock Acahay (600 m) und die Sierra de Ybyturuzú (700 m) östlich Villarica.

Die Bergländer Ost-Paraguays sind zwischen dem Oberlauf des Rio Apa im Norden und Encarnación am Alto Paraná im Süden von einem breiten, auch heute noch fast unzugänglichen Urwaldgürtel der tropischen und subtropischen Regenwälder bedeckt. Dieser geschlossene Wald reicht nach Westen bis zu den Höhenzügen östlich des Ypacarai-Sees.

Ein breiter Streifen Grassteppenland (Pampa) mit vereinzelt Waldinseln zieht vom Unterlauf des Rio Apa im Norden bis in das südliche Ost-Paraguay. In den Departamentos Paraguari und Misiones erreicht er eine Breite von 200 km.

Während die Waldgebiete äußerst dünn besiedelt sind, ist die vorwiegend landwirtschaftlich tätige Bevölkerung in den offenen Steppenlandschaften und an den Flüssen konzentriert.

Chaco Boreal

Etwa ein Viertel der rund 1 Million km² großen Tiefebene des Gran Chaco zwischen dem Rio Paraguay und dem Ostfuß der Anden gehört zu Paraguay. Nur im Osten und Süden ist der paraguayische Chaco natürlich begrenzt durch den Rio Paraguay und Rio Pilcomayo.

Die riesige steinlose Aufschüttungs-Ebene steigt unmerklich vom Ufer des Rio Paraguay — im Norden bei 120 m, im Süden bei 55 m über dem Meeresspiegel beginnend — nach Westen und erreicht an der Grenze von Bolivien Höhenlagen von über 300 m. Erhebungen sind im Chaco nur ganz vereinzelt vorhanden: einige niedrige Hügel aus erosions-resistenten Gesteinen unmittelbar

Für den nordöstlichen, nördlichen und zentralen Chaco ist der nur in der Regenzeit grüne Trockenwald mit vielen Kakteen, Akazien und dem für die Wirtschaft so wichtigen Quebracho-Baum (*Schinopsis*) und dem Palo Santo (*Guaiacum officinale*) typisch, während das semi-aride Gebiet des West-Chaco durch Dornbusch mit xerophytischer Flora, z. B. dem Flaschenbaum (*Chorisia ventricosa*) und Kakteen gekennzeichnet ist (Abb. 6, 7).



Abb. 6. Dornbusch mit Flaschenbaum, Sandpiste im Silur des nördlichen Chaco Boreal auf dem Cerro León
Fig. 6. Bosque chaqueño con el palo borracho; camino arenoso en el silúrico del Cerrón León (Foto: Putzer)

Der Hauptteil der etwa 60 000 Bewohner (ohne Indios) des Gran Chaco verteilt sich auf die Viehzuchtgebiete der Grassteppen des Ostens und Südens, auf die Uferzone des Rio Paraguay, sowie auf die Quebracho-Einschlagzonen der Tanningesellschaften im Nordosten. Etwa 10 000 meist deutschstämmige Siedler haben die großen landwirtschaftlichen Siedlungen der Mennoniten-Kolonien,

Menno (Hauptort Sommerfeld, gegründet 1927)
Fernheim (Hauptort Filadelfia, gegründet 1930)
Neuland (Hauptort Neuhalbstadt, gegründet 1947)



Abb. 7. Siedlung von Guayaqui-Indios auf Sand-Löß der quartären Chaco-Sedimente bei Mariscal Estigarribia
Fig. 7. Toldos de los indios Guayaqui cerca de Mariscal Estigarribia en el terreno del "loess" del cuaternario (Foto: Putzer)

in einer beispielhaften Arbeit erschlossen. Im Bereich der 60 Dörfer der Mennoniten-Kolonien gibt es keinen permanenten Fluß (Abb. 71).

Ein kleiner Teil der Chaco-Bevölkerung besteht aus den Besatzungen der Militärstationen an der Grenze. Hauptort und Sitz des Militär-Kommandos Chaco ist die saubere und großzügig angelegte Garnisonstadt Mariscal Estigarribia, etwa in der Mitte des Chaco, an der Ost—West-Autostraße gelegen.

Als der Verfasser 1959 von Fortin Ingavi aus den Cerro León untersuchte, gab es zwischen diesem Fort und der Ost—West—Straße keine weiße Siedlung innerhalb einer Fläche von 220 × 300 km.

Der größte Teil der wilden Indios lebt in den verkehrsmäßig noch nicht erschlossenen Gebieten des zentralen nördlichen und nordwestlichen Gran Chaco.

Tal-Landschaften

Das Zweistromland besitzt einen weiteren selbständigen Landschaftstyp: die viele Kilometer breiten Talauen des Rio Paraguay und des Mittellaufes des Rio Paraná.

Der Rio Paraguay pendelt in weiten Mäanderbögen in der etwa 600 km langen und 10 bis 25 km breiten Talaue zwischen dem Gran Chaco und Ost-Paraguay.

Das tief in Felsen eingeschnittene Cañon des Alto Paraná endet kurz vor Encarnación. Von dieser Stadt ab fließt der Paraná bis zum Zusammenfluß mit dem Rio Paraguay in einer 20 bis 40 km breiten, etwa 200 km langen Talwanne mit lehmig-sandigen Ufern, durch viele Sandbänke und Inseln in zahlreichen Flußarmen aufgespalten.

Zahllose Totarme, abgeschnittene Fluß-Schlingen und Sandbänke kennzeichnen die Tallandschaft beider Ströme bei Niedrigwasser.

Die Tallandschaften beider Ströme sind verhältnismäßig dicht besiedelt.

Flußnetz

Fast ganz Paraguay wird von den beiden Hauptströmen des Paraná-Systems entwässert: dem Rio Paraná und seinem bedeutendsten Nebenfluß, dem Rio Paraguay.

Dem Rio Paraguay kommt als der zentral gelegenen und wirtschaftlich wichtigeren Entwässerungszone die größere Bedeutung zu. Außerdem teilt der Strom das Land in zwei in jeder Hinsicht verschiedene Teile. Auf seine 2500 km Gesamtlänge — der Rio Paraguay entspringt in Mato Grosso — beträgt seine Niveaudifferenz nur 250 m, d. h. auf 100 km nur 10 m. Der Strom ist mehrere 100 m breit, hat keine Stromschnellen und ist innerhalb der paraguayischen Hoheitszone schiffbar, ab Hafen Asunción auch für seegehende Dampfer. Die Geschwindigkeit des Flusses beträgt je nach Wasserstand 3,3 bis 7 km/h. Der Fluß führt normalerweise Hochwasser von März bis September, aber auch bei Niedrigwasser ist der Rio Paraguay, oberstrom der Apa-Mündung, noch 1,50 m tief, unterstrom mindestens 2 m. Bei Niedrigwasser ragen die lehmig-sandigen Ufer 5 bis 10 m über den Flußspiegel. Von der Mündung des Flusses Apa bis Arrecife bilden bis 20 m hohe Kalkwände das linke Ufer.

Aus dem Gran Chaco erhält der Rio Paraguay die größeren Nebenflüsse: Montelindo, Rio Negro, Aguaray-Guazú, Rio Verde, Rio Confuso und als bedeutendsten Nebenfluß den Rio Pilcomayo, der die Grenze zum argentinischen Chaco bildet.

Die aus dem Chaco zufließenden Nebenflüsse haben unregelmäßigen Wasserlauf und intermittierende Wasserführung. Sie treten bei Hochwasser weit über die flachen Ufer und lagern feinstsandigen Schlamm in ihrem Überschwemmungsgebiet ab, so daß sie das geologische Werk der Aufschüttung der Tiefebene des Chaco fortsetzen.

In weiten Räumen findet wegen zu geringen Gefälles und zu starker Sedimentation im Flußbett überhaupt kein Oberflächen-Abfluß mehr statt, so daß temporäre Seen und Verdunstungspflanzen gebildet werden. Die ebenfalls meist temporären Flüsse enthalten in der für das deutliche Wechselklima typischen

Trockenzeit im Winter (Mai — Oktober) nur stark versalzene Restwässer in tieferen Auskolkungen. Nur geringe Mengen dieser Wässer werden in der Regenzeit dem natürlichen Vorfluter zugeführt (siehe S. 139); die ganz erheblichen Wassermengen der Regenzeit (November — April) werden während der Trockenzeit in den unzähligen Mäanderschlingen der Chaco-Flüsse eingedampft.

Einen hydrographischen Sonderfall stellt der Rio Timane im nördlichen Chaco dar. Dieser süßwasserhaltige Dauerfluß drainiert nach eigenen Beobachtungen des Verfassers im Bereich des Fortin Ingavi nach Westen. Nach der amtlichen Karte (1956) versickert der Timane in der Sumpfbzone von Izozog. Er dürfte früher ein Nebenfluß des Rio Parapeti gewesen sein und ist damit ein Relikt des Stromsystems des Amazonas. ECKEL (1959), läßt den Rio Timane auf seiner geologischen Karte, die mit Hilfe von Trimetrogon-Luftaufnahmen zusammengestellt wurde, zum Paraguay entwässern; sie ist in diesem Falle zu berichtigen.

In Ost-Paraguay bildet die Cordillera de Caaguazú die Wasserscheide zwischen Rio Paraguay und Paraná. Mehrere kleine, meist flache Nebenflüsse, deren wichtigste der Rio Apa, Aquidabán-mi, Jejui, Piribebúy und Tepicuary sind, fließen nach Westen dem Rio Paraguay zu. Diese Nebenflüsse sind nur für flache Kähne schiffbar, nach tropischen Regenfällen schwellen sie jedoch kurzfristig sehr stark an, so daß sie dann ernste Verkehrshindernisse darstellen.

Der wasserreiche und tiefe Paraná bildet auf 850 km die Grenze Ost-Paraguays. Sein Oberlauf, tief in die Deckenbasalte eingeschnitten, hat steile Felsenufer. Beim Eintreten in paraguayisches Gebiet stürzt der Strom in sieben Fallstufen bei Sete Quedas = Guaira über 100 m hinab (SCHUSTER [1929]). Von Puerto Guairá bis kurz vor Encarnación fließt der Alto Paraná in einem großartigen Cañon, das als tektonisches Tal längs einer im allgemeinen N—S gerichteten Verwerfung verläuft. Diese Talfurche hat bereits im Pleistozän bestanden.

Das Mittelwasser des Alto Paraná hat nach MAACK (1959) bei Puerto Guairá eine Höhe von 220,98 m NN und bei Foz do Iguazú 89 m NN, d. h. der Fluß hat auf 189 km ein Gefälle von 132 m = 0,61 m/km. Die Wassermengen des Paraná sind sehr stark von den Niederschlägen in Brasilien abhängig. Sie schwanken von 5000 m³/sec bei Niedrigwasser bis über 70 000 m³/sec bei Hochwasser. Die mittleren Geschwindigkeiten des Rio Paraná sind zwischen Puerto Guairá und Santa Elena 8 km/h, zwischen Santa Elena und Las Palmas 6,7 km/h und zwischen Las Palmas und der Mündung des Rio Monday 7 km/h. Bis Encarnación ist der Paraná 200 bis 400 m breit, teilweise sehr tief (bis über 120 m) und schwierig zu befahren. Unterstrom Encarnación wird er langsamer, flacher und sehr breit (750 bis 3400 m).

Bei Hochwasser treten Rio Paraguay und Paraná weit über ihre Ufer und reißen große Mengen der Wasserhyazinthe Eichhornia von den Ufern und Untiefen (Abb. 8), die als schwimmende Inseln („Camalotes“) stromab treiben. Die

Überschwemmungsaue des Rio Paraguay ist bis 25 km breit. Im tropischen Gebiet (Seite 15) werden die Ufer des Rio Paraguay von einem breiten Palmengürtel gesäumt. Im subtropischen Gebiet werden die Sumpfwiesen der Überschwemmungsaue des Paraguay und Paraná vornehmlich für Viehzucht, aber lokal bereits für Reisanbau genutzt (z. B. Carmen del Paraná).

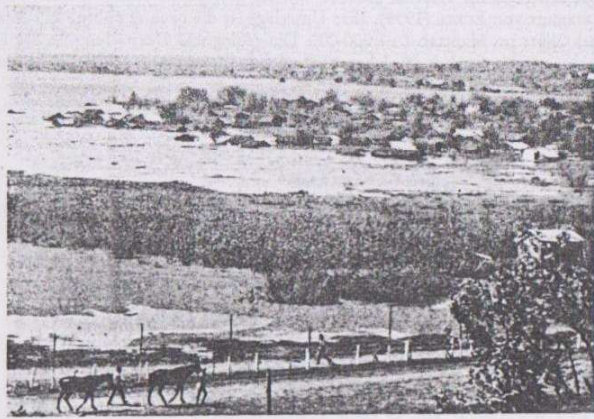


Abb. 8. Rio Paraguay bei Hochwasser im Vorort Baia in Asunción; im Vordergrund *Eichhornia*-Rasen

Fig. 8. Baia, pueblo de pescadores de Asunción, durante la crecida del Rio Paraguay; en el primer plano: camalotes (*Eichhornia*) (Foto: Putzer)

Die in den regenreichen Urwäldern östlich der Wasserscheide von Caaguazú entspringenden Flüsse fließen, tektonischen Bruchlinien der Richtung N 105° bis 110° folgend, von Westen nach Osten. Sie haben breite und flache Talauen, in denen die Flüsse mäandrieren. Diese rechtsufrigen Nebenflüsse des Paraná gehören zu einem pleistozän angelegten Flußnetz. Charakteristisch ist für sie, daß sie an ihrer Mündung noch nicht die Erosionsbasis erreicht haben: sie enden in Hängetälern und stürzen wenige Kilometer vor Erreichen des Alto Paraná über steile Felsenwände hinab, die am Salto des Rio Monday 40 m hoch werden (Abb. 9). Diese Wasserfälle kommen als Energiequelle für die Zukunft in Frage.

Die wichtigsten Nebenflüsse des Alto Paraná aus Ost-Paraguay sind (von Norden nach Süden): Rio Capará, Acaray, Monday, Nacunday und Pirapó.

Das Hochwasser des Rio Paraguay kann erst nach dem des Rio Paraná fallen, weil dieser den Rio Paraguay zurückstaut (STOLTENBERG [1927]).

Drei große, flache Dauerseen: Ypacarai, Ypoá und Vera liegen im westlichen Ost-Paraguay.

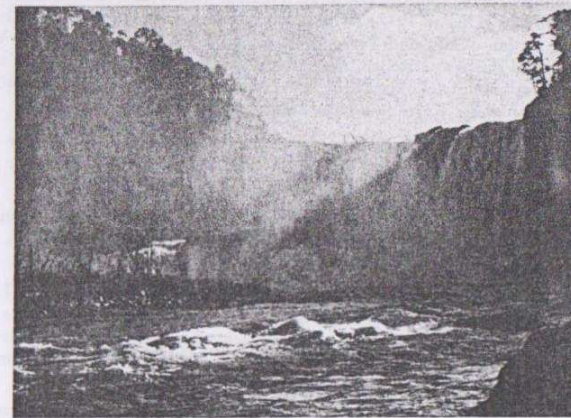


Abb. 9. Fall des Rio Monday über eine 40 m hohe Stufe aus Decken-Basalt, wenige km vor seiner Mündung in den Rio Paraná

Fig. 9. Salto del Rio Monday sobre 40 m de basalto, pocos km antes de su desembocadura en el Rio Paraná (Foto: Putzer)

Karten

Topographische Karten

Die älteste, teils brauchbare, teils phantastische topographische Karte ist von MORGENSTERN's „Carte topographique de la République de Paraguay“ im Maßstab 1 : 355 000 (Wien 1878).

Die vom argentinischen Militärgeographischen Institut herausgegebene provisorische Karte im Maßstab 1 : 500 000 (Buenos Aires 1943 bis 1948) ist in Paraguay nicht käuflich. Das paraguayische Staatsgebiet wird von zehn Blatt dieser Karte gedeckt. Die Darstellung ist stark generalisiert, enthält viele Höhenangaben und sehr viele Eintragungen von Ortschaften und einzelnen Haciendas.

Die amtliche Übersichtskarte im Maßstab 1 : 1 000 000, herausgegeben vom Militärgeographischen Institut von Paraguay (Asunción 1956) liefert einen guten Überblick über die Straßen, Reitwege, Gebirgsformen und Ortseintragungen. Diese Karte enthält die ehemaligen Militärstützpunkte und Picaden aus dem

Chaco-Krieg. Die Schreibweise der geographischen Bezeichnungen dieses Buches wurde dieser Karte entnommen.

Die jüngste topographische Karte der Nachbar-Republik Bolivien, im Maßstab 1 : 1 500 000 (La Paz 1947) stellt fast den gesamten paraguayischen Chaco Boreal dar, dessen West- und Nordgebiet bis 1932 zu Bolivien gehörte. Von Wichtigkeit sind die Wasserstellen, Wege und Picaden sowie die noch heute vorhandenen Hauptkampfstellungen aus dem Chaco-Krieg. Die ehemaligen Stützpunkte sind auf dieser Karte mit bolivianischen Namen versehen.

Die American Geographical Society veröffentlichte 1940 einige Blätter der Weltkarte im Maßstab von 1 : 1 000 000, die Teile von Paraguay beinhalten. Die Topographie dieser Blätter ist in 100 m-Isopynen dargestellt.

Ein aus 15 kleinen Einzelkärtchen im Maßstab 1 : 1 000 000 bestehender Atlas der 16 Departamentos (Asunción 1945) ist ein politisches Kartenwerk, das für Verwaltungszwecke geschaffen wurde.

Einen Fortschritt für die Darstellung der Genauigkeit der Wasserläufe, Umrisse von Sumpfböden und Vegetation stellt die Aeronautische Karte im Maßstab 1 : 500 000 (USA 1945) dar. Diese Karte, die Gesamt-Paraguay deckt, ist auf der Basis von Trimetrogon-Luftfotos mit sehr wenigen Kontrollaufnahmen auf der Erde hergestellt.

Das paraguayische Verkehrsministerium verfügt über eine nicht publizierte Straßenkarte im Maßstab 1 : 1 000 000, deren Einsichtnahme für jeden Forschungs-Reisenden von großem Wert ist.

Als jüngste und zuverlässigste topographische Teilkarten hat 1958 das Militärgeographische Institut in Asunción begonnen, Karten im Maßstab 1 : 50 000 herauszubringen, die aerofotogrammetrisch aufgenommen sind. Die Höhenschichten sind auf diesen Karten im 10-m-Abstand eingetragen. Bisher erschienen die Blätter Asunción, Luque, Ypacarai und San Lorenzo del Campo Grande.

Für Einzelaufnahmen sind von gewissem Wert die Kartenpläne, welche Großgrundbesitzer und landwirtschaftliche sowie industrielle Gesellschaften von ihren Estancias und Waldländereien haben. Diese Pläne sind in Maßstäben von 1 : 100 000 bis 1 : 20 000 aufgenommen.

Geologische Karten

Geologische Meßtischkarten von Paraguay gibt es nicht, weil bis 1959 keine großmaßstäbigen topographischen Unterlagen vorhanden waren. Die 1958 erschienenen Blätter im Maßstab 1 : 50 000 sind die ersten für geologische Detailaufnahmen geeigneten Karten des Landes.

Die erste brauchbare geologische Übersichtskarte von Ost-Paraguay im Maßstab 1 : 2 500 000 verdanken wir HARRINGTON (1950), vom gleichen Autor

stammt eine geologische Übersichtskarte Gesamt-Paraguays im Handbook of South American Geology (1956) sowie eine Teilkarte des mittleren Ost-Paraguays im Maßstab 1 : 750 000 (1950).

Die von PUTZER entworfene geologische Übersichtskarte von West- und Ost-Paraguay (Bericht 1958) bringt gegenüber HARRINGTON's Karten neue, aus Feldbeobachtungen gewonnene Erkenntnisse.

Die erheblich ins einzelne gehende neueste geologische Karte Gesamt-Paraguays stammt von ECKEL (1959). Ihre Unterlage ist die oben erwähnte US Aeronautical Chart im Maßstab 1 : 1 000 000. Die geologische Darstellung ist das Ergebnis einer Geländearbeit im Jahre 1952 und die Kompilation aller erhältlichen geologischen Daten. In Farbgebung und Symbolen ist sie der Geological Map of South America im Maßstab 1 : 5 000 000 (Washington 1950) angeglichen.

Klima

Das Klima Paraguays wird durch die Lage unter dem Wendekreis des Steinbocks bestimmt. Nördlich des Wendekreises — der bei Concepción das Land durchzieht — ist tropisches Klimagebiet, zu dem das nördliche Drittel Ost-Paraguays und etwa drei Viertel des Chaco Boreal gehören. Südlich des Wendekreises liegt der subtropische Klimabereich, der im Hochland von Amambay allerdings nach Norden über den Wendekreis hinweggreift.

Die klimatischen Unterschiede zwischen dem Norden und Süden des Landes sind jedoch nicht sehr ausgeprägt, im Gegensatz zu den deutlichen Unterschieden im Klima zwischen Ost- und West-Paraguay. Die Klimascheide ist der Rio Paraguay. In Ost-Paraguay gibt es keine ausgesprochene Trockenzeit. Niederschläge fallen ganzjährig, wenn auch verstärkt im Sommer (November—März). Dagegen herrscht im Gran Chaco ein ausgeprägtes Wechselklima mit niederschlagsarmen bis niederschlagsfreien Wintern (Mai—August) und kurzfristigen aber heftigen Regenfällen im Sommer. Diese Regen bringen oft in wenigen Tagen die gesamte jährliche Niederschlagsmenge. Nach solchen heftigen Regen werden weite, ganz flache Senken zu unpassierbaren Sümpfen und die versumpfte Nord-Süd streichende Zone des östlichen Chaco wird zu einer mehr oder weniger zusammenhängenden Sumpflandschaft.

Heftige Sandstürme sind im trockenen Winter nicht ungewöhnlich. Unregelmäßig treten periodische Dürren im Gran Chaco auf, in denen die Wasserversorgung für Vieh und Mensch zu einem ersten Problem wird. In der winterlichen Trockenheit sind die Restwässer der temporären Flüsse wie die vieler „Lagunen“ (Teile ehemaliger Flußtäler) versalzen und manche „tajamares“ (breit ausgeschachtete Tränken mit Oberflächenwasser) ausgetrocknet.

Die mittlere Jahrestemperatur liegt in Ost-Paraguay bei 21° C, im Chaco bei 24° C, in Mariscal Estigarribia nach 10jährigem Mittel bei 25° C (Abb. 10). Die mittleren Jahrestemperaturen nehmen, im großen gesehen, von Südosten nach Nordwesten zu. Im Sommer kann die Temperatur in Chaco bis 46° C ansteigen,

und selbst in kalten Wintern sind bei plötzlich auftretenden heißen Nordwinden Temperaturen bis 35° C möglich. Andererseits treten im Chaco, in der Talland-

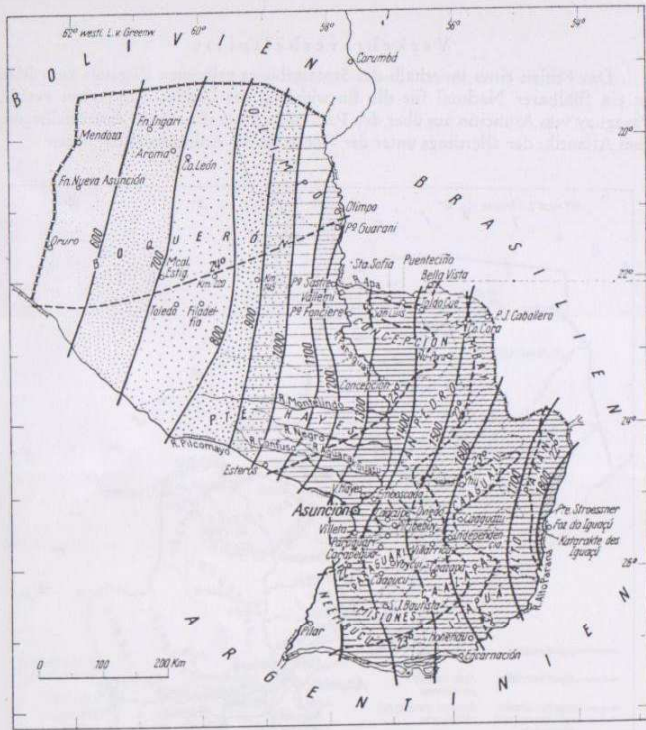


Abb. 10. Klima-Karte von Paraguay
 — 800 Linien mittlerer gleicher Niederschläge (in mm)
 - - - 22° Linien mittlerer gleicher Temperatur (in ° C)

Fig. 10. Mapa del clima del Paraguay
 — 800 líneas de precipitaciones medianas iguales
 - - - 22° líneas de temperaturas medianas iguales

schaft des Rio Paraguay und auch der offenen Pampa des südlichen Ost-Paraguay durch den kalten Südwind „Pampero“ häufig Temperaturstürze bis zu 20° C binnen weniger Stunden auf. Im Juli kann die Temperatur bis 0° C absinken.

Tabelle 1
 Klima-Zonen

	Mittl. Jahrestemperatur in °C	Mittl. Januar-temperatur (Sommer)	Mittl. Juli-temperatur (Winter)	Mittl. Feuchtigkeit %	Mittl. Niederschläge mm/j
Chaco	22°—24°	27°—28,5°	17°—18°	Nord 65 Süd 70	West 600 Ost 1000
Tallandschaft des Rio Paraguay	21°—23°	27°	17°—18,5°	86	1300
Ost-Paraguay	20°—23°	24°—26°	14°—17°	80—85	1700—2000

Cuadro No. 2
 El clima en el Paraguay

Die Niederschläge zeigen infolge des geringen Reliefs eine sehr gleichmäßige Abnahme von Osten nach Westen (Abb. 10) in mehr oder weniger gleich breiten Gürteln, die Nord-Süd-Richtung haben. Die höchsten mittleren Niederschlagsmengen fallen im Tal des Alto Paraná (2000 mm/j) und in den Regenwaldländern des östlichen Paraguay (1800—1500 mm/j). Im Bereich der Tallandschaft des Rio Paraguay und der Steppen des westlichen Ost-Paraguay fallen 1400—1200 mm/j, während im Gran Chaco die Regenmengen von 1200 mm/j im Osten auf weniger als 600 mm/j im äußersten Westen abnehmen (Tabelle 2). Die bisherigen Kenntnisse beziehen sich auf etwas mehr als 10 Jahre. Die Niederschläge können bis 40 % von den Werten dieses 10-Jahresmittels abweichen.

Tabelle 2
 Mittlere Regenmengen im Chaco Boreal

Monat	West-Chaco mm/j	Zentraler Chaco mm/j	Ost-Chaco mm/j
I	150	100	150
II	100	< 100	100
III	100	100	100
IV	50	50—100	> 125
V	< 50	< 50	100
IV	< 10	< 25	50
VII	—	< 10	50
VIII	< 10	< 10	25
IX	10—20	25—50	> 75
X	25—50	50—75	> 100
XI	50	50—100	150
XII	100	125	150

Cuadro No. 1
 Precipitaciones en el Chaco

2 Putzer, Paraguay

Die von Osten nach Westen abnehmenden Niederschläge bestimmen die Vegetationsentwicklung in Paraguay bei weitem mehr als Temperaturen und Bodenbeschaffenheit: die Vegetationszonen haben Nord-Süd-Erstreckung und verlaufen parallel den Zonen gleicher Niederschläge.

Die östlichen Waldländer Ost-Paraguays gehören zu den tropischen und subtropischen Regenwäldern, die reich an wertvollsten Nutzhölzern und die Heimat des Mate sind (*Ilex paraguayensis*).

Nach Westen schließt die breite Park- und Graslandschaft mit Waldinseln und Galeriewäldern zwischen der Randstufe des Tafellandes und der Talau des Rio Paraguay an. Mit den nach Westen abnehmenden Niederschlägen erscheinen im östlichen Gran Chaco zunächst Savannen mit Waldinseln, im nördlichen und östlichen Chaco die Mischwälder mit Quebracho. In den breiten Überschwemmungs- und Sumpfgürteln des Chaco sind ausgedehnte Palmenwälder vorhanden, während mit abnehmenden Niederschlägen im Westen des Chaco der xerophytische Dornbusch mit Kakteen vorherrscht.

Das Klima Ost-Paraguays ist angenehm und gesund. Über das Klima des Gran Chaco — wie über die Lebensverhältnisse im Chaco — sind vorwiegend negative Berichte und Ansichten verbreitet, was zum großen Teil auf die mündlichen Berichte des im Chaco-Krieg geschlagenen bolivianischen Heeres zurückgehen dürfte. Die Berichte sind stark übertrieben: denn Dürre-Perioden, große Hitze und Überschwemmungen kommen in vielen Ländern vor; wilde Tiere und Indios sind in anderen Gebieten Südamerikas in gleicher Weise vorhanden wie im Chaco. Die landwirtschaftlichen Pionierarbeiten der Militärverwaltung im Raum Mariscal Estigarribia (z. B. Zuckerrohrfelder), die reiche Erträge liefernden Äcker

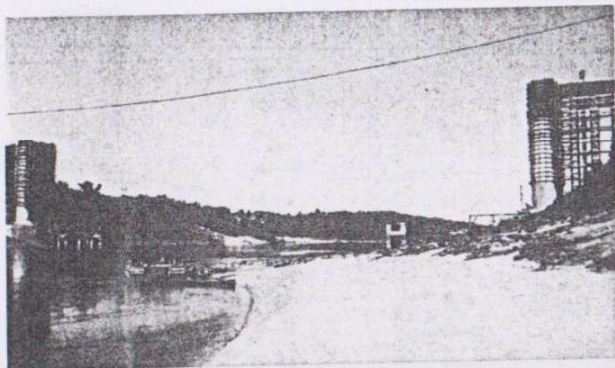


Abb. 11. Internationale Brücke über den Alto Paraná im Bau (1959) zwischen Puerto Presidente Stroessner und Foz do Iguazú. Rechtes Ufer: Deckenbasalte der Serra Geral-Formation
Fig. 11. Puente internacional sobre el Rio Paraná en construcción; fundamentos sobre los basaltos de la formación Serra Geral (Foto: Putzer)

der Mennoniten-Kolonien im Zentral-Chaco und die Zuckerrohrplantagen und Viehzuchtgebiete im Süd-Ost-Chaco sowie der Straßenbau beweisen, daß der Chaco Boreal keineswegs so lebensfeindlich ist, wie meistens angenommen wird.

Verkehrsverhältnisse

Das Fehlen eines innerhalb des Staatsgebietes gelegenen Zugangs zum Meer ist ein fühlbarer Nachteil für die Entwicklung des Landes. Immerhin verfügt Paraguay von Asunción aus über den Paraná-La Plata über einen direkten Zugang zum Atlantik, der allerdings unter der Kontrolle der Anliegerstaaten liegt.

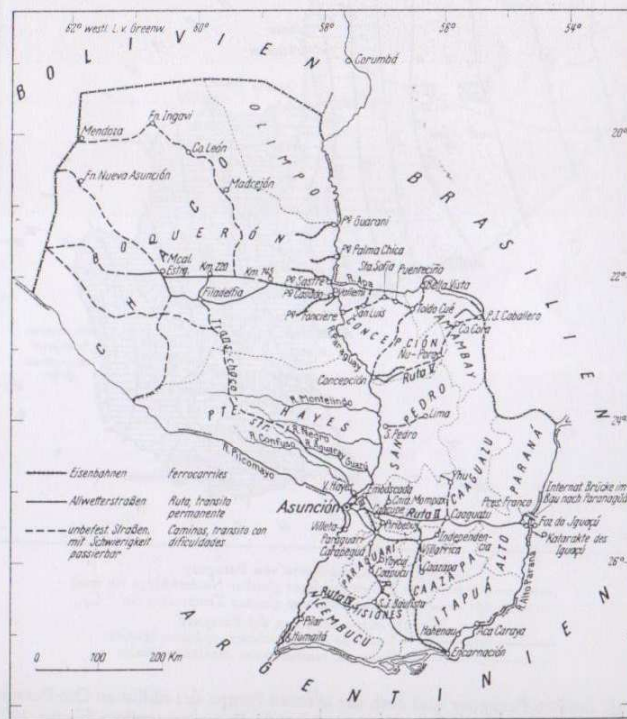


Abb. 12. Verkehrskarte von Paraguay

Fig. 12. Mapa de comunicaciones del Paraguay

Biblioteca
Ciencias Naturales

Von Brasilien wurde 1957 Paraguay ein Freihafen in Paranaguá (Staat Paraná) bewilligt, zu welchem der Zugang über die Ruta II von Asunción über Curitiba in Kürze offen ist, sobald die große Brücke (Abb. 11) über den Paraná bei Puerto Presidente Stroessner dem Verkehr übergeben worden ist.

Die größte Bedeutung für den Verkehr kommt den Wasserwegen Rio Paraná und Rio Paraguay zu.

Die terrestrischen Verkehrsverhältnisse sind am weitesten in Ost-Paraguay entwickelt, während der Gran Chaco wegen seiner geringeren Erschließung und der noch nicht fertiggestellten Verbindungswege zum Rio Paraguay vorerst noch als verkehrungünstig anzusehen ist (Abb. 12).

Eisenbahnen

Die älteste Bahnlinie des südamerikanischen Kontinents (1854) ist die noch heute von einer britischen Gesellschaft betriebene Linie von Asunción nach Encarnación mit einer Gesamtlänge von 380 km. Mittels einer Fähre hat diese Linie Anschluß an das argentinische Bahnnetz.

In Privatbesitz befindliche Schmalspurbahnen gehen von den Häfen am Mittellauf des Paraguay in den östlichen Gran Chaco und dienen dem Transport der Quebracho-Stämme zu den am Strom gelegenen Tanninabriken. Eine dieser Linien, die Casado-Bahn ist bisher die einzige terrestrische Transportmöglichkeit für die Mennoniten-Kolonien im zentralen Chaco.

Die Gesamtlänge der Schmalspurbahnen mit Anschlußstrecken beträgt rund 600 km. Die wichtigsten sind von Norden nach Süden:

Puerto Guarani-Linie	75 km
Puerto Palma Chica-Linie	25 km
Puerto Sastre-Linie	90 km
Puerto Casado-Linie	180 km
Puerto Piñasco-Linie	80 km

In Ost-Paraguay verbindet eine Schmalspurbahn Concepción mit Horqueta, eine Quebracho-Bahn San Antonio mit dem Flußhafen Ybapobó.

Straßen

Seit einigen Jahren baut die paraguayische Regierung mit großen Anstrengungen und zum Teil mit internationaler Hilfe die wichtigsten Fernverkehrsstraßen („Ruta“ I bis V) aus. Gegenwärtig besteht das Straßennetz aus 2500 km befestigten Straßen, davon sind 175 km asphaltiert.

Die Ruta I ist von Asunción bis Encarnación als Allwetterstraße fertig. Asphaltiert ist der Abschnitt von Asunción bis kurz hinter Eusebio Ayala, wie auch die bei km 40 (Ypacarai) nach San Bernardino abgehende Anschlußstrecke. Von Encarnación führt eine Allwetterstraße in das 40 km entfernte Zentrum der von Deutsch-Brasilianern 1900 gegründeten Kolonie Hohenau. Ruta I erschließt das Wirtschaftsgebiet Süd-Paraguays.

Ruta II, von Asunción über Caacupé—Coronel Oviedo nach Puerto Presidente Stroessner am Paraná führend, wird für die Zukunft die wichtigste Fernverkehrsstraße, da ihre Bestimmung die Verbindung zum atlantischen Freihafen Paranaguá ist. Von Asunción bis Coronel Oviedo ist diese breite Fernstraße eine Allwetterstraße, von dort bis zum Paraná (200 km durch Urwald [Abb. 13]) ist



Abb. 13. Rot-Erde, aus zersetzten Deckenbasalten hervorgegangen. Internationale Straße Cnel. Oviedo nach Puerto Presidente Stroessner. Blühende Lapacho-Bäume

Fig. 13. Terraplen de tierra colorada, producto laterítico de la meteorización de los derrames basálticos entre Cnel. Oviedo y el Rio Paraná (Foto: Putzer)

sie eine breite profilierte Erdstraße, die bei starkem Regen nur mit besonderer Genehmigung passiert werden darf. Die für ihre Asphaltierung notwendigen Mittel, US-\$ 2,5 Millionen, sind bereits als nordamerikanischer Kredit bewilligt worden.

In Puerto Presidente Stroessner ist die bisher einzige Brücke über den Paraná im Bau: eine brasilianische Firma baut die Hängebrücke mit einer Spannweite von 320 m und 3 % Steigung, deren Bahn 40 m über dem Mittelwasserspiegel des hier 80 m tiefen Paraná liegt (Abb. 14). Die internationale Brücke ist das Verbindungsstück zwischen der paraguayischen Ruta II und der brasilianischen Fernstraße von Foz do Iguaçu über Curitiba nach Paranaguá*).

Die Ruta III verbindet Asunción mit Emboscada und soll später über San Estanislao und Lima bis Tacuatí fortgeführt werden und den Norden an Mittel-Paraguay anschließen.

Ruta IV, die bei San Ignacio von der Ruta I nach Westen zum Rio Paraguay abgehende Straße, ist als breite Erdstraße bis westlich San Juan de Neembucu fertig. Der restliche Abschnitt über Pilar nach Humaitá ist im Bau.

*) Die Brücke wurde 1961 dem Verkehr übergeben.

Im nördlichen Ost-Paraguay ist die 250 km lange Ruta V geplant, die Concepción mit der Grenzstadt Pedro Juan Caballero verbinden und dort Anschluß an das brasilianische Straßennetz in Mato Grosso finden soll. Die Teilstücke Concepción bis Horqueta (30 km) und von Cerro Corá bis Pedro Juan Caballero sind bereits als profilierte Erdstraßen fertig. Das fehlende Verbindungsstück ist wegen ausgedehnter Flugsandfelder, zahlreicher Flußläufe und dem Fehlen fester Baustoffe ein sehr schwieriges Vorhaben.

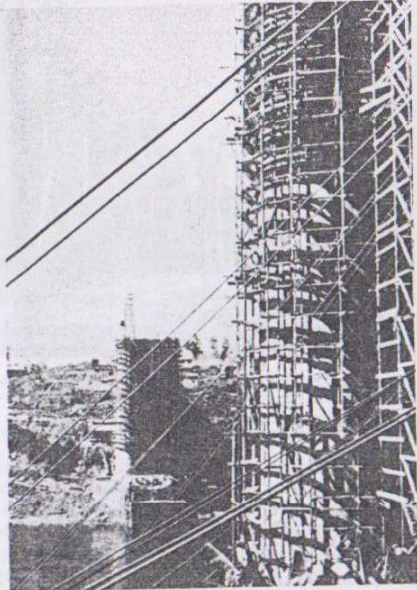


Abb. 14. Pfeiler der internationalen Brücke über den Rio Paraná, 1959, als Beton-Zuschlag dient Basalt der dort anstehenden Serra-Geral-Formation

Fig. 14. Pilar paraguayayo (a la der.) del puente internacional en Puerto Presidente Stroessner; hormigon hecho de basalto de los alrededores (Foto: Putzer)

Eine Landstraße zweiter Ordnung, die 92 km lange Strecke vom Hafen Rosario am Rio Paraguay nach San Estanislao ist im Bau, im Sommer 1959 war ein Drittel fertig.

Bemerkenswert ist, daß es bisher keine nord-südliche Verbindungsstraße zwischen der Landeshauptstadt bzw. Mittel-Paraguay und den Nordprovinzen

Ost-Paraguays gibt. Auch zwischen dem Grenzort Bella Vista am Oberlauf des Rio Apa und Concepción fehlt eine Allwetterstraße. Um z. B. mit dem Auto von Pedro Juan Caballero nach Bella Vista zu kommen, muß man auf brasilianisches Gebiet übertreten und vom Grenzstädtchen Ponta Porá durch Mato Grosso einen Tag lang nach dem brasilianischen Bella Vista fahren, und dort den Rio Apa zur Rückkehr auf paraguayisches Gebiet auf einer Furt queren, was bei Hochwasser nicht möglich ist.

Die anderen Straßen Ost-Paraguays sind unbefestigte Erdwege, die nur zeit- und abschnittsweise für geländegängige Autos befahrbar sind. Das größte Hindernis für Jeeps stellen die „carreteras“ dar, Erdwege, in die von den 2 m Durchmesser habenden Riesenrädern der zweirädrigen Bauernwagen bis 0,80 m tiefe Rillen eingeschnitten sind. In der Regenzeit sind diese Wege für Kraftfahrzeuge unbefahrbar.

Chaco Boreal

Im nördlichen Chaco ist die 700 km lange Trans-Chaco-Straße (Ruta Trans-Chaco) mit USA-Hilfe im Bau. Sie ist eines der schwierigsten Straßenbauprojekte des Landes, weil die Straße viele Flußläufe und Sümpfe überqueren muß, während die einzigen festen Baustoffe in einem Steinbruch 30 km westlich des Rio Paraguay vorhanden sind, und weil der tonige, salzreiche Boden bei Regenfällen für viele Tage jede Arbeit und Bewegungsmöglichkeit verhindert (Abb. 15, 16, 19).

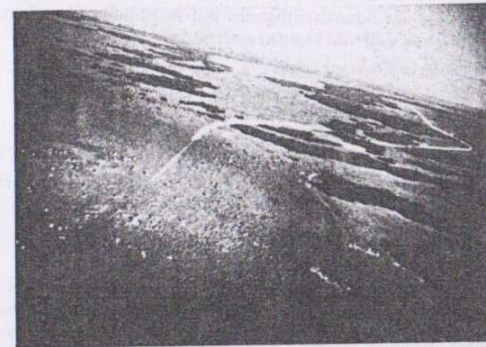


Abb. 15. Parklandschaft des südlichen Chaco Boreal; schwarz: Waldinseln, grau: Steppe, weiße Punkte: Caranday-Palmen. Trans-Chaco-Straße im Bau bei km 51

Fig. 15. Paisaje tipo parque en el Chaco Boreal meridional; negro: monte, gris: pampa, blanco: palmas caranday; camino en construcción hasta km 51 (1957) (Foto: Putzer)

Die Trans-Chaco-Straße beginnt in Villa Hayes (Abb. 12) und soll über das 400 km entfernte Zentrum der Mennoniten-Kolonien, Filadelfia, bis an die bolivianische Grenze geführt werden. Ende August 1959 war die Straße bis km 86

als breite Allwetterstraße einschließlich aller Brücken und Durchlässe fertig. Im Juni 1960 war die Straße auf 140 km befahrbar, alle Brücken und Durchlässe fertiggestellt (Abb. 17, 18).



Abb. 16. Ende der Bauphase 1957 durch Wolkenbruch bei km 51 der Trans-Chaco-Straße. Salzhaltiger Lehm wurde für Wochen unpassierbar

Fig. 16. Punto final de las obras de construcción en 1957 de la ruta Trans-Chaco, por lluvias torrenciales, enlodada por el limo salífero del cuaternario (Foto: Nielsen)

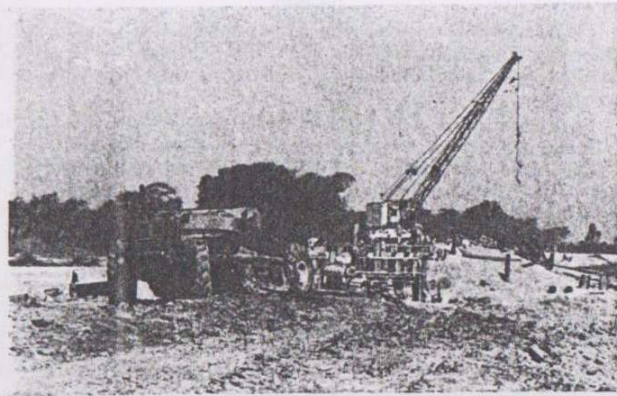


Abb. 17. Baustelle der Trans-Chaco-Straße bei km 100 (1959); Brückenbau über den Rio Aguaray-Guazú. Ufer aus sandig-schlammigem Alluvium

Fig. 17. Obra de la Ruta Trans-Chaco en el km 100; puente sobre el Rio Aguaray-Guazú en construcción (1959) (Foto: Putzer)

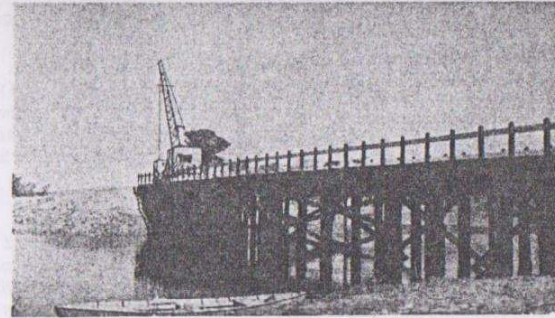


Abb. 18. Die gleiche Stelle wie Abb. 17, mit fertiggestellter Brücke, Juni 1960

Fig. 18. El mismo puente, terminado en 1960 (Foto Putzer)

Der stark mineralisierte graugelbe Tonboden nimmt bei Regen sofort Wasser auf und wird zu glitschiger Schmiere, auf der keine Straßenbaumaschine mehr vorankommen kann. Der Fortgang der Arbeiten ist stark vom Wetter abhängig, 1957 wurde an 132 Tagen, 1958 an 112 Tagen der Straßenbau fortgesetzt.

Die zweite wichtige Straße West-Paraguays ist die Ost-West-Verbindungsline im zentralen Chaco, die vom Endpunkt der Casado-Bahn über den Stützpunkt „km 220“ die Hauptstadt des Chaco, Mariscal Estigarribia, erreicht. Dort gabelt sich die Straße; eine Erdstraße führt nach Westen bis Cañada Oruro, eine andere nach Nordwesten bis Eugenio an der bolivianischen Grenze.

Die 1958/59 dort tätig gewesene US-Ölgesellschaft Pure Oil hat die einzige Süd-Nord-Verbindung durch den Chaco Boreal über die ehemaligen Forts Madrejón und Ingavi bis Fortin



Abb. 19. Gelände im südlichen Chaco Boreal beiderseits der Trans-Chaco-Straße nach heftigem Regen. Caranday-Palmen in einer abflußlosen Einschwemmungs-Senke

Fig. 19. Depresión de iluvión, sin desagüe, en el Chaco Boreal meridional, con palmar de caranday (Foto: Putzer)

Mendoza an der bolivianischen Grenze instand gesetzt, so daß 1959 hier 300 km Erdstraßen befahren werden konnten.

Im Gebiet der Mennoniten-Kolonien haben diese in den 20 Jahren ihres Bestehens ein erstaunlich dichtes Netz breiter Erdstraßen gebaut, das die 60 Dörfer der Kolonien untereinander und mit dem Endpunkt der Casado-Bahn bzw. der Fernstraße nach Mariscal Estigarribia verbindet. Diese Erdstraßen sind zwar sehr staubig, aber bei Trockenheit gut befahrbar; unmittelbar nach sommerlichen Sturzregen sind sie für Kraftfahrzeuge nicht benutzbar.

Wasserwege

Der Rio Paraguay ist auf mehr als 700 km schiffbar. Zwischen 1941 und 1950 wurden über 87 % der paraguayischen Exporte auf diesem Strom transportiert (ECKEL [1959]). Regelmäßiger Fracht- und Personentransport findet zwischen Corumbá bzw. Asunción und Buenos Aires statt. Bei Normalwasser hat der Fluß unterhalb Asunción 2,70 m Tiefgang, bei Niedrigwasser noch 2 m. Seit 1959 werden jährlich 250 000 t Manganerz von Corumbá (Brasilien) in 1000-t-Lastkähnen auf dem Rio Paraguay nach dem uruguayischen Hafen Nueva Palmira verschifft.

Auf dem Paraná, der auf 800 km, längs der paraguayischen Grenze, schiffbar ist, hat nur der Holztransport große Bedeutung. Dampfer verkehren von Buenos Aires bzw. Encarnación stromauf bis Puerto Guairá, unterstrom der Katarakte von Sete Quedas.

Flugverkehr

Seit 1959 wird der Flughafen Asunción von den größten internationalen Flugzeugen regelmäßig angefliegen. Internationaler Flugverkehr besteht von Asunción nach Buenos Aires, Montevideo, Rio de Janeiro, Santiago de Chile und La Paz. Einheimischer regelmäßiger Flugdienst verbindet Asunción mit Filadelfia, Mariscal Estigarribia, Puerto Guarani, Concepción und Encarnación. Außerdem bestehen Landemöglichkeiten für zweimotorige Maschinen bei den meisten größeren Orten in Ost-Paraguay und den militärischen Stützpunkten im Chaco. Die reichlich benutzten Luft-Taxis ermöglichen schnelle Reisen zu praktisch allen Ortschaften und Haciendas.

Wirtschaft

Paraguay lebt bisher zum weitaus größten Teil von den Erzeugnissen der Land- und Forstwirtschaft. Etwa 54 % der Gesamtfläche des Staates werden von Urwäldern bedeckt; 40 % sind Weideland, 4 % werden ackerbaulich genutzt und 2 % sind Ödland.

Die Wälder Ost-Paraguays enthalten zahlreiche wertvolle Edelhölzer, z. B. Lapacho, Cedro, Petereby, Curupay u. a., dazu kommt als begehrtes Weichholz der Piñero (Araucaria). In den Wäldern des nördlichen und östlichen Chaco ist der für die Tanningewinnung wichtige Quebracho-Baum zu Hause (etwa 140 000 t/j Holz werden auf Tannin verarbeitet). Der größte Teil der Chaco-Wälder gehört den Tannin-Gesellschaften.

Allein die Cia. Casado besitzt mit drei Millionen Hektar eine Landfläche von der Größe Belgiens.

Der Viehbestand Gesamt-Paraguays wird mit vier Millionen Köpfen angegeben. Die wichtigsten Viehzuchtgebiete sind die Steppen des westlichen Ost-Paraguay zwischen dem Unterlauf des Rio Apa und dem Mittellauf des Rio Paraná, die Tallandschaften beider Ströme und die sumpfigen Niederungen des östlichen Chaco.

Die wichtigsten landwirtschaftlichen Anbauprodukte sind: Manioca, Mais, Batatas, Zuckerrohr, Erdnüsse, Weizen, Reis, Zitrusfrüchte, Wein, Obst, Tabak und Mate. Hochwertige Baumwolle wird im Chaco angebaut.

Der Rohstoff für das Nationalgetränk „Yerba“ (Mate, *Ilex paraguayensis*) ist in den ost-paraguayischen Wäldern heimisch und wird seit 1898 in Plantagen angepflanzt. Der normale Export von etwa 10 000 t/j ist nach dem letzten Krieg infolge des starken argentinischen Anbaus erheblich zurückgegangen (1950: 1266 t).

Mit sehr gutem Erfolg wird seit 1952 auf den fruchtbaren Roterdeböden der Basaltdecken in höheren Lagen Kaffee kultiviert, z. B. bei Chiriguelo.

Die wichtigsten Feldbauprodukte des Chaco sind: Baumwolle, Erdnüsse, Bohnen und Mais, daneben Zuckerrohr in Benjamin Aceval und Mariscal Estigarribia.

Industrie

Die industrielle Entwicklung steht erst am Anfang. Der Konsumbedarf der zahlenmäßig geringen und bescheiden lebenden Bevölkerung ist noch klein. Mit dem zügig fortschreitenden Ausbau des Verkehrsnetzes wachsen Konsum und Exportmöglichkeiten.

Bergbau hat nur im großen Krieg (1864 bis 1870) in unbedeutendem Maße auf Eisen- und Kupfererz stattgefunden (S. 113, 118). Zum ersten Mal wurde von 1946 bis 1949 von Nordamerikanern auf Erdöl prospektiert. Nach zehnjähriger Pause ist 1958 diese Exploration im Chaco wieder aufgenommen worden und wurde 1959 erneut eingestellt. Die staatliche Zementfabrik in Vallemi hat eine Kapazität zwischen 10 000 und 15 000 t/j. In geringem Umfang wird Kaolin im Tal des Rio Piribebuy gewonnen.

Paraguay steht an zweiter Stelle der Weltproduktion an Tannin (Quebracho-Extrakt). Die Produktion ist von 40 000 t/j (1955) unter 20 000 t (1958) gesunken. Tanninfabriken bestehen am rechten Ufer des Rio Paraguay in Puerto Casado, Puerto Sastre, Palma Chica, Puerto Guarani und Puerto Piñasco. Die sonstige Industrie ist Verwertungs- und Aufbereitungsindustrie der viehwirtschaftlichen und ackerbaulichen Produktion: Fleischkonserven, Tung-Öl (Tung-Bäume seit 1936 bei Hohenau angebaut), Weizen, Zuckerrohr, Seifen (vor allem aus Nüssen einer Kokospalme). Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die wichtigsten Produktionsgüter.

Tabelle 3
Produktion (in t)

	1956	1958	1959
Holzstämme (Export)	229 133	196 289	82 330
Tannin	25 848	28 911	19 360
Tung-Öl	2 382	2 583	1 405
Petitgrain	83	68	159
Palo Santo (Guayacán)	35	30	27
Mate (Yerba)	14 073	12 646	14 705
Manioca	950 000	995 000	1 005 000
Zuckerrohr	380 000	550 000	584 000
Zucker	19 238	35 120	32 216
Mais	120 000	130 000	125 000
Batatas	75 000	75 000	71 500
Weizen	2 660	12 000	14 000
Reis	19 000	20 000	16 000
Baumwolle	35 265	33 200	26 500
Kaffee	247	270	360
Tabak	5 500	4 500	7 200
Fleischkonserven	5 702	8 832	11 978
Häute	11 486	13 677	11 025
Portland-Zement	13 578	7 404	13 477

II. Geologischer Überblick

Wenn auch das weite waldbedeckte Paraguay geologisch noch nicht als erforscht gelten darf, so sind der geologische Gesamtbau des Landes und der Schichtenaufbau doch im großen bekannt.

Paraguay ist geologisch in drei große Einheiten gegliedert, nämlich von Osten nach Westen:

- den Westrand des Paraná-Beckens,
- die zentral-paraguayische Schwelle
- und das Becken der Gran Chaco.

1. Westrand des Paraná-Beckens

Rund zwei Drittel von Ost-Paraguay (östlich des 57. Längengrades) gehören zum großen Paraná-Becken, dessen Hauptteil in den brasilianischen Staaten Rio Grando do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, im südlichen Goiás und im Südosten von Mato Grosso gelegen ist. Das Becken greift nach Süden auf Uruguay und nach Südwesten auf Argentinien über (Abb. 20).

Das etwa 1,2 Millionen km² große Becken ist ein weitgespannter festländischer Trog, der im jüngeren Paläozoikum und der Trias allmählich aufgefüllt wurde, wobei die jüngsten sedimentären Ablagerungen (Trias) der Gondwana-Schichten über den ursprünglichen Rand des Beckens hinweggriffen. Die ungeheuren Ergüsse der Deckenbasalte, welche die Oberfläche des Beckens bedecken, sind wahrscheinlich zur Zeit des oberen Mesozoikum erfolgt. Der Westrand dieses großen aber flachen Beckens liegt in Ost-Paraguay.

Das Fehlen von paläozoischen und jüngeren Orogenesen im Bereich des Brasilianischen Schildes hat die flache Lagerung der Gondwana-Schichten im Paraná-Becken erhalten: in Ost-Paraguay fallen die Schichten vom Westrand des Troges ganz flach beckenwärts (also nach Osten) ein, oft mit Winkeln geringer als 1°. Nirgends ist es im gesamten Paraná-Becken zu Faltungen gekommen; die Tektonik ist durch germanotype Brüche gekennzeichnet. Die Schichtenfolge der Gondwana-Serien, die von WHITE (1906 und 1908) als „Santa Catarina-System“ aufgestellt wurden, ist trotz der großen Ausdehnung des Beckens von 1900 km × 1000 km im großen erstaunlich gleichförmig. So haben mit Recht bereits DU TOIT (1927), OLIVEIRA & LEONARDOS (1943), HARRINGTON (1950) und ECKEL (1959) darauf hingewiesen, daß im paraguayischen Anteil des Paraná-Beckens die gleiche Schichtenfolge wie in Brasilien vorhanden ist.

Allerdings ist das „Santa Catarina-System“ am Westrand des Beckens nicht so vollständig vorhanden wie in dem 800 bis 900 km ostwärts gelegenen Santa Catarina. Die klassische catarinenser Schichtenfolge ist nach PUTZER (1955):

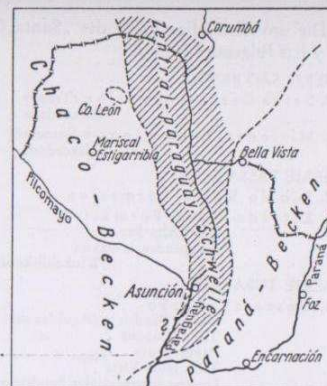


Abb. 20. Die geologische Groß-Gliederung Paraguays
Fig. 20. Divisiones geológicas generales del Paraguay

III. SERIE SÃO BENTO

2. Serra Geral-Formation (Trapp) nach-triassisch, ? Jura
Diskordanz

1. Botucatu-Formation Obere Trias
Diskordanz

II. SERIE PASSA DOIS:

3. Rio do Rasto-Formation mittl. Perm
Oberes Rio do Rasto
Unteres Rio do Rasto

2. Estrada Nova-Formation Unt. Perm
Serra Alta-Stufe

1. Irati-Formation Unt. Perm

I. SERIE TUBARÃO:

2. Palermo-Formation Ob. Karbon
1. Unteres Tubarão Ob. Karbon

Rio Bonito-Fazies (kohlenführend)
Itararé-Fazies (glazial)
Diskordanz
Kristallin Prä-Kambrium

Die unvollständige Folge des „Santa Catarina-Systems“ in Ost-Paraguay hat folgendes Profil:

III. SERIE SÃO BENTO:		
2. Serra Geral-Formation (Trapp)	Diskordanz	nach-Trias, ?Jura
1. Misiones-Formation (= Botucatu)	Diskordanz	Trias
II. SERIE PASSA DOIS:		
2. Rio do Rasto-Formation		mittl. Perm
1. Estrada-Nova-Formation		Unt. Perm
	Serra Alta-Fazies	
	Independencia-Fazies	
	Winkeldiskordanz	
I. SERIE TUBARÃO:		
1. Unteres Tubarão		Oberes Karbon
	Oberer Sandstein (Aquidauana)	
	Tillit Nioaquê	
	Paxixi-Strufe	
	Tillit Bella Vista	
	Unterer interglazialer Sandstein	
	Tillit Aquidabán	
	Diskordanz	

Liegendes: Kristallin (im Norden) — Silur, Gotland (im Süden)

Folgende, aus dem brasilianischen Anteil des Paraná-Beckens bekannte Einheiten: die kohlenführende Rio Bonito-Formation und die Palermo-Formation des Ober-Karbon sowie die bituminösen Schiefer und Kalke der Irati-Formation fehlen primär in Ost-Paraguay, was bedeutet, daß im postglazialen Ober-Karbon keine Sonderbecken bestanden haben, in denen es zur Kohlenbildung kommen konnte, und daß die Lagunen-Ablagerungen des Irati mit größter Wahrscheinlichkeit nicht bis nach Paraguay gereicht haben.

Von Bedeutung für die Paläogeographie ist ferner, daß am Westrand des Paraná-Beckens auch innerhalb des über 500 km langen, Nord-Süd gerichteten Ausstrichs der Gondwana-Schichten deren Schichtenfolge nicht komplett ist: im Norden greifen die Trapp-Decken über die Tubarão-Serie, d. h. die permischen und triassischen Formationen keilen nach Norden aus (Karte). Andererseits ist die glaziale und periglaziale Schichtenfolge des Ober-Karbon im Norden bedeutend mächtiger und schärfer gegliedert als im Süden.

Die Aufschlußverhältnisse sind am Westrand des Paraná-Beckens schlecht. Zur Ausbildung von Randstufen ist es nur im Nordosten gekommen; die Flüsse haben sich bei dem geringen Relief nicht tief einschneiden können, und die geschlossene Urwalddecke mit tief verwittertem Boden entzieht den Untergrund der Beobachtung.

2. Zentral-paraguayische Schwelle

Diese Schwelle ist ein altangelegtes Struktur-Element, das mit Nord-Süd-Streichen das Paraná-Becken vom Gran Chaco-Becken trennt. Offensichtlich besteht die Schwelle aus einem südlichen und nördlichen Kern sehr alter Gesteine, zwischen denen sich eine Depression in der Mitte der Schwelle befindet, die etwa

von Rosario bis Concepción reicht, in der die alten Gesteine der Schwelle vollständig von jüngeren Bildungen verhüllt sind.

Das Gerüst dieser von 56° 30' West bis etwa 59° 30' West reichenden Schwelle besteht aus stark gefaltetem metamorphem Präkambrium, das von Graniten und ihrer Ganggefolgschaft durchbrochen wird. Der südliche Kern der Schwelle wird von einem ausgedehnten präkambrischen Porphyrguß bedeckt.

Diskordanz liegt ein Mantel über den präkambrischen Kernen; im Norden eine relativ geringmächtige, marine Kalkstein-Serie, deren Alter noch nicht gesichert ist. Sie wird von BARBOSA (1957) als Kambrium aufgefaßt, während sie von anderen Autoren (LEONARDOS [1943], BEURLEN [1958], PUTZER [1958]) in das Präkambrium? oder Kambrium? gestellt wird [also: Präkambrium (?) oder Kambrium (?)].

Im Süden wird das Präkambrium von der über 1000 m mächtigen klastischen Folge des Silur („Silur“ = Ordoviz und Gotland) mit Diskordanz über das in seinem tieferen Teil in kontinentaler, nach oben in mariner Fazies vorliegt.

Zu Beginn der Trias war die Schwelle so weit eingeebnet bzw. versenkt, daß der Misiones-Sandstein über die Schwelle transgrediert ist. Erosionsreste der Trias-Sandsteine sind zwischen Asunción und Villeta, bei Villa Hayes, Rosario und Concepción auf der Schwelle erhalten (S. 72).

Nach Ablagerung der Trias-Sedimente hat der Raum der zentral-paraguayischen Schwelle beträchtliche tektonische Beanspruchungen erfahren. Diese Bewegungen waren am Ostrand der Schwelle, d. h. im großen gesehen, an der Grenze des Westrandes des Paraná-Beckens gegen die Schwelle, vom Aufdringen essexitischer und shonkinitischer Intrusiv- und Ergußgesteine begleitet (PUTZER & VAN DEN BOOM [1961]). Weit im Norden der Schwelle sind an deren tektonischen Westrand wohl zur gleichen Zeit Alkali-Syenite und Foyaite auf einer Störungszone aufgestiegen.

Der Aufbau der Schwelle ist im südlichen Ost-Paraguay durch zahlreiche Aufschlüsse zwischen San Juan Bautista und Emboscada sowie zwischen Carapeguá und Itacurubi recht gut bekannt.

Im nördlichen Ost-Paraguay sind die Aufschlußverhältnisse wesentlich schlechter. Nur im Apa-Bergland finden sich häufig Ausbisse infolge des etwas stärker ausgeprägten Reliefs. BOETTNER (1947) hat auf einer von Ost nach West durchgeführten Traverse wichtige Erkenntnisse über den Aufbau der Schwelle gesammelt.

Das rund 220 km lange Zwischenstück von San Salvador, südlich Puerto Piñasco, bis Arroyo y Esteros, nördlich des Rio Piribebuy, ist infolge Fehlens von Aufschlüssen noch unbekannt.

3. Becken des Gran Chaco

Das gesamte West-Paraguay, auch Chaco Boreal genannt, ist mit seinen etwa 247 000 km² ein Teil des großen Süd-Nord sich erstreckenden epikontinentalen Troges, der zwischen dem Brasilianischen Schild und den Kordillern liegt und regional-tektonisch das „Vorland“ der gefalteten Ketten der bolivianischen und argentinischen Anden darstellt.

Chaco bedeutet „freies Feld“ oder „Jagdfeld“. Von den spanischen Eroberern wurde das Land „Tierra de los Mbayas“ genannt.

Schon sehr früh sind portugiesische und spanische Conquistadoren in den Chaco eingedrungen: ALEIXO GARCIA durchquerte 1524 mit 2000 Guarani-Indios den Chaco Boreal auf seinem Zug in die Anden; er kehrte zurück und wurde 1525 bei Asunción von Indianern ermordet.

Der kühne Versuch SEBASTIAN GABOTO's, den Rio Pilcomayo stromauf zu fahren und in dessen andines Quellgebiet zu gelangen, schlug 1528/29 fehl. JUAN DE AYOLAS fuhr 1537 den Rio Paraguay hoch und drang in den Chaco ein. Eine der frühesten Militärstationen der Spanier, Candelaria, nahe dem heutigen Fortin Olimpo, diente DOMINGO DE IRALA 1539 als Ausgangspunkt einer Durchquerung



Abb. 21. Reproduktion einer anonymen Karte von Paraguay aus dem Anfang des 18. Jahrhunderts. Im Kreis: der Bergzug des Cerro León (Unter-Devon und Silur) im zentralen Chaco Boreal
Fig. 21. Mapa antiguo del Chaco Boreal con el Cerro León (siglo XVII)

des nördlichen Chaco. NUFLO DE CHAVEZ fuhr den Pilcomayo hoch und gelangte 1546 bis in die ausgedehnten Sumpfreionen der Esteros Patiño.

Von Expeditionen aus dem 17. Jahrhundert wissen wir nichts. Aber die Jesuiten, die seit 1614 im heutigen Ost-Paraguay Missionen eingerichtet hatten, sind im Anfang des 18. Jahrhunderts auch in den Chaco vorgestoßen, wo sie hart nördlich des 20. Breitengrades die bis heute nicht wiedergefundene Siedlung San Ignacio de Zamucos gründeten. Der Jesuitenpater PATIÑO erreichte 1721 den mittleren Pilcomayo beim heutigen Ort Esteros, nach ihm wurden die Sümpfe Esteros Patiño genannt. Die Gabelung des Rio Pilcomayo am Ostausgang der Sumpfbzone ist bereits 1726 auf der Karte des Jesuiten-Generals TAMBURINO enthalten. Die Jesuiten haben im ersten Drittel des 18. Jahrhunderts den zentralen und nördlichen Chaco durchforscht. Karten dieser Zeit stellen zahlreiche Indianer-Siedlungen, Sumpfbzonen und die wichtigsten Flüsse des Chaco dar. Eine zeitgenössische italienische Karte bildet bereits das einzige große Bergmassiv des Chaco ab, den Cerro León (Abb. 21, Carta essata rappresentante il Corso del fiume Paraguay, 18. Jahrhundert), und Pater RETZ zeichnete in seine 1732 in Rom erschienene Karte das Profil der Landmarke des Nord-Chaco, den Cerro San Miguel, unmittelbar nördlich der heutigen paraguayisch-bolivianischen Grenze gelegen. (Titel der Karte: Paraguariae Provinciae Soc. Jesu cum adjacentib. novissima descriptio.) RETZ nennt den Berg Cerro Yorvide. Seine Position ist mit $20\frac{1}{2}^{\circ}$ südlicher Breite ziemlich genau eingemessen (wirkliche Position $19\frac{1}{2}^{\circ}$ [Abb. 22, 23]). Die erste wissenschaftliche Expedition in den südlichen Chaco Boreal hat DE AZARA 1785 unternommen. Das Fortin Olimpo am Nord-Ost-Rand des

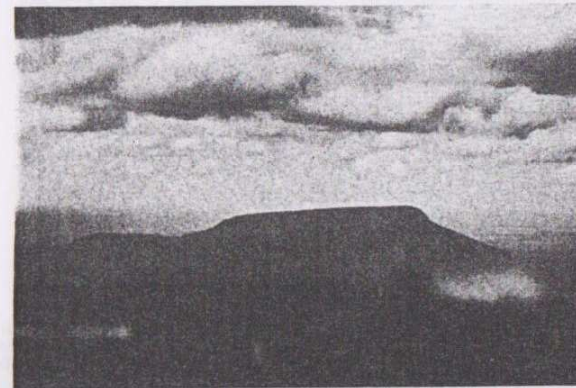


Abb. 22. Der Tafelberg Cerro San Miguel (Ordoviz), die Landmarke an der Nordgrenze des paraguayischen Chaco Boreal
Fig. 22. Cerro tabular San Miguel (ordovizico) cerca de la frontera norte del Chaco Boreal (Foto: Ahlfeld)



Abb. 23. Reproduktion einer Karte von Paraguay des Jesuiten-Pater RETZ (1732). Im Kreis: der aus der Ordoviz bestehende Tafelberg Cerro San Miguel an der Nordgrenze des Chaco Boreal
Fig. 23. Mapa antiguo del Padre RETZ (1732) mostrando el Chaco Boreal con el Cerro San Miguel (= Cerro Yoribide)

Chaco wurde 1792 gegründet, und im 19. und 20. Jahrhundert haben militärische und wissenschaftliche Expeditionen von Paraguay, Argentinien und Bolivien aus viel zur Kenntnis dieses so schwer zu bereisenden Landes beigetragen.

Die wilden Indios sind im letzten halben Jahrhundert in den schwer zugänglichen Nordwesten und Norden abgedrängt worden. Im Chaco Boreal leben noch heute relativ viel reine Indianerstämme: im äußersten Norden die Guarañocas, im Nordosten die Chamacocos (= Zamucos), im Nordosten die Lenguas, während am Pilcomayo von Osten nach Westen die Macás, Chulupis und Chorotes ihre Siedlungsgebiete haben. Die nomadisierenden, kriegerischen Moros (= Morotocos) leben im zentralen und nördlichen Chaco; bisher lehnten sie jeden freundlichen Kontakt mit Weißen ab. Durch ihr Gebiet zwischen dem Cerro León und Fortin Ingavi ist der Verfasser 1957 unbehelligt gereist.

Geologische Studien sind im Chaco erst spät begonnen worden. ALCIDES D'ORBIGNY ist 1832 durch den bolivianischen Teil des Chaco Boreal gezogen und hat den ersten geologischen Bericht über jene Gegend erstattet. L. OLMOS (1912) hat noch angenommen, daß der gesamte heutige paraguayische Chaco von Tertiär eingenommen sei (Mapa Geológico de Bolivia 1 : 2,5 Millionen, La Paz, 1912).

Durch die fünf Pionierbohrungen der Union Oil of California (1946 bis 1949), die Seismik dieser Gesellschaft, die 1957 bis 1959 durchgeführten vier Tiefbohrungen der PURE OIL und Gravimetrie der PEGASA, sowie die Arbeiten von BENTZ (1957), PUTZER und WOLFART (1957, 1961), FLATHE, BENDER und LÜDERS (1959) und die Karte von ECKEL (1959) wurde das geologische Bild des Chaco Boreal detaillierter. Die verkehrsmäßige Erschließung des Chaco ist in den letzten Jahren wesentlich vorangegangen; im Westen, Zentrum, Süden und Osten haben Kolonisation und Wirtschaft positive Resultate gezeitigt. Die Legende von der Lebensfeindlichkeit des Chaco hat ihre Berechtigung verloren. Die paraguayische Regierung hat Existenzmöglichkeiten im Chaco geschaffen. Das heiße, ausgeprägte Wechsel-Klima ist gesund, Boden und Viehwirtschaft sowie der Wald geben reiche Erträge. Sicher ist das Leben im Chaco in der Phase der Erschließung nicht leicht. Viel ist noch zu tun, vor allem der Wegebau und Erschließung von Trinkwasser (Seite 145 ff). Der weitaus größte Teil des paraguayischen Chaco ist von sanft nach Westen ansteigenden ganz jungen Lockergesteinen bedeckt. Nur im Norden des Chaco tritt der ältere Untergrund (Devon und Silur) an ganz wenigen Stellen zutage. Am äußersten Ostrand, nahe dem Rio Paraguay, treten im Süden die Trias und jungmesozoische Vulkanite, im Norden die bereits erwähnten Alkaligesteine bei Puerto Guarani auf.

Bei Puerto Casado sind einige Berge der ? präkambrischen bzw. ? kambrischen Kalkserie vorhanden, welche die westliche Fortsetzung der Kalktafel des Apa-Berglandes darstellen.

Die Füllung des über 3000 m tiefen Chaco-Troges ist bisher nur durch wenige Aufschluß-Bohrungen auf Erdöl punktförmig bekannt geworden. Über 2000 m mächtige marine Sedimente in geosynklinaler Fazies sind im Silur und Devon im Chaco abgelagert worden. Die aus Ost-Paraguay bekannte Folge der Gondwana-Fazies des Ober-Karbon und Perm fehlt im Becken des Gran Chaco. Über dem marinen Paläozoikum folgen im Chaco-Trog 500 m bis über 2500 m rötliche kontinentale Sedimente, die sogenannten Red Beds, deren altersmäßige Einstufung bisher mangels Fossilien noch nicht gelungen ist. Sie werden mit Vor-

behalt dem großen Zeitabschnitt vom Ober-Karbon bis zur Trias zugerechnet (BENTZ [1957], ECKEL [1959]). RASSMUS (1957) stellte sie in das Tertiär.

Über den Red Beds folgen bis 500 m mächtige junge, halb- bis nichtverfestigte festländische Gesteine des Känozoikum, über die noch sehr wenig bekannt ist, und die das nach Korngrößen geordnete Abtragungsmaterial aus den Anden darstellen.

Das Fundament des Gran Chaco-Beckens dürfte das Präkambrium des „Brasilianischen Schildes“ sein.

Die paläozoischen und jüngeren Gesteine des Chaco-Troges sind nicht mehr von echten Faltungen betroffen worden. Dagegen spricht die Korrelation der Devon-Obergrenze in den Tiefbohrungen für das Vorhandensein streichender Verwerfungen mit beträchtlicher Sprunghöhe.

Tabelle 4 Formations-Tabelle		Cuadro No. 4 Cuadro cronológico de las formaciones	
CHACO BOREAL		OST-PARAGUAY	
100—760 m	„Chaco-Sedimente“ Pampeano-Form.	Quartär Holozän Pleistozän	wenige m — 100 m 0—10 m
>3000 m	Red Beds	Tertiär? Ober-Kreide? Kreide? Jura? Trias	Xaraiés-Form Baurú-Sandstein Caiuá-Sandstein Serra Geral-Form. Misiones-Form. (= Botucatu-Form.) Passa-Dois-Serie
		Perm Ober-Karbon Unter-Devon	> 400 m 300—500 m fehlt
800—1400 m		Sandst. Cerro Perro Tone Vargas Peña Sandst. Eusebio Ayala	300—400 m
> 190 m	Silur	Gotland Ordoviz Sandst. Caacupé Basal-Konglomerat	700—800 m
200 m	Präkambrium? oder Kambrium Präkambrium	Itapucumi-Serie San Luis-Serie	> 200 m > 1000 m

III. Schichtenfolge

1. Präkambrium

Das ältere Präkambrium besteht aus Paragneisen, Glimmerschiefern und Quarziten als höher metamorphen Gesteinen, sowie aus Phyllit-Quarzit, Tonschiefern, Kieselschiefern, Marmor und umgewandelten basischen Vulkaniten.

Sowohl im Norden — Apabergland — wie im Süden — Hügelland von Caapucú — haben im jüngsten Präkambrium Intrusivgranite das ältere Algonkium durchsetzt, als deren Gangfolge besonders im Norden Aplite und Pegmatite auftreten, während im Süden ein großes, mehr oder weniger zusammen-

hängendes Gebiet von Porphyr-Decken eingenommen wird. Das ältere Präkambrium ist stark gefaltet und — während und nach der Granit-Intrusion — durch Verwerfungen in einzelne Blöcke zerlegt worden. Im Anschluß an die jüngeren präkambrischen Intrusionen und Extrusionen kam es während einer epigeneitischen Phase zu weitgehender Erosion und Planierung der präkambrischen Gesteine, über welche im Süden das Silur, im Norden wahrscheinliches Kambrium oder Präkambrium (PUTZER [1958a, b]), transgredierte.

Im südlichen Ost-Paraguay ist das ältere Präkambrium in einem etwa 20 km breiten, West—Ost streichenden Streifen zwischen San Juan Bautista und Villa Florida nachgewiesen. Die Aufschlüsse sind in der ganz flachwelligen Landschaft sehr selten und haben im besten Fall eine Höhe von einigen 10 m. Nördlich des Rio Tebicuary steht die Porphyrdecke von Caapucú gut aufgeschlossen an.

Den Hauptanteil der metamorphen Gesteine stellen glasharte, splittrige, weißgraue Quarzite, die etwas Feldspat und auf den zahlreichen Klüften hellgrünen Muskovit führen. Solche tektonisch stark zerdrückten Serizit-Quarzite bauen die flachen Hügelzüge des Cerro Isla Mborebi und des Cerro Penó im Nordwesten und Norden von San Juan Bautista auf. Das dickbankige Gestein streicht N 120° bis 130° und fällt nach Nordosten ein. Zwischen San Miguel und Villa Florida streicht die parallelschichtige Folge N 30° bis N 40° und fällt mit 30° bis 50° nach Südosten ein. Neben den vorherrschenden graphithaltigen Quarziten treten Talkschiefer, in Talk umgewandelte ultrabasische Gesteine, Biotit-Schiefer — sowie nach HARRINGTON (1950) südlich San Miguel — Marmorlinsen auf. Schriftgranitische Pegmatite, Aplite, Granitgänge und zahlreiche hydrothermale Quarzgänge durchsetzen die metamorphe Folge, die wohl über 1000 m mächtig ist.



Abb. 24. Porphyrischer Granit des Präkambrium in Wollsaack-Ausbildung, nördlich Caapucú auf der südlichen Aufbeulung der zentral-paraguayischen Schwelle
Fig. 24. Granito porfídico del precámbrico, en disgregación en forma de sacos, Caapucú (Foto: Wolfart)

Nördlich des Rio Tebicuary stehen nur noch geringe Reste der metamorphen Schichten an, die hier west-östliches und nord-südliches Streichen haben, wo nämlich die Erosion die jüngere Porphyredecke zerstört hat: 11 km südlich Caapucú, an der Ruta I, glasiger, weißer Quarzit, stark zerruschet und mit Harnischen, Streichen West—Ost. Nordwestlich Estancia las Casuarinas blauschwarzer Kiesel-schiefer, Streichen N 80° Einfallen 85° S; an einer Störung 1 km weiter südlich stehen dieselben Schichten mit einem Streichen von N 175° und 15° östlichem Einfallen an, wo sie an hellbraune Arkosen stoßen. ECKEL (1959) fand gleiche Arkosen mit eingeschalteten Schiefertönen 6 km nordöstlich Villa Florida.

Etwa 15 km nordwestlich Caapucú steht am Rand des Porphyrs bei Charara nochmals metamorphes Präkambrium an. In einem 300 bis 500 m breiten Streifen mit Nordost-Streichen sind talkähnliche Gesteine (Pyrophyllit) aufgeschlossen. Die 2 bis 4,5 m mächtigen Pyrophyllitlagen sind düster-rot bis violettrot, grau und braunrot gefleckt. Das Material enthält öfter Bruchstücke des Porphyrs und dürfte ursprünglich ein Tuff gewesen sein. Die zahlreichen Klüfte im Pyrophyllit streichen N 100° und N 175°, haben also die gleichen regionalen Richtungen wie die Klüfte im Porphyrs von Caapucú.

Porphyrs-Erguß

Vom rechten Ufer des Rio Tebicuary, zwischen der Mündung des Arroyo Mbuyapey und Villa Florida bis südlich Quiindy bedeckt eine über 50 m mächtige Decke aus Quarzfeldspatporphyrs das ältere Präkambrium und baut das Hügelland von Caapucú auf. Diese in das jüngere Präkambrium gestellte Lavadecke wird im Norden von einer Nordwest—Südost streichenden Störung abgeschnitten.

Eine Reihe Inselberge aus Porphyrs, deren höchster der etwa 250 m hohe Cerro Arocé bei Estancia Silva ist, ragt aus der Sumpf- und Lagunenlandschaft des Lago Ypoa — Laguna Verá bis zum rechten Ufer des Unterlaufs des Rio Tebicuary auf.

Diese Porphyrs stehen alle in genetischer Verbindung zu einem grobkörnigen, porphyrischen Granit, der Biotit und Hornblende enthält. Der Granitbatholith im Untergrund des Hügellandes von Caapucú tritt durch Erosion an mehreren Stellen zutage: im Ort Caapucú, am Fuße der Berge am linken Ufer des Arroyo Apichapa, an der Brücke über den Arroyo Yaguary zwischen Caapucú und Quyyuyó, sowie westlich und südöstlich von Quyyuyó. An der Brücke über den Yaguary schneiden jüngere, feinkörnige, graue Aplitgänge mit west-östlichem und N 60° Streichen den porphyrischen rosa Granit. Der Kontakt zwischen Granit und Porphyrs ist scharf.

Der Porphyrs ist meistens braunrot, seltener dunkel bis schwarzgrau gefärbt. Die idiomorphen Quarze sind wasserklar und haben einen ziemlich gleichmäßigen Durchmesser von 1 bis 3 mm, während die hellrosa bis fleischroten Feldspateinsprenglinge meistens weniger als 3 mm Kantenlänge haben. Die Quarzkristalle wittern aus, so daß die Oberfläche verwitterter Blöcke uneben und rauh ist. Der grauschwarze Porphyrs des Bergzuges del Puerto, von nordwestlich Caapucú bis Ypucú reichend, enthält viele cm-große, hellrote Feldspat-Kristalle. Die dunkel-

graue Porphyrs-Varität hat weniger Quarzkristalle. Fluidaltextur ist in den Porphyren von Caapucú nicht selten, besonders schön beobachtet man sie am Cerro Pelado auf der Estancia Silva.

ECKEL (1959) gibt folgende Analysen von Porphyrs und Granit aus dem Südteil der zentralparaguayischen Schwelle:

Tabelle 5		Cuadro No. 5	
Analysen präkambrischer Porphyrs und Granite		Análisis de rocas granito-porfídicas precámbricas	
Gestein	Porphyrs	Feinkörniger Porphyrs	Granit
Ort	NW Caapucú	Straße Caapucú—Quiindy	Barrerito S Quyyuyó
SiO ₂	74,20	66,46	74,53
Al ₂ O ₃	13,58	16,68	13,00
Fe ₂ O ₃	0,63	2,30	0,89
FeO	0,72	1,85	0,94
MgO	0,26	1,11	0,46
CaO	0,79	2,74	1,39
Na ₂ O	3,80	4,71	3,47
K ₂ O	4,49	2,79	4,47
H ₂ O	0,64	0,87	0,22
TiO ₂	0,25	0,47	0,27
CO ₂	0,01	0,02	0,01
P ₂ O ₅	0,06	0,20	0,07
MnO	0,07	0,13	0,06
BaO	0,11	0,20	0,07

„Fenster“ aus Präkambrium in Mittel-Paraguay

Am Ostrand der Störzone vom Ypacarai-See tritt der alte Untergrund der Schwelle an zwei Stellen zutage, 90 km bzw. 130 km nördlich der Grenze von älterem und jüngerem Präkambrium bei Villa Florida.

Die metamorphe Serie des älteren Präkambrium ist etwa 4 km östlich Paraguari am Westfuß des Cerro Cristo Redemptor nachgewiesen. Der Aufschluß liegt etwa 50 m über der Talsohle und besteht aus dunklen, feinschichtigen, schwachsandigen Kiesel-schiefern, die von hellen Quarziten unterlagert werden. Der Schichtverband hat ein Streichen von N 45° und fällt mit 80° nach Süd—Südosten ein. Quarzgängen mit sulfidischen Erzen sitzen im Metamorphikum auf. Lesesteine dieses Kiesel-schiefers kommen auch 5 km Ost—Nordost Paraguari am Fuß des Essexit-Stocks Soto-Cañete vor.

Das bemerkenswerte Granitvorkommen von San Bernardino liegt 40 km weiter nördlich am Ostufer des Ypacarai-Sees. Der Granit steht östlich des großen Staffbruches im Gelände des Hotel del Lago an. Hier war das alte präkambrische Dach bereits erodiert, so daß der Granit von Konglomeraten des Silur überlagert wurde. Der Granit dieses Buckels aus jüngerem Präkambrium ist mittel- bis grob-

Quartär
Misiones-Sandstein (Trias)
Sandstein von Caacupé (Ordoviz und Gertland)
Basal-Konglomerat (Ordoviz)
Kieselchiefer (Präkambrium)
Quarzite-Serie (Präkambrium)
Granit (Präkambrium)
Basalt-Gänge
Esoxite-Stock (post-Trias)

Abb. 25. Profil durch die Staufbruch-Zone von Paraguari.

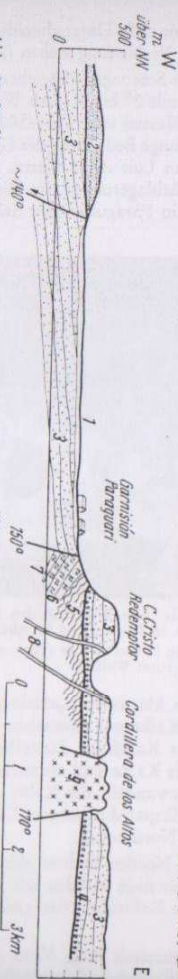


Fig. 25. Corte geológico através de la zona con fallas escalonadas cerca de Paraguari.

1 Cuaternario
2 Arenisca de Misiones (Triásico)
3 Arenisca de Caacupé (Ordovizico o Silúrico)
4 Arenisca y conglomerado basal (Ordovizico)
5 Pizarra silicea (Präkambrio)
6 Serie quartzítica (Präkambrio)
7 Granito (Präkambrio)
8 Diques de basalto (Cretácico)
9 stock de esoxita (Cretácico)

körnig, rosa bis rotbraun und besteht aus roten und weißen Feldspaten, Quarz und Biotit; das Gestein enthält kleine Schlieren von assimilierten metamorphen Gesteinen.

Im nördlichen Ost-Paraguay steht das Präkambrium des Nordteils der Schwelle im Apa-Bergland und Potrero Saty an, im Osten beginnend am linken Ufer des Arroyo Ita-Ky bei Caracol und nach Westen bis zum Mittellauf des Arroyo La Paz, westlich San Luis de la Sierra reichend. Im östlichen Teil der Ausbisse des Präkambrium walten metamorphe Gesteine vor. Der Anteil stärker metamorpher Gesteine ist größer als im Süden: Glimmerschiefer und Augengneise des älteren Präkambrium treten bei Puenteño und am Arroyo Quién Sabe auf; Phyllite und Quarzite bilden den Sockel der Sierra de las Quince Puntas und des Cerro Paiva; Biotit-Hornblendegneise stehen bei Estancia Machuca-cuè und am Oberlauf des Arroyo Pitonoaga an.

Jüngere Granit-Intrusionen haben zu Ende des Präkambrium die stark gestörte metamorphe Serie durchbrochen, zumal bei San Luis de la Sierra, im westlichen Potrero Saty und bei Centurión. Die Granite am Arroyo La Paz beiderseits San Luis de la Sierra, sind sehr grobkörnig und wurden tektonisch nicht beansprucht. Im Gneisgebiet von Puenteño bis Arroyo Quién Sabe, ebenso im Südosten des Verbreitungsgebietes metamorpher Gesteine bei Campo Zanja Moroti und Machuca-cuè durchsetzen Granite als Gänge sowie Aplite und Pegmatite die älteren Gesteine. Das Streichen der Gänge liegt in Ost-West- und Nord-Süd-Richtung. Zonare Pegmatite mit großen Glimmerplatten

streichen bei Puenteño N 160° bis 170°, am Arroyo Quién Sabe N 170° bis N 100°, bei Santa Sofia N 90° und N 170°. Das Nebengestein dieser Gänge sind Biotitgneise mit Ost-West-Streichen.

Die von ECKEL (1951, S. 21) erwähnten granitischen und hochmetamorphen Gesteine einer Sammlung in Asunción sollen aus der Nähe von Pedro Juan Caballero stammen. ECKEL, der die Gegend nicht besucht hat, betont mit Recht, daß die geologischen Karten des dortigen Raumes kein Präkambrium anzeigen. Mit Sicherheit handelt es sich bei dem Material um Tillit-Geschiebe aus der Tubarão-Serie (S. 63), wie sie östlich des Cerro Corá an der Straße nach Pedro Juan Caballero in teils tonnenschweren Blöcken aus Graniten und Gneisen anstehen.

Die kristallinen und metamorphen Gesteine des Nordabschnitts der zentral-paraguayischen Schwelle sind unsicher an die nördlich des Rio Apa im brasilianischen Staat Mato Grosso verbreitete Cuiabá-Serie (Algonkium) anzuschließen. Den Untergrund des epikontinentalen Gran Chaco Beckens bildet das Kristallin des Brasilianischen Schildes. Es tritt nirgends zutage. Das präkambrische Fundament liegt mit Ausnahme des nordöstlichen Chaco in sehr großen Tiefen: keine der neun bis 3191 m tiefen Bohrungen hat es angetroffen. Nur westlich Puerto Casado wurden Gesteine dieser geologischen Einheit in Schurfb Bohrungen, die 40 km westlich des Ortes längs der Casado-Bahn 1946 bis 1947 gestoßen wurden, gefunden. In Tiefen von 108 bis 115 m traf man Granit und metamorphe Gesteine, die dem Präkambrium des Westrandes der zentral-paraguayischen Schwelle angeschlossen werden dürfen.

2. Kambrium oder oberstes Präkambrium

Nur im Norden der zentral-paraguayischen Schwelle tritt eine sicher über 200 m mächtige Folge von Sedimentgesteinen auf, die nur geringe Metamorphose zeigen und durch Bruchtektonik verstellt worden sind: die Serie von Itapucumi (HARRINGTON [1950]), die altersmäßig und faziell wie strukturell der Bodoquena-Serie im brasilianischen Staat Mato Grosso entspricht.

Die Schichtenfolge lautet im Ost-West-Profil zwischen San Luis de la Sierra und Puerto Fonciere von oben:

Kalke von Itapucumi:	4. Oolithische und konglomeratische Kalke
	3. Kristalline Kalke und Dolomite
	2. Rote und grünliche Mergelschiefer
	1. Bituminöse kristalline Kalke.
Klastische Serie von San Luis:	Sandsteine, Quarzite Glimmerschiefer
	Diskordanz
Liegendes:	Präkambrium

Klastische Serie von San Luis

Die klastischen Gesteine wurden bisher nur am Cerro Paiva und in den Hügeln beiderseits des Passes von Angostura, nördlich und südlich des Arroyo La Paz, im Westen von San Luis de la Sierra beobachtet. Dort lagern fein- bis mittelkörnige rotbraune Sandsteine, Quarzite mit vergneisten Sandsteinen und

Glimmerschiefern diskordant über dem hochmetamorphen Präkambrium, das N—S streicht und mit 45° E einfällt. Die klastischen Gesteine haben Nordost-Streichen (Abb. 26).

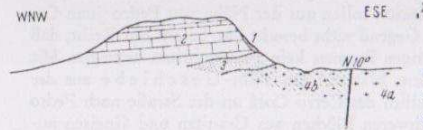


Abb. 26. Profil durch das ? Kambrium und Grundgebirge am Cerro Paiva, Departamento Concepción (Apa-Bergland)

- 1 Sinterkalk der Xaraiés-Formation (Pleistozän)
- 2 Kalke der Itapucumi-Serie (? Kambrium)
- 3 Klastische Serie von San Luis (? Kambrium)
- 4a Granite und
- 4b metamorphe Gesteine des Präkambrium

Fig. 26. Corte geológico através del Cerro Paiva (? Cámbrico o Precámbrico) cerca del Rio Apa

- 1 Caliza secundaria (Form. Xaraiés)
- 2 Calizas de la serie Itapucumi
- 3 Serie clásica de San Luis
- 4a Granito
- 4b Rocas metamórficas

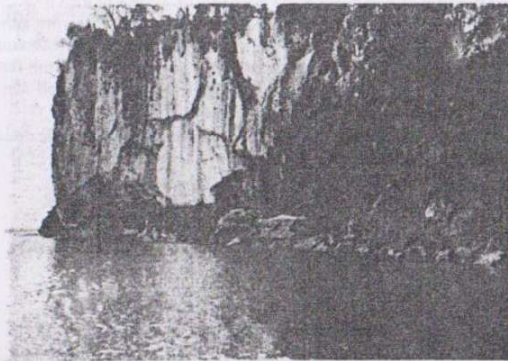


Abb. 27. Kliff aus Kalken der Itapucumi-Serie (? Kambrium) am oberen Rio Paraguay bei Vallemi. Das Kliff wird von einer N 170° streichenden Verwerfung gebildet, der der Strom in einem tektonischen Tal folgt

Fig. 27. Barranca alta de caliza de la serie Itapucumi (? Cámbrico o Precámbrico?) de la orilla izquierda del Rio Paraguay al sud de Vallemi (Foto: Putzer)

Kalke von Itapucumi

Die Karbonatfolge mit ihren untergeordneten Mergelschiefern bildet einen großen geschlossenen Block zwischen San Luis de la Sierra und dem linken Ufer des Rio Paraguay.

Die Kalke von Itapucumi bilden am linken Ufer des Stromes ein bis 30 m hohes Kliff zwischen der Apa-Mündung und Puerto Arrecife, hart nördlich von San Salvador. In sämtlichen Aufschlüssen sind Anzeichen tiefgreifender Verkarstung zu beobachten: Dolinen, geräumige Höhlen, die von Karstkanälen ihren Ausgang nahmen, sowie durch Auslaugung verursachte

Verstürzungen. Am Ufer hat der Strom tiefe Unterschneidungen geschaffen, die ihrerseits zum Teil mit Karsthöhlen in Verbindung stehen (Abb. 27, 28).

Die Kalkfolge streicht, von lokalen Störungen abgesehen, N 160° bis N 175° und fällt im Osten zunächst ganz flach mit 2° bis 5° nach Westen ein, um am Rio Paraguay 15° bis 35° Einfallen nach Westen und Süd—Südwesten zu erreichen. Sie taucht dann nach Westen unter die junge Bedeckung des Chaco ein. Die Grenze Kristallin/Kalk liegt 7 km westlich San Luis de la Sierra. Die Kalktafeln sind stark eingeebnet und von älteren Flußablagerungen des Rio Paraguay bedeckt. Im Bereich der Kalktafeln folgt der Rio Paraguay einer Störungszone.

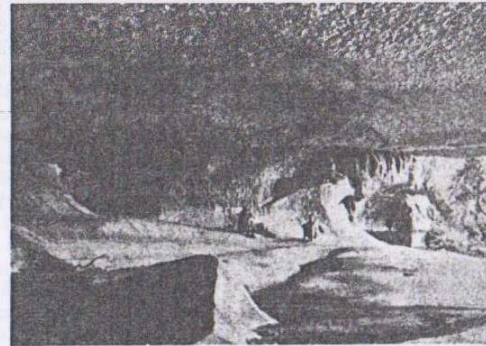


Abb. 28. Unterschneidung des Kalkstein-Kliffs (Abb. 27) durch den Rio Paraguay an dessen linkem Ufer südlich Vallemi bei Niedrigwasser. Im Hintergrund Karsthöhlen und Karst-Schraffen
Fig. 28. Erosión lateral por el Rio Paraguay en la barranca de caliza cerca de Vallemi, durante el estiaje (Foto: Wolfart)

Am Cerro Paiva folgen über den klastischen Gesteinen der Serie von San Luis dickbankige, dunkle, bituminöse Kalke mit schwarzen Ooiden und konglomeratische Kalke, welche die Basis der Kalkfolge darstellen (Schicht 1, S. 41). Nach oben werden die Kalke dicht. Die Kalke sind teilweise rekrystallisiert, ihre Ooide sind in spätigen Kalkspat umgewandelt, die Kalke reichlich von Drucksuturen und Gängchen aus weißem Kalkspat durchzogen. Die Schichten streichen nach Nordosten und fallen flach nach Nordwesten.

Von San Luis de la Sierra nach Norden buchtet sich das Kalk-Gebiet in nordwestlicher Richtung ein, biegt dann nach Norden um und erreicht den Rio Apa, auf dessen rechtem Ufer sich die Kalktafeln der gleichen Formation weit nach Mato Grosso hinein erstrecken.

Etwa 40 km südwestlich der Grenzstadt Bella Vista greift ein Zipfel der gleichen Kalkformation von der brasilianischen Seite nach Paraguay über, der bis südöstlich Puentecifño reicht. Dadurch verstärkt sich der Eindruck, daß es sich

bei den Kalken von Itapucumi um die südlichen Ausläufer der Bodoquena-Kalke des südlichen Mato Grosso handelt. Die gleichartigen Kalke von Corumbá, 535 km oberstrom der Apa-Mündung, werden den Itapucumi-Kalken gleichgesetzt (S. 46) und PUTZER [1958 a und b]), die offenbar gleichförmig in einem marinen Becken am oberen Rio Paraguay abgelagert worden sind.

Die Insel Peña Hermosa im Rio Paraguay zwischen Puerto Fonciere und Vallemi besteht ebenfalls aus Itapucumi-Kalken.



Abb. 29. Nach W einfallende Kalkstein-Schichten der Itapucumi-Serie am linken Ufer des oberen Rio Paraguay südl. der Apa-Mündung. Kakteen und Galerie-Wald auf dem Kalk
Fig. 29. Capas de caliza de la serie Itapucumi, buziendo para W al sur de la desembocadura del Rio Apa (Foto: Putzer)

Das fragliche Kambrium der Itapucumi-Serie (= Bodoquena-Serie, S. 41) des Apaberglandes setzt zwischen Puerto Saïtre und Puerto Fonciere in den östlichen Chaco über. Der bedeutendste Aufschluß der kalkig-dolomitischen Gesteinsfolge ist der Cerro Galbán, der 150 m über die Chaco-Ebene südwestlich Puerto Casado aufragt. Die gleiche Formation baut fünf flache Hügel gegenüber Vallemi und drei Hügel am rechten Ufer des Rio Salado, gegenüber der Apa-Mündung auf. Sämtliche Aufschlüsse am Ostrand des Chaco streichen morphologisch und geologisch von Norden nach Süden. Die karbonatischen Schichten tauchen nach Westen unter die junge Bedeckung des Chaco ein. Wahrscheinlich sind die Schollen an streichenden Störungen nach Westen abgesunken.

Da bereits 40 km westlich Puerto Casado kein Itapucumi-Kalk mehr in den Schurfbohrungen angetroffen wurde, ist die Verbreitung der ? kambrischen Serie im Untergrund des östlichen Chaco nur als ein schmaler, Nord—Süd-streichender Streifen zwischen Palma Chica und San Salvador anzunehmen. Keine Tiefbohrung hat die Kalk-Formation im Chaco angeschnitten. Ob das Fehlen der Kalkserie durch Erosion oder Auskeilen bedingt ist, kann noch nicht entschieden werden. Wahrscheinlicher ist Auskeilen.

Die höheren Schichten des Profils sind gut in den Bergen südlich und nördlich Vallemi aufgeschlossen (von oben):

- Hangendes?
Schicht 4 (140 m über den Fluß) h) hellgraue, groboolithische Kalke, mehrere 10 m mächtig,
g) graue, weißgraue, dickbankige Kalke, wenig dolomitisch; unbekannte Mächtigkeit,
f) grauer, z. T. kristalliner Kalk mit rötlichen dolomitischen Schlieren, 6 m,
Schicht 3 e) rötlich und weißgebänderter Kalk, 6 m,
d) weißer zuckerkörniger kristalliner Dolomit 1—1,50 m,
c) grüngrau- und weißgebänderter reiner Kalk 3—4 m,
Schicht 2 b) grünlichgrauer Mergelschiefer 3—4 m,
a) rötliche und rosabraune feinstschichtige Mergelschiefer mit dünnen, weißen Mergellagen, 12 m bis über 15 m.

Liegendes: Schicht 1 (S. 41).

Die in den Steinbrüchen des Zementwerkes Vallemi aufgeschlossenen Schichten streichen N 110° bis 120° und fallen mit 12° bis 15° nach SSW ein (Abb. 30).

Abb. 30. Profil des tieferen Teils der Itapucumi-Serie im Bruch des Zementwerkes Vallemi, Departamento Concepción

1	fanglomeratistische Kalke und Sinterkalke	— 7 m	Xaraiés-Formation (Pleistozän)
2	graue und rötliche dolomitische Kalke	? m	} Tamengo-Gruppe der Bodoquena-Serie
3	weißer Dolomit	1—2 m	
4	grauer u. rötlich-dolomitischer Kalk	6 m	
5	rötlicher dolomitischer Kalk	6 m	
6	weißer Dolomit	1,2 m	
7	grauer dickbankiger dolomit. Kalk	3—4 m	
8	rötlich-grauer Mergelschiefer	über 15 m	

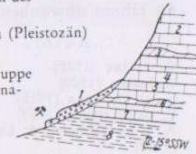


Fig. 30. Perfil de la parte inferior de la serie Itapucumi en la cantera de Vallemi

1	caliza fanglomerática de la form. Xaraiés (Pleistoceno)	} Grupo Tamengo de la Serie Bodoquena = Itapucumi
2	calizas dolomíticas gris y rojizas	
3	dolomita blanca	
4	caliza dolomítica gris y rojiza	
5	caliza rojiza dolomítica	
6	dolomita blanca	
7	caliza dolomítica gris en bancos gruesos	
8	margas rojizas y grises	

Die petrographische Übereinstimmung dieser Schichtenfolge 1 bis 4 in Vallemi mit der brasilianischen Tamengo-Formation (= obere Abteilung der Bodoquena-Serie) in Corumbá ist so eindeutig, daß die paraguayischen Itapucumi-Kalke dieser Serie gleichzustellen sind.

Bei Puerto Fonciere schneidet sich der Rio Paraguay in groboolithische und feinkonglomeratistische, graue Kalke (= Schicht 4), die sehr stark von Diaklasen mit CaCO₃-Füllung durchzogen und stärker umkristallisiert sind als die vom Cerro Paiva. Die Kalktafeln bei Puerto Fonciere streichen N 20° und fallen mit 20° bis 40° nach West—Nordwesten ein. Die Mehrzahl der zahlreichen Klüfte streicht N 160° bis N 170°.

Über das absolute Alter der Itapucumi-Serie ist noch nicht das letzte Wort gesprochen. Bestimmbare Fossilien wurden bisher weder auf brasilianischem noch

paraguayischem Gebiet gefunden. Schwarze, kugelige Gebilde von 1 bis 2 mm Durchmesser enthalten reichen Kohlenstoff und sind nach mikroskopischen Untersuchungen in der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover und im Departamento Nacional da Produção Mineral in Rio mit Sicherheit organische Reste, wahrscheinlich Algen. BEURLEN (1957) hält in Corumbá gefundene Fossilien für die bisher nur aus dem Kambrium bekannte Alge *Aulophycus* sp. In den jüngsten Arbeiten über diese Kalke sprechen sich OLIVEIRA & LEONARDOS (1943), BARBOSA (1957), BEURLEN (1957) und PUTZER (1958a, b) für wahrscheinlich frühkambrisches oder präkambrisches Alter der Itapucumi- bzw. Corumbá-Kalke aus, und lassen HARRINGTON's (1950) Annahme für ordovizisches Alter fallen. Die Hauptargumente gegen jüngerer Alter als Kambrium sind, daß diese Kalkserien nicht mit einer ordovizischen Transgression in Südamerika vereinbar sind (BEURLEN [1956], der die Kalke für mögliches Ober-Algonkium halten möchte) sowie das Fehlen einer Orogenese im Paläozoikum des Paraná-Beckens und Zentral-Brasilien. Diese Räume waren durch die oberalgonkische Orogenese bereits völlig konsolidiert. In Brasilien bilden die kristallinen Schiefer des Algonkium und die darüberliegenden Kalke eine zusammengehörige Folge. Von Interesse ist die seit über 60 Jahren schwankende Einstufung der Kalkserien am oberen Rio Paraguay:

Autor:	Formation:	Alter:
O. DERBY (1825)	Corumbá-Kalk	Kambrium oder Silur
A. LISBOA (1909)	Bodoquena-Serie	Kambrium
E. DE OLIVEIRA (1915)	Bodoquena-Serie	Ordoviz, mit Vorbehalt
E. DE OLIVEIRA (1930)	Bodoquena-Serie	Ober-Silur
A. I. DE OLIVEIRA & LEONARDOS (1940)	Bodoquena-Serie	Algonkium
A. LISBOA (1941)	Bodoquena-Serie	Präkambrium
A. I. DE OLIVEIRA & LEONARDOS (1943)	Bodoquena-Serie	Kambrium
F. DE ALMEIDA (1945)	Bodoquena und Itapucumi	Ordoviz
H. HARRINGTON (1950)	Itapucumi	Ordoviz
A. I. DE OLIVEIRA (1956)	Bodoquena-Serie	? Ordoviz
K. BEURLEN (1956)	Bodoquena und Itapucumi	Ob.-Algonkium
O. BARBOSA (1957)	Corumbá-Kalke	Kambrium
K. BEURLEN (1958)	Itapucumi und Corumbá-Kalke	Kambrium oder Ober-Algonkium
H. PUTZER (1958)	Bodoquena-Serie	? Kambrium oder ? Präkambrium
E. ECKEL (1959)	Itapucumi	? Kambrium oder ? Ordoviz

3. Silur (Ordoviz und Gotland)

Ost-Paraguay

Das Altpaläozoikum ist in Paraguay Oriental — geologisch ausgedrückt: auf der zentral-paraguayischen Schwelle — seit 1918 durch BEDER und WINDHAUSEN bekannt. Durch unrichtige Fossilbestimmungen wurde die über 1000 m mächtige Schichtenfolge fast ein halbes Jahrhundert lang als Silur und Devon aufgefaßt. HARRINGTON hat 1950 die „Serie von Caacupé“ als Silur, und die „Serie von Itacurubi“ als Devon aufgestellt, wobei auch ihm Fehlbestimmungen der Fossilien unterlaufen sind und er die Über- bzw. Unterlagerung einzelner fossilführender Schichten durch Verkennen tektonischer Vorgänge mißdeutete.

In einer Arbeit hat WOLFART (1961), mein Mitarbeiter an der Bereisung Paraguay's 1957, nachweisen können, daß in Ost-Paraguay kein Devon aufgeschlossen ist, und daß die gesamte altpaläozoische Folge der von HARRINGTON aufgestellten Serien nur Silur umfaßt. Im folgenden werden die paläontologischen und stratigraphischen Erkenntnisse WOLFART's für die neue Darstellung des Silur in Ost-Paraguay benutzt.

Das Silur tritt in weiter Verbreitung im Südteil der paraguayischen Schwelle in Ost-Paraguay auf und erscheint dann, weit im Westen, in anderer Fazies am Westrand der Schwelle im Gran Chaco. Wahrscheinlich setzt das Silur unter dem als Erosions-Relikt auf großen Flächen erhaltenen Misiones-Sandstein bei Asunción nach Westen in den Chaco fort, so daß der fazielle Übergang am Westrand des Südteils der Schwelle zu vermuten ist. Längs des gesamten Ausbisses im Osten des Verbreitungsgebietes in Ost-Paraguay wird das Silur transgressiv von Schichten des unteren Gondwana (Tubarão-Serie) überdeckt. Wie weit silurische Schichten in Richtung auf das Paraná-Becken unter dem Gondwana noch fortsetzen, ist infolge fehlender künstlicher Aufschlüsse (Tiefbohrungen) unbekannt.

Durch Fossilien sicher belegtes Silur ist in Ost-Paraguay nur im Hügelland der Departamentos La Cordillera und Paraguari nachgewiesen, wo die fossilführenden Horizonte auf den oberen Teil der 1000 bis 1200 m mächtigen klastischen Schichtenfolge beschränkt sind.

Das zweite geschlossene Silurgebiet, das östlich Paraguari an das oben erwähnte nördliche Verbreitungsgebiet anschließt, liegt im Bereich von Carapegüa — Acahay — Ybucui (Departamento Paraguari) (Abb. 31). Hier sind bisher keine Fossilien gefunden worden, aber aus der petrographischen Übereinstimmung mit dem unteren Teil des als sicheres Silur (Sandstein von Caacupé) bekannten nördlichen Gebietes sowie wegen der Lagerungsverhältnisse kann dieses südliche Gebiet einwandfrei dem nördlichen gleichgestellt und als Silur angesehen werden.

Für den in Ost-Paraguay gelegenen Bereich des südlichen Teils der zentral-paraguayischen Schwelle gilt nach WOLFART (1961) folgende Gliederung für das Silur (von oben Abb. 31):

Unter-Liandoverry (unteres Gotland)	E. Sandstein vom Cerro Perro marin, fossilführend ± 100 m
	D. Tone von Vargas Peña marin, fossilführend, 10—20 m
	C. Sandstein von Eusebio Ayala marin, fossilführend, 200—250 m
	6. Scolithus-Sandstein
	5. hellgraubrauner bis violettgrauer, fein- bis mittelkörniger, fossilarmer Sandstein
	4. harter, feinkörniger Graptoliten-Sandstein
Ordoviz (unteres Silur)	3. violett- bis olivbrauner Glimmer-Sandstein, fossilarm
	2. feinkörniger, ockerfarbener Sandstein mit den ersten marinen Fossilien
	1. helle, ebenschichtige Sandsteine, fossilleer?
	B. Sandstein von Caacupé fluvial — limnisch 700—800 m
	A. Basal-Konglomerat fluvial, 0—20 m

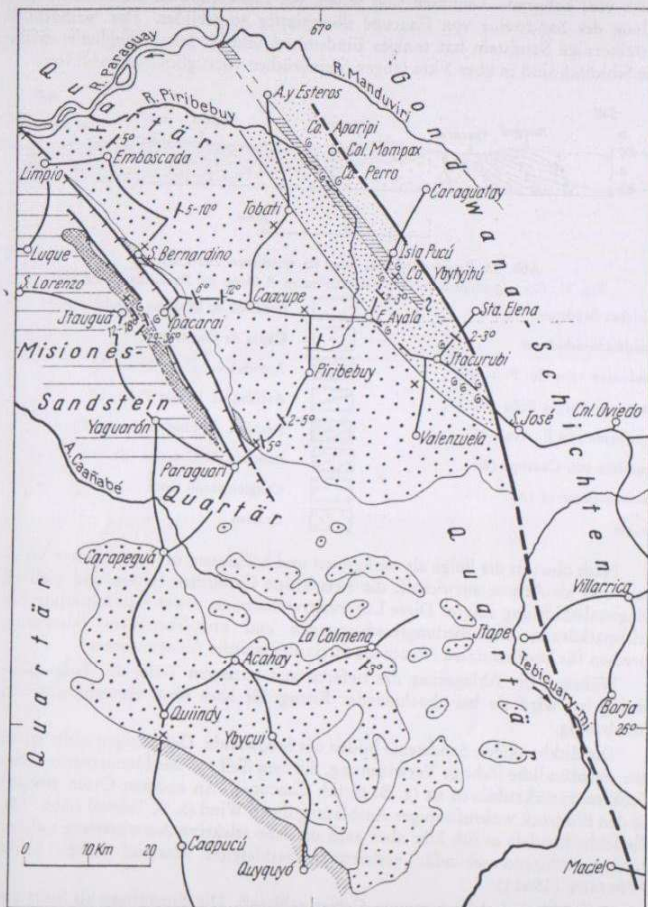


Abb. 31 (Text der Abbildung Seite 49)

Das in Ost-Paraguay ausschließlich aus klastischen Gesteinen aufgebaute Silur der Stufen A bis E zeigt von unten nach oben abnehmende Korngrößen. Die fazielle Ausbildung ist im Streichen sehr gleichförmig. Da auch in vertikaler Richtung die Fazies-Änderungen sich nur allmählich einstellen, wird die petrographische Gliederung in deutlich definierte Schichtpakete erschwert.

Stufe A: Basal-Konglomerat

Die Sedimentfüllung der prä-silurischen Depression beginnt im Westen mit einem grobkörnigen Basal-Konglomerat, dessen Matrix sandig ist und dem grobkörnige Arkose-Sandsteine eingeschaltet sind. HARRINGTON (1950) benannte diese Schicht das „Paraguari-Konglomerat“. Die Mächtigkeit schwankt stark von 0 bis über 20 m. Das Konglomerat ist durch eine Auslese der widerstandsfähigsten Gesteine gekennzeichnet: Gangquarze herrschen bei weitem vor; daneben kommen Quarzporphyre mit kaolinisierten Feldspäten und Quarzite vor, vereinzelt auch Quarzit-Glimmerschiefer, Kieselchiefer und schwarze, metamorphe Tonschiefer. Diese, aus dem Präkambrium stammenden Komponenten sind vorzüglich gerundet und in dachziegelartiger Schichtung abgelagert (die Längsachsen der Gerölle sind mehr oder minder parallel). Nach oben gehen die Konglomerate allmählich in grobe Arkosen über.

Die Porphyrgerölle weisen auf Herkunft aus Süden, dem Porphyrgbiet von Caapucú hin (S. 38). Die Konglomerate werden als fluviatile Schuttfächer aufgefaßt, wobei Grobkörnigkeit und unregelmäßige Mächtigkeit für ein erhebliches Relief der prä-silurischen Landoberfläche sprechen. Diese Konglomerate sind vorzüglich bei San Bernardino (über präkambrischem Granit), 4 km nordöstlich Paraguari im Hohlweg nach Piribebuy (über metamorphem Präkambrium am Fuß des Co. Cristo Redemptor), 4 km südlich Quiindy, sowie bei Quyyquó aufgeschlossen. Südöstlich La Colmena weisen Böden aus Residualschottern auf das Basal-Konglomerat hin. Im südlicheren Verbreitungsgebiet scheint dieser Horizont nur 1 bis 2 m mächtig zu sein.

Abb. 31. Stratigraphische Gliederung des Unter-Silur im westlichen Ost-Paraguay (nach WOLFART)

Fig. 31. Distribución y división estratigráfica del silúrico en el Oeste del Paraguay Oriental

Präkambrium		Precámbrico
Silur-Grenze		límite del Silúrico
Verwerfungen der Staffelbrüche der Ypacarai-Depression		fallas
Basal-Konglomerat und Sandstein von Caacupé		Conglomerado basal y Arenisca de Caacupé
Sandstein von Eusebio Ayala		Arenisca de Eusebio Ayala
Tone von Vargas Peña		Arcillas de Vargas Peña
Sandstein vom Cerro Perró		Arenisca del Cerro Perró
Ungegliederte Silurfolge		Silúrico no sub-dividido

Die Einstufung als Basis des Silur in Ost-Paraguay legt die Annahme einer lückenlosen Schichtenfolge nahe, deren Korngröße nach oben feiner wird. Die Konglomerate werden konkordant durch den hangenden Sandsteinkomplex überlagert. Diese Basis-Schichten werden als Ordoviz aufgefaßt. Eventuell ist das Basal-Konglomerat etwa altersgleich mit dem mächtigen Camaquã-Konglomerat in Rio Grande do Sul, Brasilien (LEINZ [1941]), das bisher als „prä-Devon“ eingestuft wurde.

Stufe B: Sandsteine von Caacupé
(= HARRINGTON'S „Piribebuy-Sandstein“)

Weite Flächen des fast ebenen Gebietes zwischen Ybycui—Quiindy—Acahay—Carapeguá (südliches Verbreitungsgebiet) werden in söhlicher Lagerung von den Sandsteinen von Caacupé eingenommen. Ebenso besteht das Hügelland der Córdillera de los Altos zwischen Escobar—Piribebuy—Caacupé—Altos, deren Abbruch gegen die Ypacarai-Senke von einer 200 m hohen Randstufe markiert wird, aus diesen Sandsteintafeln (Abb. 32). Dieselbe Formation steht weiter nörd-

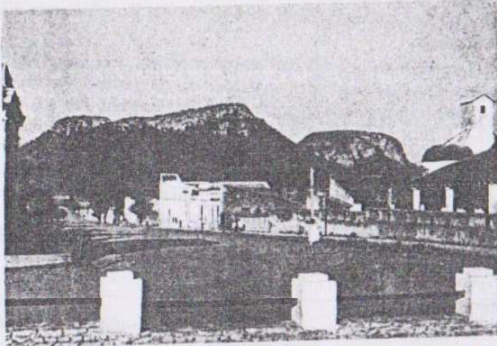


Abb. 32. Tafelberge aus dem „Sandstein von Caacupé“ (Unter-Silur) bei Paraguari
Fig. 32. Cerros tabulares de la Arenisca de Caacupé (silúrico) cerca de Paraguari

lich Altos, im Flachland von Emboscada bis über den Rio Piribebuy an. Schließlich ist der Ostrand der schmalen leistenförmigen Scholle zwischen Paraguari—Areguá, westlich der Bruchzone von Ypacarai, aus diesen Sandsteinen aufgebaut. Nördlich Tobati, südlich Valenzuela und östlich La Colmena löst sich die geschlossene Sandsteindecke in einzelne Zeugenberge auf.

Eine Untergliederung der 700 bis 800 m mächtigen Folge ist bisher mangels Fossilien und wegen petrographischer Einheitlichkeit nicht möglich. Im unteren Teil der Folge herrschen grobe, nicht stark verfestigte Arkosen vor, denen vielfach dünne Lagen (1 bis 5 cm) von Fein-Konglomerat eingeschaltet sind (Aufschlüsse

bei San Bernardino). Rote und grünliche Tongallen kommen öfter auf der Schichtfläche vor; hellgraue Tonlinsen sind selten. Bei Emboscada ist die mittlere Abteilung der Sandsteine von Caacupé dünnplattig ausgebildet. Der weißgraue, mittelkörnige Sandstein hat toniges Bindemittel und ist lokal konglomeratisch. Die Schichten sind in über 3 km langen Steinbrüchen vorzüglich aufgeschlossen.

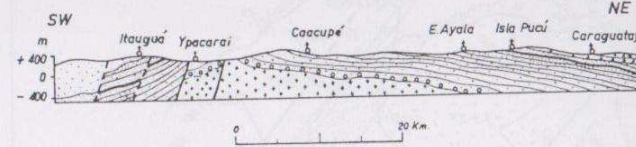


Abb. 33. Profil durch das Silur im westlichen Ost-Paraguay
Fig. 33. Corte geológico através del silúrico en el Oeste del Paraguay Oriental

Misiones-Sandstein		Arenisca de Misiones (Triásico)
Gondwana-Schichten		Capas de Gondwana
Sandsteine vom Co. Perro (E)		Arenisca del Cerro Perro (E)
Tone von Vargas Peña (D)		Arcillas de Vargas Peña (D)
Sandsteine von E. Ayala (C)		Arenisca de Eusebio Ayala (C)
Sandstein von Caacupé (B)		Arenisca de Caacupé (B)
Basalkonglomerat (A)		Conglomerado basal (A)
Granit		Granito

Nach oben ist die Folge als weißgrauer und hellgrauer, oft zerreiblicher Sandstein und als Arkose entwickelt, die stets kleine Geröllchen führen und vielfach Diagonalschichtung zeigen. Diese Lagerungsverhältnisse sowie Kaolinisierung der Feldspatkörner, Aufarbeitungserscheinungen und unvollkommene Sortierung sprechen für kontinentalen Absatz als fluvial-limnische Ablagerungen.

Während die Ablagerung des tieferen und mittleren Teiles der Folge dickbankig ist, wird sie bei abnehmender Korngröße nach oben ebensichtig und dünnbankig.

Die dickbankigen Sandsteine bilden oft Steilwände. Diese zeigen nicht selten eine eigentümliche löchrige Verwitterung, die zum Teil auf das Herauswittern von Geröllen zurückzuführen ist (z. B. östlich Caacupé). An anderen Orten erweckt sie den Eindruck wabenförmiger Ausblasung durch Wind (z. B. Tobati) (Abb. 34). Vielleicht handelt es sich hier aber auch um eine selektive Auswitterung mürber Partien, während sekundär verhärtetes, verkieseltes Material stehen bleibt (WOLFART [1961]).

Aufschlüsse sind im gesamten Gebiet zahlreich. Die Einstufung als Silur erfolgt wegen der konkordanten Auflagerung durch Schichten mit mariner Silur-Fauna.



Abb. 34. Wabenförmige Ausblasung im oberen weißen Sandstein von Caacupé, Silur, bei Tobatí. Hammer rechts unten als Maßstab
Fig. 34. Erosión cólica en forma alveolar en la Arenisca de Caacupé, parte superior (Silúrico) en Tobatí (Foto: Putzer)

Zu unterst treten fein- bis mittelkörnige, hellgelbe bis hellbraune, ebensichtige Sandsteine in dicken Bänken auf (Schicht 1), die bisher keine Fossilien geliefert haben.

Darüber folgen sehr feinkörnige, sehr glimmerreiche Sandsteine von lebhaft ocker- bis olivgrüner Farbe, die ebensichtig sind und dünne Schiefertonlagen enthalten (Schicht 2). Diese Schicht enthält die ersten marinen Silur-Fossilien:

Dalmanites indet.
Australostrophiat sp.
Coelospira sp. aff. *hemisphaerica* (SOWERBY),
Kriechgänge

Die nächst-höheren Schichten bestehen aus feinkörnigem, olivgrauem bis intensiv violettem Glimmersandstein, der ebenplattig und deutlich geschichtet ist und nur wenig Fossilien geliefert hat (Schicht 3). Als bestimmbares Fossil wurde ein Trilobiten-Bruchstück von *Trimerus* sp. gefunden.

Im Straßeneinschnitt der Ruta II südöstlich Itacurubi stehen die darüberliegenden feinkörnigen, etwas tonigen braungelben Sandsteine der Schicht 4 in dünnen Bänken an, die neben unbestimmbaren Brachiopoden und Lamelli-

Stufe C: Sandstein von Eusebio Ayala

Die nach oben folgenden 200 bis 250 m Sandsteine von Eusebio Ayala sind ebensichtig aquatisch gelagert. Ihr mariner Entstehungsraum ist durch ihren Fossilgehalt nachgewiesen. Diese Schichtenfolge entspricht der von HARRINGTON als Unterdevon angesehenen Serie von Itacurubi. Ihr Fossilgehalt wurde von WOLFART (1961) revidiert und als Unteres Llandovery erkannt.

ECKEL (1959) zitiert die Meinung des nordamerikanischen Paläontologen PALMER, der ECKEL's Aufsammlungen von Arroyos y Esteros bereits nicht für sicheres Devon hält und von „Siluro-Devonian aspect“ spricht.

Das Verbreitungsgebiet der Sandsteine von Eusebio Ayala schließt sich östlich an die Sandsteine von Caacupé infolge deren Einfallen nach Osten an. Es beginnt im Hügelland 15 km südöstlich Itacurubi und setzt nach Nordwesten auf der linken Seite des Rio Piribebuy fort (Abb. 31). Die marine Folge läßt sich in sechs Unterstufen gliedern.

branchiaten reichlich gut erhaltene Trilobiten und — als Leit-Fossilien — Graptolithen führen, die silurisches Alter beweisen:

Diplograptus sp. (T. II, Fig. 4)

Außerdem kommen vor:

Proetus indet. (T. II, Fig. 6)

Trimerus ? sp. (T. II, Fig. 3)

Tentaculites trombetensis CLARKE (T. II, Fig. 9)

Die gleiche Fauna wurde in der Nähe bei Posta Primavera gefunden. Dieser Fundpunkt liegt im Bereich höchsten „Unter-Devon“ HARRINGTON's (1950). Tatsächlich handelt es sich aber um die bisher tiefsten fossilführenden marinen Silurschichten in Ost-Paraguay und darüber hinaus im gesamten Paraná-Becken und im außerandinen Südamerika. Leider ist eine Angleichung an die einzelnen Stufen des Llandovery noch nicht möglich.

Die Überlagerung der Graptolithen-Sandsteine besteht aus fein- bis mittelkörnigen, glimmerreichen Sandsteinen von heller, grauer, brauner und grau-violetter Tönung, die deutlich ebensichtig, dickbankig und fossilarm sind (Schicht 5). In diesen Schichten kommt *Lingula* sp. aff. *oliverai* MENDEZ-ALZOLA (T. II, Fig. 13) vor.

Den Abschluß der gesamten Folge bilden gröberkörnige, rotbraune bis hellbraune Sandsteine mit dünnen, braungelben Schiefer-ton-Einschaltungen (Schicht 6). Tongallen treten auf den Schichtflächen auf. In diesen Sandsteinen wurde in den Aufschlüssen bei Isla Pucú und nördlich Posta Primavera

Scolithus sp.

gefunden.

Diese höchsten Schichten der Sandsteine von Eusebio Ayala stehen auch in der abgesunkenen Scholle (Abb. 33) westlich der Ypacarai-Senke in der Tongrube von Vargas Peña an. Hier bilden sie als fein-grobkörniger Sandstein das Liegende der fossilführenden weißen Tone.

Die Graptolithen-Sandsteine von Eusebio Ayala sind der früheste Nachweis einer silurischen Meerestransgression in dem bis dahin kontinentalen Sedimentationsbecken westlich des Paraná-Troges. Die Seltenheit der Graptolithen, das reichliche Vorkommen von Grabgängen (*Scolithus*) und das körnige Sediment sprechen für Ablagerungen im litoral-neritischen Bereich.

Stufe D: Tone von Vargas Peña

Weiß bis grauweiße Tone mit erheblichem Glimmergehalt und reicher Fauna bilden die 10 bis 20 m mächtige wichtigste Leitschicht in Unter-Silur. Dieser Horizont ist bisher bekanntgeworden aus der nach Westen abgesunkenen Scholle im Westen der Bruchzone von Ypacarai (Aufschlüsse Tongrube Vargas Peña und 2 km südöstlich Areguá) sowie als langgestreckte Zone im Tal des Rio Piribebuy (Abb. 31) östlich des Verbreitungsgebietes der Sandsteine von Eusebio Ayala. Aufschlüsse liegen 3 km südlich Isla Pucú im Westen des Cerro Perro sowie nach BEDER & WINDHAUSEN (1918) an der Mündung des Rio Manduviri in den Rio

Paraguay. Die weißen Tone sind reich an Kaolinit, auf den ihre auffällige Farbe zurückzuführen ist.

Die arten- und individuenreiche Hochsee-Fauna der weißen Tone beweist eine kurzfristige Verbindung zum offenen Meer. Das feinklastische Gestein bezeugt eine Eintiefung des Beckens.

Fossil-Liste

<i>Reophax</i> sp.	} nach Bestimmung von Dr. HILTERMANN, Bundesanstalt für Bodenforschung
<i>Hyperamina</i> sp.	
<i>Pelosina</i> ? sp.	
<i>Thuramina</i> sp.	
<i>Australostrophia conradii</i> HARRINGTON	
<i>Coelospira</i> ? <i>hemisphaerica</i> SOWERBY (T. I, Fig. 10)	
<i>Anabaiia paraia</i> CLARKE (T. II, Abb. 8)	
Kriechgänge	
<i>Tentaculites trombetensis</i> CLARKE (T. II, Fig. 9)	
<i>Hyalithes</i> sp.	
<i>Hyalithes guaraniensis</i> WOLFART (T. II, Fig. 11)	
<i>Nuculites opisthoxystomus</i> HARRINGTON	
<i>Nuculites</i> sp.	
<i>Nucula</i> ? sp.	
<i>Nuculana</i> ? sp. (T. I, Fig. 5)	
<i>Ctenodonta</i> sp. (T. I, Fig. 6)	
<i>Ctenodonta</i> sp. aff. <i>ovata</i> PROUTY	
<i>Palaconeilo</i> sp.	
<i>Gastropoda</i> gen. et sp. indet.	
<i>Eotomaria</i> sp.	
<i>Hormotoma</i> sp.	
<i>Protobactrites</i> ? sp.	
<i>Calymene</i> sp.	
<i>Calymene boettneri</i> HARRINGTON (T. II, Fig. 7)	
<i>Dalmanites</i> sp.	
<i>Eophacops</i> n. sp. A WOLFART (T. II, Fig. 1)	
<i>Crinoidea</i> gen. et sp. indet.	
<i>Climacograptus</i> sp. indet.	
<i>Climacograptus innotatus brasiliensis</i> RUEDEMANN (T. II, Fig. 5)	
<i>Orthoceras</i> sp. (T. I, Fig. 2)	

Das silurische (Llandovery) Alter der Tone von Vargas Peña hatte bereits HARRINGTON (1950) erkannt, ihm war jedoch entgangen, daß diese weißen Tone über den Sandsteinen von Eusebio Ayala, die er als Unter-Devon aufgefaßt hatte, liegen.

Stufe E: Sandstein des Cerro Perro

Die höchsten Schichten des Silur stehen in einem schmalen, Nordwest streichenden Streifen auf den rechten Ufern des Ober- und Mittellaufs des Rio Piribebuy zwischen Arroyos y Esteros und Isla Pucú an (Abb. 31). Sie tauchen nach Osten unter die Gondwana-Formationen.

Diese Sandsteine sind identisch mit dem von BEDER & WINDHAUSEN (1918) aufgestellten „Arroyos y Esteros-Sandstein“. Die gleichen Schichten kommen auch am Westrand des ost-paraguayischen Silurgebietes bei Itauguá in dem abgesunkenen schmalen Block der Bruchstafel von Ypacarai vor.

Das etwa 100 m mächtige Schichtpaket besteht aus feinkörnigen, sehr glimmerreichen, gutgeschichteten Sandsteinen von gelber, rötlicher und violetter Farbe

sowie mürber Konsistenz. Diese fossilreichen Sandsteine enthalten am Cerro Aparipi zahlreiche Nester von blutrottem Eisenocker.

Die Aufschlüsse am Cerro Perro, Cerro Aparipi, Isla Pucú und am Cerro Ybytyjhú lieferten folgende Silur-Fossilien:

<i>Lamellibranchiata</i> indet.
<i>Australostrophia conradii</i> HARRINGTON (T. II, Fig. 12)
<i>Camarotoechia</i> sp. (T. I, Fig. 7)
<i>Tentaculites trombetensis</i> CLARKE
<i>Lamellibranchiata</i> gen. et sp. indet.
<i>Palaconeilo</i> sp. aff. <i>sanctiucis</i> CLARKE
<i>Hormotoma</i> sp. (T. II, Fig. 10)
<i>Protobactrites</i> ? sp.
<i>Proetus</i> ? sp. indet.
<i>Diacalymene</i> cf. <i>crassa</i> SHIRLEY
<i>Calymene</i> sp. aff. ? <i>boettneri</i> HARRINGTON
<i>Trimerus</i> (T. ?) sp. n. sp. A ? WOLFART
<i>Dalmanites</i> sp.
<i>Eophacops</i> n. sp. A WOLFART
<i>Scotiella obsoleta perroana</i> n. subsp. (T. II, Fig. 2)
<i>Crinoidea</i> gen. et sp. indet.
<i>Orthoceras</i> sp.

Nach WOLFART (1961) schließen sich diese Sandsteinschichten faunistisch eng an die sie unterlagernden Tone von Vargas Peña an. Wegen ihrer Fauna werden sie ebenfalls in das Llandovery gestellt.

Chaco Boreal

Die paläozoischen Formationen des Silur und Devon, die in acht Tiefbohrungen in den letzten Jahren festgestellt wurden, unterlagern im südlichen, westlichen, nordwestlichen und zentralen Chaco Boreal die mächtige jüngere Bedeckung. Nur an wenigen Stellen erreichen diese Formationen die Oberfläche: in dem Höhenzug des Cerro León (Silur und Unter-Devon) zwischen 20° 12' und 20° 25' südlicher Breite / 60° 15' bis 60° 26' westlicher Länge; Cerro Cristián (Silur) auf 19° 35' südlicher Breite / 60° 00' westlicher Länge, sowie in und nördlich Fortín Ingavi (Unter-Devon). Diese wenigen Aufschlüsse im nördlichen Chaco liegen am Ostrand der großen subandinen Senke des Paläozoikum.

Ein weiterer wichtiger Aufschluß ist der Tafelberg Cerro San Miguel (Silur oder Ordoviz, Abb. 22), der mit Position 19° 22' nördlicher Breite und 60° 34' westlicher Länge etwa 15 km nördlich der Grenze des Nord-Chaco bereits auf bolivianischem Gebiet liegt. Die Höhenzüge des San Miguel und Cerro León sind tektonische Horste.

Der größte Teil des die Chaco-Ebene mit 350 bis 420 m überragenden Bergzuges Cerro León besteht aus weißgrauen, dichten, splittrig harten Quarziten und grauweißem, feinkörnigem Sandstein mit Glimmerschüppchen auf den Schichtflächen. Die Schichten fallen flach nach West-Südwest ein. Die bei unserer Bereisung des Cerro León 1957 aufgesammelten Fossilien hat WOLFART (1961) untersucht. Neben schlecht erhaltenen Brachiopoden und Gastropoden war *Arthrophyucus* (T. I, Fig. 1) sicher bestimmbar in beiden Gesteinsarten. Dieses Fossil erlaubt die eindeutige Einstufung der Schichten als marines Silur, und zwar als Gotland.

Die in den Tiefbohrungen der Union Oil of California, Santa Rosa, zwischen 2190 und 2310 m, und La Paz zwischen 1524 und 1833 m und Orihuela zwischen 1914 und 2047 m unter sicherem Devon angetroffenen Quarzite mit eingeschalteten harten, glimmerhaltigen, dunkelgrauen Tonschiefern dürften den am Cerro León anstehenden Silurschichten entsprechen (Abb. 35).

In der 1959 von der Pure Oil Cy. ausgeführten Tiefbohrung Lagerenza südwestlich Ingavi wurde der Quarzit des Silur in 2700 m Tiefe angefahren. Diese Bohrung liegt nur 80 km WNW des zutage anstehenden Silur auf dem Cerro León. Die Tiefenlage des Silur in der Bohrung Lagerenza ist nur durch gestaffelte Verwerfungen mit erheblicher Sprunghöhe (insgesamt etwa 1300 m) zwischen beiden Punkten zu erklären.

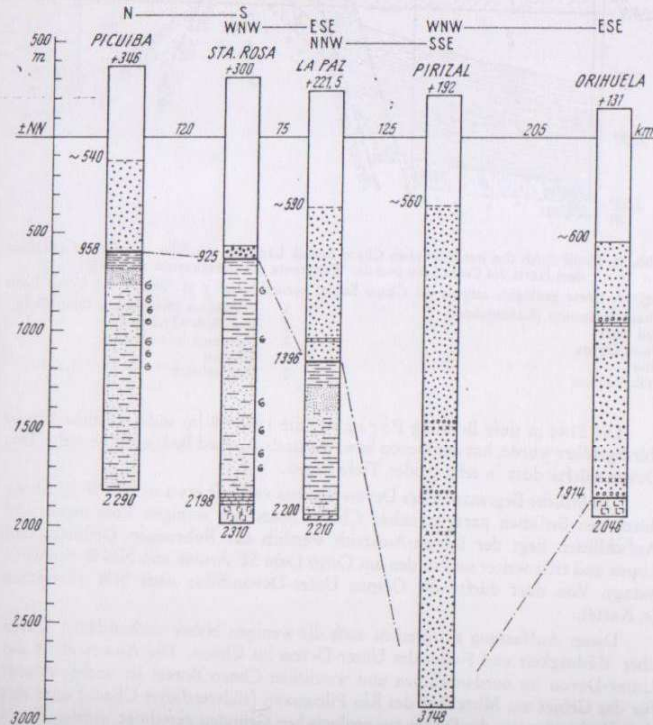


Abb. 35 (Text der Abbildung Seite 57)

Die vollständige Mächtigkeit des Silur im Chaco Paraguay's ist noch nicht bekannt. In der Bohrung La Paz wurden 132 m Silur durchsunken; in Bohrung G. Mendoza 191 m; für den nördlichen Chaco darf mit einer Mächtigkeit von mindestens 300 m für das Silur gerechnet werden, möglicherweise ist jedoch im Westen, zum Becken hin, das Silur erheblich mächtiger.

Die Schichtenfolge und Ausbildung des Silur im Chaco weisen auf ähnliche Gesteine in benachbarten Regionen hin. Das Leitfossil *Arthropycus* wurde in harten Quarzsandsteinen, der silurischen Trombetas-Serie im Amazonas-Becken, und, nach WINDHAUSEN (1931) im Quarzit von Balcarce, südlich Buenos Aires, gefunden. Im bolivianischen Subandin ist das Silur ebenfalls als Quarzite und Quarzsandsteine ausgebildet, in denen das Leitfossil *Clarkeia antiensis* d'ORBIGNY auftritt (AHLFELD [1946]). Bisher ist *Arthropycus* aus dem bolivianischen Silur noch nicht beschrieben worden.

Die Quarzitschichten des Silur setzen aus dem nördlichsten Chaco Paraguay's nach Norden in den bolivianischen Chaco fort, wo sie zunächst unter die Devon-Mulde von Roboré eintauchen, weiter im Norden aber in den Sierren von San José und Santiago wieder zutage treten, deren Schichten nach Südwesten einfallen und nach GERTH (1955) durch Funde von *Obolellina* in das Ordoviz gehören.

Die 50 bis über 100 m hohen steilen Wände des Cerro San Miguel bestehen aus massigem rötlichem Quarzit mit nur schwach angedeuteter Bankung. Die flachliegende Schichtenfolge des Silur ist am Nordrand des Chaco durch NNW streichende Störungen in Schollen zerlegt, einige Blöcke wurden verstellt und gehoben, z. B. der Cerro San Miguel, dessen Gipfeltafel 320 m über der Ebene liegt (= 770 m NN), und dessen quarzitische Gesteine damit über 300 m mächtig sein dürften. Nach KANTER (1936) hat GRÖBER diese Quarzite als Silur angesehen. AHLFELD (1946, 1960) erwähnt, daß die Sandsteinfohle von San José—Santiago durch Unterdevon überlagert, und durch Ordoviz, sowie weiter im Osten durch die

Abb. 35. Stratigraphie der 5 Aufschluß-Bohrungen der Union Oil of California (1946—1949) im Chaco Boreal (nach Unterlagen beim Banco Central del Paraguay)

Fig. 35. Perfiles de las perforaciones a exploración de petróleo en el Chaco Boreal

Chaco-Sedimente (Känozoikum)		Cenozoico (Sedimentos chaqueños)
Red Beds		Red Beds (Triásico)
Konglomerat		Conglomerados
CaSO ₄		CaSO ₄
Kalk		Caliza
Fossilien		Fósiles
Unter-Devon:		Devónico inferior:
Sandstein		Arenisca
Schieferton		Pizarras
Schieferton u. Sandstein		Pizarra y arenisca
Silur:		Silúrico:
Quarzit u. quarzit. Sandstein		Quarzito y arenisca quarzítica

Kalke der Bodoquena-Serie unterlagert wird. Damit ist sehr wahrscheinlich, daß die Schichten der Quarzittafel im ost-bolivianischen Chaco altersmäßig den Silur-Quarziten des Cerro León entsprechen. Auch LANGE (1955) hält den El-Carmen-Sandstein von Quimome an der Bahn westlich San José, dessen Basal-Konglomerat eine kleine Fauna geliefert hat, für Ober-Silur. Dieses Vorkommen liegt genau im Streichen des Silur vom Cerro Cristián und Cerro San Miguel.

Über die Altersbeziehungen des Silur im paraguayischen Chaco zum Silur auf der zentral-paraguayischen Schwelle ist noch keine endgültige Aussage möglich. Wahrscheinlich sind beide Schichtenfolgen etwa gleichalt.

ECKEL (1959) stuft auf seiner Karte die Gesteine des Cerro Cristián und Cerro León dem Unter-Devon ein. Er ist selbst nicht dort gewesen und stützt sich auf eine briefliche Nachricht von HARRINGTON, der die von MORAN, einem Geologen der Union Oil of California am Cerro León gesammelten Fossilien als *Leptocoelia flabellites* bestimmt hat, die in Siltiten über massigen Quarziten gefunden wurden. Da nun nach unseren eigenen Aufsammlungen auf der Westseite des Cerro León auch Unter-Devon ansteht (s. u.), dürfte dieses Leitfossil des Unteren Devon von der Westseite des Bergmassivs etwa aus der Gegend Aroma herkommen.

4. Devon

In Ost-Paraguay steht Devon nicht zutage an. Die bisher (HARRINGTON [1950, 1956]) als Devon angesehene Sandsteinfolge wurde auf Grund ihres Fossilgehaltes als Silur erkannt (vgl. S. 52). Ob das Devon vom Ostrand des Paraná-Bekens, die brasilianischen Ponta Grossa-Schiefertone, unter den Schichten des Gondwana-Systems bis in das östlichste Ost-Paraguay fortsetzt, ist mangels Tiefbohrungen unbekannt. Es ist nicht sehr wahrscheinlich.

Im Chaco Boreal Paraguay's ist Devon in Aufschlüssen und Tiefbohrungen nachgewiesen.

Marines Unter-Devon ist anstehend aus dem Chaco Boreal bisher nur von zwei Stellen bekannt: bei A r o m a an der Westflanke des Cerro León sowie bei Fortin Ingavi ($19^{\circ} 55\frac{1}{2}' S / 60^{\circ} 46' W$). Etwaige weitere Ausbisse können aus tektonischen Gründen nur zwischen dem Cerro León und der paraguayisch-bolivianischen Grenze erwartet werden. Außer diesen beiden durch Fossilien sicher nachgewiesenen Devon-Vorkommen haben sechs der insgesamt neun Tiefbohrungen im Chaco Devon angetroffen (Karte):

- Bohrung Santa Rosa zwischen 925 m und 2198 m, unterlagert von Silur,
- Bohrung Picuiba zwischen 958 m und der Endteufe von 2290 m, unterlagert von Silur,
- Bohrung La Paz zwischen 1396 m und 2200 m, unterlagert von Silur,
- Bohrung G. Mendoza von etwa 1490 m bis 3048 m, unterlagert von Silur,
- Bohrung Lagerenza von etwa 1200 m bis 2713 m, unterlagert von Silur.

Von großer Bedeutung für die Verbreitung des Devon wie auch für mögliche Erdölvorkommen sind die Profile der Tiefbohrungen Orihuela und Pirizal der Union Oil of California sowie die Bohrung Madrejón (1958) der Pure Oil (Abb. 35).

Die im südöstlichen Chaco angesetzte Bohrung Orihuela (Endteufe 2046 m) hat unter den Red Beds in 1914 m Tiefe die silurischen Quarzite angefahren (bis Endteufe). Hier fehlt also das Devon, wie auch in der 1727,60 m tiefen Bohrung M a d r e j ó n. Damit ist für den nordöstlichen und östlichen Chaco etwa östlich der Linie Cerro San Miguel — Cerro León — westlich Bohrung Orihuela nicht mehr mit Devon zu rechnen, es sei denn in Form einer abgesunkenen (und tief versenkten) Scholle (Abb. 36).

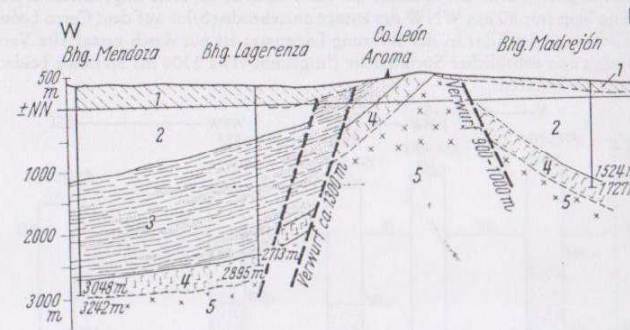


Abb. 36. Profil durch den nordwestlichen Chaco Boreal. Lagerung des Silur und Devon zwischen dem Horst des Cerro León und der Westgrenze des paraguayischen Chaco

Fig. 36. Corte geológico através del Chaco Boreal noroccidental y el "horst" del Cerro León

Chaco-Sedimente (Känozoikum)	1	Cenozoico (Sedimentos chaqueños)
Red Beds	2	Red Beds (Triásico)
Unter-Devon	3	Devónico inferior
Silur	4	Silúrico
Präkambrium	5	Precámbrico

Die 3148 m tiefe Bohrung P i r i z a l, die 1948/49 im südwestlichen Chaco durchgeführt wurde, hat das Devon bzw. die Basis der Red Beds nicht erreicht. Das Devon dürfte dort in sehr großer Tiefe liegen.

Die östliche Begrenzung des Devon-Bekens verläuft etwa in NNW-Richtung durch den östlichen paraguayischen Chaco. Nach den wenigen Bohrungen und Aufschlüssen liegt der Devon-Ausstrich westlich der Bohrungen Orihuela und Lopez und tritt weiter im Norden am Cerro León SE Aroma mit NNW-Streichen zutage. Von dort dürfte die Grenze Unter-Devon/Silur nach NW fortsetzen (s. Karte).

Dieser Auffassung entsprechen auch die wenigen bisher vorhandenen Daten über Mächtigkeit und Fazies des Unter-Devon im Chaco. Die Anwesenheit des Unter-Devon im nordwestlichen und westlichen Chaco Boreal ist nachgewiesen; für das Gebiet am Mittellauf des Rio Pilcomayo (südwestlicher Chaco) darf mit dem Vorhandensein des Devon aus geologischen Gründen gerechnet werden.

Während auf der Westseite des Cerro León und in der nahe dem Rand des Devon-Beckens gelegenen Bohrung La Paz (800 m Devon) die Mächtigkeiten noch gering sind, haben die weiter beckenwärts angesetzten Tiefbohrungen Santa Rosa (1273 m Devon), Picuiba (über 1330 m) und Mendoza (über 1400 m) große Mächtigkeiten des Devon nachgewiesen.

Faziell ist das Unter-Devon nahe dem Beckenrand stark sandig entwickelt, z. B. bei Aroma und in der Bohrung La Paz, in der zwischen 1524 m und 1628 m eine Sandsteinfolge von 104 m entwickelt ist. Nach Westen nehmen dagegen die Sandschüttungen, die aus dem Bereich der zentral-paraguayischen Schwelle stammen, ab und Schiefertone dafür überhand. Am Ostrand der devonischen Geosynklinale ist bei Annäherung an die Schwelle mit beträchtlichem Fazieswechsel sowohl im Streichen wie im Vertikalprofil zu rechnen.

Auf der Westflanke des Cerro León, im Gebiet um das ehemalige Fortin Aroma, dessen Standort heute nur noch durch einen Pfahl mit dem Namen, einige Ziegelsteine und zwei verrostete Benzinfaßer bezeugt wird, beginnt das Unter-Devon mit fein- bis mittelkörnigen, harten Sandsteinen, von gelbgrauer bis rötlich-brauner Farbe, reichlichem Gehalt an Glimmer und gelegentlich auftretender Tongallen auf den Schichtflächen. Die Sandsteine sind schlecht geschichtet. Aus unseren Aufsammlungen bei Aroma bestimmte WOLFART (1961):

Favosites sp.
Chonetes falklandicus (MORRIS & SHARPE) (T. I, Fig. 8)
Leptocoelia flabellites (CONRAD) (T. I, Fig. 4)
Tentaculites stuebeli (CLARKE) (T. I, Fig. 9)
Lamellibranchiata indet.

Der Sandsteinkomplex geht nach oben in ein eintöniges, mächtiges Schichtpaket dunkel-olivgrauer Schiefertone mit mehr oder weniger dünnen Linsen und Bänken aus feinkörnigem, dichtem Sandstein über (Aufschlüsse bei Aroma, Ingavi, Bohrprofile nach ECKEL & MAZÓ [1959]). Die dunkelfarbigen Schiefertone sind meistens feinstsandig und enthalten etwas kohlige Substanz und Schwefelkies. In diesen Schichten wurden auf dem Feldflughafen Ingavi in einem frischen Aushub *Tentaculites* sp. und *Bryozoa* indet. (T. I, Fig. 3) gefunden. Nach den detaillierten Profilen der Tiefbohrungen der Union Oil of California (ECKEL [1959]) treten im Unteren Devon nur selten dünne Kalksteinbänkchen auf: in Picuiba in 1587 m (15 cm), in Santa Rosa nahe der Basis in 2170 m (15 cm) und 2193 m (10 cm), in La Paz schwarzer Dolomit nahe der Basis bei etwa 2200 m. Die von HARRINGTON (in: ECKEL [1959]) bearbeitete Fauna der Bohrung Santa Rosa beweist, daß die unterdevonische Fauna von 2044 m bis an die Obergrenze des Devon-Profiles bis 931 m Tiefe reicht.

Folgende Fossilien wurden von HARRINGTON im Profil Santa Rosa bestimmt:

Chenocrinus (?) sp.
? *Anoplotheba silvetti* ULRICH
Australospirifer cf. *antarcticus* MORRIS & SHARPE
Acrospirifer (?) sp.
Australostrophia arcei ULRICH
A. mesembria CLARKE
Chonetes falklandicus MORRIS & SHARPE
Ch. skottsbergi CLARKE

Lyorhynchus (?) sp.
Derbyina whitiorum CLARKE
Leptaena sp.
Leptocoelia flabellites CONRAD
Lingula lepta CLARKE
Rensselaeria relecta SCHWARZ
Schellwienella agassizi HARTY
Spirifer sp.
Tentaculites erotalinus SALTER
T. jaculus CLARKE
Trilobit ?

Die bisher bestimmbar Faunen beweisen die Zugehörigkeit der Schichten zum Unter-Devon. Diese australe Fauna sowie die Fazies erlauben die altersmäßige Gleichsetzung und den Anschluß des Unter-Devon aus dem paraguayischen Chaco an die mächtigen unterdevonischen Monos-Schiefer der subandinen Geosynklinale Boliviens, während die Randfazies von Cerro León—Ingavi ihre nördliche Fortsetzung in gleichartigen Schichten der Unter-Devon-Mulde von Roboré im anschließenden bolivianischen Chaco findet.

Die Lagerung des Devon entspricht im großen dem Beckenbau. Die Schichten fallen nach WSW und SSW ein. In den Tiefbohrungen wurden Fallwinkel von wenigen Grad bis 15°, in Ausnahmefällen bis 40° festgestellt. In Nähe des Beckenrandes haben offensichtlich jüngere Bewegungen in stärkerem Maße Verstellungen an Verwerfungen verursacht.

5. Oberkarbon

SERIE TUBARÃO

Das Oberkarbon ist nur in Ost-Paraguay aufgeschlossen. Aus dem Chaco Boreal ist die Formation bisher nicht bekannt.

Ein Nord-Süd streichender Streifen wechselnder Breite wird von klastischen Gesteinen der Tubarão-Serie eingenommen. Er beginnt mit etwa 10 km Breite im Süden, südlich von Caazapá und dürfte auf der Höhe von Concepción mit über 125 km den breitesten flächenhaften Ausstrich haben.

Die Aufschlußverhältnisse sind sehr ungünstig, da sumpfiges Gelände, Grasland und feuchter Waldboden, im Norden auch Flugsandfelder den älteren Untergrund verhüllen.

Wir fassen im Norden die roten sandigen Gesteine, die HARRINGTON und ECKEL für Perm und Trias gehalten haben, jedoch als Vertreter der Tubarão-Serie auf.

Die von beiden Autoren als ober-karbone Tillite gedeuteten Ablagerungen im Bereich der Ypacarai-Senke sind pleistozäne Schotter bzw. Trias.

Die Gesteine der Tubarão-Serie sind glaziale (Tillite), fluvio-glaziale (Sandsteine) und limno-glaziale (Bändertone) Ablagerungen. Im nördlichen Ablagerungsgebiet sind diese Gesteine vorwiegend rotbraun bis hellrot gefärbt. Die Mächtigkeit ist bei wenigen Aufschlüssen schwer feststellbar; im Norden dürfte sie 300 m bis 500 m betragen, im Süden ist sie erheblich geringer.

Nördliches Ost-Paraguay

Die Zeugenberglandschaft im Norden besteht am Oberlauf des Rio Aquidabán-mi aus interglazialen Sandsteinen (Cerro Corá, Cerro Serembi [Abb. 37]). Zwischen Bella Vista—Toldo-cuè und Cerro Corá ist eine Gliederung der Tubarão-Serie in einem präglazialen Unteren Sandstein, eine glaziale Folge aus mehreren Tillit-Horizonten mit eingeschalteten Sandsteinkomplexen, Siltiten und

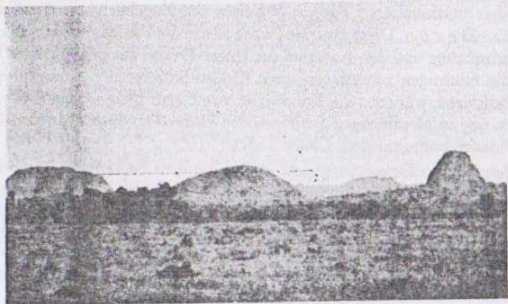


Abb. 37. Zeugenberge (contrafuertes) aus interglazialen Sandstein der Tubarão-Serie (Oberkarbon) bei Cerro Corá im nordöstlichen Ost-Paraguay
Fig. 37. Cerros aislados de arenisca interglacial del carbonífero superior cerca de Cerro Corá (Foto: Putzer)

Warviten (Bändertone) der Paxixi-Stufe, überlagert von einer postglazialen Sandsteinfolge, dem Aquidauana-Sandstein, möglich. Diese von uns 1957 beobachtete Schichtenfolge entspricht der von BEURLEN (1956) im nördlich anschließenden Mato Grosso untersuchten Gesteinsserie. Für die Sandsteine des Tubarão im Süden und Norden von Ost-Paraguay ist typisch, daß sie nur mäßig abgerollte Quarzkörner führen, stets feldspat — bzw. kaolinhaltig und tonig sind und nicht sehr verfestigt.

Als erster hat BOETTNER (1947) echte glaziale Gesteine des Tubarão im Raum Toldo-cuè beschrieben, während ALMEIDA (1945) das Verdienst zukommt, in Mato Grosso bei Bela Vista als erster glaziale Gondwana-Gesteine am Westrand des Paraná-Beckens entdeckt zu haben. Seine „Bela Vista-Serie“ ist mit der Aquidauana-Formation identisch (ALMEIDA [1945]).

In kleinen Steinbrüchen bei Naranja-ty, 16 km nordwestlich Horqueta, sowie 25 km östlich dieser Ortschaft tritt feinkörniger violettbrauner bis rosa Sandstein mit sekundären Verkieselungsknollen und eingeschalteten feinschichtigen, ziegelroten Siltitlagen auf, den wir als den „Unteren interglazialen Sandstein“ BEURLEN's auffassen. Dieselbe, sonst auch gelbbraune und düsterrötbraune, tonige Sandsteinfolge trennt den ältesten Tillit „Aquadabán“ (nördlich des Rio Apa) vom Tillit „Bella Vista“ und dürfte über 100 m mächtig sein. Infolge des sehr flachen Einfallens nach Osten ist die Ausstrichbreite dieses Sandsteins sehr groß.

Der gleiche Sandstein, gering verfestigt, steht bei Paso Mboi, 8 km nördlich Tacuati, als gelbgraue Bank mit 5° Einfallen nach Osten an. Andere Aufschlüsse befinden sich am Cerro Corá im Arroyo Punta Porá und Zanja Pytá. Bei der Verwitterung sind aus diesen Sandsteinbänken die lockeren Feinsande entstanden, die zwischen Tacuati und dem Militärlager Nu-porá das Fahren so ungemein mühselig machen und den Straßenbau sehr erschweren. Die weiter im Osten auftretenden höheren Lagen dieser Stufe sind rote, weißgepunktete mürbe Sandsteine mit erheblichem Kaolingehalt.

Der Tillit „Bella Vista“ ist infolge seines geringen Einfallens auf breiter Fläche zu sehen im Südwesten und Süden von Bella Vista und westlich des Cerro Serembi. Der Tillit besteht aus einer feinsandig bis tonigen, düster-braunen Grundmasse mit zahlreichen kleinen Geschieben und ist eine echte Grundmoräne. Eine Streudecke aus größeren Geschieben (residuale Anreicherung) bedeckt den anstehenden Tillit 4 bis 6 km südlich Bella Vista und täuscht einen größeren Geschiebeanteil vor, als der Tillit Bella Vista hier hat. Den Hauptteil der Geschiebe stellen Quarzite des Präkambrium und Siltur, Gangquarz, Porphyre (die denen aus Caapucú gleich sind [S. 38]), Granit, etwas Schriftgranit und Pegmatit. Ein Geschiebe aus Magnetitquarzit (analog der algonkischen Minas-Serie) und ein Porphyrgeschiebe mit Hämatit (S. 114) wurden gefunden. Die Geschiebe haben 5 bis 20 cm Durchmesser; geschrammte Geschiebe sind nicht beobachtet.

Die tonig-sandige Paxixi-Stufe (100 m und mehr Mächtigkeit) trennt die beiden jüngeren Tillite „Bella Vista“ und „Nioaqué“. Ziegelrote Siltite, siltitische hellrote Sandsteine, weißer und karminroter Bänderthon dieser Stufe treten südlich Bella Vista auf weiter Fläche zutage und stehen weiter im Osten auch am Ufer des Arroyo Ypané an.

Der jüngste Tillit „Nioaqué“ ist in einem bemerkenswerten Anschnitt von über 50 m Höhe am Cerro Itapopó, 6 km Ost-Nordost des Militärlagers Cerro Corá aufgeschlossen, wie auch beiderseits der Straße nach Pedro Juan Caballero. Die Moräne dieses jüngsten Vorstoßes des Gondwana-Inlandeises besteht am Cerro Itapopó aus sehr grobem Blockschutt. Die bis über 1 m³ gerundeten Blöcke sind aus Gneis, Quarzit, Granit und Turmalin-Granit, kristallinem Schiefer, Glimmerschiefer, sehr viel Porphyre (S. 38, 106), Sandsteinen des Silur und des Tubarão. Daneben kommen Milchquarz, derber Hämatit und monazithaltiger Syenit mit seltenen, stärker radioaktiven, Monazitaggregaten vor (7,75 % Th + U). Der Tillit Nioaqué stellt den am weitesten östlich gelegenen und verbreitetsten Glazial-Horizont im nördlichen Ost-Paraguay vor.

Über dem jüngsten Tillit folgen feinkörnige, rote, kaolinische Sandsteine mit 4° bis 5° östlichen Einfallen. Diese postglazialen Sandsteine sind das Äquivalent der „Oberen Sandsteine“ = Aquidauana-Sandstein in Brasilien. Wie lange Zeit im benachbarten Mato Grosso (siehe Fußnote 74 CASTER'S & DU TOIT [1952]) sind die roten glazialen Schichten Nord-Paraguay's wegen ihrer Farbe und petrographischen Ähnlichkeit mit Sandsteinen des Perm und der Trias als „Independencia-Formation“ (Perm) und „Misiones-Formation“ (Trias) angesehen worden (HARRINGTON [1950, 1956]), (ECKEL [1959]). Die Stellung dieses Schichtverbandes

(Abb. 38) und sein Anschluß an gleiche Gesteine (BEURLIN [1956]) in Mato Grosso lassen jedoch keine Zweifel darüber, daß diese roten klastischen Schichten die Äquivalente des Itararé Süd- und West-Braziiliens sind.

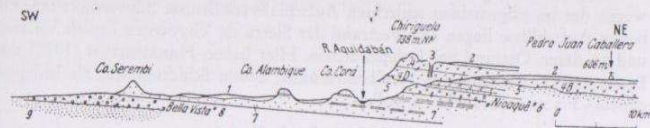


Abb. 38. Überhöhtes Profil durch das Gondwana-System am Westrand des Paraná-Beckens im nördlichen Ost-Paraguay (etwa auf $22\frac{1}{2}^{\circ}$ südl. Breite)

Fig. 38. Corte geológico através del sistema de Gondwana en el borde occidental de la Cuenca del Paraná en el norte del Paraguay Oriental

- | | | |
|--|---------------|-------------------------------------|
| 1 Flugsande | } Quartär | } Tubarão-Serie
(Oberkarbon) |
| 2 Terra rossa | | |
| 3 Kalzit-Gang | | |
| 4 Trapp-Decken der Serra Geral-Formation (B. Basaltit, D. Dolerit) | | |
| 5 Oberer Aquidauana-Sandstein (postglazial) | | |
| 6 Tillit Nioaquê | | |
| 7 Paxixi-Formation (interglazial) | | |
| 8 Tillit Bella Vista | | |
| 9 Unterer Aquidauana-Sandstein (interglazial) | | |
| 1 Arena eólica | } Cuaternário | } Serie Tubarão
(Carb. superior) |
| 2 Terra rossa (tierra colorada) | | |
| 3 Dique de calcita | | |
| 4 Basaltos (B) y doleritas (D) del trapiano de la Serie São Bento, Form. Serra Geral | | |
| 5 Arenisca Aquidauana superior (postglacial) | | |
| 6 Tilito Nioaquê | | |
| 7 Formación Paxixi | | |
| 8 Tilito Bella Vista | | |
| 9 Arenisca Aquidauana inferior (interglacial) | | |

Südliches Ost-Paraguay

Der Straßenbau der Ruta II von Asunción zum Paraná hatte 1957 für kurze Zeit die oberkarbonen und permischen Schichten in frischen Anschnitten der Beobachtung zugänglich gemacht. Die glaziale Folge war zwischen San José bis 30 km östlich Coronel Oviedo zu sehen.

Schon HARRINGTON (1950) hat die infolge sehr flachen Einfallens weite Verbreitung von Tillit im Westen des Gürtels der Gondwana-Schichten beschrieben. Ausbisse des 1 bis 3 m mächtigen Tillits sind häufig zwischen Caragatay im Norden, und San José, bis nach Süden an das Nordufer des Rio Tebicuary-mi. Die feinkörnige tonig-sandige Grundmasse, die gelblichweiß verwittert, enthält viele kristalline und metamorphe Geschiebe aller Korngrößen bis 0,50 m Durchmesser. Dieser Tillit-Horizont entspricht höchstwahrscheinlich dem Tillit Nr. 2 „Bella Vista“ des Nordens. Östlich davon treten cremefarbene weiße, olivgrüne und rotgefleckte Bänderschieferer zutage, die sehr feinschichtig und zum Teil feinstsandig ausgebildet sind. Wir können sie mit der Paxixi-Formation vom Rio Apa und Mato Grosso identifizieren. Aufschlüsse dieser Warvite liegen westlich und nördlich Co-

ronel Oviedo im Tal des Rio Yhaca und südostwärts Coronel Oviedo. Rotviolette Warvite in Wechsellagerung mit Siltiten und dünnbankigen Sandsteinlagen tauchen bei km 20 östlich Coronel Oviedo an der Straße nach Caaguazú östlich einer Verwerfung als Dach eines Diabas-Sills nochmals auf.

Bei km 7 östlich der Straßengabel Coronel Oviedo schneidet die Ruta II einen jüngeren Tillit, der dem „Nioaquê“ entsprechen dürfte (Abb. 39, 40). In rötlichbrauner, ziemlich sandiger Grundmasse stecken zahlreiche kleine kirschkernbis faustgroße Geschiebe aus Quarz, Quarzit und Kristallin. Nach oben geht diese Grundmoräne der Gondwana-Eiszeit allmählich in besser sortierte fluvio-glaziale Schotter über. Umgelagerte Tillite werden von der Ruta II bei km 8,5 geschnitten, deren Material vorwiegend grobe Geschiebe sind.

Nach Osten folgen im Hangenden bei 12 km der Ruta feinkörnige, rotbraune, tonige Sandsteine, die keine Schichtung aufweisen und mit 1° nach Osten einfallen. Diese entsprechen dem „Oberen Sandstein“ = Aquidauana des Nordens (Abb. 38). Über diesem Sandstein liegt, offenbar linsenförmig, bei km 15 eine Bank von 0,10 bis 0,40 m Mächtigkeit aus verkieseltem Pisolith. Das graue bis fast schwarze, fein- bis grob-olisolithische Gestein ist wahrscheinlich ein Umwandlungsprodukt aus ehemaligen Kalken. Ob diese, bisher fossilfreie Schicht noch zum Unteren Tubarão gehört, kann noch nicht entschieden wer-

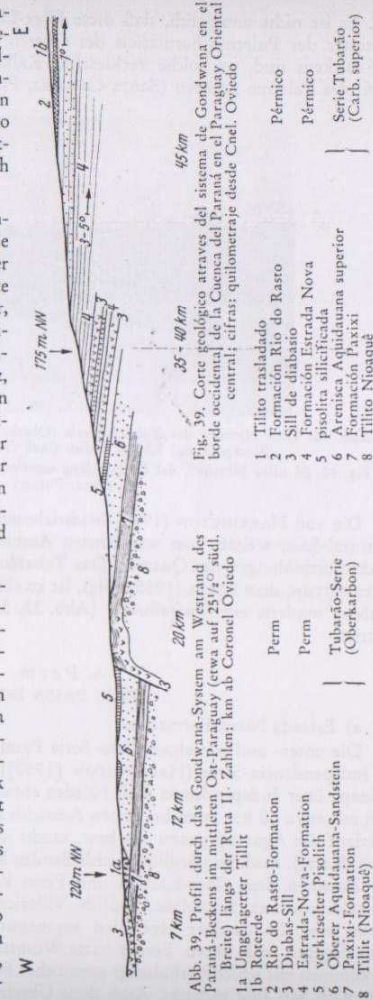


Fig. 39. Corte geológico através del sistema de Gondwana en el borde occidental de la Cuenca del Paraná en el Paraguay Oriental central; cifras: quilometraje desde Cnel. Oviedo

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Tilito trasladado | } Permico |
| 2 Formación Rio do Rasto | |
| 3 Sill de diabasio | } Permico |
| 4 Formación Estrada Nova | |
| 5 pisolita silicificada | } Serie Tubarão
(Carb. superior) |
| 6 Arenisca Aquidauana superior | |
| 7 Formación Paxixi | |
| 8 Tilito Nioaquê | |

Abb. 39. Profil durch das Gondwana-System am Westrand des Paraná-Beckens im mittleren Ost-Paraguay (etwa auf $25\frac{1}{2}^{\circ}$ südl. Breite) längs der Ruta II. Zahlen: km ab Coronel Oviedo

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1a Umgelagerter Tillit | } Perm |
| 1b Roterde | |
| 2 Rio do Rasto-Formation | } Perm |
| 3 Diabas-Sill | |
| 4 Estrada-Nova-Formation | } Tubarão-Serie
(Oberkarbon) |
| 5 verkieselter Pisolith | |
| 6 Oberer Aquidauana-Sandstein | |
| 7 Paxixi-Formation | |
| 8 Tillit (Nioaquê) | |

den. Es ist nicht unmöglich, daß diese Silex-Linsen die bisher nicht bekannten Vertreter der Palermo-Formation des Oberen Tubarão vom Ostrand des Paraná-Beckens sind, wo solche verkieselten Kalke in Linsenform zum Standard-Profil des Palermo gehören (Santa Catarina, PUTZER [1954]).

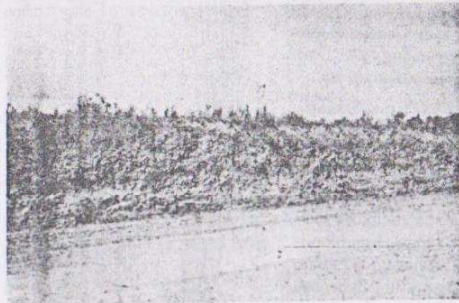


Abb. 40. Tillit Nioaqué der Tubarão-Serie (Oberkarbon), darüber umgelagerter Tillit (Blockpackung) 8,5 km östlich Cnel. Oviedo an der Ruta II
Fig. 40. El tilito Nioaqué, del Carbonífero superior, al km 8,5 al E de Cnel. Oviedo (Foto: Putzer)

Die von HARRINGTON (1950) beschriebenen „Tillite“ in der Depression des Ypacarai-Sees, weitab vom westlichsten Ausbiss der Tubarão-Serie, sind junge Blockschuttbildungen des Quartär. Das Tubarão, in der Depression kartiert von HARRINGTON, dem ECKEL (1959) folgt, ist zu eliminieren. Die Depression ist kein Graben, sondern ein Staffelbruch (Abb. 33, 51), in dem Ober-Karbon nicht auftritt.

6. Perm SERIE PASSA DOIS

a) Estrada Nova-Formation

Die unter- und mittelpermische Serie Passa Dois wurde in Paraguay bisher als Independencia-Serie (HARRINGTON [1950]) bezeichnet. Sie ist von südlich Caazapá über Independencia nach Norden entwickelt, erreicht auf der Höhe von Yhú mit etwa 50 km ihren breitesten Ausstrich und keilt zwischen Yhú und dem Oberlauf des Aguaray-guazú aus bzw. taucht nach Norden und Osten unter die Trias (Karte). Auch im nördlich anschließenden Mato Grosso fehlt diese Serie.

Zwischen dem Ober-Karbon und Perm konnte HARRINGTON (1950) eine Winkeldiskordanz feststellen: südlich Villarica fällt das Tubarão nach Südwesten ein, die darüber lagernden sogenannten Independencia-Schichten des Perm dagegen nach Osten. Ferner hatte WINDHAUSEN (1924) ein inselbergartiges Vorkommen mit schlecht erhaltener permischer Fauna rechts des Weges von Valenzuela nach San José entdeckt. Auch diese Überlagerung des Silur durch Perm be-

weist eine Sedimentationsunterbrechung mit Erosion. Dieses Vorkommen liegt etwa 60 km westlich des jetzigen Perm-Ausbisses.

Die Gliederung des Perm sowie die Feststellung seiner Mächtigkeit macht wegen der im allgemeinen schlechten Aufschlußverhältnisse Schwierigkeiten. Die besten Aufschlüsse liegen am Westrand der Sierra de Ybyturuzú östlich Villarica und an deren Ostrand bei Independencia. Hier haben HARRINGTON (1950) und ECKEL (1959) das folgende Profil untersucht, dessen Schichten wir als Independencia - F a z i e s bezeichnen wollen.

a₁) Independencia-Fazies

Eine etwa 400 m mächtige, grobgebauerte Sandsteinsfolge besteht aus einer unteren, etwa 150 m mächtigen Stufe, die in ihrem tieferen Teil (60 m bis 90 m) aus hellen rotbraunen und gelbbraunen, mittelkörnigen, stark arkosischen Sandsteinen aufgebaut ist. Im oberen Teil zeigen die dickbankigen Sandsteine deutliche Kreuzschichtung. Darüber folgt eine Wechsellagerung von 50 m Mächtigkeit, die aus gelbgrauen Arkosesandsteinen und grauen bis gelblichen Schiefertönen zusammengesetzt ist.

Das Hangende dieser Schichten bilden bis 200 m mächtige, gefleckte und rote Arkosesandsteine mit ausgeprägter Kreuzschichtung. Diese oberste Abteilung ist in ihrem unteren Teil fossilführend. CARNIER (1911) hat in einem Bachriß am Weg von Villarica nach Mbuvevo *Dadoxylon* sp. gefunden. Von derselben Stelle beschrieb SCHUSTER (1911) den Farn *Osmundites carnieri* SCH., während BEDER (1923) *Solenomorpha* = *Leinzia similis* (HOLDH.), MENDES und BOETTNER die Muschel *Pinzonella* entdeckten. Gut erhaltene Muscheln eines Fundpunktes 800 m südlich des Hotel Tilinski in Villarica sind:

Pinzonella cf. *illusa* REED
Pinzonella occidentalis (REED) MENDES
Pseudocorbula anceps REED.

a₂) Serra Alta-Fazies

Nur 30 bis 40 km nördlich von Independencia war 1957 bis km 32 östlich der Straßengabel Coronel Oviedo im Einschnitt der im Bau befindlichen Ruta II ein interessantes Profil des Perm zu sehen, das von der Ausbildung bei Independencia völlig abweicht, dafür aber der Serra Alta-Fazies der Estrada Nova-Formation vom Ostrand des Paraná-Beckens entspricht.

Der Verband der Estrada Nova-Formation fällt hier mit 3° bis 5° nach Osten ein und besteht aus über 30 m mächtiger Wechsellagerung violettgrauer Sandsteine und grüner sowie violetter Tone.

Profil von oben:

a) Violettbrauner feinkörniger glimmerhaltiger toniger Sandstein, feingeschichtet	1,00 m
b) Rötlichvioletter und hellgrüner Ton	0,24—0,30 m
c) Wechsellagerung von 5 bis 10 cm dicken Bänken violettbrauner feinkörniger toniger Sandsteine mit gleichfarbigen feinstgeschichteten Tonlagen von 1 bis 2 cm Dicke	1,10—1,30 m
d) Schmutzig braunvioletter feinkörniger Sandstein mit tonigem Bindemittel an der Basis feinkonglomeratisch	3,20—3,50 m

e) Olivgrüner Siltit	1,80 m
f) Violettbrauner feinkörniger mürber Sandstein	0,40—0,60 m
g) Blaugrüne, rotviolette und ziegelrote Tone und Siltite in Wechselagerung	2,00—3,00 m
h) Weißer und violetter feinkörniger toniger Sandstein in dünnen Bänken	0,60—0,80 m
i) Diabas-Sill, kugelig zerfallend	1,50 m
k) brauner feinkörniger massiger Sandstein	0,50—0,80 m
l) Olivgrüne Siltite und Schiefertone mit einzelnen dünnen Bänken von tonigem Sandstein	4,00—5,00 m
Liegendes: Diabas-Sill, zum Teil zu Roterde zersetzt, zum Teil als große Blöcke aus frischem Diabas mit eigelber Rinde ausgebildet ...	über 10 m.

Weder im Liegenden noch im Hangenden des ungestörten Profils zwischen den km 25 und 45 östlich Coronel Oviedo ist Raum für die rund 400 m mächtige Sandsteinfolge von Independencia-Sierra de Ybyturuzú; die Straße steigt in dem erwähnten Abschnitt von 160 m bis 260 m NN an. Als einzige Erklärung für die verschiedene Mächtigkeit und Ausbildung ist die Annahme möglich, daß die Sandsteinfolge von Independencia eine Sonderfazies, nämlich eine Sandschüttung in ein erheblich tief erodiertes Becken darstellt. Wir benennen daher die normale Ausbildung des Profils der Ruta II „Estrada Nova-Formation“ in der Sierra Alta-Fazies und beschränken den von HARRINGTON geprägten Namen Independencia auf die lokale Fazies in der Nähe dieser Ortschaft. Stark schwankende Mächtigkeiten und auch rascher Fazies-Wechsel sind im höheren Teil des Gondwana-Systems in den Randgebieten des Paraná-Beckens nichts Ungewöhnliches. Auch am Ostrand ist gerade die permische Passa-Dois-Serie in Santa Catarina, Paraná und São Paulo durch rasche Änderung von Fazies und Mächtigkeit gekennzeichnet. Auch die jüngste sedimentäre Abteilung des Gondwana, der triassische Botucatu-Sandstein, zeigt sehr unterschiedliche Mächtigkeiten in Ost-Paraguay, Mato Grosso und Südost-Brasilien.

b) Rio do Rasto-Formation

Die Existenz dieser Schichtgruppe am Westrand des Paraná-Beckens wurde 1959 durch PUTZER nachgewiesen. An der Ruta II (Abb. 39) stehen 13 km westlich Caaguazú ziegelrote Siltite und siltitische Tone mit weißen Flecken an, deren Mächtigkeit nicht bekannt ist. Die Schichten fallen mit 1° nach Osten ein. Diese roten Ablagerungen entsprechen in ihrem petrographischen Habitus sowie in ihrer Position, nämlich im oberen Teil des Rio do Rasto, genau den gleichen Schichten vom Ostrand des Beckens.

Im Norden Ost-Paraguays sind die Schichten der Formationen Estrada Nova und Rio do Rasto nicht aufgeschlossen. Mit Sicherheit fehlt in Ost-Paraguay, westlich der Basalte, die Basis-Formation des Perm, die so charakteristische Irati-Formation mit ihren schwarzen, stark bituminösen Schiefertönen und grauen, bituminösen Kalken. Das Irati fehlt ebenfalls im südlichen Mato Grosso; seine Ausbisse treten erst im zentralen Mato Grosso östlich Cuiabá wieder zutage (ALMEIDA [1954]), während es im Paraná-Becken 1958 in Epitacio Pessôa, der wichtigsten stratigraphischen Tiefbohrung Süd-Brahiliens, in 2900 m Tiefe mit mehr als 110 m Mächtigkeit gefunden wurde. Diese Bohrung steht 300 km nord-

östlich der Grenze Nord-Paraguay's auf dem linken Ufer de Rio Paraná im Staat São Paulo (Abb. 41). Offensichtlich ist im Perm der Raum von Ost-Paraguay bis zum oberen Araguaia, d. h. also der Nordwestrand des Paraná-Beckens, Hochgebiet gewesen, in dem das Irati nicht zur Ablagerung gekommen ist.

In kleinen Steinbrüchen des Hügels Espinillo bei Villarica hat BEDER (1923) im rötlichen Sandstein¹⁾ Schädel und Rippen von *Mesosaurus* gefunden. Im Gondwana Süd-Amerikas und Süd-Afrikas gilt *Mesosaurus* als Leitfossil für das Untere Perm, in Brasilien für die bituminösen Schiefertone des Irati, die nachweislich nicht in Paraguay vorkommen. HARRINGTON (1950) hält das Auftreten von *Mesosaurus* bereits in Tubarão für möglich. Ich möchte das Vorkommen von Villarica für die Sandsteine der Independencia-Fazies halten, also für tiefes Perm (Estrada Nova-Formation).

7. Trias

SERIE SÃO BENTO

Die weitaus größte Fläche der Gondwana-Gesteine in Ost-Paraguay nimmt die São Bento-Serie ein, deren untere, sedimentäre Abteilung die triassische Sandstein-Formation Misiones (HARRINGTON [1950]) und deren obere Abteilung die Laven der Trapp-Decken der Serra Geral-Formation sind.

Misiones-Formation = Botucatu-Formation in Brasilien

Die roten Sandsteine der Trias treten in Ost-Paraguay in vier räumlich getrennten Gebieten auf:

1. Raum Asunción—Limpio—Paraguari—Villeta—Benjamin Aceval.
2. In einem weiten, nach Nordwesten offenen Bogen zwischen San Juan Bautista—Encarnación und Caaguazú—Yhú sowie in einer isolierten Scholle im Raum Hohenau.
3. Wahrscheinliche Trias: Umgebung von Rosario am mittleren Rio Paraguay.
4. Wahrscheinliche Trias: Umgebung von Concepción.

Die von HARRINGTON (1950, 1956) und ECKEL (1959) angegebene Fortsetzung des bogenförmigen Gürtels über Yhú nach Norden bis zum Rio Apa besteht nicht. Wahrscheinlich haben beide Autoren die dortigen petrographisch sehr ähnlichen, rotsandigen Schichten der Tubarão-Serie als Misiones-Sandsteine aufgefaßt. Tatsächlich fehlt der Trias-Sandstein am Ausbiß der Randstufe von Amambay, wie auch im südlichsten Mato Grosso (von wo BEURLEN [1956] nur dünne Lagen von Intertrappsandstein, also zwischen einzelnen Lava-Ergüssen vorhandene dünne Sandsteinbänke, erwähnt). Der Nordwestrand des Paraná-Beckens ist im Perm und Trias ein Hebungsgebiet gewesen (vgl. S. 106).

Das Auftreten weit nach Westen vorgeschobener, heute isolierter, Flächen mit Misiones-Sandstein beweist, daß zur Zeit seiner Ablagerung das eigentliche Senkungsfeld des Paraná-Beckens bereits gefüllt war, so daß die jüngsten sedimen-

¹⁾ Die Funde BEDER's sind nach HARRINGTON (1950) in der Sammlung der Dirección de Minas y Geología in Buenos Aires aufbewahrt.

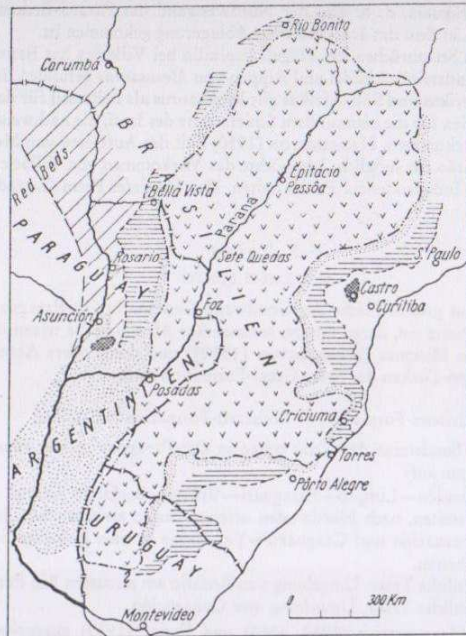


Abb. 41. Das Paraná-Becken mit der Verbreitung des Botucatu (= Misiones)

Fig. 41. La Cuenca del Paraná con la distribución de la arenisca triásica (Misiones = Botucatu)

zentral-paraguayische Schwellen		Anticline central-paraguayic
Sandsteine des Trias		Arenisca triásica
Tubarão-Serie (Ob.-Carbon)		Serie Tubarão (Carbonifero superior)
Porphyr-Decken von Castro und Caapucú		Pórfidos de Castro y Caapucú
Trapp		Trapiano
Grenze der Trapp-Decken		limite del trapiano
Grenze des Oberkarbon		limite del Carbonifero superior

tären Ablagerungen der Gondwana-Zeit erheblich über den Beckenrand hinweggriffen (Abb. 41). Der Misiones-Sandstein überlagert transgressiv und häufig mit Diskordanz ältere Gesteine: zunächst das Perm, dann die Tubarão-Serie, und schließlich, über die zentral-paraguayische Schwelle transgredierend, das Silur und vielleicht auch noch Präkambrium.

Ein Relikt der einstigen Überdeckung aus Misiones-Sandstein liegt südlich Ybytymi noch auf dem östlichen Plateau der Silur-Sandsteine der Cerros Blancos (Abb. 50).

Nach ALMEIDA (1954) ist der Botucatu-Sandstein wahrscheinlich dasjenige einförmige und wüstenartige Sedimentgestein, das auf der Erde mit 1,3 Millionen km² die größte Ausdehnung besitzt. Das Verbreitungsgebiet dieses Trias-Sandsteins ist etwas größer als das des eigentlichen Paraná-Beckens (Abb. 41).

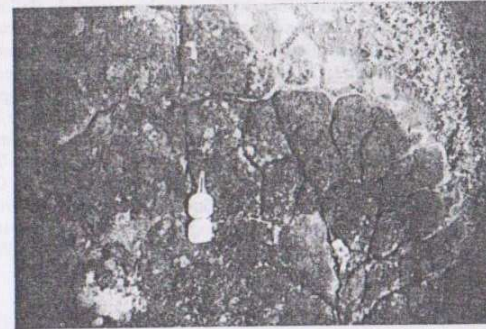


Abb. 42. Nicht-tektonischer Zerfall (Verwitterung) der Oberfläche des Misiones-Sandsteins der Trias (hier: partielle Verkieselung). Gipfel des Co. Yaguarón

Fig. 42. Disgregación a-tectónica de la Arenisca de Misiones al Cerro Yaguarón (Foto: Putzer, aus WOLFART 1959)

Faziell ist der Misiones-Sandstein zum großen Teil dem äolischen, massigen bis kreuzgeschichteten Botucatu Süd-Brasiliens zum Verwechseln ähnlich. Andererseits ist der Misiones-Sandstein im Raum Encarnación-Hohenau sowie zwischen San Ignacio und San Juan Bautista (Departamento Misiones) plattig und feinstgeschichtet ausgebildet, was seinen Absatz unter Wasserbedeckung ausweist. Die tiefsten Schichten, die wir nahe dem Transgressions-Kontakt zum Silur bei San Juan Bautista beobachten können, sind konglomeratisch ausgebildet und entsprechen damit der fluviatilen Piramboia-Fazies der Botucatu-Formation in São Paulo.

Die Sandsteine des Misiones sind rosa, hell- bis dunkelrotbraun, seltener grauweiß, zuweilen gefleckt. Ihr Bindemittel ist tonig-hämatitisch und im allgemeinen nicht sehr fest. Deswegen kann die Erosion, ist einmal die dünne Vegetationsdecke

zerstört, diese mürben Sandsteine wirkungsvoll angreifen (Abb. 43). Die Quarzkörner sind vorzüglich gerundet. Die Körnung wechselt in der Art, daß größere, ja lokal feinkonglomeratise Ausbildung in verschiedenen Schichten auftritt. Abgesehen vom Gebiet nördlich Encarnación und San Juan Bautista ist der Misiones-Sandstein meist dickbankig und massig. Sekundäre Verkieselungen in der Form von metasomatischem Ersatz des Bindemittels und auch als epigenetische Chalzedon-Konkretionen sind häufig (Abb. 42).

Die Mächtigkeit der Misiones-Formation ist noch nicht genau bekannt. Sicher schwankt sie, was bei einer kontinentalen Bildung über einer Erosions-Diskordanz nicht erstaunlich ist. Einige Zeugenberge, Cerro Yaguarón und Cerro Santa Rosa sowie Tiefbohrungen in Asunción beweisen Mächtigkeiten von 180 m bis mindestens 250 m, während im westlichen Vorfeld der Cordillera de Caaguazú diese Formation höchstens noch 50 m mächtig ist und auch damit ihr Auskeilen nach Norden ankündigt.

Raum Asunción—Limpio—Paraguari—Villeta—Benjamin Aceval

In dem geschlossenen Verbreitungsgebiet ist der Misiones-Sandstein als massiger, grob- bis mittelkörniger Sandstein in meist horizontaler Lagerung ausgebildet.

Aufschlüsse am Stadtrand von Asunción zeigen ihn zum Teil eingekieselt. Einzelne weiße Quarzgerölle treten sporadisch auf.

Am Cerro Lambaré, 15 km südöstlich Asunción, tritt eine 1 m mächtige Einschaltung roter Brückelschiefer in Misiones-Sandstein auf, während der Sandstein nahe dem Gipfel grobkörnig bis konglomeratise ausgebildet und vollständig verkieselt ist.

Die Felseninsel im Rio Paraguay auf der Höhe von Villa Hayes besteht ebenfalls aus Misiones-Sandstein, der auf der Chaco-Seite seine Fortsetzung findet (S. 106). In den Lomas Valentinas, südöstlich Villeta, ist der grobkörnige Sandstein dunkelbraun bis gelblich, massig und dickbankig und stark mit Brauneisen und Manganoxyd imprägniert. Der nordwestlich Paraguari an einer Störung abgesunkene Block der Misiones-Formation zeigt starke Brekzienbildung und Verkieselungen im dunkelroten Sandstein. Der etwa 150 m über NN aufragende Cerro Yaguarón beim gleichnamigen Ort besteht bis zu seiner Basis aus massigen düsterrotem Sandstein, der stark zerklüftet ist (nach der



Abb. 43. Tiefe Erosions-Schluchten im Trias-Sandstein im mittleren Departamento Misiones
Fig. 43. Quebradas (erosión) en las capas triásicas en el Departamento Misiones (Foto: Putzer)

Häufigkeit: N 130° bis 140°, 160° und 30°). Von den Klüften aus haben deszendente manganhaltige Lösungen den Sandstein imprägniert. Der mittel- bis grobkörnige etwas arkosige Sandstein der Trias in Benjamin Aceval im südöstlichen Chaco ist durch ein engmaschiges Kluftsystem (N 150° und N 30°) in lange Säulen zerlegt, die längs der Spalten durch Oberflächenwasser gebleicht sind (Abb. 48). Auch am Co. Areguá westlich des Ypacarai-Sees ist Arkose-Sandstein säulig zerlegt (Abb. 44).

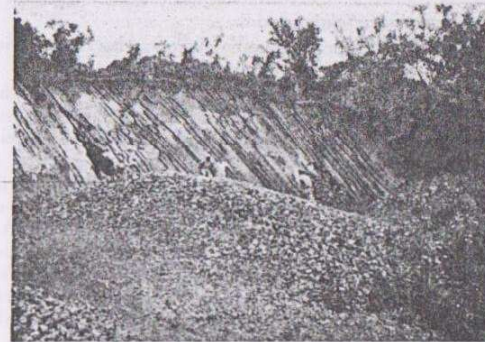


Abb. 44. Arkose-Sandstein der Trias (Misiones-Sandstein) in tektonisch verursachter Säulen-Struktur am Cerro Areguá, westliche Bruchstapel der Ypacarai-Depression
Fig. 44. Arenisca arcósica del triásico en estructura en columnas, cantera del Cerro Areguá (Foto: Putzer)

Raum San Juan Bautista—Encarnación—Caaguazú

Das Hauptverbreitungsgebiet im westlichen Vorland der Randstufe der Lavadecken entspricht der geologischen Stellung der Misiones-Formation im Gondwana-Profil: zwischen dem mittleren Perm und den jung-mesozoischen Basalt-ergüssen. An der Umbiegung des von Nord nach Süd gerichteten Ausstrichs, d. h. zwischen San Juan Bautista und Encarnación, hat die Trias eine Ausstrichbreite von etwa 80 km. Die weitere Fortsetzung des Gürtels nach Westen ist nicht durch Ausbisse oder Bohrungen belegt. Jedoch nehmen sämtliche Autoren an, daß die Trias unter der mächtigen Quartärbedeckung bis an das Mündungsgebiet des Rio Paraguay in den Rio Paraná fortsetzt.

Die besten Aufschlüsse der Misiones-Formation liegen in dem namengebenden Departamento Misiones bei San Juan Bautista, Santa Maria, Santa Rosa sowie bei Hohenau im Departamento Itaguá. Etwa 5 km westlich San Juan Bautista liegt eine Hügelkette mit E-W-Streichen, in der der Misiones-Sandstein mit 20° bis 35° nach Süd einfällt. Der dünnplattige Sandstein wird im Handbetrieb aus zahlreichen Schurföchern gegraben und als Plattensandstein verwendet. Der Sandstein ist rosa bis rotbraun, durch Kaolingehalt etwas weißfleckig, gleichmäßig mittel-

körnig, porös und schwach eingekieselt. Infolge zahlreicher Muskovit-Plättchen auf den Schichtflächen läßt er sich vorzüglich zu 3 bis 5 cm dicken Platten spalten. Etwas Pflanzenhäcksel und Rippelmarken beweisen neben der feinschichtigen Ausbildung aquatische Ablagerung. Im Hangenden bildet eine etwa 3 m mächtige Konglomeratbank eine niedrige Geländerippe. Die Korngröße der meist aus Quarz und Quarzit, daneben selten aus Kalkstein bestehenden Gerölle, nimmt von unten nach oben ab; sie messen 1 bis 5 cm im Durchmesser. Nach Süden folgen über den Konglomeraten Grobsandsteine mit feinkonglomeratischen Lagen, die örtlich reichlich mit Manganoxyd imprägniert sind.

Der Aufschluß liegt nahe dem Transgressionskontakt zum Präkambrium und stellt die tiefsten Schichten der Misiones-Formation dar.

Südlich San Ignacio fällt der Misiones-Sandstein bei fast E-W-Streichen entgegengesetzt nach Norden ein. Die Überstreuerung des mittelkörnigen Sandsteins im dortigen Gebiet mit Quarzgeröllen zeigt an, daß konglomeratische Sandsteine dort erodiert worden sind.

Die Zeugenberge von Santa Maria und Santa Rosa, die etwa 120 m über die Ebene aufragen, enthalten nahe den Gipfeln dickbankige, meist massige dunkelrote Sandsteine mittleren Kornes, die ganz flach nach Osten einfallen. Auf dem Gipfel des Santa Maria stehen aquatisch abgesetzte Sandsteine mit rasch auskeilenden Konglomeratlinsen und eingebackenen Geröllen aus dunkelroten Schiefer-tonen an (infraformationales Konglomerat). Diese Schiefer-tonbrocken dürften bei einer Emersion abgerollt worden sein und bezeugen die gelegentliche Einschaltung roter Tone.

Eine im Westen durch eine Störung begrenzte große Scholle der Misiones-Formation liegt im Bereich von Trinidad—Jesus—Hohenau. Östlich der Brücke über den Rio Ita-Cajón, im Bereich der Straße von Encarnación nach Hohenau ist die Sandsteinfolge durch N—S streichende Verwerfer gestört und fällt nach Osten, Nordwesten und Norden ein. Das Einfallen ist im alten Jesuiten-Steinbruch südlich der Ruinen von Trinidad mit 10° bis 20° nach Nord-Nordosten gerichtet, während der Sandstein zwischen Trinidad und Jesus N 50° streicht und mit 8° bis 10° nach Nordwesten einfällt. Der hellrotbraune Sandstein ist mittelkörnig, sehr feinschichtig (Abbau von Plattensandstein) und kaum eingekieselt. Lokal führt der Sandstein epigenetische, unregelmäßig geformte Konkretionen aus Bänder-Achat und Chalzedon. Die sehenswerten Ruinen der Wehrbauten und Kirchen der „Reduction Trinidad“, der 1768 verlassenen, nie vollendeten Kathedrale von Jesus mit ihren reichen Skulpturen sowie das astronomische Observatorium von Cosme sind aus dem rosabraunen Misiones-Sandstein gebaut und beachtliche Kulturzeugen aus der Zeit des Jesuitenstaates Guayrá.

Weiter im Norden, längs der neugebauten Fernstraße Ruta II gibt es keinen Aufschluß von frischen Misiones-Sandstein. Jedoch kündigen die rötlichen, in den Senken durch humussaure Wässer gebleichten Sandböden östlich Caaguazú die Anwesenheit der Misiones-Formation an. Schon vegetationsmäßig fällt das große Sandfeld „Pastoreo“ östlich Caaguazú auf: nie war es vom hohen Urwald bestanden wie westlich Caaguazú (Perm) und weiter im Osten (Basalt); kümmer-

licher Krüppelwald geht in Grassteppe über. Die höhere Lage dieses sandigen, sanft schildförmigen Gebietes aus völlig zersetzten Misiones-Sandsteinen bedingt eine tiefere Lage des oberen Grundwasserspiegels und damit schlechtere Lebensverhältnisse für den Hochwald. Der Bereich der Misiones-Formation kündigt sich stets durch sandige Roterde im Gegensatz zur tonig-fetten, violettbraunen Roterde der Basalte an.

Wahrscheinliche Misiones-Formation im Norden bei Concepción und Rosario

In der älteren Überschwemmungsebene des Rio Paraguay stehen bei Saladillo, 16 km nördlich Concepción, in 110 m NN dunkelrote Sandsteine an, deren toniger Zement vollständig durch Kieselsäure ersetzt ist. Der verkieselte, äußerst harte Sandstein wird in 1,50 m tiefen Kühlen abgebaut und ist das einzige Hartgestein der Gegend. Petrographisch ist das Gestein dem verkieselten Misiones-Sandstein von Asunción zum Verwechseln ähnlich. Wir stellen daher das Vorkommen nördlich Concepción mit Vorbehalt in die Misiones-Formation und sehen in ihm einen Erosionsrest der Trias auf der zentral-paraguayischen Schwelle.

Etwa 100 km südlich hat KANTER (1936) bei Rosario auf dem linken Paraguay-Ufer einen 15 m bis 20 m hohen Rücken aus tonigem, burgunderrotem Sandstein beobachtet. Dieses Vorkommen liegt in einer Höhe von 105 m NN. Auch diesen Sandstein halten wir für Trias in gleicher geologischer Position wie bei Concepción.

Chaco Boreal (Red Beds)

Sehr mächtige kontinentale Ablagerungen, die durch vorherrschend rote Farbtöne gekennzeichnet sind, bilden das Hangende des Paläozoikum. Sie sind bisher nirgends im Chaco zutage anstehend gefunden worden, aber in sämtlichen Tiefbohrungen nachgewiesen. Bei Ingavi allerdings haben wir über anstehendem Unter-Devon Lesesteine aus rotem Sandstein und konglomeratischen Sandsteinen gefunden, die Reste der hier zerstörten Überlagerung aus Red Beds darstellen.

Die Schuttmassen der Red Beds haben in der langen Festlandzeit nach dem Devon das Chaco-Becken aufgefüllt, das zur gleichen Zeit in verstärktem Maße Senkungstendenzen zeigte. Bis heute sind keine Fossilien in der bis über 3000 m mächtigen Folge gefunden worden.

Die Red Beds werden von alternierenden tonigen und sandigen Ablagerungen aufgebaut. Die sandigen Schichten sind gar nicht oder nur gering verfestigt. Die Gesteine bestehen aus Tonen, Siltiten, tonigen Sandsteinen, Quarzsandsteinen und konglomeratischen Sandsteinen. Häufig sind die Gesteine glimmerhaltig. In einigen Horizonten wurden saline Ablagerungen und Spuren festgestellt, die auf ein steppen- bis wüstenartiges Klima hinweisen (Abb. 35): so kommt reichlich Anhydrit zwischen 1838 m und 1883 m in Bohrung Orihuela, in 2267 m in Bohrung Pirizal sowie Gips in 1702 m und 1696 m in Pirizal vor. In der gleichen Bohrung wurden Spuren von kohligter Substanz zwischen 1668 m bis 1671 m, sowie von 1676 m bis 1687 m beobachtet. Kalkstein wurde von der Bohrung La Paz in 1280 m, in Santa Rosa zwischen 833 m bis 839 m berichtet.

Die Obergrenze der Red Beds ist in den Bohrungen schwierig festzulegen, da auch die hangenden jüngeren Chaco-Schichten nicht verfestigte Festlandsedimente darstellen und ebenfalls bunte Farben zeigen.

In der Bohrung Orihuela beginnt die kontinentale Folge mit einem Basal-Konglomerat zwischen 1838 m und 1880 m, wie auch in der Bohrung Santa Rosa zwischen 909,80 m und 912,30 m. Konglomeratische Lagen und Linsen treten auch höher im Profil auf: Quarzsotter zwischen 1838 m bis 1883 m, sandige Konglomerate und Kalksandsteine zwischen 1015 m und 1080 m in der Bohrung Orihuela. Die Bohrung Pirizal traf einen 9,50 m mächtigen Konglomerat-Sandstein in 2031 m und ein gleiches Gestein zwischen 1668 m bis 1671 m.

Die Altersstellung dieser mächtigen Schichtfolge ist noch offen. GERTH (1955) sieht in rotgefärbten klastischen Gesteinen, die in großer Mächtigkeit am Ostrand der Anden auftreten, Trias. RASSMUS (1957) hält sie für Tertiär. BENTZ (1957) glaubt, daß der größere Teil der roten klastischen Serie des Chaco noch in die Trias gehört, und sieht in diesem Teil die räumliche und gleichaltrige Fortsetzung der Misiones-Sandsteine aus dem westlichen Paraná-Becken. BENTZ räumt ein, daß die Ablagerungen evtl. bis in das Tertiär in gleichbleibender Fazies gereicht haben können. Diese Deutung, daß in der Trias die alte Geosynklinale des Chaco-Troges weiterhin Senkungsfeld und Sammelbecken für den aus Westen (Abtragung der paläozoischen Gebirge der Ur-Anden), Osten und Norden kommenden Festlandschutt nach der Auffüllung des Paraná-Beckens war, hat viel für sich. Die Erosionsreste aus Misiones-Sandstein auf der zentral-paraguayischen Schwelle würden dann Übergangsbildung zwischen der Trias des Paraná-Beckens und der des Chaco-Troges sein.

In einem von Yacuiba (südlichsten Subandin in Bolivien) nach der SW-Ecke des paraguayischen Chaco gezogenen W-E-Profil nimmt Russo (1959) an, daß die rotbunten kontinentalen Ablagerungen (= Red Beds) des Chaco über dem Devon in die Obere Kreide (Formation Tacurú) und in das Unter-Tertiär (Petaca und „Untere Chaco-Formation“) zu stellen sind, während er die klastischen Sedimente seiner „Oberen Chaco-Formation“ dem Tertiär zuordnet.

Das Tacurú besteht im genannten bolivianischen Chaco aus bis 300 m mächtigen feinkörnigen bis grobkörnigen Sandsteinen, die oft kreuzgeschichtet und stets kalkhaltig sind, mit Einschaltung gelegentlicher roter Tonlagen. Die Farben des Tacurú sind rotbraun, rosa, orange bis grau.

Die Red Beds am ca. 2000 km weiter im NW gelegenen mittleren Ucayali in Ost-Peru konnten von KOCH, BLISSENBACH & FÜCHTBAUER (1960) als durchlaufende Folge von hoher Oberkreide bis Miozän festgelegt werden. Die hier 2000 m mächtige, gefaltete Red Bed-Serie wurde auf mariner Oberkreide abgelagert.

ECKEL (1959) vermutet in der Red Beds Ablagerungen der Gondwana-Zeit. Die vorherrschende Rotfärbung weist auf wärmeres Klima als in der Glazialzeit des Oberkarbon (tiefes Gondwana) hin, so daß wohl ein großer Teil der Red Beds des Chaco dem Misiones-Sandstein entsprechen dürfte. Aber auch ECKEL läßt die Möglichkeit offen, daß die Gesteine eine tertiäre bis rezente Serie darstellen. Die

Lösung der Altersfrage können erst glückliche Fossilfunde der Zukunft bzw. Sporen-Untersuchungen bringen.

Im Mai 1961 prüfte der Paläobotaniker MÄDLER im Labor der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, Bohrkern-Proben aus der Tiefbohrung G. Mendoza, die von der nordamerikanischen Erdöl-Gesellschaft PURE OIL liebenswürdigerweise zur Verfügung gestellt waren. Die Proben stammen aus Tiefen von 919 bis 948 m und von 999 bis 1043 m, also aus der Mitte der hier rund 1100 m mächtigen Folge klastischer, kontinentaler Sedimente.

Das Kernmaterial bestand aus hellrotem Sandstein mit tonig-sandigem Bindemittel. Bei der mikroskopischen Untersuchung des mazerierten Materials entdeckte MÄDLER mehrfach *Botryococcus*-artige Algenkolonien, Pollen von *Benettiteae*, gelbbraune Algenkugeln (?) oder Sporen sowie zwei Farnsporen und Reste von Cuticula, die von einer *Cycadeae* stammen dürften. In der Beurteilung der spärlichen Fossilreste hält MÄDLER triassisches Alter dieses Teils der Red Beds für wahrscheinlich, da die weltweite Verbreitung der *Cycadeae* und *Benettiteae* in der Trias eingesetzt hat.

8. Jura

Serra Geral-Formation (Trapp)

Im südlichen und mittleren Ost-Paraguay folgen die Deckenbasalte (Trapp) der Serra Geral-Formation über der triassischen Misiones-Formation, während sie im Norden, in der Cordillera von Amambay und im Quellgebiet des Rio Apa über den postglazialen Tubarão-Sandsteinen (Ober-Karbon) liegen. Den ältesten Ergüssen ist auch hier, wie sonst im Paraná-Becken, eine Erosion vorausgegangen, so daß der Kontakt der Basalte zum Liegenden eine Diskordanzfläche ist.

Die Lava-Ergüsse bestehen vorwiegend aus aphanitischem, schwarzen Alkali-Basalt (Basaltit) sowie aus Tholeyit und Dolerit (z. B. bei Chiriguelo). Nahe der Oberfläche der einzelnen Ergußdecken sind die Laven in Mandelstein-Fazies ausgebildet. Seltener ist die ophitische (Diabas-)Fazies. BARBOSA (1957) wies darauf hin, daß im Paraná-Becken das Vorkommen ophitischer Basalte auf Depressionen in der Oberfläche des unterlagernden Botucatu-Sandsteins und auf gewisse Sills beschränkt ist, d. h. auf vulkanische Massen, die einer langsameren Abkühlung als die Hauptmassen der Deckenergüsse unterworfen waren.

Die besten Aufschlüsse finden wir an den steilen Flanken des Rio Paraná zwischen La Guaira und Encarnación, sowie im Gebiet der Randstufe in Nordost-Paraguay nördlich und südlich Pedro Juan Caballero. Auf paraguayischem Gebiet sind bisher keine Interrapp-Sandsteine (Dünensande zwischen einzelnen Lava-Ergüssen) beobachtet worden. Mit guten Gründen hat ECKEL (1959) darauf hingewiesen, daß die Deckenbasalte in Paraguay nicht viel weiter nach Westen gereicht haben, als ihr gegenwärtiger Westrand: Zeugenberge mit Kappen aus Basalt fehlen vollständig.

Die Mächtigkeit der Basaltdecken in Ost-Paraguay nimmt allmählich gegen Osten, also beckenwärts, zu. Sie dürfte östlich Caaguazú 100 m betragen und im Bereich des über 100 m tief in die Basalte eingeschnittenen Cañons des Rio Paraná

bei Puerto Presidente Franco, gegenüber Foz do Iguaçu, 200 m übersteigen. Die Basaltdecken werden im brasilianischen Teil des Paraná-Beckens erheblich mächtiger; an seinem Ostrand erreichen sie 600 bis 1000 m (PUTZER [1959]), und in der neuen, bedeutendsten Tiefbohrung in Süd-Brasilien, Epitácio Pessoa (Abb. 41) am Oberen Paraná erreichen sie die gewaltige Mächtigkeit von 1531 m:

Profil der Bohrung Epitácio Pessoa (1957/58):
(Ansatzpunkt der Bohrung in + 262 m NN)

	Tiefe	Mächtigkeit
Quartär	0—20 m	20 m
Caiuá-Sandstein (? Untere Kreide)	—92 m	72 m
Serie São Bento		
Basalte, Serra Geral-Formation (? Jura)	—1623 m	1531 m
Botucatu-Formation (Ob. Trias)	—1855 m	232 m
Serie Passa Dois		
Rio do Rasto-Formation (Perm)	—1902 m	47 m
Estrada Nova-Formation: Serrinha-Fazies (Perm)	—2176 m	274 m
Terezina-Fazies (mit 38 m Diabas-Sill)	—2838 m	662 m
Irati-Formation: Unter-Perm (mit 12 m Diabas-Sill)	—2950 m	> 112 m

Die Deckenbasalte des Paraná-Beckens sind auf großen Spaltensystemen ohne explosive Phase aufgedrungen und gehören zum Schild-Vulkanismus vom Typ Hawaii und Island. Wie im übrigen Becken sind auch in Paraguay die Deckenergüsse in zahlreichen einzelnen Lavaflüssen erfolgt, die jeweils 5 bis 20 m Mächtigkeit haben.

Im südlichen Departamento Misiones steht erstmals Basalt bei Curuñai in 110 m NN beiderseits der Ruta I an. Das Vorkommen ist offenbar der am weitesten nach Westen vorgeschobene Erosionsrest und gehört wahrscheinlich zur ältesten Ergußdecke. Das melaphyrische Gestein ist reich an großen Drusen mit Quarz und Amethyst (bis 25 cm Durchmesser). Das geschlossene Verbreitungsgebiet der Basaltdecken beginnt dann 2 km südlich Coronel Bogado.

Im Bereich der internationalen Fernstraße Asunción-Foz do Iguaçu gibt es nur ein Vorkommen von frischem Basalt; eine Geländestufe, 41 km westlich des Rio Paraná, besteht aus grobkörnigem Basalt, der reich an Rubinglimmer (aus Magnetit hervorgegangen) ist.

Am Alto Paraná wechseln dünnplattige tiefschwarze Glasbasalte, mächtige, dunkle Säulenbasalte und Melaphyrmandelsteine im Profil ab. Die zahlreichen Hohlräume der Mandelstein-Fazies sind mit Achaten, Amethyst, Bergkristall, Kalzit, Chlorit und Zeolithkristallen ausgekleidet.

Die nördlichsten Aufschlüsse der Deckenbasalte enthalten in den Steinbrüchen 3 km südwestlich Pedro Juan Caballero gröber kristallinen, grünen Basalt mit kugeligem Verwitterung (Diabas-Fazies), während im Untergrund des Chiriguélo, in der Kammregion der Cordillera de Amambay, grobkörniger Dolerit ansteht. In der Zone von Chiriguélo ist ein Zufuhrkanal der Lava anzunehmen. Der Dolerit ist zum Teil grob-brekziös ausgebildet und enthält große Brocken und Fetzen des Aquidauana-Sandsteins, der zum Teil gefrittet ist. Quarz- und Kalzitkristalle haben sich in den Zwickeln der Brekzie angesiedelt. Das Eruptiv-Gestein ver-

wittert zu fruchtbarer Roterde; in der vor wenigen Jahren angelegten Kaffeepflanzung Chiriguélo durchsetzt ein 2 bis 4 m mächtiger Kalzit-Quarz den Dolerit.

Ein Nord-Süd streichender Höhenzug bei Yhú, der Cerro San Joaquín, ist ein breiter Sill aus Dolerit.

Im Bereich des Hochlandes sind frische Basalte nur in den Flußstätern der Nebenflüsse des Rio Paraná zu finden. Auf der Hochebene sind die Deckenbasalte tiefgründig zu violetterter bis schokoladenbrauner, sehr toniger Roterde zersetzt, in der lokal Lagen von Achatmandeln als Residualbildungen angereichert sind (bei Carmen del Paraná, westlich Puerto Presidente Franco u. a.). Wie am Nord- und Südrand des Paraná-Beckens sind auch an seinem Westrand in Ost-Paraguay Sills (Lagergänge) aus Basalt und Diabas keine Seltenheit. Gerade am Rand des Beckens fand die basaltische Lava an manchen Stellen geeignete Schichtfugen zum Eindringen. So sind die Lagergänge offenbar mit Vorliebe an den Grenzflächen zwischen Warviten oder Siltiten zu den Sandsteinen der Tubarão-Serie eingedrungen (östlich Cerro Corá, nordwestlich Pedro Juan Caballero, östlich Coronel Oviedo) (Abb. 39), zum anderen zwischen die Siltite und Sandsteine der Estrada-Nova-Formation (westlich Caaguazú). Wenn auch die Mächtigkeit der Lagergänge meist geringer als 2 m ist, können sie doch Mächtigkeiten von mehr als 10 m erreichen.

9. Kreide

Die Gesteine des Paraná-Beckens sowie die der im folgenden beschriebenen zentral-paraguayischen Schwelle werden an vielen Orten durch jüngere Bildungen verhüllt. Zum Teil handelt es sich um festländische Bildungen der Kreidezeit, an einer Stelle um marines Tertiär, in den Flußstätern um alt- und jungquartäre Ablagerungen.

a) Caiuá-Sandstein (? Unter-Kreide)

Rötliche Sandsteine bzw. feinkörniger, heller Quarzsand lagern lokal über den Deckenbasalten im östlichen und südöstlichen Paraguay zwischen Yhú bis nördlich Caaguazú, bei Itaquyry (NW Hernandarias) und dem Paraná, zwischen den Flüssen Carlos Davide und Mandaviyu nordöstlich Hohenau. Eine Probe Glanzkohle, die aus diesen Sanden stammt, wurde auf Sporen geprüft und durch STACH als wahrscheinlich Tertiär oder evtl. Kreide eingestuft. Das Vorkommen dürfte dem (?) kretazischen Caiuá-Sandstein zuzuordnen sein, der im benachbarten brasilianischen Staat Paraná nach MAACK (1954) in großer Verbreitung auftritt und nach SCORZA (1952) eine äolische Bildung in wüstenhaftem Klima darstellt.

MAACK (1959) hat auf einem Übersichtskärtchen die Verbreitung des von ihm als frühjurassisch angesehenen Caiuá-Sandsteins auf ein noch weiteres Gebiet ausgedehnt; z. B. sind die Unterlage des Sandfeldes Pastoreo und die Sandgebiete in der Mennoniten-Kolonie Sommerfeld verwitterter Misiones-Sandstein. Die Caiuá-Sandsteine erreichen nicht 50 m Mächtigkeit.

b) Baurú-Sandstein (Ober-Kreide)

In sehr geringem Umfang treten über den Deckenbasalten Restbildungen des fluviatilen Baurú-Sandsteins der Ober-Kreide auf. Im Quellgebiet des Rio

Apa und Rio Estrella sowie auf der Wasserscheide der Cordillera de Amambay bilden grobe Quarzschotter flache, schildförmige Anhäufungen auf der Hochfläche. Die fast ausschließlich aus sehr gut abgerolltem Gangquarz bestehenden Gerölle sind Residualien der konglomeratischen Linsen des Baurú-Sandsteins, die bis 5 m mächtig werden. Der Ablagerung dieser terrestrischen Kreide-Formation ist eine lange Erosionszeit vorangegangen. Die Quarzgerölle stammen nicht aus dem Gebiet des Paraná-Beckens, sondern sind aus Zentral-Brasilien herantransportiert worden.

10. Tertiär (?)

Sandige und kalkige Gesteine wahrscheinlich tertiären Alters sind vom Mittellauf des Rio Paraguay nördlich und südlich Asunción beschrieben. BERTONI (1939) berichtete von Fossilfunden zwischen Villeta und Asunción. Kalkige Schichten bei Villeta lieferten:

Turritella sp.? americana BRAVARD
Ostrea sp.
Numulites sp.

die als Beweise für eine marine Ingression im Oligozän oder frühen Eozän angesehen werden.

Ob tertiäre Schichten z. B. marines Ober-Tertiär, aus dem nördlichen Argentinien bis in den südlichsten Teil des paraguayischen Chaco reicht, ist ungewiß. Sehr groß ist die Wahrscheinlichkeit nicht.

11. Quartär

a) Pampeano-Stufe (Pleistozän)

Aus der Nähe von Asunción stammen Säugetierreste, die wie gleiche Funde aus dem südlichsten Gran Chaco sandigen Schichten des Pliozän zuzuordnen sind. BERTONI (1930) fand südlich Asunción, wahrscheinlich im Tal des Arroyo San Jahay:

Megatherium
Glyptodon
Toxodon
Macrauchenia
Cuvieronius
Cuvieronius (Mastodon) andium OSBORN

Eine gleiche Fauna wurde durch VELLARD (1934) aus dem Tal des Arroyo Teju-cuaré bei Trinidad nordöstlich Asunción bekannt gemacht.

Die breite Ebene des Chaco, die bei Asunción am Rio Paraguay nur 55 m über dem Meeresspiegel liegt und 600 km weiter nach Westen, an der bolivianischen Grenze eine Maximalhöhe von 400 m über dem Meer erreicht, ist aus nicht verfestigten Aufschüttungsmassen sehr jungen Alters aufgebaut, den sogenannten Chaco-Sedimenten. In den Profilen der Tiefbohrungen war die Untergrenze — und damit die absolute Mächtigkeit — nur ungefähr festzulegen. Die Chaco-Sedimente sind 400 bis 760 m, im Mittel etwa 600 m mächtig.

Die in Nord-Argentinien „Pampas-Formation“ genannten gleichen Schichten sind durch gelegentliche Funde pleistozäner Säugetiere altersmäßig einstuftbar. Nach VELLARD (1934) wurden auf der paraguayischen Seite des Chaco im Tal des Pilcomayo bei General Bruguez, General Delgado und Salto Palmares Reste

von *Macrauchenia boliviensis* TH. H. HUXLEY, *Cuvieronius (Mastodon) andium* OSBORN und *Glyptodon clavipes* BURMEISTER gefunden.

Die Lockergesteine der wenigen Tiefbohrungen bestehen aus feinkörnigen Sanden von dunkelroter, blaugrüner, grauer und weißer Farbe; blauen, gelblichen und rötlichen Tonen, bunten Silten, die zu Siltiten schwach verfestigt sein können, und auch aus Schluff. Im östlichen Chaco ist in Schurfbohrungen westlich Puerto Casado ein Basal-Konglomerat gefunden worden.



Abb. 45. Salto Palmares im südlichen Chaco Boreal. Beim Austritt aus den Sümpfen „Esteros Patiño“ fällt der „Untere Rio Pilcomayo“ über eine 2—3 m hohe Fallfront aus quartärem Lehm und fließt bis zu seiner Mündung in einem von Lehm-Ufern gesäumten Bett

Fig. 45. El Salto Palmares del Rio Pilcomayo a la salida de los Esteros Patiño. Caida de 3 m sobre una barranca del limo pampeano (Pleistoceno) (Foto: F. D. Caballero)

Im Raum Yacuiba (Bolivien), nicht weit von der paraguayischen Grenze, hat RUSSO (1959) an der Basis seiner als Tertiär angesehenen Petaca-Formation ein 10 m mächtiges Konglomerat beobachtet. Diese bis 240 m mächtige kontinentale Folge besteht aus roten, gelben, grünlichen und blauen Kalksandsteinen und Tonen, in denen Gips auftritt. Torfschichten sind bisher aus dem Quartär des Chaco nicht bekannt. An der Oberfläche sind die Chaco-Sedimente im äußersten Westen sandig; bei Nueva Asunción (Ex-Picuiba), am Oberlauf des Pilcomayo, sowie im Norden und Süden des Rio Timane im nördlichen Chaco. Aus diesen Sanden entstanden die Dünenfelder dieser Gebiete.

Im mittleren Chaco, z. B. im Gebiet der Mennoniten-Kolonien, bei Toledo, Mariscal Estigarribia usw., sind lößartige Gesteine vom Typ des argentinischen „Limo pampeano“ weit verbreitet. Die sub-äolische Herkunft dieser Lößlehme steht außer Zweifel.

Graue und weißgelbe Tonschichten sind auf der Chacoseite des Rio Paraguay und in den breiten, unscharf begrenzten Talauen des Rio Pilcomayo, Rio Aguaray-guazú und Rio Monte Lindo abgelagert. Schwach verfestigter Lehm hat am Osr-ende der 60 km breiten Sumpfbzone der Esteros Patiño zur Ausbildung eines 3 m hohen Wasserfalls, des Salto Palmares geführt (Abb. 45).

Die Chaco-Sedimente sind zum größten Teil fluvial-lakustrisch abgesetzt worden. Transportmedium waren die von den aufsteigenden Anden kommenden Flüsse, die vor allem zu Ende der Eiszeit in der Kordillere außerordentlich große Schuttmengen nach dem Chaco verfrachtet haben. Andererseits spielte und spielt in der weiten Ebene, die praktisch keine morphologischen Hindernisse hat, der Windtransport eine erhebliche Rolle. Die obersten Schichten der Chaco-Sedimente enthalten einen geringen Anteil an vulkanischer Asche und Staub. Diese feinstkörnigen vulkanischen Lockermassen stammen mit Sicherheit vom quartären Vulkanismus der bolivianischen und nordchilenischen Anden.

Die Reichweite windtransportierter vulkanischer Asche kann ganz erheblich sein. Nach der 1932 erfolgten Aschen-Eruption des bei Santiago de Chile gelegenen Vulkans Quizapú wurde vom westlichen Wind binnen wenigen Tagen vulkanischer Staub über den ganzen südlichen Chaco, Ost-Paraguay und Süd-Brasilien bis Rio de Janeiro getragen (GERTH [1955]).

b) Xaraiés-Stufe (Pleistozän)

Die von ALMEIDA (1945b) in Mato Grosso aufgestellte pleistozäne Formation der Sinterkalke wurde durch PUTZER (1958a) aus dem nördlichen Ost-Paraguay beschrieben. Es handelt sich um cremefarbene Sinterkalke und durch Travertin verkittete, hellgelbe und grauweiße fanglomeratische Kalke von wenigen dm bis 7 m Mächtigkeit. Ihr Vorkommen ist eng an das Ausgangsmaterial dieser tropischen Verwitterungs-Bildungen gebunden, nämlich an die Kalke der präkambrischen oder kambrischen Itapucumi-Serie (= Bodoquena-Serie in Mato Grosso, S. 42).

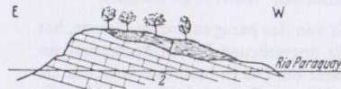


Abb. 46. Insel Peña Hermosa im oberen Rio Paraguay nördlich Puerto Fonciere
1 Sinterkalke der Xaraiés-Formation, Pleistozän
2 Kalke der Itapucumi-Serie (= Bodoquena-Serie), ? Kambrium oder Prä-Kambrium

Fig. 46. La isla Peña Hermosa en el Rio Paraguay superior, constituida por calizas de la Serie Itapucumi (? Pre-cámbrico o ? Cámbrico) y las de la formación Xaraiés (Pleistoceno)

Ausgangsgesteins verkittet: so entstanden fanglomeratische Trümmerkalke mit Bindemittel aus porösem Sinterkalk. Diese Vorgänge finden auch heute noch, wenn auch in geringem Maße, statt.

Schon CARNIER (1913) hatte über dem steilen Kliff aus Itapucumi-Kalk zwischen Colonia Risso und Puerto Max am linken Ufer des Rio Paraguay 10 bis 15 m über dem Fluß (bei Hochwasser) Terrassen aus sekundärem Kalk beobachtet. Die aus Itapucumi-Kalk bestehende Insel Peña Hermosa (Abb. 46) nörd-

Die im tropischen Wechselklima gelösten Karbonate wurden auf der Oberfläche der Itapucumi-Gesteine in Dellen, Dolinen und Tälern sowie in Form von Terrassen als Travertin (Sinterkalk) bei starker Verdunstung und geringen Niederschlägen wieder ausgefällt und sind damit Zeugen einer alten, höher gelegenen Landoberfläche aus pleistozäner Zeit. In Tälern und Karst-Schlotten haben die sehr reinen Sinterkalke wenig oder nicht transportierte Kalkbrocken des

lich Puerto Fonciere trägt eine bis 6 m mächtige Kappe aus Sinterkalk. Ausgedehnte Vorkommen von fanglomeratischem Kalk und Sinterkalk von 1 bis 7 m Mächtigkeit existieren bei Vallemi südlich der Apa-Mündung und werden zur Zementherstellung benutzt. Die Vorkommen liegen in einem Hänge-Tal 15 bis 30 m über dem Mittelwasser-Niveau des Stromes. An den Hängen des Arroyo La Paz, östlich Estancia San Luis, am Cerro Paiva nördlich San Luis und in der Doline „Pozo del Tigre“ 7 km westlich San Luis, stehen im nördlichsten Ost-Paraguay diese Kalke der Xaraiés-Formation an, wie auch auf dem 150 m aus der Chaco-Ebene aufragenden Kalkmassiv des Cerro Galbán südwestlich Puerto Casado im östlichen Chaco Boreal.

c) Alluvium

Ost-Paraguay: Die jüngsten Bildungen im Bereich des Paraná-Beckens sind Talsande, Torfablagerungen am Mittellauf des Paraná, Dünen auf den hohen Ufern des Alto Paraná, Sandfelder, die aus verwitterten Sandsteinen der Tubarão- und São Bento-Serie sowie der Caiuá-Formation hervorgegangen sind, sowie Canga und Magnetitsande auf Roterde. Die besonders nach heftigen Regen sich bildenden Magnetitseifen enthalten hochprozentige Erzkonzentrate. Sie sind jedoch nur wenige Zentimeter dick und linear auf viele Meter in Regenrunsen, Wagenspuren usw. verfolgbar. Diese Magnetitsande bestehen aus den schwer verwitterbaren Erz-Rückständen der zersetzten Basaltite, Dolerite und Tholeyite; die Erze sind fast ausschließlich Magnetit und Titano-Magnetit.

Bei der lateritischen Verwitterung der basaltischen Gesteine der Serra Geral-Formation ist es regional zur Bildung von porösen Brauneisensteinen und Limonit-Konkretionen gekommen, die als „Canga“ bezeichnet werden (PUTZER [1958a]). In der „terra rossa“ treten einzelne, meist kirsch kern- bis nußgroße Konkretionen auf, welche als Residualbildung zu Lagen und Linsen von 0,10 bis 0,40 m Mächtigkeit angereichert werden, z. B. nordöstlich Carmen del Paraná, bei Bogado und auf der Hochfläche zwischen den Flüssen Monday und Acaray.

Tabelle 6
Analysen von verwitterter Canga

Fundort		Geol. Position	SiO ₂	Fe	Mn	TiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO
Carmen del Paraná	Roterde auf Basalt		28,05	33,87	1,89	2,59	6,63	0,77
Pedro Juan Caballero	Roterde auf Basalt		19,17	37,59	0,07	1,65	13,03	nicht geprüft
Bella Vista	sand. Roterde auf Sandstein der Tubarão-Serie		51,83	22,36	0,05	1,20	6,46	nicht geprüft

1958, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, Analytiker: Dr. HARKE

Die Bildung solcher Canga ist an tropisches Wechselklima gebunden. In trockenen Perioden erfolgt das Zusammenkitten der Erzkörner mit limonitischem Zement zu Blöcken und Krusten. Vorkommen: Bella Vista westlich Pedro Juan Caballero, östlich Caaguazú und an vielen anderen Orten. Das mineralogische Ausgangsmaterial der Konkretionen waren Ti-Magnetitkörner der basaltischen Gesteine.

Das Tal-Alluvium ist in den zahlreichen Flußstälen und den weiten Ver-ebnungen des westlichen Ost-Paraguay und vor allem in den breiten und flachen Wannentälern der Mittelläufe des Paraná und des Rio Paraguay vorhanden. Es sind mächtige, fluviatile Ablagerungen aus Tonen, Silt und Feinsand, denen nicht unbedeutende Torfschichten eingelagert sind. Die Mächtigkeit der alluvialen Ablagerungen schwankt zwischen 5 m und 20 m, dürfte aber im Südwesten ganz erheblich größer sein: bei Pilar sind weit über 100 m Mächtigkeit dieser jungen Ablagerungen bekannt (ECKEL [1959]).

Chaco Boreal: Die postglazialen Sedimente des Chaco Boreal sind hauptsächlich fluviatile und sub-äolische Ablagerungen von sehr feiner Körnung: schluffige Feinsande, Lehme, Tone und Lößlehm. In den ausgedehnten Sumpfböden des östlichen Chaco und in den Esteros Patiño wird schwarzer, humusreicher Schluff abgelagert. Der aus den bolivianischen Anden durch eine antezedente Schlucht in den Chaco strömende Rio Pilcomayo bringt große Sedimentmengen mit. Typisch für die Chaco-Flüsse ist das Fehlen echter Täler (KANTER [1936]).

Der etwa 100 m breite Rio Pilcomayo pendelt z. B. bei Esteros in einem über 10 km breiten „Tal“ und geht unterstrom des Ortes in die breite Sumpfbödenzone der Esteros Patiño über. Die im Chaco entspringenden Flüsse, wie auch der Rio Pilcomayo, haben kein festbegrenztes Tal. Sie verstopfen daher ihren Lauf mit ihren eigenen Sedimenten, verlagern laufend ihr Hauptbett, spalten in mehrere Arme auf und verteilen auf diese Weise ihre Sinkstoffe auf breiter Front. Infolge des geringen Gefälles und der beträchtlichen Sedimentation wandern die Aufschüttungsgebiete dieser Flüsse in ihrem eigenen Bett flußaufwärts.

Zahllos sind „cañadas“, breite, vielgewundene Trockentäler mit meist nur gering ausgeprägten Ufern. Sie gehören einem sub-fossilen Flußnetz an, ihre jüngsten Ablagerungen sind lößartige Schluffsande und Tone, auf denen sich Gras-kamp ansiedelt, während auf den beiden Ufern mit scharfer Begrenzung der Trockenwald einsetzt. Somit weisen sich die oft mehrere Kilometer langen Graslandstreifen mitten im Trockenwald als aufgefüllte alte Flußbetten aus.

Ein interessantes Problem stellt der Salzgehalt der oberen Schichten der Chaco-Sedimente dar. Salinare Ablagerungen sind in dieser Schichtenfolge bisher nicht bekannt, andererseits aber ist durch zahlreiche Versuche, Süßwasser zu erbohren sowie durch die geo-elektrischen Untersuchungen der Bundesanstalt für Bodenforschung im Chaco (1959) nachgewiesen, daß alles tiefere Grundwasser versalzen ist, während im mittleren und westlichen Chaco Boreal das oberflächennahe Grundwasser auch Süßwasser-Linsen enthält (Abb. 69).

Die Anreicherung der Sulfate und Chloride in den oberen Schichten der Chaco-Sedimente ist eine Funktion der Verdunstung: das feinverteilte Salz an

der Oberfläche wird durch die Niederschläge in den kurzen, aber heftigen Regenzeiten gelöst, dem Untergrund und dem darin befindlichen Grundwasser zugeführt. In den folgenden, oft langdauernden Trockenzeiten steigen salzhaltige Grundwässer kapillar wieder hoch, wobei das Lösungsmittel verdunstet und die Salze im Kapillarraum des Bodens ausgefällt und konzentriert werden (vgl. S. 144).

Ein Teil der Salze mag im Pleistozän, nach dem Ende der letzten Glazial-Periode, von den von den Anden kommenden Flüssen als Auslaugungsprodukt der dortigen salinaren Folge herangeschafft worden sein.

Salzführende Schichten der Kreide (Stufe der Bunten Mergel der Puna-Formation) sind in den hohen Anden Boliviens an mehreren Stellen bekannt. Im Bereich des Flußsystems des Rio Pilcomayo (der seine Quellen in über 4000 m Höhe nördlich Potosi hat) liegen die Salzvorkommen von Quila-Quila, Yocalla, am Rio Cachimayo bei Sucre sowie am Ostrand der Kordillere bei Ingre. Die gleichaltrigen Salzlagerstätten Salinas de Macha bei Colquehaca und am Ostrand der Anden, Rio Azero bei Padilla, gehören zum Einzugsbecken des Rio Grande. Zu dem weiter südlich gelegenen Einzugsbereich des Rio Bermejo gehören die Salzvorkommen von Entrerios zwischen Tarija und Villa Montes.

Die mittlere Zusammensetzung der oft mehrere Millimeter dicken Salzkrusten, welche in der Trockenzeit flächenhaft auf den Chaco-Sedimenten ausblühen und die Landschaft wie mit Rauhref bedeckt erscheinen lassen, ist nach KANTER (1936):

CaSO ₄	3—5%
Na Cl	10—12%
K ₂ SO ₄	30—35%
Na ₂ SO ₄	50—55%

Wir dürfen annehmen, daß die Zusammensetzung der Salze unter der Oberfläche etwa gleich ist. Diese Salzkrusten werden im Chaco irrtümlich als „salitre“ (Salpeter) bezeichnet.

Die „Salitrales“ (= Salzpflanzen) — flache, oft langgestreckte Depressionen mit Salzkrusten — entstehen als Folge von Verdunstung der Restwässer und des im Sediment enthaltenen kapillaren Wassers in den häufig abflußlosen Gebieten (Abb. 74). Diese Salzpflanzen sind nicht scharf abgegrenzt; bei ansteigendem Spiegel des versalzten Grundwassers wird die Salzpflanze größer; bei Absinken verringert sich ihr Umfang. Auch kurzfristige Fluten können in dem weichen Gestein der Depression wieder einen Ausfluß öffnen und damit den „Salitral“ zum Verschwinden bringen, während andererseits durch Zuschwemmung der Senken der „Salitral“ an Umfang zunimmt. Derartige Salzpflanzen sind häufig im nördlichen und mittleren Chaco, kommen aber auch im Norden des Mittellaufs des Rio Pilcomayo vor.

IV. Post-triassische magmatische Gesteine

In den letzten Jahren sind eine ganze Reihe von Vorkommen nach-paläozoischer magmatischer Gesteine von verschiedenem petrographischen Habitus, aber verwandtem Chemismus bekannt geworden. Sie liegen in einer Ent-

fernung von 60 bis 200 km westlich des Westrandes der Deckenbasalte im Ost-Paraguay. Sowohl Tiefen- wie Erguß- und Ganggesteine sind bekannt, die zu den Alkali-Gesteinen (atlantische Sippe) gehören. Gemeinsam ist allen diesen magmatischen Gesteinen außer ihrer Zugehörigkeit zur Alkaligruppe, daß sie nicht tektonisch beansprucht sind und in Ost-Paraguay — auf der zentral-paraguayischen Schwelle — Präkambrium und Silur, sowie am Westrand des Paraná-Beckens die Sedimentafeln des Gondwana-Systems durchbrochen haben (PUTZER & VAN DEN BOOM [1961]). In West-Paraguay (Chaco Boreal) sind nur wenige Durchbrüche magmatischer Gesteine der Alkaligruppe im Gebiet des Westrandes der zentral-paraguayischen Schwelle im östlichsten Chaco erfolgt.

Bisher sind folgende Gesteinsvarietäten und Vorkommen bekannt:

A. Ost-Paraguay

Tiefengesteine	
Essexitstöcke	Acahay SE Carapeguá (Departamento Paraguari) 57° 09' W, 25° 34' S Soto Cañete bei Paraguari (Departamento Paraguari) 57° 04' W, 25° 36' S Apitaguá bei La Colmena (Departamento Paraguari) 56° 53' W, 25° 55' S San José bei Ybycui (Departamento Paraguari) 56° 55' W, 26° S Cerro Vera, 4 km NE Paraguari (Departamento Paraguari) 57° 08' W, 25° 35' S
Shonkinit-Stöcke	mehrere Vorkommen eines Stöcks bei Mbocayaty bei Villarica (Departamento Guairá) 56° 23' W, 25° 44' S Arrua-i bei Yaguarón (Departamento Central) 57° 21' W, 25° 30' S
Nephelin-Syenit	Mbocayaty bei Villarica (Departamento Guairá) 56° 23' W, 25° 44' S Cerro Aquapety, 10 km S Coronel Oviedo (Departamento Caaguazú) 56° 22' W, 25° 31' S
Ganggesteine oder Extrusivmassen	
Nephelinbasalt	Cerro Ybytymi beim gleichnamigen Ort (Departamento Paraguari) 56° 48' W, 25° 47' S Santa Maria (Departamento Concepción) 57° 31' W, 22° 42' S
Limburgit (Olivinbasalt)	Cerro Tacumbú S Asunción (Departamento Central) 57° 38' W, 25° 18' S Cerro Lambaré bei Asunción (Departamento Central) 57° 37' W, 25° 21' S (Olivinbasalt) Sills im Untergrund von Asunción Cerro Nemby S San Lorenzo (Departamento Central) 57° 31' W, 25° 24 1/2' S Beiderseits der Brücke über den Arroyo Cañabe zwischen Paraguari und Carapeguá (Departamento Paraguari) und im Ort Paraguari (Ortsausgang Ost) und Cerro Porteño, 7 km S Paraguari (Departamento Paraguari) 57° 08' W, 25° 40' S
Phonolith	Sapucai (Departamento Paraguari) 56° 58' W, 25° 41' S Centurión W San Carlos (Departamento Concepción) 57° 34' W, 22° 17' S

Analcim-Phonolith	Arrua-i bei Yaguarón (Departamento Central) 57° 21' W, 25° 30' S
Gaiteit (?)	Arrua-i bei Yaguarón (Departamento Central) 57° 21' W, 25° 30' S
Glimmerporphyr	östlich Villarica (Departamento Guairá) 56° 18' W, 25° 47' S
Quarzunguit-Porphyr und Porphyr-Agglomerat	5 Kuppen S Ypacarai (Departamento Central), am wichtigsten Cerro Ihú 57° 15' W, 25° 26' S
Rhyolith	Am Weg von Carapeguá nach Cerro Acahay (Departamento Paraguari)
Diabas	Cordillera de los Altos mehrere Gänge im SW, W und N von Piribebuy (Departamento Cordillera) 57° 05'—10' W, 25° 29'—32' S Arroyo Bolas-cue 12 km SW Caaguazú am Weg nach Villarica (Departamento Caaguazú) 56° 08' W, 25° 32' S Sierra de Ybyturu E Villarica (Departamento Guairá), deren beide Gipfel Cerro Domingo und Cerro Alberto aus Olivin-Diabas bestehen 56° 16' W, 25° 48' S Yataity (= Cerro Howyi, Departamento Guairá) 56° 32' W, 25° 41' S Arroyo-Rory-mi 4 km NE La Colmena (Departamento Paraguari) 56° 51' W, 25° 55' S

„Trachyt“

die als säulige Trachyte beschriebenen Vorkommen in den Steinbrüchen von Areguá (Abb. 44) und Luque (Departamento Central) und Isla Itá W Villa Hayes am Ostrand des südlichen Chaco sind keine Ganggesteine, sondern zerrungs-tektonisch eigentümlich überprägte Arkose-Sandsteine der Trias. Die Sediment-Natur dieser Pseudo-Trachyte hat als erster ECKEL (1959) erkannt. Die bis über 2 m langen Säulen sind durch ein enges Kluftsystem (N 30° = parallel der Rio Paraguay-Verwerfung, und N 140 bis 150°) entstanden. Von den Klüften aus ist das Gestein völlig gebleicht (Abb. 48).

B. West-Paraguay (Chaco)

Tiefengesteine	
Alkali-Syenit und Foyait	bei Puerto Guarani (Departamento Boquerón) 58° W, 21° 32'—37' S
Porphyr	Fortín Olimpo (Departamento Boquerón) 57° 54 1/2' W, 21° 05' S
Ergußgesteine	
Olivinbasalt	Cerro Verde E Villa Hayes (Departamento Villa Hayes) 57° 30' W, 25° 05' S Cerro Confuso, 5 km SW Villa Hayes (Departamento Villa Hayes) 57° 33' W, 25° 07 1/2' S

Tiefen-Gesteine

a) Ost-Paraguay

Essexit-Stöcke: Die vier Essexit-Stöcke von Acahay, Soto Cañete, Apitaguá und San José liegen ziemlich nahe beieinander im westlichen Ost-Paraguay. Es sind hypidiomorph-körnige, grauschwarze bis schwarzweißgefleckte Tiefengesteine aus basischem Plagioklas, etwas Orthoklas, großen Augitkristallen (Ägirindiopsid), Biotit; akzessorische Gemengteile sind Nephelin, Zirkon und Apatit.

Der Fuß des über 500 m hohen Acahay liegt etwa 400 m über der Ebene. Sein Gipfel macht aus der Luft den Eindruck eines ovalen, 5 bis 6 km breiten Kraters. ECKEL (1959) hat Alkali-Basalt, Basaltschlacke und Rhyolith-Aggregate von diesem Massiv beschrieben (siehe Analysen-Tabelle 7, S. 89). Der mächtige Stock hat das Silur durchbrochen, Kontaktschiefer steht am Ostfuß an.

Der Essexit von Soto Cañete, 4 km ENE Paraguari hat metamorphes Präkambrium und die darüberliegenden Konglomerate und Sandsteine des Silur durchstoßen und bildet einen breiten, gangförmigen Stock mit NNW-SSE Streichen; seine Oberfläche liegt 200 m über dem Meer.

Der 628 m hohe Kegel des Apitaguá sitzt ebenfalls im Silur auf. Der Umfang des Tiefengesteins ist erheblich kleiner als auf der Karte, die ECKEL (1959) aus Luftbildern angefertigt hat.

Der kleine Essexit-Aufbruch des Cerro San José (300 m über dem Meer), 10 km E Ybycui gelegen, hat das Silur kontaktmetamorph in schwarze Hornfelse und dichten weißen Quarzit umgewandelt.

Cerro Vera: Ein etwa 600 m² großer Ausbiß von frischem, graugrünem Essexit wurde von Ing. VERA MORINIGO 4 km N Paraguari entdeckt. Das mittelkörnige Gestein ist aus Labrador (meist verzwilligt), Kalifeldspat, Analcim und Nephelin, viel Diopsid, Biotit und Magnetit zusammengesetzt, Akzessorisch tritt Apatit auf.

Der Stock ist auf der östlichen Randverwerfung der Ypacarai-Depression aufgedrungen. Der Kontakt zum Silur ist nicht aufgeschlossen. Das Vorkommen wird Cerro Vera benannt.

Shonkinit: Unmittelbar NW des Dorfes Mbocayaty liegt in Gesteinen des Oberkarbon (Tubarão-Serie) ein kleiner Stock, der aus Nephelin-Shonkinit besteht. Das kristalline Gestein tritt an mehreren Stellen zutage. Ein anderer kleiner Stock aus gleichem Gestein ist der Cerro Aquapety, 10 km N Coronel Oviedo, der ebenfalls Sandstein des Oberkarbon als Nebengestein hat.

Die Grundmasse des Shonkinit besteht aus Nephelin und Sanidin. Idiomorphe Körner sind Sanidin, Diopsid, Ägirindiopsid, Olivin und Biotit. Nebengemengteile sind Apatit, Titanit, Spinell und Magnetit (siehe Analysen-Tabelle 7, S. 89).

Die dunklen grobkörnigen Gesteine sind längs der zahlreichen Klüfte stark verwittert. ECKEL hat an einer Stelle eine Intrusiv-Brekie und sphärolitische sowie nephelinsyenitische Varietäten beobachtet.

Der Doppelberg des Cerro Arrua-i, 4 km WNW Yguarón, ist ein stockförmiger Eruptivkörper, der den Trias-Sandstein durchbrochen hat (Abb. 47). Das Vorkommen ist bei ECKEL (1959) als präkambrischer Granit angegeben.

Die Masse des Stockes besteht aus feinkristallinem Shonkinit von grün-schwärzlicher Farbe. In den randlichen Partien treten Schlieren aus Analcim-Phonolith und Gauteit sowie helle Gängchen aus Feldspat-Analcim auf. Der Shonkinit wird durch die Mineralgesellschaft Kalifeldspat, Analcim, Pyroxen, Biotit gekennzeichnet. Diopsid und Titan-Hornblende, Apatit und Hämatit kommen untergeordnet vor.

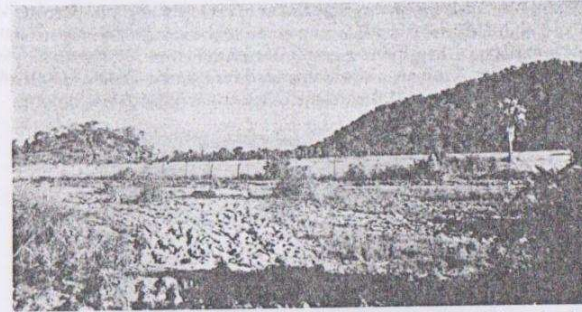


Abb. 47. Doppelhügel des Cerro Arrua-i aus Shonkinit zwischen Itá und Yguarón. Der Stock hat die Trias durchbrochen.

Fig. 47. Stock de shonquinita del cerro doble Arrua-i entre Itá y Yguarón, cual penetró la arenisca triásica (Foto: Putzer)

Tabelle 7
Analysen von Alkali-Gesteinen

Cuadro No. 7
Analisis de rocas alcalinas del Paraguay Oriental

Gesteine Ort Autoren	Alkali-Basalt Acahay (ECKEL 1959)	Shonkinit Mbocayaty (ECKARDT 1957)	Shonkinit Mbocayaty (ECKEL 1959)	Essexit Acahay (HARRE 1957)	Essexit San José
SiO ₂	51,27 %	49,40 %	50,41 %	50,5 %	48,07 %
Al ₂ O ₃	15,72 %	14,48 %	11,17 %	9,8 %	8,3 %
Fe ₂ O ₃	8,61 %	7,80 %	3,50 %	nicht geprüft	nicht geprüft
FeO	1,53 %	nicht geprüft	5,05 %	8,6 %	10,2 %
MgO	3,72 %	7,02 %	9,23 %	10,3 %	11,1 %
CaO	5,98 %	7,71 %	7,73 %	11,7 %	14,1 %
Na ₂ O	3,71 %	2,27 %	2,31 %	2,5 %	2,5 %
K ₂ O	4,15 %	6,19 %	7,10 %	2,1 %	1,3 %
H ₂ O —	0,87 %	1,10 %	0,12 %	2,5 %	1,6 %
H ₂ O +	1,82 %		0,76 %		
TiO ₂	1,64 %	1,47 %	1,61 %	1,5 %	1,8 %
CO ₂	0,01 %	nicht geprüft	—	nicht geprüft	nicht geprüft
P ₂ O ₅	0,43 %	nicht geprüft	0,41 %	0,3 %	0,3 %
SO ₃	—	nicht geprüft	0,12 %	nicht geprüft	nicht geprüft
S	nicht geprüft	nicht geprüft	0,03 %	nicht geprüft	nicht geprüft
MnO	0,17 %	0,15 %	0,14 %	0,2 %	0,2 %
BaO	0,18 %	nicht geprüft	0,20 %	nicht geprüft	nicht geprüft

b) Chaco Boreal

Alkali-Syenite und Foyaite: Inselberge aus tektonisch nicht beanspruchtem Kristallin ragen beiderseits des Rio Paraguay aus der weiten quartern Ebene auf. Die Vorkommen S und SW Puerto Guarani am Ostrand des paraguayischen Chaco sind die Fortsetzung des Massivs Fecho dos Morros mit dem 470 m hohen Pão de Açucar im brasilianischen Mato Grosso. Nach der jüngsten

petrographischen Analyse durch VAN DEN BOOM (1961) sind die am Ufer des Rio Paraguay 30 km südlich Puerto Guarani anstehenden grobkörnigen Tiefengesteine foidführende Syenite, mit einem Mineralstand aus Mikropertit, Nephelin, etwas Biotit, Agirinaugit sowie akzessorischem Apatit, Zirkon, Titanit und Magnetit. Schon CARNIER (1913) hatte diese Gesteine als Augitsyenite erkannt.



Abb. 48. Säule aus Arkose-Sandstein der Trias (Pseudo-Trachyt) mit Bleichungszonen längs der Klüfte. Steinbruch Isla Itá bei Benjamin Aceval, östlicher Chaco Boreal

Fig. 48. Columna de la arenisca triásica (seudo-traquita) con cascara descolorada, cantera Isla Itá, cerca de Benjamin Aceval, Chaco sudoriental (Foto: Putzer)

Die etwa 100 m über dem Meer gelegenen Doppelhügel Cerros Boggiani südlich Puerto Guarani sind petrochemisch von den Gesteinen am Strom verschieden. Bei makroskopisch gleichem Aussehen handelt es sich um Sodalith-Foyaite, die Sodalith in idiomorphen und xenomorphen Körnern enthalten; daneben Nephelin, Kalifeldspat, Agirinaugit, Titanit, Kalzit und Fluorit. Biotit fehlt völlig.

Im Alkali-Syenit treten schmale pegmatitische Gänge mit Ost-West-Streichen auf, deren Mineralfüllung eine stärkere radioaktive Strahlung als das Nebengestein aufweist. Wahrscheinlich ist ein Thorium-haltiges Mineral Träger der wirtschaftlich unbedeutenden Radioaktivität.

Kontakte zum Nebengestein des Kristallin sind nicht aufgeschlossen, so daß bis heute keine sicheren altersmäßigen Bezügelemente vorhanden sind.

Tabelle 8
Analysen von Alkali-Gesteinen aus dem Chaco

Cuadro No. 8
Analises de rocas alcalinas del Chaco Boreal

	Foyaite Cerros Boggiani	Tinguait Cerros Boggiani	Alkali-Syenit Puerto Guarani
SiO ₂	61,5 %	61,4 %	63,0 %
Al ₂ O ₃	13,4 %	14,1 %	13,1 %
FeO	1,6 %	3,4 %	4,2 %
MgO	0,1 %	0,2 %	2,3 %
CaO	1,1 %	0,9 %	3,5 %
Na ₂ O	10,5 %	12,3 %	7,7 %
K ₂ O	4,5 %	3,2 %	3,5 %
H ₂ O	6,3 %	4,1 %	1,1 %
P ₂ O ₅	—	—	0,3 %
TiO ₂	0,2 %	0,2 %	1,1 %
MnO	0,1 %	0,3 %	0,2 %

(Analytiker: Dr. HARRE, Bundesanstalt für Bodenforschung 1958/1959)

Erguß- und Gang-Gesteine

a) Ost-Paraguay

Porphyrischer Nephelinbasalt: Am östlichen Ausläufer der aus Silursandstein aufgebauten Cerros Blancos bei La Colmena steht 2 km südlich Ybytymi ein porphyrisches Ganggestein an, das als Nephelinbasalt schon von HIBSCH (1891) beschrieben wurde. Das braunviolette Gestein ist reich an großen Augitkristallen und enthält in kleinen Drusen Zeolithe. Die Grundmasse besteht aus Magnetit, Augit, Biotit, Nephelin, Sanidin und etwas Olivin. Der Gang durchsetzt Silur und eine dünne Kappe aus Trias-Sandstein (Abb. 50).

Nephelinbasalt kommt nach POEHLMANN (1886) als Gang in wahrscheinlich kambrischem oder präkambrischem Kalkstein westlich Santa Maria vor.

Limburgit (Olivinbasalt): Der Hauptsteinbruch für Asunción ist der Cerro Tacumbú in 5 km Entfernung im Süden der Stadt. Der schwarze Basalt zeigt dicke Säulen, die von Süden und Norden zur Mitte schwach konvergieren. Es handelt sich um eine Intrusion in den dortigen Trias-Sandstein. ECKEL (1959) erwähnt gleichartige Gesteine aus tiefen Grundwasserbohrungen in die Trias im Untergrund der Stadt. Der von MILCH (1895) als Limburgit bestimmte Basalt ist mittelkörnig und durch reichlichen Gehalt an großen, hellgrünen Olivinkristallen ausgezeichnet; daneben treten idiomorph Augit und Magnetit auf. Die

Grundmasse besteht aus Glas und Augit. Der Limburgit ist feldspatfrei. ECKEL (1959) gibt folgende Analyse an:

SiO ₂	45,95 %	K ₂ O	1,26 %
Al ₂ O ₃	15,37 %	H ₂ O	4,79 %
Fe ₂ O ₃	6,36 %	TiO ₂	0,25 %
FeO	4,38 %	P ₂ O ₅	0,09 %
MgO	10,46 %	Cr ₂ O ₃	0,19 %
CaO	11,67 %	BaO	0,10 %
Na ₂ O	3,97 %		

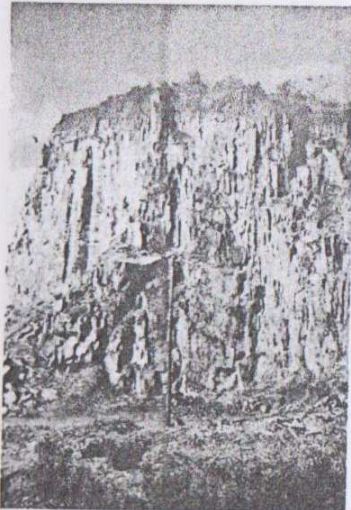


Abb. 49. Steinbruch im säuligen Olivin-Basalt des Cerro Tacumbú bei Asunción
Fig. 49. Basalto con olivina, disgregado en columnas, cantera Cerro Tacumbú (Foto: Putzer)

Cerro Verde und Cerro Confuso

Nordwestlich Villa Hayes bildet frischer, blauer Olivinbasalt den flachen, bewaldeten Cerro Verde. Der Kontakt des Basalt zum stark silifizierten Triasandstein ist am Südfuß des Hügels zu beobachten. Der konische Cerro Confuso am rechten Ufer des gleichnamigen Flusses, an dessen Mündung in den Rio Paraguay, besteht ebenfalls aus Olivinbasalt.

Basalt: Der 5 km südlich des Cerro Tacumbú gelegene Cerro Lamaré ist ein Basaltstock, der die Sandsteine der Trias durchstoßen hat. Auf dem 54 m über dem Meer gelegenen Gipfel ist das violettbraune, säulige Gestein in

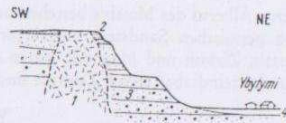


Abb. 50. Profil des Cerro Ybytymi beim gleichnamigen Ort

- 1: Nephelin-Basalt-Stock (post-Trias)
- 2 Misiones-Sandstein (Trias)
- 3 Sandstein von Caacupé (Silur)
- 4 Alluvium

Fig. 50. Corte geológico através del Cerro Ybytymi

- 1 Basalto nefelinico (post-triásico)
- 2 Arenisca de Misiones (Triásico)
- 3 Arenisca de Caacupé (Silúrico)
- 4 Cuaternario

Mandelsteinstruktur ausgebildet, dessen kleine Hohlräume mit Achat ausgefüllt sind. Dieser Basalt erinnert stark an die Melaphyre der Serra Geral.

Ein ausgedehnter Deckenerguß von Basalt über Silur, und im Nordwesten über Trias-Sandstein, steht beiderseits des Rio Cañabé zwischen Yaguarón—Paraguari—Acahay an. Die besten Aufschlüsse sind die aufgelassenen flachen Steinbrüche nördlich der Straßenbrücke Paraguari—Carapeguá. Der schwarze bis rotbraune und schlackige Basalt-Erguß ist mindestens über 5 m mächtig. Das Gestein ist kryptokristallin und enthält Olivinkristalle.

Olivin-Basalt von Paraguari und Cerro Porteño: Stark verwitterter rotbrauner, weißgefleckter Basalt mit großen Einsprenglingen aus basaltischem Augit steht am Ostausgang von Paraguari und am 7 km südlich gelegenen Cerro Porteño an. Wahrscheinlich handelt es sich um ehemalige Tuffe. Das zersetzte Gestein läßt unter dem Mikroskop nur Zeolithe, wahrscheinlich Natrolith, und Einsprenglinge frischer Pyroxene sowie Olivin-Pseudomorphosen erkennen.

Phonolith: In der Alkali-Provinz des zentralen Ost-Paraguay sitzt bei Sapucaí ein Phonolith im Silur auf (MILCH [1895]). In dem dichten, braunen Gestein treten idiomorphe Kristalle von Sanidin, Nephelin, ein Hauyn-Nosean-Mineral sowie Biotit, Hornblende und Agirinaugit auf. Die Grundmasse ist aus Agirinaugit, Sanidin, Erz und Zersetzungsprodukten (Karbonat, Eisenerz, Zeolithe) zusammengesetzt. Die Analyse des Gesteins lautet nach MILCH (1895):

SiO ₂	52,20 %	H ₂ O	3,92 %
Al ₂ O ₃	20,67 %	TiO ₂	0,14 %
FeO	3,26 %	P ₂ O ₅	0,12 %
Fe ₂ O ₃	1,38 %	SO ₃	0,04 %
MgO	0,48 %	MnO	0,09 %
CaO	4,43 %	BaO	0,09 %
Na ₂ O	6,61 %	CO ₂	1,54 %
K ₂ O	4,90 %		

Ein ganz ähnlicher Phonolith ist durch GOLDSCHLAG (1913a) aus dem Norden der zentral-paraguayischen Schwelle beschrieben. Das Vorkommen liegt 3 km südwestlich Centurión im Präkambrium. Der blaugrüne Phonolith hat Einsprenglinge von langen Augitkristallen. Die Grundmasse besteht aus Feldspat, Magnetit, Nosean, Apatit und sekundärem Kalzit. Agirin, Andesin-Labrador, Orthoklas und Olivin, zum Teil in Serpentin umgewandelt, sind unter dem Mikroskop erkennbar. Eine Varietät des Analcim-Phonolith vom Cerro Arruaí hat zentimetergroße frische Sanidin-Einsprenglinge in sehr feinkristalliner Grundmasse, die reich an Analcim ist. Agirinhaltiger Diopsid tritt reichlich, Biotit und Olivin zurücktretend auf. Eine andere Varietät zeigt neben tafligen Sanidinen auch gelegentliche Einsprenglinge aus Plagioklas.

Gauet (?): Das dunkle feinkörnige Gestein ist reich an Einsprenglingen von Hornblenden und Biotit. Die Grundmasse besteht aus Kalifeldspat, Plagioklasen (Labrador), Augit, Hornblende und Magnetit. Das Gestein wird als Gauet angesehen (PUTZER & VAN DEN BOOM [1961]), eine genaue Einstufung dieses interessanten Differentiates kann erst auf Grund einer chemischen Analyse vorgenommen werden.

Glimmerporphyr: ECKEL (1959) hat einen 4 m mächtigen Gang mit N 25° Streichen, übergehend in einen Sill, im permischen Sandstein östlich Villarrica entdeckt, der zu den Alkaligesteinen zu stellen ist. Das stumpfe graurote Gestein enthält reichlich große, goldfarbige Biotit-Kristalle. Hauptbestandteil des Gesteins ist ein Kalifeldspat (Sanidin?); daneben treten Nephelin, Biotit und Ilmenit auf. Die Fältelung der Biotit tafeln beweist, daß das Gestein mechanische Beanspruchung durchgemacht hat; außerdem wurde es hydrothermal zersetzt.

Quarzinguait-Porphyr: Nahe der bedeutenden SSE-streichen den Verwerfung nördlich des Ypacarai-Sees ist 5 km südlich Ypacarai ein Porphyr aufgedrungen, der in der Talsenke fünf nahe beieinanderliegende flache Hügel bildet. Nebengestein ist wahrscheinlich das Silur. Die einzelnen Kuppen haben 200 bis 1000 m Durchmesser und überragen die Ebene mit 10 bis 50 m. In dem großen Steinbruch des Cerro Ihú ist fast das gesamte kristalline Gestein, das die Kuppe bildet, abgebaut worden. Die Schiefertone und Sandsteine des Nebengesteins sind von dem Porphyr-Erguß intrudiert und zu Brekzien umgewandelt worden. Das Erguß-Gestein tritt in zwei Ausbildungen auf: brauner felsitischer Porphyr mit reichlich Einsprenglingen von rauchgrauem Quarz und wenigen roten Feldspatkristallen sowie grauschwarzer dichter Porphyr mit reichlich weißen Feldspaten und kaum Quarz. Unter dem Mikroskop sind beide Gesteinsarten sehr ähnlich; ihre Grundmasse besteht aus Andesin und Quarz. Fragmente des Nebengesteins sind im Eruptivgestein häufig. ECKEL (1959) gibt folgende Analyse:

SiO ₂	74,26 %	K ₂ O	3,34 %
Al ₂ O ₃	13,12 %	H ₂ O	0,49 %
Fe ₂ O ₃	0,47 %	TiO ₂	0,23 %
FeO	1,98 %	CO ₂	0,16 %
MgO	0,22 %	P ₂ O ₅	0,05 %
CaO	1,53 %	MnO	0,07 %
Na ₂ O	3,80 %	BaO	0,05 %

Diabas: Sills und Gänge aus Diabas sind in Ost-Paraguay verbreitet; sie gehören zweifellos zu den vulkanischen Gesteinen der Serra Geral-Formation. Diabase der gleichen chemischen Zusammensetzung wie die Deckenbasalte begleiten den gesamten Rand des Paraná-Beckens.

Ostteil der Cordillera de los Altos

Die Straße von Piribeby nach Paraguari schneidet eine Reihe breiter und schmaler Gänge aus grobkörnigem holokristallinem Diabas, die zum Teil tonig zersetzt sind. Die Gänge streichen fast alle parallel den Staffelfröhen (Seite 100) N 140° bis N 160° und fallen steil nach Nordosten oder senkrecht ein. ECKEL (1959) erwähnt einen Nord-Süd-streichenden Gangschwarm westlich dieser Straße. Ein 12 m mächtiger West-Ost-Gang mit derbem Hämatit am Salband steht 3 km nördlich Piribeby in einem verlassenen Steinbruch an. Das kugelig zerfallene Gestein besteht aus Augit und Ca-Plagioklas in mittelkörniger Grundmasse. Das Nebengestein sämtlicher Gänge sind silurische Sandsteine.

Arroyo Bolas-cuê

Der von GOLDSCHLAG (1913a) beschriebene Diabas am Bach Bolas-cuê 12 km SW Caaguazú ist ein schwarzgrünes grobkörniges Gestein mit idiomorphen Kristallen von Andesin, Labrador, Augiten, etwa Magnetit, Apatit und Serpentin. Das Nebengestein besteht aus permischem Sandstein.

Sierra de Ybyturuzú

Die beiden etwa 700 m über dem Meer gelegenen Gipfel Cerro Domingo und Cerro Alberto des Massivs bestehen aus Olivindiabas und Mandelsteindiabas, der von permischen Sandstein unterlagert wird. Andesin-Labrador, Augit, Olivin, Apatit, Zirkon und Magnetit setzen das Gestein zusammen. In den Drusen des Mandelsteindiabas treten Zeolithe und Bänderachate auf.

Yataity

Ein konischer Hügel, 8 km W Yataity, besteht aus Diabas-Porphyr (CARNIER [1911]) mit Phänokristallen von Augit, Olivin und Feldspat in glasiger Grundmasse mit Hornblende, Feldspat, Magnetit und Apatit. Nebengesteine sind die glazialen Schichten der Tubarão-Serie. Ein ähnliches porphyrisches Gestein von tiefvioletter Farbe steht weitgehend zersetzt am linken Ufer des Baches Ror'y-mí, 4 km nordöstlich La Colmena, als Gang im Silur-Sandstein an.

Tabelle 9

Cuadro No. 9

Diabas-Analysen (GOLDSCHLAG 1913a) Analises de diabases

	Olivindiabas Sierra de Ybyturuzú		Diabasporphyr
	Co. Domingo	Co. Alberto	Yataity
SiO ₂	48,63 %	48,38 %	49,65 %
Al ₂ O ₃	12,49 %	10,42 %	9,26 %
Fe ₂ O ₃	11,72 %	12,11 %	15,25 %
FeO	9,08 %	4,99 %	4,12 %
MgO	2,37 %	3,53 %	3,21 %
CaO	8,75 %	7,98 %	8,32 %
Na ₂ O	2,46 %	4,74 %	4,39 %
K ₂ O	0,64 %	1,50 %	1,75 %
H ₂ O	1,59 %	2,93 %	2,76 %
TiO ₂	2,20 %	2,58 %	1,42 %
P ₂ O ₅	0,77 %	1,04 %	0,43 %

Trachyt von Villa Hayes

Unmittelbar N und NE Villa Hayes hat Trachyt den Misiones-Sandstein durchbrochen. Das graue grobkörnige Gestein in Säulenabsonderung bildet einen Pfropf nördlich des Ortes, während am Westrand des Grundstückes Wunderlich ein Trachytgang von 0,60 m Mächtigkeit in Säulenstruktur den Sandstein durchschnitten hat. Aus dem großen Gebiet des Chacotroges sind bisher keine weiteren nach-paläozoischen kristallinen Gesteine bekannt geworden.

Die Alters-Einstufung der Alkali-Gesteine aus dem Gebiet der zentral-paraguayischen Schwelle und vom Westrand des Paraná-Beckens ist bis heute umstritten. Die jüngsten der von diesen Gesteinen durchbrochenen Schichten sind in Paraguay Sandsteine der Trias. Analoge Eruptiv-Gesteine vom Nord- und Ost-rand des Paraná-Beckens in Brasilien sind jünger als Trias und Kreide.

PUTZER & VAN DEN BOOM (1961) haben aus der petrographischen Auswertung geschlossen, daß die syenitischen Gesteine Paraguays durch Differentiation aus einem Stamm-Magma von der chemischen Zusammensetzung der Deckenbasalte der Serra Geral hervorgegangen sind. Bei der Differentiation sind erhebliche Mengen von Na zugeführt worden (z. B. Cerros Boggiani). Die beiden Verfasser halten es auf Grund des regionalen Baues von Paraguay für sehr wahrscheinlich, daß die Syenite, Foyaite, Essexite und Shonkinite sowie die basaltischen und phanolithischen Necks außerhalb des Westrandes der Deckenbasalte gleichalt ganz ähnlichen Gesteinen aus der brasilianischen Umrandung des Paraná-Beckens sind, d. h. daß sie zu Ende der Kreide ein- und aufgedrungen sind.

V. Tektonischer Bauplan

Strukturmäßig ist der Bauplan von Paraguay von Osten nach Westen durch zwei weitgespannte Synklinalen — das Paraná-Becken im Osten und das Chaco-Becken im Westen — und die beide trennende Antiklinale der „zentral-paraguayischen Schwelle“ (PUTZER [1957]) gekennzeichnet.

Die ältesten Gesteine des Landes gehören zu dieser Schwelle, die aus einer mächtigen Serie von Phylliten und Quarziten besteht. Diese Gesteine wurden gefaltet und zerbrochen, im Norden (Apabergland) und im Süden (Caapucú) intrudierten Granite in die gefaltete Serie, im Süden haben sich Porphy-Massen über die gefalteten Schichten ergossen. Wir sehen mit STILLE (1958) diese metamorphe Serie als assyntisch (Faltung an der Wende Präkambrium-Algonkium / Kambrium) gefaltert an und betrachten ihre tektonische Stellung als Äquivalent zu den Pam-pinen Sierren in Argentinien, dem Nordost-bolivianischen Präkambrium und der Cuiabá-Serie in Mato Grosso („eo-amerikanisch“, nach STILLE). Der subsequeunte Magmatismus zu Ende der assyntischen Faltung äußerte sich auch im Bereich der zentral-paraguayischen Schwelle wie anderenorts in Quarzporphyr-Effusionen: der Porphydecke von Caapucú.

Das Präkambrium der zentral-paraguayischen Schwelle gehört damit tektonisch zu STILLE's (1958) Mato Grosso-Korridor; diese Ortho-Geosynklinale trennt die beiden Teile des Hauptgerüsts von Südamerika, Ur-Nordbrasilien von Ur-Südbrasilien. Der Mato Grosso-Korridor streicht WSW-ENE, etwa in der Linie, die den Arica-Winkel am Kordilleren-Knick mit dem São Roque-Winkel in Nordost-Brasilien verbindet.

Die dem Präkambrium zugeordneten Meta-Sedimente und Massengesteine stehen einmal im nordöstlichen Paraguay (im Apa-Bergland und Potrero Saty) zu-tage an, zum anderen in einer südlichen Aufbeulung der Schwelle zwischen Ybycui und San Juan Bautista. Weiter nach Süden verschwinden sie unter Trias-

und Quartärbedeckung. In dem großen Zwischenstück der Schwelle zwischen Ybycui und San Luis de la Sierra ist das Grundgebirge der Beobachtung durch junge Bedeckung entzogen, mit Ausnahme von zwei kleinen, aber wichtigen Auf-schlüssen: dem Granit von San Bernardino am Rand des östlichen Staffelbruches von Ypacarai (Seite 39) und dem metamorphen Sockel des Cerro Cristo Redemp-tor bei Paraguarí (Seite 39).

Als sicher hat zu gelten, daß die präkambrischen Gesteine nach Osten und Westen unter der Beckenfüllung des Paraná- und Chaco-Troges fortsetzen und deren Unterlage bilden. So haben Schurfbohrungen 40 km westlich Puerto Casado ergeben, daß Kristallin und Metamorphikum im östlichsten Chaco die junge Be-deckung in geringer Tiefe unterlagern. Andererseits hat keine der bis 3242 m tiefen neun Bohrungen im Chaco den kristallinen Untergrund angetroffen.

Im Kambrium war der Nordteil der Schwelle dagegen untergetaucht. Dort haben sich die über 200 m mächtigen karbonatischen Sedimente der Itapucumi-Serie = Bodoquena-Serie, abgeschieden, die einem Meeresarm aus Mato Grosso angehören. Der Ablagerungsraum dieser Kalke liegt ebenfalls in jener uralten Unstabilitätszone des Mato Grosso-Korridors.

Der Westrand der zentral-paraguayischen Schwelle ist wahrscheinlich durch etwa Nord-Süd streichende Verwerfungen zerlegt, wobei die paläozoische Be-deckung (Silur) nach Westen abgesunken ist. Die zwischen Emboscada und Cara-peguá anstehenden Silurschichten sind 300 bis 400 km weiter westlich im Chaco über 3000 m tief versenkt. Die Bruchlinie am Westrand der Schwelle dürfte etwa parallel dem Mittellauf des Rio Paraguay streichen (NNE). Diese Bruchlinie würde damit der nördlichen Fortsetzung des aus Nord-Argentinien bekannten Abbruchs am Rio Paraná entsprechen, an dem ebenfalls eine beträchtliche Ab-senkung (über 700 m) nach Westen stattgefunden hat. Auch im Oberlauf des Rio Paraguay, bei Corumbá in Mato Grosso, sind solche NE-streichenden Abbrüche bekannt, und die westlich der Mündung des Rio Apa im östlichen Chaco gelegenen Schollen aus Kalken der Itapucumi-Serie sind an N-S-Verwerfungen mit ge-ringerer Sprunghöhe nach Westen abgesunken (z. B. Cerro Galbán). Das Ein-kippen und steile Einfallen der Kalktafeln nach Westen und Südwesten (bis 40°) zwischen der Apa-Mündung und Itapucumi am linken Ufer des Stromes sprechen dafür, daß hier der Strom einer Störungszone folgt. Die diskordant auf Algon-kium abgelagerte Kalkserie von Itapucumi (? Kambrium oder Präkambrium) hat keine echte Faltung mitgemacht. Vielmehr wurde dieser Schichtverband durch Bruchtektonik in Schollen zerlegt und im großen nach Westen gekippt. Neben den vorherrschenden N 170° Streichen kommt von Vallemi bis zur Apa-Mündung E-W-Streichen vor, verursacht durch eine N 100° bis 120° streichende Verwerfung bei Santa Elena. Das Streichen N 170° kehrt weiter östlich in den vielen Aplit- und Pegmatitgängen, die das Präkambrium durchsetzen, wieder. Daraus ist eine gemeinsame tektonische Überprägung für den Kalkmantel und das Grundgebirge abzuleiten. Wahrscheinlich sind diese tektonischen Ereignisse der Endphase der assyntischen Orogenese zuzuordnen.

Die zentral-paraguayische Schwelle ist seit dem älteren Paläozoikum Hochgebiet gewesen. Keine marinen Ablagerungen aus paläozoischer Zeit wurden nach dem Absatz der Bodoquena-Serie (= Itapucumi-Serie) im Bereich dieser Schwelle abgesetzt. Auf der Ostflanke der Schwelle wurden in deren südlichem Abschnitt die über 1000 m mächtige Sandsteinfolge des Ordoviz und Gorland (Silur) abgelagert, deren untere 700 bis 800 m fluviatiler und limnischer Entstehung sind.

Auch das marine Unter-Devon des Chaco-Troges hat nicht die Schwelle bedeckt; schließlich sprechen auch die im Verhältnis zum brasilianischen Teil des Paraná-Beckens erheblich reduzierten Mächtigkeiten der Gondwana-Schichten (Oberkarbon bis Trias) und Schichtlücken in diesem Verband im Bereich der Ostflanke der Schwelle für relative Hochlage gegenüber den beiden großen Becken im Westen und Osten.

Von der Ostflanke der zentral-paraguayischen Schwelle aus fallen in Ost-Paraguay die Sediment-Tafeln des Silur und der Gondwana-Ablagerungen mit sehr flachen Winkeln beckenwärts nach Osten ein, von meistens nur geringfügigen Störungen betroffen.

Wie auch am Ostrand des Paraná-Beckens, ist dessen Westrand bzw. die Ostflanke der zentral-paraguayischen Schwelle stärker von tektonischen Beanspruchungen betroffen worden als das eigentliche Becken. Es handelt sich um ausgesprochene Bruchtektonik germanotyper Art, die lokal von flachen Falten als Form von Kompensationsbewegungen begleitet sein kann. Diese Zerbrechungen haben nach der Trias stattgefunden; sie stehen offensichtlich, wie in Süd-Brazilien, in Zusammenhang mit dem Vulkanismus der Endphase der Gondwana-Zeit (PUTZER [1954]), d. h. zuerst sind nach Konsolidierung der Trias-Sedimente die

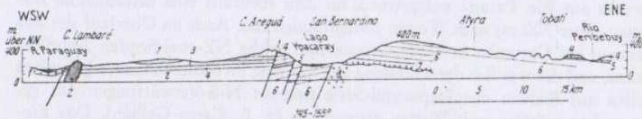


Abb. 51. Die Staffelbruch-Zone der Ypacarai-Depression in Ost-Paraguay

- 1 Flugsand und fluviatiles Alluvium (Quartär)
- 2 Basalt-Stock
- 3 Misiones-Sandstein (Trias)
- 4 Sandstein des Cerro Perro
- 5 Tone von Vargas Peña
- 6 Sandstein von Eusebio Ayala und Sandstein von Caacupé
- 7 Basal-Konglomerat
- 8 Granit (Präkambrium)

Fig. 51. Corte geológico através de la zona de fallas escalonadas entre da depresión del lago Ypacarai y el Rio Paraguay

- 1 arena eólica y aluviones fluviatiles, Cuaternario
- 2 stock de basalto
- 3 arenisca de Misiones (Triásico)
- 4 arenisca del Cerro Perro
- 5 arcillas de Vargas Peña
- 6 arenisca de Eusebio Ayala
- 7 conglomerado basal
- 8 granito (Precámbrico)

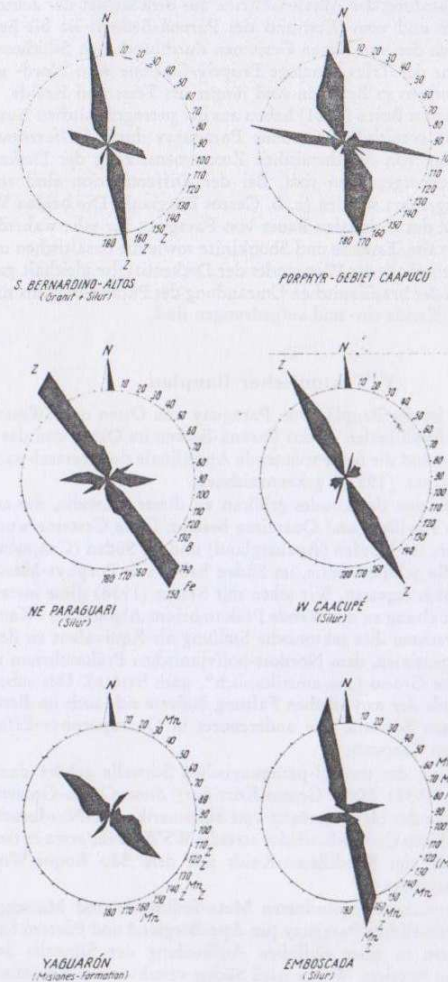


Abb. 52. Klufrosen beiderseits der Bruchzone der Ypacarai-Depression. Z. Zerr-Klüfte, Min-Min-Verzerrung

Fig. 52. Gráfico de las direcciones de fracturas en las areniscas triásicas y silúricas

Zerrspalten aufgerissen, die dann den wahrscheinlich jurassischen basaltischen Laven und den Durchbruch-Gesteinen der Alkali-Gruppe als Aufstiegskanäle dienten.

So wurden die tektonischen Bewegungen vom Aufdringen essexitischer und shonkinitischer Gesteine auf dem Ostflügel der zentral-paraguayischen Schwelle begleitet, wie andererseits Störzonen in Silur- und Gondwana-Schichten in Zusammenhang mit Diabas- und Basalt-Intrusionen stehen (z. B. bei Piribebuy, Yhú, östlich Coronel Oviedo).

Die bedeutendste Störzone in Ost-Paraguay ist der Staffelbruch beiderseits der Ypacarai-Depression (Abb. 51). HARRINGTON (1950) hatte diese Störzone durch irriige Deutung des Silurprofils als Graben aufgefaßt. Tatsächlich handelt es sich um einen Staffelbruch, dessen Gesamtsprunghöhe nach Westen etwa 600 m beträgt. Die an einer westlichen Bruchstafel abgesunkenen Tone von Vargas Peña stehen westlich des Ypacarai-Sees in den Tongruben von Vargas Peña und Areguá mit ausgeprägtem Einfallen nach W in 120 m NN an, während sie im Tal des Rio Piribebuy, d. h. in der Hochscholle, mit östlichem Einfallen in 200 m NN liegen. Die Kluftdiagramme (Abb. 52) zeigen, daß die Hauptklüftung = Zerrungsklüf-



Abb. 53. Brekzie aus Trias- und Silur-Sandstein in der Trias-Scholle NW Paraguari.
Manganerz-Belag auf Klüften

Fig. 53. Brecha de fragmentos de areniscas silúricas y triásicas en la zona fracturada al NW de Paraguari (Foto: Putzer)

tung, in der Richtung N 160° bis 170° streicht. Die gleiche Richtung haben die meisten Basaltgänge dieses Raumes. Parallel zur östlichen Hauptverwerfung (N 170°) hat 4 km östlich Paraguari der Essexit-Stock Soto-Cañete das Silur durchbrochen, und der Quarztinguitporphyr des Cerro Ihú, 5 km südlich Ypacarai. Der Essexit-Stock des Cerro Vera 4 km NE Paraguari ist auf einer Verwerfung hochgestiegen. Die gleichen vorherrschenden Kluftrichtungen lassen sich im gesamten Gebiet der Störungszone nachweisen: bei Yaguarón, Altos und Emboscada (Abb. 31, 51). Die Trias-Scholle von Paraguari ist an einer Parallel-Staffel dieser Bruchzone mit schwach westlichem Einfallen unter starker Brekzien-

bildung (Abb. 53) und Verkiezelung abgesunken. In der schmalen leistenförmigen Silur-Scholle westlich der Ypacarai-Depression, die nördlich Paraguari beginnt, und mit nordwestlichem Streichen 40 km bis östlich Luque verfolgbar ist, haben die nach Westen und Südwesten geneigten Schichten stärkeres Einfallen bis 35°. Sie sind durch Sekundärstörungen in schmale Schollen zerlegt worden.

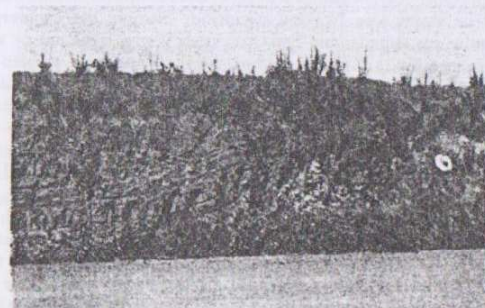
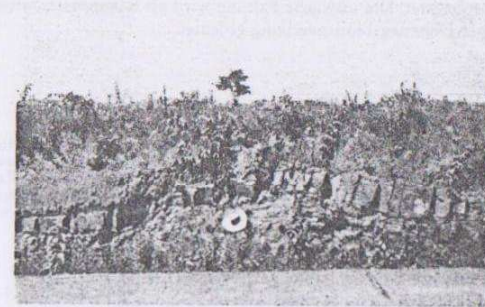


Abb. 54 u. 55. Germanotype Tektonik im Sandstein von Eusebio Ayala (Unter-Llandoverly) im Straßeneinschnitt der Ruta II, 10,7 km nördlich Itacurubi

Fig. 54 y 55. Tectonica germanotipa en las Areniscas de Eusebio Ayala, Silúrico, al N de Itacurubi, Ruta II (Foto: Wolfart)

Schwache germanotype Zerbrechungen erfolgten südöstlich Eusebio Ayala, wo sie in einem Straßeneinschnitt der Ruta II angeschnitten sind (Abb. 54, 55): die dünnbankigen „Sandsteine von Eusebio Ayala“ (Gotland) wurden flachwellig gefaltet, der am stärksten ausgeprägte Sattel durch eine Verwerfung mit N 85° Streichen zerrissen, an der die westliche Scholle um 1,80 m nach Norden abgesunken ist.

Etwa 10 km nördlich San Ignacio (Departamento Misiones) sind die gutgeschichteten Trias-Sandsteine zu kleinen Falten aufgebogen worden (Abb. 56). Die Achsen dieser drei kleinen Sättel aus Misiones-Sandstein streichen N 60° bis N 70° und tauchen nach Nordosten ein. Die Schichten zeigen umlaufendes Streichen, ihr Einfallen beträgt 10° bis 30° nach Nordwesten und Südosten. Verwerfungen wurden nicht beobachtet. Die schwache Faltung wird als Kompensationsbewegung bei germanotyper Dehnungsbeanspruchung gedeutet.

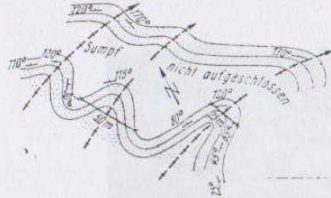


Abb. 56. Germanotype kleine Sättel im Misiones-Sandstein (Trias), 10 km südlich San Ignacio (Depto. Misiones, Ost-Paraguay)

Fig. 56. Pequeños anticlinales germanotipos en la Arenisca de Misiones (Triásico) cerca de San Ignacio

In frischen Straßeneinschnitten der Ruta II waren 20 km östlich Coronel Oviedo 1959 mehrere kleine Störungen sichtbar, die durch ein in die tonigen Paxixi-Schichten (Ober-Karbon) eingedringenes Diabas-Sill verursacht waren. Der Schichtverband ist durch eine Nordost-streichende Störung auseinandergerissen, an der eine Scholle aus Aquidauana-Sandstein nach Westen abgesunken war. Die Sprunghöhe beträgt etwa 25 m. Durch Kompensationsbewegungen wurden die sehr plastischen, feinschichtigen, rotviolettten Tone der Paxixi-Formation aufgebeult und fallen mit 20° bis 40° nach NW und SE ein. In die kleinen Sättel ist ein Diabas-Sill eingedrungen.

Derartige Zerrbrüche sind außerhalb des Westrandes der basaltischen Laven sicher in großer Zahl vorhanden, wenn auch meist durch starke Bodenbildung und Vegetation verhüllt. Einer solchen Dehnungsbeanspruchung verdankt auch das tektonische Tal des Alto Paraná seine Entstehung. Auf dem paraguayischen Ufer des Cañons des Alto Paraná liegen die Grenzflächen der einzelnen Basaltdecken 28 bis 34 m höher als auf dem gegenüberliegenden brasilianischen Ufer (MAACK [1959]). An der etwa Nord-Süd streichenden großen Verwerfung ist der östliche Block abgesunken. Mindestens seit pleistozäner Zeit ist der Rio Paraná in der Ausräumungszone dieser Verwerfung geflossen.

Chaco

Der tektonische Bauplan des Chaco Boreal ist noch wenig bekannt. Nachgewiesen ist der muldenförmige Bau eines altpaläozoischen Beckens, in dem die Schichttafeln des Silur und Devon im Nordwest-Chaco allgemein nach WSW, im südwestlichen und südlichen Chaco durch Umbiegen des Streichens nach Südosten jedoch nach SSW einfallen. Mit RASMUS (1957) und BENTZ (1957) ist anzunehmen, daß die asymmetrischen Faltungen und Überschiebungen der Vortiefe des Andin am Fuß der Anden nach Osten hin, also im paraguayischen Chaco, ausklingen.

Da der Chaco zum Randgebiet des Brasilianischen Schildes gehört, können echte Faltungen im Vorland, d. h. im Chaco-Becken nicht mehr erwartet werden, dagegen ist mit großen streichenden Bruchsystemen in der Randzone der Geosynklinaline zu rechnen. So geht schon aus den wenigen Tiefbohrungen hervor, daß der Untergrund des Chaco in stärkerem Maße gestört ist. Die Bohrung Pirizal, die bis zu ihrer Endteufe von 3148 m nicht die Basis der Red Beds erreicht hat, beweist eine post-devonische Eintiefung von über 3000 m im südlichen Chaco. Die 320 km nördlich gelegene Bohrung Lagerenza hat das Silur in 2713 m Tiefe erbohrt, das 80 km östlich zutage ansteht. Die dazwischen gelegene Bohrung La Paz traf die Basis der post-devonischen Füllung in 1396 m und das Silur in 2200 m Tiefe. Daraus ist zu schließen, daß im Norden und Süden des Chaco tief versenkte Teile des Troges existieren, während die Bohrungen Mendoza, Picuiba und Santa Rosa eine Hochlage im westlichen und nordwestlichen Chaco wahrscheinlich machen. Da die Bohrungen Madrejón und Lopez kein Devon mehr angetroffen haben, wohl aber das Silur (Madrejón in 1524 m, Lopez in 1494 m), ist eine post-devonische Ausräumung im Gebiet südlich und östlich des Cerro León anzunehmen. Das Hügelland des Cerro León ist sehr wahrscheinlich ein Horst, jedenfalls eine gehobene Scholle (Abb. 36), deren Schichttafeln nach SW einfallen. Eine große, wahrscheinlich NE-streichende Verwerfung ist südwestlich Madrejón und südlich Cerro León anzunehmen, deren Fortsetzung zwischen den Bohrungen Santa Rosa und La Paz zu suchen ist. Die Südost-Scholle ist abgesunken, wobei die Verwurfscholle nach Südwesten zunimmt. Streichende Störungen von erheblichem Ausmaß müssen im Westen und Osten des Cerro León vorhanden sein, die den Horst begrenzen. Der Verwurf des Westblockes an einer westlich des Cerro León vorbeiziehenden Störung erklärt die tiefe Versenkung des Silur in der Bohrung Lagerenza (Abb. 36).

Am Ostrand des Chaco, gegenüber der Apa-Mündung, sind etwa N-S-streichende Störungen vorhanden, die einmal den Rio Paraguay in ein tektonisches Tal gezwungen, zum anderen das Absinken der Kalkschollen bei Puerto Casado bewirkt haben.

Im südöstlichen Chaco ist der Lauf des Rio Paraguay ebenfalls durch eine NE-streichende Störungszone bedingt, die etwa parallel der großen Chaco-Störung von Madrejón verläuft. Die NW-Scholle ist beckenwärts abgesunken. Auch hier dürfte die Sprunghöhe sehr beträchtlich sein, da die nördlich und südlich Asunción (bei Emboscada und Villeta) aus Silur bestehende Bedeckung der südlichen zentral-paraguayischen Schwelle in der Tiefbohrung Pirizal tiefer als 3150 m unter der Oberfläche liegen muß, weil das Silur bei der Endteufe (3148 m) noch nicht angebohrt wurde.

Die Grenze der Red Beds zum Silur wurde in der Bohrung Orihuella in einer Tiefe von 1914 m angetroffen.

Die Tektonik des Chaco-Troges ist sehr wahrscheinlich durch antithetische Störungen erheblich komplizierter als die bisherigen Unterlagen erkennen lassen. An antithetischen Verwerfungen abgesunkene oder gehobene leistenförmige Schollen sind im Vorland großer Orogene nichts Ungewöhnliches, wie das tektonische Bild in Venezuela, im Vorland der Alpen, des Himalaya usw. zeigt.

Die beiden großen Becken, an denen Paraguay beteiligt ist, sind genetisch und strukturell völlig verschieden. Der Chaco-Trog ist als eine asymmetrisch gebaute Ortho-Geosynklinale die orogene Vortiefe der Kordillere, wobei der Untergrund des Gran Chaco den stabilen Schelf darstellt. Hier haben sich die aus Westansetzenden Schubspannungen der großen Überschiebungsbewegungen des nahen Ostrandes der Anden ausgewirkt, so daß mit Bruchschollen im Untergrund zu rechnen ist, während echte Faltung zu fehlen scheint.

Das Chaco-Becken hat sich über sehr lange Zeiträume ständig gesenkt, so daß Sedimentmassen von bedeutender Mächtigkeit (über 3000 m) abgelagert werden konnten.

Im Gegensatz dazu ist das symmetrisch gebaute Paraná-Becken eine epikontinentale Geosynklinale, die völlig anorogen ist (PUTZER [1952]) und nur germanotype Zerrstörungen mit unbedeutenden Sprunghöhen an den Beckenrändern aufweist.

Die Einsenkung dieses Troges war viel geringer und kurzfristiger als im Chaco-Trog, und entsprechend geringer sind die Mächtigkeiten der sedimentären Füllung.

VI. Paläogeographie

In präkambrischer Zeit hat Paraguay zur Randzone eines geosynklinalen Meeres gehört, dessen teils tonige, größeren Teils aber sandige Sedimente von der assyntischen Faltung erfaßt wurden. Diese Gesteine bilden als Phyllite, Quarzite und Paragneise das Felsgerüst der zentral-paraguayischen Schwelle. Granite und saure Ganggesteine sind zu Ende des Präkambrium in die gefalteten und zerbrochenen Meta-Sedimente eingedrungen. Sie wurden keiner orogenetischen Beanspruchung mehr unterworfen. Die Ergüsse aus Quarzfeldspatporphyr im Raum Caapucú dürften die jüngsten Ereignisse des sauren subsequenten Magmatismus zu Ende des Präkambrium sein.

Nach dem Abschluß der assyntischen Faltung ist die brasilianische Masse — aus drei Urkernen und den angefalteten Randzonen bestehend, zu denen das assyntisch-gefaltete Gebiet Paraguays gehört — an Gondwana-Land, die Festlandmasse der Süd-Erde angeschlossen worden. Die weitaus größte Zeit der darauf folgenden geologischen Geschichte ist Paraguay kontinentaler Ablagerungsraum bzw. Hochgebiet gewesen.

Im ? Kambrium oder spätesten Präkambrium hat ein flacher Arm eines warmen epikontinentalen Meeres aus Mato Grosso in das nördliche Paraguay hineingereicht. Die kalkig-dolomitisch-tonige Folge der Itapucumi-Serie im Apalbergland ist das Sediment eines ruhigen Flachmeeres. Das Fehlen bestimmbarer organischer Reste verhinderte bis heute die absolute Einstufung des über 200 m mächtigen Schichtverbandes.

Im Alt-Paläozoikum war Paraguay zunächst Hebungs- und Abtragungsgebiet, erst zu Ende des Ordoviz oder im unteren Silur (Gotland) machten sich Senkungstendenzen geltend und Aufschüttung setzte großräumig ein. Die

beiden Großbecken des Chaco und des Paraná senkten sich ein; der Chaco-Trog als echte Ortho-Geosynklinale, während das Paranábecken eine flache epikontinentale Geosynklinale wurde. Während am Westrand des Paraná-Beckens im Silur zunächst lange Zeit festländische Aufschüttung vor sich ging (etwa 1000 m Basalkonglomerat und Sandstein von Caapucú), hat der sich einsenkende Chaco-Trog schon zur marinen Geosynklinale des andinen Raumes gehört. Marine grobkörnige Sedimente in anscheinend geringerer Mächtigkeit als in Ost-Paraguay wurden während des Gotland im Chaco-Becken abgelagert (Sandstein mit *Arthropycus*).

In den „Sandsteinen von Eusebio Ayala“ wurde Ost-Paraguay kurzfristig an ein epikontinentales Silur-Meer angeschlossen, mit großer Wahrscheinlichkeit an das des Amazonas-Troges. Das Gotland dieses Troges ist ebenfalls durch sandige Fazies mit Graptolithen gekennzeichnet.

Die Transgression im Llandovery (Silur) fand ihren Höhepunkt zur Zeit der Ablagerung der weißen Tone von Vargas Peña.

Zu Beginn des Devon wurde die zentral-paraguayische Schwelle und das übrige Ost-Paraguay wieder Hoch- und Abtragungsgebiet: keine Ablagerungen dieser Zeit sind in Ost-Paraguay nachweisbar. Dagegen erfolgte im marinen Chaco-Becken als Teil des Subandin eine weitere und beschleunigte Eintiefung. Die Devon-Fauna hat ausgesprochen australen Charakter. Sandige Fazies und Verzahnung von Sandsteinlinsen mit tonigen Sedimenten sind auf die östliche Randzone der Geosynklinale beschränkt. Die zentral-paraguayische Schwelle und ihre nördliche Fortsetzung waren Lieferanten der Sandschüttung. Im Beckentief erfolgte die Ablagerung vorwiegend feinkörniger Sedimente (bituminöse Schiefertone, feinstkörnige dichte tonige Sandsteine). Das Unter-Devon-Meer hat wohl vom Norden her aus dem amazonischen Raum den Ostteil des Paraná-Beckens erreicht, wo die Ponta Grossa-Schiefer eine kurzfristige Transgression in Süd-Brasilien bezeugen. Wie weit diese Transgression im Paraná-Becken nach Westen gereicht hat, ist vorläufig unbekannt. Sie hat Ost-Paraguay jedenfalls nicht erreicht. Gegen Ende des Unter-Devon zog sich das Meer aus Paraguay zurück und drang, nach unseren bisherigen Kenntnissen über den Ablauf der geologischen Geschichte, nicht mehr in diesen Raum ein: Ost- und West-Paraguay blieben Festland. Seit dem Ende des Unter-Devon haben die beiden Landesteile weitgehend verschiedene Schicksale gehabt.

Der Chaco-Trog wurde das Sammelbecken für festländischen Schutt vorwiegend roter Farbe, der von der Abtragung der paläozoischen Ur-Kordillere im Westen stammt. Wir wissen nicht, aus welcher Zeit die ältesten Schichten dieser Red Beds stammen. Ein größerer Teil der Schichten dürfte der Trias entsprechen; mit guten Gründen wird angenommen, daß diese fluviatil-limnischen Ablagerungen bis ins Tertiär hinein in gleicher Fazies angehalten haben. Neben einem Basal-Konglomerat ist es mehrfach in den Red Beds zur Bildung konglomeratischer Lagen und Linsen gekommen. Die in den Tiefbohrungen Santa Rosa, Pirizal und Orihuela angetroffenen Konglomerate der Red Beds haben als Komponenten gutgerundete Quarze, aber auch Sandsteine, Schiefertone und reichlich

Quarzitbrocken, die nur wenig gerundet sind. Diese Gerölle sind Abtragungsprodukte der paläozoischen Schichten von den Randgebieten der Geosynklinale bzw. von gehobenen Schollen. Sie stammen mit größter Wahrscheinlichkeit aus dem östlichen und nordöstlichen Chaco, wo wir, ja wissen, daß das Devon nicht mehr erhalten ist.

Gips und Anhydrit in den Red Beds dürfen als Anzeichen von steppen- oder vielleicht wüstenhaftem Klima gewertet werden.

Während der *Gondwana*-Zeit (Ober-Karbon bis jüngeres Mesozoikum) war das Gebiet der zentral-paraguayischen Schwelle Hoch- und Abtragungsgebiet, das östliche Paraguay dagegen Aufschüttungsbereich.

Im späten *Ober-Karbon* griff das Inlandeis auf ganz Ost-Paraguay über; glaziale Gesteine füllten das Paraná-Becken. Die Anwesenheit von zahlreichen Porphyrgeschieben, Hämatit, Porphyrbrocken mit Hämatit in den Endmoränen der *Gondwana*-Eiszeit in Nordost-Paraguay (bei Cerro Corá) ist von erheblichem paläogeographischem Interesse (S. 63). Stehen doch die gleichen Gesteine im Südteil der zentral-paraguayischen Schwelle, im Gebiet von Caapucú bis Villa Florida an!⁹⁾ Wir dürfen annehmen, daß die Vereisung von Süden nach Norden vorgestoßen ist, analog den neuen Erkenntnissen in Süd-Brasilien (BEULEN [1955], PUTZER [1955]).

Nach einer Erosionsperiode wurden im südlichen und mittleren Ost-Paraguay während des *Perm* fluviatile bis limnische Sandsteine und Siltite abgesetzt, während der Nordosten des Landes frei von permischen Ablagerungen blieb und Hebungsbereich war. Nach dem *Perm* kam es zu weiträumiger Abtragung und Erosion.

In der *Trias* wurde das Paraná-Becken mit roten Sandsteinen fluviatiler und äolischer Herkunft gefüllt. In Ost-Paraguay wurden, mit Ausnahme des äußersten Nordostens, der Ablagerungsfrei blieb, vornehmlich fluviatile oder limnische feinkörnige Sandsteine auf einer Erosions-Oberfläche abgesetzt. Dieser Misiones-Sandstein griff weit über den Westrand des ursprünglichen Paraná-Beckens hinweg und bedeckte wenigstens große Teile, wenn nicht gar völlig die zentral-paraguayische Schwelle. Ein wesentlicher Teil der Red Beds des Chaco-Troges dürfte zeitlich dem Misiones-Sandstein entsprechen.

Bisher war das paraguayische Gebiet unberührt von vulkanischen Ereignissen. Nach der *Trias*, wahrscheinlich im frühen Jura, wurde das Paraná-Becken und sein westlicher Rand, die zentral-paraguayische Schwelle, von germanotyper Tektonik betroffen, die sich im Aufreißen von Zerrungsspalten und Schollen-Verstellungen äußerte. Diese Spalten wurden, wie im brasilianischen Teil des Beckens, die Aufstiegskanäle für die basaltischen, doleritischen und tholeyitischen Lavamassen der Serra Geral-Formation. Ost-Paraguay war damals wirklich der Rand des Paraná-Beckens, denn die Deckenbasalte sind mit 100 bis 200 m Mächtigkeit in Ost-Paraguay erheblich geringer mächtig als in São Paulo, Paraná und Santa Catarina.

⁹⁾ Quantitative spektral-analytische Untersuchungen, die 1958 in der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, durchgeführt wurden (Analytiker Dr. FESSER), ergaben die Identität der Porphyrgeschiebe und Hämatit-Geschiebe aus Itapopó mit entsprechenden anstehenden Gesteinen aus dem Raum Caapucú.

Etwa gleichzeitig oder wenig später (Kreide) mit den Laven der Serra Geral-Formation sind jene Alkali-Gesteine aufgedrungen, die als Erguß-Gesteine (Basalte), vulkanische Necks und Gänge (Phonolith, Basalt, Diabas, Porphyrit) und als kleine und mittelgroße Tiefengesteinsstöcke (Essexit, Shonkinit, Foyait und Syenit) am Rand des Paraná-Beckens die Sedimente des Silur und *Gondwana*, sowie auf der zentral-paraguayischen Schwelle das Präkambrium durchstoßen haben.

Die *Kreidezeit* hat über den Deckenbasalten nur unbedeutende festländische Ablagerungen hinterlassen: rötliche und helle fluviatile Sande und schwach verfestigte äolische Sandsteine der Caiuá-Formation (die evtl. noch zum Jura gehören können) und in geringem Umfang Residualschotter des oberkretarischen Baurü-Sandsteins.

Aus der *Tertiär*-Periode sind mit Sicherheit nur lokale unbedeutende Ablagerungen kontinentaler Entstehung erhalten, die aus dem jüngsten Tertiär einige Säugetierreste geliefert haben.

Im Tertiär und besonders im *Pleistozän* hat sich die jetzige Landoberfläche entwickelt. Die tieferliegenden Gebiete wurden mit quartärem, meist feinkörnigem Schutt angefüllt. Pleistozänes Alter dürften die trockengelegten Talssysteme (cañadas) im Chaco Boreal haben, sowie in Ost-Paraguay die Hängetäler auf dem Basalt-Plateau; auch das Cañon des Rio Paraná ist bereits seit dem Pleistozän vorhanden.

Die jüngste Auffüllung des Chaco-Troges, die zur Bildung der riesigen quartären Ebene geführt hat, dürfte im späten Tertiär begonnen haben, als die letzte große Orogenese der Anden, die *Quechua*-Phase im Pliozän stattgefunden hatte. Mit der spätertertiären Heraushebung der Anden ging eine intensive Abtragung Hand in Hand. Das Abtragungsmaterial wurde im östlichen Vorland, dem Chaco, abgesetzt. Diese Vorgänge dauerten im Pleistozän verstärkt an, nachdem die Vereisung der Kordillere ihrem Ende zuzuging und die wasserreichen Schmelzwässer sehr große Sedimentmengen in den Chaco transportierten.

VII. Mineralische Rohstoffe

Seit der Zeit der spanischen Eroberung haben Fachleute aus aller Welt nach lohnenden Erzvorkommen in Paraguay gesucht. Außer einigen bauwürdigen Lagerstätten von nichtmetallischen Rohstoffen und hoffnungsvollen Erdölspuren sind bis heute keine bedeutenden Lagerstätten entdeckt worden. Vor allen Dingen fehlen größere Lagerstätten an Erzen. Diese offensichtliche Armut des Landes an Rohstoff-Lagerstätten wird verständlich, wenn man den geologischen Aufbau und die geologische Entwicklung Paraguay's in Betracht zieht.

Die relativ besten Aussichten für Erzvorkommen und einige wichtige Industriemineralien (z. B. Glimmer) würden die metamorphen Gesteine des präkambrischen Untergrundes bieten. Leider liegen nur verhältnismäßig kleine Flächen dieses alten Fundaments im Norden und Süden der zentral-paraguayischen Schwelle an der Oberfläche. Weitaus der größte Teil dieser theoretisch hoffigen

Gesteine ist durch mächtige Sediment-Schichten vom ? Kambrium bis Holozän bedeckt und damit der direkten Beobachtungsmöglichkeit entzogen.

Die sedimentären Füllungen des Paraná- und Chaco-Beckens sind weder ihrer Fazies noch ihrer geologischen Entstehung nach für Erzvorkommen aussichtsvoll. Die Laven der Serra Geral-Formation in Ost-Paraguay haben lagerstättenkundlich nicht als hoffig zu gelten, und Untersuchungen an jüngeren kristallinen Gesteinen der Alkali-Sippe haben bisher zwar die Anwesenheit von Erzspreuren ergeben, aber keine wirtschaftlich ausbeutbaren Lagerstätten.

Andererseits sind Vorkommen mineralischer Rohstoffe nichtmetallischer Art bekannt, die qualitativ und quantitativ mit wirtschaftlichem Gewinn abgebaut werden können: Talk, Pyrophyllit, Farberden, Kaolin, Kalkstein, Baustoffe, Torf und Tone verschiedener Art. Im westlichen und südlichen Chaco darf vielleicht mit Erdöl- und Erdgasvorkommen gerechnet werden. In Ost-Paraguay kann die Existenz von Bauxiten angenommen werden. Der Nachweis bauwürdiger Lagerstätten erfordert jedoch noch Einsatz erheblicher Mittel. Um Petroleum im Chaco zu erschließen, sind kostspielige geophysikalische Untersuchungen und zahlreiche Tiefbohrungen nötig. Für die anderen Rohstoffe bedarf es sorgfältiger Spezialkartierungen und einer geologischen Landesaufnahme, die ihrerseits eine topographische Kartenaufnahme und ausgebildete Geologen voraussetzen.

1. Brennstoffe

Kohlen

Bauwürdige Vorkommen von Kohlen sind nicht vorhanden. Im Oberkarbon ist es im ost-paraguayischen Gebiet offenbar nicht zur Bildung von Gondwana-Kohlen gekommen, wie im Osten und Süden des Paraná-Beckens. Eine Probe Glanzkohle vom Oberlauf des Rio Pirapó, eines kleinen rechten Nebenflusses des Alto Paraná, nordöstlich von Encarnación, wurde nach Untersuchung der Sporen durch die Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, als Kreide oder ? Tertiär eingestuft. Der Fund stammt aus Sanden des wahrscheinlich unterkretazischen Caiuá-Sandsteins, einer festländischen Ablagerung über den Deckenbasalten. Das Kohlen-Vorkommen dürfte eine kleine, unbedeutende Linse in diesen Sanden darstellen.

Torf

Vorkommen von Torf in erheblicher Mächtigkeit sind im Alluvium des Rio Paraguay bei Pilar nachgewiesen. Der genaue Umfang der Vorkommen ist noch nicht durch Bohrungen festgestellt worden. Es soll sich um ausgedehnte Lager handeln. Mit der Anwesenheit anderer Torfvorkommen ist im Alluvium des mittleren Paraná und des Unterlaufs des Rio Paraguay bis zu ihrem Zusammenfluß zu rechnen. Bei dem Mangel an anderen Energieträgern — außer Holz und Wasser — sollten diese Torflager systematisch durch Bohrungen untersucht, ihre Reserven festgestellt und die Verwertbarkeit des Torfes geprüft werden.

Erdöl und Erdgas

Ost-Paraguay ist mit sehr großer Wahrscheinlichkeit als ölfrei zu betrachten. Weder die unterdevonischen Bitumen-Schiefer von Ponta Grossa, noch die bituminösen Kalke und Schiefer der permischen Irati-Formation reichen aus Paraná nach Ost-Paraguay hinein.

In West-Paraguay, im Chaco Boreal, sind die gleichen Ölmuttergesteine vorhanden, die im westlich anschließenden bolivianischen Chaco und im südwestlich anschließenden argentinischen Chaco als ölführend nachgewiesen sind, nämlich die bituminösen Schiefertone, mit eingeschalteten tonigen Sandsteinen, des Unterdevon. Als mögliche Speichergesteine für sekundäre Öl- und Gas-Lagerstätten kommen im Chaco-Becken die Sandsteine des Unterdevon und der Red Beds in Frage. Auch ist mit der Möglichkeit tektonischer Öl-Lagerstätten an großen Störzonen, oder mit stratigraphischen Fallen zu rechnen. Bis heute sind viermal sichere Öl- und Gas-Spuren im Chaco gefunden worden:

Bohrung Picuiba, Endtiefe 2290 m, traf Erdöl und Gasspuren in feinkörnigen Sandsteinlagen in folgenden Tiefen an: 1172 bis 1175 m, 1215 bis 1225 m, 1270 bis 1273 m, 1350 bis 1356 m und 1880 bis 1892 m.

Bohrung Santa Rosa, Endtiefe 2310 m, traf Gasspuren in Sandstein und sandigen Schiefertönen in 1709 bis 1744 m und 1799 bis 1833 m.

Bohrung Mendoza, Endtiefe 3242 m, traf Erdgas in 2700 m an.

Im November 1957 zog der Verfasser eine Erdölprobe aus einer 50,5 m tiefen Wasser-Bohrung, nahe der Aufschluß-Bohrung Picuiba, 1 km östlich des Feldflughafens Nueva Asunción (ex-Picuiba), die 1949 niedergebracht worden ist. Eine 0,40 m dicke Schicht braunen Erdöls schwamm in 20 m Tiefe auf einer bis zur Brunnensohle reichenden Emulsion aus Süßwasser und Erdöl.

Die in Hannover analysierte Erdölprobe ergab:

Spezifisches Gewicht	0,878	Feststoffe	0,11 %
Hartasphalt	Spuren	Wassergehalt	0,2 %
Paraffin	7,12 %	Salzgehalt	0,003 %
Schwefel	0,36 %	Flammpunkt	+91° C
Asche	0,19 %	Stockpunkt	-25° C
Viskosität	185,6 Centist. bei 20° C, 60,46 Centist. bei 40° C, 25,95 Centist. bei 60° C		

Wegen ihrer großen geologischen Bedeutung als bisher einzige Aufschlüsse des Untergrundes im Chaco Boreal und als Anhalt für zukünftige Bohr-Projekte sollen die Profile der neun Bohrungen hier summarisch mitgeteilt werden. Die Lage der Bohrungen ist aus der geologischen Karte zu ersehen.

Bohrung PICUIBA, angesetzt + 346 m über dem Meeresspiegel,

Känozoikum von 0 bis etwa 540 m: nicht oder nur wenig verfestigte bunte, meist sandige Schichten.

Red Beds von etwa 540 bis 958 m: oben grüne und graue, unten rötliche sandige Ablagerungen mit z. T. ausgeprägter Kreuzschichtung und Geröllführung.

Devon von 958 bis 2290 m (Endtiefe): rote Schiefertone von 958 bis 1054 m; helle, fein- bis mittelkörnige, kreuzgeschichtete Sandsteine mit bläulichen und rötlichen Siltiten, von 1054 bis 1100 m; von 1100 m ab dunkle, glimmerhaltige feinschichtige Schiefertone mit Pyrit und mariner Fauna (ab 1150 m); feinkörnige Sandsteinlagen sind der gesamten Folge eingeschaltet. Die Schichten fallen ganz flach, bis 10° W ein.

Bohrung SANTA ROSA, angesetzt + 300 m über dem Meeresspiegel, Känozoikum von 0 bis etwa 600 m: Sande und Tone der Chaco-Sedimente, an der Basis 3 m Konglomerat in lehmiger Grundmasse.

Red Beds von etwa 600 bis 925 m: vorwiegend sandige rötlich-braune Schichten mit kleinen Geröllen; nahe der Basis ein Konglomerat aus Sandsteinen, Schiefertönen und „siliceous material“ (Quarzit?). In höheren Lagen treten kalkige Konkretionen auf. Sandige Kalksteine mit rötlichen und grauen Quarzitgeröllen von 833 bis 839 m.

Devon von 925 bis 2198 m: dunkle, feingeschichtete, sehr glimmerreiche Schiefertone bis etwa 1350 m, mit marinen Fossilien. Sie werden unterlagert von dunklen, pyritischen Schiefertönen mit Sandstein- und Siltitlagen. Dünne Kalksteinlagen treten in 2170 m und 2193 m auf. Flache Fallwinkel, mit Ausnahme von 40° in 1350 m, die wohl auf eine Störung zurückzuführen sind.

Silur von 2198 bis 2310 m (Endtiefe): fossilfreie quarzitisches Sandsteine und harte, sandige, glimmerhaltige Schiefertone.

Bohrung LA PAZ, angesetzt in + 221,5 m über dem Meeresspiegel, Känozoikum von 0 bis etwa 590 m: Sande und etwas Ton, Chaco-Sedimente
Red Beds von etwa 590 bis 1396 m: vorwiegend rote und rotbraune Tone, Schluff und daneben Sande, etwas toniger Kalk in 1280 m.

Devon von 1396 bis 2200 m: dunkle feingeschichtete, glimmer- und pyrit-haltige Schiefertone bis 1540 m; harte, glimmerreiche, graue Sandsteine bis 1830 m; Schiefertone und Sandsteine bis 2200 m.

Silur von 2200 bis 2210 m (Endtiefe): harter Quarzit.

Bohrung PIRIZAL, angesetzt in + 192 m über dem Meeresspiegel, Känozoikum von 0 bis etwa 560 m: vorwiegend tonige Chaco-Sedimente

Red Beds von etwa 560 bis 3148 m (Endtiefe): in den vorwiegend roten sandigen Schichten (mit deutlicher Kreuzschichtung) wurden Anhydrit in 2267 m, Gipse in 1696 m und 1702 m, kohliges Material zwischen 1668 m und 1671 m sowie zwischen 1676 m und 1687 m, und Konglomerate zwischen 1668 m und 1671 m sowie von 2021 m bis 2031 m beobachtet.

Das Ergebnis der Bohrung Pirizal ist bemerkenswert sowohl wegen der außerordentlichen Mächtigkeit der Red Beds (über 2500 m) als auch, weil deren Liegendes, das Devon, nicht angebohrt wurde.

Bohrung ORIHUELA, angesetzt in + 131 m über dem Meeresspiegel, Känozoikum von 0 bis etwa 600 m: tonig-sandige Chaco-Sedimente

Red Beds von etwa 600 bis 1914 m: vorwiegend rote, sandige, daneben tonige Schichten; Anhydrit-Gehalt zwischen 1838 m und 1883 m, weißer Kalksandstein bei 1080 m; starke Geröllführung (Konglomerat?) zwischen 1015 m und 1073 m, Basis-Konglomerat zwischen 1838 m und 1880 m.

Devon fehlt.

Silur von 1914 bis 2046 m (Endtiefe): weißer Quarzit-Sandstein.

Bohrung MADREJON, angesetzt in etwa + 220 m über dem Meeresspiegel,

Känozoikum von 0 bis 137 m: feinsandige und tonige Chaco-Sedimente.

Red Beds von 137 bis 1524 m: vorwiegend graue Schiefertone, Einzelheiten nicht bekannt.

Devon fehlt.

Silur von 1524 bis 1727,60 m (Endtiefe): weißer und grauer Quarzit.

Bohrung LOPEZ angesetzt in etwa + 180 m über dem Meeresspiegel,

Känozoikum von 0 bis 183 m: feinsandige Chaco-Sedimente.

Red Beds von 183 bis 1494 m: rote sandige Schichten mit Einschaltung rötlicher Schiefertone und Siltite, an Basis ein mächtiges Konglomerat.

Silur von 1949 bis 1736,45 m (Endtiefe): Quarzit.

Die Profile der beiden rund 200 km entfernten Bohrungen Madrejon und Lopez sind sehr ähnlich; sie beweisen den Ausfall des Devon östlich und südlich des Massivs vom Cerro León.

Bohrung LAGERENZA, angesetzt in etwa + 310 m über dem Meeresspiegel,

Känozoikum von 0 bis etwa 884 m: sandige und tonige lockere Chaco-Sedimente.

Red Beds von etwa 884 bis etwa 1200 m: graue Schiefertone, Einzelheiten nicht bekannt.

Devon von etwa 1200 bis 2713 m: dunkle glimmerhaltige und pyritführende Schiefertone mit Feinsandstein-Linsen.

Silur von 2713 bis 2895,60 m (Endtiefe): Quarzit.

Bohrung G. MENDOZA, angesetzt in etwa + 360 m über dem Meeresspiegel,

Känozoikum von 0 bis 396 m: sandige Chaco-Sedimente.

Red Beds von 396 bis etwa 1490 m: graue Schiefertone und sandige Schichten, Einzelheiten nicht bekannt.

Devon von etwa 1490 bis 3048 m: die obersten etwa 80 m sind feinkörnige Sandsteine mit erheblichem Glimmergehalt, darunter folgen sandige, feinschichtige, dunkle Schiefertone mit viel Glimmer.

Silur von 3048 bis 3242,20 m (Endtiefe): Quarzit.

Ein weiteres Vorkommen gleicher Art ist ein aufgelassener Tagebau, 6 km SE Caapucú bei km 148 westlich der Straße Caapucú — Villa Florida. Der linsenförmige Erzfall ist 40 m lang, 4 m breit und streicht N 15°. Das Vorkommen ist völlig abgebaut. Auf der Halde findet man noch Spuren von schuppigem Eisenglanz.

Nordöstlich Paso Pindó liegt 300 m NE des nördlichsten Schurfes auf Kupfererz ein unverritztes Vorkommen von derbem Magnetit und Hämatit in grobkörnigem porphyrischem Granit. Der Ausbiß liegt in der Pampa-Ebene, nur 2 m über dem Niveau des Arroyo Pindó und ist auf einem Reitweg, 6 km von der Ruta I, zu erreichen. Eine Durchschnittsprobe ergab (Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, 1957):

36,02 % Fe	0,14 % V ₂ O ₅
44,41 % SiO ₂	0,01 % TiO ₂

Das Erz enthält nach ECKEL (1959) weder S noch P. Das Vorkommen ist einer weiteren Untersuchung wert.

Im Gelände der Estancia Las-Casuarinas bei Mburicacy liegt 23 km östlich der Ruta I, 8 km östlich obiger Estancia in der Pampa, ein Schurf aus der Zeit des Krieges von 1864 bis 1870. Schuppiger Hämatit mit Quarz tritt als Kluffüllung einer Brekzie aus rosa Porphyry auf. Die vererzten Klüfte sind wenige mm bis 20 cm mächtig. Derber Hämatit und Limonit mit etwas Quarz bilden den Eisernen Hut. Der abgebaute Erzfall streicht N 100° und ist 40 m lang.

Ein Lagergang aus Magnetit im präkambrischen Quarzit mit NE-Streichen ist bei Yta-cuê, 3 km NE San Miguel nach DU GRATY (1862) abgebaut worden. Nach diesem Autor hatte das Erz einen Gehalt von:

31,9 % Fe	1,73 % MnO ₂
50,29 % SiO ₂	4,57 Al ₂ O ₃

Geschiebe dieser Erze aus Eisenglanz, derbem Hämatit und Magnetit kommen mit ihrem porphyrischen Nebengestein 450 km weiter im NNE bei Itapopó (Departamento Amambay) in einem Tillit, einer Endmoräne der letzten Gondwana-Eiszeit vor, und beweisen die Richtung des Eisvorstoßes von Süden nach Norden.

Die Eisenerzvorkommen sind 1847 entdeckt und nach 1854 in Betrieb genommen worden. Die Erze wurden in einem noch als Ruine erhaltenen Hochofen in Ybycui verhütet. Als Flußmittel diente Mergel aus Paraguari. Der Hochofen hatte eine Kapazität von 5000 Pfund Erz und 5000 Pfund Holzkohle; die 12-Stunden-Charge ergab 1000 bis 1100 Pfund hochwertiges Eisen. Analysen (DU GRATY [1862]) des Eisens erschmolzen aus Erz von:

	Caapucú	75 % Caapucú 25 % San Miguel
Fe	95,78 %	96,60 %
C	2,76 %	2,05 %
Si	1,17 %	1,00 %
S	—	—
P	—	—
Glühverlust	0,29 %	0,35 %
	100,00 %	100,00 %

Limonitische Residual-Erze: Bei der laterischen Verwitterung der Deckenbasalte haben sich im östlichen Paraguay regional poröse Limonite aus den Magnetit-Körnern der Laven gebildet. Diese „Canga“ benannten Erze sind locker oder verfestigt. Die lockeren Erze sind Körner und Knollen von Limonit, oft mit dunkelbrauner glänzender Rinde, die in der „terra rossa“ vereinzelt auftreten, aber auch als lagen- und linsenförmige Erzkörper von wenigen cm bis über 2 m angereichert sein können. Sekundär sind diese konkretionären Erze durch Brauneisen zu harten Krusten verfestigt. Praktisch ist der regional verbreitete Laterit ein armes, kiesel-säurereiches Brauneisenerz. Diese „Canga“ enthält 22 % bis 38 % Fe, 19 % bis 51 % SiO₂, 6 % bis 13 % Al₂O₃ und 1,2 % bis 2,6 % TiO₂. Vorkommen liegen u. a. SE Bella Vista, W Pedro Juan Caballero, E Caazapá, zwischen Carmen del Paraná und Encarnación, N Hohenau. Die „Canga“ wird wegen ihrer weiten Verbreitung und leichten Gewinnbarkeit in dem baustoffarmen Gebiet als Straßenbaustoff und zum Bau von Mauern benutzt.

Magnetit-seifen: Durch heftige Regen werden im Verbreitungsgebiet der Deckenbasalte feinstkörnige Magnetit- und Titanomagnetitkörner aus den verwitterten Laven zusammengeschwemmt und bilden Schwermineralseifen in fast jedem Wasserriß, an den Ufern kleiner Bäche, aber auch in den Radschienen und Schlaglöchern auf der roten Laterit-Erde. Die Metallgehalte dieser Seifen liegen zwischen 20 % bis 40 % Fe, 3 % bis 20 % TiO₂ und 0,01 % bis 0,02 % V₂O₅. Derartige Seifen sind nicht bauwürdig, da ihre Ausdehnung und Vorräte zu gering sind.

Manganerze

In Ost-Paraguay sind häufig Imprägnationen und Kluffüllungen von schwarzen Manganoxiden (hauptsächlich Psilomelan) in Sandsteinen des Silur und der Trias. Es handelt sich um deszendente Bildungen aus Verwitterungslösungen, die meistens nur an die Oberfläche der Ausbisse gebunden sind, und denen wegen zu geringer Metallgehalte von 2 % bis 11 % Mn und zu hohem Kieselsäuregehalt keine wirtschaftliche Bedeutung zukommt.

Eine ebenfalls deszendente Ganglagerstätte existiert bei Emboscada, wo hochprozentiger Pyrolusit eine Störzone im „Sandstein von Caacupé“ (Unter-Silur) vererzt hat.

Mangan-Imprägnationen im Misiones Sandstein: Eine flache Erhebung, 2 km westlich von San Juan Bautista besteht aus schwarz imprägniertem konglomeratischem Sandstein an der Basis der Misiones-Formation. Die Schichten streichen E—W und fallen mit 20° bis 35° nach S ein. Das grobkörnige Gestein ist völlig mit Psilomelan imprägniert, der das Bindemittel verdrängt und zum Teil die Quarzkörner mit einer Haut aus Manganoxyd umhüllt hat. Nieriger Psilomelan bedeckt zuweilen als Kruste die Oberfläche und bildet Erznestern entlang den Schichtflächen. Die Mächtigkeit der Imprägnationszone reicht von 1 m bis 5 m. Die Erze enthalten 23 % bis 27 % Mn, 1,5 % bis 1,8 % Fe, 44 % bis 48 % SiO₂ und 0,1 % bis 0,5 % Cu.

Nach dem Gipfelplateau des aus düsterrotem Arkose-Sandstein bestehenden Zeugenberges Cerro Yaguarón, SW der gleichnamigen Stadt, treten ähnliche Mn-Vererzungen auf. Psilomelan imprägniert in Flecken, Nestern, konzentrisch angeordneten Streifen und von den Schichtfugen aus den meist mürben Sandstein. Außerdem treten mm bis einige cm dicke Krusten aus derbem und niedrigem Psilomelan in Spalten der Hauptklüftung N 130° bis 140°, N 160° (Zerrklüfte) und N 30° (Abb. 52) auf. Der Metallgehalt des geklaubten Erzes liegt unter 15 % Mn.

Spärliche Imprägnationen ähnlicher Art kommen im Misiones-Sandstein SE Villeta, im Silur-Sandstein westlich Carapeguá, zwischen Altos und Atyra und an anderen Orten vor. Diese armen Erze haben nur 2 % bis 7 % Mn; sie treten stets auf den Kämmen der Hügel und auf der Hochfläche auf. Diese Vorkommen sind wegen Mangel an Reserven nicht bauwürdig.

Ganglagerstätte Emboscada: Die Pyrolusit-Lagerstätte Emboscada (Departamento Cordillera) liegt 5 km NE des Ortes. Die Zufahrt ist mit Jeep von Asunción über Limpio (37 km) oder über San Bernardino (50 km) bis zum Schacht möglich. Kristalliner und derber sowie niedriger reiner Pyrolusit ist an eine N 160° bis 170° streichende vertikale Zerstörung gebunden, die das Nordwestende der Staffelbrüche von Ypacarai darstellt. Das Nebengestein, der hier weiße grobkörnige Sandstein der tiefsten Schichten des Silur, ist im Bereich des 12 m tiefen Schächtchens auf 3 m bis 4 m Breite von klaffenden Spalten durchzogen, die unregelmäßig mit dünnem und gelegentlich bis 20 cm breitem Pyrolusit-Erz ausgefüllt sind. Weitgehend ist der Sandstein zertrümmert und bildet

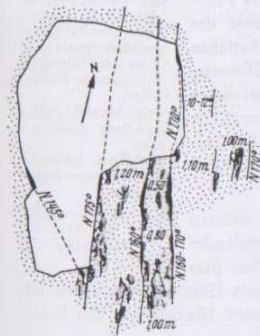


Abb. 58. Pyrolusit-Vererzung in der Störzone von Emboscada, Kärtchen des Schachtes Nr. 3

Fig. 58. Mineralización por pirolusita en la arenisca silúrica en Emboscada, pozo no. 3

mit Pyrolusit vererzte Breckzie		brecha con pirolusita
Silursandstein		arenisca silúrica
reiner Pyrolusit		pirolusita pura
Zahlenangaben in m		cifras en metros

Brekzien, deren Zwischenräume und Fugen durch Pyrolusit vererzt wurden (Abb. 58, 59). Auf etwa 2 km enthält die Fortsetzung der Störzone unregelmäßige und dünne Manganvererzungen, ohne einen weiteren Erzfall gebildet zu haben. Die Klufvererzung keilt rasch nach unten aus.

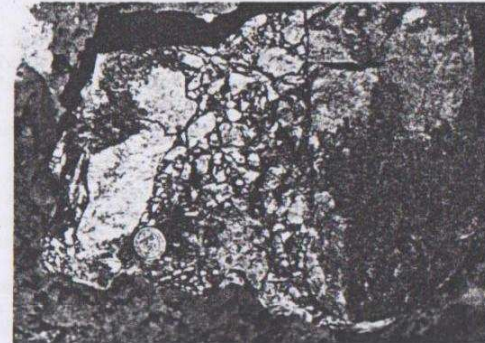


Abb. 59. Pyrolusit-Breckzie im Silur-Sandstein von Emboscada, Pozo 3
weiß: Sandstein grau: Pyrolusit

Fig. 59. Brecha de la arenisca silúrica cementada por pirolusita, Emboscada
blanco: arenisca gris: pirolusita (Foto: Nielsen)

Geklaubter Pyrosulit der kleinen Lagerstätte lieferte folgende Analysenwerte:

Tabelle 10 Analyses von Manganerzen
Cuadro No. 10 Analyses de minerales de manganeso
in %

Mn	Fe	SiO ₂	BaO	Co	Ni	Pb	Cu	As
46,85	1,44	6,56	2,93	0,033	0,029	0,082	0,05	0,031
46,85	2,42	?	8,64	0,072	0,042	0,075	0,07	0,075
51,14	1,44	5,75	2,93	0,033	0,029	0,082	0,05	0,031
49,43	0,63	0,58	9,60	0,01	0,003	0,01	?	?
49,27	0,25	0,45	13,06	0,01	0,002	0,015	?	?

Analysen des Bundesamtes für Bodenforschung, Hannover
(1957/1958, Analytiker: Dr. GUNDLACH)

Auch diese Vererzung ist als deszendend zu erklären. Manganhaltige Verwitterungslösungen haben von der Oberfläche aus klaffende Spalten im Sandstein und die Fugen der Breckzien erreicht und dort ihren Metallgehalt ausgefällt. Die Bindung an SSE-streichende Zerrspalten, die jünger als Trias sind, beweist, daß die Manganvererzungen nach der Ablagerung der Trias und nach der Bildung der Störungen entstanden sind.

Die sichtbaren Reserven der Lagerstätte von Emboscada betragen einige 100 t reine hochprozentige Erze und einige 1000 t ärmere Breckzien-Erze. Im manuellen Betrieb ist eine kleine Produktion reicher Erze möglich; zur Zeit findet kein Abbau statt.

Kupfererze

Sämtliche Spuren von gediegenem Cu in den Basaltmandelsteinen sind unbauwürdig. Sie haben zur Bildung der Legende von reichen Kupfervorkommen gegeben, die angeblich von den Jesuiten ausgebeutet worden sind. Kupferkies tritt sporadisch in Quarzgängen im Präkambrium bei San Miguel und am Fuß des Cerro Cristo Redemptor auf; auch diesen Vererzungsspuren kommt keine wirtschaftliche Bedeutung zu.

Das einzige größere und wirtschaftliche interessante Vorkommen an Kupfererz ist P a s o P i ñ o, 6 km östlich der Straße Caapucú — Villa Florida nördlich des Bogens des Rio Tebicuary (Abb. 57). Hier durchsetzt eine Zertrümmerungszone mit ENE-Streichen rosa Quarzporphyr und feinkörnigen rosa-grauen Aplit des Grundgebirges. Längs der Bruchzone besteht das Gestein aus einer Brekzie, deren Fugen und Zwickel ebenso wie die feinen Klüfte im nicht zertrümmerten Nebengestein von Malachit und etwas Azurit ausgefüllt sind. Es ist nicht zur Ausbildung eines gut ausgeprägten Erzganges gekommen. Die Malachit-Füllung der Klüfte ist nur wenige mm mächtig und unregelmäßig, während in der 2 m bis 4 m breiten Brekzie das eigentliche Kupfererz bis 5 cm breit wird. Die früher angelegten Schürfe haben die Lagerstätte bis 4 m Tiefe, bis in den Grundwasserspiegel, auf eine streichende Länge von 40 m bei 2 m bis 5 m Breite aufgeschlossen. Etwa 200 m nach ENE ist die Störzone nur noch ganz schwach vererzt. Analysen von geklaubten Malachit der Brekzienzone (Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, 1958) ergaben 2,6 % bis 6,28 % Cu, sowie unbedeutende Spuren von Selen (0,0001 % bis 0,0005 %). Die primäre Zone der epithermalen Vererzung mit Kupfer-Sulfiden ist nirgends angeschnitten.

Radioaktive Mineralien

Im groben Blockschutt des obersten Tillit „Nioaqué“ der oberkarbonen Eiszeit wurden am Cerro Itapopó (Abb. 38), 6 km ENE des Militärlagers Cerro Corá, vom Verfasser strahlende Mineralien gefunden. Es handelt sich um Geschiebe eines syenitischen Gesteins mit erheblichem Gehalt an Monazit. Die bei der Bundesanstalt für Bodenforschung ausgeführte Analyse ergab 7,75 % Th und 870 ppm U. Die monazit-haltigen Geschiebe befinden sich in Gesellschaft von Geschieben von Gneis, kristallinen Schiefen, Quarzit, Turmalingranit, Glimmerschiefer, reichlich Porphy, Sandstein, Hämatit, Spekularit und Magnetit. Transport durch das Inlandeis aus dem Süden, aus dem Gebiet um Caapucú, wird angenommen.

Angaben über Funde von Bleierz, Quecksilber, Zinnstein und Wolframit entbehren bis heute der Beweise.

3. Nichtmetallische Industrie-Mineralien

Glimmer

Zwei Vorkommen nahe dem linken Ufer des Rio Apa sind bekannt und standen zeitweise in Abbau: P u e n t e c i ñ o und Q u i é n S a b e, beide im Departamento Concepción. Puentecíño bei Caracol liegt 38 km NW Toldo-cué

und ist nur auf schlechtester Erdstraße erreichbar. Ein zonar aufgebauter Pegmatit (Abb. 60) schneidet mit N 160° bis 170° Glimmerschiefer und Augengneis, die N 80° streichen. Der aufgeschlossene Gang ist 2 m bis 5 m mächtig und an zwei etwa 100 m auseinanderliegenden Stellen angeschürft. Am scharf ausgeprägten Salband treten in unregelmäßigen Nestern Glimmerbücher auf. Die mächtige mittlere Zone des Pegmatit besteht aus m²-großen gelblichen Mikroklin- und Orthoklas-Kristallen, zum Teil in schriftgranitischer Verwachsung mit grauem Quarz. Die Kernzone des Ganges besteht aus 0,50 m bis 1,50 m mächtigen Linsen aus Milchquarz. In diesem Gang hat BOETTNER (1947) Beryll gefunden. Anstehend wurden Muskovitscheiben von 3 cm bis 7 cm Durchmesser beobachtet. Auf der Halde findet man zerfallenen Glimmer in großen Platten bis 20 cm Durchmesser. Die meisten Glimmerkristalle haben Einschlüsse von Eisensalzen, Flecken und Spuren tektonischer Beanspruchung (Fishtail sowie parallelstreifige Zerteilung). Einige 700 kg exportfähiger Glimmer sind 1956/1957 gewonnen worden; wahrscheinlich handelt es sich ausschließlich um scrap. Der Anfall hochwertigen Glimmers ist auch auf sehr guten Lagerstätten mit 1 % bis 5 % des Gesamtglimmers sehr gering.

Auf der linken Seite des Arroyo Quién Sabe, auf der Estancia Santa Sofia, 7 km WSW Caracol, durchsetzen 0,50 m bis 1 m mächtige Pegmatite die hier N 100°-streichenden Paragneise. Die linsenförmigen Ausbisse der Gänge streichen N 170° und N 90° bis 100°; sie bestehen aus großen Feldspatkristallen, Quarz und kleinen Glimmeraggregaten. Selten treten sulfidische Erze auf. Auch bei diesen Gängen besteht die Kernzone aus grobem Milchquarz. Die Erschließung lohnender Vorkommen unter technischer Leitung durch tiefe Schurfgräben und kleine Schächte erscheint im Apa-Bergland möglich.

ECKEL (1959) erwähnt, daß Glimmerfunde von anderen Stellen des metamorphen Präkambrium des Apa-Berglandes berichtet sind: Estancia Hermosa, Estancia Saty, San Blas und Potrero Bocayá. Die Existenz von verschiedenen Glimmer-Pegmatiten im dünnbesiedelten und verkehrsmäßig nicht erschlossenen Norden von Ost-Paraguay ist sehr wahrscheinlich.

Mehr von geologischem als wirtschaftlichem Interesse ist ein Glimmerfund bei San Estanislao (ECKEL [1959]). Da dieser Ort auf glazialen Gondwana liegt, handelt es sich höchstwahrscheinlich um ein Geschiebe mit großen Glimmerkristallen aus einem Tillit, analog den Erzfunden vom Cerro Itapopó.



Abb. 60. Zonarer Glimmer-Pegmatit in Puentecíño, nördlichstes Ost-Paraguay punktiert (puntos): Quarzkern (Quarzo) * : Glimmer-Bücher (Mica) weiß (blanco): Feldspat-Zone (feldespato) schraffiert (plumado): Glimmerschiefer (exquistos)

Fig. 60. Pegmatita zonal con mica en Puentecíño

Feldspat

Die zonaren Pegmatite im metamorphen Präkambrium des Apa-Gebietes (Departamento Concepción) enthalten große, zuweilen tonnenschwere Kristalle von rosa Orthoklas und gelblichem Mikroklin, zum Teil in perthitischer Verwachsung. Der zonare Aufbau der Gänge ist deutlich und erleichtert die Gewinnung reinen Feldspatmaterials. Ein Pegmatit mit besonders großen frischen Feldspaten liegt 1 km NE Estancia Sofia (Abb. 61). Dieser Pegmatit streicht N 170° und fällt vertikal ein. Die Gangbreite beträgt 3 m bis 4 m, der jüngere Quarzkern ist 1,60 m mächtig.

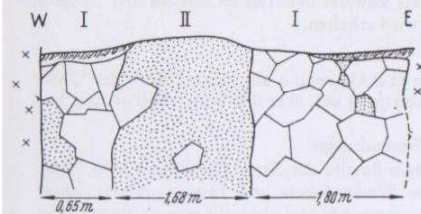


Abb. 61. Zonarer Feldspat-Pegmatit in Santa Sofia, nördlichstes Ost-Paraguay
 punktiert: Quarzkern weiß: Feldspat-Großkristalle
 I—III Mineral-Zonen
 Fig. 61. Pegmatita zonal con feldespatos en Est. Santa Sofia

sie durch toniges Material und Siderit verunreinigt. Die Knollen haben 1 cm bis 7 cm Durchmesser. Der Schwefelgehalt der Knollen liegt max. bei 53,3 % S (SCHUSTER [1928]). Ein m³-Gestein enthält etwa 1 kg Markasit. Die Lagerstätte wurde im Krieg 1864 bis 1870 ausgebeutet, um Schwefel für die Pulverherstellung zu erhalten. Etwa 1000 Frauen haben in jenen Jahren im Tagebau gearbeitet und durch Handscheidung die Knollen ausgehalten, die in Minas-cuè abgeröstet wurden.

Die Reste von Pyrit-Kristallen in den Eisenerzschürfen von del Puerto bei Caapucú, sowie Zinkblende an den Salbändern des dortigen Erzganges lassen mit der Möglichkeit rechnen, daß zur Tiefe der Vererzung in größere Sulfidmassen übergeht.

Talk

Große Vorkommen von Talk in verkehrsgünstiger Lage befinden sich bei San Miguel, unmittelbar westlich der Ruta I zwischen diesem Ort und Villa Florida. Ein Schurf, 2 km nördlich San Miguel hat die präkambrische Schichtenfolge mit einem Streichen von N 30° bis 40° und 40° bis 45° Einfallen nach NW angeschnitten. In den Serizit-Quarziten und Talk-Glimmerschiefern treten an drei Stellen Lagergänge von je 1 m bis 3 m Mächtigkeit aus Talk auf. Der Talk ist sehr rein, nur ganz selten treten Quarzäderchen und kleine Chromit-Kristalle auf. Das Material hat hellgrüne, graue bis weiße Farbe und ist meist sehr milde und seifig. Einzelne Partien haben rauhere Beschaffenheit. Diese Talk-Lager-

Schwefelkies

Minas-cuè ist ein Hügel 5 km SW Itacurubi, westlich der Straße nach Valenzuela (Departamento Cordillera). Hier enthalten die rötlich-violetten feinkörnigen Sandsteine und Schiefertone der „Sandsteine von Eusebio Ayala“ (Silur) unregelmäßig und spärlich Markasit-Knollen. Diese Knollen bestehen zum Teil ausschließlich aus Schwefelkies, zum Teil sind sie durch toniges Material und Siderit verunreinigt. Die Knollen haben 1 cm bis 7 cm Durchmesser. Der Schwefelgehalt der Knollen liegt max. bei 53,3 % S (SCHUSTER [1928]). Ein m³-Gestein enthält etwa 1 kg Markasit. Die Lagerstätte wurde im Krieg 1864 bis 1870 ausgebeutet, um Schwefel für die Pulverherstellung zu erhalten. Etwa 1000 Frauen haben in jenen Jahren im Tagebau gearbeitet und durch Handscheidung die Knollen ausgehalten, die in Minas-cuè abgeröstet wurden.

stätten sind durch vollständige hydrothermale Umwandlung aus basischen Gesteinen, wahrscheinlich Serpentin, hervorgegangen. Die Reserven der Lagerstätten sind erheblich. Der Abbau kann zunächst im Tagebau bis etwa 10 m Tiefe, danach im Stollenbetrieb erfolgen.

Pyrophyllit

Das talkähnliche Material Pyrophyllit (HAlSi₂O₆) kommt im Nordwesten des südlichen Verbreitungsgebietes des metamorphen Präkambrium in großen und gewinnbaren Mengen vor. Die Lagerstätte liegt bei Charara, etwa 12 km NW Caapucú (Departamento Paraguari). Das Pyrophyllit-Lager steht mit Unterbrechung auf über 2000 m längs einer N 50°-streichenden Zone an, und fällt flach nach SE ein. Die Mächtigkeit des Pyrophyllit ist nicht genau bekannt; reines Material ist in Mächtigkeiten bis 5 m nachgewiesen. Der Pyrophyllit ist durch intensive hydrothermale Umwandlung aus Porphyry und Porphyrtuffen hervorgegangen, deren Ausbiß an einigen Stellen bis 300 m breit zu verfolgen ist. Der Pyrophyllit ist rötlich bis braunviolett, graugrün und weiß mit roten Flecken. Reine Partien sind regelrechter Seifenstein, nicht völlig verändertes Gestein enthält noch Porphyry-Material. Hochwertiger Pyrophyllit dient als Ersatz für Talk und als feuerfestes Material.

Kaolin

Große Kaolin-Vorkommen sind im Bereich der Talae des Rio Piribebuy zwischen Tobati, Colonia Mompax und Arroyo y Esteros (Departamento Cordillera), bei Escobar (Departamento Paraguari), Iturbe (Departamento Guairá) und westlich des Ypacarai-Sees vorhanden. Die Lager im Gebiet des Rio Piribebuy und westlich des Ypacarai-Sees sind unreine glimmerreiche Kaoline sedimentärer Entstehung, die dem höheren Unter-Silur angehören. Die weißen, tonigen Schichten enthalten neben Quarz und Glimmer vor allem Kaolinit. In zahlreichen kleinen Gruben wird der oberste Teil der bis 25 m mächtigen weißen Kaolin-Tone bis zum nahen Grundwasserspiegel abgebaut. Die Produktion liegt bei 2000 jato. Die Kaoline des Piribebuy-Tales enthalten 38 % bis 40 % Al₂O₃. Sie wurden früher (um 1900) zum Brennen von Pfeifen benutzt, jetzt werden sie für keramische Zwecke, hauptsächlich aber als Vehikel für Gamma-Hexan (Ameisen-Bekämpfungsmittel) ausgenutzt.

Die kaolinischen Tone von Vargas Peña sind das Rohmaterial für sanitäre Keramik der gleichnamigen Fabrik.

Kaolin-Analysen

	Al ₂ O ₃ %	H ₂ O %	CaO %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
Tobati	37,66	9,25	0,13	1,71	49,71
Tobati	40,32	2,93	0,29	0,23	55,10
Arroyo y Esteros	38,30	10,08	0,21	0,21	50,65
Zpyychati	22,9	1,06	1,15	0,59	63,1

Die von der Bundesanstalt für Bodenforschung 1960 durchgeführten Kornverteilungs-Analysen ergaben für den Kaolin von Zypychaty:

> 100 μ	22,4 %
100—60 μ	0,8 %
60—30 μ	5,1 %
30—20 μ	9,4 %
20—10 μ	13,5 %
10—6 μ	10,5 %
6—2 μ	10,7 %
< 2 μ	27,6 %
	100,0 %

Die röntgenographische Analyse des Roh-Kaolins lieferte folgende Werte: 40 % Kaolinit, 30 bis 40 % Muskovit, 15 bis 20 % Quarz und 3 bis 5 % Kalifeldspat. Zur Verbesserung des Kaolin für feuerfeste Keramik müßte der hohe Glimmer-Gehalt durch Schlämmen gedrückt werden, was auch für die anderen Kaoline des Silur (Tobati, Arroyo y Esteros und Vargas Peña) gilt.

Roh-Kaolin-Proben folgender Lagerstätten wurden in der Bundesanstalt für Bodenforschung 1960 (Analytiker: Dr. ECKHARDT) untersucht:

	Al ₂ O ₃	H ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Glüh-Verlust
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Areguá	23,7	1,35	0,1	1,82	61,0	1,10	0,01	0,78	0,07	3,07	0,06	6,85
Escobar (Cia. Mbopicuá)	34,6	2,02	0,1	1,43	44,2	3,43	0,01	0,34	0,03	2,11	0,34	11,55
Escobar (Cia. Ibyraty)	23,8	0,53	0,1	0,72	64,6	1,18	0,01	0,24	0,04	1,69	0,15	7,80
Chololo Guazú bei Paraguari	28,6	0,55	0,1	1,04	57,0	1,16	0,01	0,48	0,03	2,34	0,26	8,61
Chololo Guazú bei Paraguari	30,9	0,87	0,1	0,95	53,9	1,13	0,01	0,46	0,05	2,55	0,15	9,55
Tobatinguá	25,7	0,77	0,1	0,93	61,3	0,85	0,02	0,35	0,05	2,35	0,08	8,07
Piraretá bei Piribebuy	18,1	0,58	0,1	0,66	72,4	0,66	0,01	0,47	0,04	1,93	0,08	5,60

Die am gleichen Material durchgeführten Röntgen-Analysen ergaben Verunreinigungen an Muskovit und Illit (20 bis 30 %) und Quarz (3 bis 30 %), während der Kaolinit-Gehalt zwischen 40 und 60 % liegt. Der hohe Muskovit-Gehalt kann durch Naß-Aufbereitung erheblich vermindert werden, weil 60 bis 80 % des gesamten Glimmer-Anteils in sehr feinen Fraktionen (kleiner als 6 μ) vorliegen.

Farberden

Gemahlen und geschlämmt können als Farberden Verwendung finden: der Malachit von Paso Pindó (grün), Hämatit von Caapucú (rot), Limonit der Lacerit-Erde (braun).

Südwestlich Tobati treten schön gelbgefärbte Ocker-Massen im weißen Silur-Sandstein („Sandstein von Caacupé“) und auf der anderen Seite des Rio Piribebuy am Cerro Aparipi und bei San Juan nahe Pindoty blutroter Eisenocker (Rötel) in den silurischen „Sandsteinen von Cerro Perro“ auf. Beide Ockervorkommen werden zur Gewinnung von Farberden ausgebeutet. Der gelbe Ocker von Tobati ist an NE-streichende Brüchen gebunden und macht 2 % bis 7 % der Gesteinsmasse aus. Farbträger sind feinkörniger Limonit und Goethit. Die Hauptproduktion stammt von einer 30 m langen und 2 bis 3 m breiten Zone. Das von Hand zerkleinerte Material wird mit Wasser wiederholt geschlämmt, dabei setzt sich Quarz als schweres Material ab und ein sehr feinkörniges, farbkraftiges gelbes Pulver wird erhalten.

Baryt

Im Porphyrr-Stock von Puerto Olimpo am rechten Ufer des Oberlaufes des Rio Paraguay tritt ein Barytgang auf, über den keine näheren Angaben vorliegen.

Schmucksteine

In den Drusen der Mandelstein-Basalte der Serra Geral-Formation findet man nicht selten schön gemaserte Bänder-Achate und Festungs-Achate, sowie seltener violette Amethyste. Ausgewaschen und abgerollt werden sie am Ufer des Alto Paraná und seiner Nebenflüsse als Geröll gefunden.

In den Glimmer-Pegmatiten bei Caracol (Departamento Concepción) hat BOETTNER (1947) Beryll entdeckt. Wie im benachbarten Brasilien besteht die Möglichkeit, daß Aquamarine und Beryll in den Glimmer-Pegmatiten des Präkambrium im Apa-Bergland vorkommen.

Die großen Olivin-Kristalle im Basalt des Cerro Tacumbú am Südrand von Asunción sind meistens durch Risse entstellt. Die schönen gelbgrünen Kristalle sind durchsichtig und haben bis 1,5 cm Durchmesser. Das Suchen nach perfekten, schleifbaren Kristallen dürfte Erfolg haben.

Glassande

Rohstoffe für die einheimische Flaschen-Industrie sind feinkörnige Quarzsande der großen Flüsse. Zur Herstellung von hochwertigem Glas gibt es Vorkommen, die hierfür noch nicht ausgenutzt werden; weiße zuckerkörnige Sandsteine des Unter-Silur zwischen Emboscada und La Colmena im Horizont der „Sandsteine von Caacupé“, sowie Milchquarzgänge im Präkambrium bei San Miguel. Zerkleinerung und Mahlen, besonders der Gangquarze, sind teure Prozesse. Die Gangquarze sind praktisch frei von unerwünschten Bestandteilen; bei der Aufbereitung der weißen Silursandsteine muß ein kleiner Elektro-Magnetscheider zur Entfernung der Magnetitkörnchen eingeschaltet werden.

Salz und Gips

Salz und Gips sind bisher nicht in bauwürdigen Vorkommen bekannt. In quartären Flußablagerungen kommen Gipskristalle und Aggregate am Ufer des Rio Paraguay zwischen Villeta und Alberdi vor, aber ihre Anreicherung ist zu gering, um eine wirtschaftliche Gewinnung zu erlauben.

Am ehesten ist mit Gips- und Salzlagern in den unter wüstenähnlichem Klima abgelagerten Red Beds im Chaco zu rechnen, die jedoch nicht zutage anstehen.

Bauxit

Bis heute sind noch keine Bauxit-Vorkommen in Ost-Paraguay gefunden. Aus geologischen und paläoklimatischen Gründen sind solche Lagerstätten jedoch zu erwarten. Einmal verspricht die intensive Lateritisierung der Roterde bildenden Gesteine in Ost-Paraguay die Möglichkeit, Bauxitlager zu finden, zum anderen sind die Verwitterungszonen der Alkali-Gesteine für das Aluminium-Erz hoffig. Hier sind vor allem die nephelinhaltigen Gesteine des Westrandes des Paraná-Beckens und an der Ostflanke der zentral-paraguayischen Schwelle, z. B. die Phonolithe von Sapucaí und Centurión, die Essexite des Acahay, Soto-Cañete und Arruá-i, Nephelinsyenit und Shonkinit von Mbocayaty, und die Nephelinbasalte aussichtsvoll. Gesteine gleichen Alters sind in Brasilien unter gleichen klimatischen Bedingungen bei der Verwitterung und Zersetzung das Ausgangsmaterial für Bauxite geworden.

4. Baustoffe

Kalkstein

Ausgedehnte Vorkommen von Kalksteinen befinden sich im NW des nördlichen Paraguay zwischen Vallemi — San Salvador und San Luis de la Sierra. Leider gibt es noch keine Straße zwischen dieser Gegend und dem zentralen und südlichen Landesteil, jedoch steht der Rio Paraguay als Transportweg zur Verfügung.

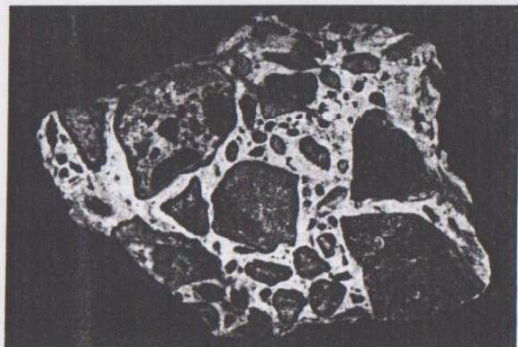


Abb. 62. Handstück des fanglomeratischen Kalkes von Vallemi (Xaraiés-Formation, Pleistozän). Bindemittel ist heller Sinterkalk (1/2 verkleinert)
Fig. 62. Muestra de la caliza fanglomerática de la formación Xaraiés, del Pleistoceno, en Vallemi. El cemento es travertina (Foto: Putzer)

Die präkambrischen oder kambrischen Kalke, dolomitischen Kalke und Mergel der Itapucumi-Serie bilden auf etwa 100 km das hohe Kliff am linken Ufer des Rio Paraguay. Auf der gegenüberliegenden Chaco-Seite liegen verschiedene Hügel aus den gleichen Kalken, deren bedeutendster der Cerro Galbán SW Puerto Casado ist. Zahlreiche Kalköfen liegen auf dem linken Flußufer; als Brennstoff dient Holzkohle aus den Urwäldern am Strom.

In Vallemi befindet sich die einzige Zementfabrik des Landes. Verkehrsmäßig liegt sie vorteilhaft auf dem hohen Ufer des Stromes und in unmittelbarer Nähe der Rohstoffe. Man verarbeitet reine Kalksteine, Mergel und dolomitische Kalke der Itapucumi-Serie zusammen mit sehr reinen sekundären Sinterkalken der pleistozänen Xaraiés-Formation (Abb. 62). Die Fabrik liegt am Nordfuß eines Doppelberges aus diesen Gesteinen. Die Kalke sind schwach dolomitisch, die roten dolomitischen Kalke haben den höchsten Mg-Gehalt (bis 40% MgCO₃), so daß sie bei der Gewinnung ausgehalten werden müssen. Um trotz der hohen Mg-Gehalte eines Teils der Kalkschichten eine gute Zementqualität zu erreichen, wird eine Mischung aus dolomitischen Kalken und Sinterkalk im Verhältnis zu 12 : 88 % gebrannt. Bisher wird nur der untere Teil der über 60 m mächtigen Kalkschichten, die in den 300 m langen Steinbrüchen angeschnitten sind, abgebaut. Die einzelnen Kalksteinbänke sind 0,20 bis 1,35 m mächtig und werden entgegen dem Einfallen der Schichten mittels Sprengarbeit gewonnen (Abb. 30).

Der Ofen der Fabrik hat eine Kapazität von 100 jato, die Jahresproduktion schwankt zwischen 7000 und 13 000 jato Zement. Die Produktion an Kalksteinen liegt bei 130 jato Kalk. Gefeuert wird mit Rohöl. Der Zement wird mit Schleppern nach Concepción und Asunción transportiert. Die Reserven an Sinterkalk sind in Vallemi selbst begrenzt, aber ähnliche Vorkommen sehr reiner Kalke des Quartär kommen in der Nachbarschaft vor. Die Reserven an dolomitischen Kalksteinen sind unerschöpflich. Über die Zusammensetzung der Rohstoffe und des Zements unterrichten folgende Analysen, die von dem regierungseigenen Werk freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden:

	CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	Glüh-Verlust
	%	%	%	%	%
Grauer primärer Kalkstein	49,47	0,30	6,04	2,06	40,79
Sekundärkalk (Kalksinter u. fanglomerat. Kalk)	54,77	1,55	5,60	2,50	36,40
Mergelschiefer	38,50	1,90	21,70	6,20	

Mittlere Zementanalysen

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₂	Rückstand	Glüh-Verlust
	%	%	%	%	%	%	%	%
1955	20,99	5,64	2,06	63,44	2,57	2,24	0,75	1,87
1956	21,44	5,30	2,22	63,26	2,78	1,90	0,61	2,30

Bisher werden in Paraguay die einheimischen Kalkvorkommen noch nicht zur Gewinnung von Düngemitteln ausgenutzt. Gerade die in Ost-Paraguay häufigen sauren Böden des östlichen Landesteils bedürfen kalkiger bzw. kalkig-dolomitischer Düngung, um einen pH -Wert von 6,5 zu erreichen. Wenn man diese Böden mit Kalk düngt, werden sie erheblich fruchtbarer und geeignet für den Anbau bestimmter Hackfrüchte.

Plattensandsteine

Die leicht in dünne Platten spaltbaren Sandsteine bestimmter Horizonte des Silur und der Trias werden als Platten für Bürgersteine, Gärten und als Verkleidung von Mauern viel gekauft. Solche Gesteinsvarietäten werden in großen Steinbrüchen bei Emboscada, San Juan Bautista und Hohenau abgebaut.

Die Steinbruchfront in Emboscada (Departamento Cordillera) ist über 3 km lang. Der Abbau geht manuell in 4 bis 8 m tiefen Tagebauen vor sich, dem sehr flachen Einfallen der silurischen Sandsteinschichten von 3 bis 5° nach ESE folgend. Nur die planparallelen Lagen des grauweißen Sandsteins werden gewonnen. Die Platten haben im Durchschnitt 5 cm Stärke. Nur etwa 5% der im



Abb. 63. Gewinnung von Platten-Sandstein im „Sandstein von Caacupé“ bei Emboscada
Fig. 63. Mina de chapas de arenisca de la formación Arenisca de Caacupé (Silúrico) en Emboscada (Foto: Nielsen)

Steinbruch bewegten Gesteinsmassen sind als Platten verwendbar. Die großen Abraum-Mengen werden von Hand im abgebauten Teil als Versatz gestapelt (Abb. 63). Der Sandstein ist zum Teil sehr dekorativ gemasert (Abb. 64). Die fertigen Sandsteinplatten werden mit Ochsenkarren zum nahen Rio Piribebuy und von dort mit Booten nach Asunción transportiert.

Die dünnplattigen Sandsteine werden auch in zahlreichen kleinen Tagebauen südlich und südwestlich Emboscada produziert.

Westlich San Juan Bautista (Departamento Misiones) erfolgt die Gewinnung von roten Sandsteinplatten in vielen kleinen Tagebauen, die auf dem Kamm eines W—E-streichenden Hügels aneinandergereiht sind.

Der braunrote, feinkörnige, etwas verkieselte Sandstein spaltet vorzüglich längs der glimmerbedeckten Schichtflächen in 2 bis 5 cm starke Platten (Abb. 65). Die Schurfgruben sind 3 bis 8 m tief. Der Abbau folgt den 20 bis 35° einfallenden Schichten. Der Mangel an tech-

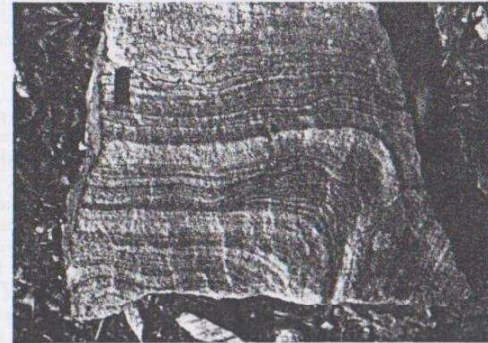


Abb. 64. Handstück von gemasertem Plattensandstein des Silur bei Altos (1/2 verkleinert)
Fig. 64. Muestra de la arenisca silúrica con su dibujo típico, Altos (Foto: Nielsen)

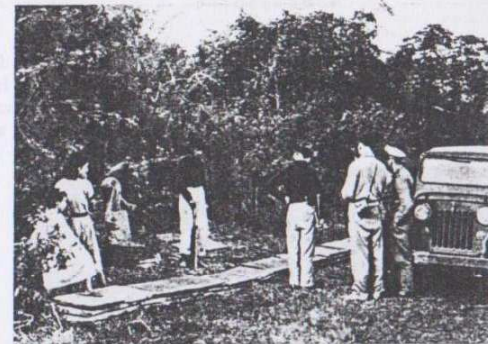


Abb. 65. Gewinnung von Platten-Sandstein im Misiones-Sandstein (Trias) bei San Juan Bautista (Depto. Misiones)
Fig. 65. Producción de chapas de arenisca de la formación Arenisca de Misiones, triásica, en San Juan Bautista (Foto: Putzer)

nischer Leitung der kleinen Tagebaue äußert sich darin, daß die Abbaue an ihrem sehr großen Abraum rasch ersticken und aufgegeben werden.

Die gleichen farbschönen, dünnen Sandsteinplatten werden in einem Steinbruch am Cerro Colonia Federico Chaves bei Hohenau (Departamento Itaguá) gewonnen. Auch hier ist der aquatisch abgesetzte, dünn-bankige Misiones-Sandstein das Rohmaterial. Die Platten sind im Durchschnitt 4 cm dick; das Ge-

stein erlaubt die Herstellung von m²-große Platten, die nach Encarnación und Argentinien verkauft werden.

Bausteine

An Bausteinen ist Ost-Paraguay überreich; für rohes Mauerwerk, sowie für bearbeitete Mauersteine stehen die verschiedenartigsten Steinsorten in großen Mengen zur Verfügung: dichte, graue Kalksteine, oolithische Kalksteine, rötlich- und weißgemaserte dolomitische Kalke der Itapucumi-Serie im nördlichsten Paraguay; gemaserte gelbbraune und weiße Sandsteine des Silur; rötliche und braune Sandsteine der Trias; Granit und Porphyre aus dem Gebiet von Caapucú; Basalte des Cerro Lambaré und Tacumbú bei Asunción und die Basalte der Serra Geral-Formation im Osten des Landes, Essexite und Tinguait-Porphyre bei Acahay und Ypacarai. Verkieselte, sehr harte Misiones-Sandsteine stellen bei Concepción das einzige Hartgestein der Gegend dar. Die in Säulen spaltenden Arkosen (Pseudo-Trachyte) des Cerro Areguá und bei San Lorenzo östlich Asunción, sowie bei Isla Itá an der Trans-Chaco-Straße liefern hochwertiges Baumaterial.

Beton-Zuschlagstoffe

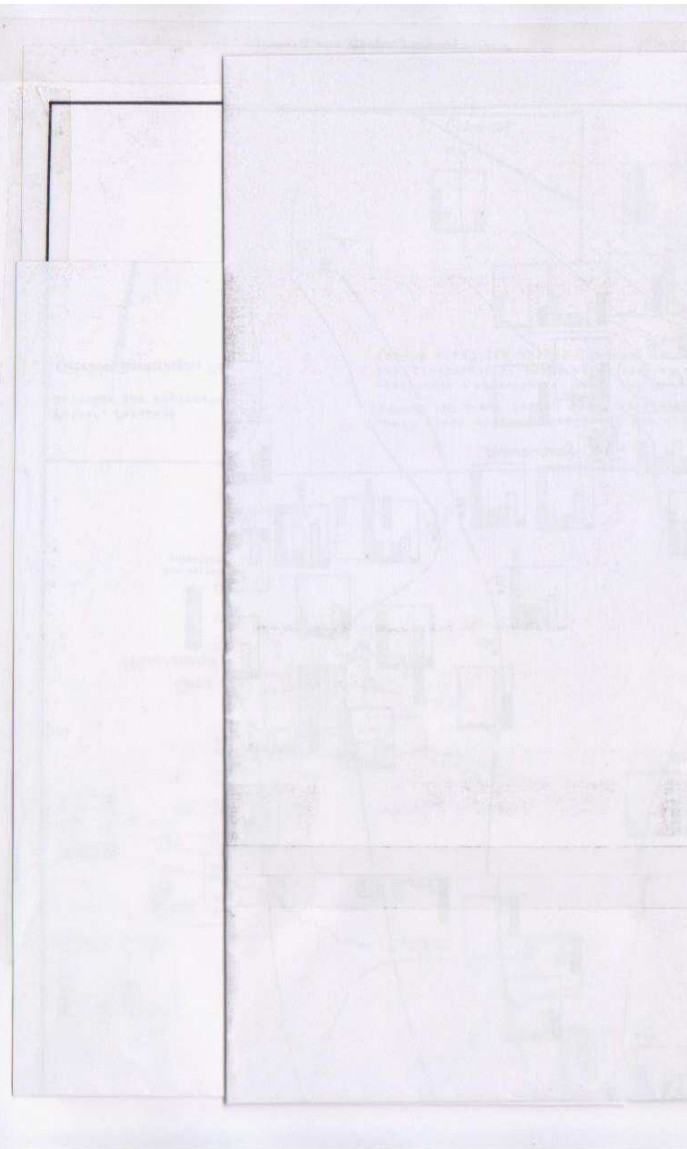
Während feiner Sand in fast allen Landesteilen, besonders am Ufer des Rio Paraná vorhanden und leicht erreichbar ist, fehlen größere Vorkommen von Schottern und Grobsand. Das Basal-Konglomerat des Silur ist nur an wenigen Stellen aufgeschlossen (nördlich Paraguari, San Bernardino). Residualschotter dieses Horizonts liefern grobe Schotter bei La Colmena, östlich Paraguari, Quindy und Quyyó.

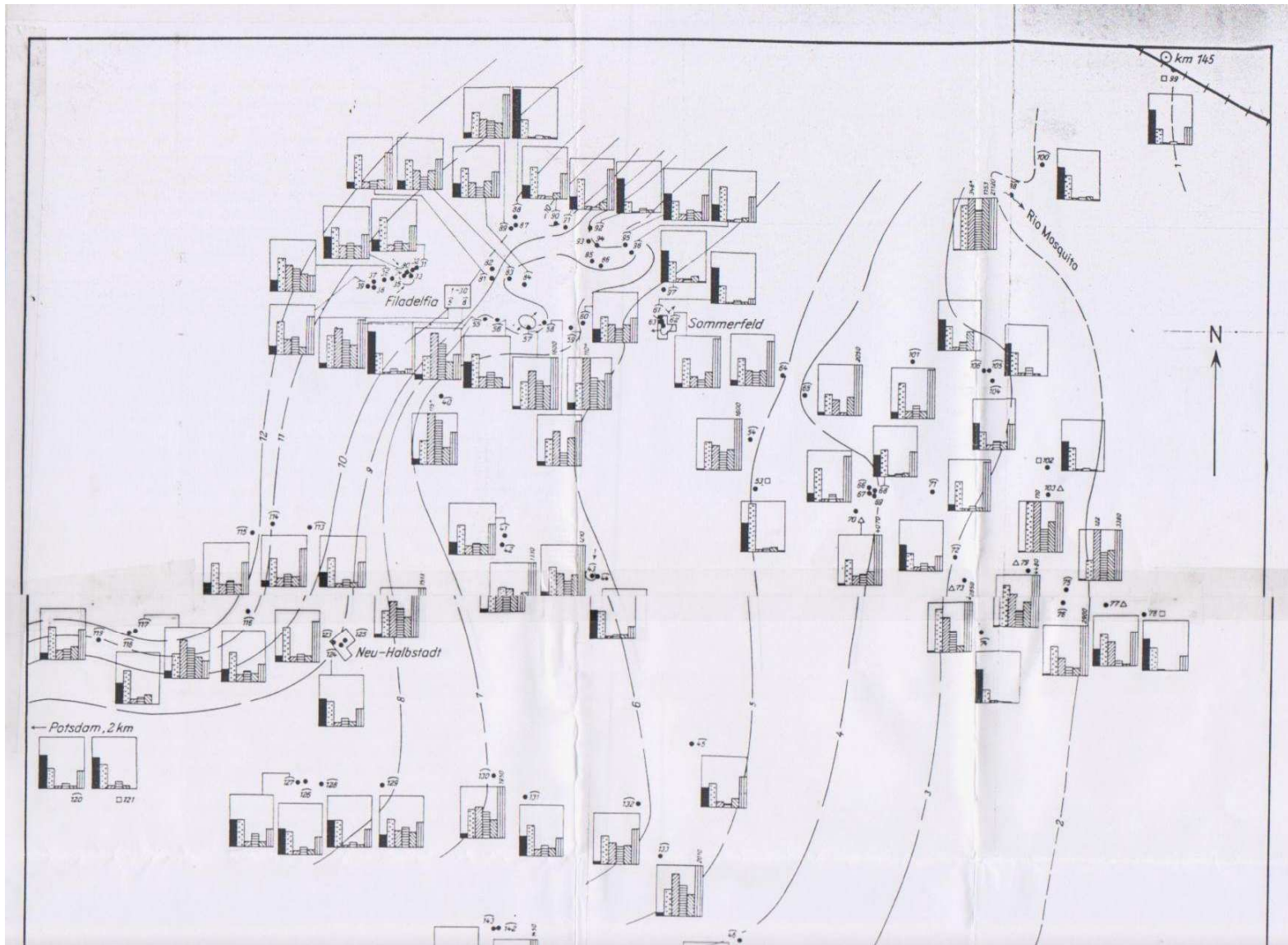
Nördlich und südlich von Benjamin Aceval im südöstlichen Chaco bestehen flache Erhebungen aus Schottern, welche aus dem dort anstehenden Misiones-Sandstein ausgewaschen sind.

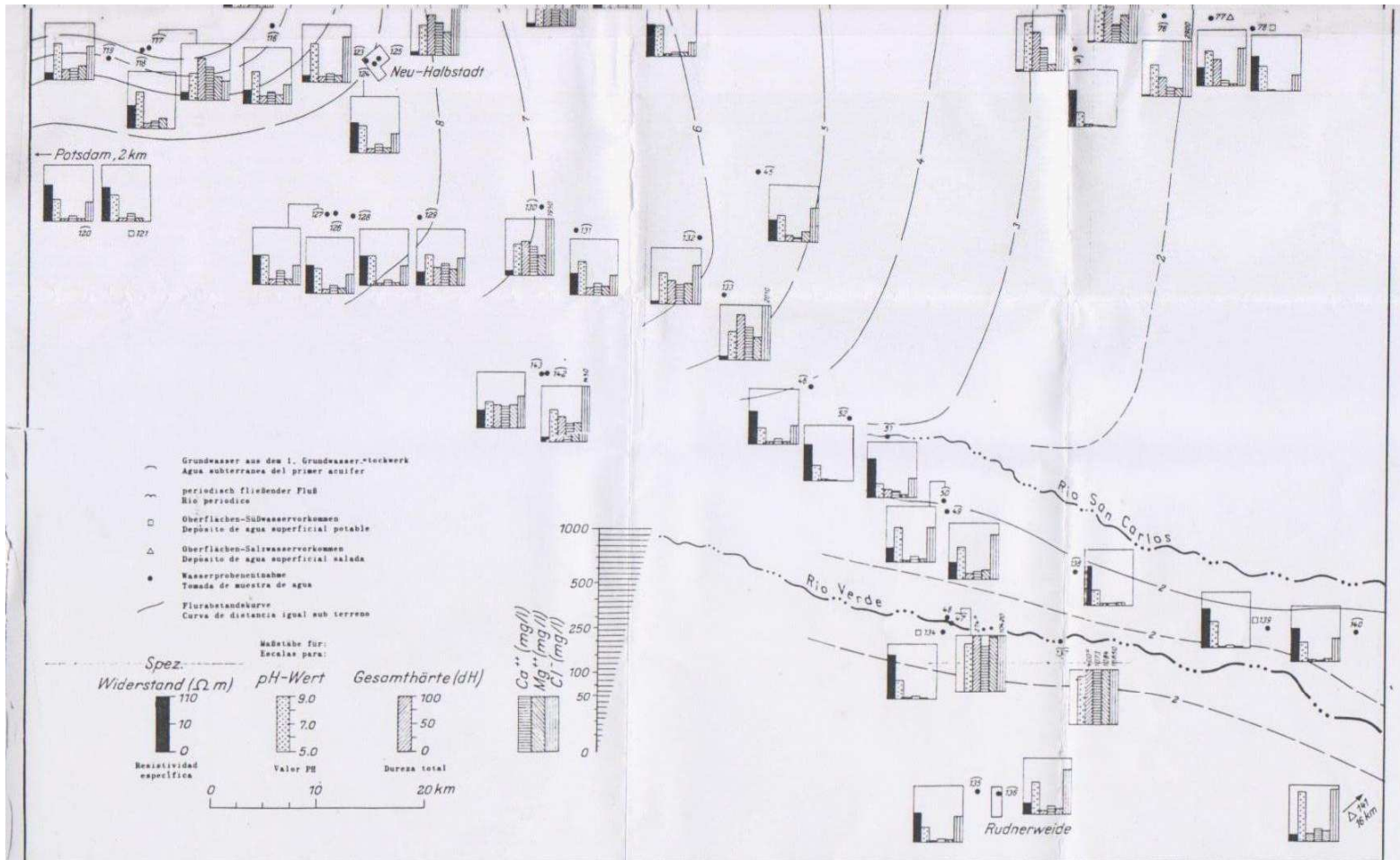
Als hochwertige Zuschlagstoffe für Beton werden meistens gebrochene Eruptiv-Gesteine benutzt, z. B. Basalte in der Nähe von Asunción, Tinguait-Porphyr an der Ruta II bei Ypacarai, Shonkinit von Mboycaty für den Raum Independencia. Zahlreiche andere Vorkommen sind noch nicht in Abbau genommen, stellen aber wegen ihrer verkehrsgünstigen Lage greifbare Reserven für den Betonbau dar, z. B. der Shonkinit von Arrua-i und der Essexit von Soto-Cañete, der Phonolith von Sapucaí und der Nephelinbasalt von Ybytymí.

Für den Bau der Trans-Chaco-Straße wurde bisher der Arkose-Sandstein von Isla Itá bei Benjamin Aceval genommen. Wenn die dortigen Vorräte erschöpft sind, kommen als Rohstoffe für Splitt die Basalthügel Cerro Confuso und Cerro Verde südlich und nördlich Villa Hayes, und der Trachyt des Cerro Boliviano südlich Benjamin Aceval als einzige Hartgesteine für den südlichen Chaco in Betracht.

Eine ähnliche wichtige Rolle für den Betonbau im Bereich der Ruta II spielt das einzige Vorkommen von frischem Basalt längs dieser Straße in einer Entfernung von 41 km westlich des Rio Paraná. An dieser Stelle bildet ein Lava-Erguß eine 10 m hohe Geländestufe aus nicht zersetztem Gestein. Eine Brecheranlage zur Splittherstellung ist vorhanden.







Putzer, Paraguay
 Beiträge zur regionalen Geologie der Erde II
 Gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee

Abb. 67 Chemismus von Grund- und Oberflächenwässern sowie Fluß-
 Abstandskarte im mittleren Chaco Boreal (nach Dr. Bender)
 Fig. 67 Constitución química de las aguas subterráneas y superficiales
 y las distancias verticales entre la superficie del agua subterránea y el terreno,
 región del Chaco Boreal central (Dr. Bender)

Tiefe Bohrbrunnen sind im Bereich von Asunción niedergebracht worden, die vorzügliches Trinkwasser im Misiones-Sandstein (Trias) zwischen 60 und 150 m erschlossen haben.

Im Bereich von San Juan Bautista und Sap. Ignacio (Depto. Misiones) liefert der Trias-Sandstein hochwertiges Grundwasser aus Brunnen (Abb. 66) und einigen Quellen.

Ein weiterer Tiefbrunnen ist nach ECKEL (1959) im frischen Granit bei Barrito östlich Caapucú in 70 m Tiefe fündig geworden; das Grundwasser stammt wahrscheinlich aus einer NE-streichenden Bruchzone im Grundgebirge. Die metamorphen und kristallinen Gesteine des Grundgebirges im Bereich der zentral-paraguayischen Schwelle führen Spaltenwasser, das in geringem Umfang in flachen Brunnen genutzt wird. Am Fuß der Zeugenberge aus Silur oder Trias-Sandstein entspringen häufig Quellen (Santa Maria, Yaguarón, bei La Colmena, Ybytymi).

Ein bedeutender bisher kaum genutzter Trinkwasser-Träger sind die Melaphyr-Mandelsteine der Serra Geral-Formation im östlichen Ost-Paraguay, deren Grundwasser pH-Werte von 6 bis 7 liefert.

Durch menschlichen Einfluß bedingte Störung des Gleichgewichts im Grundwasser-Bereich hat sich vor wenigen Jahren in der Kaffeeplantage Chiriguélo südlich Pedro Juan Caballero ereignet. Hier bilden Dolerite der Serra Geral-Formation den Untergrund; sie sind tiefgründig zu fruchtbarer Roterde verwittert. Ein 2 bis 4 m mächtiger Kalkspatgang durchsetzt die Lavadecke. Bereits zwei Jahre nach der Brandrodung des dortigen Urwaldes wurde die Verkarstung des Kalzitganges so intensiviert, daß zwei Erdfälle von 8 und 11 m Tiefe entstanden. Das Grundwasser hatte das karbonatische Gestein aufgelöst, so daß das überlagernde lockere Erdreich in die Hohlräume nachstürzte.

Während Ost-Paraguay praktisch keine Sorgen in der Wasserversorgung kennt, sind die hydro-geologischen Verhältnisse im Chaco viel komplizierter und schwieriger. Die ganz andere klimatische Situation des Chaco (Abb. 10) ist der Hauptgrund für die zögernde landwirtschaftliche Entwicklung dieses Gebietes. Die Zahl der Süßwasserbrunnen im Chaco ist bisher gering. Aus Mangel an trinkfähigem Grundwasser werden deshalb mit Traktoren flache Sammelbecken zur Speicherung von Regenwasser, sogenannte „tajamares“ als Viehtränken angelegt.

Nur wenige Flüsse im Chaco Boreal haben ganzjährig Wasser, und das Wasser der meisten temporären Flüsse ist infolge des Wechsel-Klimas weitgehend versalzen. Andererseits herrscht Überfluß an Oberflächenwasser in dem breiten Sumpfgürtel des östlichen Chaco, wo ausgedehnte unpassierbare Überschwemmungsgebiete bis über 60 km Breite sich in der Regenzeit bilden.

Ganzjährig süßes Oberflächenwasser führen der Rio Pilcomayo, der die Grenze zwischen dem paraguayischen und dem argentinischen Chaco bildet, sowie der Rio Timane im nördlichen Chaco (Seite 11), der ein Relikt des amazonischen Einzugsgebietes ist.

Die Niederschläge im Einzugsgebiet dieses Flusses liegen zwischen 800 und 700 mm/j. Mit ganz geringem Gefälle fließt der Rio Timane nach W und NW,

um schließlich auf bolivianischem Gebiet in der langgestreckten Sumpfbzone von Izozog zu versickern. Das trübe Wasser des Rio Timane ist süß, wie der Verfasser bei Begehungen am Ufer dieses Dauerflusses bestätigen konnte. Dieser Fluß hat für den nördlichen Chaco Boreal als Versorgungsbasis sehr große Bedeutung, an ihm liegt die schon im Chaco-Krieg umkämpfte Garnison Fortín Ingavi. An manchen Stellen existieren abgeschnürte Mäander-Schlingen nicht mehr bestehender Flüsse, die süßes Wasser enthalten und im Chaco-Krieg die Basis für militärische Stützpunkte gebildet haben. Sicher gibt es noch unbekannte derartige Wasserstellen, die ihren Wasservorrat aus den jährlichen Niederschlägen ergänzen. Die Oberfläche solcher „Lagunen“ ist meist völlig mit Wasserpflanzen bedeckt; die Pflanzendecke erschwert ihre Entdeckung besonders aus der Luft, und stellt zweifellos einen Schutz gegen Verdunstung und die damit im Trockenklima eng verbundene Versalzung dar.

Die Grundwasserverhältnisse im Chaco Boreal hat 1959 BENDER untersucht. Wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung werden die wichtigen Ergebnisse dieser Untersuchung als besonderer Abschnitt angefügt.

Ergebnisse hydro-geologischer Untersuchungen im Chaco Boreal

(von Dr. Friedrich BENDER *)

Zentraler Chaco Boreal

a) Die Locker-Sedimente

Während alle Vorkommen anstehender fester Gesteine im paraguayischen Chaco zusammengenommen kaum ein Areal von 650 km² bedecken, werden die übrigen rund 246 500 km² von quartären und eventuell tertiären Lockermassen eingenommen. Diese sind, abgesehen von Teilen der Flußablagerungen des Rio Paraguay, als regional nach Korngrößen geordnetes Abtragungs-Material aus den Anden anzusehen.

Über die Mächtigkeit der unkonsolidierten Sedimente des Känozoikum liegen bisher nur wenige Beobachtungen vor. ECKEL (1959) gibt rund 625 m für die in den Erdölbohrungen durchsunkenen Lockersedimente an; er betont dabei, daß ihre Untergrenze sehr unsicher ist. Offenbar überlagern sie in großen Teilen des Chaco tiefgründig zersetzten Misiones-Sandstein (?) (= Red Beds, HARRINGTON [1950, 1956]), so daß eine klare Grenzführung zunächst schwierig erscheint. Nach Angaben KANTER'S (1936, S. 223) und nach Arbeiten der DIRECCION DE MINAS Y GEOLOGIA, Buenos Aires (TAPIA [1935], CORDINI [1947]), sowie nach unveröffentlichten Profilen desselben Institutes ist im nördlichen argentinischen Chaco das Liegende der unkonsolidierten Sedimente, der „präpampine Untergrund“, in sehr unterschiedlichen Teufen erreicht worden. Nach den gleichen Angaben ist im nördlichsten Argentinien neben

*) Dieser Beitrag erscheint 1961 in erweiterter Form im Geologischen Jahrbuch Bd. 79, Bundesanst. für Bodenforschung, Hannover.

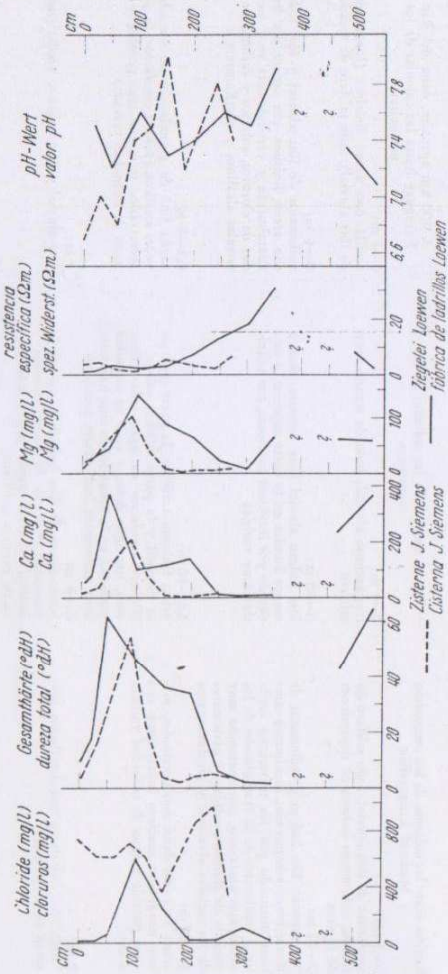


Abb. 68. Chemismus in Sedimenten des oberen Quartär im Bereich von Filadelfia, Chaco Boreal (nach BENDER, 1959)
Fig. 68. Comportamiento químico de los sedimentos del Cuaternario en la zona de Filadelfia, Chaco Boreal (según BENDER, 1959)

Zisterne J. Siemens
stark grobschluffführender
Löß (Schwemmlöß?)
ab 50 cm mit kleinen
Kalkkonkretionen
2,50—3,00 m grobschluffhalt.
Feinsand
ab 3,00 m Feinsand
ab 3,50 m Schlutt
ab 5,00—5,30 m
grobschluffhalt. Feinsand mit
Gipskonkretionen

Zisterne J. Siemens
grobschluffführender
Löß (Schwemmlöß?)
mit wechselndem Anteil an
kleinen Kalkkonkretionen
bis 2,70 m (ET)

Fábrica de ladrillos Loewen
loess con arena
finísima
(loess aluvial?)
desde 50 cm contiene pequeñas
concreciones calcáreas
2,50—3,00 m
arena fina con material
finísimo
desde 3,00 m
arena fina
desde 3,50 m
rodados
de 5,00—5,30 m
arena fina con concreciones
de yeso y material finísimo

Cisterna J. Siemens
loess con material finísimo
(loess aluvial?)
con contenido variado de
pequeñas concreciones
calcáreas hasta 2,70 m (ET)

Anm.: Die dargestellten Werte wurden nach 60stündigem Stehenlassen von je 100 cm³ Sedimentprobe mit je 300 cm³ destill. Wasser im Filtrat ermittelt.

Nota: los datos representados se han sacado de filtrado de 100 cm³ de cada muestra de sedimento muezclado con 300 cm³ de agua dest. después de 60 horas de reposo.

Quartär auch terrestrisches Tertiär erbohrt worden, das wahrscheinlich auch in den südlichen Chaco Boreal von Paraguay hineinreicht.

Oberflächenkartierungen größeren Maßstabs liegen vom Chaco Boreal nicht vor.

Das hier besprochene Untersuchungsgebiet im zentralen Chaco Boreal erstreckt sich vom Mittellauf des Rio Pilcomayo über die Mennoniten-Kolonien zum Rio Paraguay bei Puerto Casado und liegt bereits östlich aller gröber klastischen Schüttungen aus den Anden (Abb. 67).

Hier sind die quartären, fluviatil und äolisch entstandenen Ablagerungen durch ihre Feinkörnigkeit (im allgemeinen Körngrößen unter 1 mm Durchm.) und durch ihren örtlich wechselnden, hohen Gehalt an feinverteilten Erdalkali- und Alkali-Chloriden und -Sulfaten gekennzeichnet.

An der Erdoberfläche herrschen impermeable bis semipermeable Sedimente von Schwemmlöß-, Sandlöß- und Lößlehmcharakter gegenüber permeablen, fluviatilen oder äolischen Feinsandschüttungen vor. Letztere verzahnen sich in ihrem oberen Teil seitlich mit den genannten lößartigen Ablagerungen, in ihrem unteren Abschnitt dagegen bilden sie einen Teil eines im zentralen Chaco weit verbreiteten, im allgemeinen wohl äolisch entstandenen Feinsandhorizontes. Die Mächtigkeit der Lößbildungen und der Feinsandschüttungen nimmt vom Gebiet der Mennoniten-Kolonien mit etwa 15 auf etwa 30 m bei Mariscal Estigarribia und darüber hinaus nach Westen wahrscheinlich noch weiter zu. Nach Süden bei Annäherung an



Abb. 69. Schematisiertes Ost-West-Profil des oberen Quartär etwa 100 km westlich Puerto Casado bis Mariscal Estigarribia, Chaco Boreal (Gesamtlänge etwa 200 km, stark überhöht)
 Fig. 69. Perfil esquemático este-este del Cuaternario superior a 50 km oeste de Puerto Casado hasta Mariscal Estigarribia, Chaco Boreal (largura total de 200 km aproxim., peraltado)

Busch a bosque
 Kamp b campo
 periodischer Fluß c río periódico
 periodischer Fluß (jüngste Flußgeneration) d río periódico (generación fluvial más joven)
 Einschwemmung-Senke (mittlere Flußgeneration) e depresión de lluvión (generación fluvial media)

Hochkamp (älteste Flußgeneration) f campo alto (generación fluvial más antigua)
 Überschwemmungsgebiet eines period. Flusses g zona de inundación de un río periódico
 stark salzhaltiges Grundwasser im zweiten Grundwasserstockwerk, wahrscheinlich zusammenhängend u. ostwärts migrierend h este

Gebiet zwischen den Mennoniten-Kolonien und Mariscal Estigarribia
 0—? m:
 Schwemmlöß-artige Ablagerungen, salzreicher Trockenschlamm, Absätze der tonigen Trübe in Einschwemmungsenken (rezente Bildungen an der Oberfläche)
 0—22 m:
 Sandlöß- und Lößlehm- und Schwemmlöß-artige Sedimente, örtlich auch durch deren tonige Umlagerungsprodukte ersetzt, mit stark wechselnden Salzgehalten
 ?—etwa 14 m:
 Feinsand¹ (keine näheren Angaben)
 1. Grundwasserleiter mit Süßwasser und wechsell. salzhaltigem Wasser oder trocken
 0—? m:
 Zentrales Gebiet der Mennoniten-Kolonien
 0—? m:
 Grobchluffige und feinsandige Schwemmlöß- und Flotsand-artige Ablagerungen; salzreicher Trockenschlamm, äolischer Feinsand (rezente Bildungen an der Oberfläche)
 0—10 m:
 Grobchluffige-feinsandige, Lößlehm-artige Ablagerungen, häufig durch rezente Einschwemmungen ersetzt, mit stark wechselnden Salzgehalten
 1,5—10 m:
 Feinsand mit wechsell., meist geringem Schluffgehalt, im oberen Teil fluvial, im unteren Teil äologisch abgelagert, im äolischen Feinsand auch Linsen toniger Ablagerungen 1. Grundwasserleiter, trocken, mit Süßwasser oder mit wechsell. salzhaltigem Wasser)
 0—6 m:
 Grobchluffig-feinsandige, Schwemmlöß- und Lößlehm-artige Ablagerungen, mit horizontal und vertikal schnell wechselnden Salzgehalten
 0,3—? m:
 Gleichkörniger Feinsand mit wechsell., meist geringem Schluffgehalt (1. Grundwasserleiter, trocken, mit Süßwasser oder mit wechsell. salzhaltigem Wasser)

? m:
 1. Lehm¹ (keine näheren Angaben)
 1. Sohlschicht
 ? m:
 1. Sand¹ (keine näheren Angaben)
 2. Grundwasserleiter, nur mit stark salzhaltigem Wasser bekannt
 Region entre las colonias de los menonitas y Mariscal Estigarribia
 0—? m:
 sedimento de lós aluvial, lodo salifero de secado, sedimentos lodosos en depresiones de lluvion
 0—22 m:
 lós arenoso, lós lodoso y sedimentos de lós secado por ríos, localmente también sueltos, los sedimentos lodosos resultantes de la tralladura de los sedimentos anteriores, con contenido muy variado de cloruros, sulfatos y carbonatos de los metales alcalinos y alcalinoterreos
 ?—14 m:
 arena fina (sin datos mas detallados, primer conductor acuífero subterráneo con agua potable y agua de salinidad variada o seco)
 ? m:
 "lodo" (no hay datos mas detallados, primera capa del lecho)
 ? m:
 "arena" (no hay datos mas detallados), segundo conductor acuífero, solamente con agua muy salada
 ? m:
 6—8 m:
 Lößlehm- und Schwemmlöß-artige Bildungen mit wechsell. Grobchluff- und Feinsandgehalt; auch grauer und bräunlicher Ton (1. Sohlschicht)
 ? m:
 1. Sand¹, örtlich mit linsenförmigen Ton-Einschaltungen (keine näheren Angaben)
 2. Grundwasserleiter, nur mit stark salzigem Wasser bekannt
 Región central de las colonias de los menonitas
 0—? m:
 lós arenoso aluvial; lodo de secado muy salifero
 0—10 m:
 lós lodoso aluvial muy arenoso, mas o menos humico en la parte superior, o sustituido por lluviones arcillosos, con salinidad muy variada
 1,5—10 m:
 arena finísima arcillosa, la parte superior fluvial y la parte inferior colica, (primer conductor de agua subterránea, seco, con agua potable y agua de salinidad variada), en la arena colica tambien bien sedimentos lenticulares arcillosos
 6—8 m:
 formaciones de lós lodoso y aluvial de contenido variado de arena finísima y lodosa, tambien arcilla gris y parduzca (capa primera del lecho)
 ? m:
 "arena", localmente con intercalaciones lenticulares de arcilla (falta datos mas detallados, segundo conductor de agua subterránea solamente con agua muy salifera)
 ? m:
 100 km approx. oeste del Río Paraguay hasta las colonias de los menonitas
 0—? m:
 arcilla con arena finísima (formaciones de lós aluvial), lodo salifero de secado
 0—6 m:
 sedimentos de lós aluvial y lós lodoso con arena finísima con contenidos horizontalmente y verticalmente muy variados de cloruros, sulfatos y carbonatos de metales alcalinos y alcalinoterreos
 0,3—? m:
 arena fina de granulación no variada a veces arcillosa (primer conductor de agua subterránea, seco, con agua potable o con agua de salinidad variada)
 ? m:
 lós aluvial y lós lodoso o arcilla (lecho)
 ? m:
 "arena" (falta datos mas detallados), segundo conductor de agua subterránea, solamente con agua muy salobre

die größeren Riacho-Niederungen, z. B. des Rio San Carlos und des Rio Verde und nach Osten in Richtung Rio Paraguay nehmen sie bis auf wenige Meter ab und verschwinden ganz und werden durch die Ablagerungen der tonigen Trübe und des humosen Fluß-Schlicks auf den großen Überschwemmungsfluren dieser Flüsse oder durch holozäne Moorbildungen ersetzt.

Unter dem weitverbreiteten äolischen Feinsandhorizont folgen impermeable, lößartige Sedimente, die sehr den undurchlässigen Bildungen an der Erdoberfläche gleichen.

Sie können im ganzen zentralen Chaco als erste Grundwassersohlschicht angesehen werden. Diese ist bis 6 m mächtig erbohrt worden. Sie weist an ihrer Oberfläche Einmündungen, Wann, rinnenförmige Vertiefungen und Taschen auf, die als Reste von Hohlformen früherer Entwässerungssysteme gedeutet wurden, welche später von den hangenden, äolischen Sedimenten abgedeckt worden sind.

Unter der Grundwassersohlschicht folgen wiederum im ganzen Gebiet Fein- und Mittelsande mit Linsen tonreicher Ablagerungen unbekannter Mächtigkeit. Tiefere Aufschlüsse fehlen.

Von den neun Erdölaufschlußbohrungen, die sich über den gesamten Chaco verteilen, existieren keine näheren Angaben über Schichtfolge und Wasserführung der durchteuften quartären und (?) tertiären Lockermassen.

Eine schematisierte Darstellung der für die Grundwasserverhältnisse wichtigen Schichtfolge des oberen Quartär ist in Abbildung 69 gegeben.

b) Orographie

Die Abdachung der Aufschüttungsebene vom bolivianischen Subandin nach Osten zum Rio Paraguay beträgt im zentralen Chaco rund 30 m auf 100 km; sie dürfte sich mit Annäherung an das Subandin etwas verstärken.

Die tonreichen, impermeablen Sedimente weisen oberflächige, flache, abflußlose Einmündungen auf, die oft erst während der Regenzeiten als wassergefüllte Einschwemmungs-Senken von wenigen 100 m bis mehreren Kilometern Durchmesser in Erscheinung treten.

Als Zeugen einer älteren Flußgeneration winden sich die von den Siedlern „Kämpe“ genannten fluviatilen Feinsandschüttungen durch den „Busch“, einer halb-xerophytischen, dichten Pflanzengesellschaft, die auf den vorwiegend tonigen Böden wächst. Wohl infolge größeren Windabbaus auf den benachbarten tonreichen Ablagerungen oder infolge der unterschiedlichen Setzung sandiger und toniger Sedimente erscheinen die Feinsandschüttungen häufig flach gewölbt. Mitunter sind sie auch zu dünenartigen, jetzt von Büschelgras bewachsenen Sandanhäufungen zusammengeweht worden (Abb. 70).

Deutliche Spuren einer jüngeren Flußgeneration finden sich als flache Trockenrinnen-Mäander, die sowohl den auf den tonigen Sedimenten wachsenden winter-trockenen Buschwald als auch die von Büschelgras und Einzelbäumen bestandenen Sandschüttungen der älteren Flußgeneration queren (Abb. 71).

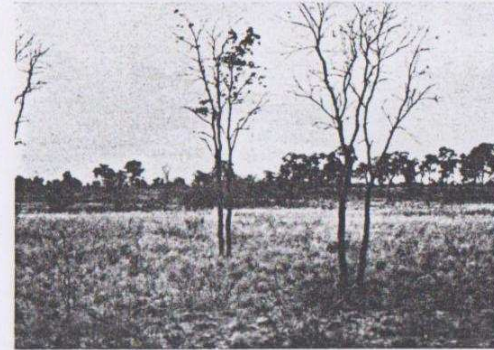


Abb. 70. Ältere Fluß-Generation: Büschelgras-bestandene fluviatile Sandschüttung („Kamp“) mit Dünen-Wall im Hintergrund. Zentraler Chaco Boreal bei Neu-Mölln, Gebiet der Mennoniten-Kolonie

Fig. 70. Generación mas antigua de rios en el Chaco: campo de arena con gramineas, Colonia menonitica Neu-Mölln (Foto: Bender)



Abb. 71. Ebenen-Mäander der mittleren Fluß-Generation. Flugaufnahme, etwa 100 km W Filadelfia im zentralen Chaco Boreal

Fig. 71. Meandro muerto de la generación fluvial mediana, situado cerca 100 km W de Filadelfia, Chaco Boreal (Foto: Bender)

Ein drittes, jüngstes Flußnetz, das ebenso wie die beiden älteren im zentralen Chaco eine generell ost-südöstliche Richtung aufweist, bilden schließlich die periodisch fließenden „Riachos“ mit bis 5 m hohen Uferböschungen (Abb. 72 und 3).

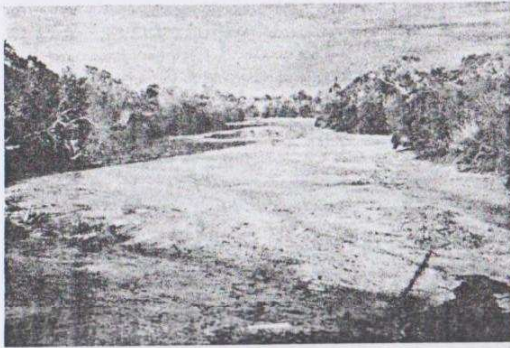


Abb. 72. Jüngste Fluß-Generation: periodisch fließender Fluß (Rio Mosquito) während der Trockenzeit. Rest-Wässer in Kolken. Zentraler Chaco Boreal, im Nordosten der Mennoniten-Kolonie Filadelfia

Fig. 72. Generación fluvial más reciente, el Rio Mosquito, río periódico, durante el estiaje. Restos de agua salada en bolsas; Chaco Boreal central al N de Sommerfeld blanco: costra de sal (Foto: Bender)

c) Klima

Im gesamten Chaco Boreal bestimmen die Einwirkungen warmer Luftmassen aus dem Norden und kalter Luftmassen aus dem Süden das Klima. Beim meist sehr plötzlichen Wechsel der vorherrschenden Nord- bzw. Südwinde kommt es zu heftigen Niederschlägen, besonders in den Sommermonaten Oktober bis März.

Nach den für 20 Jahre gemittelten jährlichen Niederschlägen liegt das Arbeitsgebiet im zentralen Chaco etwa zwischen der 700 und der 1200 Isohyete.

Die tatsächlichen Niederschläge in den einzelnen Jahren sind jedoch außerordentlich verschieden und vom langjährigen Mittel erheblich abweichend. Im Klimatogramm nach WALTER (1955), (Abb. 73), wurden die monatlichen Niederschläge mit den mittleren Monatstemperaturen in Beziehung gesetzt, womit sich die unterschiedliche Verteilung und die Länge von humiden Jahreszeiten und Dürrezeiten ablesen lassen.

Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt in Mariscal Estigarribia im zentralen Chaco bei $27,7^{\circ}\text{C}$, das absolute Maximum bei $43,6^{\circ}\text{C}$, das absolute Minimum bei $-5,1^{\circ}\text{C}$, die gemittelte relative Luftfeuchtigkeit beträgt im Jahresdurchschnitt etwa 55 %.

Über die Höhe der potentiellen Verdunstung fehlen Beobachtungen. Nach den vorhandenen klimatologischen Daten muß sie als sehr hoch anzusehen sein. Ebenso dürfte die effektive Verdunstung als Folge der hohen Niederschläge an wenigen Regentagen bei hohen Temperaturen und beim Vorherrschen impermeabler Ablagerungen an der Erdoberfläche als sehr bedeutend einzuschätzen sein.

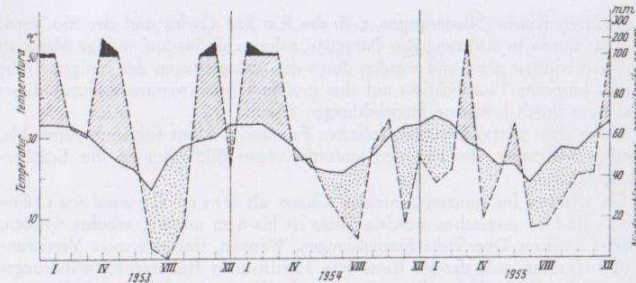
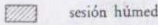
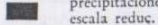
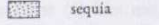


Abb. 73. Klimatogramm von Filadelfia, zentraler Chaco Boreal 1953—1955

Fig. 73. Grafico climático (climatograma) para el Chaco Boreal

monatliche Niederschlagsmengen — — — — — precipitaciones mensuales
mittlere Monatstemperaturen ————— temperatura mensual media
humide Jahreszeit  sesión húmeda
Niederschläge > 100 mm/Monat,  precipitaciones > 100 mm/mes, Maßstab 1/10 reduc.
Dürrezeit  sequía

Mittl. Jahrestemperaturen ————— temperaturas anuales medias
1953: $27,8^{\circ}\text{C}$
1954: $27,7^{\circ}\text{C}$
1955: $27,4^{\circ}\text{C}$

Jährl. Niederschlagsmengen ————— precipitaciones anuales
1953: 983,7 mm
1954: 761,6 mm
1955: 622,8 mm

d) Oberirdische Gewässer

Etwa von Oktober bis März erfolgt nach Angaben der Siedler anscheinend regelmäßig ein gewisser Oberflächen-Abfluß eines Teils der im zentralen Chaco fallenden Niederschläge in ost-südöstlicher Richtung zum Rio Paraguay. Während der Regenzeiten sind die Betten der periodisch fließenden Riachos voll aufgefüllt, und beiderseits davon können sich viele Kilometer breite Überschwemmungssäume bilden. Der eigentliche Abfluß ist aber wegen des außerordentlich geringen Gefälles bei zahllosen und weiten Ebenen-Mäandern der Riachos nur sehr niedrig einzuschätzen.

Im Juni — Juli beginnen die Riachos bis auf Restwässer in den tiefsten Mäander-Rinnen auszutrocknen, und zwar im mittleren Teil des zentralen Chaco, d. h. in ihren Oberläufen, zuerst. In manchen Jahren soll eine zusammenhängende Wasserführung in den östlichen 50 bis 100 km der Riachos bis zu ihrer Einmündung in den Rio Paraguay erhalten bleiben (Abb. 3).

Nach Austrocknung der Riachos hört für den mittleren Chaco der Oberflächen-Abfluß völlig auf. Eine Zufuhr von Oberflächenwasser, etwa von den Anden im Westen, erfolgt während des ganzen Jahres nicht.

Der weitaus größte Teil dieses Gebietes muß selbst in den Regenzeiten als abflußlos gelten. Das Wasser der Niederschläge steht dann auf den undurchlässigen Böden, sammelt sich allenfalls in den Einschwemmungs-Senken und in den abgeschnürten Mäandern der jüngeren und jüngsten Flußgeneration und bleibt im allgemeinen der völligen Verdunstung ausgesetzt, wobei die aus dem Boden aufgenommenen Salze konzentriert werden und schließlich als Salzkrusten das Zentrum der Verdunstungspfannen bedecken (Abb. 74).



Abb. 74. Einschwemmungs-Senke mit Salzkrusten im Zentrum während der Trockenzeit. Estancia Eaton, zentraler Chaco Boreal

Fig. 74. Depresión de iluvión, sin desagüe, cerca de Estancia Eaton en el Chaco Boreal central (Foto: Bender)

Einige oberirdische Wasseransammlungen überdauern die Trockenperioden, wobei sich jedesmal eine verhältnismäßig hohe Salzkonzentration einstellt, ehe die neuen Regenfälle eintreten. Eine eigentümliche, monotypische Tier- und Pflanzenwelt hat sich diesen Verhältnissen angepaßt.

Selten vorkommende oberirdische Süßwasservorkommen auf primär salzärmerem Untergrund tragen meist eine dichte Wasserpflanzendecke, deren Transpiration offenbar geringer ist als die effektive Verdunstung an der freien Wasseroberfläche, denn solche Wasservorkommen können die Trockenzeiten überdauern. Diese von den Siedlern „Süßwasser-Lagunen“ benannten Wasserstellen im Trockenwald sind heute wichtige Basen für Landwirtschaft und Siedlungen, z. B. Isla Poí südlich der Mennoniten-Kolonie Sommerfeld (Abb. 4), Pozo Azul nordöstlich Filadelfia und Cauce Indio bei km 220 im zentralen Chaco, 7,5 km nördlich der Erdstraße nach Mariscal Estigarribia.

e) Grundwasser

Der Anteil der in den Boden eindringenden Niederschläge ist wegen der vorherrschenden impermeablen Abdeckung gering.

Das vor allem in die Sandschüttungen der älteren Flußgeneration, aber auch in flachen Senken bei geringerer Mächtigkeit der abdeckenden lößartigen Sedimente örtlich einsickernde Regenwasser gelangt bis auf die erste Sohlschicht, wo es sich in den genannten Wannern, Taschen und Rinnen gesammelt hat.

Diese Sammelbecken treten in den bisher erkannten Größen von 50 bis 600 m Durchmesser und Tiefen von 1 bis 6 m auf.

Eine große Anzahl von Wasseranalysen hat gezeigt, daß die einzelnen Sammelbecken chemisch außerordentlich verschiedenes Wasser führen können. Diese Feststellung, eine Reihe von Flachbohrungen und die geoelektrischen Messungen (Dr. FLATHE, Bundesanstalt für Bodenforschung im Sommer 1959) haben ergeben, daß im allgemeinen kein geschlossener Grundwasserkörper in den Sanden über der ersten Sohlschicht besteht.

Während besonders regenreicher Jahre im zentralen Chaco sowie besonders in Teilen des südlichen und östlichen Chaco bei geringer Abdeckung über dem ersten Grundwasserleiter ist eine Auffüllung der isolierten Grundwasser-Sammelbecken zu mehr oder weniger zusammenhängenden Flächen denkbar. Hierbei dürften aber infolge der Schwereichtung und infolge Fehlens eines Druckspiegel-Gefälles die hohen Unterschiede in den Salzkonzentrationen der einzelnen Becken erhalten bleiben.

Eine vorherrschende Richtung in der Anordnung der Wasservorkommen im ersten Grundwasserstockwerk ließ sich nicht erkennen. Nach der Annahme, daß es sich bei den Hohlformen um Reste eines früheren, jetzt durch äolische Sedimente abgedeckten Entwässerungs-Systems handelt (siehe auch SCHMIEDER, O., und WILHELMY, H. [1938]), kann man das Erkennen einer generell vorherrschenden Richtung auch nicht erwarten. Zum Vergleich sei auf Abbildung 2 hingewiesen, die die wirren Mäandern eines heutigen Riacho-Systems zeigt.

Anhaltspunkte über die Tiefenlage des ersten Grundwasserstockwerks im zentralen Chaco gibt die Karte mit den Kurven gleicher lotrechter Abstände zwischen der Geländeoberfläche und den Grundwasserspiegeln der isolierten Wasservorkommen auf der ersten Sohlschicht, gemessen während der winterlichen Trockenzeit 1959 (Abb. 67). Die Abnahme der Tiefenlage von Mariscal Estigarribia über Filadelfia nach Süden und Osten entspricht dem in diesen Richtungen abfallenden Gelände.

Oberflächenindikationen für das Vorhandensein wassergefüllter Becken auf der ersten Sohlschicht bestehen nicht.

Flachbohrungen, tiefere Brunnengrabungen und die Ergebnisse der geoelektrischen Messungen haben gezeigt, daß in den Sanden unter der ersten Sohlschicht nur mit hochgradig versalzten Grundwasser gerechnet werden kann. In diesem zweiten Grundwasserstockwerk findet sich offenbar ein geschlossener, großräumiger, mineralisierter Grundwasserkörper. Die Sohl-

schicht des zweiten Grundwasserleiters ist nicht bekannt. Es liegen keine Anzeichen für tiefere, wirtschaftlich erreichbare (bis etwa 100 m nach geoelektrischen Messungen durch FLATHE [1959]) Vorkommen von unversalztem Grundwasser vor.

Über die Wasserführung der „Red Beds“, die in weiten Gebieten die quartären und (?) tertiären Lockermassen unterlagern, fehlen Beobachtungen.

f) Grundwasserhaushalt

Nach den Untersuchungsergebnissen kann man zur Regeneration des Wassers im ersten Grundwasserstockwerk nur den in den Boden eindringenden geringen Anteil des im gleichen Gebiet fallenden Niederschlags in Betracht ziehen. Da ein dem generellen Gefälle des Chaco von Westen nach Osten folgender, zusammenhängender Grundwasser-Strom im ersten Grundwasser-Stockwerk mit Sicherheit nicht besteht, ist mit einer Zufuhr von anderen Gebieten nicht zu rechnen, es sei denn kurzfristig in Perioden extrem hoher Niederschläge, in denen ein Auffüllen und „Überlaufen“ des Grundwassers in den Hohlformen auf der ersten Sohlschicht denkbar ist.

Die Ergiebigkeit der isolierten Wasservorkommen auf der ersten Sohlschicht ist daher im allgemeinen nur von der Größe der Sammelbecken, von der Permeabilität der abdeckenden Schichten und von dem örtlichen Verhältnis von Niederschlag zu Verdunstung abhängig. Diese bestimmenden Faktoren wechseln von Ort zu Ort ganz erheblich, machen aber allgemein das Vorkommen großer, nicht versalzener Grundwasserkörper unwahrscheinlich. Eine Berechnung der zu erwartenden Regenerationsmenge für eine verhältnismäßig große wasserführende Senke in der ersten Sohlschicht ($600 \times 400 \times 3$ m) ergab rund 5000 m³ pro Jahr.

Die Regeneration des Salzwassers im zweiten Grundwasserstockwerk ist ungeklärt. Wahrscheinlich speisen Salzlösungen aus den ausgedehnten Salzsümpfen und -Pfannen der semiariden Zone im Westchaco in das zweite Grundwasserstockwerk ein. Sie wandern darin ostwärts, bis sie in die Flüsse und Riachos in den Niederungen des Ostchaco austreten, denn dort besteht wegen der geringmächtigen Abdeckung durchaus die Möglichkeit, daß das zweite Grundwasserstockwerk örtlich angeschnitten ist.

g) Salzföhrung

Sowohl die Ablagerungen des oberen Quartär als auch die meisten oberirdischen Gewässer und fast das gesamte Grundwasser sind reich an Erdalkali- und Alkali-Chloriden, -Sulfaten und Bikarbonaten bzw. Karbonaten.

Eine Vorstellung von der Salzföhrung und der unterschiedlichen Salzkonzentration im oberen Quartär vermitteln die Analysenergebnisse von Sedimentproben von Filadelfia im zentralen Chaco (Abb. 68).

Einen regionalen Überblick über die unterschiedliche Salzföhrung von Grund- und Oberflächenwassern geben die graphischen Analysendarstellungen in der Karte 1 : 250 000 vom zentralen Chaco (gleichzeitig Flurabstandskarte, Abb. 67).

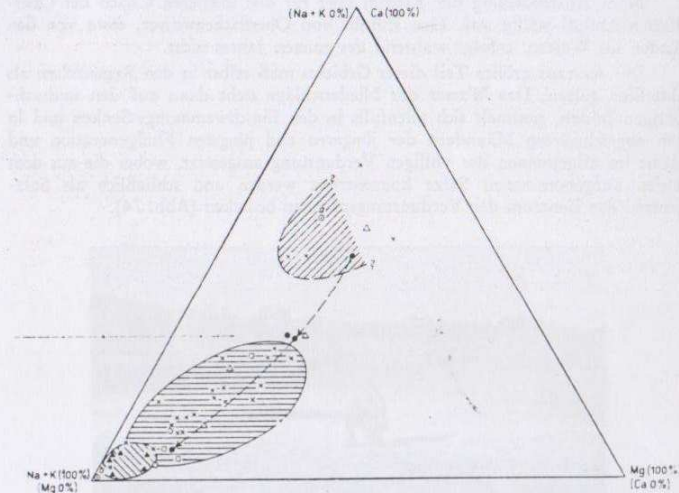


Abb. 75. Dreistoff-Diagramm. Milliäquivalentprozente Na + K, Ca und Mg

Fig. 75. Gráfico de tres sustancias de varias aguas del Chaco Boreal; porcentaje de mili-equivalentes de Na + K, Ca, Mg

Tiefbohrung Villa Hayes	○	sondeo profundo en Villa Hayes
Schurf bei P. Casado	●	pozo en Puerto Casado
Grundwasser aus dem 1. Grundwasserstockwerk	x	agua subterránea del primer acuífero
oberflächige Süßwasservorkommen	△	agua potable superficial
oberflächige Salzwasservorkommen	▲	agua salada superficial
periodisch fließende Flüsse	○	rios periódicos
dauernd fließende Flüsse	●	rios permanentes
Zunahme des relativen Gehaltes an Na + K im Rio Paraguay von Norden nach Süden und im Rio Confuso	→	aumento del contenido relativo en Na + K en el rio Paraguay, acrecentándose del norte para el sur, y en el rio Confuso también
oberflächige Salzwasservorkommen	⊕	zona de aguas saladas superficiales
Grundwasser aus dem 1. Grundwasserstockwerk	⊗	agua subterránea del primer acuífero
Vermutlicher Bereich von Grundwasser aus dem 1. Grundwasserstockwerk in größerer Tiefenlage	⊕	zona probable de agua subterránea del primer acuífero en profundidad mayor

Das Dreistoff-Diagramm der Milliäquivalentprozent von Na + K, Ca und Mg zeigt jedoch, daß trotz aller Unterschiede in den Salzkonzentrationen, die in den Wasseranalysen gefunden wurden, eine deutliche chemische Verwandtschaft des Wassers besteht (Abb. 75).

Die Herkunft und die Verteilung der Salze werden wie folgt erklärt:

Während der Ablagerung des oberen Quartär herrschten etwa gleichartige Klimaverhältnisse und Bildungsbedingungen wie heute vor. Gelegentliche, besonders trockene Klimaperioden führten zur raschen Abdeckung erhalten gebliebener Hohlformen früherer Entwässerungssysteme durch äolische Sedimente.

Am Ostrand des Subandin dürfte die Summe des zugeführten Süßwassers aus Flüssen und Niederschlägen ebenso wie heute die Verdunstung übertroffen haben. Weiter östlich im Flachland des Chaco dagegen stellten sich semiaride Verhältnisse ein, wobei sich die suspendierten und gelösten Stoffe der Andenflüsse in ausgedehnten Salzsümpfen und Verdunstungspfannen anreicherten.

Nachdem derartige Depressionen aufgefüllt waren oder auch durch Ausspülung während gelegentlicher besonders feuchter Klimaperioden gelangten die salzreichen Sedimente weiter östlich in den Chaco, wo sie einen Bestandteil der Aufschüttungsebene bilden.

Der weitere Weg der nicht in das Grundwasser gelangenden Salze wurde und wird bestimmt durch den Wechsel von Lösung und lokaler Auswaschung während der Regenzeiten und Konzentration mit örtlicher Ausfällung in Flußmäandern, Einschwemmungs-Senken und dgl. während der Trockenzeiten.

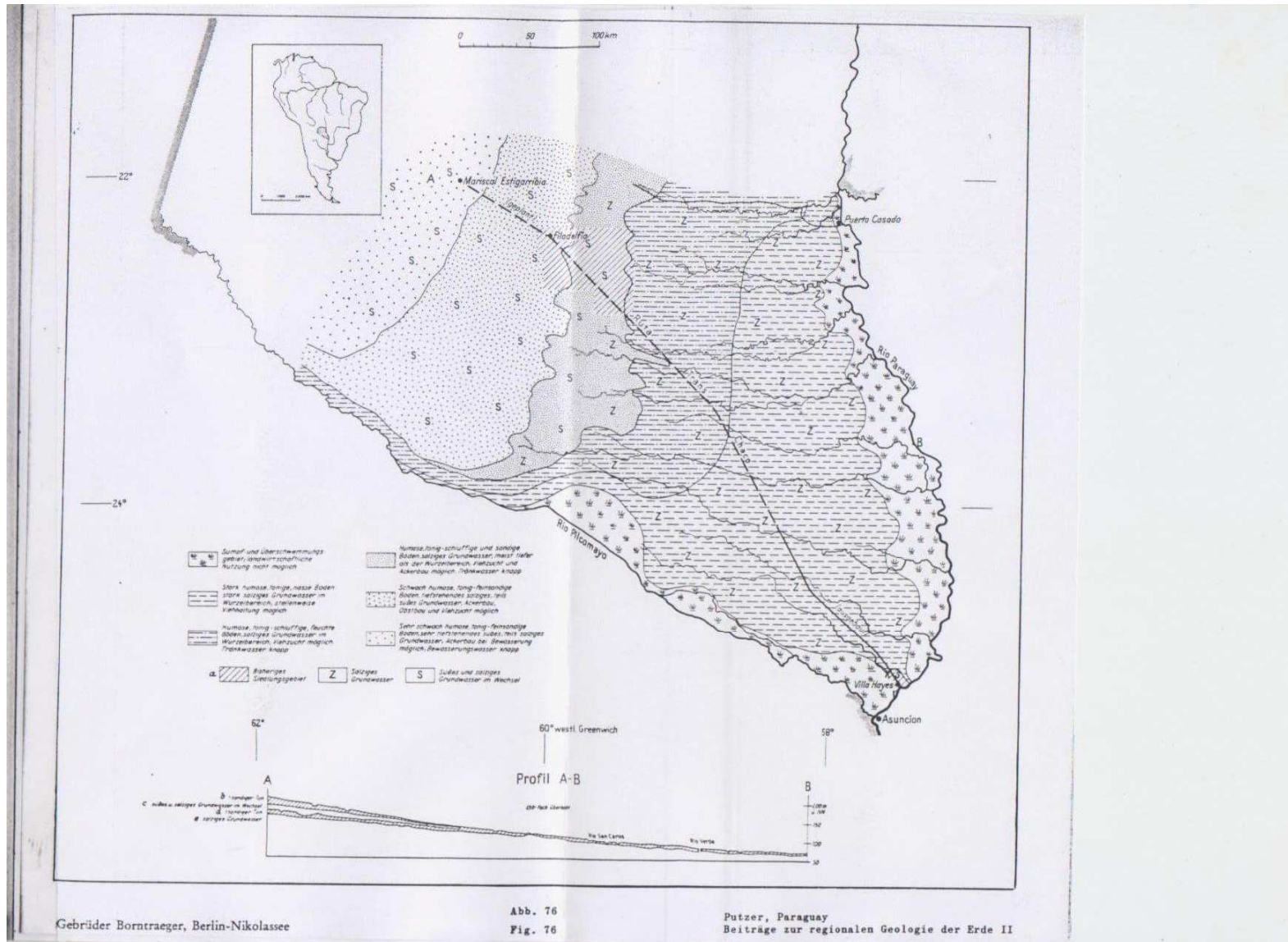
Zusätzlich können Salzmengen aus dem ersten Grundwasser-Stockwerk durch den kapillaren Aufstieg in die oberflächennahen Sedimente und an die Erdoberfläche gelangen und zwar an Stellen, an denen die abdeckenden Schichten geringmächtig und für einen kapillaren Aufstieg günstig sind. Ferner ist das kapillare Aufsteigen von Salzlösungen aus dem zweiten Grundwasser-Stockwerk im Ostteil des zentralen Chaco anzunehmen, da hier der Wasserspiegel des zweiten Grundwasser-Stockwerks unmittelbar an die dünner werdenden hangenden, vorwiegend tonigen Schichten auf einem großen Gebiet stößt.

Niemals kam es zu einem so humiden Klima, daß eine völlige Auswaschung und Abführung der oberflächennahen Salze nach Osten und Südosten in den Rio Paraguay erfolgen konnte.

Daher kann der heute einsickernde Anteil der Niederschläge auf seinem Weg zur Tiefe verschieden große Salzmengen aus den oberen quartären Sedimenten lösen und in den Speichern auf der ersten Sohlschicht konservieren. Da weder ein merkbarer unterirdischer Abfluß und für weite Gebiete auch kein Oberflächenabfluß besteht, können die Unterschiede der Salzgehalte in den isolierten Grundwasservorkommen lange Zeit erhalten bleiben.

Die regionale Salz-Anreicherung im zentralen Chaco Boreal trotz mittlerer jährlicher Regenmengen zwischen 700 mm im Westen und 1200 mm im Osten des Untersuchungsgebietes zeigt, daß derartige Salz-Konzentrationen weitgehend vom Relief abhängig sind, von einem Relief, das trotz hoher Wasserzufuhr nur einen äußerst geringen Abfluß zuläßt.





Gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee

Abb. 76
Fig. 76

Putzer, Paraguay
Beiträge zur regionalen Geologie der Erde II

h) Wassererschließung

Nach diesen Untersuchungsergebnissen ergeben sich für den zentralen Chaco keine Möglichkeiten für eine großräumige Prospektion auf oberirdische Süßwasservorkommen oder auf Grundwasser.

Eine begrenzte Prospektion auf isolierte Grundwasservorkommen im ersten Grundwasser-Stockwerk könnte eine gewisse örtliche Zusatzversorgung in der Nähe wasserverbrauchender Anlagen erschließen. Hierzu geeignet wäre eine planmäßige geoelektrische Vermessung der in Frage kommenden Einzelgebiete.

Eine spürbare Verbesserung der Süßwasserversorgung, auch großräumig, ließe sich nur durch eine intensive Nutzbarmachung der hohen Niederschläge erreichen.

Hierzu wären folgende Maßnahmen geeignet:

1. Prospektion auf Wasserspeichermöglichkeiten im ersten Grundwasser-Stockwerk durch geoelektrische Vermessung mit dem Zweck, Begrenzung und Rauminhalt von Hohlformen auf der ersten Sohlschicht zu bestimmen und anschließend Ausführung von Flachbohrungen.

2. Maßnahmen zur Schaffung größerer Grundwasserernährung mittels Schluckbrunnen und Sickergruben, durch die das Niederschlagswasser nach seiner Klärung in die natürlichen, unterirdischen Speicher eingeleitet und verdunstungssicher gespeichert werden kann.

3. Versuch zu einer Verbesserung der Grundwasserhältnisse auf lange Sicht durch Ableitung größerer Niederschlagsmengen von Gebieten mit schlecht durchlässigen Böden auf die fluviatilen Sandschüttungen. Hier kann das Wasser schnell einsickern und würde im Laufe der Zeit, vielleicht erst nach einigen Jahren, zu einer Anreicherung und Aussüßung des Wassers im ersten Grundwasser-Stockwerk führen.

4. Anlage von Niederschlagswasser-Sammelbecken (tajamares) an der Erdoberfläche und Maßnahmen zur Verminderung der Verdunstung, zum Beispiel durch das Aufbringen monomolekularer Filme organischer Stoffe wie Hexadekanol auf die Wasseroberfläche, womit sich eine Herabsetzung der Verdunstung um 50 % erzielen ließe. Dabei würden 500 g des verhältnismäßig billigen Hexadekanol für eine Wasserfläche von etwas mehr als 4 ha genügen, wie großangelegte Versuche in Australien, Ostafrika und besonders in den USA (Columbia-Universität) ergeben haben.

Südlicher Chaco Boreal

Als südlicher Chaco Boreal ist hier das Gebiet im Flußdreieck Rio Pilcomayo — Rio Paraguay bis zu einer West-Ost verlaufenden Linie von den Sümpfen am Mittellauf des Rio Pilcomayo (Esteros Patiño) bis zum Rio Paraguay bezeichnet. Es gehört bis auf das Hügelland von Villa Hayes zum Überschwemmungsbereich des Rio Paraguay und zum Rückstaugebiet der hier einmündenden Flüsse und Riachos. Es hat den Charakter einer mit Palmares und Waldinseln bestandenen Feuchtsteppen-Parklandschaft und ähnelt damit sehr den östlichen Teilen des zentralen Chaco.

Schwemmlöß- und lößlehmähnliche Ablagerungen und deren tonige Umlagerungsprodukte, die Absätze der tonigen Trübe auf großen Überschwemmungsfuren und salzreiche Schlackablagerungen der von Westen kommenden Flüsse und Riachos nehmen die Oberfläche dieses Gebietes ein.

Die gemittelten jährlichen Niederschläge liegen von West nach Ost ansteigend zwischen 1000 und 1350 mm. Ihre Verteilung in bezug auf die Regentage ist etwas günstiger als im zentralen Chaco. Die Jahresdurchschnittstemperatur dürfte um 24° C liegen.

Da sandige Sedimente fast fehlen, bringt es die Undurchlässigkeit des Bodens mit sich, daß alle tieferliegenden Grasfluren monatelang unter Wasser stehen und daß selbst in den um einige Dezimeter höher liegenden Waldinseln während der Regenzeit eine flache Wasserschicht steht (Abb. 19). Demzufolge ist mit einer noch höheren effektiven Verdunstung als im zentralen Chaco zu rechnen.

Ein ständiger Oberflächen-Abfluß zum Rio Paraguay vollzieht sich im Rio Pilcomayo, im Unterlauf des Rio Confuso, des Rio Verde und des Rio Aguaray, ein zeitweiser Abfluß erfolgt durch eine Reihe von Riachos. Diese Flüsse werden im Sommer durch die hohen Niederschläge, im Winter zeitweise von dem auch hier offenbar angeschnittenen, immer Salzwasser führenden zweiten Grundwasser-Stockwerk gespeist. In den Trockenmonaten läßt sich nämlich ein erheblicher Anstieg im Salzgehalt dieser Flüsse nachweisen. Er ist so hoch, daß er nicht allein mit der normalen Salzkonzentration bei der Verdunstung erklärt werden kann. Wie jedoch die weit über die Regenzeit hinaus stehengebliebenen Wasserflächen beweisen, sind auch hier wie im zentralen Chaco große Gebiete zwischen den Flüssen als *abflus* anzusehen.

Nach den in der Trockenzeit gewonnenen Daten der wenigen Brunnen und Aufschlüsse entlang der neuen Chaco-Straße ergaben sich ähnliche Grundwasser-Verhältnisse wie im zentralen Chaco. Auch hier bestehen isolierte Grundwasservorkommen mit unterschiedlichen Salzkonzentrationen in einem sandigen Grundwasserleiter auf einer tonigen Sohlenschicht in 6 bis 8 m Tiefe. Es ist damit zu rechnen, daß das erste Grundwasser-Stockwerk in den Regenzeiten auf großen Flächen zusammenhängendes Grundwasser führt. Infolge der Schwereschichtung beim Fehlen eines wirksamen Druckspiegel-Gefälles bleiben jedoch die Unterschiede in den Salzgehalten bestehen. Erst nach dem kapillaren Entzug und der Verdunstung einer gewissen Wassermenge aus dem ersten Grundwasser-Stockwerk treten sie dann am Ende der Trockenzeit in kleinräumigen, isolierten Grundwasservorkommen wieder deutlich hervor.

Tiefere Brunnengrabungen und Flachbohrungen haben in den Sanden unter der ersten Sohlenschicht nur hochgradig versalzene Grundwasser angetroffen. Nach den geoelektrischen Messungen bestehen auch hier im flachen Südchaco keine Hinweise auf größere Vorkommen von Süßwasser bis zu Tiefen von etwa 100 m. Eine Verbesserung der Süßwasserversorgung könnte daher nur durch eine planmäßige Nutzung der hohen Niederschläge, ähnlich wie im zentralen Chaco, erreicht werden.

Eine von Villa Hayes nach Norden über Benjamin Aceval in das Flachland vorspringende, flach hügelige Zone mit Verwitterungs-Lockermassen der Misiones-Sandsteine zeigt vom flachen Chaco abweichende hydrologische Verhältnisse.

Hier hat sich ein Grundwasserkörper gebildet, dessen Sohlenschicht entweder die Grenze Schuttmantel/massiver Sandstein, oder innerhalb des örtlich klüftigen Sandsteins eine tonige Zwischenlage in unbekannter Teufe bildet. Der Westabbruch der Hügelzone ist wahrscheinlich durch eine NNW verlaufende Störungszone verursacht worden, an der verhältnismäßig undurchlässige Chaco-Sedimente gegen den klüftigen Sandstein oder dessen Verwitterungsmaterial absetzen. Eine Reihe schwacher Süßwasseraustritte an diesem Abbruch, die als Überlaufquellen gedeutet werden können, sowie zahlreiche Schacht- und Bohrbrunnen mit brauchbarem Süßwasser im hügeligen Gebiet mit mächtigem Verwitterungsschutt sprechen für diese Annahme. Das Grundwasser wird durch die hohen Niederschläge bei guter Durchlässigkeit der vorwiegend sandigen, geröllführenden Lockermassen im hügeligen Süd-Chaco selbst regeneriert.

Am Rio Paraguay konnte kein zusammenhängender, mit dem Fluß im hydrostatischen Ausgleich stehender Grundwasserabstrom festgestellt werden. Brunnen in etwa 30 m Abstand vom Westufer des Rio Paraguay in Villa Hayes, deren Sohlen bis zu 10 m unter dem Flußwasserspiegel lagen, führen salziges, vom Rio Paraguay völlig unbeeinflusstes Wasser. Ähnliche Beobachtungen wurden in Puerto Casado gemacht. Das Fehlen eines Grundwasserabstroms ist auf die abdichtenden tonigen Fluß-Sedimente und auf den Mangel an gröberklastischen, durchlässigen Ablagerungen in der Flußauwe zurückzuführen. Nur an Stellen, an denen sandige Rinnen früherer Flußbetten mit dem heutigen Strom in Verbindung stehen, können Süßwasservorkommen in der Flußauwe erbohrt werden.

IX. Die paraguayischen Böden

Im großen kommt auch bei den Unterschieden der Böden die Dreiteilung des Landes zur Geltung, wobei der Tal-Landschaft des Rio Paraguay die Rolle einer „Boden-Scheide“ zukommt. ECKEL (1959) hat seiner Arbeit eine Bodenkarte von Gesamt-Paraguay im Maßstab 1:200 000 beigegeben, ohne sie im Text näher zu erklären. In einer ausgezeichneten Arbeit haben SULSONA, HAMMON & RAMIREZ (1954) den Versuch einer Klassifikation der Böden des Landes vorgelegt, die für gewisse Gebiete des Chaco Boreal durch den Bericht von LÜDERS (1959) ergänzt wird.

In Ost-Paraguay können wir zwei große und ein kleineres Gebiet mit charakteristischen Böden unterscheiden. Den Osten des Landes nehmen die tiefgründigen Residual-Böden der zersetzten Decken-Basalte ein. Die dunkelrotviolett bis braun-roten Böden (Abb. 13) sind tonig bis feinst-sandig, meist sehr bindig und weniger gut durchlässig. Ihr Humusgehalt ist gering. Sie sind vornehmlich von Hochwald der subtropischen und tropischen Regen-Gebiete bestanden. Die Böden werden sehr schmierig.

Nach Westen schließt sich ein breiter N—S-streichender Gürtel lehmig-sandiger Böden von braungelber Farbe an. Diese Böden sind aus den in Ost-Paraguay vorherrschenden sandigen Schichten der Trias (Misiones-Sandstein), des Perm (Estrada-Nova-Formation), des Oberkarbon (interglaziale und postglaziale Sandsteine der Tubarão-Serie) und des Silur hervorgegangen. Diese für Wasser und Luft gut durchlässigen Böden sind relativ arm an wichtigen anorganischen Nährstoffen (Ca, P, N, K und Spuren-Elementen), die durch die starken und sehr hohen Niederschläge dieses Gebietes ausgewaschen werden; auch der Anteil an organischer Substanz ist nicht hoch, so daß die Böden humus-arm, schwach sauer bis neutral sind. Die aus Sandstein hervorgegangenen sandig-lehmigen Böden sind graugelb bis braungelb, sie werden vornehmlich für Weideland benutzt.

Podsolierte Residual-Böden, die durch humus-saure Wässer gebleicht sind, treten in den Tälern und Mulden dieses Bereichs häufig auf und kommen auch im Gebiet des östlichen Paraguay, über basaltischem Untergrund vor, wo sie meist versumpfte, stau-nasse und sehr saure Böden darstellen.

Die über den granitischen und porphyrischen Gesteinen des Präkambrium gebildeten Böden im Süden und Norden von Ost-Paraguay (Gebiet Quiindy — Caapucú im Süden und Apa-Bergland im Norden) sind lehmig-sandige, leicht durchlässige braune Böden, deren toniger Anteil auf die Verwitterung der Feldspäte zurückzuführen ist. Daher sind diese Böden reicher an K und N als die übrigen Sandböden. Die neutral bis ganz schwach sauren Böden geben gutes Weideland ab und eignen sich zum Ackerbau.

Nur im Nordwesten von Ost-Paraguay gibt es kalkige, lehmig-sandige schwer durchlässige Residual-Böden von gelber und graugelber Farbe, die reich an Ca und Mg sind. Sie sind durch die Verwitterung karbonatischer Gesteine des nahen Untergrundes, die Schichten der Itapucumi-Serie, hervorgegangen. Diese kalkhaltigen Böden sind für Weideland gut geeignet und bilden die Grundlage der großen Viehzuchtgebiete des Nordens.

Beiderseits des Rio Paraguay und des Mittellaufs des Rio Paraná zwischen Carmen del Paraná und Humaitá sowie in der langgestreckten Ypacarai-Depression bestehen die Böden aus umgelagertem Material des Alluvium. Diese feinst-sandigen Schwemmland-Böden sind reicher an mineralischen Nährstoffen als die ost-paraguayischen Residual-Böden und enthalten als Absätze von Überschwemmungen viel organisches Material. Sie sind durch hohen Grundwasserstand ausgezeichnet, gut wasser- und luftdurchlässig und liefern, soweit sie entwässert werden, vorzügliche Böden für die Landwirtschaft. Diese Böden sind schwach sauer bis neutral.

Um hohe landwirtschaftliche Erträge zu liefern, bedürfen die sauren Böden von Ost-Paraguay der Kalk-Phosphor- oder der Stickstoff-Phosphor-Kali-Düngung, die bisher noch nirgends angewandt worden ist.

Die West-paraguayischen Böden des Chaco Boreal sind von denen des östlichen Landesteils deutlich verschieden. Praktisch handelt es sich im Chaco durchweg um umgelagerte lehmig-tonige und lehmig-sandige Böden,

die aus holozänen und z. T. pleistozänen Lößlehmen und sandigen Lockergesteinen entstanden sind. Im Gegensatz zu den vielfach roten Böden Ost-Paraguays herrschen im Chaco Boreal braune und gelbe Böden vor, mit Ausnahme des südöstlichsten Chaco im Bereich zwischen Villa Hayes und Benjamin Aceval, wo Roterde-Böden vorkommen.

Der durch die geologische Geschichte belegte jüngste Klima-Wechsel im Chaco Boreal hat die Bildung von Para-Braunerde-Böden zur Folge gehabt. Das Ausgangsmaterial dieser Böden sind lößartige Sande einer älteren Trockenperiode, die wahrscheinlich einem Interglazial entspricht. Im älteren Pleistozän sind danach diese Böden in einem humiden Klima entstanden, wie LÜDERS (1961) zeigen konnte. In dem darauf folgenden, rezenten, semi-ariden Klima hat in diesen Böden eine Anreicherung leichtlöslicher Salze (durch Kappillarwirkung) stattgefunden.

Braune sandige Erde ist vor allem im zentralen Chaco, so im Gebiet der Mennoniten-Kolonien, verbreitet. Sie tritt auf den etwas höher gelegenen Grasflächen auf, ist gut-durchlässig, schwach sauer bis neutral und für den Ackerbau sehr geeignet, dessen Grundlage sie dort darstellt. Ihr Humusgehalt ist gering. Hellbraune, tonig bis feinst-sandige Böden des mittleren Chaco Boreal sind im oberen Teil lehmig und schwerer durchlässig, nach unten (Unterboden) werden sie karbonat- und salzhaltig. Nach LÜDERS' (Bericht 1959) sind sie trotz ihrer hellen Farbe nicht humus-ärmer als die braunen sandigen Böden. Meist sind sie von Buschwald bestanden.

Die hellbraunen tonigen Böden sind reich an Basen, da die zwar heftigen und meist kurzfristigen Regen nicht tief in den bindigen Unterboden eindringen können und daher deren Mineralgehalt nicht auslaugen. Andererseits werden die gut durchlässigen braunen sandigen Böden stark durchfeuchtet und verlieren allmählich ihren Gehalt an mineralischen Nährstoffen.

Die hellbraunen tonig bis feinsandigen Böden eignen sich zum Anbau von salzverträglichen Pflanzen wie Baumwolle, auch werden sie als Weideland genutzt.

Die Chaco-Böden sind auf Grund ihrer Herkunft als das endgültige Umlagerungs-Produkt der erodierten, petrographisch so vielfältigen Gesteine der Anden reicher an den verschiedensten Mineralsalzen und Spuren-Elementen als die Böden in Ost-Paraguay (z. T. enthalten sie die feinste Fraktion vulkanischer Aschen vom rezenten Vulkanismus der Anden). Im Gebiet östlich der Mennoniten-Kolonien beeinträchtigt hoher Grundwasserstand und langdauernde Wasserbedeckung in abflußlosen Einschwemmungs-Senken ihre landwirtschaftliche Nutzung. Zudem wird die landwirtschaftliche Entwicklung im Chaco durch die unregelmäßige Verteilung der Niederschläge erschwert.

Das geringe Relief ist ein Hindernis für großflächige Entwässerungsarbeiten, die für die qualitativ guten Böden die Voraussetzung für ihre landwirtschaftliche Nutzung darstellen.

Im südöstlichen und nördlichen Chaco Boreal sind die sehr feinkörnigen Böden schwer durchlässige, alkalische, graugelbe, tonige Lehm Böden und Ton-

böden (Trockenschlamm-Böden). Die Trockenschlamm-Böden im Bereich des mittleren Pilcomayo sind auf weite Strecken frei von Vegetation; steinige Böden im Gebiet der Ostseite des Cerro León tragen nur spärlichen Dornbusch. Beide Bödenarten sind für landwirtschaftliche Nutzung nicht geeignet.

Die im östlichen Chaco vorherrschenden Alkali- und salzhaltigen Böden sind für eine intensive landwirtschaftliche Nutzung qualitativ nicht lohnend. Nur etwas höher gelegenes Land ist für Ackerbau zu verwenden. Aber bereits im Gebiet der Mennoniten-Kolonien nimmt der Salzgehalt des Bodens ab, hier hat der Pioniergeist der Mennoniten eine leistungsfähige Landwirtschaft geschaffen. Das gleiche gilt für die Zuckerrohr- und Erdnuß-Anpflanzungen, die von der Militär-Verwaltung im Gebiet um Mariscal Estigarribia angelegt worden sind. Weiter nach Westen und Norden sind die Böden salzfrei und somit „gesund“, so daß hier die Möglichkeit für Kolonisation gegeben ist.

Sandige und sandig-lehmige braune Böden bilden die Oberfläche im nördlichen und nordwestlichen Chaco Boreal (z. B. im Gebiet Ingavi — Aroma — Cerro León, bei Nueva Asunción und Fortín G. Mendoza). Längs der bolivianisch-paraguayischen Grenze im äußersten Westen ist es zur Bildung von weiten „arenales“, Sandfeldern und Dünen, gekommen. Die neutralen bis schwach alkalischen Böden sind nährstoffreich.

Der schlammige Boden der Süßwasser-Sümpfe des östlichen Chaco Boreal und der Sumpfböden am mittleren Pilcomayo sind reich an organischer Substanz. Die schwarze, morastige Oberschicht ist 5 bis 25 cm mächtig. Es sind mäßig saure, staunasse Böden der tieferen Areale, die nur örtlich durch kostspielige Entwässerungsarbeiten nutzbar gemacht werden können.

Die für die Land- und Forstwirtschaft so wichtigen und engen Beziehungen zwischen Bodenbeschaffenheit und Grundwasser werden in Abbildung 76 für den Südteil des Chaco Boreal dargestellt. Der breite, nach Westen umschwenkende Gürtel im Osten enthält ganz überwiegend feuchte, humusreiche Böden, die nur für Viehzucht in Frage kommen, weil Entwässerungsarbeiten hier nur mit sehr hohen Kosten durchgeführt werden können. In diesem Gebiet sind sehr große Flächen infolge Abflußlosigkeit langfristig von Niederschlagswasser bedeckt. Dies ist zugleich die Zone mit vorherrschendem salzigen Grundwasser.

Nach Westen schließen dann, beginnend im Gebiet der Mennonitensiedlungen, die zunächst humusreichen, dann schwach humosen, feinsandigen Böden an, in denen neben Viehzucht auch Ackerbau und Obstbau möglich sind. Da hier im nahen Untergrund auch süßes Grundwasser nachgewiesen ist, bestehen in den weiten Räumen dieses Gürtels gute Voraussetzungen für Siedlungs- und Anbau-Planung. Ausgedehnte, bisher ungenutzte Gebiete mit guten, jungfräulichen Böden stehen im westlichen Chaco Boreal für landwirtschaftliche Erschließung zur Verfügung.

Summary

Paraguay, the "garden of South America", covers 406 752 km² and has a population of some 1,6 millions. Discovered by the Portuguese ALEIXO GARCIA in 1524, the country's features have been described by jesuit priests and foreign scientists. HARRINGTON (1950, 1956) has published the first modern geology of Paraguay, completed by BOETTNER (1947, 1952, 1955), BENTZ (1957), PUTZER & co-authors (1959). BENDER, FLATHE & LÜDERS (1959) have studied hydrogeology and soils in the Chaco Boreal and ECKEL (1959) has enlarged our knowledge about petrography in his reconnaissance about Paraguay.

Geographically Paraguay is divided by the river Paraguay in two really different units: a) the hilly Eastern Paraguay, rich in water resources and covered by sub-tropical and tropical forests; and b) western Paraguay or Chaco Boreal, plain lowlands with swamps, savanna, thornbush and brush forest.

Geologically we have to distinguish between three big units: a) the western border of the great Paraná Basin, b) the Central Paraguayan Swell, and c) the Paraguayan part of the Chaco trough.

The western border of the Paraná Basin. In about 2/3 of Eastern Paraguay we find the continuation of the same stratigraphic sequence known in Brazil, nearly horizontally lying beds of the so-called Santa Catarina System (Gondwana) beginning with glacial and fluvioglacial Pennsylvanian, followed by continental lower and middle Permian, capped by Triassic sandstones and post-Triassic plateau-basalts. Locally the Gondwana is covered by remnants of lower (Caiuá) and upper Cretaceous (Bauri). Contrary to the Brazilian part of the basin some formations and groups are missing in Paraguay, namely the coal measures and the Palermo formation (upper Carboniferous), bituminous shales and limestones of the Irati (Permian).

The Central Paraguayan Anticline. Outcrops of old rocks, belonging to the Brazilian Shield, indicate an important structural element with N — S trend, separating the geosynclinal basins of Paraná and Chaco. In the north (hills of Rio Apa) and in the south (area of Caapucú) gneisses, micaschists, phyllites, quartzites, chert and so on were intruded by deep-seated granitic rocks, but effusives as porphyries occur, too. These crystalline rocks are of Precambrian age.

The basement-rocks were overlain in the north, unconformably, by a marine sequence of dolomitic, calcareous and marly sediments of Cambrian or Precambrian age. In the south 1000 m or more of Silurian sandstones overlie unconformably the folded and faulted Precambrian. New investigations have resulted that there are no proofs for Devonian in Eastern Paraguay. Triassic sandstones were deposited upon an erosion surface, they are preserved on both sides of the river Paraguay as a continuous area E of Asunción and as a small one W of Villa Hayes.

Probably to the end of the Cretaceous alkalic intrusives and extrusives have penetrated the basement and its un-metamorphosed roof at many places.

The Chaco Basin. Crystalline basement rocks underlie paleozoic, mesozoic and cenozoic sediments of this real geosyncline. In the NE, opposite the mouth of the river Apa, some outliers composed by carbonatic sediments of early Paleozoic or latest Precambrian rise from the Chaco plains as do some alkalic stocks. In the trough proper more than 2000 m of marine Silurian and lower Devonian beds have been lain down, overlain by 500 up to more than 2500 m of terrestrial red beds which are partly Triassic. These formations are covered by some hundred meters of semi-or un-consolidated clastic sediments of Cenozoic age.

Stratigraphy

Precambrian. Paragneisses, micaschists and phyllites, light quartzites, dark slates and cherts, marble as well as altered ultrabasic volcanics represent the Precambrian in the Apa-Mts. and in the south. Their trends are N — S up to NNW — SSE and W → E, the dips are very steep. Strong folding and dislocations are associated with the assyntic orogenesis. Outcrops of these rocks are known in the north at St. Luis, Santa Sofia, Caracol whereas in the south one has scattered occurrences W of Caapucú, at Villa Florida, St. Miguel and a small but remarkable outcrop at the foot of Cerro Cristo Redemptor near Paraguari.

The subsequent magmatic events in Algonkian times have resulted in granitic intrusions near Machuca-cuè, San Carlos and San Luis, aplites and mica-bearing pegmatites in the north; large porphyry outcrops are seen between Quyuquyó — Villa Florida and Caapucú, with flow structures, e. g. at Cerro Pelado. Coarse crystallized reddish granite crops out at San Bernardino, right on the hanging wall of the main fault of the fault zone of Lake Ypacaraí.

All these magmatic rocks and their metamorphosed roof are related to the Algonkian Cuiabá Series in Mato Grosso, Brazil.

Cambrian or latest Precambrian. The Itapucumí Series, consisting of dolomitic, marly, and carbonatic beds with some intercalations of shales and arcose sandstones, rests unconformably in the north upon the gneiss, granite and the like. Its basal member, the clastic series of San Luis, is visible at Cerro Paiva, overlain by massive and oolitic limestones of the Itapucumí. The limestone sequence is well exposed at Vallemi, Santa Elena, Puerto Max etc. No fossils were found up today. It is believed that the beds may correspond to the Bodoquena Series in Mato Grosso; they may be of latest Algonkian or even Cambrian age. The beds are gently folded and heavily dislocated.

Silurian. In Eastern Paraguay more than 1000 m sandstone, with a white shale as a key marker near to the top belong exclusively to the Ordovician and Gotlandium (lower Llandovery), according to WOLFART (1961) who could prove that HARRINGTON's "Devonian" does not exist within this sequence. In the classic section from Paraguari to Itacurubi de la Sierra the Silurian begins with a coarse fluvialite conglomerate (0—20 m), followed by 700—800 m of arcose sandstones, partly coarsegrained, partly white sugar-sandstone, generally becoming finer

grained to the top; lenticular beds of conglomerate and shale occur. This unfossiliferous "sandstone of Caacupé" shows signs of rework, kaolinisation, poor classification and is considered as a fluvialite and lacustrine accumulation in an area of subsidence. The next member is the Eusebio Ayala sandstone, 200—250 m thick, finegrained, micaceous, well banked, whose beds contain the oldest fossils of Eastern Paraguay, graptolites and trilobites of austral type (see pg. 52). Erroneously HARRINGTON has believed that this formation would be Devonian, because of misinterpretation of fossils and of the stratigraphic relations in the fault zone of Lake Ypacaraí. The key bed of the Silurian are 10—20 m white kaolinic shales called Vargas Peña clay on the western side of Lake Ypacaraí and in the valley of the river Piribebuy. The white shales have produced a very rich fauna proving a short connection to the real Silurian ocean in the Andean geosyncline. The uppermost unit of the Silurian is the Cerro Perro sandstone, 100 m thick, whose only outcrops are situated on the right banks of the river Piribebuy between Arroyo y Esteros and Isla Pucú.

By its fossil content these sandy beds are strongly related to the underlying white shales and clays of Vargas Peña.

In the Chaco Boreal PUTZER & WOLFART have found *Arthropycus* and brachiopods in Silurian micaceous sandstones and quartzites at the western slope of Cerro León. Similar white quartzites were observed in the deep bore holes at Santa Rosa, La Paz, Orihuela Lagerenza, Mendoza, Lopez and Madrejón (see pg. 57). During the Silurian the Chaco Boreal has been part of the vast Andean orthogeosyncline occupied by the sea, whereas in Eastern Paraguay fluvialite and lacustrine sedimentation happened in a shallow epicontinental basin. During the lower Llandovery only this uttermost western region of the Paraná Basin was included by the marine transgression. It has been the last marine invasion into Eastern Paraguay of to-day.

Devonian. In the beginning of the Devonian the sea retired into the Chaco trough because of the uplift of the Central Paraguayan Anticline and Eastern Paraguay. In the Chaco Boreal a further subsidence occurred. Samples from the deep wild cat drills and from the outcrops at Cerro León and Ingavi have produced marine fossils of austral type (see pg. 60). Sandy facies, rapid wedging out and interfingering with shales are typical for the eastern borderland of the Andean trough in that times. There was no direct connection between the Devonian ocean of the Andean trough and the Brazilian part of the centre of the Paraná Basin: the Central Paraguayan Swell and Eastern Paraguay belonged to a peninsula.

Upper Carboniferous. Continental beds of Pennsylvanian age rest unconformably upon the Silurian in Eastern Paraguay. Within this sequence there are three tillite horizons (named Aquidabán, Bella Vista and Nioaquè), separated by interglacial sandstones and, between the two younger tillites, the brickred varvites of the Paxixi-group (limnoglacial origin). The top unit is a dark red sandstone ("Upper Aquidauana-sandstone"). The whole sequence of 200 up to 500 m was lain down in a belt of 450 km from N to S and from 10 to more than 100 km wide. At Cerro Itapopó the youngest tillite is very coarse; between its

oulders PUTZER has found radioactive pebbles, mixed with porphyry and hematite coming very probably from the Caapucú area, therefore the origin of the Gondwana-ice may be from the south as it is considered in southern Brazil.

Permian. With angular unconformity the Passa Dois Series (lower Permian) overlies the Carboniferous between Caazapá and the river Jejuí. The lower Permian Estrada Nova formation is represented by two facies: the Independencia, about 400 m thick-bedded arcose sandstones with Dadoxylon and Pinzonella, and the Serra Alta facies, characterised by alternating layers of thinbedded argillaceous sandstones with grey, violet, brownish and green shales, well exposed at Cnel. Oviedo. The top unit, the Rio do Rasto formation (middle Permian) was found in 1959, consisting of brick red siltites and clays. Its thickness is unknown.

Mesozoic. The greatest area in Eastern Paraguay, covered by Gondwana rocks, is occupied by the São Bento Series whose sedimentary part is Triassic whilst their volcanic material may be Jurassic.

Triassic. Soft reddish sandstones, the "Misiones sandstone" are equivalent to the Brazilian Botucatu sandstone. The Misiones sandstone is partly well thinbedded, with plenty of very fine mica on the bedding-planes, basal conglomerate and signs of rework (dark red shale), partly it is unstratified proving aeolian origin. Its thickness varies from less than 50 m (Caaguazú) up to more than 250 m. The Misiones covers transgressively older formations and is preserved, by tectonical downthrow, in the W of the Ypacarái depression. The Misiones continues into the SE part of the Chaco Boreal (outcrops up to Benjamin Aceval) but is missed to the north of Eastern Paraguay.

In the Chaco Boreal a thick series of reddish clastic beds of continental origin are known from bore samples only, they are the so-called Red Beds, proved in the Pirizal well with more than 2500 m. Some gypsum and anhydrite layers support the idea of formation under arid conditions. Probably the greater part of the Red Beds belong to the Triassic, although it is possible that they grade into Tertiary beds. For the first time MÄDLER (Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover) has observed some micro-fossils (Mai 1961) in bore samples of G. Mendoza well, drilled in the uttermost NW of the Chaco. The material contains spores and pollens of ferns, Bennettiteae, colonies of Botryococcus (algae) and spores of Cycadeae. These findings support the conception of Triassic age for the Red Beds.

? Jurassic. The Serra Geral formation are plateau-basalts (diabase, dolerite and the like) overlying by erosion-disconformity the Triassic Misiones sandstone, and in the north (Cordillera de Amambay) sandstones of the Carboniferous. These volcanics have flown out over a long period, one sheet overlying the other, different, repeated facies. Amygdaloid diabase is typical for the top of each lava flow. The feeders of the enormous lava quantities are yet unknown. Time of volcanic activity was Jurassic or early Cretaceous.

Younger sedimentary cover. Remnants of terrestrial soft brown Caiuá-sandstone (lower Cretaceous), outwash-pebbles of conglomeratic Baurú (upper Cretaceous) are found upon the lava sheets at some places. Possible Tertiary beds

in the valley of the river Paraguay, the Pleistocene Pampeano-group (with typical mammals), widespread in the lowlands, travertine-limestone of the Pleistocene near Vallemi, Cerro Galbán and so on (so-called Xaraiés-formation), and in the Chaco Boreal the vast spread Chaco-sediments, a sequence of unconsolidated sandy beds, and finally alluvial deposits (sands, clay and peat) represent the filling and cover of depressions and older rocks.

Post-Triassic volcanics and magmatics outside of the lava flows. Now many outcrops, mostly not very extended, of magmatic and volcanic rocks are known in the area of the Central Paraguayan Swell between Ybycui in the south and Fortin Olimpo far in the north. They are shonkinites, essexites, alkalic syenites and foyaites forming smaller or bigger stocks, and as true volcanics various types of basalts, phonolites, diabase and porphyric rocks. They all belong to the alkalic group and are related genetically to the same magma which has produced the gigantic lava sheets of the Paraná Basin (see PUTZER & VAN DEN BOOM [1961]). These rocks have penetrated rocks from Precambrian up to Triassic age and are considered of the same age as similar rocks of the surroundings in the Brazilian part of the Paraná Basin: Cretaceous.

Tectonics. The apparent simple structure of Paraguay are the basins, a deep trough in the Chaco Boreal, and a shallower one in the east, separated by a swell. Both synclines are old unstable depressions. The basement rocks were folded by the worldwide assynthetic orogeny and Precambrian granites and porphyry have been intruded into the folded and faulted complex. — The marine basin of the Itapucumí Series reaching up to Corumbá (Brazil) belongs to the old unstable area called "Mato Grosso-Corridor" by STILLE. Genuine younger folding did not happen: neither the Cambrian or Precambrian Itapucumí-Series nor the paleozoic and mesozoic sequences were folded. Gentle undulations only are observed. But block-faulting of germanotype pattern has happened as well in both basins as in the N—S trending anticline between them. Mayor faults must be admitted along the river Paraguay whose course is controlled by faults between Puerto Sastré and S. Salvador, and from Rosario up to Humaitá.

Cerro León and adjacent areas in the northern Chaco Boreal form an elongated horst with a western downthrow of some 1100 m, probably as step-faults. Another downthrow of more than 2000 m is proved between the Silurian near Emboscada and the southern Chaco Boreal (e. g. bore hole Orihuela); that means some mayor faults or step faults at the western border of the Central Paraguayan Swell, which has been a high zone over long periods. The marine lower Devonian had never passed over this high zone.

Sediments and lava flows of the Gondwana (upper Carboniferous up to Cretaceous or Jurassic) dip very gently in Eastern Paraguay to the E, NE and SE. Locally only some soft undulations have warped the Misiones sandstone near S. Ignacio, and the Silurian beds at Itacurubi de la Sierra. These small undulations are considered as compensatory movements related to gravity faults and gaping fissures which belong to the beginning of the volcanic activity of the plateau basalts. Later these fractures, opened by tensional forces, have been the conduits for the lava sheets in the Paraná Basin.

The most important fracture zone in Eastern Paraguay is the Ypacarai depression, once considered a graben (HARRINGTON [1950, 1956]), but now interpreted as a step fault zone (PUTZER [1958]) whose main fault may be longer than 100 km. The total downthrow to the W is about 600 m. Post-Triassic essexite and shonkinite stocks as well as porphyry have intruded along faults in this area.

In the Chaco Boreal we have to count with block-faulting, tilted fault blocks and deep sunken parts, e. g. in bore hole Pirizal the base of the Red Beds was not tapped at a depth of 3148 m, proving a deep downfold. Bore hole Lagerenza has stroken the Silurian in 2713 m whereas the next Silurian outcrop at Cerro León is 80 km only to the E. Devonian is lacking in the modern bore holes at Madrejón and Lopez, as in the old one at Orihuela, indicating a strong post-Devonian erosion before refilling of the faulted trough by continental Red Beds has happened. Geological information about the Chaco Boreal is scarce, and many problems wait for elucidation.

Glaciation has spread clastic material over the eastern flank of the Central Paraguayan Swell and into the Paraná Basin in upper Carboniferous; fluvatile, lacustrine and aeolian sediments were lain down from Permian up to Tertiary. Unconformities between the different formations were caused by erosion.

Cenozoic sedimentation in the Chaco Boreal is still a wide field for research. We know semi-or unconsolidated rocks, the co-called Chacosediments, some 400—600 m thick, covering the Red Beds. These young beds must be of Tertiary age, but their detailed stratigraphy is unresolved. These sandy beds are mostly fluvatile products, transported from the rising Andean mountains, maybe already during the incaic orogeny, and especially during and after the quechua orogeny (Pliocene). The youngest sedimentation in the Chaco Boreal occurred in a moister climate than today; the draining system of these days (Pleistocene) is recognizable from the air.

Mineral resources. Big metallic deposits of economic value are so far unknown in Paraguay. Iron ores of good quality but small reserves are seen near Caapucú. Mburicacy, Paso Pindó and San Miguel. Rich copper ores (oxydation zone) at a small spot at Paso Pindó (old workings); pyrolusite at Emboscada. Unfortunately the coal seams of the Santa Catarina System (Gondwana) are lacking. Extended peat deposits exist in the valley of the river Paraguay near Pilar.

One hopes for oil in the Chaco, with good reasons. The few bore holes were dry, but 3 of them have found showings. Source rocks for oil are bituminous marine sandy shales of the lower Devonian from which oil is derived in the extended belt of the Andean Mts. from Argentine up to Ecuador. Porous rocks as recipients and traps for oil are sandstones of the Devonian and the Red Beds. Impermeable sealing beds exist, too, in the Chaco trough. The Chaco Boreal, geotectonically the foreland-basin of the Andean geosyncline, offers chances for oil. Much must be done to explore favourable structures, and this is costly.

In Eastern Paraguay the oil-shale (Ponta Grossa beds, lower Devonian) and bituminous shales and limestones (Irati, Permian) existing in the Brazilian part of the Paraná Basin, seam to be missing.

More important are non-metallic minerals; in the north of Eastern Paraguay mica-feldspar bearing pegmatites occur between San Luis and Caracol. They may become minable in the future. Large deposits of talc at San Miguel, and of pyrophyllite near Charara can produce pure material as refractories and vehicles of insecticide. Sedimentary kaolin occurs in wide areas W of the Ypacarai-depression and in the valley of the river Piribebuy. If prepared, the kaolin is suitable for ceramic uses. Mineral pigments: fine yellow and dark red other are known from Cerro Aparipi, Pindoty and Tobati; earthy malchite from Paso Pindó.

Barite crops out in a vein at Fortin Olimpo (Chaco); agates are found together with amethyst in the amigdaloid facies of the Serra Geral lavas, and as pebbles in the alluvial of the river Paraná. Bauxite is yet not proved but expected especially in the region of the mentioned alkalic crystalline rocks, due to laterization (syenites and foyaites near Puerto Guarani, essexite at Acahar, Soto Cañete, Arrua-i; shonkinite at Mbocayaty and numerous nepheline basalts in the south of Eastern Paraguay).

Abundant limestones, more or less dolomitic, crops out at the left bank of the upper river Paraguay, where one finds many lime-kilns. At Vallemi the unique state-owned portland cement plant uses this stuff mixed with high graded fanglomeratic limestone of Pleiocene age.

Nice varieties of construction-material are available in all parts of Eastern Paraguay, quarried at Hohenau, Emboscada, San Juan Bautista.

Hydrogeology. There is no lack of good groundwater in Eastern Paraguay. Rich aquifers are the sandstones of the Silurian, Carboniferous, Permian and Triassic, and the amigdaloid facies of the lava flows and the fissured basalts. The Misiones sandstone supplies plenty of good water in the area of Asunción from depth of 60 to 150 m.

On the other hand, water supply is difficult in wide areas of the Chaco Boreal. In 1959, detailed investigations by German hydrogeologists and geophysicists (electrical logging) have revealed that two aquifers exist in the western, central and southern Chaco Boreal. The deeper aquifer has always strongly mineralized groundwater; it is a continuous thick sandy bed outcropping in the eastern half of the Chaco Boreal. There is no hope for fresh water and one has to plan how to store, to use and to protect the surface water of that large region.

Due to the gentle dipping of these young sediments to the W, the highly mineralized aquifer lies to the W in greater depths. Right in the western, central and southwestern regions of the Chaco Boreal a discontinuous impermeable layer covers the deeper aquifer. The material of this important impervious cap is a fine grained clayey rock like loess. Its surface shows numberless shallow channels, pockets and depressions which are remnants of a former draining system, filled later by fluvatile sandy or aeolian sediments. Sometimes this filling material, being the younger (first) aquifer, is barren often it contains mineralized water, of different grade and very different composition (proving its discontinuity) and sometimes fresh water. This water level can be tapped near to the surface in the area of the Mennonite colonisation; it drops up to 20 m or

more below surface at Mariscal Estigarribia and may be deeper in direction to the western frontier.

Thoroughly selected areas of this part of the Chaco Boreal can be cultivated, supplied by fresh groundwater. In some cases recharging of rainfall-water or surface water into the first aquifer, as well if it is quite barren of water, or contains not too mineralized water, can create new exploitable fresh groundwater-bodies. The extension of agricultural development in the W, SW, S and central Chaco Boreal is possible, too, due to the fact that in this zone the soils are suitable, being sandy, more or less rich in humus and mineral salts. If water supply is present, the land can be used for agriculture, fruit-culture and cattle-breeding.

In Eastern Paraguay the high and heavy rainfalls have leached a good deal of the nutritive mineral compounds of the soils. In the future fertilizers (Ca, P and N-P-K) never used up to-day, will increase production and quality of the crops, especially where the soils are acid. The deep-weathered dark red soil of the lava flows is a very rich material, and suitable for coffee plantations, which successfully were started in the beautiful region of the Cordillera de Amambay.

Resumen

Paraguay, el jardín de Sud-América, tiene una superficie de 406 752 km² y posee una población de 1.6 millones aproximadamente. Desde su descubrimiento por el portugués ALEIXO GARCIA en el año de 1524, los padres jesuitas y científicos del extranjero han descrito la geografía, el clima, la etnología, la flora y la fauna del país. HARRINGTON (1950, 1956) publicó la primera geología moderna del Paraguay. Esta publicación ha sido completada y enmendada por BOETTNER (1947, 1952, 1955), BENTZ (1957), PUTZER y sus colaboradores (1959). BENDER, FLATHE y LÜDERS (1959) estudiaron las condiciones de la hidrogeología y de los suelos en el Chaco Boreal, y ECKEL (1959) contribuyó mucho con estudios de la petrografía de las rocas eruptivas y metamórficas publicados en su libro "Reconnaissance of Paraguay". WOLFART (1961) ha esclarecido definitivamente la paleontología del Paleozoico.

El caudaloso río Paraguay divide el país geográficamente en dos partes absolutamente distintas:

- a. La región de las lomas y llanos del Paraguay Oriental, poblada en su mayor parte por selvas de flora tropical y subtropical;
- b. El Paraguay Occidental o sea el Chaco Boreal formado por una vasta llanura con pampa (en la parte meridional), pantanos, monte espiñoso y bosque. Sólo en el norte y en el extremo oriente se encuentran algunas lomas y cerros aislados.

De punto de vista geográfico se distinguen tres grandes unidades de composición y geneses bien diferentes, a saber:

- a. La margen occidental de la gran cuenca del Paraná
- b. el anticlinal central-paraguayo
- c. la parte paraguaya del la cuenca del Chaco.

La margen occidental de la cuenca del Paraná

Alrededor de dos tercios del Paraguay Oriental son formados por la continuación de las series estratigráficas conocidas en el Brasil. Se trata de las series de Gondwana del llamado sistema de Santa Catarina (WHITE [1908], PUTZER [1955]) yacientes casi horizontalmente. Las series del Gondwana comienzan por el Carbonífero glacial y fluvio-glacial (Pensilvaniano) seguido por el Pérmico inferior y mediano, de origen continental; luego son sobrepuestos por areniscas triásicas y los derrames de los basaltos de tipo trapp de edad post-triásica (probablemente jurásica). Sólo en algunos puntos se encuentran restos del Cretácico inferior (arenisca de Caiuá) y con mucho menos frecuencia restos del Cretácico superior (arenisca conglomerática de Baurú).

Es importante saber que algunas formaciones y grupos estratigráficos encontrados en la parte brasileña de la cuenca ya no se formaron en la parte paraguaya de la misma cuenca, así faltan en la parte paraguaya por ejemplo la formación con hulla y la del Palermo (Carbonífero superior) y pizarras betuminosas y calizas betuminosas del Itatí (Pérmico).

El anticlinal central-paraguayo

Rocas muy antiguas, aflorando tanto en el sur como también en el norte, indican un elemento estructural de gran importancia con rumbo norte-sur el cual separa precisamente las dos grandes cuencas geosinclinales, la del Chaco y la del Paraná. Los gneises, mica-esquistos, filitas, cuartzitas, lutitas silíceas etc. forman afloramientos en las lomas del norte (serranía del río Apa) y en las llanuras del sur (región de Caapucú). Generalmente hay pocos afloramientos de las rocas del complejo cristalino. En ambas regiones, o sea en el norte como en el sur, eruptivas graníticas se han introducido en el techo constituido por rocas metamórficas. Pórfidos de grano muy grueso ocurren en la región de Caapucú en forma de rocas efusivas. Todas estas rocas, las metamórficas o sea las de mayor edad, bien como los granitos, pórfidos y su serie filoniana pertenecen al Precámbrico.

En la región del norte y noroeste del Paraguay Oriental una serie de calizas, margas y calizas dolomíticas se encuentra sobrepuesta con discordancia a las rocas del Precámbrico. Esta serie marina llamada Itapucumí puede ser del Cámbrico o puede aun pertenecer al último período pre-cámbrico. No se conocen fósiles en esta serie.

En la zona al sur del anticlinal central-paraguayo el techo del Precámbrico fallado y plegado es formado por una serie de areniscas del Silúrico en posición discordante. El espesor de estas capas clásticas es superior a 1000 m. De las investigaciones recientemente realizadas por PUTZER y WOLFART resulta que no hay pruebas ni indicios para el Devónico en el Paraguay Oriental, como fué anteriormente admitido por HARRINGTON. Areniscas triásicas de la llamada formación de Misiones se depositaron sobre una superficie de erosión trasgrediendo todas las formaciones del Gondwana, del Silúrico y el Precámbrico. La formación de Misiones se encuentra aun conservada en ambas márgenes del río Paraguay, formando una capa continua en el este de Asunción hasta la margen oriental del lago Ypacaraí, y una área pequeña en el oeste de Villa Hayes.

Intrusivas eruptivas alcalinas han cortado el complejo cristalino y su techo no-metamórfico en muchos lugares, formando stocks, filones y derrames. Esta actividad plutónica y volcánica ocurrió muy probablemente al fin del Cretácico.

La cuenca del Chaco

El fundamento de aquel gran geosinclinal es formado por rocas cristalinas del Precámbrico. Los sedimentos de la cuenca pertenecen a las series del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. En el nordeste, en frente a la desembocadura del río Apa se encuentran varios cerros y lomas aislados, bien fallados, constituidos por rocas carbonáticas de la serie Itapucumí, siendo aquéllas de edad cámbrica

o precámbrica. Más hacia el norte se encuentran algunos stocks plutónicos de intrusivas alcalinas, probablemente de edad cretácica. Más de 2000 m de sedimentos marinos del Silúrico y Devónico inferior han sido depositados, seguidos por capas de 500 a más de 2500 m de areniscas, siltitas, y arcillas sobre todo coloradas que constituyen los llamados "red beds" los cuales son, por lo menos parcialmente, de edad triásica. Capas semi-consolidadas o no-consolidadas clásticas de espesor de algunos cien metros constituyen el relleno más joven de la cuenca. Estos son de origen continental y de edad cenozoica y son llamadas "sedimentos chaqueños".

Estratigrafía

Paragneises listados, mica-esquistos, cuartzitas amarillas claras y blancas, pizarras oscuras y chert (lutitas silíceas), algunos mármoles y rocas volcánicas ultrabásicas que actualmente se encuentran metamórficas representan el Precámbrico en la serranía del río Apa y en los afloramientos en el sur (Departamentos Paraguari y Misiones). Sus direcciones principales son de N-S y NNW-SSE los buzamientos muy acidentados. El Precámbrico es intensamente fallado y plegado. La orogénesis de esta zona es la misma que había afectado las grandes áreas del Precámbrico del Complejo Brasileño o sea del Escudo Brasileño.

Estos acontecimientos hicieron parte de la gran orogénesis asíntica al final del Precámbrico. En el norte las rocas metamorfizadas del Precámbrico afloran cerca de S. Luis, Sta. Sofia y Caracol y en otros lugares, mientras que en el sur hay afloramientos dispersos en la pampa cerca de S. Miguel, Villa Florida, W de Caapucú. Un afloramiento pequeño pero importante se encuentra al pie del Co. Cristo Redemptor cerca de Paraguari.

La actividad del volcanismo subsecuente al fin del Precámbrico produjo intrusiones graníticas cerca de Machuca-cuê, San Carlos, S. Luis; pegmatitas (con mica) y apilitas, vetas de granito abundan en el norte. Por el otro lado, se pueden ver en el sur extensos afloramientos de pórfidos rosados entre Quayyó-Villa Florida y Caapucú, en parte muestran estructura fluidal, p. e. en el Cerro Pelado cerca de Charara. Una ocurrencia importante de granito rosado muy grueso fué encontrada en San Bernardino, precisamente en el techo de la gran falla principal de la zona dislocada del lago Ypacaraí.

Relacionamos todas estas rocas magmáticas bien como su techo metamórfico a la serie algonquiana de Cuiabá en el Estado vecino brasileño de Mato Grosso.

Cámbrico o último Pre-Cámbrico

La serie de Itapucumí (HARRINGTON [1950]) es formada por capas alternantes dolomíticas, calcáreas y margosas con algunas intercalaciones de pizarras y areniscas arcóscicas. En el norte o sea en la zona montañosa entre el curso superior del río Paraguay y el curso inferior del río Apa, esta sucesión se encuentra en discordancia con los gneises y granitos yacentes. Sus estratos basales o sea las capas clásticas de la serie de San Luis afloran al pie del Cerro Paiva, sobrepuestas por calizas macizas y oolíticas de la serie de Itapucumí. La sucesión de calizas

y dolomitas es bien expuesta en Vallemi, Santa Elena, Puerto Max etc. y especialmente a lo largo del río Paraguay cuyas barrancas son formadas por esta formación. No se conocen fósiles en estas capas hasta hoy, apenas indicios carbónicos. Las capas son suavemente onduladas y bastante dislocadas; su inclinación es generalmente para W, hasta 35°. Su continuación con rumbo norte es llamada en el Brasil la serie de Bodoquena (en Mato Grosso). Probablemente esta serie pertenece al Pre-Cámbrico más joven o mismo al Cámbrico.

Silúrico

En Paraguay Oriental una sucesión de más de 1000 m de espesor constituida por areniscas feldespáticas, con un horizonte-guía en forma de arcilla blanca en su parte superior, son de edad ordovícica y gotlándica (Llandovery inferior) según WOLFART (1961). WOLFART consiguió la prueba que el "Devónico" de HARRINGTON no existe en Paraguay Oriental. En la sección clásica entre Paraguairí e Itacurubí de la Sierra el Silúrico comienza con un conglomerado grueso (zero hasta 20 m de espesor) de origen-fluvial, seguido por 700—800 m de areniscas arcóscicas, las cuales en parte son de grano grueso, en parte blancas y sacaróides, muchas veces entrecruzadas. Generalmente la granulación cambia de bajo hasta arriba de grueso para granofino. Hay estratos lenticulares de conglomerado y de lutitas dentro de las areniscas. Esta "arenisca de Caacupé", que no ha fornecido hallazgos de fósiles, es caracterizada por "rework", caolinización, poca clasificación, siendo considerada como sedimento fluvial y lacustre depositado en áreas de subsidencia, a ella sobrepuesta se encuentra la "arenisca de Eusebio Ayala", una sucesión de 220—250 m, de areniscas de grano fino, micáfera, con cimiento arcilloso, bien estratificada. No hay una discordancia. Estas capas contienen los fósiles más viejos del Paraguay Oriental que son: graptolites, trilobites y braquiópodos de tipo austral (véase pg. 52). HARRINGTON consideró estas areniscas como devónicas por determinación errónea y por una interpretación equívoca estratigráfica en la zona de fallas del lago Ypacaraí.

El estrato-guía del Silúrico es una lutita blanca, blanda, caolinica, llamada "Lutitas de Vargas Peña", de 10 m hasta 20 m de espesor, verificadas al lado occidental del lago Ypacaraí y en el valle del río Piribebuy. Estas lutitas contienen una fauna marina muy rica (véase pg. 54) provando una conexión corta con el mar verdadero del Silúrico en el geo-sinclinal andino. La última parte del Silúrico es la arenisca del Cerro Perro, de 100 m de espesor, situada más para E y aflorando en la margem derecha del río Piribebuy entre Arroyo y Esteros e Isla Pucú. Los fósiles hallados en estas areniscas prueban que esta última unidad es la continuación de las lutitas blancas de Vargas Peña.

En el Chaco Boreal PUTZER & WOLFART han encontrado *Arthropycus* y braquiópodos en areniscas micáferas y quartzitas muy duras al flanco occidental de Cerro León, loma aislada en la enorme llanura chaqueña. Areniscas semejantes y quartzitas blancas son observadas en las partes más profundas de los pozos perforados en Santa Rosa, La Paz, Orihueña, Lagerenza, Mendoza, Lopez y Madrejón (véase pg. 57, 58). Parece que durante el Silúrico el Chaco Boreal fué parte del gran orto-geosinclinal de los Andes, ocupado por el mar, mientras

que la sedimentación fluvial y lacustre tenía lugar en Paraguay Oriental, en una cuenca relativamente rasa y epicontinental. Solamente durante el lapso corto del Llandovery inferior la parte más occidental de la cuenca del Paraná fué alcanzada por la transgresión marina (lutitas de Vargas Peña, arenisca de Eusebio Ayala). Notamos que esta transgresión silúrica fué la última invasión marina en el Paraguay Oriental.

Devónico

El mar retiróse durante el comienzo del Devónico en dirección de la cuenca del Chaco por motivo de alzamiento regional del anticlinal central-paraguayo y del Paraguay Oriental. La subsidencia continuó en la cuenca del Chaco, por eso existe el Devónico en el Chaco Boreal. Testigos de las perforaciones profundas en el Chaco Boreal bien como de los afloramientos del Cerro León y de Ingavi han fornecido fósiles marinos del Devónico, siendo del tipo de la fauna austral (véase pg. 60). Facies arenosa, cambios rápidos y bruscos, muchas intercalaciones de lutitas arenosas son típicas para la faja oriental de la cuenca andina (i. e. la cuenca chaqueña) durante el Devónico. No hubo una conexión directa entre el mar devónico de la cuenca andina y la parte brasileña del centro de la cuenca del Paraná en el Devónico: el anticlinal central-paraguayo y Paraguay Oriental eran una península.

Carbonífero superior

Estratos de origen continental, de calidad clásica, son sobrepuestos discordantemente sobre el Silúrico en Paraguay Oriental. La sucesión continental es del Carbonífero superior (pensilvaniano). Dentro de esta sucesión existen tres horizontes de tilitas (morrenas antiguas), de bajo: tilita Aquidabán, tilita Bella Vista y Nioaqué. Areniscas interglaciales, pardo-coloradas, mal estratificadas, separan las tilitas. Varvitas de color de ladrillo y blancas, el llamada grupo Praxixi, es un horizonte-guía entre las dos tilitas más jóvenes o sea Bella Vista y Nioaqué. Las varvitas son de origen limno-glacial. La capa más joven es la arenisca Aquidauana superior, una roca colorada oscura, post-glacial. El conjunto del Carbonífero tiene un espesor de 200 hasta 500 m y fué depositado en una faja de más de 100 km de ancho y de 450 km de largo, rumbo de N a S.

La tilita más joven (Nioaqué) es muy gruesa, rodados de un peso de hasta 1 tonelada, en el Cerro Itapopó cerca de Cerro Corá. PUTZER descubrió rodados radioactivos entre los rodados glaciales, mezclados con pórfidos y hematita. Muy probablemente estos rodados provienen de la región de Caapucú, por eso los glaciares del Carbonífero superior tendrían una dirección de sur a norte, fenómeno considerado con la misma interpretación para el sur de Brasil.

Pérmico

La serie Passa Dois (Pérmico inferior) es sobrepuesta por una discordancia angular al Carbonífero, entre Caazapá y el río Jejui. La formación Estrada Nova, Pérmico inferior, está presente en dos facies, a saber: la de Independencia o sea

una sucesión de cerca de 400 m de areniscas arcóscicas en capas espesas, conteniendo los fósiles *Dadoxylon* y *Pinzonella*, y la facies de Serra Alta. Esta última es caracterizada por estratos alternantes de areniscas arcillosas en bancos delgados, y de lutitas arenosas verdes, gris, parduzcas o violetas. Hay buenos afloramientos de la facies Serra Alta al E de Cnel. Oviedo. La unidad del techo de la serie o sea la formación Rio do Rasto, Pérmico medio, fué encontrada en 1959 por PUTZER, al E de Cnel. Oviedo, con sus siltitas coloradas claras y arcillas de color de ladrillo. Su espesor no es conocido hasta hoy.

El Mesozóico

La serie São Bento aflora en la mayor parte del Paraguay Oriental ocupada por rocas gondwánicas. Su parte sedimentaria pertenece al Triásico, mientras que los bancos volcánicos sobrepuestos son probablemente de edad jurásica (o Cretácico inferior?).

Triásico

La formación "Areniscas de Misiones" (HARRINGTON [1950]), constituida por areniscas parduzco-coloradas, es el equivalente de la formación brasileña "Botucatu". Estas areniscas son en parte estratificadas en capas gruesas, en parte en capas muy delgadas, con mucha mica fina en los planos de estratificación. Un conglomerado basal es probado en el departamento de Misiones. Intercalaciones de lutitas oscuras rojas son raras, a veces hay nódulos de estas lutitas en los planos de estratificación. Las areniscas de estratificación delgada son depositadas subacuáticamente mientras areniscas casi sin estratificación prueban origen eólico. Aunque predominan colores rojizas (colorado, rosado, rojo-parduzco), hay areniscas grisáceas hasta blancas. El espesor de la formación Misiones varía de menos que 50 m (Caaguazú) hasta más que 250 m en dirección S y SW. Las areniscas de Misiones reposan transgresivamente sobre las formaciones más antiguas. El Triásico es conservado en la región al W de la depresión del lago Ypacarai por causa de hundimientos tectónicos, especialmente entre Asunción y Paraguari. Las areniscas triásicas continúan al otro lado del río Paraguay en la parte sudeste del Chaco Boreal (afloramientos de Benjamín Aceval, pequeña isla en medio del río Paraguay frente a Villa Hayes), hasta una distancia desconocida. Las areniscas de Misiones faltan en el norte del Paraguay Oriental.

En el Chaco Boreal se conoce una sucesión espesa de estratos clásticos, rojos, rojizos bien como verdes y gris, certamente de origen continental. Esta sucesión, conocida solamente por testigos de perforaciones muy profundas, es llamada "Red Beds" ("capas coloradas"). Su espesor excede a 2500 m en el pozo de Pirizal. La existencia de algunas capas de anhídrita y de yeso apoya la idea de deposición en condiciones áridas. Es bastante probable que la mayor parte de los Red Beds pertenece al Triásico siendo así equivalente a las areniscas de Misiones, aunque sea posible que los Red Beds continúan, sin diferencias litológicas, hasta el Terciario. Nunca se encontraron fósiles. Por la primera vez MÄDLER (Bundesanstalt für Bodenforschung) ha observado algunos microfósiles (en mayo de 1961) en

testigos del pozo de G. Mendoza, sondeado en el extremo noroeste del Chaco Boreal. El material investigado proviene de profundidades de 919—948 m y de 999—1043 m, o esa del medio de los Red Beds que tienen aquí un espesor de 1100 m. Los fósiles encontrados son esporos y polens de helechos (*Farnen*), Bennettiteae, colonias de algas (*Botryococcus*) y vestigios de Cycadeae. Estos hallazgos afirman fuertemente el concepto de edad triásica por esta parte de la sucesión.

? Jurásico

La formación "Serra Geral", parte superior de la serie São Bento, son "saltos de meseta" (diabasas, doleritas etc.) de la misma edad y facies como los de la parte brasileña de la gran cuenca del Paraná. Reposan por una discordancia de erosión sobre las areniscas triásicas de Misiones (en el sur y este), y sobre areniscas post-glaciales del Carbonífero superior en el norte (Cordillera de Amambay). Siendo productos de erupciones continuas los mantos de lavas básicas hasta mesosilícicos suceden uno al otro, en facies repetidas. Cada efusión terminó en rocas amigdalóides. Los canales productivos de las masas enormes son desconocidos hasta hoy. Se considera la época de actividad volcánica como jurásica o misma cretácica inferior.

Estratos de cubierta más jóvenes

Residuos de areniscas pardas blandas, de la arenisca Caiuá (Cretácico inferior), rodados lavados de la arenisca conglomerática de Baurú (Cretácico superior) son observados en algunos sitios sobre las eruptivas basálticas, cerca de la frontera oriental.

En el valle del río Paraguay existen estratos terciarios cerca de Asunción (afloramientos pequeños), mientras que capas pleistocénicas del grupo Pampeano, conteniendo fósiles de mamíferos, son frecuentes en los valles anchos de los ríos Pilcomayo, Paraguay y Paraná en el SW del país. Calizas secundarias, verdaderas travertinas, de la formación pleistocénica Xaraiés son probadas en Vallemi, Cerro Galbán y en la área donde las capas carbonáticas de la serie Itapucumí afloran en el norte.

La mayor área con sedimentos jóvenes, no-consolidados, es el Chaco Boreal cuya superficie enorme es ocupada por sedimentos arenosos (arenas, arcillas, loess) cenozóicos, productos de la erosión andina. Depósitos de aluviones se encuentran en los valles anchos y depresiones de la red hidrográfica.

Rocas magmáticas y volcánicas post-triásicas fuera de los basaltos de la Cuenca del Paraná

En los últimos años se encontraron muchos afloramientos de rocas magmáticas y volcánicas en la área del anticlinal central-paraguayo entre Ybycuí en el sur y Fortín Olimpo, en el norte, siendo la distancia entre los dos de casi 600 km. La mayoría de estas ocurrencias es de poca extensión, su importancia geológica es considerable. Trátase de shonkinitas, esexitas, sienitas alcalinas y foaitas, formando "stocks", o sea cuerpos igneos cilíndrico-cónicos de varios tamaños.

Las rocas verdaderamente volcánicas son varios tipos de basaltos, fonolitas, diabasas y rocas porfídicas. Todas ellas pertenecen a la gran familia alcalina, siendo genéticamente relacionadas con el mismo magma que ha producido las "eruptivas de Serra Geral", (véase PUTZER & VAN DEN BOOM, [1961]).

Estas rocas han cortado formaciones anteriores, de edad pre-cámbrica hasta triásica, por eso se les atribuye la misma edad que tienen rocas muy parecidas aflorando en la margen de la parte brasileña de la Cuenca del Paraná: por lo cual se supone edad cretácica.

Geología estructural

Las grandes estructuras geológicas de Paraguay son las dos enormes cuencas; una, profunda, en el Chaco Boreal, y otra menos profunda, la cuenca del Paraná, ambas separadas por el anticlinal central-paraguayo. Las dos cuencas son sinclinales, esto es depresiones inestables antiguas.

Su subsuelo o sea el basamento, expuesto parcialmente en el anticlinal central-paraguayo, consiste de rocas intensamente plegadas, por el plegamiento asíntico, probado en todos los continentes. Granitos pre-cámbricos y pórfidos se han introducido y son infrapuestos en el complejo metamórfico, plegado y fallado. Es evidente que estos granitos son más jóvenes que el conjunto metamórfico.

La cuenca marina, epicontinental, de la serie de Itapucumí que continúa hasta Corumbá (Brasil) pertenece al área inestable llamada "Corredor de Mato Grosso" por STILLE. El orogénesis asíntica fué la última en tierras paraguayas! Faltan plegamientos verdaderos más jóvenes: ni la serie de Itapucumí (Precámbrico o Cámbrico), ni las sucesiones paleozóicas y mesozóicas de las dos cuencas fueron plegadas; obsérvanse solamente suaves ondulaciones. Pero hay fallamientos de bloque, del tipo germánico, en ambas las cuencas bien como en el anticlinal que las separa. Es necesario presumir grandes fallas a lo largo del río Paraguay cuyo curso es controlado por fallas entre Puerto Sastre y San Salvador, y también entre Rosario y Humaitá.

En el norte del Chaco Boreal el Cerro León y su alrededor representan un "horst" oblongo, en cuya margen occidental se realizó un desplazamiento tectónico de cerca de 1100 m, probablemente en fallas escalonadas. Hay otra prueba por un rechazo considerable de unos 2000 m entre el Silúrico de Emboscada y la parte meridional del Chaco Boreal (p. e. el pozo perforado en Orihuela). Esta grande diferencia de nivel corresponde a algunas fallas o a un sistema de fallas escalonadas al borde occidental del anticlinal central-paraguayo que ha servido como zona alta durante períodos largos: nunca el Devónico marino inferior ha pasado sobre este elemento elevado.

Sedimentos y coladas del Gondwánico (Carbonífero superior hasta Jurásico o ? Cretácico) buzan muy suavemente en Paraguay Oriental para E, NE y SE, hacia dentro de la cuenca. Solamente en pocos sitios pueden observarse ondulaciones suaves han abombado las areniscas de Misiones cerca de San Ignacio, y los estratos silúricos en Itacurubi de la Sierra, pero las estructuras son de corta extensión. Todas estas pequeñas ondulaciones son consideradas como movimientos compensadores en relación con fallas de tensión y grietas abiertas, elementos

estructurales que han iniciado la actividad volcánica de los basaltos al fin de la época gondwánica. Después estas fracturas, abiertas por fuerzas de tensión fueron los canales de alzamiento para las coladas de la cuenca del Paraná.

La zona fracturada más importante en Paraguay Oriental es sin duda la depresión de lago Ypacaraí, anteriormente considerada como un "graben" (HARRINGTON [1950, 1956]) pero ahora se la ha determinado como una zona desmembrada por fallas escalonadas (PUTZER [1958]), siendo la falla mayor más larga que 100 km. El rechazo total de las fallas en dirección W es cerca de 600 m. Rocas ígneas, post-triásicas (esexita, shonkinita, pórfidos) se han introducido a lo largo de las fallas (Soto-Cañete, Cerro Vera, Ihú).

También en el Chaco Boreal existe una tectónica de fallamiento de bloque, caracterizada por bloques volcados y hundimientos profundos, p. e. la parte basal de los Red Beds aun no fué perforada en el pozo Pirizal en una profundidad de 3148 m (fundo del pozo) probando un hundimiento muy grande. El Silúrico del pozo Lagerenza fué perforado en una profundidad de 2713 m, mientras que el afloramiento más próximo de los mismos estratos, en el Cerro León, se encuentra a solamente 80 km en dirección E. El Devónico falta en los pozos más recientes en Madrejón y Lopez, como en el pozo antiguo en Orihuela, indicando una fuerte erosión post-devónica, que ocurrió antes de la sedimentación y llenamiento de la cuenca fallada por los estratos continentales de los Red Beds. La documentación geológica sobre el Chaco Boreal es bastante escasa por motivo de la falta de afloramientos en áreas muy grandes. Muchos problemas sólo pueden ser solucionados en el futuro, especialmente por pozos nuevos exactamente levantados por geólogos.

La glaciación del Carbonífero superior ha distribuido mucho material clástico sobre el flanco oriental del anticlinal central-paraguayo y sobre el fondo de la cuenca del Paraná; sedimentos fluviales, lacustres y eólicos fueron depositados desde el Pérmico hasta el Terciario (con grandes lagunas durante el mesozóico superior), las discordancias entre varias formaciones prueban ciclos de erosión.

En el Chaco Boreal la sedimentación cenozóica es casi desconocida. Una sucesión de rocas semi- o no-consolidadas, de 400 hasta 600 m de espesor, reposa sobre los Red Beds. Falta una sub-división estratigráfica de la sucesión que debe ser de edad terciaria, como producto sedimentario de la erosión en los Andes, ya levantados. La sedimentación fluvial, y en parte eólica, de este material arenoso relleno las depresiones de la gran cuenca chaqueña.

Recursos de minerales

Hasta hoy, depósitos metalíferos grandes, de importancia económica, son desconocidos en Paraguay. Existen varios cuerpos de hematita, de calidad muy buena pero de cantidades pequeñas, todas en la proximidad de Caapucú, Mburicacy, Paso Pindó y San Miguel (Misiones). El presidente-marechal Francisco Solano LOPEZ mandó explotarlos en canteras durante la guerra contra la triple-alianza. Minerales de cobre, de alta ley, representando la zona de oxidación (malaquita, azurita, pocos sulfuros) son probados en Paso Pindó, la-

mentablemente ya situados en el nivel del agua subterránea. Los afloramientos merecen cateos nuevos, por pozo o sondeo, para investigar la zona primaria de los sulfuros. Manifestaciones interesantes de pirolusita (óxidos de manganeso) son conocidas en Emboscada donde una veta con mineral muy puro y rico fué cateada por un pozo. No se esperan aquí reservas grandes porque la veta terminará luego en la profundidad. Otras manifestaciones de manganeso, conglomerados y areniscas impregnadas en San Bautista, Yaguarón etc. no son explotables económicamente. Es lástima que los mantos de carbón de piedra del sistema de Santa Catarina faltan en Paraguay Oriental. Hay depósitos extensos de turba en el valle del río Paraguay cerca de Pilar, aun inexplorados.

Hace tiempo que se espera petróleo en el Chaco Boreal, de punto de vista geológico bien fundado. Los pocos pozos eran secos, pero en todo caso tres han mostrado señales de gas y gotas de petróleo, y en 1957, el autor ha levado petróleo de un pozo (de agua) en Nueva Asunción (ex-Picuiiba). Rocas-madre para petróleo existen sin cualquier duda en el fondo del Chaco Boreal, eso es en las pizarras betuminosas oscuras, poco arenosas, del Devónico inferior. Trátase de la misma formación que ha producido petróleo en la faja larga de los Andes entre Argentina y Ecuador. Rocas porosas sobrepuestas, como almacenadores para el combustible líquido, o sean trampas estratigráficas existen en las sucesiones del Devónico y de los Red Beds. Estratos de cubierta impermeables no faltan en la cuenca chaqueña. Así, el Chaco Boreal, como zona marginal del sinclinal andino, ofrece posibilidades para petróleo.

En Paraguay Oriental faltan los estratos betuminosos conocidos en Brasil, a saber las pizarras devónicas de Ponta Grossa y las calizas y pizarras de la formación de Iratí (Pérmico). Minerales no-metálicos son de mayor importancia en Paraguay. Micas blancas, de tamaño bastante grande, son verificadas junto con cristales muy grandes de feldespato en las pegmatitas del norte, entre Caracol y San Luis. Falta una exploración sistemática. — Grandes depósitos de talco afloran en San Miguel (Misiones), reservas muy grandes de pirofilita (mineral semejante al talco) cerca de Charara (Misiones), pueden ser explotados en canteras. El material puede ser beneficiado y usado como refractorio o portador para insecticidas.

Caolín sedimentario ocurre en grandes áreas al W de la depresión de lago Ypacaraí, cerca de la Ruta, y en el valle del río Piribebuy. Este caolín es bueno para el uso cerámico, si fuera preparado. Hay colorantes minerales: ocre hermosos amarillos y colorados, en Cerro Aparipi, Pindoty y Tobati, malaquita terrosa en Paso Pindó.

Una veta con baritina aflora en el cerro de Fortín Olimpo (Chaco); hay ágatas, junto con ametistas, de origen de los meláfiros de la formación São Bento, encontradas como rodados en las aluviones del río Paraná al norte de Hohenau. Hasta hoy día la bauxita no fué comprobada, pero se la puede esperar en las regiones donde rocas alcalinas son lateritizadas por la meteorización (véanse ocurrencias de estas rocas en el texto). Piedras calizas, en la mayoría un poco dolomíticas, afloran en cantidades abundantes en las barrancas izquierdas del río Paraguay. Muchas caleras existen al largo del río, el cual es transportado a

Asunción y otros centros por barcos. La usina estatal de cemento portland en Vallemí, cerca de la desembocadura del río Apa, aprovecha la calizas de la serie de Itapucumí, mezclada con una caliza de tipo travertina de pureza muy grande. Piedras para construcciones existen en gran variedad en casi todo el Paraguay Oriental: areniscas, rocas cristalinas, arcillas para ladrillos y tejas.

Hidrogeología

Agua potable no falta en Paraguay Oriental, con excepción de muy pocos sitios. Capas acuíferas conteniendo agua buena, en cantidades a veces muy grandes son las areniscas del Silúrico, Carbonífero, Pérmico y Triásico, como los basaltos fracturados en columnas y su facies amigdalóide (meláfiros). Hace tiempo que las areniscas coloradas de Misiones fornecen agua en abundancia del subsuelo de Asunción. Los pozos perforados para agua son de 60 hasta 150 m profundidad.

Por otro lado, hay grandes áreas en el Chaco Boreal donde agua potable falta o es muy escasa en 1959. Las investigaciones de una comisión hidrogeológica-geofísica alemana (FLATHE, BENDER) han mostrado, que existen mantos acuíferos en el W, S y en el centro del Chaco Boreal. Otro resultado importante fué que el agua de los estratos acuíferos en profundidades mayores fué siempre mineralizada. Estos estratos con agua salada buzan muy suavemente para W, y afloran, consecuentemente, en dirección E, o sea en la mitad oriental del Chaco Boreal. Aquí no hay esperanza para agua potable. Pero existen posibilidades para almacenar, y proteger las aguas de la superficie para aprovecharlas, p. e. proteger las aguas de los tajamares por una superficie delgadísima de una sustancia química llamada "hexadecanol". En las partes meridionales, occidentales y centrales del Chaco Boreal un manto impermeable, pero discontinuo cubre las capas acuíferas del nivel inferior conteniendo aguas siempre saladas. El plano de estratificación o sea la superficie antigua del manto impermeable muestra innumerables pequeñas, depresiones pequeñas cuencas y canales que son los restos de un sistema hidrográfico anterior, rellenado después por sedimentos arenosos de origen fluvial o eólico. En el futuro este manto siendo el primer acuífero será de suma importancia para la agricultura porque contiene a veces agua potable. A veces su agua es poco o más mineralizada, pero series de análisis han probado que los cuerpos de agua son aislados, sin continuidad (composición química bien diferentes, lo que comprueba discontinuidad). Este manto acuífero puede fornecer agua potable en profundidades rasas, entre 5 y unos 20 m, en la grande área de la colonización menonita hasta Mariscal Estigarribia, y en profundidades aún un poco mayores, en la región al W de Mariscal Estigarribia.

Áreas cuidadosamente elegidas, en estas regiones del Chaco Boreal, pueden ser cultivadas debido de la existencia de agua potable en profundidades que permiten su explotación económica. Además hay sitios donde el agua de las lluvias o de riachos puede ser introducida en el manto acuífero. Caso que el agua faltara o fuera de calidad mala, el agua introducida podría formar una agua subterránea nueva o mejorada, criándose agua subterránea potable. La extensión del desarrollo agrícola en el W, SW y S como en el centro del Chaco Boreal es posible y ya comprobada, debido al hecho que los suelos desta zona son buenos, ricos en humus

y sales nutritivos minerales. Habiendo agua, la tierra puede ser aprovechada para la agricultura y el cultivo de árboles frutales y la ganadería.

Las leyendas anteriores de una vida insuportable y malsana, de la imposibilidad de un desarrollo agrícola y cultural en el Chaco, ya no existen.

En Paraguay Oriental las lluvias fuertes y frecuentes han liviado buena parte de las sustancias alimenticias minerales de los suelos. Hasta hoy no se usan abonos minerales. Muchos suelos de la parte oriental del país son ácidos, por eso abonos de Ca, P y N-P-K pueden mejorar la producción como también la calidad de la cosecha. Los suelos colorados-oscuros, provenientes de las coladas basálticas, son muy ricos y apropiados para plantaciones de café lo que ya se ha empezado con buen éxito en la hermosa región de la Cordillera de Amambay.

Literatur

- AHLFELD, FRIEDR.: Die Bodenschätze Boliviens, Berlin 1939.
 —: Geología de Bolivia, 1. Ausgabe La Paz 1946. 2. Ausgabe La Paz 1960.
 ALMEIDA, FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE: Geologia do sudoeste matogrossense. — Dep. Nac. Min. Div. Geol. Mineralog. Bol. 116, Rio de Janeiro 1945 (a).
 —: Depósitos de origen glacial no território de Ponta Porã. — An. Ac. Bras. Ciênc. 12, 1, Rio de Janeiro 1945 (b).
 —: Botucatu, um deserto triássico da America do Sul. — Dep. Nac. Prod. Min., Not. prelim. e estud. 86, Rio de Janeiro 1954.
 AZARA, F. DE: Geografía física y esferica de las provincias del Paraguay y Misiones Guaranies. — 1790.
 BAKER, C. L.: The lava field of the Paraná Basin, South America. — Journ. Geol. 31, 1, 1923.
 BARBOSA, OCTAVIO: Observações e comparações sobre algumas ocorrências vulcânicas no Perú, no México e no Brasil. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Mineralog. Bol. 167, Rio de Janeiro 1957 (a).
 —: Nota sobre a idade da Série Corumbá. — An. Acad. Brasil. Ciênc. 29, 2, Rio de Janeiro 1957 (b).
 BEDER, R.: Sobre un hallazgo de fósiles pérmicos en Villarica. — Bol. Ac. Nac. Cienc. 27, Córdoba 1923.
 BEDER, R., & WINDHAUSEN, A.: Sobre la presencia del Devónico en la parte media de la República del Paraguay. — Bol. Ac. Nac. Cienc. 23, Córdoba 1918.
 BENDER, F.: Ergebnisse hydrogeologischer Untersuchungen im Chaco Boreal von Paraguay. — Geol. Jahrbuch 79, 1961 (im Druck).
 BENTZ, ALFRED: Über die Öl-Möglichkeiten von Paraguay. — Unveröff. Bericht, Amt für Bodenforschung, Hannover 1957 (Manuskript).
 BERTONI, A.: Informe sobre rocas conchilianas de Villeta. — Rev. Soc. Cient. Paraguay 4, 4, Asunción 1939.
 BERTONI, G. T.: Geografía económica nacional del Paraguay. — Rev. Soc. Cient. Paraguay 5, Asunción 1940.
 BEURLEN, KARL: In: Relatório anual do Diretor, ano de 1955. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Rio de Janeiro 1956 (a).
 —: A geologia pós-algonquiana do sul do Estado de Mato Grosso. — Dep. Nac. Prod. Min. D. G. M. Bol. 163, Rio de Janeiro 1956 (b).
 BEURLEN, KARL, & SOMMER, FRIEDRICH WILHELM: Observações estratigráficas e paleontológicas sobre o calcário Corumbá. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min. Bol. 168, Rio de Janeiro 1957.
 BOETTNER, RICARDO: Homalonotus en el Paraguay. — Rev. Fac. Quim. Farm. 1, 2, Asunción 1945, p. 25—28.
 —: Estudio geológico desde Puerto Foncière hasta Toldo-cuê. — Rev. Fac. Quim. Farm. 3, 6/7, Asunción 1947, p. 9—14.
 —: Geología de Asunción. Ty su relación con el petróleo. — Rev. Fac. Quim. Asunción 1955, p. 85—88.
 BÜRGER, OTTO: Paraguay, der „Garten Südamerikas“. — Wegw. Handel, Industr. u. Einwanderung, Leipzig 1927.
 CARNIER, KARL: Paraguay, Versuch zu einer morphologischen Betrachtung seiner Landschaftsformen. — Mitt. Geogr. Ges. Thüringen 29, Jena 1911 (a).
 —: Über das Alter der Hölzer aus dem Randgebiet von Villa Rica in Paraguay. — Mitt. Geogr. Gesellschaft 6, München 1911 (b).
 —: Einige Bemerkungen über die isolierten Gebirge im Tiefland des Paraguay. — Mitt. Geogr. Ges. Thüringen 8, Jena 1913.
 CONRADI, SERGIO: Informe sobre los trabajos geológicos realizados en el viaje a Pedro Juan Caballero. — Rev. Jard. Botán. y Mus. Hist. Nat. 4, Asunción 1935.
 —: Una playa marina fosil en Itacurubi de la Cordillera. — Rev. Min. Agricult. Com. e Industria 5, Asunción 1942.

- CORDINI, R.: Los Rios Pilcomayo en la Región del Patiño. — Dirección de Minas y Geología, Anales I, No. 22, Buenos Aires 1947.
- DERBY, O. A.: On nepheline rocks in Brazil, with special reference to the association of phonolite and foyaité. — Geol. Soc. London Quart. Journ. 43/1, London 1887.
- DU TOIT, A.: A geological comparison of South America with South Africa. — Carnegie Inst. Publ. 381, Washington 1927.
- : (post mortem) Comparação geológica entre a América do Sul e a África do Sul. Neu bearbeitete, mit Ergänzungen versehene Neuherausgabe durch CASTER, K., & MENDEZ, J. — Inst. Brasil. Geogr. e Estatística, Rio de Janeiro 1952.
- ECKEL, EDWIN B.: Geology and mineral resources of Paraguay, a reconnaissance. — Geol. Surv. Professional Paper 327, Washington 1959.
- EVANS, J. W.: The geology of Matto Grosso. — Quart. Journ. Geol. Soc. London 50, London 1894.
- FERNANDEZ: Exploración del Aguay-Guazú. — Bol. Inst. Geogr. Argent. 8, Buenos Aires 1887.
- FLATHE, HERBERT: Geo-elektrische Untersuchungen im Chaco Boreal von Paraguay. — Bundesanstalt für Bodenforschung, Bericht 1959 (Manuskript).
- FRENGUELLI, JOAQUIN: Loess y limos pampeanos. — Buenos Aires 1925.
- GERTH, H.: Bau der südamerikanischen Kordillere. — Berlin 1955.
- GOLDSCHLAG, M.: Beitr. z. Kenntnis der Petrographie Paraguay's und des angrenzenden Gebietes von Matto Grosso. — Diss. Jena 1913 (a).
- : Zur Petrographie Paraguay's und Matto Grossos. — Mitt. Geogr. Ges. 8, 3, München 1913 (b).
- GRATY, A. M. DU: La République du Paraguay. — Bruxelles 1862.
- HARRINGTON, HORACIO: Geología del Paraguay Oriental. — Fac. Cienc. Exact., Fis. y Nat. Serie E, Geología I, Buenos Aires 1950.
- : Paraguay, in: JENKS, Handbook of South American Geology, U. S. Memoir 65, Washington 1956.
- HIBSCH, J. E.: Einige Gesteine aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrog. Mittl. 12, Wien 1891.
- HOFFSTETTER, R.: Paraguay, in: Lexique Stratigraphique International, Bd. V, Fasc. 9 b, Paris 1958.
- KANTER, HELMUTH: Der Gran Chaco und seine Randgebiete. — Hansische Univ. Abh. Gebiet Auslandskunde 43, Reihe C, Naturw. Bd. 13, Hamburg 1936.
- KERR, J. GR.: A naturalist in the Gran Chaco. — Cambridge 1950.
- KOCH, EDWIN, BLISSBACH, ERICH, & FUCHTBAUER, HANS: Die gefalteten oberkreterazisch-tertiären Rotsschichten im Mittel-Ucayali-Gebiet, Ostperu. — Beiheft 43, Z. Geol. Jhrb., Hannover 1960.
- KRIEG, HANS: Wissenschaftl. Ergebnisse d. Deutschen Gran Chaco-Expedition. — Geogr. Übersicht u. illustr. Routenbericht, Stuttgart 1931.
- KÜHN, FRANZ: Argentinien, 2 Bde. — Breslau 1927.
- LANGE, FEDERICO WALDEMAR: Nota preliminar sobre a fauna do arenito El Carmen, Bolivia. Soc. Brasil. Geol. 4, 1, São Paulo 1955.
- LEANZA, A. F.: El llamado Triásico marino de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina. — Rev. Soc. Geol. Argent. 3, 3, Buenos Aires 1948.
- LEINZ, VICTOR: Os pórfiros de Castro. — An. Ac. Brasil. Cienc. 8, 4, Rio de Janeiro 1936.
- LEINZ, VICTOR, & BARBOSA, OCTAVIO: Mapa geológico Caçapava-Lavras. — Dir. Prod. Min. Est. Rio Grande do Sul, Bol. 90, Porto Alegre 1941.
- LÜDERS, RUDOLF: Ergebnisse bodenkundlicher Untersuchungen im Chaco Boreal von Paraguay. — Bundesanstalt für Bodenforschung, Bericht 1959 (Manuskript).
- : Bodenbildungen im Chaco Boreal von Paraguay als Zeugen des spät- und postglazialen Klimaablaufs. — Geol. Jhrb. 78, 1961.
- : Böden des Chaco Boreal von Paraguay. Geol. Jhrb. (1962, im Druck).
- MAACK, REINHARD: Symposium über das Gondwana-System: Die Entwicklung der Gondwana-Schichten Süd-Brasiliens u. ihre Beziehungen z. Karri-Formation Süd-Afrikas. XIXe Congr. Geol. Internat., Symposium sur les Séries de Gondwana Alger, 1952.
- : Mapa geológico do Estado do Paraná 1:750 000. — Curitiba 1953.
- : Arenito Caiuá no Paraguai. — Not. prel. e estud., série Geol. No. 2, Curitiba 1959.
- MAYNTZHUSEN, F. C.: Der geol. Aufbau u. d. Besiedlung des Alto Paraná-Gebietes. — Dtsch. Kal. Alto Paraná 2, Posadas 1955.

- MAZÓ, RICARDO: Posibles recursos minerales del Paraguay. — Unveröff. Bericht Ministerio Ob. Publ. y Comunic. Asunción 1951.
- MERSAY, A. DE: Histoire physique, économique et politique du Paraguay et des établissements des Jésuits, Paris 1860.
- MILCH, L.: Über Gesteine aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrog. Mittl. 14, Wien 1894.
- : Über Gesteine aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrog. Mittl. 14, 5, Wien 1895.
- : Über die chemische Zusammensetzung eines Limburgites aus Paraguay. — Tscherm. Mineralog. Petrog. Mittl. 24, Wien 1905.
- MILTON, CH. & ECKEL, E. G.: Igneous petrology of Paraguay (abstract). — Bull. Geol. Soc. America 65, Nr. 12, Teil 2, 1956.
- MORAN, W. R.: Geology of Cerro León, Chaco Boreal, Paraguay Resumes Trab. pres. XX Congr. Geol. Intern. Mexico, S. 288. — Mexico, 1956.
- MUJIA, RICARDO: Bolivia-Paraguay — cartera de mapas (Kartensammlung). — La Paz 1914.
- OLIVEIRA, AVELINO INÁCIO DE, & LEONARDO, OTHON: Geologia do Brasil. 2. Ausg. — Rio de Janeiro 1943.
- OLMOS, LEONARDO: Mapa geológico de Bolivia, 1:2 500 000. — La Paz 1912.
- OPPENHEIM, VICTOR: Geology of Devonian areas of Paraná Basin in Brazil, Uruguay and Paraguay. — Bull. Americ. Ass. Petrol. Geol. 20, 9, Tulsa 1936.
- D'ORIGNY, ALCEDES: Voyage dans l'Amérique méridionale 1826—1832. — Paris 1834—1847 (7 Bd., hier: 3 Bd. Chaco).
- PÖHLMANN, ROBERT: Gesteine aus Paraguay. — N. Jhb. Min. etc. I, Stuttgart 1886.
- PUTZER, HANFRIT: Contribuição ao „Itararé“ em Santa Catarina. — An. Acad. Brasil Ciências 24, 4, Rio de Janeiro 1952 (a).
- : The Gondwana of Santa Catarina. — Symposium Gondwana XIX. Congr. Géologique Internat., Alger 1952 (b).
- : Divisão da formação „Palermo“ no sul de Santa Catarina e tentativa de interpretação genética. — Soc. Brasil. Geol. 5, 3, São Paulo 1954 (a).
- : Tektonik und Diabas-Vulkanismus im südlichen Santa Catarina, Brasilien. — C. R. XIX. Congrès Géol. Internat. Sect. XV, fasc. 17, Alger 1954 (b).
- : Die Wasserfälle des Rio Iguazú (Brasilien) und ihre tektonischen Ursachen. — Natur und Volk 84, 11, Frankfurt 1954 (c).
- : Geologia da Folha de Tubarão, Est. de Santa Catarina. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom. Prod. Min. Bol. 96, Rio de Janeiro 1955.
- : Quartäre Krusten-Bildungen im tropischen Südamerika. — Geol. Jhrb. 76, Hannover 1958 (a).
- : Kryptomelan- und Jaspitlagerstätten von Corumbá, im Staate Mato Grosso, Brasilien. — Zt. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 11, 11, Stuttgart 1958 (b).
- PUTZER, HANFRIT, & VAN DEN BOOM, GÜNTER: Auftreten von Alkali-Gesteinen in Paraguay. — Geol. Jhrb. 79, Hannover 1961.
- PUTZER, HANFRIT, WOLFART, REINHARD, & NIELSEN, HEIMO: Bericht Paraguay. — Unveröff. Bericht, Amt für Bodenforschung, Hannover 1958.
- QUIRING, WALTER: Das Siedlung-Experiment der Mennoniten im Chaco. — Mittl. Inst. Auslandsbeziehung, 4, 11/12, Stuttgart 1954.
- RANGE, FRANZ: Paraguay in mineralogischer Beziehung in: SCHUSTER, A., Paraguay, Stuttgart 1929.
- RASSMUS, J. E.: Zur Erdölgeologie Südamerikas, insbesondere des pazifischen Raumes. — Geol. Rundschau 45, 3, Stuttgart 1957.
- REED, F. R. COWPER: Some Triassic lamellibranchs from Brazil and Paraguay. — Geol. Mag. 72, 1935.
- RUSO, ANIELLO: Estructura y estratigrafía del área de Agua Salada. — Bol. Técnico 1, 3, La Paz 1959.
- SCHMIEDER, O., & WILHELMY, H.: Deutsche Ackerbausiedlungen im südamerikanischen Grasland, Pampa und Gran Chaco. — Wiss. Veröff. Deutsch. Museum f. Länderkunde, N. Folge 6, Leipzig 1938.
- SCHUSTER, ADOLF: Paraguay, Land, Volk, Geschichte, Wirtschaftsleben und Kolonisation. — Stuttgart 1929.
- SCHUSTER, JULIUS: Osmundites von Sierra Villa Rica in Paraguay. — Ber. dtsh. botan. Ges. 24, 7, Berlin 1911.

- SCORZA, EVARISTO PENNA: Considerações sobre o arenito Caiuá. — Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Mineralog. Bol. 139, Rio de Janeiro 1952.
- SEPP, ANTON: Continuation oder Fortsetzung der Beschreibung der denkwürdigeren Paraguayischen Sachen. — Ingolstadt 1710.
- SERMET, JEAN: Le Paraguay. — Les Cahiers d'Outre-mer 3, Paris 1950.
- SIEMERADSKI, J. VON: Geolog. Reisebeobachtungen in Südbrasilien. — Sitz. Ber. Ak. Wiss. Mat. 107, Wien 1898.
- STAPPENBECK, RICHARD: Geologie und Grundwasserkunde der Pampa. — Stuttgart 1926.
- STILLE, HANS: Die assynische Tektonik im geologischen Erdbild. — Beih. Geol. Jahrbuch 22, Hannover 1958.
- STOLTENBERG, IDA: Landeskundliche Gliederung von Paraguay. — Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 38, Hamburg 1927.
- STOSE, W.: Geologic Map of South America 1 : 5 000 000. — The Geological Society of America, Washington 1950.
- SULSONA, PEDRO TIRADO, HAMMON, JOSEPH, & RAMIREZ, JOSÉ: Clasificación preliminar de los suelos y tierras del Paraguay. — Serv. Tecn. Interameric. Cooper. Agrícola, Asunción 1954.
- TAPIA, A.: Pilcomayo — Dirección de Minas y Geología. — Boletín 40, Buenos Aires 1935.
- VELLARD, M. J.: Sur quelques fossiles de Paraguay. — Mus. Nat. Hist. Bull. série 2, VI, 1, Paris 1934.
- WALTER, H.: Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. 68, 331—344, 1955.
- WHITE, ISRAEL CHARLES: Geology of South Brazil. — Science 29, 1906.
- : Final report of the coal measures and associated rocks. — Rio de Janeiro 1908.
- WILHELMY, HERBERT: Der Alto Paraná und die Fälle des Yguazú. — Zt. f. Erdkunde 12, 1941.
- : Aufbau und Landformen des Alto Paraná-Gebietes. — Petermanns Geogr. Mittlg. 92, Gotha 1948.
- : Paraguay, das Land und seine Menschen. — Mitt. Inst. Auslandsbeziehung 4, 11/12, Stuttgart 1954.
- WINDHAUSEN, ANSELMO: Geología Argentina, 2. Teil. — Buenos Aires 1931.
- WOLFART, REINHARD: Rezente Schrumpfungsrisse auf Trias-Sandstein in Paraguay. — Natur und Volk 89, 12, Frankfurt 1959.
- : Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur u. Devon) in Paraguay. — Jahrb. Bundesanst. für Bodenforschung 78, Hannover 1961.
- Caacupé-Serie 46
Caiuá-Sandstein 79
Calymene 55, 56
Camalotes 11
Camaquã-Konglomerat 50
Cañada 84
Canga 83, 84, 115
Chaco-Becken 31, ff., 41, 104, 105
Chaco-Formation, obere 76
— untere 76
Chaco-Sedimente 80, 156
Chonetes 60
Climacocraptus 55
Coelospira 52
Cuiabá-Serie 41, 152, 161
Cuvieronius 880
Cycadeae 77
Dadoxylon 67
Dalmanites 52, 55, 56
Diabas 94, 95, 100
Diplograptus 53
Dolerit 78, 83

Sachregister

- Alkali-Gesteine 35, 86 ff., 94, 96, 107, 124, 165
Amazonas-Trog 57, 105
Analysen 39, 83, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 109, 117, 121, 122, 125
Anhydrit 75, 106, 110, 111
Aquadauana-Sandstein 62
Arthropycus 57
Assynische Faltung 96, 97, 104, 166
Australostrophia 52, 34, 60
Bändertone 61, 163
Basal-Konglomerat 49, 76, 81, 105, 110, 111
Basalt 92 ff.
Baurü-Formation 79
Baryt 113, 157
Benetitae 77
Bodoquena-Serie 41, 44, 45, 46, 82, 97, 98, 152
Botryococcus 77
Botucatu-Formation 69, 71, 76, 77, 154
Bruchtektonik 41
— germanotype 98, 101, 102, 106
Caacupé-Serie 46
Caiuá-Sandstein 79
Calymene 55, 56
Camalotes 11
Camaquã-Konglomerat 50
Cañada 84
Canga 83, 84, 115
Chaco-Becken 31, ff., 41, 104, 105
Chaco-Formation, obere 76
— untere 76
Chaco-Sedimente 80, 156
Chonetes 60
Climacocraptus 55
Coelospira 52
Cuiabá-Serie 41, 152, 161
Cuvieronius 880
Cycadeae 77
Dadoxylon 67
Dalmanites 52, 55, 56
Diabas 94, 95, 100
Diplograptus 53
Dolerit 78, 83
Ebenen-Mäander 139
Einschwemmungssenke 136, 140, 144, 149
Eisenerz 113, 156, 167
El Carmen-Sandstein 58
Eophacops 55, 56
Erdöl 27, 35, 57, 109 ff., 156, 168
Estrada-Nova-Formation 66 ff., 79
Essexit 31, 39, 87, 88, 100, 107, 155
Feldspat 119, 120, 168
Fluß-Generationen 136, 141
Fossilien 46, 52, 56, 57, 58, 60, 61
Foyait 31, 89, 90, 107, 155, 165
Gauteit 93
Gips 75, 81, 106, 110, 111, 123
Glimmer 40, 118, 119, 168
Glyptodon 80
Gondwana-Eiszeit 65, 114
Gotland 57 ff.
Granit 38, 39 ff., 49
Grapholithen 53
Grundwasser 85, 129 ff., 157 ff., 169 ff.
Grundwasser-Haushalt 142
Hochwasser 11
Independencia-Fazies 67, 129
Independencia-Formation 63, 66
Inlandeis 63, 106, 156, 167
Intertrapp-Sandstein 69, 77
Irati-Formation 30, 68, 69, 109, 160
Itapucumi-Serie 42, 44 ff., 82, 97, 104, 125, 155
Kaolin 27, 121, 157, 168
Karst 42, 82
Klimatogramm 138
Kohle 79, 108
Kupfer 118, 156
Landoberflächen, alte 49, 82
Laterit 115
Leptocoelia 60
Limburgit 91
Llandoverly 47, 52 ff., 105, 152, 153, 162
Macrauchenia 80
Magnetitseifen 83, 115
Manganerz 73, 115, 156, 168
Mato-Grosso-Korridor 96, 97, 155, 166
Megatherium 80
Mennoniten-Kolonien 8, 9, 19, 23, 81
Misiones-Formation 63, 69 ff., 74
Monazit 63, 118
Monos-Schiefer 61
Nephelin-Basalt 91, 166
Oberflächen-Abfluß 139
Ordoviz 46, 57
Orogenese 46, 107
Ortho-Geosynklinale 104, 105
Osmundites 67
Palermo-Formation 30, 66, 160
Pampeano-Formation 80, 81
Paraná-Becken 29 ff., 58, 67 ff., 76 ff., 104, 106
Passa-Dois-Serie 66, 68, 154
Paxixi-Formation 62 ff., 102, 153
Petaca-Formation 76, 81
Phonolith 93, 107
Pinzonella 67
Piramboia-Fazies 71
Pisolith 65
Plattensandstein 74
Ponta-Grossa-Schiefertone 58, 105, 109, 168
Porphyrguergu 31 ff., 49, 96, 104
Proetus 53, 56
Puna-Formation 85
Quarzinguait 94
Quechua-Phase(Faltung) 107
Radioaktive Mineralien 91, 118

- Red Beds 35, 59, 75 ff., 103 ff.,
124, 142, 161 ff.
Residualboden 148
Restwässer 11, 15
Rio Bonito-Formation 30
Rio do Rasto-Formation 68,
154
Saltral 85
Salz 75, 84, 123
Salz-Konzentration 140 ff.,
157
Sandfelder 22, 83, 150
Sandstein von Caacupé 47,
50 ff.
Sandstein von Eusebio Ayala
52 ff., 162 ff.
Santa Catarina 29, 68
Santa-Catarina-System 29, 30,
151, 159
São Bento-Serie 69 ff.
Schild-Vulkanismus 78
Scolithus 53
Scotiella 56
Serra Alta-Fazies 67
Shonkinit 31, 88, 100, 107,
155
Silex 66
Sinterkalk 82, 125
Syenit 31, 89 ff., 107, 108,
165
Tacuru-Formation 76
Talk 120, 157, 168
Tamengo-Formation 45
Tajamar 15, 130
Tektonisches Tal 11, 97, 102
Tentaculites 53, 55, 56, 60, 61
Tillit 41, 61 ff., 114, 153, 163
Torf 81, 83, 108, 156, 168
Toxodon 80
Trachyt 95
Transgression 46, 53, 105
Trapp 30, 69, 77, 106, 154
Trilobiten 52, 53
Trimerus 56
Trockenschlammboden 150
Trockentäler 84
Trombetas-Serie 57
Tubarão-Serie 30, 47, 61 ff.,
88
Verdunstungs-Pfannen 10, 140
Verkieselung 10, 51, 74
Xaraicés-Formation 81, 83,
155, 165
Zement 27, 125
Zeugenberg 50, 62, 72, 74,
116, 130

Ortsregister

- Acahay 5, 47, 50, 87, 88, 124
Alberdi 123
Altos 50, 116
Amambay, Cordillera de 5, 69,
76, 77, 158
Apa-Bergland 31, 36, 40, 96
Areguá 50, 100
Aroma 58, 59, 60, 150
Arroyos y Esteros 52, 55, 121
Arroyo Apichapa 38
— Ita-Ky 40
— La Paz 40, 41, 83
— Pitanoaga 40
— Punta Porá 63
— Quién Sabe 40, 41, 118,
119
— Teju-cuaré 80
— Yaguary 38
— Ypane 63
Asunción 21, 31, 69, 72, 78,
80, 91, 130, 151, 160, 164,
169
Balcarce 57
Barrerito 130
Bela Vista 62
Bella Vista 23, 43, 62, 63, 84,
115
Benjamin Aceval 69, 73, 128,
147, 164
Bolivien 57, 61, 76, 81, 85
Caacupé 21, 50, 51
Caaguazú 65, 68, 69, 72, 77,
79, 84
Caapucú 36, 37, 38, 39, 49,
63, 96, 104, 106, 112, 151,
160, 167
Caazapá 61, 66, 163
Campo Zanja 40
Cañada Oruro 25
Caracol 40, 119, 123, 152,
157, 161, 168
Caragatay 64
Carapeguá 31, 47, 50, 93, 97,
116
Carmen del Paraná 79, 83,
115
Cauce Indio 140
Centurión 40, 93, 124
Charara 38, 121, 157, 161,
168
Chiriguelo 67, 77, 78, 130
Co. (Cerro) Apacipi 56, 123
— Apitaguá 85, 88
— Aquapery 88
— Areguá 73
— Arocé 38
— Arrua-i 88, 89, 93
Cos. Blancos 71
— Boggiani 90, 96
Co. Confuso 92
— Corá 22, 41, 62, 63, 79,
106, 118
— Cristián 56, 58
— Cristo Redemptor 39, 49,
97
— Galbán 44, 83, 97, 125,
155, 165
— Ihú 94
— Isla Mborebi 37
— Lambaré 72, 92, 128
— León 7, 33, 35, 56 ff., 103,
150, 153, 162
— Paiva 40 ff., 83, 161
— Penó 37
— Perro 53, 56, 162
— Porteño 93
— San Joaquín 78
— San José 87, 88
— San Miguel 33, 56 ff.
— Santa María 74
— Santa Rosa 72, 74
— Serembi 62
— Tacumbú 91, 123, 128
— Vera 88, 100
— Verde 92
— Yaguaron 72, 116
— Ybytyjuhú 56
Colonia Risso 82
Concepción 22, 23, 31, 61, 69,
75, 128
Cordillera de los Altos 50
— de Amambay 5, 69, 77,
158
— de Caaguazú 11
Coronel Bogado 78
— Oviedo 21, 64, 65, 67, 79,
88, 100, 164
Corumbá 26, 44, 45, 97, 155,
166
Cuiabá 68
Curuñai 78
Emboscada 21, 31, 50, 51,
97, 100, 103, 115, 123,
126, 166
Encarnación 11, 69, 71 ff.,
77, 115
Entreríos 85
Epitacio Pessó 68, 77, 78
Escobar 50, 121
Estancia Las Casuarinas 38,
114
— Silva 38, 39
Esteros Patiño 33, 81, 84, 125
Eugenio 25
Eusebio Ayala 53, 101
Fecho dos Morros 89
Filadelfia 23, 140
Fortín Olimpo 7, 33, 123, 165
— G. Mendoza 150
— General Bruguez 80
— General Delgado 80
Foz do Iguazú 11, 77, 78
Hohenau 69, 71 ff., 79, 115,
126
Horqueta 22, 62
Humaitá 21, 155, 166
Independencia 67, 68, 128
Ingavi 9, 25, 35, 56 ff., 75,
131, 153
Ingre 85
Isla Itá 128
— Poi 140
— Pucú 53, 55, 56
Itacurubi de la Sierra 31, 52,
120, 152, 155, 162
Itapopó 114, 118, 119, 153
Itaquyry 79
Itaguá 56
Izozog 11, 131
Jesu 74
La Colmena 49, 50, 91, 95,
123
Lagerenza, Bohrung 57, 58,
103, 111, 156, 162
Lago Ypoá 38
Laguna Verá 38
Las Palmas 11
La Paz, Bohrung 57, 58, 60,
75, 110, 153, 162

- Lima 21
Limpio 69, 116
Lomas Valentinas 72
Lopez, Bohrung 59, 103, 111, 153, 156, 162
- Machuca-cuè 40, 152, 161
Madrejoñ, Bohrung 25, 58, 59, 103, 111, 153, 156, 162
Mariscal Estigarribia 15, 25, 26, 81, 133, 138, 140, 158, 169
Mato Grosso 41, 43, 45, 63, 64, 66, 68, 69, 82, 152
Mbaracayú 5
Mbocatay 88, 124
Mbuvevo 67
Mbuvepey 113
Mendoza, Bohrung 57, 58, 60, 76, 103, 109, 111, 162
Moroti 40
- Naranja-ty 62
Nueva Asunción, Bohrung 81, 109, 168
Nu Porá 63
- Orihueña, Bohrung 57, 58, 59, 75, 76, 103, 105, 111, 162, 166
- Palma Chica 44
Paraguari 39, 50, 69, 72, 88, 93, 97, 152, 161
Pão de Açúcar 89
Paso Mboti 63
Paso Pindó 113, 114, 122, 157, 167
Pastoreo 79
Pedro Juan Caballero 22, 23, 41, 63, 77, 78, 79, 84, 115
Peña Hermosa 44, 82
Picuiba, Bohrung 58, 60, 103, 109, 153
Pilar 21, 84, 108
Pindoty 168
Piribebuy 49, 50, 94, 100
Pirizal, Bohrung 58, 59, 75, 76, 103, 105, 110, 153
Ponta Porá 23
Posta Primavera 53
Potrero Saty 40, 96
Puentecito 40, 41, 43, 118
Pto. (Puerto) Arrecife 42
— Casado 7, 41, 44, 83, 97, 103, 133, 147
— Fonciere 41, 44, 45, 83
— Guairá 11, 77, 129
- Pto. Guaraní 7, 35, 89, 90
— Max 82, 152, 162
— Presidente Franco 77, 79
— Presidente Stroessner 21
— Sastre 44, 166
- Quiindy 49, 50, 113, 128, 148
Quila Quila 85
Quimome 58
Quizapú 82
Quyquyó 38, 49, 161
- Rio Acaray 83, 129
— Aguaray-guazú 66, 81, 146
— Apa 5, 23, 43, 64, 69, 76, 79
— Aquidabán-mi 11, 62
— Azero 85
— Caañabé 93
— Cachimayu 85
— Carlos Davide 79
— Confuso 146
— Estrella 79
— Jejuí 11, 163
— Mandaviyú 79
— Manduviri 53
— Monday 11, ff., 83, 128
— Monte Lindo 81
— Parapetí 11
— Pilcomayo 5, 59, 80 ff., 130
— Pirapó 108
— Piribebuy 11, 27, 50, 52, 168
— Salado 44
— San Carlos 136
— Tebicuary 11, 38, 64, 118
— Timane 11, 81, 130
— Verde 136, 146
— Yhaca 65
Roboré 57
Rosario 22, 31, 69, 75, 166
- Saladillo 75
Salinas de Macha 85
Salto Palmares 80
San Bernardino 20, 39, 49, 51, 97, 128, 152
— Carlos 152, 161
— Estanislao 21, 119
— Ignacio 21, 71, 74, 102, 130
— José Bolvien 58
— José (Paraguay) 64, 66
— Juan Bautista 31, 37, 69, 71 ff., 96, 115, 126, 130
- San Juan B. de Neembucú 21
— Luis de la Sierra 40 ff., 83, 97, 124, 152, 168
— Miguel 37, 113, 120, 152, 168
— Salvador 42, 44, 124, 155, 165
Santa Elena 11
— Maria 73
— Rosa 73
— Rosa, Bohrung 57, 58, 60, 76, 103, 105, 109, 110, 153, 162
— Sofia 41, 119, 120
Santiago de Chile 82
Sete Quedas 11, 26
Sierra de las Quince Puntas 40
— de San José 57
— de Santiago 57
— de Ybyturuú 5, 67, 68, 95
Soto-Cañete 39, 87, 88, 100, 124, 167
Sucre 85
- Tacuati 21, 63
Tarija 85
Tobati 51, 121 ff., 157, 168
Toldo-cuè 62, 81
Trinidad 74
- Valenzuela 120
Vallemi 27, 44, 45, 83, 97, 124, 125, 155, 162
Vargas Peña 53, 56, 100, 121, 162, 163
Villa Florida 37, 39, 106, 152, 161
— Hayes 23, 72, 73, 93, 95, 128, 147, 151, 164
Villarica 67, 69, 94
Villera 31, 69, 72, 80, 103, 115, 123
- Yacuiba 76, 81
Yaguarón 88
Yataity 95
Ybycui 47, 50, 88, 96, 97
Ybytymi 71, 128
Yhú 66, 69, 78, 79, 100
Ypacarai 39, 50, 53, 61, 73, 77, 94, 97, 100, 101, 116, 128, 153, 154, 164
Yocalla 85
- Zanja Pytá 63

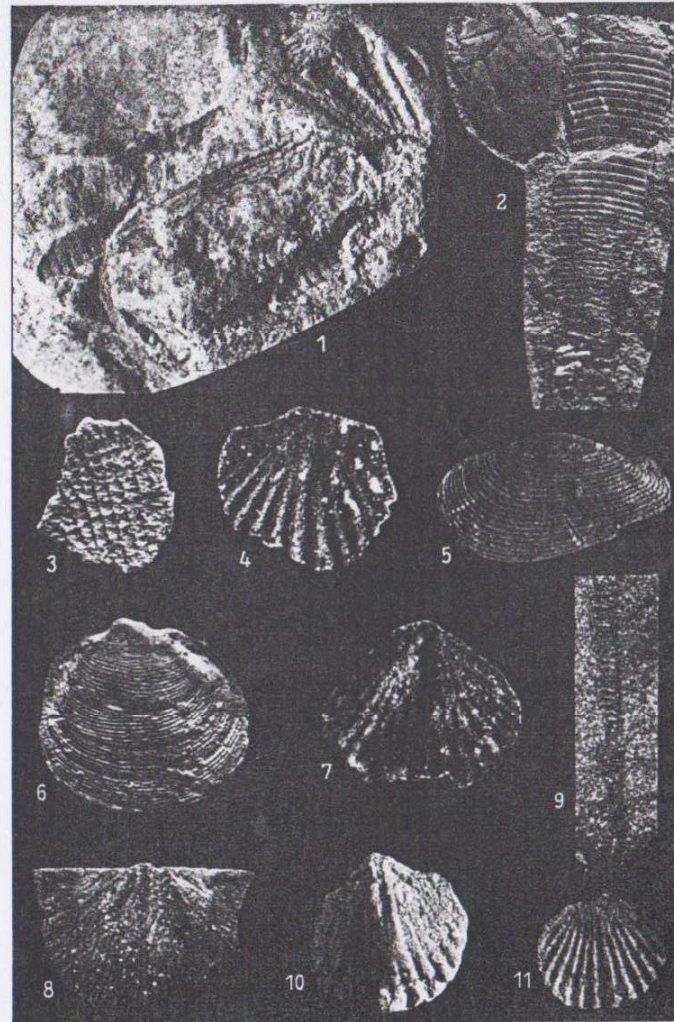
Autorenregister

- AHLFELD, F. 57
ALMEIDA, F. F. M. de 46, 62, 68, 71, 82
- BARBOSA, 31, 46, 77
BEDER, R. 67
BEDER, R. & WINDHAUSEN, A. 46, 53, 56
BENDER, F. 3, 35, 131, 151, 159, 169
BENTZ, A. 3, 35, 36, 76, 102, 151, 159
BERTONI A. 80
BEURLEN, K. 31; 46, 62, 64, 69, 106
BEURLEN, K. & SOMMER, F. 46
BOETTNER, R. 3, 31, 62, 67, 119, 151, 159
BÜRGER, O. 1
- CARNIER, K. 2, 67, 82, 90, 95
CASTER, K. & DU TOIT, A. 63
CORDINI, R. 131
- DERBY, O. A. 46
DU TOIT, A. 29
- ECKEL, E. 3, 11, 15, 26, 29, 35, 36, 39, 41, 46, 52, 58, 61, 63, 66, 67, 69, 76, 84, 88, 91, 92, 94, 114, 119, 130, 131, 147, 159
ECKEL, E. & MAZO, R. 60
- FLATHE, H. 3, 35, 142, 151, 159, 169
- GERTH, H. 57, 76, 82
GOLDSCHLAG, M. 93, 95
DU GRATY, A. 2, 114
GROEBER, P. 57
- HARRINGTON, H. 3, 14, 15, 29, 36, 41, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 58, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 100, 131, 151, 152, 153, 156, 159, 160, 162, 164
- KANTER, H. 2, 57, 75, 84, 85, 131
KOCH, E., BLISSENBACH, E. & FÜCHTBAUER, H. 76
KRIEG, H. 2
- LANGE, F. 58
LAUTENSACH, H. 3
LEINZ, V. 50
LISBOA, A. M. 46
LÜDERS, R. 3, 35, 149, 151, 159
- MAACK, R. 11, 79, 102
MADLER, K. 76, 77
DE MERSAY, A. 2
MILCH, L. 91, 93
MORAN, W. R. 58
V. MORGENSTERN 13
- OLIVEIRA, A. I. DE & LEONARDOS, O. 29, 31, 46
OLIVEIRA, E. DE 46
OLMOS, L. 35
D'ORRIGNY, A. 35
- PALMER, A. 52
POEHLMANN, R. 91
PUTZER, H. 3, 15, 29, 31, 35, 36, 44, 46, 66, 68, 77, 82, 83, 96, 104, 106, 153, 167
PUTZER, H. & VAN DEN BOOM, G. 31, 86, 90, 93, 96, 151, 155
- RASSMUS, J. E. 36, 76, 102
RUSSO, A. 76, 81
- SCHMIEDER, O. & WILHELMY, H. 141
SCHUSTER, A. 3, 11
SCHUSTER, O. 67
SCORZA, E. P. 79
SEPP, A. 2
SERMET, J. 3
STACH, E. 79
STILLE, H. 96, 155, 156
STOCKLEIN, 2
STOLTENBERG, I. 12
SULSONA, P., HAMMON, J. & RAMIREZ, J. 147
- TAMIA, A. 131
- VELLARD, M. 80
- WALTER, H. 138
WHITE, I. Ch. 29, 159
WILHELMY, H. 141
WINDHAUSEN, R. 57, 66
WOLFART, R. 35, 47, 49, 51, 52, 55, 56, 57, 60, 152, 153, 159, 160, 162

TAFEL I

- Fig. 1. *Arthropycus alleghaniensis* HARLAN (Silur) vom Cerro León, Chaco Boreal
 Fig. 2. *Orthoceras* sp. und *Nuculites* sp. (Unt. Llandovery), Vargas Peña
 Fig. 3. Bryozoe indet. (Unter-Devon), Fortin Ingavi, Chaco
 Fig. 4. *Leptocoelia flabellites* CONRAD (Unter-Devon), Fortin Aroma, Chaco Boreal
 Fig. 5. *Nuculana* sp. (Tone von Vargas Peña, Unt. Llandovery), Vargas Peña
 Fig. 6. *Ctenodonta* sp. (Tone von Vargas Peña, Unt. Llandovery), Vargas Peña
 Fig. 7. *Camarotoedna* sp. (Sandstein von Cerro Perro, Unt. Llandovery), Cerro Aparipi
 Fig. 8. *Chonetes falklandicus* MORRIS & SHARPE (Unter-Devon), Fortin Aroma, Chaco Boreal
 Fig. 9. *Tentaculites stubeli* CLARKE (Unter-Devon), Fortin Aroma, Chaco Boreal
 Fig. 10. *Coelospira hemisphaerica* SOWERBY (Tone von Vargas Peña, Unt. Llandovery), Vargas Peña. Stiel-Klappe
 Fig. 11. dsgl. Arm-Klappe

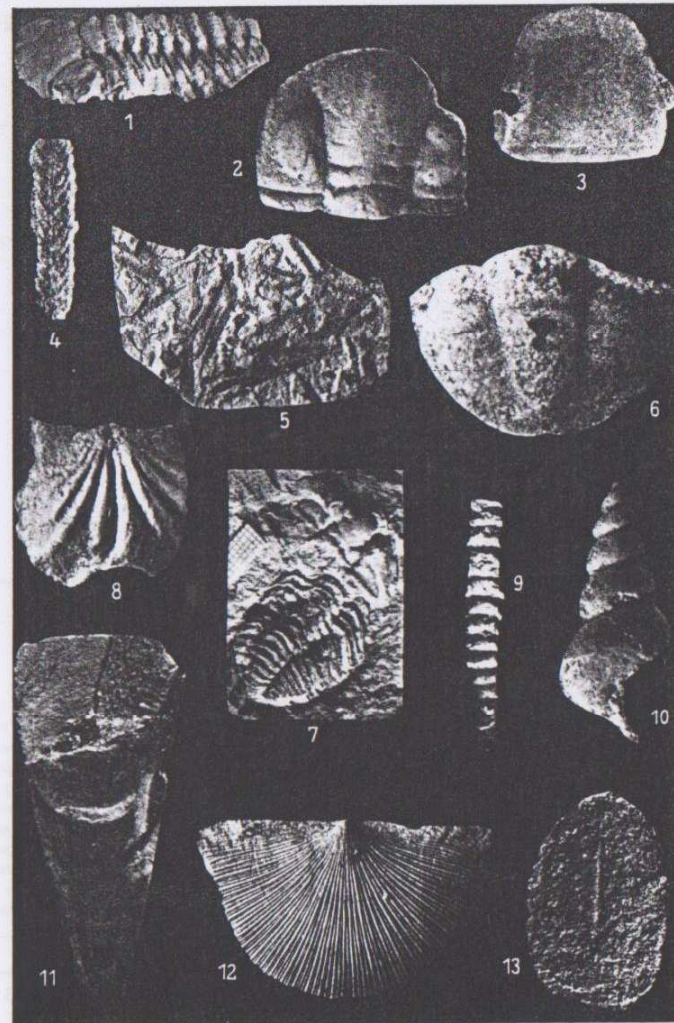
Mit freundlicher Genehmigung der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, aus WOLFART, R.: „Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur und Devon) in Paraguay“. Jahrb. Bundesanst. f. Bodenforschung, Bd. 78, 1961.



TAFEL II

- Fig. 1. *Eophacops* n. sp. A. WOLFART (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Vargas Peña
 Fig. 2. *Scotiella obsoleta perroana* n. subsp. WOLFART (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Perro
 Fig. 3. *Trimerus* sp. (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Aparipi
 Fig. 4. *Diplograptus* sp. (Sandsteine von Eusebio Ayala, Unter-Llandoverý), 500 m NW Cariy-Brücke, Ruta II
 Fig. 5. *Climatograptus innotatus brasiliensis* RUEDEMANN (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Vargas Peña
 Fig. 6. *Proctus* sp. (Sandsteine von Eusebio Ayala, Unter-Llandoverý), 500 m NW Cariy-Brücke, Ruta II
 Fig. 7. *Calymene boettneri* HARRINGTON (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Vargas Peña
 Fig. 8. *Anabaila parvica* CLARKE (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Vargas Peña
 Fig. 9. *Tentaculites trombetensis* CLARKE (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Aparipi
 Fig. 10. *Hormotoma* sp. (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Perro
 Fig. 11. *Hyolithes guaraniensis* WOLFART (Tone von Vargas Peña, Unter-Llandoverý), Bett des Rio Piribebuy W Cerro Perro
 Fig. 12. *Australostrophia conradii* HARRINGTON (Sandsteine von Cerro Perro, Unter-Llandoverý), Cerro Perro
 Fig. 13. *Lingula* sp. aff. *oliverai* MENDEZ-ALZOLA (Sandsteine von Eusebio Ayala, Unter-Llandoverý), 2 km NE Itacurubi

Mit freundlicher Genehmigung der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, aus WOLFART, R.: „Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur und Devon) in Paraguay“. Jahrb. Bundesanst. f. Bodenforschung, Bd. 78, 1961.



BEITRÄGE ZUR REGIONALEN GEOLOGIE DER ERDE

Herausgegeben von Prof. Dr. Dr. e. h. ALFRED BENTZ
Präsident der Bundesanstalt für Bodenforschung
Band 1

DIE GEOLOGIE MITTELAMERIKAS

von Dr. Richard WEYL

o. ö. Professor für Geologie und Paläontologie an der Universität Gießen
Groß-Oktav. 1 Titelbild, 61 Textabbildungen, 6 Klapptafeln und 11 Tabellen
XVI, 226 Seiten. 1961. In Leinen DM 64,—

Aus dem Inhalt:

- I. Lage / Grenzen / Gliederung
- II. Das nördliche Mittelamerika
Einführung / Schichtfolge / Der Bau / Einzellandschaften
- III. Das südliche Mittelamerika
Einführung / Südwest-Nicaragua / Costa Rica / Panama
- IV. Das mittelamerikanische Vulkangebiet
- V. Erdbeben und Krustenbau
- VI. Lagerstätten
- VII. Paläogeographisch-tektonischer Rückblick
Nachtrag / Schriften / Verzeichnis geologischer und geographischer Institutionen in Mittelamerika / Orts-, Namen- und Sachregister

Ausführliches englisches Summary
und spanisches Resumen

Die Darstellung beruht auf persönlicher Kenntnis großer Teile Mittelamerikas, eigenen Untersuchungen, vor allem in El Salvador und Costa Rica, und umfassendem Studium des z. T. noch unveröffentlichten Schrifttums. Die zahlreichen Abbildungen sind größtenteils vom Verfasser selbst aufgenommen bzw. gezeichnet. Der Band vermittelt ein anschauliches Bild von Erdgeschichte und Bau der mittelamerikanischen Festlandsbrücke.

La exposición se basa tanto en el conocimiento personal del autor sobre gran parte del territorio centroamericano e investigaciones originales, sobre todo en El Salvador y Costa Rica, como también en el estudio detallado de literatura en parte inédita. Las numerosas ilustraciones son originales en su mayoría o dibujadas por el autor. La obra ofrece un cuadro intuitivo acerca de la geología histórica y tectónica del puente continental centroamericano.

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN-NIKOLASSEE