

Werk

Titel: Der Anteil deutscher Wissenschaft an der geologischen Erforschung Argentiniens

Autor: Penck, Walther

Ort: Berlin

Jahr: 1915

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1915|LOG_0011

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Der Anteil deutscher Wissenschaft an der geologischen Erforschung Argentiniens.

Von Dr. Walther Penck.

Es waren die Reisen A. von Humboldts¹⁾, durch welche die Aufmerksamkeit wissenschaftlicher Kreise eigentlich zum ersten Male auf Südamerika gelenkt wurde. An den Namen des berühmten Forschers ist unsere früheste Kenntnis vom Charakter und Bau der Anden geknüpft. Seither hat die Methodik geologischer Forschung vielerlei Ausgestaltung erfahren, und es entspricht nur der natürlichen Entwicklung unserer Wissenschaft, wenn von Humboldts Erfahrungen und Beobachtungen nicht mehr in vollem Umfang anerkannt werden können, sondern mehr historisches Interesse beanspruchen. An die Stelle solch umfassender Forschung naturwissenschaftlicher Art (im weitesten Sinne des Wortes) sind fachliche Spezialuntersuchungen getreten. Ihnen wies von Humboldt den Weg. Freilich konnte diesem Impuls nicht sogleich Folge geleistet werden, vor allem wohl, weil in jener Zeit eine Reise nach dem entlegenen Südamerika mit ganz anderem Aufwand an Mühe und Mitteln verbunden war als dies heute der Fall ist. So vergingen zwei Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts, ehe erneute Forschung in Südamerika einsetzte. In den „Voyages dans l'Amérique méridional“ legte A. d'Orbigny²⁾ die Ergebnisse dieser Reisen nieder. Zwei Bände des großen Werkes (1842) sind allein der Geologie und Paläontologie gewidmet. In ihnen tritt uns ein geschulter Geologe entgegen, dessen Beobachtungen solch hohen Grad von Objektivität tragen — einzelne vom Paraná, aus Patagonien sind unübertroffen! —

¹⁾ A. v. Humboldt, Reise in die Äquinoxtialgegenden des neuen Kontinentes, 1799—1804. Bd. 1—4. Stuttgart 1825—32. — Pittoreske Ansichten der Cordilleren und Monamente amerikanischer Völker. Tübingen 1810. — Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 1845—62. — Geognostischer Versuch über die Lagerung der Gebirgsarten in beiden Erdhälften. Straßburg 1823.

²⁾ Paris 1835—47. 8 Bände mit Atlas.

daß sie auch heute noch ihren vollen Wert nicht verloren haben. Das gilt besonders von der meisterlichen Darstellung stratigraphischer Tatsachen. Sie gestatteten eine Skizzierung auch tektonischer Züge, deren Elemente, in die natürlich noch recht unbeholfene topographische Übersichtskarte des neuen Kontinentes eingetragen, ein erstaunlich richtiges Bild vom Verlauf der Hauptleitlinien, dem Streichen der verschiedenen Gebirgsysteme geben. So können wir das Werk d'Orbignys — wie wohl die Ergebnisse zum überwiegenden Teil auf nicht argentinischem Boden erzielt worden waren — doch als Unterlage für spätere Forschung betrachten.

Kurze Zeit darauf (1832—36) lenkte Ch. Darwin¹⁾ seine Schritte in die Cordilleren von Chile und Argentinien. Er querte das Gebirge an mehreren Stellen und gewann so ein vollständiges Profil bei Puente del Inca (am Cumbrepaß, den heute die Bahn Buenos Aires—Valparaiso überschreitet), das durch seine Exaktheit und moderne Konzeption überrascht.

Einzelheiten auszuführen, ist hier nicht der Raum. Zu den wesentlichsten Ergebnissen gehört, daß der Nachweis des mittleren Mesozoicums über große Strecken erbracht²⁾ und der Versuch, den Bau der chilenischen Seite der Anden zu entziffern, gemacht worden war. Der Vorstellung Darwins von Hebungsachsen, der sehr richtige Beobachtungen, auffällige Tatsachen zugrunde liegen³⁾, sind später G. Steinmann⁴⁾ und A. Stelzner entgegengetreten, ohne freilich die gegebene Interpretation durch eine bessere zu ersetzen.

Die Reisen, die in der Folgezeit von verschiedenen Seiten her das Hochgebirge im Westen Argentiniens zum Ziele hatten, sind zahlreich. Manch wertvolle Tatsache wurde entdeckt, indes galt die Forschung meist nicht geologischen Zusammenhängen, so daß durch sie wenig Positives zur Kenntnis vom Bau des Landes beigetragen worden ist⁵⁾.

¹⁾ Ch. Darwin. Geological Observations on South America. London 1846.
Übersetzt von J. V. Carus. Stuttgart 1878.

²⁾ Vielleicht infolge der Zusammenfassung mehrerer Formationsglieder und der vorläufig noch geringen Ausbeute an Fossilien glückte Darwin die an den gleichen Stellen durchgeföhrte Gliederung der Sedimente in die für den europäischen Jura-Kreide aufgestellten Abteilungen nicht. Darum schien ihm eine Vermischung kretazischer und oolithischer Formen seine „Gypsformation“ zu charakterisieren. (l. c. S. 238.)

³⁾ Eines dieser chilenischen Profile werde ich voraussichtlich an anderer Stelle noch beschreiben.

⁴⁾ Reisenotizen aus Chile (N. Jahrb. Min. 1884. I S. 198.)

⁵⁾ Von größeren Werken nenne ich nur J. J. v. Tschudi, Reisen durch Südamerika. Leipzig 1866—68.

Anders verhält es sich mit den Werken H. Burmeisters¹⁾ und V. M. de Moussys²⁾, die sich speziell mit der Argentinischen Republik beschäftigen. Die Reisen der beiden Männer fallen kurz hintereinander, die de Moussys etwas früher als die Burmeisters (1857—1860), die dieser im Auftrag der argentinischen Regierung ausführte³⁾. Ergibt auch eine Revision des auf den genannten Reisen gesammelten Materials die Unzulänglichkeit gerade der geologischen Beobachtungen, so ist doch die Kompliziertheit des orographischen Aufbaues der Cordilleren in stärkeres Licht gerückt worden, eine Tatsache, die betont zu werden verdient, denn sie mußte die Aufmerksamkeit auf die jenem Aufbau zugrunde liegenden geologischen Phänomene lenken⁴⁾. Es haben sich denn auch die Worte Marcus in vollstem Maß bewahrheitet: „La structure géognostique de l'Amérique du Sud paraît assez simple; toutefois cette simplicité tient plutôt à l'imperfection de nos études et aux limites fort restreintes de nos connaissances, qu'à la composition géologique de ce continent“⁵⁾.

Um jene Zeit schon sehen wir, wie enger umrissene Gebiete bereist, speziellere Probleme aufgegriffen werden. J. Ch. Heusser⁶⁾ und Claraz widmeten den kleinen Gebirgen der Provinz Buenos Aires und den umliegenden Teilen der Pampa eine ausgezeichnete Schrift, durch die wir die Felsarten jener Hügel, ihr eigenartiges, insuläres Auftreten, ihre Orogaphie und monoklinale Configuration kennen lernen. A. Stelzner⁷⁾ hielt sich durch diese Angaben berechtigt, eine Übereinstimmung zwischen jenen Sierren und der Sierra de Cordoba wenigstens hinsichtlich des Gesteinsmaterials festzustellen. Das mag dazu beigetragen haben, jene Höhenzüge als Virgation der Cordilleren aufzufassen (vgl. S. 24.) Nimmt man hierzu die Angabe A. Doerings⁸⁾, daß in der

¹⁾ Physikalische Beschreibung der Argentinischen Republik etc. Bd. I. Buenos Aires 1875. — Description physique de la République Argentine etc. Bd. I. und II (Climatologie et le Tableau géognostique du pays.) Paris 1876. Dazu: Atlas de la description etc. Buenos Aires 1879.

²⁾ Description géographique et statistique de la Confédération Argentine. Bd. I—III. Paris 1860—61. Atlas: Paris 1869.

³⁾ Vgl. Reise durch die La Plata-Staaten etc. von H. Burmeister. Halle 1861.

⁴⁾ Vgl. A. Stelzners Bemerkung auf S. 4 seines unten zitierten Werkes (1885).

⁵⁾ Explication d'une seconde édition de la carte géologique de la terre. Zürich 1875. S. 163.

⁶⁾ Beiträge zur geognostischen und physikalischen Kenntnis der Provinz Buenos Aires. Neue Denkschriften der Schweiz. Ges. f. d. ges. Naturwissenschaften. 1865.

⁷⁾ Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Argentinischen Republik. Cassel-Berlin 1885 bei Th. Fischer. S. 20.

⁸⁾ Informe oficial de la Comision científica agregada al Estado Mayor General de la Expedicion al Rio Negro etc. 1879 unter General J. A. Roca. S. 305. Entrega III. Geologia. Buenos Aires 1882.

Sierra Ventana und Tandil an mehreren Stellen die Diskordanz zwischen laurentinischem Gneis und huronischen Schiefern erschlossen sei, so sehen wir hier ein Problem vor uns, das die geologische Forschung bis in die jüngste Zeit beschäftigt hat. Später komme ich noch einmal darauf zu sprechen.

In den Cordilleren liegen die Verhältnisse nicht so übersichtlich. Es darf uns darum nicht wundern, wenn die Erkenntnis nur langsam fortschritt, sind hier doch die verschiedenartigsten Probleme der Tektonik, Morphologie, des Vulkanismus, der Stratigraphie aufs engste miteinander verquickt, so daß schon deren Sonderung eine Aufgabe für sich darstellt. Dazu kommt, daß in stratigraphischer Hinsicht vielfach Verwirrung angerichtet worden ist — so z. B. mehrfach durch Burmeister, besonders aber durch Pissis¹⁾ —, und dadurch gerade der Ausgangspunkt jeder weiteren Untersuchung unsicher gemacht worden war.

Und vor allem: wie groß, wie schwer zugänglich ist dies Gebirge! Die Reisen Philippis²⁾ in der Atacamawüste z. B. sind für jene Zeiten ganz hervorragende Leistungen, denn diese Hochwüsten sind zum Teil damals erst erschlossen worden. Es handelt sich um die umstrittenen Gebiete der Puna, die nach wechselvollem Schicksal zwischen Argentinien und Chile aufgeteilt worden sind. Die Salzlager haben nicht unweentlich zu dem Zwist um die fast gänzlich unbewohnten, trostlosen Wüstenstriche beigetragen. Die geographischen Züge jener Gegenden aufgedeckt zu haben, ist vorwiegend das Verdienst Philippis. Er und Domeyko³⁾, der an gleicher Stelle erwähnt zu werden verdient, haben daneben wertvolle Sammlungen mitgebracht, durch die der vulkanische Charakter der Bausteine der Puna festgestellt worden ist. Die Stratigraphie Chiles hat überdies durch die Sammlungen Domeykos manche Erweiterung erfahren, so daß man dort damals schon den Jura fast in allen seinen für Europa typischen Abteilungen kannte. Die jurassischen Faunen sind bis in die Puna de Atacama verfolgt worden, deren Eigenart (Höhenlage, Abflußlosigkeit, Reichtum an meist erloschenen Vulkanen und ihren Derivaten) sie in den strengsten Gegensatz stellt zu den Gebirgsgliedern im O und S von ihr, wo starke Vertikalgliederung, Auflösung des Punablockes in

¹⁾ A. Pissis, *Recherches sur les systèmes de soulèvement de l'Amérique du Sud. Ann. mines. Paris 1856. IX. 81. — Sur la constitution géologique de la chaîne des Andes entre le 16^e et le 53^e degré de Lat. sud. Annales des mines. III. Paris 1873. S. 402. — Geografia fisica de la Republica de Chile. Paris 1875. Atlas 1876.*

²⁾ R. A. Philippi, *Reise durch die Wüste Atacama. Auf Befehl der chilenischen Regierung im Sommer 1853—54 unternommen. Halle 1860.*

³⁾ J. Domeyko, *Ensaya sobre los depósitos metalíferos de Chile etc. Memoria exposicion Intern. Chilena 1875. Santiago 1876. — Minéralojia. Santiago 1879. 1. Anhang 1881. 2. Anhang 1883.*

Einzelketten, deren Untertauchen gegen Süden und das Fortstreichen eigentlich nur einer einzigen Kette als Scheide zwischen Pazifik und Atlantik das Bild der Cordilleren kennzeichnet. Jene Kette, die „Hochcordillere“, geht gegen Norden in die „Westcordillere“, die westlichste Kette der Puna, über. Diese Tatsachen bergen ein neues, großes Problem, das wir indes erst durch die umfassenden Aufnahmen Brackebuschs¹⁾ für seine topographische und geologische Karte²⁾ klarer formuliert erkennen: das Punaproblem.

Faßt man alle Ergebnisse zusammen, soweit sie vor den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts erzielt worden waren, so muß man sagen, daß A. Stelzner vom geologischen Standpunkte aus herzlich wenig vorfand. 1870 war Stelzner an die Universität Cordoba berufen worden und trat alsbald seine ersten Reisen an. Durch sie ist eigentlich das erste Licht in argentinische Geologie gebracht worden.

Es ist nur zu bedauern, daß die „Beiträge zur Geologie und Palaeontologie der Argentinischen Republik³⁾“ so wenig bekannt werden. Denn in ihnen ist mit aller Schärfe die Trennung verschieden gebauter Cordillerenglieder durchgeführt, vor allem der Unterschied zwischen der oben genannten Hochcordillere und den östlicheren Gebirgsteilen betont worden. Diese, in isolierte Ketten gesondert, bestehen aus kristallinen, uralten Gesteinen, über denen als Mantel ungefaltete Massen zerbrochener Sandsteine usw. liegen. Jene baut sich auf aus gefalteten Sedimenten des marinen Jura-Kreide. Zwischen gefalteter Cordillere und ungefalteten „pampinen Sierren“ streichen parallel den Ketten (N—S) aus fossilführendem Palaeozoicum bestehende Felszüge durch die Provinzen Mendoza—San Juan, die Stelzner „Anticordilleren“ (später „Praecordilleren“⁴⁾ nannte. Diese Trennung des Gebirges nach seiner Zusammensetzung war ungemein fruchtbar.

Hochcordillere	Praecordillere	pampine Sierren
marines Mesozoicum	Palaeozoicum	archäische Massen Terrestre, Sandstein- formationen
tertiäre Faltung	Bruchbildung, Zerstücklung in schräg gestellte Schollen.	

¹⁾ L. Brackebusch, Mapa geologico del Interior de la Republica Argentina. Gotha 1891.

²⁾ Die Cordillerenpässe zwischen der Argentinischen Republik und Chile etc. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin. Bd. XXVII. S. 249. — Reisen in den Cordilleren der Argent. Republ. Verhandl d. Ges. f. Erdk. Berlin 1891. S. 53.

³⁾ Cassel-Berlin 1885 bei Th. Fischer.

⁴⁾ Von Bodenbender vorgeschlagener Terminus.

Regional nach Räumen getrennt sind in Nordwestargentinien Gebirgsbau und Formationen! Und nicht, wie ältere Autoren glaubten, die gesamten Anden sind jung gefaltet, sondern die Faltenregion ist auf den Westen beschränkt.

Ein neues, großartiges Problem taucht auf, das Stelzner selbst freilich in keiner Weise berührt hat, das er unter Hinweis auf die damals fragmentäre Kenntnis von Südamerika auch gar nicht diskutieren wollte (l. c. S. XVI): wie verhalten sich gefaltete und ungefaltete Cordilleren zueinander? Welcher Bauplan schweißt sie zusammen, welcher liegt ihrem unterschiedlichen Verhalten zugrunde? Und welches sind die Baulinien, die die pampinen Sierren, ihr isoliertes Aufragen aus intermontanen Senken, beherrschen? Und wie verhalten sich diese pampinen Sierren zu der Puna de Atacama, in deren westlichstem Teil mariner Jura wie in der Hochcordillere von Mendoza gefunden worden war? So ergeben sich aus Stelzners reichem Material, das er in glücklichster Weise mit kritisch gesichteten Ergebnissen anderer Forscher vereinigte, eine ganze Anzahl wichtiger, interessanter Fragen, die sich freilich vorwiegend auf die Tektonik der Cordilleren beziehen. Morphologische Phänomene sind ganz unberührt geblieben, wenn auch dem ausgezeichneten Beobachter gewisse auffällige orographische Erscheinungen nicht entgehen konnten; hierher gehört die schon von Moussy¹⁾ angedeutete Ungleichheit der Gebirgsflanken. Daß die flachen, staffelförmig gegliederten Ost-Hänge zerstückte Abtragungsflächen seien, konnte Stelzner noch nicht (1870!) konzipieren. Er hat seine Wahrnehmung aber sehr richtig speziell für die Ketten der Provinz Catamarca betont (l. c. S. 3), scheint jedoch in anderen Fällen zu sehr verallgemeinert und die Querprofile nach Flußprofilen ergänzt zu haben. Letztere zeigen nämlich fast durchweg lange Ost- und kurze Westläufe, wie es den meteorologischen Verhältnissen Nordwestargentiniens entspricht (östliche Regenwinde, trockene Westwinde).

Es könnte noch sehr viel Vortreffliches aus Stelzners Werk angeführt werden, was in seiner Summe die „Beiträge“ zum Quellenwerk stempelt, auf dem detailliertere Forschung später weiterbauen konnte. Es muß in der Hinsicht noch besonders der petrographischen Untersuchungen gedacht werden, die stets im Hinblick auf die Lagerungsform durchgeführt worden sind. Das hebt sie ganz bedeutend über den Rang der von Francke²⁾ angestellten Bearbeitung ebenfalls Stelznerschen Materials.

Auch die exakten Angaben über stratigraphische Verhältnisse müssen heute noch jeden Reisenden veranlassen, auf Stelzner zurückzugreifen.

¹⁾ l. c. Description etc. I. S. 292.

²⁾ H. Francke, Studien über Cordillerengesteine. Diss. Apolda 1875.

Seine Sammlungen fanden durch H. B. Geinitz, C. Gottsche und E. Kayser eine Bearbeitung, die als zweiter Teil der „Beiträge“ erschienen ist. Von besonderer Wichtigkeit ist das Auffinden fossilführenden Silurs in der Famatinakette (l. c. S. 48), das Stelzner zwar nicht mit den alten Fundpunkten in der Praecordillere zu vereinen wagte, das er aber kühnlich mit den von Brackebusch und Lorentz entdeckten Silurvorkommen von Salta und Jujuy in Zusammenhang zu bringen versuchte (l. c. S. 48, Anm. und S. 56). Für das Punaproblem bedeutet diese Hypothese einen wichtigen Schritt nach vorwärts¹⁾.

Noch in anderer Richtung ist ein wichtiges Ergebnis gezeigt worden: das Silur der Praecordilleren setzt sich nach Westen im Untergrund des marinen Mesozoicums fort, bildet also die für sich gefaltete Unterlage der junggefalteten Hochcordillere (Cordillera real) in der Provinz Mendoza (l. c. S. 56).

Versuchte ich bisher in rein chronologischer Reihenfolge die Veränderungen wissenschaftlicher Fragestellung zu beleuchten, die einzelnen Probleme herauszuschälen, die sich auf argentinischem Boden geologischer Forschung boten, so möchte ich mich nunmehr den einzelnen Problemen selbst zuwenden, um schließlich zu jenem Gesamtbild vom Bau Argentiniens zu gelangen, wie es sich nach dem heutigen Stand unseres Wissens darstellt.

Vorerst aber muß ich der Verhältnisse gedenken, die es mit sich brachten, daß bis auf den heutigen Tag geologische Arbeit in Argentinien vornehmlich von deutscher Wissenschaft geleistet worden ist. Eine Andeutung in der Richtung wurde schon gemacht: Stelzner ist an die von Sarmiento begründete naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Cordoba berufen worden. 1875 folgte ihm L. Brackebusch nach, der nach vieljähriger Tätigkeit durch W. Bodenbender abgelöst worden ist. Diesen drei Männern gebührt das Verdienst, intensive Forschung inauguriert zu haben, teils im Auftrage der argentinischen Regierung, zum größten Teil aber den Initiativen des Forschergeistes Folge leistend. Und was das bedeutet, auf mühevollen, langen Reisen in jenen zumeist sterilen, wüsten Gebieten mit geringen Unterstützungen, bei beschränkten Hilfs-, versagenden Geldmitteln Material zu sammeln, das kann nur der beurteilen, der selbst auf Tausende von Kilometern langen Ritten jene Einöden durchstreift hat.

Eine systematische Forschung war unter solchen Umständen natürlich ausgeschlossen. Gleiches gilt von den Unternehmungen, die

¹⁾ Der Zusammenhang der weit voneinander entfernten Fundpunkte würde ein NNO-streichen der Serie um den Punarand herum bedeuten. Er konnte bisher tatsächlich nicht nachgewiesen werden, ist aber wahrscheinlich geworden durch das durchgreifende NNO-streichen der Schiefer von Catamarca am S-rand der Puna.

von dem vor wenig mehr als zwei Dezennien gegründeten La Plata museum ausgingen. Lagen für Cardoba die Cordilleren Nordwestargentiniens zunächst, so wandten sich von La Plata aus Valentin, Wehrli, Burckhardt, Roth, Hauthal, Schiller und andere den Sierren der Provinz Buenos Aires, der Pampa und Patagonien zu.

Die Grenzstreitigkeiten mit Chile veranlaßten ferner die großzügige Erschließung des Hauptkammes der Anden und die kartographische Darstellung¹⁾ der der interozeanischen Wasserscheide benachbarten Gebiete von der Puna de Atacama bis Feuerland.

Große Expeditionen sind also von zwei Gesichtspunkten aus unternommen worden. Aber eine systematische Durchforschung des Landes wurde erst möglich durch Gründung einer besonderen Anstalt, der Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, die dem Ackerbauministerium in Buenos Aires untersteht. Bei der raschen Entwicklung dieses Instituts unter der tatkräftigen Leitung ihres Chefs, Herrn H. Hermittes reifte der Plan, die durchgehende topographische und geologische Aufnahme Argentiniens im Maßstab 1 : 200 000 in Angriff zu nehmen. Kaum zehn Jahre liegen seit der Gründung der Dirección zurück.

Teilten sich H. Keidel und R. Stappenbeck, die ersten Mitglieder der Sección Geología (einer Abteilung oben genannter Dirección), lange Jahre in wenige dürftige Räume, so ist heute die Sección mit ihren neun Geologen (darunter acht Deutschen) und zwei argentinischen Assistenten²⁾ in einer Weise versorgt, daß die regelmäßigen Mittel die systematische Landesuntersuchung ebenso gewährleisten, wie die Ausstattung des Institutes ein Verarbeiten gesammelten Materials erlaubt, letzteres freilich noch mit gewisser Beschränkung, wie sie der Entwicklungsgang einer solch jungen Schöpfung bedingt.

Die wissenschaftliche Tätigkeit der Sección Geología leitete H. Keidel (g),³⁾ durch zwei kleine, aber sehr wichtige Schriften ein, in denen die wesentlichen Züge andiner Tektonik klargelegt wurden.

Besonders bedeutsam war hierbei die Einführung der morphologischen Methode, die es Keidel ermöglichte, auch dort zweitektonische Haupt-

¹⁾ Das Karten- und Aktenmaterial ist in zwei großen, leider wenig übersichtlichen Werken niedergelegt: *La Frontera Argentino-Chilena etc. Oficina de límites internacionales. Buenos Aires 1908.* (Daneben mehrere kleine Abhandlungen von einzelnen Ingenieuren). Das Hauptwerk (auch in englischer Übersetzung): *Frontera Argentino-Chilena en la Cordillera de los Andes. London 1902.*

²⁾ Personalstand im Mai 1914. Bei den späteren Zitaten sollen die Namen jener Autoren, die der Sección Geología angehören oder angehört, mit einem (g) bezeichnet werden.

³⁾ H. Keidel, *Sitz.-Ber. kais. Ak. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. Bd. 116, Abt. 1. 1907. S. 657* und dasselbe *Bd. 117, Abt. 1. 1908. S. 1327.*

phasen zu unterscheiden, wo sie nicht unmittelbar erschließbar waren. Die erste Bewegung ist die Faltung, welche das marine Mesozoicum der Hochcordillere betroffen hat. Die zweite Hauptphase ist jene vorwiegend vertikale Bewegung, durch die die Cordilleren in ihrer gesamten Ausdehnung ihre heutige Konfiguration erhalten haben. Der vielphasige Gang dieser letzten Bewegung markiert sich bis in die jüngste Zeit in Form vieler Flußterrassen übereinander. Wo, wie in den pamplinen Sierren (Stelzner), also östlich der Hauptcordillere, die Faltung fehlt, wurden die Bewegungen zum Teil mit Hilfe von Rumpfflächen ermittelt, die heute die Höhen der Sierren bilden, und deren Schicksal die beiden Bewegungsfaktoren widerspiegelt.

Diese Ergebnisse bedeuten einen erheblichen Fortschritt: der Nachweis von alten, zerstückten (nicht weiter miteinander parallelisierten) Abtragungsflächen im Bereich der argentinischen Anden war geführt und damit eine Grundlage zur weiteren Entzifferung der Tektonik gegeben.

Doch es fehlte an Karten, in die das auf langen Reisen gewonnene Tatsachenmaterial übersichtlich hätte eingetragen werden können. Itineraraufnahmen mußten sich als unzureichend erweisen. In der Tat entbehren ältere Darstellungen, auch wenn Kataster- und Eisenbahnpläne verwertet wurden, der Topographie entweder ganz, oder sie blieb doch mehr oder weniger ein erster Versuch¹⁾. Da wurde vor drei Jahren eine topographische Abteilung der Dirección geschaffen, deren Leiter, F. Graef, es gelang, in der kurzen Zeit einen, wenn auch noch wenig zahlreichen, Stab deutscher Topographen, Kartographen und Landmesser heranzuziehen. Der Plan der 1 : 200 000-Karte der Republik wurde von ihm ausgearbeitet und an verschiedenen Stellen begonnen. Daneben konnte dem Bedürfnis der Geologen Rechnung getragen werden, sei es durch Bearbeitung kleinerer Spezialgebiete, sei es durch Legung eines Triangulationsnetzes, selbständiges Weiterarbeiten zu ermöglichen.

Infolge dieser äußeren Entwicklung hat sich seit den Zeiten Stelzners das Bild der Cordilleren bedeutend detaillierter ausgestaltet. Das kommt in hohem Maß schon in der Karte von L. Brackebusch zum Ausdruck, die alles bis 1890 Bekannte zusammenfaßt, in ihren Hauptzügen jedoch das Ergebnis entbehrungsreicher Wanderjahre eines unermüdlichen, genialen

¹⁾ Vgl. die Karten von G. Avé Lallement (*Estudios mineros en la Provincia de Mendoza*. Bol. Ac. Nac. Ciencias Cordoba. XII. 1891. Entrega 2). — W. Bodenbender (*La Sierra de Cordoba*, An. Minist. Agricult. Buenos Aires 1905. Bd. I. N. II.) — (*Constitución geologica etc. de La Rioja etc.* Bol. Ac. Nac. Ciencias Cordoba 1911. Bd. XIX. Entrega 1; dasselbe in *Anales Ministerio Agricult. Sección Geología*. Bd. VII. N. 3. Buenos Aires 1912) und R. Stappenbeck (g) (*La Precordillera de San Juan y Mendoza. Anales Minist. Agricultura*. Buenos Aires 1910. Bd. IV. N. 3.).

Forschers darstellt. „Genial“ darf die geologische Karte (l. c. 1891) des Nordwestens der Republik wohl genannt werden, bedenkt man nämlich, daß sie das Werk eines Einzelnen ist, daß dieser Eine sowohl die topographische Grundlage, wie auch die geologische Kartierung geschaffen hat und zwar beides in einer Form, die durch ihre Richtigkeit auch heute dem Reisenden ebenso nützt wie bewunderndes Staunen abnötigt. Die Karte (1 : 1 000 000) umfaßt die nordwestlichen Provinzen Cordoba, San Luis, La Rioja, Catamarca, Tucumán, Salta, Jujuy bis an die damalige Grenze gegen Chile, im Norden also bis zum Rand der abflußlosen Puna, südlich von dieser bis zum Kamm der Hochcordillere¹⁾. In diesen Grenzen hält sich auch die topographische Darstellung, während die geologische bis zur pazifischen Küste ausgedehnt worden ist. Bezeichnenderweise betritt man jedoch jenseits der chilenischen Grenze sofort Gebiete unverlässlicher, fehlerhafter Angaben; nicht Brackebusch' Beobachtungen liegen jenen Kartenteilen zugrunde, sondern die anderer, älterer Autoren! Die Karte von L. Brackebusch, das grundlegendste Werk neuerer Zeit in Argentinien, dessen erster topographischer Entwurf schon in das Jahr 1885 fällt, enthält eine Menge geologischer Interpretationen, die leider in keiner besonderen Schrift zusammengefaßt²⁾ worden sind. So ist zwar der terrestre Charakter der jüngeren Sedimentgesteine im Bereich der pampinen Sierren im allgemeinen richtig gedeutet, ja eine Gliederung versucht worden, ihre Durchführung kann aber nicht ganz konsequent genannt werden.

Eine Entzifferung der Tektonik hat Brackebusch nicht versucht, wenigstens enthalten seine Arbeiten über die Entstehung der Karte sowie über bestimmte Kategorien von Beobachtungen³⁾ nichts

¹⁾ Die Sammlungen Brackebuschs sind in einer Serie von Abhandlungen bearbeitet worden: J. Romberg, Argentinische Granite etc. N. Jahrb. Min. Beil. Bd. VIII. 1892. S. 275. — Diorit, Gabbro Amphibolitgesteine etc. N. Jahrb. Min. Beil. Bd. IX. 1894. S. 293. P. Sabersky, Pegmatite etc. Diss. Berlin 1890. P. Siepert, Ergußgesteine etc. N. Jahrb. Beil. Bd. IX. 1895. S. 393. B. Kühn, (Altkristalline Schiefer) N. Jahrb. Min. Beil. Bd. VII. 1891. S. 293. Tannhäuser, (Jungvulkanische Gesteine) N. Jahrb. Min. Beil. Bd. XXII. 1906. S. 555.

²⁾ Viele wichtige Angaben finden sich in den „Cordillerenpässen etc.“ (l. c.), eine Arbeit, die in sachlicher und reisetechnischer Hinsicht geradezu als Führer gelten kann.

³⁾ L. Brackebusch (Bergwerksverhältnisse in Argentinien) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuß. Staat. XLI, Berlin 1893. — Peterm. Mitt. 1891. S. 225. — Peterm. Mitt. 1892 (Neue Karte von Argentinien). S. 177. Ältere Arbeiten, wie „Estudios sobre la formación petrolifera de Jujuy“ (Bol. Ac. Nac. Cienc. Cordoba. V. 1883. S. 137) und andere haben noch keine Beziehung zu oben genannter Karte, enthalten aber sehr wichtige Beobachtungen über stratigraphische Verhältnisse des Cordillerenrandes.

diesbezügliches. Das ist fast verwunderlich, wenn man die Karte betrachtet, bei deren Anblick das Auge sofort die tektonischen Linien erkennt, die den pampinen Sierren, also den Ketten und Bolsonen, Lage, Größe und Richtung geben. So ist auch zur Lösung des Punaproblems nur wenig beigetragen worden. Allerdings ist Brackebusch auch kaum in der Puna gewesen; sie gehörte damals ganz zu Chile. Immerhin ist um jene Zeit doch manch wichtige Tatsache aus jenem Hochland bekannt geworden. So entnehmen wir der Karte Brackebusch', daß die pampinen Sierren gegen Norden zu einer Masse (= östliche Puna) verschmelzen; dadurch, daß dieser östliche Teil der Puna mit den der Hochcordillere entsprechenden Gliedern verwächst, ist der Block der gesamten Puna entstanden, der also recht verschieden aufgebaute und struierte Komponenten umfaßt (S. 4).

Auch in der Folgezeit ist zur Lösung des Problems kaum etwas beigetragen worden. Es darf aber die Wichtigkeit nicht unterschätzt werden, die genauere topographische Kenntnisse gerade von solch wüsten, entlegenen Hochländern haben. Hierin verdanken wir Bertrand¹⁾, San Román²⁾ und Darapsky³⁾ außerordentlich viel. Und doch ist, wiewohl außer den eben genannten noch viele Reisende die Puna betreten haben, nie jener vielleicht wichtigste ihrer Charaktere betont worden, der sie mit den pampinen Sierren verknüpft: die Gliederung in Längsketten und -furchen. Diese Übereinstimmung, die besonders im südlichen Teil der Puna, von dem die Sierren sich ablösen, ausgeprägt ist, muß uns notgedrungen dazu führen, beide Probleme zusammen zu betrachten. Der Unterschied zwischen Puna und pampinen Sierren liegt demnach vornehmlich in zwei Momenten begründet: die Puna besteht vorwiegend aus vulkanischen Gesteinen, die pampinen Sierren aus deren Unterlage: kristallinen Massen mit terrestrem Deckgebirge. Die übereinstimmende tektonische Gliederung in beiden Gebieten ist nur graduell verschieden, in den pampinen Sierren nämlich vertieft, so daß der relative Höhenunterschied zwischen Ketten und Senken in den pampinen Sierren ungleich größer ist als in der Puna. Diese ist dadurch als Block, als Hochland gekennzeichnet. Doch, ich will dem Gang der Untersuchungen nicht vorgreifen.

Was zu unserer Kenntnis von den pampinen Sierren in den letzten 20 Jahren erweiternd hinzugekommen ist, das hat H. Gerth (g)⁴⁾ un-

¹⁾ A. Bertrand, Memoria sobre las Cordilleras del desierto de Atacama. Santiago 1885.

²⁾ San Román, Desierto y Cordilleras de Atacama. Santiago 1896.

³⁾ Zur Geographie der Puna de Atacama. Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1899. XXXIV. Heft 4.

⁴⁾ Die pampinen Sierren Zentralargentinens. Geol. Rundschau. IV. 8°. 1913. S. 577.

längst in einem Sammelreferat zusammengefaßt. Es sind in den kristallinen Kernen die verschiedensten petrographischen Gesteinstypen gefunden und beschrieben worden, Phyllite, Glimmerschiefer, Gneise, Quarzite, Serizitschiefer etc., die von Injektionsmassen (Gneis, Granit, Amphibolit-Diorit u. s. f.) durchsetzt sind. Altersbestimmungen hat H. Gerth nur auf Grund von Analogieschlüssen vornehmen können, indem er auf die von Keidel¹⁾ (g) beobachtete Discordanz zwischen solchen Phylliten und hängendem Cambrium im Norden (Salta-Jujuy) einerseits, auf die vorerwähnte Discordanz in den Sierren von Buenos Aires (S. 4) anderseits hinwies. Es läßt sich im allgemeinen sagen, daß diese alten Gesteine noch zu wenig untersucht sind, um ein abschließendes Urteil fällen zu können. Doch darf man gewiß aufrecht halten, was H. Gerth (l. c. S. 577) aussprach, nämlich, daß die pampinen Sierren auftauchende Stücke der brasilianischen Masse darstellen. Wie in dieser spielen auch in den Sierren die Marmore eine gewisse Rolle. Sie werden ins Cambrium bis Untersilur gestellt²⁾. Ähnliches scheint auch für die pampinen Sierren zu gelten, wenn man bedenkt, daß die einzigen kalkigen Gesteine Argentiniens in der Silurserie der Praecordillere vorliegen, die R. Stappenbeck³⁾ (g) und W. Bodenbender⁴⁾ eingehend untersucht haben. Die Funde, die R. Beder⁵⁾ (g) in den Marmoren der Sierra de Cordoba gemacht hat (unbestimmbare Molluskenschalen) scheinen diese Anschauung zu betätigen. Damit wäre eine Brücke zur Praecordillere geschlagen und der Nachweis erbracht, daß Palaeozoicum auch in den pampinen Sierren eine Rolle spielt, aber durch innige Verfaltung mit älteren kristallinen Massen wie auch durch regionale Metamorphose unter dem Einfluß der ungeheueren Intrusivmassen unkenntlich gemacht ist.. So wird man sagen dürfen, daß die in den östlichen Cordillerengliedern auftauchenden Teile der brasilianischen Masse westwärts unter das marine Mesozoicum untertauchen, wobei die jüngeren Glieder alter Gesteine (eben das Palaeozoicum) gegen Westen herrschend werden.

Zum Untergrund des marinen Mesozoicums der Hochcordillere ge

¹⁾ H. Keidel, Neuere Ergebnisse der staatlichen geologischen Untersuchungen in Argentinien. Compt. rend. XI. Congr. Géol. internac. Stockholm 1910. S. 1127.

²⁾ Vgl. J. W. Evans, Geology of Matto grosso. Quarterly Journ. Geol. Soc. Bd. 50. 1894. S. 91, und F. Katzer, Silur in Brasilien. N. Jahrb. Min. 1899. Bd. I. S. 257.

³⁾ R. Stappenbeck, l. c. „Praecordillere etc.“ 1910, deutsch: Umrisse des geologischen Aufbaus der Vorkordillere. Geol. Pal. Abh. N. F. Bd. 9. Jena 1911.

⁴⁾ W. Bodenbender, Contribucion al conocimiento de la Precordillera de San Juan y Mendoza etc. Bol. Ac. Cienc. Cordoba. XVII. S. 203.

⁵⁾ R. Beder, Los cales cristalinas-granulosas de la Sierra de Cordoba. Minist. Agricultura. Boletin N. 7. 1913. S. 5.

hört auch das Deckgebirge der pampinen Sierren, das unter verschiedenen Namen auch in ganz Brasilien und Uruguay¹⁾ bis zu den Falkland-Inseln²⁾ bekannt ist. Überall hat diese Sandsteinformation nahe ihrer Basis in mehr oder weniger mergeligen Schichten Floren permischen Alters geliefert.

W. Bodenbender³⁾ entdeckte sie als Erster in der Vorderrandzone und erkannte in ihr die Gondwanaformation. Von ihr getrennt durch mächtige Komplexe hangender Sandsteine fand sich wieder eine Flora, die sich rhätischen Alters⁴⁾ erwies. So war nicht nur ein Fingerzeig für eine Gliederung der mächtigen Ablagerungen gegeben, sondern ihr kontinentaler Charakter war damit bewiesen. W. Bodenbender⁵⁾ hat dies später teilweise negieren zu müssen geglaubt, was mich veranlaßte, in einem Referat über die zitierte Arbeit dagegen Stellung zu nehmen⁶⁾.

Der Charakter der ganzen Serie wird sich indes erst dann endgültig feststellen lassen, wenn die Muschelfauna eine Bearbeitung gefunden haben wird, die ich am Rande der Puna in 5000 m Meereshöhe gefunden habe.

Daß das Hangende der Gondwanaformation — Sandsteine, Conglomerate, Schotter usw., die in vielen Tausenden von Metern Mächtigkeit die Flanken der Ketten bedecken, — kontinentalen Ursprungs ist, steht außer allem Zweifel. Es sind die in langen Zeiträumen in den tektonischen Längsfurchen abgelagerten Detritusmassen, die in ihrem Habitus vollständig mit den Alluvionen heutiger Senken übereinstimmen. Es resultiert, daß das Gebiet östlich der Hochcordillere seit mindestens Perm Festland ist. Die Gliederung dieser jüngeren Massen bietet wegen ihrer Fossilarmut naturgemäß erhebliche Schwierigkeiten, und die Altersbestimmungen sind mit der Unsicherheit angrenzender Schätzungen behaftet. Gleichwohl ist es gelungen, auf die Untersuchungen Bodenbenders und Stappenbecks gestützt, eine solche Gliederung in groben Umrissen auf weite Erstreckung hin tatsächlich durchzuführen⁷⁾. Diese Ergebnisse

¹⁾ Vgl. K. Walther, N. J. Min. Beil. Bd. XXXI. S. 590, und Centralbl. Min. 1912. N. 13. S. 398.

²⁾ Vgl. Th. G. Halle, Bull. Geol. Inst. Upsala. Bd. XI. S. 115.

³⁾ W. Bodenbender, Devono y Gondwana en la Republica Argentina. Bol. Ac. Nac. Cienc. Cordoba. XV. 1894. S. 201., deutsch: Zeitschr. D. geol. Ges. 1896. S. 747. — Sobre el carbón y asfalto de la provincia de Mendoza. Bol. Ac. Nac. Cordoba XIII. 1892. S. 151 und Revista Museo La Plata VII. 1896. S. 129. F. Kurtz, Contribuciones á la „Palaeophytologia Argentina“ Revista Museo La Plata. VI. 1894. S. 117.

⁴⁾ W. Bodenbender, Carbon rético de las Higueras en la provincia de Mendoza Bol. Ac. Nac. Cordoba XVII. 1902.

⁵⁾ Constitución Geológica etc. La Rioja. Bol. Ac. Nac. Cienc. Cordoba. Bd. XIX. 1. 1911. 1912 auch in den Anales Ministerio Agricultura. Bd. VII. N. 3 abgedruckt.

⁶⁾ W. Penck, Geol. Rundschau. IV. 2. 1913. S. 121.

⁷⁾ Vgl. W. Penck, Hauptzüge im Bau des Südrandes der Puna de Atacama. N. Jahrb. Min. Beil. Bd. XXXVIII. 1914. S. 643.

weichen beträchtlich von denen G. Steinmanns¹⁾ und R. Hauthals²⁾ ab, die in den sehr verschiedenen alten Schotterserien glaziale bis fluvio-glaziale³⁾ Bildungen zu sehen glaubten und ihnen diluviales Alter zuschrieben. Keidel⁴⁾ hat dagegen schon einschlägige Beobachtungen veröffentlicht und die Situation und Lagerung wirklich diluvialer, aber rein fluviatiler Schotter charakterisiert.

So scheinen die Hauptzüge im Bau der pampinen Sierren so weit geklärt, daß morphologische und tektonische Fragen mit Erfolg in Angriff genommen werden können. Diese umfassen auch die Phänomene älterer Gebirgsbildung, die H. Keidel in Stockholm (l. c. 1910) zu skizzieren versuchte. Es steht zu hoffen, daß in absehbarer Zeit diese Probleme eine glückliche Förderung erfahren werden und zwar vor allem die tektonisch-morphologischen, die pampine Sierren wie Puna de Atacama in gleicher Weise kennzeichnen.

Daß die pampinen Sierren samt der Vorderrandzone (vgl. S. 7) dem Untergrund des marinen Mesozoicums im Westen angehören, habe ich schon erwähnt. C. Burckhardt⁵⁾ untersuchte später die mächtigen Porphyritmassen, die unter jenen marinen Sedimenten eine bedeutende Rolle spielen, in struktureller Hinsicht und konnte wahrscheinlich machen, daß das Mesozoicum in einem schmalen Meeresarm abgelagert worden sei. Ein Kontinent im Bereich des heutigen Pazifik habe das jurassische Meer der Hochcordillere nach Westen zu begrenzt. Damit war etwas schärfer gefaßt worden, was früher schon H. v. Ihering⁶⁾ auf Grund zoogeographischer Tatsachen angedeutet hatte. Gegen Osten bespülte das jurassische Meer den Gondwanakontinent. Diese Grenze wurde noch bestimmter festgelegt durch S. Roths⁷⁾ Funde von der Piedra Pintada,

¹⁾ G. Steinmann, Centralblatt. Min. 1904. S. 1 und Monatsber. D. geol. Ges. Berlin 1906, S. 215.

²⁾ R. Hauthal, Reisen in Bolivien und Peru. Wiss. Veröff. Ges. Erdk. Leipzig VII. 1911.

³⁾ Eine Anschauung, die auf Brackebuschs Darlegungen fußen mag (Cordillerenpässe, l. c. S. 264 und Peterm. Mitt. 1893. S. 153).

⁴⁾ H. Keidel, l. c. Ac. Wiss. Wien 1907, ferner: Geologische Charakterbilder, Heft 18. Berlin 1913.

⁵⁾ Traces géologiques d'un ancien continent pacifique. Revista Museo La Plata. Bd. X. S. 177.

⁶⁾ On the ancient relations between New Zealand and South America. Transactions of the New Zealand Institute. Bd. XXIV. 1891. S. 431; ferner „Ausland“ 1891 und „Verbreitung der Flußmuscheln“ in Ausland. 1890. N. 48, 49, weitere Literatur bei C. Burckhardt, l. c. S. 3.

⁷⁾ La découverte du gisement de la Piedra Pintada. Revista Museo La Plata. X. 1901. S. 225.

wo zwischen Schichten des marinen Lias¹⁾ ein Horizont mit einer Flora liegt, die F. Kurtz²⁾ als Rájmahál (oberes Gondwana) erkannte. Um küstennahe Bildungen muß es sich handeln, um Ablagerungen, die dort entstanden waren, wo das jurassische Meer bei Schwankungen transgredierte und regredierte.

Die Westgrenze des jurassischen Meeres wäre also nach Burckhardt in dem versunkenen pazifischen Continent zu suchen³⁾. In der Tat ist inzwischen auch hierfür ein weiterer Beleg beigebracht worden durch J. Brüggen, der in der Küstencordillere Chiles bei Concepcion pflanzenführende Schiefer mit einer jurassischen Flora entdeckte⁴⁾. Diese Land-Ablagerung entspricht ganz der von Piedra Pintada. Zwischen beiden dehnen sich die Gebiete rein mariner Sedimente der Jura-Kreide. So schält sich für diese der Begriff der Geosynclinale heraus. Ihr Untergrund ist in der chilenischen Küstencordillere einerseits, in den pampinen Sierren andererseits erschlossen.

Die marinen Ablagerungen selbst erfuhren durch C. Burckhardt eine eingehende Behandlung, so daß er, zurückgreifend auf ältere Arbeiten von C. Gottsche⁵⁾, G. Steinmann⁶⁾, O. Behrendsen⁷⁾, W. Möricke⁸⁾, A. Steuer⁹⁾, A. Tornquist¹⁰⁾, P. Strobel¹¹⁾, G. Bodenbender¹²⁾ zusammenfassen konnte, der andine Jura besitze eine auffallend analoge Entwicklung mit der des europäischen. Die Beobachtungen und Profile, auf die sich C. Burckhardt stützt, sind in den „Profils géologiques transversaux de la Cordillère Argentino-Chilienne“¹³⁾ veröffentlicht. Auch die tektonischen Phänomene fanden eine Beleuchtung: die Füllmasse der

¹⁾ S. Roth, Rev. Museo La Plata. IX.

²⁾ In Anm. 7 auf S. 14 zitierte Arbeit. S. 16.

³⁾ Auch Quensel (Zur Geologie der Juan Fernandezinseln. Bull. Geol. Inst. Upsala. XI. S. 254) und Baur (The Origin of the Galapagos. Americ. Naturalist. 1891. S. 303) haben sich für die Existenz dieses Kontinents ausgesprochen.

⁴⁾ Informe sobre las Exploraciones geológicas de la rejon carbonifera del Sur de Chile. Bol. Soc. Nac. de Mineria. Santiago 1913. Marine Kreide folgt über dem festländischen Jura von Concepcion.

⁵⁾ Palaeontografica. Suppl. III. Lief. II. Heft II. 1878 in „Beiträge zur Paläontologie und Geologie d. Argent. Republik“.

⁶⁾ N. Jahrb. Min. Beil. Bd. I. 1881. S. 239.

⁷⁾ Zeitschr. D. geol. Ges. 1891. Bd. XLIII. S. 369 und XLIV. 1892. S. 1.

⁸⁾ N. Jahrb. Min. Beil. Bd. IX. 1894. S. 1.

⁹⁾ Palaeont. Abh. N. F. Bd. III. H. 3. 1897.

¹⁰⁾ Palaeont. Abh. Bd. IV. H. 2. 1898.

¹¹⁾ N. Jahrb. Min. 1875.

¹²⁾ G. Bodenbender = W. Bodenbender [Guillermo (spanisch) für Wilhelm]. Bol. Ac. Nac. Cordoba XIII. 1892. S. 5.

¹³⁾ Anales Museo La Plata. Sección Geología etc. II. La Plata 1900.

Geosynclinale ist von Westen her gefaltet worden, also nach Osten überfaltet, in den untersuchten Breiten allerdings nur schwach, graduell vielleicht dem Faltenjura vergleichbar. So mußte auch die Anschabung von E. Sueß¹⁾ fallen gelassen werden, daß der Pazifik das Vorland der Anden bilde. Die Rolle kommt vielmehr der Pampa, Patagonien zu; Alpen und Anden (gemeint sind nur die tertiär gefalteten Gebirgsteile) stimmen also hierin miteinander überein²⁾.

Die Ausdehnung dieser Geosynclinale in meridionaler Richtung fällt, wie es scheint, nicht mit der Erstreckung der Cordillere zusammen. In Nordchile ist mariner Jura nahe der Küste bekannt. Gegen Süden fehlt dieser auf der kristallinen Küstencordillere und ist ersetzt durch Flachlandbildungen. Die Geosynclinale entfernt sich also offenbar nach Süden zu von der chilenischen Küste; diese folgt nicht dem Meridian, sondern weicht westlich von ihm ab. Ähnlich verhält sich der Ostrand der Geosynclinale: in der Puna ist Jura nur im Bereich der Westcordillere bekannt, in Mendoza nur westlich der Vercordillere, weiter gegen Süden jedoch greift er und marine Kreide bis an den Ostfuß der Cordillere über. Die Geosynclinale setzt in äußerst spitzem Winkel zur chilenischen Küste und zum Hauptkamm der Anden von der pazifischen zur atlantischen Seite über. Wir sehen zwei Strukturen einander durchkreuzen. Wie die pampinen Sierren nach Süden unter die Pampa tauchen, so verschwindet auch das marine Mesozoicum und damit der Faltungsbereich der Anden noch weiter südlich unter das Tafelland von Patagonien. Bedenkt man, daß in den Falkland-Inseln der Bau der Vercordillere erscheint, so bildet, wenn man die Zusammenhänge über Patagonien hinweg wieder herstellt, das Palaeozoicum einen nach NO offenen Bogen. Ihm parallel verläuft bis zu ihrem Untertauchen die Geosynclinale³⁾. Das Umbiegen des Kontinentes in Südpatagonien-Feuerland scheint ferner der Ausdruck zu sein für das bogenförmige Umschwenken noch südlicherer tektonischer Glieder, worauf wenigstens der Parallelismus mit der Streichrichtung auf Falkland⁴⁾ zu deuten scheint. So könnte man vermuten, diese Umbiegung Südamerikas zu Kap Horn spiegele eine ältere Struktur wieder, die durch eine jüngere — Verlauf der Westküste nördlich Feuerland — oblique abgeschnitten wird und zwar um so spitzwinkliger je weiter gegen Norden.

¹⁾ Antlitz der Erde, I. S. 690. 1885.

²⁾ C. Burckhardt, l. c. S. 127.

³⁾ E. Sueß (Antlitz der Erde, I. 1885. S. 671) vermutete die Ablenkung der Geosynclinale nach SO auf Grund der Virgation der Sierren von Buenos Aires (vgl. S. 24).

⁴⁾ Th. Halle. On the Geological Structure and History of the Falkland Islands. Bul. Geol. Inst. Univ. Uppsala. B. XI. 1911. S. 115.

Innerhalb der Geosynclinalen sind durch Burckhardt und eine Reihe anderer Autoren die faziellen Beziehungen der Sedimente untersucht worden, die vielleicht wegen der großen Bedeutung, die vulkanische Gesteine (Porphyrit, Quarzporphyr usw.) für ihren Aufbau haben, recht gegensätzlich erscheinen. Oszillationen, die mit dem Schwinden der mesozoischen Meeresbedeckung endeten, sind nachgewiesen worden. Und zwar scheint darin große Übereinstimmung über weite Gebiete zu herrschen, wie die zahlreichen Untersuchungen im Norden und Süden zeigen. Gleches gilt in faunistischer Hinsicht¹⁾. Die Aufnahmegergebnisse von P. Groeber (g), H. Gerth (g), H. Backlund (g), der besonders die verschiedenen Granitinrusionen (vor allem die sogen. „Andengranite“²⁾) innerhalb der Sedimente der Geosynclinalen studierte, sind noch nicht veröffentlicht worden. Weiter nördlich setzen die Studien W. Schillers³⁾ ein, über die bisher nur ein vorläufiger Bericht erschienen ist. In ihm ist ein äußerst detailliertes Profil gegeben, das nicht nur die Faltung (Keidels erste Bewegungsphase), sondern auch die zweite Bewegung in überraschender Klarheit erkennen läßt. Sie ist in einer nach Osten gerichteten Überschiebung prämoniert, die am Aconcagua mehrere Kilometer Ausmaß erlangt hat.

In ähnlicher Weise, wie dies für die Cordilleren von der Puna bis etwa zum 40° S. B. soeben geschehen ist, lassen sich für Patagonien die großen Züge im geologischen Bau noch nicht angeben.

Trotz der Aufnahmen anlässlich der Grenzstreitigkeiten mit Chile, trotz der wiederholten Reisen, die von La Plata aus, zuerst von F. P. und Fr. Moreno⁴⁾ in die Cordilleren und die östlichen Wüsten der Mesetas unternommen wurden, ist das Land unaufgeschlossen, schwer zugänglich, ja unbekannt geblieben. Man denke nur daran, daß man die Gletscher Südpatagoniens für die Abflüsse eines Inlandeises im Bereich des Cor-

¹⁾ Vgl. G. Steinmann, Jura und Kreide in den Anden etc. N. J. Min. 1882. I. S. 116. 1883. II. S. 256. Reisennotizen aus Chile. N. J. Min. 1884. S. 200. — W. Paulcke, Kreide in Südamerika. N. J. Min. Beil. Bd. XVII. 1905. S. 252. — W. Moeckel, Lias-Unterooolit in Chile. N. J. Min. Beil. Bd. IX. 1894. — C. Burckhardt, Palaeontogr. 50. 1903. I. II. III.

²⁾ Von A. Stelzner (Beiträge etc. 1. c. 1885. S. 198) geprägter Ausdruck für postmesozoische Intrusivgesteine; sie reichen von Kap Horn bis mindestens Peru (vgl. G. Steinmann, Geol. Rundschau, Bd. I. Heft 1—3. 1910. S. 13.)

³⁾ La alta Cordillera de San Juan y Mendoza etc. Anales Ministerio Agricultura Sección Geología etc. VII. N. 5. Buenos Aires 1912. S. 5.

⁴⁾ F. P. Moreno, Viaje á la Patagonia Austral etc. 1876—77. Buenos Aires. — Fr. Moreno, Apuntes preliminares excursion Neuquén, Rio Negro etc. Rev. Museo La Plata, Bd. 8. 1898. S. 200, und: Explorations in Patagonia. Geogr. Journ. 1899. XIV. S. 241. S. 353.

dillerenhochka mmes hält, ein Inlandeis von großer Ausdehnung, das noch niemand betreten hat! Die glazialen Erscheinungen nehmen in jenen Teilen des Gebirges breiten Raum ein; die Formen der Ketten sind zu Hochgebirgsformen zugeschrärt; der regenreiche Westen erzeugt eine schier undurchdringliche Vegetation. Das alles summiert sich zu Schwierigkeiten, die zur Genüge unseren Mangel an Kenntnissen begründen. Steffen¹⁾ entwirft in seinen zahlreichen Schriften ein drastisches Bild von der Forschertätigkeit in der Fjordregion jener südlichen Breiten.

Dort haben bisher die orographischen und glazialmorphologischen Phänomene in der Tat die größte Beachtung gefunden, weicht doch die interozeanische Wasserscheide derart weit vom Kamm der Cordillere ab, daß sie an deren Ostfuß verlegt erscheint, wo große Glazialseen ihre Lappen in die Trogtäler des Gebirges und die breite Senke zwischen diesem und seinem wüsten Vorland entsenden. Die Wasserscheide wird oft nur durch einen Moränenwall gebildet, der einen jener Seen gegen Osten abdämmt, während seine Entwässerung quer durch das ganze Gebirge zum Pazifik hin stattfindet. L. Gallois²⁾ meinte, Anzapfung von Westen her habe dies Phänomen hervorgerufen, Quensel³⁾ dagegen betonte die Tätigkeit diluvialer Gletscher, welche die durch Rückwärtseinschneiden der Flüsse schon niedrige Wasserscheide vollends abhobelten. Der Verlauf der Wasserscheide Südpatagoniens ist eine Funktion diluvialer Vereisung.

R. Hauthal⁴⁾ und O. Nordenskjöld⁵⁾ machten die ersten Angaben über die Zahl der Vereisungen; es wurden zuerst zwei, später drei solche festgestellt. Leider ist den glazialen Beobachtungen⁶⁾ nicht ebenso reiches Material geologischer, d. h. stratigraphisch-tektonischer Natur in Patagonien an die Seite zu stellen. Ch. Darwin⁷⁾ hat auch hier die ersten

¹⁾ H. Steffen, Peterm. Mitt. 1904 (Baker Fjord). — Verh. Ges. Erdk. Berlin 1900. S. 194. — Géogr. Journ. XVI. London 1900. — Verh. Deutsch. naturw. Verein. Santiago V. 1903. — Erforschung Chiles durch Deutsche etc. Festschrift deutsch. wiss. Verein. Santiago 1910; mit reichen Literaturangaben.

²⁾ Les Andes de Patagonie. Ann. de Géogr. N 51. 1901. S. 232.

³⁾ P. D. Quensel, On the influence of the ice age on the continental watershed of Patagonia. Bull. Geol. Inst. Upsala. Bd. 9. 1910. S. 60.

⁴⁾ Peterm. Mitt. 1908. Heft 5. Zur Geschichte d. glazialen Erforschung Südamerikas.

⁵⁾ Ueber die posttertiären Ablagerungen der Magellansländer. Wiss. Ergeb. Schwed. Exped. nach den Magellansländern. Bd. I. N. 2. 1899. S. 13.

⁶⁾ Vgl. Th. Halle, On quaternary deposits and changes of level in Patagonia, Bull. Geol. Inst. Upsala. Bd. IX. S. 93, wo auch ältere Angaben (Ch. Darwin, F. Fonck u. a. m.) über Terrassen etc. bis zur Insel Chiloë diskutiert worden sind.

⁷⁾ I. c. London 1846.

einschlägigen Angaben gemacht; in der enggefalteten Schieferserie des Mt. Tarn fand er Fossilien. Die vielgestaltigen Gesteine, vorwiegend Schiefer, sind dann von Hyades¹⁾ und O. Nordenskjöld²⁾ des näheren behandelt worden. Sie erwiesen sich als hochmetamorphes Jungmesozoicum³⁾. Zusammenfassend stellte P. D. Quensel⁴⁾ die Ergebnisse der verschiedenen Autoren in einer ausgezeichneten Karte dar, die auch seine eigenen, besonders petrographischen Untersuchungen trefflich erläutert. Nach Quensel schaltet sich zwischen das wüste, ungefaltete Tafelland im Osten und das wirre, glazial ausgestaltete Fjord- und Inselland im Westen der relativ schmale Streifen gefalteten Mesozoicums, der, durch junge Lakkolithen⁵⁾ ausgezeichnet, auf seiner Höhe das Inlandeis trägt. Die Gesteine der „Küstencordillere“ (wie Quensel das Inselland der pazifischen Küste nennt) hält er für junge, riesige Intrusivmassen, vielleicht einen Batholithen, der sich gegen Norden zu verschmälert und durch alte Schiefer teilweise ersetzt ist. Letztere treten von rund 44° S an auch in der vereisten Hauptcordillere bis zu den patagonischen Tafelländern auf, ein Umstand, der mir darauf hinzudeuten scheint, daß infolge der S. 16 dargelegten tektonischen Züge die Struktur der eigentlichen Küstencordillere des Nordens (S. 15) nach Süden zu den Hauptkamm der Cordillere erreicht. So scheint sich zu bestätigen, daß der Verlauf von Küste und Gebirgskamm eine ältere tektonische Richtung spitzwinklig schneidet (S. 16).

Das zum Teil in Schiefer umgewandelte Mesozoicum des Südens hat nichts mit dem des Nordens gemein. Von ihm scheint es getrennt⁶⁾

¹⁾ Mission scientifique du Cap Horn. 1882–83. Bd. IV. Géologie. Paris 1887.

²⁾ In Anm. 15 auf S. 18 zitiertes Werk Bd. I. N. 6. 1905. S. 175.

³⁾ G. Steinmann, Reisenotizen aus Patagonien. N. J. Min. 1883. II. S. 255.

⁴⁾ P. D. Quensel, Geologisch-petrographische Studien in der patagonischen Cordillera. Bull. Geol. Inst. Upsala. Bd. XI. 1911.

⁵⁾ Quensel hat diese Gesteine wie auch die vulkanischen Massen petrographisch beschrieben (Bull. Geol. Inst. Upsala Bd. XII) und dadurch die Untersuchungen von R. Pöhlmann (Anales Universidad Santiago de Chile 1898), F. v. Wolff (Beiträge zur Geologie u. Petrographie Chiles. Dissertation Berlin 1899) und Möricke (Geol. petr. Studien in d. chilen. Anden. Sitz. ber. preuß. Ak. Wiss. Math. nat. Kl. 1896. S. 1161 und T. M. P. M. Bd. LII. 1891) ergänzt.

⁶⁾ Diese Trennung ist besonders auch durch die faziellen Unterschiede zwischen dem Mesozoicum des Südens und des Nordens begründet, wie sie aus den vorzitierten Arbeiten hervorgehen. Vgl. ferner: O. Wilckens, Erläuterungen zu R. Hauthals Geol. Skizze des Gebietes zwischen Lago Argentino u. Seno de la Ultima Esperanza. Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg 1907. Bd. XV. S. 75. — O. Wilckens, Kreide-Tertiär in Patagonien etc. N. J. Min. Beil. Bd. XXI. 1905. S. 98. Lamellibranchiaten, Gastropoden d. oberen Kreide etc. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. 1905. XV. S. 91. — W. Paulcke, Cephalopoden, Kreide, Patagonien etc. Ber. Naturf.

durch den Streifen kristalliner Massen nördlich davon, die, wie gesagt, der Küstencordillere angehören dürften, die aber unter den Mesetas verschwinden, ehe klar zum Ausdruck kommt, ob sie das Mesozoicum des Südens als Ostgrenze begleiten oder nicht. Seine Westgrenze scheint besser ausgeprägt: Gesteine der Küstencordillere, die nach Süden durch den jungen Batholithen verdrängt sind. So gewinnt man den Eindruck, als sei in die kristallinen Massen der Küstencordillere eine zweite, kleine Geosynclinale eingesenkt, die sich, in der Breite der Insel Chiloë nur durch Fetzen marinen Senons¹⁾ angedeutet, nach S zu vertieft, bis sie in Südpatagonien-Feuerland die mächtige Serie mehr oder weniger metamorpher Schichten des Jura und der Kreide birgt. Die Füllmasse auch dieser Geosynclinale ist gefaltet — nach Osten gegen die Mesetas klingt die Faltung aus —; durch ihr Abschwenken nach SO vollzieht sich die Umiegung des Kontinentes zu Kap Horn.

Wir sehen: zu wenig zahlreich sind noch die über Patagonien bekannten Daten, um auch nur mit einiger Sicherheit die großen Züge im Bau des Gebirges herauszugreifen. Ist dies hier gleichwohl geschehen, so haben die oben skizzierten Umrisse doch mehr den Charakter einer Arbeitshypothese.

Der weitere Verlauf der Strukturlinien ist verdeckt durch die großen Niederungen und Vorländer im Osten des Gebirges, die sich bis zum Atlantik dehnen: Mesetas, Pampa, Chaco. Ihnen fehlt die Faltung ebenso wie die zweite Bewegungsphase, die im Westen die Anden zu solch gewaltigem Körper aufgetürmt hat. Soweit kräftigere Erosion tiefere Schichten erschlossen hat (Mesetas von Patagonien) und dadurch auf vorhergegangene Vertikalverschiebungen schließen lässt, handelt es sich stets um kontinentale, nie um gebirgsbildende Bewegungen.

Die Ablagerungen Patagoniens und der Pampa haben das Interesse bald geweckt, zumal sie einen reichen Wechsel verschiedener Faunen bergen. d'Orbigny sammelte Fossilien hier wie dort. Und ebenso, wie die dem Löß eingeschalteten Muschelbänke²⁾ von marinen Transgressionen zeugten und dadurch bedeutsam wurden, ebenso

Ges. Freiburg i. Br. 1906. Bd. 15. — Kreide in S-Amerika. N. J. Min. Beil. Bd. XVII. 1905. S. 252. — G. Steinmann, Kreide-Tertiärfossilien Magellansländer etc. Schwed. Ac. Wiss. Bd. 4. N. 6. 1907. -Wilckens, marine Fossilien Magellansländer etc. Wiss. Ergeb. Schwed. Expedit. nach d. Magellansländern. Bd. I. 1907. S. 249. — F. Favre, Ammoniten, untere Kreide, Patagonien etc. N. J. Min. Beil. Bd. XXV. S. 601 u. a. m.

¹⁾ G. Steinmann-Deecke-Möricker, Quiriquinaschichten etc. N. J. Min. Beil. Bd. X. S. 195.

²⁾ Vgl. A. Bravard, Terrenos marinos terciarios, cercanía del Paraná etc. Anales Museo La Plata. Buenos Aires. XIII. 1855.

fesselten die eigenartigen Landtiere, deren Knochen in verschiedenen Niveaus des Löß gefunden worden waren, die regste Aufmerksamkeit. Die Toxodonten, Macrauchenien, Glyptodonten, Megatherien, das Merkwürdigste an Säugern, sind im Museum von La Plata zur Aufstellung gelangt. Dort fanden sie in Fl. Ameghino¹⁾ einen eifrigen Bearbeiter. Freilich forderten seine verdienstvollen Schriften durch ihren stratigraphischen Inhalt²⁾ zum Widerspruch heraus. So ist die Literatur über diese Säuger, über die Gliederung und Datierung der Pampaformation ins Ungeheure angewachsen. Und man muß sagen, daß wenig Positives durch sie geschaffen worden ist, denn verwirriger als je sind die stratigraphischen Beziehungen, unklarer, verborgener der Zusammenhang von Pampa und Patagonien. Nur Schaden hat die riesige, wortreiche Polemik Ameghinos mit seinen Widersachern gestiftet und darum den großen Wert von Ameghinos Forschungen beeinträchtigt.

So ist auch eine Parallelisierung patagonischer und pampeaner Ablagerungen nicht eigentlich gelungen, wiewohl es natürlich nicht an solchen Versuchen gefehlt hat, und gerade die wüsten Tafelländer Patagoniens durch die Großartigkeit ihrer Aufschlüsse zu Beobachtungen und Spekulationen einluden³⁾. O. Wilckens⁴⁾ unternahm die mühevolle, aber dankenswerte Arbeit, das ungeheure Material zu sichten und zu einem brauchbaren Überblick zu vereinen. Fand Wilckens auch Widerspruch durch S. Roth⁵⁾, so dürften die Ausführungen Wilckens' doch ein zutreffendes Bild der wirklichen Verhältnisse geben. Dreimal wäre demnach seit der obersten Kreide der Kontinent unter den Meeresspiegel gesunken, so daß der Atlantik seine Fluten bis an den Cordillerenfuß ent sandte. Und zwar scheint der heutige La Plata das Eingangstor zu bilden, durch welches das Meer die Niederungen der Pampa und des Chaco aufsuchte, während im Süden der Atlantik mit breiter Front das patagonische

¹⁾ Fl. Ameghino, *Enumeration synoptique des espèces mammifères etc.* Bol. Ac. Nac. Cordoba. XIII. 3. 4. 1893. S. 259, mit Bibliographie bis 1893.

²⁾ Fl. Ameghino. *âge sédiments Patagonie etc.* Anales de la sociedad científica Argentina. 50. 3. 4. 1900 und Geol. Magazin 1897.

³⁾ Vgl. unter vielen anderen die Arbeiten von Mercerat (z. B. in Anales Museo Nacional Buenos Aires. Serie 2. Bd. II. S. 105 u. 309). — R. Hauthal, Über patagonisches Tertiär. Z. D. Geol. Ges. 1898. S. 436. — S. Roth, Zeitschr. D. geol. Ges. 1888. S. 459 und Revista Museo La Plata 9. 1899. S. 141. — F. Ameghino, Anales Museo Nacional. Buenos Aires 1906. Bd. VIII. Serie III. Les formations sédimentaires du crétacé supérieur et du tertiaire du Patagonie etc.

⁴⁾ O. Wilckens, *Die Meeresablagerungen der Kreide- und Tertiärformation in Patagonien.* N. J. Min. Beil. Bd. XXI. 1905. S. 98.

⁵⁾ Beitrag zur Gliederung etc. Patagonien u. der Pampasregion. N. Jahrb. Min. Beil. Bd. XXVI. 1908. S. 92.

Land überspülte. Auf diese Verschiedenheit sind fazielle Unterschiede der marinen Horizonte im Norden und Süden zurückzuführen, wie auch die Landbildungen in den beiden Gebieten faziell unterschieden sind wegen Verschiedenheit in Lage, Bau und Entfernung der Cordillere. Wichtig wäre, die Beziehungen patagonischer und pampeaner Ablagerungen zu den andinen kennen zu lernen. A. Windhausen¹⁾ (g) machte einen solchen Versuch anlässlich seiner Studien über Asphalt- (Rafaelit-) gänge und Petroleum in Neuquen und Rio Negro. Sein Gebiet liegt gerade am Ostfluß der Cordillere, deren Gesteine hier der nördlichen Geosynclinale angehören. In der Oberkreide gefaltet, klingt die Faltung nach Osten aus. Die Gesteine späterer Transgressionen vom Atlantik her liegen demnach gegen die Mesetas konkordant auf schwach oder ungefalteter, gegen die Cordillere zu diskordant auf stärker gefalteter Kreide. Die Diskordanz im Faltungsbezirk gestattet die Parallelisierung der atlantischen Transgression mit terrigenen Abtragungsmassen, welche die gleiche Position über gefaltetem Mesozoicum haben, im Inneren der Cordillere oder besser gesagt an deren Saum; anderseits ist diese unterste atlantische Transgression („Rocastufe“) durch ihren Fossilgehalt über weite Gebiete der Mesetas als Leithorizont brauchbar geworden.

Im Norden, wo an Stelle der zerschnittenen Tafelländer die Tiefebenen der Pampa und des Chaco getreten sind, lassen sich heute solche Beziehungen noch nicht angeben. Die weiten Alluvionenflächen, meist aus feinem Schwemmlöß bestehend, dehnen sich zwischen den pampinen Sierren und dem brasilisch-uruguayischen Schild, ja treten in der Provinz Buenos Aires unbehindert bis an den Atlantik heran. Sie umspülen gleichsam, alle Zusammenhänge verdeckend, die bergigen Aufragungen und machen einzelne der pampinen Sierren ebenso zu isolierten, begrabenen Klötzen wie es die kleinen, fremdartigen Gebirge der Provinz Buenos Aires sind.

In das weite, wellige Land sind nur flache Täler eingesenkt, die keinen Aufschluß über tiefere Sedimenthorizonte geben. Sieht man von dem an Kalkkonkretionen reichen Pampalöß²⁾ ab, so erschöpft sich unsere Kenntnis mit den oberen marinen Transgressionen im Bereich des Paraná. Da treten helfend die Bohrungen hinzu, die in großer Zahl auf Petroleum und Wasser vom Staate, von Privatleuten ausgeführt worden sind. Auch die Dirección Gen. de Minas etc. entfaltet in der Richtung regste Tätigkeit.

¹⁾ Contribucion al conocimiento geologico de los territorios del Rio Negro y Neuquen. Anales Minist. Agricult. Bd. X. N 1. Geologia. Buenos Aires. 1914.

²⁾ Den Pampalöß hat schon Darwin, dann wieder J. v. Siemiradzki (N. Jahrb. Min. 1893. Bd. I. S. 23) als Flußalluvionen aufgefaßt, in dem „Steppenlöß“ (äolisch umgelagerter Löß) eine große Rolle spielt.

R. Stappenbeck¹⁾ (g) versuchte, das gesamte Material unter einheitlichem Gesichtspunkt zu betrachten und stellte Profile zusammen, die in der Tat Allgemeincharakter zu haben scheinen. Vergleicht man die regionalen Züge der Stratigraphie der Pampaformation mit der jetzt glücklich durchgeföhrten Gliederung junger terrestrer Bildungen am Cordillerenfuß, so läßt sich hoffen, daß eine Übereinstimmung herausgeschält werden kann und daß schließlich auch die ungeheuer mächtigen Sandstein- und Schottermassen der Cordillere im Hangenden des Rhät eine zutreffende Datierung erhalten werden. Die Geschichte und morphologische Entwicklung der Sierren und der Puna würde dadurch festere, präzisere Gestalt annehmen können.

Das Liegende der Pampaformation mit ihren marinen Zwischen- schaltungen bilden sehr mächtige rote Sandsteine und Mergel²⁾, die, vielfach angebohrt, doch bis vor kurzem nicht durchteuft werden konnten. Besonders nahe dem Gebirgsfuß lassen die Bohrkerne die Schrägstellung der Sandsteine erkennen. Gestört liegen sie auch im Osten, wo sie aus der Niederung aufsteigen und im Bereich des brasilischen Schildes (zusammen mit Melaphyren) als San Benitoformation dem jüngeren Mesozoicum zugeordnet werden³⁾. Auch in der Cordillere besitzen diese Sandsteine große Entwicklung und wurden in der Vorcordillere von Stappenbeck⁴⁾ der Oberkreide zugewiesen. Im Norden aber (Punarand) haben permische Sandsteine die gleiche grelle Farbe, so daß P. Denis⁵⁾ mit Recht noch auf die Bedeutung des Problems der roten Sandsteine hinweisen konnte. Er kannte nicht die durchgeföhrte Gliederung terrestrer Sedimente, die den großen faziellen Wechsel innerhalb der verschiedenen alten Serien aufgedeckt hat. Dazu kommt in den nördlichen Provinzen (Tucumán-Jujuy) eine neue mehr kalkig-dolomitische Fazies, die — längst bekannt durch Fossiliengehalt und Petroleum — einer marinen Transgression aus dem Norden zu entsprechen scheint. Charakter und Stellung dieser mächtigen Schichten sind jedoch noch in keiner Weise geklärt⁶⁾. Vielleicht handelt es sich um zwei verschiedene Fossilniveaus, die anscheinend miteinander verwechselt und einmal in die untere, dann wieder die obere Kreide gestellt wurden. Jedenfalls schlagen diese Fossilschichten, speziell die obere Abteilung, die meiner Ansicht nach in die Oberkreide gehört, eine

¹⁾ Mündliche Mitteilung.

²⁾ Ein oberer Sandstein, oberer Mergel, unterer Sandstein, unterer Mergel.

³⁾ Vgl. K. Walther l. c. und J. C. White, Relatorio final (da comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brazil).

⁴⁾ „Precordillera“ etc. l. c.

⁵⁾ La Sierra de la Lumbre. Annales Géogr. XXII. 1913. N. 124. S. 337.

⁶⁾ Vgl. W. Schiller, Estudios sobre la formacion petrolifera Argentino-Boliviana. Universidad Nac. de La Plata. 1913. Rev. Mus. La Plata. XX. S. 168.

Brücke einerseits zu stratigraphisch wohl umrissenen Sedimenten der Cordilleren („Calchaqui“), andererseits zu den roten Sandsteinen im Untergrund der Pampa.

Einer Bohrung im Gran Chaw ist es geglückt, die roten Sandsteine zu durchteufen. Leider ist das Profil der Bohrung nicht veröffentlicht worden. Durch die Liebenswürdigkeit Herrn Dr. W. Möhrings bekam ich Nachricht von dieser Bohrung von Alhuampa und durfte die Kernserien sehen. Gebirgsferne Mergel, vielleicht der unteren Gondwanaförmation entsprechend, bilden in fast 2000 m Tiefe den Untergrund des Chaco. Es dauert also im Bereich der großen Niederung die Sedimentation schon seit langen Zeiträumen an, während in der Cordillere und auf der brasilischen Masse wechselnde Schicksale von Abtragung und Ablagerung eintraten. Ich könnte darum diesen Raum konstanter Aufschüttung eine „Geosynclinale“ nennen, welche von jeher die Detritusmassen der Cordillere in sich aufnahm. In Patagonien ist infolge kontinentaler Hebung derselbe Sedimentationsraum Erosionsbezirk geworden, wodurch hier die ihm innewohnende Tendenz zu sinken aufgehoben oder verwischt erscheint.

Das marine Transgressionsgebiet des Paraná dürfte seine Südgrenze in den Sierren der Provinz Buenos Aires und deren Fortsetzung, die als kleine Kuppen oder oft nur in Brunnen angebohrte Felsmassen die obere Pampaformation oder das Tageslicht erreichen, gefunden haben. Unzusammenhängend ist die Brücke, die der Gestalt zur pampinen Sierre von Cordoba hinüberleitet. Das isolierte Auftreten alter Felsarten in solcher Ferne von den Anden und vom brasilischen Schild birgt viel Rätselhaftes. Das durchgehende NW-Streichen verknüpft diese Mittelgebirge mit den alten Massen von Süduruquay¹⁾, unterscheidet sie aber von den pampinen Sierren. Darin liegt der Hauptpunkt, der gegen die Sueß'schen Virgationen²⁾ ins Gewicht fällt. Von älteren Autoren, die sich mit jenen Gebirgen und ihren Gesteinen befaßten³⁾, wiesen nur Burmeister⁴⁾ und später Hauthal⁵⁾ darauf hin, daß eigentlich kein Zusammenhang mit

¹⁾ Vgl. schon die Karte von d'Orbigny (I. c. 1835–47).

²⁾ E. Sueß, Antlitz der Erde. I. 1885. S. 664. 690.

³⁾ Außer Doering und Heusser (I. c.) und anderen (vgl. S. 3): Zeballos, Estudio geologico sobre la Provincia de Buenos Aires. 1877. — Aguirre, La geología de las Sierras Bayas. Anales Soc. cient. Argentina VIII. 1879. Buenos Aires. — J. Valentin, Rapido estudio sobre las Sierras de los Partidos de Olavarria y del Azul. Rev. Mus. La Plata. VI. 1894. S. 1.

⁴⁾ Burmeister, I. c. Description.

⁵⁾ R. Hauthal, Contribucion al estudio etc. Provincia de Buenos Aires. Rev. Mus. La Plata. VIII. S. 447. — La Sierra de la Ventana. Rev. Mus. La Plata. III. 1892. S. 7.

der Cordillere bestehen könne¹⁾). Siemiradzki²⁾ ging noch weiter und stellte der andinen, meridionalen, jungen Dislokationsrichtung die alte (NW—SO), bis höchstens carbonische gegenüber. Damit ist in der Hauptsache der Kern des Problems getroffen. In den Gesteinen will Siemiradzki³⁾ devonische Fossilien gefunden haben; dem trat Hauthal entschieden entgegen, betonte aber mit Recht, die Gesteine weichen völlig von denen der pampinen Sierren ab. Er hält sie für palaeozoisch⁴⁾.

Als Keidel (g) in der Sierra de la Ventana Dwykakonglomerat entdeckte, bekam das Problem eine neue Wendung⁵⁾. Nicht nur Dwyka, auch die anderen Sedimentgesteine gehören dem afrikanischen Typus an. Wie dort liegt auch hier jungpalaeozoische Faltung vor, die zu Überfaltung und Schuppung führte. Afrikanischer Bau beherrscht die Inselgebirge von Buenos Aires. Das erklärt das Eigenartige in ihrer Struktur und ihrer Zusammensetzung. Junge Bewegungen scheinen auch diese alten Gebirge betroffen zu haben.

So sind die Spuren des Gondwanakontinentes mit allen seinen Merkmalen auf südamerikanischem Boden von der Geosynclinale der Anden bis zur atlantischen Küste verfolgt worden. Und wie wir gesehen haben, fehlt auch die permische Faltenregion nicht innerhalb des angegebenen Areals. Keidel fand Dwykakonglomerat und permische Schuppen auch in der Vorcordillere⁶⁾. Afrikanischer und andiner Bau greifen hier ineinander.

Es könnten auch speziellere Probleme schon in ähnlicher Weise diskutiert werden wie dies eben für die Hauptzüge geologischen Baues in Argentinien geschehen ist. So lenkt die jüngste Geschichte der Cordillere unsere Aufmerksamkeit auf ihre morphologische Entwicklung⁷⁾ als Folgeerscheinung tektonischer Ereignisse. Darauf kann ich hier jedoch noch nicht eingehen, soll den Ergebnissen P. Groebers (g) in Neuquen, H. Raßmuß' (g) am Aconquija und meinen eigenen am Südrand der Puna nicht vorgegriffen werden.

¹⁾ Vgl. dagegen S. 3.

²⁾ J. v. Siemiradzki, Zur Geologie von Nord-Patagonien. N. Jahrb. Min. 1893. I. S. 22.

³⁾ Eine Forschungsreise in Patagonien. Peterm. Mitt. XL. 1893. S. 51.

⁴⁾ Sich auf ein unbestimmbares Fossil berufend (Contribuciones al conocimiento de la geología de la Prov. de Buenos Aires. La Plata. Publicaciones del Museo. 1901. S. 24). (Cambrium?).

⁵⁾ Im Druck befindliche Abhandlung.

⁶⁾ Mündliche Mitteilung.

⁷⁾ So schematisch, wie man nach J. Bowman (Amer. Journ. of Science. 1905. Art. XXIII. S. 197) glauben könnte, liegen die Dinge aber nicht!

G. Steinmann²⁾ erwähnt aus Bolivien und Perú Fastebenen in großer Höhe (ähnlich wie Burckhardt und Keidel in Argentinien), die auf vorangegangene Hebung „etwa zu Beginn des Jungtertiärs“ hin-deuten. Dieser stehe die Faltung als älterer Vorgang gegenüber. Mit diesen beiden Ereignissen bringt Steinmann die intrusiven und effusiven Mechanik des Vulkanismus in Zusammenhang, hierdurch einen Gesichtspunkt von großer Tragweite aufgreifend. Er glaubt nämlich — ausgehend von einer zeitlichen Succession der Effusivperiode nach der intrusiven —, daß die Intrusivmagmen die antikinalen Hohlräume ausgefüllt hätten, die durch Abscheren der gefalteten Sedimente von ungefaltetem Untergrund entstanden wären. Die Intrusion der Andengesteine wäre demnach jünger als die Faltung. Die Effusivperiode führt Steinmann auf die jungtertiäre Hebung zurück, durch die der Magmarest mit vadosem Wasser in Berührung gekommen sein und explosive Erscheinungen ausgelöst haben kann. Diese Vermutung mag für manche Gebiete zutreffen; zweifellos hat sie aber keine allgemeine Bedeutung. Das lehren die zurzeit in großer Zahl vorliegenden Beobachtungen am Südrand der Puna, aus denen mit aller Klarheit die Gleichzeitigkeit von Intrusion und Effusion erhellt. Die Magmen, deren Erscheinungsform so sehr verschieden ist, stammen dort auch sicher aus verschiedenen Herden, der eine von liparitischer, der andere von andesitischer Zusammensetzung. Es darf auch nicht übersehen werden, daß der Vulkanismus auf argentinischem Boden im großen und ganzen auf die Hochcordillere beschränkt ist und erst dort auf die pampinen Sierren übergreift, wo diese zum Puna-block verschmelzen. Er ist, wie Steinmann mit vollem Recht betonte, heute auf ein Minimum beschränkt; in der südlichen Puna, die fast ausschließlich aus andesitischen Massen besteht, kann er sogar als erloschen gelten. Subrezente Basaltkegelchen sind hier die Epigonen einer einst gewaltigen Tätigkeit, die ganze Vulkanketten, mächtige Berge aufgebaut hat. In diesen älteren Massen stecken hie und da granitische Intrusivstücke, die ebenso für ein Andauern andiner Intrusionen sprechen, wie jene jungen Massive, welche in der Famatinakette höchstens jungtertiäre Schotter durchbrechen. Man kann also gewiß nicht sagen, daß der eine oder andere Mechanismus (Intrusion oder Effusion) auf eine bestimmte Zeit oder eine bestimmte tektonische Phase zurückgehe. Wohl aber darf man die Ursächlichkeit zwischen Tektonik und Vulkanismus in den Anden betonen, die sich schon im Synchronismus von Beginn tektonischer Evolutionen und Eintreten intrusiver resp. effusiver Erscheinungen zu er-

²⁾ Gebirgsbildung und Massengesteine in der Cordillere Südamerikas. Geol. Rundschau I. 1910. Heft 1—3. S. 34.

kennen gibt. Im Süden setzt die Faltung im allgemeinen früher ein (Quensel, Windhausen, Schiller) als im Norden. Dementsprechend sind dort die Andengesteine durchschnittlich älter als hier (am Punarand z. B. sicher nicht älter als Tertiär). Die zweite Bewegung (Keidel) aber hat weniger neue vulkanische Erscheinungen ausgelöst als vielmehr die vorhandene Tätigkeit zu außerordentlicher Größe gebracht. Mit dem Erlöschen der Bewegung ging die Reduktion vulkanischer Begleiterscheinungen Hand in Hand. Mit Spalten, Brüchen usw. haben — wie ältere Autoren glaubten — weder die Intrusionen, noch die Vulkane irgend etwas zu tun.

Zum Schluß soll eine besondere Gruppe von Fragen wegen ihres allgemeinen Interesses kurz erörtert werden: das Diluvium in der Cordillere. Einiges, was darauf Bezug hat, ist schon erwähnt worden (S. 14 und 18). Die Glazialerscheinungen unterliegen vollständig den klimatischen Gesetzen, die eben in den Anden wegen deren meridionaler Erstreckung sehr unterschiedlich beschaffen sind. Dem feuchten Süden¹⁾ steht das Trockengebiet des Nordens gegenüber, in dem die heutige Schneegrenze ganz extreme Höhen (bis 6000 m!) erreicht. Offenbar ist in NW-Argentinien den Faktoren des Wüstenklimas nicht genügend Rechnung getragen worden, wenn zuerst Brackebusch (l. c.), dann Steinmann²⁾, zuletzt Hauthal (Reisen in Bolivien etc. l. c.) die Schottermassen am Rande der Cordillere und in den interandinen Becken als fluvioglazial, ja als glazial aufgefaßt haben. Speziell Hauthal scheint von dem Gedanken geleitet worden zu sein, daß die diluviale Klimaschwankung überall glaziale Erscheinungen hervorgerufen haben müßte. Darum findet er auch im Trockengebiet Moränen in Höhenlagen, die der Vereisung durchaus entrückt waren. Die Fragestellung ist hier vielmehr die: wie äußerte sich die diluviale Klimaschwankung in der Region unter der sehr hoch liegenden Firngrenze?

Keidel, dem die Höhe der diluvialen Schneegrenze in den Trockengebieten Argentiniens wohlbekannt¹⁾ war, versuchte diese Frage zu beantworten durch eine Diskussion der außerordentlich mächtigen fluviatilen Schotter in den östlichen Randketten der Cordilleren des Nordens. Spuren der Vereisungen sind hier selten, wenn Hauthal³⁾ auch eine Reihe von Erscheinungen kurzweg als glazial zu deuten versuchte. Nur unter solchen Gesichtspunkten läßt sich verstehen, wie letzterer Forscher auch am

¹⁾ Vgl. besonders: Diluvium in Südamerika. Monatsber. D. geol. Ges. 1906. S. 215. ²⁾ Die Übereinstimmung glazialmorphologischer Züge in der Cordillere Patagoniens mit denen der Alpen ist so groß, daß Steinmann sie einfach miteinander identifizieren zu können glaubte.

³⁾ l. c. Ak. Wiss. Wien. 1907.

³⁾ l. c. Reisen in Bolivien etc. S. 10. 14. 22—25 usw.

Nevado Famatina Gletscherspuren bis 2000 m hinabreichend finden konnte¹⁾. Am selben Famatina beobachtete ich an der günstigen Ostseite des Gebirges eine untere Kargrenze von 5000 bis 5200 m, unterhalb von der keine Glazialphänomene mehr zu beobachten sind. Auch in der südlichen Puna de Atacama sind jetzt eine Anzahl genauer Beobachtungen gemacht worden, die bis zur östlichsten Kette (Aconcagua) reichen. Liegt hier die diluviale Schneegrenze, entsprechend der Situation am Gebirgsrand und der Exposition gegen die regenfeuchten Ostwinde verhältnismäßig tief (4000 bis 4100 m), so steigt sie nach Westen gegen die Wüste rasch auf 5200 bis 5400 m an. In den trockensten Teilen der Puna (z. B. Gegend des San Francisco) tragen eine Reihe von Vulkanen trotz ihrer 6000 m und mehr kein Glazialrelief!

Unter 5200 m hört der glaziale Formenschatz ganz auf, so daß die Vermutung W. Sievers²⁾, die Höhe der Puna trage gemäßigt glaziales Gepräge, das ihr Plateaugletscher aufgedrückt hätten, unhaltbar erscheint. Das sanfte Punarelief (soweit es sich nicht um Aufschüttungsformen in den Senken handelt), auf das sich jene Anschauung stützt, ist, wie ich an anderer Stelle zeigen werde, praediluvial und rein fluviatiler Entstehung.

Doch dürften die Ausführungen W. Sievers in der Hauptsache ein richtiges Bild vom Verlauf der heutigen und diluvialen Firn- und Gletschergrenze geben, da vor allem dem Unterschied von West- und Ostseite der Gebirge, ferner zwischen östlichen und westlichen Ketten Rechnung getragen worden ist. Darin spiegelt sich der Einfluß nicht nur von Wasser und Land, von Gebirge und Höhenlage auf das Klima, sondern auch von der Exposition gegen meteorologische Faktoren wieder.

So ergeben sich in der ganzen Frage noch mancherlei Unsicherheiten, die nur durch exakte Beobachtungen beseitigt werden können. In Dunkel gehüllt bleibt jedoch zunächst noch das Problem, in welcher Weise die diluviale Klimaschwankung das Relief unter der eiszeitlichen Firngrenze, also unter 5000 bis 5400 m, im Trockengebiet Nordwestargentiniens beeinflußt hat.

4121 114

¹⁾ R. Hauthal, Heutiger Stand der geol. Erforschung Argentiniens etc. Comptes rend. IXe Congrès géol. intern. Vienne. 1903. Wien 1904. S. 656.

²⁾ W. Sievers, Die heutige und die frühere Vergletscherung Südamerikas. Samml. wissensch. Vorträge a. d. Geb. d. Naturw. und Med., hrg. von A. Witting. Leipzig. 1911.