
H. KEIDEL:

**Die neueren Ergebnisse der staatlichen geologischen
Untersuchungen in Argentinien**

Extrait du **Compte Rendu du XI:e Congrès Géologique International**





Die neueren Ergebnisse der staatlichen geologischen Untersuchungen in Argentinien.

VON

H. KEIDEL,

Chef der Sección Geología in der División de Minas, Geología é Hidrología, Buenos Aires.

Auf der Wiener Sitzung des Kongresses hat Herr HAUTHAL¹ über die Fortschritte der geologischen Untersuchungen in Argentinien gesprochen. Seitdem sind 7 Jahre verflossen und die von ihm ausgesprochene Hoffnung, in kurzem eine beständige und planmässige Untersuchung des Landes zu haben, hat sich verwirklicht. Freilich nicht in dem Masse, das, bei der Ausdehnung des Landes notwendig, und, bei der Grösse seiner Mittel, auch möglich ist.

Die heutige Einrichtung der geologischen Landesuntersuchung unterscheidet sich etwas von der üblichen Form. Die Anstalt ist nicht selbständig, sondern sie ist dem Körper der Verwaltung sehr eng angegliedert. Ihre Mittel sind, bei dem Umfang der heute schon übersehbaren Aufgabe, noch bescheiden; und auch die anderen Hindernisse, die den Erfolg erschweren, sind sehr gross. Die Unzugänglichkeit mancher Teile des Landes tritt dabei nicht so sehr hervor, wie der Mangel einer geeigneten topographischen Unterlage für die geologische Karte. Bei dieser Sachlage ist es selbstverständlich, dass man die Methoden und die Ziele der geologischen Aufnahme nicht einfach von bekannten Vorbildern übernehmen kann. Sie sind den besonderen Verhältnissen des Landes anzupassen, und erst die Vermehrung der Mittel und die Zunahme der Erfahrung werden eine grössere Freiheit der Bewegung möglich machen. Einstweilen ist das hauptsächlichste Ziel der Untersuchungen, neben der Beantwortung von Fragen, die in praktischer Beziehung wichtig sind, in den verschiedenen Zweigen der Geologie den Stoff herbeizuschaffen, der bei der Ausführung einer ein-

¹ R. HAUTHAL, Mitteilungen über d. heutigen Stand d. geol. Erforsch. Argentinien, C. R. IX. Congrès géol. intern. Vienne, 1903.

heitlichen geologischen Karte schon im Beginn nicht zu entbehren ist. Es hat sich dabei nun sogleich gezeigt, dass die Einfachheit, die das geologische Bild der Anden auf den ersten Blick auszuzeichnen scheint, in dem Masse verschwindet, wie die Untersuchung fortschreitet. Es hat sich aber auch schon jetzt ergeben, dass in den argentinischen Anden, weil sie sich durch viele Breitengrade erstrecken und in ganz verschiedenen Klimagebieten liegen, einige Fragen von allgemeiner Bedeutung, namentlich die nach der Entstehung der Oberfläche der Gebirge, durch die Verfolgung der Übergänge und durch vergleichende Untersuchungen beantwortet werden können.

Herr HAUTHAL hat in seinem Vortrage hauptsächlich über einige Verhältnisse in der patagonischen Kordillere gesprochen, ausserdem über einige der Gebirgszüge, die sich nahe an der atlantischen Küste, aus der Pampa der Provinz Buenos Aires erheben. Hier ist seitdem nur noch an einigen Stellen von der geologischen Landesuntersuchung gearbeitet worden; in der patagonischen Kordillere, wo schwedische Geologen erst vor kurzem sehr erfolgreiche Untersuchungen ausgeführt haben, aber gar nicht. In dem patagonischen Tafellande ist die Untersuchung des Gebietes zwischen dem See Musters und der Küste, das verhältnismässig klein ist, durch die zufällige Erbohrung von Erdöl bei Comodore Rivadavia veranlasst worden. Die hauptsächlichsten Arbeitsgebiete sind bisher einige Teile der Anden gewesen. Es sind Stücke des Gebirges in der Gobernación von Neuquen, in den Provinzen Mendoza und San Juan und in den nördlichen Provinzen: in Tucuman, Salta und Jujuy. Es sind ausserdem die sogenannte Vorkordillere in San Juan und Mendoza und einige von den Gebirgszügen in den Provinzen San Luis, Córdoba und La Rioja, die STELZNER als pampine Sierren bezeichnet hat, untersucht worden. In diesen Gebieten sind die Beobachtungen gemacht worden, deren wichtigste Ergebnisse hier mitgeteilt werden. In den pampinen Sierren hat vor allem Dr. W. BODENBENDER in Córdoba gearbeitet, in der Hochkordillere von Mendoza und San Juan Dr. W. SCHILLER in La Plata und in den Vorkordilleren Dr. R. STAPPENBECK in Buenos Aires. Ich selber habe einige Stücke von den Gebirgszügen des Nordens, einige Teile der Vorkordillere und des Gebirges in Neuquen untersucht. Die geologische Landesuntersuchung ist ein Glied der División de Minas, Geología é Hidrología; und es muss hervorgehoben werden, dass die Arbeiten durch den Chef der División, Herrn E. HERMITTE, sehr gefördert worden sind.

Es ist nicht leicht, die Beobachtungen so auszuwählen, dass in einer so kurzen Ausführung, wie sie hier notwendig ist, ein deutliches Bild von den wichtigsten Verhältnissen entsteht. Einige sehr hervortretende Züge in dem geologischen Bilde der argentinischen Anden sind allerdings schon seit langem bekannt. Es gehören dazu vor allem die ausserordentlich grosse Verbreitung und Mächtigkeit mesozoischer Ergussgesteine, ihrer Tuffe und Agglomerate, die Verbindung dieser Gesteine mit der fossilreichen Schichtenfolge des Jura und der Kreide, die Anordnung in einem sehr langen, meridional verlaufenden Streifen und die Berührung mit alten Felsarten in demselben Gebirgskörper.

Namentlich dieser Umstand hat schon früh die Aufmerksamkeit erregt. Er hat den hauptsächlichen Anhalt bei der Gliederung der Anden gegeben. Die Einteilung der Hauptandenzüge in eine östliche und eine westliche Kordillere ist ganz bekannt. Die östliche Kordillere ist vor allem aus alten Felsarten zusammengesetzt, die westliche aus den mesozoischen Ergussgesteinen und den entsprechenden Sedimenten. Diese Einteilung ist gewiss, für das argentinische Gebiet, berechtigt, so lange sie dem Überblicke dienen soll. Sie stützt sich im wesentlichen auf die Tatsache, dass die westliche Küste des afrikanisch-brasilianischen Kontinentes lange bestanden hat, nämlich ungefähr auf der Linie, die heute, jedenfalls in den Provinzen San Juan und Mendoza, die alten von den mesozoischen Gesteinen trennt. Sie behält aber nicht dieselbe Bedeutung, wenn man die Zusammensetzung und den Bau des Gebirges genauer und auf einer grösseren Fläche betrachtet. Die Anordnung der jungen Vulkane und die Anhäufung ihrer Kegel in der westlichen Kordillere und an deren östlichen Rande scheinen, von einer anderen Seite her, die Richtigkeit der Einteilung noch zu bekräftigen. Man darf dabei aber nicht übersehen, dass in der früheren und in der späteren Geschichte des Gebirges einige Vorgänge sehr tief gehende Spuren hinterlassen haben. Von der Zeit der oberen Kreide hat der Raum des Gebirges auf beiden Seiten der trennenden Linie im allgemeinen dieselben Schicksale gehabt. Die sehr grosse Ausbreitung des roten Sandsteins, der dieser Abteilung zum grossen Teile zugerechnet werden muss, bezeichnet den Beginn dieses Abschnittes. Für die Zeit des mittleren und des oberen Jura handelt es sich allerdings um eine scharfe Grenze. Marine Ablagerungen aus diesen Zeiten sind östlich davon bisher nicht bekannt geworden. In der Vorkordillere und auf den alten Gesteinen in dem Gebiete der pampinen Sierran liegt der rote Kreidesandstein

auf einer sehr grossen Fläche, ohne deutliche Anzeichen der Diskordanz, auf den Pflanzen und Kohle führenden rhätischen Bildungen, die hier die oberste Stufe einer mächtigen, mit dem Kulm(?) oder dem Permo-Karbon beginnenden kontinentalen Schichtenfolge bilden, worin *Glossopteris* und andere bezeichnende Formen der Gondwana-Floren an verschiedenen Stellen gefunden worden sind. In dem Gebiete der marinen mesozoischen Sedimente liegt der Sandstein konkordant auf den fossilführenden Kalken und Mergeln des Neocoms. Seine höheren Lagen enthalten hier an einigen Stellen, in eingeschalteten dolomitischen Kalken, eine ärmliche Fauna der obersten Kreide. Grosse Decken von basischen Gesteinen, hauptsächlich von Melaphyr, sind in den beiden Gebieten für den roten Sandstein bezeichnend. Es ist fast sicher, dass er, von Osten her, aus einer kontinentalen in eine submarine, dann in eine marine Bildung übergeht. Er ist für die Entzifferung der Geschichte des Gebirges vielleicht das wichtigste Glied der ganzen Schichtenfolge. Denn er bedeckt fast den ganzen Raum des Andenstückes, das hier in Frage kommt, oder er hat ihn jedenfalls bedeckt.

Nach unten verschwindet der Unterschied zwischen der östlichen und der westlichen Zone schon im Lias; und man kann sagen, dass er an der unteren Grenze dieser Abteilung nicht mehr vorhanden sei. Die marine, von BURCKHARDT beschriebene Fauna, die wir von Stellen kennen, die weit von einander entfernt sind, nämlich von Piedra Pintada, vom Rio Atuel und vom Chacay Melehué, am Oberlauf des Rio Neuquen, findet sich in den oberen Lagen des Lias, die hauptsächlich aus Quarzporphyrtuffen, aus basischen Ergussgesteinen und Tuffsandsteinen zusammengesetzt sind. Schon hier ist die Ähnlichkeit mit den rhätischen Bildungen der Vorkordilleren und der pampinen Sierren sehr gross. Man kann sie hier in der Tat nicht trennen; und es zeigt sich, wenn man Rhät und Lias zusammenfasst, dass auch hier die rein kontinentalen Bildungen des Ostens, wie bei dem roten Sandstein der oberen Kreide, nach Westen in marine Ablagerungen übergehen; wobei allerdings zu bemerken ist, dass die Ergussgesteine hier einen viel grösseren Anteil haben als in der Kreide. Der Unterschied geht noch ein wenig weiter. Obgleich die rhätischen Bildungen an vielen Stellen zwischen den pampinen Sierren und an den Rändern der Vorkordilleren und in diesen selber vorkommen und die Ablagerungen und Ergussgesteine des Lias in der Hochkordillere von Mendoza und in Neuquen noch nahe an der Wasserscheide aufgeschlossen sind, so ist ihre Verbreitung doch viel

geringer als die des roten Sandsteins; denn nördlich von den pampinen Sierran, nämlich zwischen Tucuman und der bolivianischen Grenze, sind sie bis heute nicht gefunden worden. Dieser Teil der Schichtenfolge hat also eine Bedeutung nur in der südlichen Hälfte des hier behandelten Gebietes. In der westlichen Zone, deren östliche Grenze ungefähr durch den Fuss der hohen Kordillere bezeichnet ist, ist er überall das älteste Glied der mesozoischen Ablagerungen und Gesteine. Wo ältere Felsarten angeschnitten sind, gehören sie zu der paläozoischen Schichtenfolge. Meist sind es Tonschiefer und Grauwacken aus der Zeit vom oberen Silur bis zum mittleren Devon. Oft sind diese Bildungen durch die jungen Granite und Diorite (Andengesteine) im Kontakt zu Hornfels verändert worden. Das sieht man besonders gut an verschiedenen Orten in der Hochkordillere zwischen dem Rio Mendoza und dem Rio Diamante. Am besten ist die paläozoische Unterlage der mesozoischen Gesteine an dem östlichen Rande und in den tiefen Talfurchen der Hauptkordillere aufgeschlossen. Im ganzen sind diese Stellen über ein grosses Gebiet zerstreut. Fast immer zeigt sich dann aber die Diskordanz; und man kann, mit einem sehr hohen Grade der Wahrscheinlichkeit, annehmen, dass sie überall vorhanden sei.

Die westliche Zone geht im Norden, ungefähr an dem südlichen Ende der Puna de Atacama, von der östlichen Abdachung der Anden ganz auf die westliche Seite der Hauptwasserscheide, auf das chilenische Gebiet, hinüber. Die Glieder der mesozoischen Schichtenfolge, die hier noch weiter im Osten, in der Puna und in den Gebirgszügen von Salta und Jujuy, vorkommen, nämlich das fossilführende Neocom und die gypsführenden Mergel und der rote Sandstein der oberen Kreide (Formación petrolífera BRACKEBUSCHS) liegen ebenfalls diskordant, hier aber meist über sehr alten Gesteinen.

Man sieht auf der geologischen Karte des nordwestlichen Teiles der Argentinischen Republik, die BRACKEBUSCH¹ nach vielen schwierigen Reisen entworfen hat, dass paläozoische Gesteine in den Gebirgszügen von Tucuman, Salta und Jujuy sehr weit verbreitet sein sollten. Nach dieser Karte müssten sie den grössten Teil des Gebirgskörpers zusammensetzen. Die neueren Untersuchungen haben nun gezeigt, dass dies nicht richtig ist. Die Gesteine, die hier den Sockel des Gebirges bilden, manchmal aber auch noch die Gipfel der höchsten Berge zusammensetzen, haben in Wirklichkeit präkambrisches Alter. Es sind

¹ Mapa geológico del interior de la República Argentina. Gotha 1891.

namentlich Tonglimmerschiefer und Grauwacken, dann wenig veränderte Mergelschiefer, Mergel und quarzitisches Sandsteine. Alte granitische Gesteine kommen, namentlich in dem westlichen Teile des Gebirges, darin vor. Auf diesen Bildungen liegen nun die paläozoischen Sedimente, die wirklich vorhanden sind, diskordant. Sie finden sich heute, wie die Ablagerungen der Kreide, in langen Streifen, die von Süden nach Norden verlaufen. Sie haben, von der Provinz Tucuman, im Süden, bis nach Bolivien hinein, im Norden, eine sehr einförmige Beschaffenheit. Es sind bis heute nur Sandsteine des oberen Kambriums und Ton- und Mergelschiefer des unteren Silurs gefunden worden.

In diesen Teilen des Gebirges sind die Lücken in der Schichtenfolge besonders gross. Es kann, nach den letzten Beobachtungen, keinem Zweifel mehr unterliegen, dass die präkambrischen Felsarten in dem abflusslosen Gebiete der Puna de Atacama, das mit Vulkanen und Salzbecken übersät ist, nur mit einer dünnen Haut des roten Sandsteins und von jungen Laven überkleidet sind. Erst jenseits der Wasserscheide findet man wieder die vollständigere Entwicklung der mesozoischen marinen Schichtenfolge.

Dieser Überblick zeigt schon, dass man in dem hier besprochenen Stücke der Argentinischen Anden, vom Norden bis in den südlichen Teil von Neuquen, drei grosse Gebiete durch ihre Zusammensetzung unterscheiden kann. Es sind:

- 1) Die Zone der mesozoischen marinen Sedimente und der Ergussgesteine mit ihrer Unterlage von paläozoischen Bildungen (an manchen Stellen vielleicht auch präkambrischen Alters).
2. Das Gebiet der pampinen Sierren und der Vorkordillere in San Juan und Mendoza, ausgezeichnet durch eine mächtige Serie kontinentaler Bildungen aus der Zeit zwischen Kulm und Rhät, mit einer archaischen und präkambrischen (pampine Sierren) oder paläozoischen Unterlage (Vorkordilleren).
- 3) Das Gebiet der hohen geschlossenen Gebirgsmasse in der Puna de Atacama und östlich davon, ausgezeichnet durch das fossilführende Kambrium, mit einer Unterlage von präkambrischen Felsarten.

Man kann auf einer Übersichtskarte der Argentinischen Republik sehen, dass sich diese Gebiete auch durch bestimmte orographische Züge von einander unterscheiden. Die präkambrischen Bildungen des Nordens, die zu der grossen Gruppe von Ablagerungen unbestimmten

Alters gehören, die sich zwischen die eigentlich archaischen Gesteine und die ältesten paläozoischen Sedimente einschalten, setzen, bis in die Breite von Tucuman, einen hohen, geschlossenen Gebirgsblock zusammen, der erst östlich von der Puna durch zwei oder drei Reihen grosser intermontaner Becken und Längstäler gegliedert ist.

Das Gebiet der pampinen Sierren, das sich im Süden, in der Fortsetzung des Streichens, daran anschliesst, ist dagegen ausgezeichnet durch die Auflösung des Gebirges in vereinzelte Erhebungen, die entweder als Zweige aus der Masse des nördlichen Gebirgsstückes vortreten, oder zerstreut aus den Niederungen aufragen. Diese Niederungen sind meist abflusslos. Grosse Salzsümpfe bedecken einen Teil der tiefsten Stellen. Die Vorkordillere verbindet, westlich von Sierra de la Huerta und der Sierra de la Famatina, das Gebiet der pampinen Sierren, das hauptsächlich aus den ältesten Gesteinen, die man in der Argentinischen Republik kennt, zusammengesetzt ist, mit der Hauptkordillere.

Die sogenannte Hauptkordillere liegt ganz in dem Gebiete der mesozoischen marinen Sedimente. Sie hat keine abflusslosen Teile, sondern sie ist ausgezeichnet durch die gleichsinnige, immer oder wenigstens zeitweilig, gegen das Meer geöffnete Abdachung, die bis an die Hauptwasserscheide durch Quartäler gegliedert ist.

Versucht man die Ursachen dieser Unterschiede auf dem gewöhnlichen Wege zu erkennen, so zeigt sich sogleich, dass den Unterschieden in der Verbreitung der Gesteine und des orographischen Bildes auch gewisse Unterschiede in den tektonischen Verhältnissen entsprechen. Es wird aber besser sein, ehe wir dies tun, ganz kurz die besonderen Verhältnisse zu betrachten, die nach der Ablagerung des roten Kreidesandsteins eingetreten sind.

Die kennzeichnenden Merkmale dieses Zeitabschnittes, der bis in die Gegenwart reicht, sind die rein kontinentalen Verhältnisse und die Herrschaft des trockenen Klimas in allen Teilen des besprochenen Andenstückes. Wir kennen aus diesem, ungefähr 2000 km langen und meist mehr als 300 km breiten Stücke keine marine Ablagerung tertiären Alters. Die Fossilien von Santa Maria in Catamarca gehören, wie wir heute wiesen, in die untere Kreide. Da nach der Ablagerung des roten Sandsteins die Bewegungen vor sich gegangen sind, durch die das heutige Gebirge entstanden ist, so sind aus diesem Abschnitt, der vielleicht das ganze Tertiär und das Quartär umfasst, die Ablage-

rungen vorhanden, die in den Gebirgen, die ein trockenes Klima oder doch eine periodische Verteilung der Niederschläge haben, zu entstehen pflegen. Es sind grobe fluviatile Aufschüttungen, die bis zu den sehr feinkörnigen Bildungen, die dem Löss sehr ähnlich werden, alle Übergänge zeigen. Als ein besonderer Umstand kommt in den argentinischen Anden noch hinzu, dass durch den ganzen Abschnitt, besonders aber, wie es scheint, in der ersten Hälfte des Tertiärs, bei den Bewegungen und dazwischen ausserordentlich grosse Mengen saurer und intermediärer Ergussgesteine hervorgebracht sind. Sie haben an der Zusammensetzung der fluviatilen Aufschüttungen einen grossen Anteil. Diese Bildungen sind meist fossilifer; und wir haben deshalb nur einen geringen Anhalt, den Zeitpunkt des Eintrittes und die Dauer der hauptsächlichsten Ereignisse ungefähr zutreffend zu bestimmen. Es gibt ausser einigen Säugetierfaunen, die aber für die genauere Bestimmung kaum in Betracht kommen, eigentlich nur die deutlichen Spuren der quartären Klimaschwankungen beinahe an dem Ende des ganzen Abschnitts. Geht man von diesen aus, so ist es möglich, wenigstens die Zeit der letzten Vorgänge festzustellen. Es gibt nun noch ein Mittel, noch weiter in die Vergangenheit zurückzugehen und die Reihenfolge einiger Ereignisse zu erkennen. Es ist dies die Methode, die sich auf die Verwertung des morphologischen Merkmals stützt; und es muss hier bemerkt werden, dass diese Methode in den argentinischen Anden einen grösseren Wert hat, als man ihr bei den Verhältnissen der Alpen oder auch anderer Hochgebirge beizulegen pflegt. Besonders aus zwei Gründen: erstens, weil Einebenungsflächen in bestimmt umschriebenen Gebieten durch die periodischen Regengüsse verhältnismässig schnell entstehen, und zweitens, weil diese Flächen, wenn sie durch Bewegungen aus dem unteren Denudationsniveau und dem Hauptgebiete der Niederschläge entfernt worden sind, bei der geringen Dichte des beständigen Flussnetzes und dem Mangel der glazialen Erosion, auch in den Zeiten der Klimaschwankungen, selbst in den grossen Höhen noch in beträchtlichen Stücken erhalten geblieben sind. So kommt es, dass sich diese Flächen, oft sogar in mehreren, immer höheren Stufen hinter einander, die deutlich die Ruhepausen der Bewegung anzeigen, heute noch neben und zwischen den Gebieten finden, wo die aufwölbende Bewegung, in einem beschränkten Raume und in einer späteren Zeit, bis zu der wahren und oft sehr verwickelten tektonischen Bewegung fortgeschritten ist. Es hat sich bei der Untersuchung dieser Verhältnisse

auch herausgestellt, dass die Gebiete mit vorwiegender Abtragung und die Gebiete mit vorwiegender Aufschüttung im allgemeinen ziemlich beständig sind, und dass an den meisten Stellen lange Zeit hindurch, zum Teil bis in das Quartär, keine Abdachung nach dem Meere hin bestanden hat. In grossen, ächten Depressionen sind, während diese vertieft wurden, sehr grosse Massen fluviatiler Aufschüttungen abgelagert worden. An manchen Orten sind diese Bildungen später gestört und durch die Erosion wieder angeschnitten worden. Hier kann man dann zuweilen die ununterbrochene Überlagerung auf langen Strecken verfolgen. Es gibt Stellen, wo Flussschotter, Schutt von Schuttkegeln, feinkörnige sandig-lehmige und lössähnliche Ablagerungen so in einer Schichtenfolge von 6000—7000 m Mächtigkeit aufgeschlossen sind. Das ist, zum Beispiel, vor dem Fusse der hohen Kordillere, bei der Stadt Jujuy, der Fall. Hier ist ein breites Gewölbe der fluviatilen Bildungen durch den Rio Grande beinahe quer zum Streichen durchschnitten worden. Die Stadt liegt auf dem Gewölbescheitel, auf der untersten der Terrassen, die den Fluss begleiten und in das Gewölbe eingeschnitten sind. Auf beiden Seiten sind die Flügel des Gewölbes in dem Steilufer des Flusses und an den Böschungen der höheren Terrassen sehr gut aufgeschlossen. Hier finden sich vor allem Flussschotter und gerundete Gerölle, die in eine überwiegende, sandig-tonige Masse eingebettet sind, in scharf begrenzten Bänken und in immer wiederkehrender Wechsellagerung. Ungefähr 15 km weiter im Süden, am Rio de los Alisos, ist das Gewölbe, das sich auf beiden Seiten des Rio Grande weithin erstreckt, ebenso gut aufgeschlossen. Hier überwiegen die feinkörnigen, gelbgrauen bis gelbbraunen Ablagerungen, die man von dem fluviatilen Löss, der in den Niederungen den nackten Boden der Trockenwälder und der Buschsteppe fast überall zusammensetzt, kaum unterscheiden kann. Hier, am Rio de los Alisos, erreichen sie, in dem westlichen Flügel des Gewölbes, die Schotter nicht mitgerechnet, ungefähr 3000 m Mächtigkeit.

Die ungewöhnliche Mächtigkeit der fluviatilen Ablagerungen kann man nur dann verstehen, wenn man annimmt, dass die Unterlage während der Aufschüttung beständig gesunken sei. Solche Stellen finden sich auch zwischen den pampinen Sierren. Die jüngsten Ablagerungen in den Becken, die diese Gebirgszüge von einander trennen, sind gewöhnlich noch gestört worden. Sie haben dann öfter dieselbe oder doch ungefähr dieselbe Neigung wie die verbogenen Rumpfflächen der benachbarten Sierren.

Benutzt man neben den anderen Beobachtungen auch diese Ergebnisse, so erhält man heute das folgende Bild von den tektonischen Verhältnissen der argentinischen Anden und ihrer verschiedenen Gebiete. Der Bau des hier besprochenen Andenteiles ist nicht einheitlich. Es sind zunächst einmal zwei sehr alte Stücke vorhanden. Dazu gehört die alte Masse der pampinen Sierren, die man, in verschiedenen Beziehungen, ganz gut mit Fennoskandia und dem kanadischen Schilde vergleichen kann, dann der Block der präkambrischen Gesteine in der Puna de Atacama und östlich davon. Obgleich einige allgemeine Unterschiede in diesen beiden Gebieten vorhanden sind, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dass irgend ein Zusammenhang einmal bestanden hat. Auffallend ist vor allem die Übereinstimmung im Streichen der veränderten, heftig gestörten Schiefer. Es ist im allgemeinen NW bis NNW, weicht also von der meridionalen Richtung der jungen Andenzüge sehr deutlich ab. Die Störungen dieser Teile sind sehr alt, denn die kambrischen Sandsteine des Nordens liegen diskordant, meist in einer unregelmässig welligen Decke, über den abgetragenen Falten des alten Gebirges.

Ausserdem finden sich die Reste eines Gebirges von paläozoischem Alter. Sie liegen, soweit wir heute sehen können, hauptsächlich in der Vorkordillere und in der Unterlage der mesozoischen Eruptivgesteine und Sedimente der Hauptkordillere. In der Vorkordillere lagern die unteren Schichten der pflanzenführenden Bildungen an vielen Stellen konkordant auf den älteren marinen paläozoischen Sedimenten. Zusammen mit diesen sind sie gestört worden; und über beide legen sich, mit sehr deutlicher Diskordanz, die jüngeren von den in Argentinien vorkommenden Gondwanaschichten, die nach unten vielleicht bis an die obere Grenze des Perms reichen und nach oben, wie in einem Teile der pampinen Sierren durch das gut gekennzeichnete Rhät abgeschlossen werden. In diesen Gebirgsresten stimmt das alte Streichen meist mit dem der eigentlichen Andenzüge überein.

Mit diesen alten Stücken sind die Strukturteile der Anden, die durch die tertiären Bewegungen entstanden sind, mehr oder weniger vereinigt worden. Man kann jedoch sagen, dass in den verschiedenen Gebieten eine gewisse Selbständigkeit noch zu erkennen sei. Sie ist um so grösser, je älter die Gesteine sind. In den pampinen Sierren sind Teile der alten Abtragungsfläche über den archaischen und präkambrischen (vielleicht auch paläozoischen) Gesteinen, aber daneben auch die

jungen Rumpfflächen, aufgewölbt worden; in der Sierra de Velasco und in der Sierra de la Huerta bis über 4000 m, in der Sierra de Famatina sogar bis über 5000 m Höhe. Dazwischen liegen die kontinentalen Bildungen und darüber der rote Kreidesandstein und die noch jüngeren Aufschüttungen meist in breiten und langen Mulden diskordant über den gefalteten alten Schiefeln und mit einem Aufbereitungskonglomerat über den granitischen Gesteinen.

Der hohe Gebirgsblock zwischen Tucuman und der bolivianischen Grenze enthält, östlich von der Puna de Atacama, zwischen den präkambrischen Felsarten zwei oder drei Zonen sehr starker tektonischer Bewegungen, wo die Ablagerungen der Kreide oder auch die jüngeren fluviatilen Bildungen in den Körper des Gebirges eingefaltet sind.

Die Vorkordillere ist durch die späten Bewegungen fast ganz an die Hauptkordillere angeschlossen worden. Zwischen den Erhebungen der älteren paläozoischen Gesteine liegen die mesozoischen und tertiären Bildungen entweder in langen und breiten Faltenzügen, in der Richtung der Hauptkordillere, oder sie liegen, wie es bei den mesozoischen Gesteinen der westlichen Zone oft der Fall ist, in flach gewölbten Decken darüber. Die Vorkordillere kann man nicht scharf von der Hauptkordillere trennen.

Während nun bei den alten Gebirgstheilen eine genauere Untersuchung der tektonischen Verhältnisse heute nicht mehr oder noch nicht möglich ist, kann man an den Wirkungen der jungen Bewegungen deutlich sehen, dass sie sich mit Ruhepausen, hauptsächlich in zwei Phasen, häufig wiederholt haben. Dabei hat sich als ziemlich allgemein ergeben, dass die starke Faltung, die vor allem in dem Gebiete der marinen mesozoischen Sedimente ununterbrochen über grosse Strecken reicht, in der Tiefe vor sich gegangen ist, dass aber durch die Bewegungen der zweiten Phase hauptsächlich die alten Gebirgsstücke an diese Falten enger angeschlossen worden sind, und dass das Gebirge als solches erst entstanden ist.

Man trifft hierfür entscheidende Beispiele in den verschiedenen Theilen des Gebirges. Eines der besten darunter findet sich südlich vom Aconcagua, auf beiden Seiten des Rio de las Cuevas. Hier liegen die Ablagerungen des oberen Jura und der unteren Kreide und die damit verbundenen Quarzporphyre, mit westlichem Fallen, diskordant über den paläozoischen Bildungen. Über die gestörten mesozoischen Ablagerungen breitet sich, ungefähr in 3000 m Höhe, eine alte ausgedehnte Rumpffläche

aus, die noch in grossen Stücken erhalten ist. Auf dieser Rumpffläche liegt eine rund 1800 m mächtige, geschichtete Masse fast gar nicht gestörter grober fluviatiler Aufschüttungen. Sie ist am Cerro Santa Maria (SO vom Aconcagua) in einem Querschnitt aufgeschlossen, der ungefähr 10 km lang ist. Auf dieses, fast noch horizontal liegende Schichtenpaquet sind nun dieselben Bildungen, die seine Unterlage zusammensetzen, nämlich oberer Jura und untere Kreide, von Westen her aufgeschoben worden. Hier verraten sich die Bewegungen der ersten Phase in der Störung der Unterlage, die der zweiten in der Überschiebung. In diesem Falle ist die Bestimmung des Eintrittes, oder vielleicht besser gesagt, des Abstandes der Bewegungen nicht genau zu ermitteln. Nach den gesamten Beobachtungen in der weiteren Umgebung handelt es sich wahrscheinlich um den Zeitabschnitt zwischen dem mittleren und dem jüngeren Tertiär. In diesem Zeitraum sind die grossen Rumpfflächen entstanden, zweifellos in einer viel tieferen Lage. Sie sind, weiter im Osten, in Höhen zwischen 3000 und 5000 m, noch viel besser erhalten und dabei Teile der heutigen Oberfläche des Gebirges.

Nun kann man aber an anderen Stellen der argentinischen Anden erkennen, dass die Bewegungen der zweiten Phase tatsächlich in der Zeit des jüngeren Tertiärs vor sich gegangen sind; oder dass sie doch jedenfalls noch in dieser Zeit, bis an die Grenze des Quartärs, ihre volle Wirkung gehabt haben.

In den nördlichen Gebirgszügen kann man die alten, hoch gelegenen Rumpfflächen von den Randerhebungen am Chaco und von Bolivien her in mehr oder weniger grossen zusammengehörenden Stücken bis in die Nähe der Puna de Atacama verfolgen. Sie sind auch noch in der Umgebung der grossen Längstäler meist gut zu erkennen. Unter den alten Rumpfflächen liegt nun, auf der östlichen Seite der hohen Sierra de Zenta, zwischen dem grossen Längstal von Humahuaca und dem Rande des Gebirges, ein Streifen von Schuppen, der aus den präkambrischen Phylliten und Grauwacken, den kambrischen und untersilurischen Sedimenten und dem roten Sandstein der Kreide zusammengesetzt ist. Diese Struktur ist durch die Bewegungen der ersten Phase entstanden. In dem Längstal von Humahuaca sind die jungen fluviatilen Bildungen in grosser Mächtigkeit abgelagert. Der rote Sandstein ist, von den Talseiten her, auf einen Teil dieser Aufschüttungen geschoben worden. Dies sieht man noch besser in dem nächsten, im Westen folgenden Längstal der Quebrada del Toro. Die gesamten Aufschüttungen sind

hier 4000—5000 m mächtig. Man kann hier leicht drei Gruppen unterscheiden. Zu der unteren Gruppe gehört der grösste Teil der Bildungen. Es sind meist grobe Ablagerungen mit gerundeten Geröllen. Sie haben eine lichte braunrote Färbung. Die mittlere Gruppe besteht aus zwei Abteilungen. In der unteren herrschen Agglomerate und Tuffe von andesitischen Gesteinen vor. Die obere Abteilung ist aus dem Schutt der Schuttkegel, namentlich aber aus Flussgeröllen und aus Bänken der feinkörnigen, lössähnlichen Bildungen zusammengesetzt. Es gibt gute Gründe für die Annahme, dass diese Bildungen zum Teil schon quartär sind. Die obere Gruppe umfasst alle Bildungen, die zweifellos dieses Alter haben und durch die besonderen Vorgänge bei den Klimaschwankungen in grosser Menge angehäuft worden sind. Sie sind zusammengesetzt wie die Bildungen in der oberen Abteilung der mittleren Gruppe. Sie sind diesen Bildungen in den Einschnitten angelagert, sie liegen also gleichsam diskordant dazu; denn sie sind im allgemeinen nicht gestört worden, oder nur sehr wenig. Ausserdem muss man zu dieser Gruppe allen Schutt und allen Schotter rechnen, der nach der letzten Klimaschwankung abgelagert oder umgelagert worden ist. Auch diese Bildungen enthalten viele Tuffbänke, die hier aber meist von basaltischen Gesteinen stammen. Die Bildungen der ersten Gruppe halten sich nicht streng an die Talfurche. Sie sind darin zwar besonders entwickelt, oder auch nur aufgeschlossen; sie verlassen sie aber auch, indem sie ein Teil in dem Baue des geschlossenen Gebirges werden. Die Bildungen der mittleren Gruppe sind deutlicher mit der Talfurche verknüpft. Die der oberen Gruppe liegen natürlich ganz darin. Diese Unterschiede sind, bis zu einem gewissen Grade, das unmittelbare Zeugnis für die Dauer und die Zahl der Bewegungen, denen die Ablagerungen in den verschiedenen Gruppen, entsprechend ihrem grösseren oder geringeren Alter, ausgesetzt gewesen sind.

Es ist nun bemerkenswert, dass sehr starke tektonische Bewegungen noch an der oberen Grenze der mittleren Gruppe vor sich gegangen sind.

Auf die Bänke der Flussgerölle und der feinkörnigen, lössähnlichen Bildungen sind die präkambrischen Phyllite und Grauwacken oder die kambrischen Sandsteine oder die roten Kreidesandsteine, oder mehrere von diesen Felsarten zusammen, von Osten und von Westen her, auf den beiden Talseiten überschoben worden. Auf der linken Talseite ist

die Überschiebung an einigen Stellen in den Trockenbetten 400--500 m weit quer zum Streichen aufgeschlossen. Hier liegen Schollen der kambrischen Sandsteine, eingewickelt in gelbe und rote gypsführende Kreidemergel, auf den wenig gestörten Bänken der Flussgerölle und der löss-ähnlichen Bildungen. Dies sind die Wirkungen der Bewegungen der zweiten Phase, die hier aber, wie auch an manchen anderen Stellen der argentinischen Anden, noch bis in eine spätere Zeit gedauert haben. Denn auf der rechten Talseite liegt der Kreidesandstein auf einem Schuttkegel der oberen Gruppe.

Im allgemeinen sind allerdings die grossen, wirklich tektonischen Bewegungen schon vor der Zeit der Klimaschwankungen, oder doch in deren Anfang, erloschen.

Die Erscheinung der alten Vereisungen hat für das trockene Gebiet des Gebirges nur eine verhältnismässig geringe Bedeutung gehabt. Man erkennt aber die Spuren der Klimaschwankungen die sich in Verschiebungen der klimatischen Höhengürtel und der damit verbundenen verschiedenen morphologischen Zonen geäussert haben, an der grossen Anhäufung von Schuttmassen und Schottern (der oberen Gruppe) in den mittleren Abschnitten der Täler. Sehr gute Beispiele dafür finden sich namentlich in den tiefen und engen Tälern, in denen, unmittelbar nördlich vom Wendekreise, die Quellflüsse des Rio Bermejo entspringen. Hier sind diese Aufschüttungen bis 800 m mächtig.

Ein wiederholter Wechsel von Aufschüttung und Erosion ist hier sehr deutlich zu erkennen; und es fragt sich nun, wie weit er den Zeiten grösserer und geringerer Wassermengen entspricht, oder ob hier auch wiederholte Verlagerungen des unteren Denudationsniveaus mitgewirkt haben. Dass diese tatsächlich vor sich gegangen sind, ergibt sich aus Beobachtungen an den Stellen des Gebirges, wo die Verhältnisse eindeutig sind. Die Felsterrassen in den Quertälern der mittleren pampinen Sierren, die, zusammen mit den steilen felsigen Seitenwänden, den Querschnitt der alpinen Trogtäler nur viel schärfer wiederholen, bieten dazu die beste Gelegenheit. Sie liegen in verschiedenen Höhen hinter einander und sie streichen, auch in der Tiefe, über den gestörten jungen fluviatilen Aufschüttungen vor den Mündungen der Täler frei in die Luft aus. Es ist jedoch die Erscheinung der Klimaschwankungen zu allgemein und in den Einzelheiten zu verwickelt und die Ähnlichkeit der entscheidenden Merkmale zu gross, als dass hierüber schon heute ein sicheres Urteil möglich wäre.

In diesem kurzen Berichte ist hauptsächlich enthalten, was durch die geologische Landesuntersuchung in den letzten 5 Jahren an Ergebnissen gewonnen worden ist. Es sind die Unterscheidung der geologisch verschiedenen Gebiete, die genauere Untersuchung der tektonischen Vorgänge in dem letzten Abschnitt der Geschichte des Gebirges und die planmässige Untersuchung der mächtigen fluviatilen Aufschüttungen und der morphologischen Verhältnisse. Hier handelt es sich nicht nur um die Beantwortung von Fragen, die eine allgemeine theoretische, sondern auch zugleich eine hervorragende praktische Bedeutung haben. Diese Aufschüttungen setzen in den Niederungen des trockenen Westens, die fast überall einen sehr fruchtbaren Boden haben, wo die künstliche Bewässerung möglich ist, beinahe immer den Untergrund zusammen. Die Aufsuchung und die Aufschliessung des Wassers, das sich unterirdisch bewegt, die Untersuchung der Stellen, wo der Bau von Talsperren und anderen Irrigationsarbeiten geplant wird, bilden den wesentlichen Teil der praktischen Aufgaben der Landesuntersuchung. Es ist kaum nötig zu erwähnen, dass hierzu auch die Untersuchung der Lagerstätten gehört. Besonders wichtig ist hier das Erdöl, das im Norden in den roten Kreidebildungen, dann in der unteren Kreide des südlichen Mendoza und von Neuquen, aber auch aus den rhätischen Ablagerungen der Vorkordillere, bei Cachenta, zu Tage tritt. Im Norden und im Süden finden sich die Quellen in langen Zonen. Die Bohrungen von Comodore RIVADAVIA zeigen, dass das Erdöl auch in dem patagonischen Tafellande vorkommt.

Es wird hoffentlich möglich sein, den reichen Stoff, der heute schon gesammelt ist, in kurzem in der entsprechenden Form und mit Karten, ohne Unterbrechungen zu veröffentlichen.
