

ÜBER DAS ALTER, DIE VERBREITUNG UND DIE GEGENSEITIGEN BEZIEHUNGEN DER VER- SCHIEDENEN TEKTONISCHEN STRUK- TUREN IN DEN ARGENTINISCHEN GEBIRGEN.

VON

H. KEIDEL,

Chef der División Geología d. Dirección General de Minas, Geología é Hidrología,
Buenos Aires.

Die argentinischen Anden werden im allgemeinen noch heute in allen ihren Teilen als ein junges Störungsgebiet betrachtet, wie der ganze Gebirgswall, von dem sie ein Stück sind. Bis vor kurzem hat man die langen Ketten, die in Südamerika die Küste des pazifischen Ozeans begleiten, für Glieder eines verhältnismässig einförmig zusammengesetzten und einfach gebauten Erdstreifens gehalten. Man hat zwar erkannt, dass sie vor den anderen hohen Gebirgen, die sich in dem letzten grossen Zyklus von orogenetischen Bewegungen gebildet haben, in mehrfacher Beziehung ausgezeichnet sind, und es ist schon früh ausgesprochen worden, dass sich hier auch alte Strukturteile finden. Es ist aber noch nicht gezeigt worden, dass diese alten Stücke zu den letzten, starken Bewegungen ähnliche Beziehungen haben, wie, zum Beispiel, in Asien und Europa die Reste alter Faltungen zu den Alpiden. Ein Teil dieser Beziehungen kann schon heute räumlich und zeitlich begrenzt werden. Ich will versuchen, es hier in den wichtigsten Umrissen zu tun.

Ein Blick auf die Verteilung der Gebirge in dem südlichsten Teile des amerikanischen Kontinentes zeigt, dass sich der östliche Saum des breiten und geschlossenen Andenzuges auf argentinischem Boden in mehrere Erhebungen auflöst. Zum Teil sind es abzweigende Äste, zum Teil abgetrennte Gebirgszüge, die zerstreut aus den Niederungen abflussloser Becken oder aus der Pampa aufragen. Diese Erhebungen finden wir besonders in dem mittleren Abschnitt des Landes, ungefähr von der Breite von Tucuman bis zum Rio Colorado im Süden, und weit entfernt davon und scheinbar ausser allem Zusammenhange mit den Anden, im Litoral der Provinz Buenos Aires, dicht an der atlantischen Küste. Alle diese Gebirgszüge können wir unter der Bezeichnung *pampine Sierren* zusammenfassen.

Wir kommen hier, gleich im Anfang, zu einer alten Frage, die bisher verschieden beantwortet worden ist. Gehören die pampinen Sierren zu den Anden oder sind es selbständige Gebirge von höherem Alter?

Auf d'ORBIGNYS Karte von Südamerika aus dem Jahre 1842,¹ erscheinen sie als Glieder alter Gebirgssysteme, deren Streichen von dem der Hauptandenzüge bemerkbar abweicht. STELZNER, der durch seine grosse Arbeit² sehr viel zur Kenntnis der geologischen Verhältnisse von Argentinien beigetragen hat, vernachlässigt den Gebirgsbau, ganz im Gegensatz zu der Gründlichkeit seiner stratigraphischen Betrachtungen; man kann jedoch seiner Darstellung entnehmen, dass er alle Erhebungen in Argentinien zu dem jungen Störungsgebiet der Anden rechnet. Auch die entferntesten Gebirgszüge, die von Buenos Aires, hält er für wiederauftauchende Stücke der pampinen Sierren in dem mittleren Teile des Landes. Diese Meinung hat im wesentlichen auch SUESS vertreten³ und sie schärfer gefasst, indem er sagte, dass es Äste der Anden seien, die in Virgation von den Hauptstämme nach Südosten abzweigen. Noch in dem letzten Bande seines Werkes *Das Antlitz der Erde* fasst er alle die Strukturteile, die wir hier im Auge haben, unter dem Begriff des andinen Baues, als einer Einheit höherer Ordnung, zusammen. Auf seiner Weltkarte der grossen tektonischen Gebiete wird der andine Bau gegen den südlichsten Teil des Kontinentes rasch breiter; seine nördliche Grenze läuft auf der rechten Seite der Mündung des La-Plata beinahe senkrecht auf die Küste des Atlantik ans. Ich will aber gleich hier bemerken, dass alle Beobachter, die die Sierren von Buenos Aires aus eigener Anschauung kennen, sie in bemerkenswerter Übereinstimmung für Reste alter selbständiger Gebirge halten.

Ich habe die Frage nach der Zahl, dem Alter und der Verbreitung der verschiedenen alten Strukturteile, die man in Argentinien vor wenigen Jahren unterscheiden konnte, schon einmal in einem Vortrage auf der Stockholmer Sitzung des Kongresses kurz berührt.⁴ Ich habe dabei hauptsächlich die neuen Ergebnisse der staatlichen geologischen Untersuchungen benutzt. Inzwischen habe ich meine eigenen Erfahrungen erweitert und ich kann heute, unterstützt durch einige wichtige Entdeckungen, ein Bild entwerfen, das vollständiger und in einigen Teilen auch richtiger ist als es damals möglich war. Dabei werden wir zu Ergebnissen kommen, die uns über die Grenzen Argentinien hinausführen.

Der scheinbar grösste Unterschied der Anden gegenüber den Hochgebirgen des tertiären Zyklus ist das ausserordentliche Mass, in dem alte Gesteine östlich von der Hauptkordillere, nämlich das „Vorland,“ von einem Teile der tertiären Bewegungen ergriffen worden sind. Einige von den Gebirgszügen, die unzweifelhaft zu der Gruppe der pampinen Sierren gehören, wie der Pié de Palo in der Provinz San Juan und die Sierra de Velasco in La Rioja, erreichen Meereshöhen von 3 000 und 4 000 m. SUESS meint daher, dass diese Erscheinung, in ihrer Grösse, ohne Beispiel sei, und er fasst alle diese Teile, die der tertiären Faltung angegliedert worden sind und die Schichtenfolge der brasilischen Masse zeigen, unter der Bezeichnung

¹ *Voyage dans l'Amérique méridionale, etc.*, Teil III.

² *Beiträge zur Geologie u. Palaeontologie d. Arg. Republik*, 1885.

³ *Das Antlitz der Erde*, Bd. I, III, 2, 547.

⁴ *Compte rendu XIe Congr. Géol. Intern.*, fasc. 2.

Präco
Falte
einer
der p
trägt.
entsp
die h
Präco
zerfall
der an
der ab
Hochl
In
leren
pholog
1.
marin
2.
und M
ausgez
Silurs
schicht
3.
Teile
aus sta
und
4.
Ketten
meute
und des
Zu
nun die
sehen St
Wir
und Un
Diskord
Basis de
Basis de
Danuda
Teile der
-schichten
dillere v
auch nrs

¹ Das
² In A
Zuschichten
43

Præcordilleras zusammen.¹ Ihnen steht in deutlicher Abgrenzung das Faltengebiet der andinen mesozoischen Geosynklinale gegenüber, das auf einer langen Strecke, nämlich von der Puna de Atacama im Norden bis zu der patagonischen Kordillere im Süden, die interozeanische Wasserscheide trägt. So scheinen, in der Tat, der altbekannten Einteilung der Anden entsprechend, auch in Argentinien zwei Hauptzüge vorhanden zu sein; die lange und einheitliche Hauptkordillere im Westen und die kürzeren Präkordilleras im Osten, die in mehrere Züge und in vereinzelte Erhebungen zerfallen. Zwischen diesen beiden Teilen liegt im nördlichsten Abschnitt der argentinischen und chilenischen Anden der erst wenig untersuchte Block der abflusslosen Puna de Atacama, der das südliche Ende des bolivianischen Hochlandes, der Altiplanicie, ist.

In meinem Vortrage auf der Stockholmer Sitzung habe ich in den mittleren und nördlichen argentinischen Anden, aus stratigraphischen und morphologischen Gründen, vier Hauptgebiete unterschieden, nämlich:

1. Die *Hauptkordillere*, die zusammengesetzt ist aus mesozoischen marinen Sedimenten und grossen Massen gleichaltriger Effusivgesteine;
2. Das Gebiet der sogenannten *Vorkordillere* in den Provinzen San Juan und Mendoza, das sich unmittelbar an die Hauptkordillere anschliesst und ausgezeichnet ist durch das Überwiegen mariner Ablagerungen des unteren Silurs und Devons und die grosse Verbreitung der kontinentalen Gondwanaschichten² vom oberen Paläozoikum bis zum Rhät;
3. Das Gebiet der eigentlichen pampinen Sierren in dem mittleren Teile des argentinischen Andensammes, hauptsächlich zusammengesetzt aus stark kristallinen präkambrischen Gesteinen und Gondwanaschichten; und
4. Das Gebiet der Puna de Atacama und der östlich davon liegenden Ketten, gekennzeichnet durch verhältnismässig wenig veränderte Sedimente des Präkambriums und marine Ablagerungen des oberen Kambriums und des unteren Silurs.

Zu den stratigraphischen und morphologischen Gründen wollen wir nun die Merkmale fügen, die sich aus der Betrachtung der älteren tektonischen Strukturen ergeben.

Wir haben in den argentinischen Gebirgen als Mittel zur Erkennung und Unterscheidung der verschiedenen, alten Störungsgebiete vier wichtige Diskordanzen, nämlich: (1) eine sehr alte Diskordanz im Norden, an der Basis der oberkambrischen Litoralbildungen; (2) die nächst jüngere an der Basis der älteren Gondwanaschichten, mit Floren der Karharbari oder der Damudastufe, in der Nähe der Anden, nämlich in dem mittleren und östlichen Teile der pampinen Sierren; (3) eine Diskordanz unter jüngeren Gondwanaschichten, die triadische Ablagerungen und Rhät umfassen, in der Vorkordillere von San Juan und Mendoza; und schliesslich (4) die, wie es scheint, auch ursprünglich am weitesten verbreitete Diskordanz an der Basis der

¹ *Das Antlitz der Erde*, III, 2, 535.

² In Argentinien werden diese Ablagerungen, nach BODENBENDERS Vorschlag, Pagaozschichten genannt.

mesozoischen Schichtenfolge in der Hauptkordillere. Die Verbreitung dieser Diskordanzen fällt mehr oder weniger mit den vier Hauptgebieten zusammen, die wir unterschieden haben.

Im Norden, in den Gebirgszügen der Provinzen Salta und Jujuy, hat die älteste Diskordanz, entsprechend der weit vorgeschrittenen Abtragung der paläozoischen Schichten, die geringste Ausdehnung. Hier sehen wir ausgeprägte Faltung der im Ganzen wenig veränderten präkambrischen Bildungen, die stellenweise bis zur beginnenden Mylonitisierung der eingeschlossenen granitischen Gesteine geführt hat, dann starke Einbeugung der gestörten Schichtenfolge vor der Transgression des Oberkambriums.

In dem nördlichen und südlichen Teile der pampinen Sierras schien der Zeitraum, der zwischen der Abtragung der Basis und der Ausbreitung der unteren Gondwanaschichten verflossen ist, noch vor kurzem als sehr gross; weil man nämlich die kristallinen Gesteine der Unterlage im allgemeinen als archaische Bildungen oder doch als Glieder der tieferen Teile des Präkambriums betrachtet hat. Wir wissen aber heute, dass auch hier marine Schichten des unteren Paläozoikums, namentlich die bekannten weit verbreiteten kristallinen Kalksteine der Sierra von Córdoba, in grossem Masse an der Zusammensetzung der Unterlage beteiligt sind, und dass sie zum Teil in die noch älteren Bildungen eingefaltet worden sind. Hier kann also der Diskordanz der Zeitraum vom unteren Paläozoikum bis zum Permokarbon oder Perm entsprechen.

In der Vorkordillere von San Juan und Mendoza bietet sich die Möglichkeit einer genaueren zeitlichen Bestimmung. Die unteren Gondwanaschichten sind hier nämlich zusammen mit den silurischen und devonischen marinen Bildungen gestört worden. Hier bezeichnet die Diskordanz den Zeitraum vom Perm bis in die Trias.

In der Hauptkordillere, dem Gebiet der gefalteten mesozoischen Bildungen, haben die Transgressionen, soweit wir heute sehen, von Westen her, mit dem unteren Lias begonnen und ihren östlichen Saum im mittleren oder oberen Lias erreicht. Die Unterlage ist hier, wie in der Vorkordillere von San Juan und Mendoza, aus silurischen und devonischen Schichten zusammengesetzt, zum Teil vielleicht aber auch aus präkambrischen Gesteinen.

So können wir, nach diesem Überblick, vier verschiedene tektonische Strukturen unterscheiden; (1) die präkambrische Faltung in dem nördlichen Teile der argentinischen Anden; (2) die Faltungen in dem mittleren und östlichen Teile der pampinen Sierras, aus der Zeit des älteren bis mittleren Paläozoikums; (3) das Gebiet der jungpaläozoischen Bewegungen in der Vorkordillere von San Juan und Mendoza; und (4) den langgestreckten Faltenstreifen der mesozoischen Sedimente in der Hauptkordillere, entstanden durch die faltenden Bewegungen des Tertiärs.

Von diesen Störungsgebieten kennen wir das jüngste, die Hauptkordillere natürlich am besten. Wir sehen es noch heute als eine grosse, gut begrenzte Einheit. Erst im östlichen Neuquen, wo alle pampinen Sierras verschwunden sind, das Gebiet der patagonischen Mesetas und Terrassen beginnt und

ein 7
die
grenz
schlo
leras
zu v
gehen
gross
unter
der P
der ö
auf c
wolle
trich
I
Zügel
Land
in A
Struk
ungen
I
Die S
en m
meng
Diese
nische
sehr s
P
Zuges
Zumal
sollte
und h
die ha
HAUT
in der
Arthro
ähnlic
voraus
sein.
S
angen
ist, wo
auch c

1 R
Petern
2 S

ein Teil der mesozoischen Sedimente nach Südosten hinausgreift, verklängt die Faltung ganz allmählich. An allen anderen Stellen ist aber ihre Begrenzung gegen die älteren Strukturteile ziemlich deutlich. Dieser Geschlossenheit gegenüber zeigt schon das orographische Bild der Präkordilleras eine grosse Zerstückelung. Zu der Schwierigkeit, die alten Störungen zu verfolgen und ihren Zusammenhang zu erkennen, die sich aus der weitgehenden Abtragung ergibt, gesellt sich der ungünstige Umstand, dass sehr grosse Teile in den abflusslosen Becken und auch an vielen Stellen der Pampa unter einer sehr mächtigen Decke von jüngeren Ablagerungen liegen und so der Beobachtung für immer entzogen sind. Aber durch die Untersuchung der östlichsten Gebirgszüge, der Sierren von Buenos Aires, ist vor kurzem auf den Zusammenhang der Dinge ein unerwartetes Licht geworfen. Wir wollen deshalb ganz kurz zunächst die Verhältnisse dieser Gebirgszüge betrachten und dann versuchen, von hier aus weiterzugehen.

Die Sierren von Buenos Aires, die sich in zwei ungefähr parallelen Zügen von der atlantischen Küste nach Nordwesten weit in das Innere des Landes erstrecken, gehören mit zu den am meisten untersuchten Gebirgen in Argentinien. Über das Alter ihrer Gesteine und ihrer tektonischen Struktur und ihr Alter als Gebirge waren die Ergebnisse der Untersuchungen aber kaum über Vermutungen hinausgekommen.

Es hatten sich, im wesentlichen, drei allgemeine Tatsachen ergeben. Die Sierren von Buenos Aires sind hauptsächlich aus kristallinen Gesteinen und aus einer Folge von Quarziten, Schiefen und Konglomerat zusammengesetzt, in der an einigen Stellen auch Kalk und Dolomit vorkommen. Diese Schichtenfolge liegt diskordant über der tief abgetragenen kristallinen Unterlage und hat paläozoisches Alter. Sie ist im südlichen Zuge sehr stark, im nördlichen dagegen wenig gestört worden.

Für unsere Zwecke sind namentlich die Verhältnisse des südlichen Zuges wichtig. HAUTHAL¹ hat hier einfache Aufrichtung angenommen, mit Zunahme einer sekundären Faltung gegen Südwesten. Die älteste Bildung sollte ein weit verbreitetes Konglomerat sein, darüber sollten Schiefer liegen und hierüber endlich, an dem südwestlichen Saume des Zuges, Quarzite, die hauptsächlich von der Faltung getroffen wurden. Diese Quarzite hat HAUTHAL mit den ähnlichen Bildungen des nördlichen Zuges verglichen, in denen er bei Balearce ein organisches Gebilde gefunden hat, das dem *Arthropycus Harlani*, Hall, aus dem untersibirischen Medinasandstein sehr ähnlich ist. Danach mussten, die Richtigkeit der vermuteten Beziehungen vorausgesetzt, die Ablagerungen des südlichen Zuges unterstes Paläozoikum sein.

SCHILLER² hat indessen schon gezeigt, dass wenigstens die von HAUTHAL angenommene Altersfolge nicht besteht, sondern, dass sie gerade umgekehrt ist, weil sich nämlich in dem Konglomerat sowohl Gerölle des Quarzits als auch der Schiefer finden. Es war also die Möglichkeit gegeben, wenigstens

¹ Rev. Museo La Plata, 1892; Publicaciones de la Univers. de La Plata, No. 1, 1901; Petern. Mitt., 1904.

² Sitz.-Ber. k. k. Akad. Wiss., Wien, 1907.

einen Teil der Schichtenfolge als Ablagerungen des mittleren Paläozoikums zu erweisen.

Unter dieser Voraussetzung gelang es mir bei der genauen Aufnahme eines Stückes der nordöstlichen Abdachung der Sierra de la Ventana, im Anfang des Jahres 1910, Fossilien zu finden, die zwar nicht genauer bestimmbar waren, sich aber als unzweifelhafte Reste von Brachiopoden und Zweischalern erwiesen. Hierzu kam ein neuer Fund, den Dr. BEDER und Dr. COLLET im folgenden Jahre machten. Auch hier waren es Brachiopoden, darunter der Rest eines Spirifer. Da mir die Schiefer der Sierra de la Ventana, die zum Teil in Sandstein übergehen oder die Beschaffenheit von Grauwacken annehmen, den devonischen Bildungen in der Vorkordillere von San Juan sehr ähnlich schienen, so lag es nahe, auch in ihnen devonische Sedimente zu vermuten und zwar die Ablagerungen jener weit ausgebreiteten Transgression des unteren Devons, deren Spuren wir heute an weit von einander entfernten Stellen der südlichen Halbkugel finden. Die Faunen dieser Transgression, die ihren Höhepunkt sehr wahrscheinlich in der Zeit der Oriskanystufe erreicht hat, zeigen in Südafrika, auf den Falklandsinseln, in den mittleren Anden Argentiniens, in den bolivianischen Anden und an den brasilianischen Fundpunkten eine ausserordentliche Übereinstimmung. An mehreren Stellen liegen die fossilführenden Schichten zwischen Sandsteinen von erheblicher Mächtigkeit; ganz besonders deutlich in Südafrika und in Bolivien. Es war also möglich, hier einen grossen Sedimentationszyklus voranzusetzen. Dann konnte der Quarzit der Sierra de la Ventana eine homotaxe Bildung des unteren oder oberen Sandsteines von Südafrika und Bolivien sein. Es war nur ein Schritt weiter, in dem merkwürdigen Konglomerat des südlichen Zuges, auf beiden Seiten des Rio Sauce Grande und in der Sierra de Pillahuineó, das ununterbrochen eine wenigstens 800 qkm grosse Fläche bedeckt, ein Äquivalent des Dwykakonglomerates und des von HALLE¹ entdeckten und beschriebenen glazialen Konglomerates der Falklandsinseln zu vermuten. Eine kurze Reise im vorigen Jahre brachte die Bestätigung durch die Auffindung gekritzter Scheuersteine. Man trifft sie in grosser Zahl, sowohl an den Gehängen der Berge als auch besonders in den Einschnitten der Südbahn nördlich von der Station Sauce Grande. Diese Scheuersteine zeigen alle wesentlichen Merkmale der gekritzten Geschiebe aus den präkambrischen und paläozoischen Blockablagerungen, die heute allgemein für glaziale und umgelagerte glaziale Anhäufungen gehalten werden. Auch das Gestein, das ich hier nicht näher beschreiben kann, stimmt mit dem Dwykakonglomerat von Südafrika überein. Es ist in der Hauptmasse ungeschichtet und enthält Einlagerungen von gebänderten Sedimenten. Es ist im allgemeinen aber so verändert worden, dass es kristallinischen Habitus hat. Ein grosser Teil seiner Gerölle stammt, wie schon SCHILLER bemerkt hat, aus der Quarzitfolge und den Schiefer der Sierra de la Ventana. Sehr häufig sind auch Geschiebe von Eruptivgesteinen: von Gneissgranit, basischen Effusivgesteinen, Porphyrit und

¹ Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, 1911.

Porphyr, deren Anstehendes unbekannt ist. Ausserdem finden sich grüne und rote Schiefer, Dolomit und korallenführender Kalkstein.

Dies Konglomerat wird freilich nicht von jüngeren Sedimenten, wie in Südafrika und auf den Falklandsinseln, überlagert. Es ist aber unzweifelhaft jünger als die vermutlich devonischen Schiefer in der Sierra de la Ventana und, da es, nach seiner Beschaffenheit, als eine alte Bildung betrachtet werden kann und gefaltet worden ist, wie das Dwykukonglomerat in den Kapgebirgen, so vertritt es sehr wahrscheinlich die jungpaläozoischen Moränen, die in Südafrika, in Indien und Australien so weit verbreitet sind.

Ausser den bisher erwähnten Ablagerungen kommt in dem südlichen Zuge noch eine Gruppe von Sedimenten vor, die bisher nur von einigen Beobachtern flüchtig erwähnt, in ihrer Gesamtheit aber noch nicht untersucht worden sind. Es sind grüngraue, zum Teil fleckige Quarzite, dunkle, grüne und rote Tonschiefer, Dolomit und Kalk, die mit einander wechselagern. Sie setzen den nordöstlichen Saum des südlichen Zuges zusammen und scheinen hier, an dem äussersten Rande, nach einer alten Beobachtung von DARWIN auf kristallinen Gesteinen zu ruhen. Von ihnen stammt ein Teil der Quarzite, die grünen und roten Schiefer, der Dolomit und sehr wahrscheinlich auch der korallenführende Kalkstein unter den Geröllen des Konglomerates. Obgleich Fossilien noch nicht gefunden worden sind, kann man sie doch am besten mit den untersilurischen Schichten des nördlichen Zuges vergleichen, denen sie in ihrer gesamten Beschaffenheit am meisten ähnlich sind. Hierzu kommt der Umstand, dass in Argentinien nur die Ablagerungen des Untersilurs nennenswerte oder grosse Mengen von Kalk und Dolomit enthalten und beinahe ebensoweit verbreitet sind, wie die Ablagerungen der unterdevonischen Transgression.

Auch das tektonische Bild hat sich, wenigstens im südlichen Zug, durch die letzten Untersuchungen sehr geändert. An Stelle einer einfachen Anfruchtung, wie sie HAUTHAL angenommen, oder einer grossen, nach Norden überkippten Mulde, die SCHILLER vermutet hat, sehen wir auf beiden Seiten der Mittellinie des Zuges entgegengesetzte Neigung der Falten. In dem südwestlichen Flügel ist sie ganz ausgeprägt südwestlich, in dem nordöstlichen Flügel aber nordöstlich. Die Falten sind also gegen den Mittelraum des Zuges geneigt, und diesen Raum nimmt das glaziale Konglomerat in einem langen, nordwestlich streichenden Streifen ein. Seine Unterlage ist bisher nirgends aufgefunden worden. Seine unendlich begrenzten Bänke sind schwach und in weitem Wurf gefaltet. Nach aussen über nimmt die Faltung bis an die Ränder der Sierras beständig und erheblich zu. An seinen Grenzen taucht das Konglomerat unter die älteren Bildungen hinab; im Südwesten unter die Schiefer der Sierra de la Ventana, im Nordosten aber unter die Schichtenfolge im nördlichen Teile der Sierra de Pillaiuincó, die vermutlich untersilurisches Alter hat.

Untersucht man die Verhältnisse an den Grenzen der verschiedenen Sedimente genauer, so ergibt sich, nach Berücksichtigung aller bisher bekannten Tatsachen, dass die Lagerung der Schiefer und des Quarzites in dem südwestlichen Flügel invers ist. Die Schiefer tauchen unter die Quarzite

hinab, und diese vertreten, als die älteste Bildung, sehr wahrscheinlich den unteren Sandstein der grossen Transgression. Sie entsprechen, wenn dies richtig ist, dem Tafelbergsandstein, der in den Kappgebirgen die fossilführenden Bokkeveldschichten unterlagert. Die Verhältnisse an der Grenze zwischen Schieferu und glazialen Konglomerat sind nicht ganz klargestellt. Es scheinen hier Streifen des Konglomerates in die Schiefer eingefaltet zu sein und der obere Sandstein zu fehlen. Vielleicht ist er aber auch in einem Teile der Schiefer vertreten, als eine tonige Fazies. Die Beantwortung dieser Frage muss die Zukunft bringen.

Ich will noch erwähnen, dass im südwestlichen Flügel das allgemein nordwestliche Streichen der Falten gegen Westen, im nordöstlichen Flügel aber gegen Osten zurückbleibt, und dass die Scheitel der dadurch entstandenen leicht gekrümmten Bogen sich nicht gegenüberliegen, sondern etwas gegeneinander verschoben sind. Es gibt auch Anzeichen dafür, dass die Faltung, die ja besonders in die Augen springt, noch nicht den höchsten Grad der Bewegungen anzeigt. Es scheinen auch Überschiebungen von grösserem Ausmass vorhanden zu sein, deren Hauptrichtung nordöstlich war.

Fassen wir zusammen: in den Sierron der Provinz Buenos Aires, besonders in dem südlichen Zuge, finden wir eine Schichtenfolge, die der in den Kappgebirgen Südafrikas sehr ähnlich ist. Grosse Übereinstimmung scheint wenigstens bei drei Gliedern vorhanden zu sein: bei dem unteren Sandstein der unterdevonischen Transgression, den fossilführenden Schieferu, die den Höhepunkt ihrer Ausbreitung bezeichnen, und bei einem jüngeren, sehr kennzeichnenden Gebilde, dem glazialen Konglomerat des oberen Paläozoikums. Die unter-silurischen Schichten entsprechen vielleicht einem Teile jener Quarzite, Schiefer und Dolomite, die in Südafrika zwischen der kristallinischen Unterlage (Malmsbury series) und den paläozoischen Kapschichten liegen. Der obere Sandstein der Kappgebirge, der Wittebergsandstein, scheint freilich zu fehlen. Sowohl die Sedimente der devonischen Transgression als auch das glaziale Konglomerat sind, wie in den Kappgebirgen, stark gefaltet; und die Bewegung ist hier wie dort in der Hauptsache gegen Norden gerichtet.

In den Sierron ist, als die jüngste Bildung, das glaziale Konglomerat gefaltet worden; in den Kappgebirgen zeigen die Psephschichten an der Basis der Gondwanaserie (Karrooschichten) noch Spuren der Bewegungen. Jedenfalls sind aber die Dislokationen in den Sierron von Buenos Aires nicht älter als in dem äquatorial verlaufenden Teile der Randgebirge von Südafrika. Es wäre freilich möglich, dass sie tertiäres Alter hätten, wie die Faltung in der Hauptkordillere. Die Vergleichung der Daten, die die vielen Bohrungen der letzten Jahre in der näheren und ferneren Umgebung der Sierron von Buenos Aires ergeben haben, zeigt jedoch, dass rot gefärbte kontinentale und marine Schichten der Kreide, nur schwach gestört durch regionale Bewegungen, an sehr vielen Stellen im Untergrund der weiten Pampabecken diskordant auf alten Gesteinen liegen, so wie in Südafrika in der Randzone des Kontinentes, die Sedimente der Uteuhageformation

auf den gefalteten paläozoischen Gesteinen lagern. In beiden Gebieten können also die hauptsächlichsten Bewegungen in dem Zeitabschnitt vom Perm bis zur unteren Kreide vor sich gegangen sein. Auch dieser Umstand bestärkt in der Vermutung, dass die Geschichte dieser, durch den atlantischen Ozean getrennten Störungsgebiete in den wesentlichen Zügen übereinstimmt.

Es zeigt sich hier ein überraschender Zusammenhug; und die Sierras von Buenos Aires, die bisher in ihrer isolierten Lage von den meisten Beobachtern als ein vom Andenbau abweichendes Stück empfunden wurden, werden zu einem neuen Glied in der Kette der Tatsachen, die für den ehemaligen Zusammenhang der alten Kontinentalmasse sprechen, von der wir heute noch grosse Stücke in Afrika und Brasilien sehen. Wenn aber die Präkordilleras die Schichtenfolge dieses Kontinentes zeigen, so können wir erwarten, auch in ihnen an einigen Stellen homologe Strukturstücke der Kupfgebirge und der Sierras von Buenos Aires zu finden.

Hier fällt unser Blick sogleich auf die Vorkordillere der Provinzen San Juan und Mendoza, wo wir die Diskordanz an der Basis triadischer und rhätischer Gondwanaschichten kennen. Sucht man hier nach der Übereinstimmung, so ergibt sich das Folgende. Die langen, parallelen Züge in der nördlichen Hälfte der Vorkordillere und die breite Aufwölbung in dem südlichen Teile, der Sierra de Uspallata, sind hauptsächlich aus devonischen Schiefen und Grauwacken zusammengesetzt, in denen sich bei Juelmal und an anderen Punkten die Transgressionsfauna findet, die sonst von keiner anderen Stelle der argentinischen Anden bekannt ist. Auch das fossilführende Untersirer zeigt grosse Ähnlichkeit mit dem der Sierras von Buenos Aires. Es ist vertreten durch grosse Massen von Kalk und Hornstein führendem Dolomit und durch Quarzit. Die Sandsteine der devonischen Transgression sind noch nicht sicher nachgewiesen; es scheint jedoch der obere Sandstein, der unbestimmbare Pflanzenreste enthält, vorhanden zu sein. Von den Gondwanaschichten enthalten die unteren Glieder, die zwischen die älteren marinen Ablagerungen eingefaltet sind, die Flora der Eocenschieften; es befindet sich dieselbe Mischung von Formen des Gondwanalandes und der nördlichen Hemisphäre wie in Südafrika. Die Gondwanaschichten über der Diskordanz entsprechen zum grossen Teile vollkommen den Strombergsschichten in der Kapkolonie; und die Übereinstimmung wird durch die vielen Decken basischer Effusivgesteine noch auffallender. Das glaziale Konglomerat ist zwar, als solches, noch nicht nachgewiesen worden. Ich bin jedoch beinahe sicher, dass man es in einem Vorkommen der Sierra de Uspallata erkennen wird.¹ Auch in der Vorkordillere gehört die nächstjüngere Ablagerung, ganz wie in Südafrika, erst zur Kreide. Die marinen Sedimente des Paläozoikums und die unteren Gondwanaschichten sind stark gestört worden. An manchen Stellen ist die Faltung bis zur Bildung von Schuppen vorgeschritten, in denen sich die

¹ Dazwischen habe ich es, in der zweiten Hälfte des Februar dieses Jahres, an drei Stellen der Sierra de Uspallata und an zwei Stellen in dem paläozoischen Unterbau der Hauptkordillere nördlich vom Rio Mendoza gefunden. Auch hat sich dabei herausgestellt, dass hier Deckenbau von alpinen Massen, aber aus permischer Zeit vorhanden ist.

hellen Kalkbänder des Untersilurs, die dunklen Schiefer und Granwacken des Devons und die roten Sandsteine der Gondwanaschichten wiederholen. Diese Schuppen, sowie ein grosser Teil der Falten, fallen nach Westen ein.

In der Vorkordillere waren die starken seitlichen Bewegungen nach Osten gerichtet, gegen die widerstehenden älteren Teile, wie in den Kappgebirgen und sehr wahrscheinlich auch in den Sierrn von Buenos Aires.

Wir kommen hier zu unserer ersten allgemeinen Folgerung: *In den Kappgebirgen, in den Sierrn von Buenos Aires und in der ungefähr 400 km langen Vorkordillere der Provinzen San Juan und Mendoza, an dem östlichen Rande der Hauptkordillere, sehen wir Strukturstücke aus derselben grossen Phase von orogentischen Bewegungen, die ihr grösstes Mass im Perm erreicht haben. In diesen drei Gebieten treffen wir dieselbe oder eine sehr ähnliche Schichtenfolge. Die Unterschiede erklären sich durch Lücken, die zum grossen Teile wahrscheinlich durch spätere Abtragung entstanden sind. Für die Kappgebirge und die Sierrn von Buenos Aires ist die Übereinstimmung besonders durch das glaziale Konglomerat erwiesen. In diesen weit von einander entfernten Fallungsstücken waren die Bewegungen nach Norden oder Osten, gegen ältere Teile, gerichtet.*

Das führt uns zu einer kurzen Betrachtung dieser älteren Teile. Es sind die pampinen Sierrn an dem östlichen Rande der mittleren argentinischen Anden, und die Reste der präkambrischen Faltung in der Puna de Atacama und den östlich davon liegenden Gebirgszügen der Präkordilleras. In den pampinen Sierrn finden wir die Diskordanz an der Basis der unteren Gondwanaschichten, und wir erinnern uns, dass hier in der Unterlage, nach den letzten Erfahrungen, auch marine Sedimente des unteren Paläozoikums in grösserer Masse gefaltet worden sind. Das gemeinsame Merkmal dieses alten Gebietes ist das mehr oder weniger deutliche Streichen von Südosten nach Nordwesten. Auf d'Ormonys Karte ist die Abweichung von der meridionalen Richtung der Anden aber etwas zu gross angegeben. Ich will auch hinzufügen, dass unsere Kenntnisse noch nicht ausreichen, ein Bild zu entwerfen, das hier einigermaßen geschlossen ist. Sehr wahrscheinlich ist eine weitgehende Interferenz von diesen Bewegungen und präkambrischen Störungen vorhanden, deren Richtung meridional oder submeridional ist. Wenn wir aber alle bekannten Tatsachen zusammenfassen, so ergibt sich in den Umrissen ungefähr das folgende Bild. In den pampinen Sierrn der Provinz La Rioja, namentlich in den östlichen Ausläufern der Sierra de Velasco, dann in dem nördlichen Teile der Sierra de Córdoba, in der Sierra de los Llanos und in den pampinen Sierrn der Provinz San Juan, finden sich die Reste eines breiten Faltenzuges, dessen Streichen N.W.-N.N.W. ist. In diesem Zuge sind die mitgefalteten marinen Sedimente von unterpaläozoischem Alter am häufigsten in der südlichen Hälfte. Gegen seine Mitte nimmt aber die Kristallinität im allgemeinen zu. Es finden sich sehr viel injezierte Schiefer. Grosse Massen von Granit sind hier, vielleicht in der Axe des Zuges, bei der Faltung eingedrungen. Sie waren aber schon in der Zeit der Ausbreitung der kontinentalen Gondwanaschichten auf grosse Strecken in echten Rumpfflächen entblösst. Über die Richtung

der Bewegungen ist noch nichts sicheres zu sagen. Sie können vor sich gegangen sein vom Silur bis zum Oberkarbon oder Permokarbon. Vielleicht haben wir hier Faltungen, die den calcaionischen Störungen entsprechen. Es ist aber auch möglich, dass es spätere aber vorpermische Bewegungen waren.

An diesem alten Störungsgebiet schneiden die jungpaläozoischen Falten mit deutlicher Grenze ab. Ich habe auf die Bedeutung dieser Linie schon vor einigen Jahren hingewiesen.¹ Sie folgt beinahe dem Aussenrande der Yorkordillere, mehr oder weniger in dem Meridian der Stadt San Juan. Die Sierra del Valle Fertil, die Sierra de la Huerta, der breite, flach gewölbte Schild des Pic de Palo, nordlich und ostlich, die kleinen Bruchstücke der Cerillos und des Cerro Valdivia südlich von San Juan, sind Teile des älteren Faltengebietes; der kristallinischen oder halbkristallinischen Sierrren. Ihnen gegenüber sehen wir die langen Züge der jungpaläozoischen Falten und Schuppen aus untersilurischem Kalk und Dolomit und devonischen Schieferen und Grauwacken. In ihrem Bereiche ist nirgends die ältere Struktur gefunden worden; aber ihr Aussenrand scheint zum Teil auf die niedergebroschenen Stücke der pampinen Sierrren aufgeschoben zu sein. Besonders deutlich ist der Gegensatz bei den Cerillos und dem Cerro de Valdivia, wo der trennende Streifen von Loess und Schluff nur wenige Kilometer breit ist.

Die präkambrische Faltung tritt hauptsächlich in der Puna de Atarama zu Tage, aber auch östlich davon, in einem grossen Teile der Gebirgsketten, die bis hinunter nach Tucuman die Niederung des Gran Chaco begleiten. Die altpaläozoischen Sedimente sind hier nur in dem nördlichsten Abschnitt bekannt. Sonst breiten sich an den meisten Stellen über den zerstörten und abgetragenen präkambrischen Sedimenten die roten, teils marinen, teils kontinentalen Ablagerungen der Kreide aus. An dem östlichen Rande der Puna de Atarama und in dem westlichen Teile der Provinz Salta beobachtet man oft nordwestliches Streichen der alten Gesteine; im Süden dagegen, in den Ausläufern auf der Ostseite des Cerro Aronquija, Streichen zwischen N.O. und N.N.O. Über den möglichen Zusammenhang dieser beiden Hauptrichtungen, die so oft auf der Erde wiederkehren, haben wir noch keine Beobachtungen. Vielleicht war hier ein gegen Osten gekrümmter Bogen vorhanden. Es scheint mir aber wahrscheinlich, dass die nordwestlich streichende Faltung in Salta, aus dem Block der Puna de Atarama heranstretend, sich frei nach Südosten fortsetzt.

Es fällt jedenfalls auf, dass gerade das nordwestliche Streichen auf argentinischem Boden in den alten Strukturen so sehr hervortritt, dass es schon die Aufmerksamkrit der ersten Beobachter erregt hat. Man trifft es auch in Bolivien, nach EVANS² Untersuchung auch im Tiefland nördlich von der Beugung der Anden bei Santa Cruz de la Sierra, in den alten Gesteinen der Stromschnellen des Rio Beni und des Rio Manoré; dann in der Niederung des Gran Chaco in den Llanos de Chiquitos. Dazu gesellen sich in Argentinien die Stücke in der Puna de Atarama und in den mittleren pampinen Sierrren; schliesslich sehen wir es weit draussen, im Südosten.

¹ Sitz.-Ber. k. k. Akad. Wiss., Wien, 1907.

² Quart. Journ. Geol. Soc., 1906.

auf dem linken Ufer des Rio de La Plata, westlich von Montevideo und in den Sierren von Buenos Aires; und man darf sich mit EVANS fragen, ob nicht in dem Bogen des Feuerlandes und der Stanton-Insel der Einfluss einer alten Störungslinie hervortritt. Auch auf den Falklandsinseln ist das Streichen der gestörten devonischen Schichten nordwestlich.

Soviel ist jedenfalls sicher, dass die alten Strukturen die im allgemeine meridionale Richtung der tertiären andinen Bewegungen oft abgeändert haben. In dem Gebiet der ausgesprochenen tertiären Faltung, dem geschlossenen Zug der Hauptkordillere, sind die Interferenzen oder Anpassungen freilich selten. Dagegen sind sie häufig in dem breiten Streifen der regionalen, hauptsächlich aufwölbenden Bewegungen des Tertiärs, durch die die Gebirgszüge der Präkordilleras vor allem entstanden sind. Die Anpassung an ältere Linien hat sich mehrere Male wiederholt. In den nördlichen argentinischen Anden stimmt die Richtung der präkambrischen Falten mit den Störungslinien in den Llanos de Ciénegas überein, deren Alter freilich nicht genauer bekannt ist. Den präkambrischen Bewegungen in den nördlichen argentinischen Anden folgen mit denselben Streichen die alt- oder mittelpaläozoischen Faltungen in dem mittleren Teile der pampinen Sierren; und im Südosten sehen wir dieselbe Richtung in den Linien der jungpaläozoischen Bewegungen der Gebirgszüge von Buenos Aires.

Die Störung der alten Gesteine in den Stromschnellen des Rio Beni und des Rio Mamoré, vor dem Fusse der Anden in kaum 200 m Meereshöhe, ist sicher sehr alt. EVANS hat hier zwar Gerölle eines vielleicht unter-silurischen Spongienkalkes gefunden. Wir können jedoch nicht seine Beziehungen zu den kristallinen Gesteinen. Am wahrscheinlichsten ist die diskordante Anlagerung des im Anstehenden nicht bekannten Gesteines.

Aber wenn auch das Alter der Bewegungen hier unsicher bleibt, so kann man doch, glaube ich, schon sagen, dass in Argentinien mehrere Male, von Norden nach Süden, jüngere Faltungen auf ältere gefolgt sind. Die jüngsten nordwestlich streichenden Bewegungen sind die jungpaläozoischen Faltungen in den Sierren von Buenos Aires. Wir wissen nicht, wie weit sie nach Westen reichen. Aber die meridional streichenden Reste von präkambrischen Dislokationen, die wir an manchen Stellen der mittleren pampinen Sierren treffen, lassen die Anpassung der tertiären Falten der mesozoischen Hauptkordillere an die jungpaläozoischen Bewegungen in der Vorkordillere, lassen vermuten, dass vielleicht auch in dieser Richtung eine alte Anlage vorhanden ist.

Betrachtet man die heute bekannten Tatsachen in diesem Zusammenhange, so ergeben sich wesentlich andere Vorstellungen, als sie bisher im allgemeinen geherrscht haben.

Die Falten der mesozoischen Sedimente in der Hauptkordillere sind das jüngste Glied in der Reihe der verschieden alten Strukturen. Die Bewegungen waren auch hier gegen die älteren Teile, also nach Osten, gerichtet. In Argentinien und Chile scheint bis in die Bucht von Arica der Einfluss der jungpaläozoischen Struktur vorzuherrschen, die sich an manchen Stellen auch in der Hauptkordillere, in der Unterlage der mesozoischen Sedimente findet. Von Arica

nör-
geb-
auf

Ver-
der
Bew-
der
Ver-
von
der

den
Geb-
nord-
verk-
jetzt
Argo-
der
me-

nördlich wird das nordwestliche Streichen der noch älteren Faltungen massgebend, die weit nach Südosten bis zum Rio de La Plata reichen und senkrecht auf die atlantische Küste abbrechen.

Einige Fragen bleiben freilich unbeantwortet, namentlich die nach der Verbreitung alter Strukturen im patagonischen Tafellande.

Ich will meine Betrachtungen schliessen, indem ich hervorhebe, dass der grösste Teil der Prækordilleras kein Vorland ist, das durch die tertiären Bewegungen gefaltet wurde, sondern dass hier Teile älterer Strukturen seit der Kreide durch die nachherigen Bewegungen emporgewölbt wurden, unter Verstärkung der trennenden Becken und unter Verwickelung des Netzes von Sprüngen, die sie oft benutzen ganz ähnlich wie bei den Fragmenten der Alpiden auf der westlichen und nördlichen Seite der Alpen.

DISCUSSION.

G. STEINMANN (Bonn): Durch den Nachweis eines Zusammenhangs zwischen den Kapgebirgen und den Gebirgen Ostargentiniens durch Herrn Kappeler ist ein Gebirgsbogen erkannt worden, der das Gebiet der heutigen Atlantik überbrückt. Dieser nordatlantische Bogen, der das armarische Gebirge Westeuropas mit dem südlichen Argentinien verknüpft hat, besitzt im wesentlichen jungkambrisches Alter. Der südliche Bogen, der jetzt erkannt ist, ist aber jünger, da das permische Glazialkonglomerat in Argentinien gefaltet und durch Faltung stark verändert wurde. Der jüngste Bogen ist der mittelatlantische; er verbindet der Atlas mit dem Ostende der Kordillere von Südamerika und seine Entstehung fällt in der Tertiärzeit.



FIG. 1.—Tektonische Kartenskizze des südamerikanischen Kontinentes

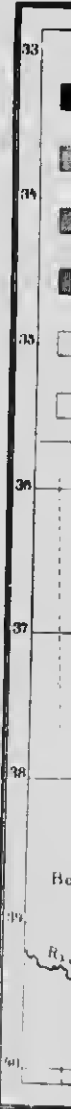


FIG.

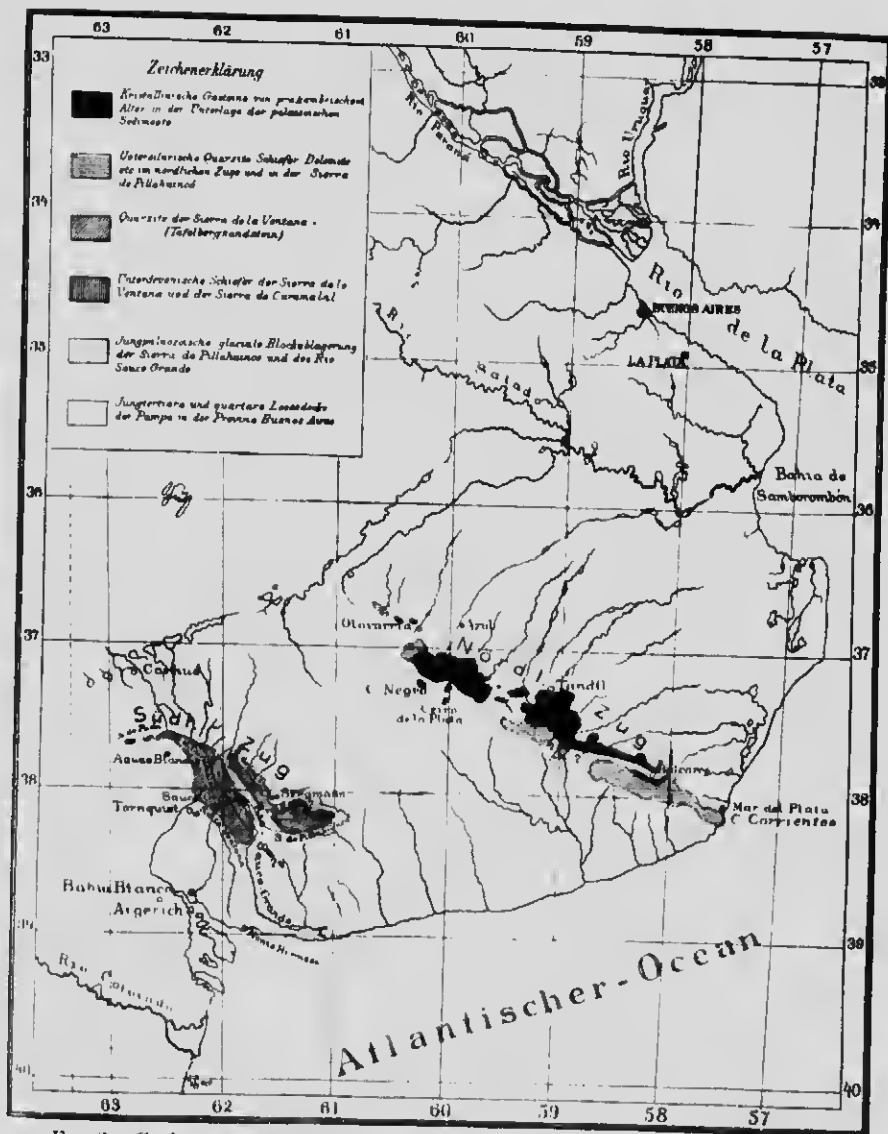


FIG. 2.— Geologische Kartenskizze der Gebirgszüge in der Provinz Buenos Aires

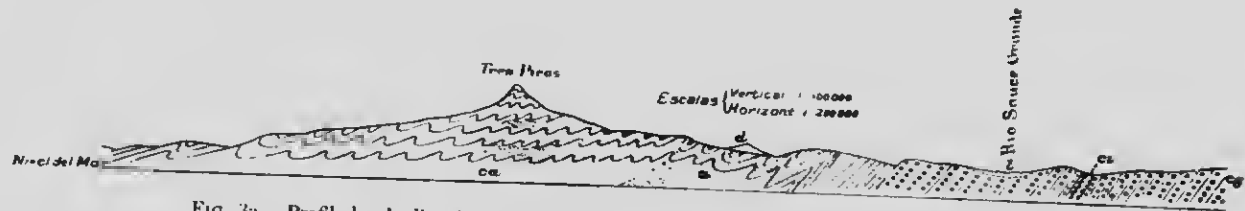


FIG. 3a.—Profil durch die Sierra de la Ventana bis zum Rio Sauce Grande; nach HAUTHAL.



FIG. 3b.—Dasselbe Profil, aber weiter fortgeführt nach N., durch die Sierra de Pillahuinc6; nach dem Autor.

Zeichenerklärung: c = Untersilurische Quarzite, Schiefer, Dolomit, etc., der Sierra de Pillahuinc6; ca = Quarzit der Sierra de la Ventana (= Tafelbergsandstein); a = Unterdevonische Schiefer d. Sierra de la Ventana; cg = jungpaläozoische glaziale Blockablagerung der Sierra de Pillahuinc6 und des Rio Sauce Grande; ci = Zwischensedimente (Quarzit) der Blockablagerung; d = Kontinentales rotes Konglomerat von tertiärem Alter; 1 = Lösslecke, mit Schottern in den Tälern.

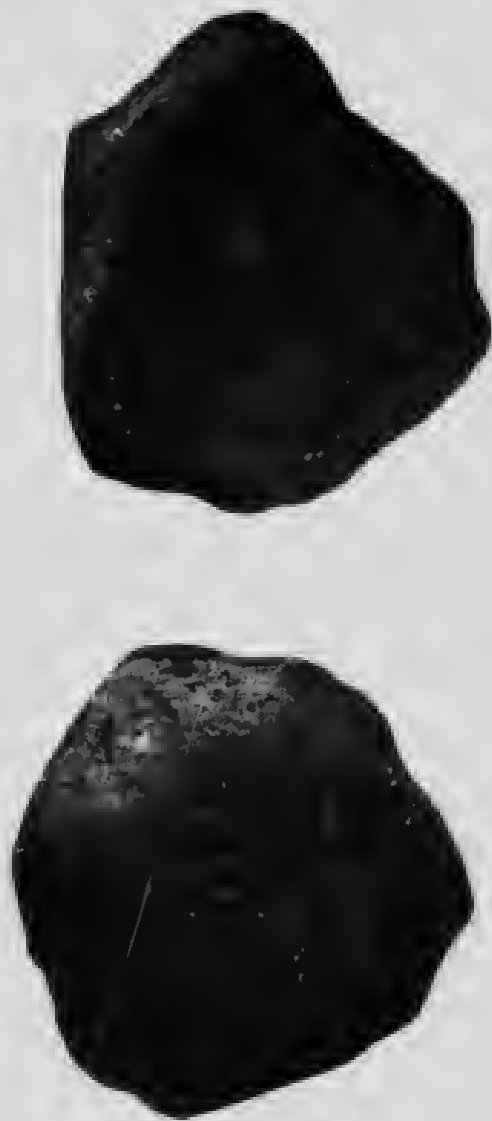


FIG. 4.—Abgeschliffenes u. gekritztes Geschiebe von Quarzit aus der jungpaläozoischen glazialen Blockablagerung der Sierra de Pillahincó; $\frac{2}{3}$ d. natürlichen Grösse. 1, von der Vorderseite; 2, von der Rückseite.