

Umfang, Beziehungen und Besonderheiten der andinen Geosynklinale.

Von G. Steinmann (Bonn).

Es gibt kein zweites jüngeres Faltengebirge auf der Erde, das mit einer so gewaltigen Längserstreckung so einfache und übersichtliche Verhältnisse in der Zusammensetzung und im Bau vereinigte, wie die Anden Südamerikas. Wenn einmal genau durchforscht, dürften sie das beste Beispiel für ein normales Faltengebirge jüngeren Datums abgeben, das die wesentlichen Elemente eines solchen enthält, einschließlich ausgedehnter jungvulkanischer und plutonischer Tätigkeit, die den meisten Faltengebirgen eigen ist, aber mit Ausschluß der übermäßig, bis zum großzügigen Deckenbau gesteigerten Faltungsintensität, die die Gebirge von alpinem Typus auszeichnet. Der Gegensatz, wie er in den Verschiedenheiten des Baues dieser beiden Typen, alpin und andin, zum Ausdruck gelangt, findet sein Gegenstück und wohl auch seinen Grund in der Verschiedenheit ihrer Vorgeschichte, beim alpinen Typus in der oft erstaunlichen Mannigfaltigkeit der Fazies und deren raschen Wechsel selbst auf engem Raume, beim andinen Typus in dem spärlichen Fazieswechsel und in der gewaltigen Ausdehnung der gleichen Faziesgebiete sowohl in Bezug auf Gesteinsbeschaffenheit, als auch auf Fauna oder Flora.

Auf eine Erstreckung von mehr als $\frac{1}{6}$ des Erdumfangs verläuft das Gebirge als ein schmaler, zweimal nur schwach gebogener Streifen, dessen Breite nirgends 1000 km erreicht, ohne sich mit einem anderen ähnlichen Gebirge zu verschweißen, oder sich anders zu zerteilen, als durch Abgabe von unbedeutenden Ästen an seiner (östlichen) Außenseite. Nichts Ähnliches steht dem auf dem scharf umrissenen Innenrande zur Seite.

1. Gliederung der Kordillere.

In der Geosynklinale, aus der die Anden emporgewachsen sind, haben schon von vornherein großzügige Unterschiede zwischen einzelnen Teilen derselben bestanden, die sich auch in der Richtung, Zerteilung und im Aufbau des heutigen Gebirges deutlich ausprägen. Vom Feuerland bis zur Bucht von Guayaquil bildet die Kordillere einen mauerartigen Zug, der zwar auf seiner Ostseite rasch erlöschende Zweige abgibt, aber auf seiner Westseite eine scharfe und in einfacher, wenig geschwungener Linie verlaufende Grenze gegen die sog. Küstenkordillere besitzt, die, wie ich glaube zeigen zu können, der Kordillere selbst als fremdes Element gegenübersteht. Im N der Bucht von Guayaquil dagegen verliert das Gebirge den geschlossenen Charakter, es beginnt sich fingerartig zu verzweigen, ein westlicher Ast läuft in den Pazifik hinein, während der östlichste unter fast rechtwinkliger Umbiegung in den Antillenbogen fortsetzt¹⁾. Die mittleren laufen gegen das Karaimische Meer

¹⁾ Wenn auch die erste sichere Verzweigung der Kordillere erst nördlich des Golfs von Guayaquil hervortritt, so wäre es doch nicht unmöglich, daß schon weiter südlich; etwa zwischen $7^{\circ}30'$ und 8° ein Ast der Kordillere ins Meer hinausschwenkt. Die Aufnahmen von Herrn Dr. STAPPENBECK im oberen Chicamatale, die mir dieser in zuvorkommender Weise in Niederschrift zugänglich machte, haben nämlich in dieser Gegend ein WNW-Streichen der

ohne sicher erkennbare Fortsetzung aus. Dieser verfangerte Nordabschnitt des Gebirges scheidet sich vom südlichen durch die gegen O statt wie bis dahin gegen W abweichende Richtung. Die beträchtliche Erniedrigung, die das Gebirge in der Breite der Umbiegung des Marañon erfährt, markiert diese Grenze noch weiterhin. Da dieser nördliche Abschnitt der Hauptsache nach in den Staat Columbia fällt, so will ich ihn als Columbianden von den übrigen Teilen des Gebirges abtrennen.

Soweit wir bis jetzt über die Vorgeschichte dieses Teils unterrichtet sind, zeichnet sie sich durch das vollständige Fehlen jurassischer Meeresablagerungen aus. Kretazäische Meeressedimente sind dagegen vom Barrême oder gar vom Hauterive an reichlich entwickelt.

In dem Hauptzuge der Anden, wie er sich von der Amazonassenke bis zum Feuerlande hinunterzieht, lassen sich, wie SUSS zuerst betont hat, zwei Stücke von wesentlich verschiedener Vorgeschichte unterscheiden; die Anden im engeren Sinne des Wortes (Hauptanden) mit relativ vollständiger, von der Obertrias bis zur Oberkreide reichender Schichtfolge und mit reicher Beteiligung mesozoischer Effusiva und tertiär-rezenter Vulkane, und ein östlich daran geschweißter Streifen, der in seiner außerordentlich lückenhaften Schichtfolge mesozoischer Sedimente und in dem Zurücktreten der mesozoischen Effusiva der Brasilianischen Masse nahe kommt. Rote Sandsteine mit einer äußerst dürftigen, marin-brackischen Einschaltung der Kreide (Pucasandstein) vertreten allein das Mesozoikum. Auch der mächtige Unterbau aus paläozoischen Sedimenten weist auf die Brasilianische Masse, während die z. T. sehr stark gesteigerte Faltung und die Beteiligung tertiärer (aber nicht quartärer) Eruptiva als bezeichnende Kordillierenmerkmale zu gelten haben. Die Grenzlinie zwischen Brasilianden, wie man das angeschweißte Dreieck passend nennen kann, und den Hauptanden verläuft etwa aus der Gegend des Zusammenflusses von Mantaro und Apurimac ($11^{\circ}40'$) über Cusco, W des Titicaca, Sajama, O Atacama, Maricunga (27°) bis zur Ostseite des Vulkan Maipú ($34^{\circ}10'$). Somit verbleiben die tätigen und quartären Vulkanberge fast ausschließlich den eigentlichen Anden und ihrer Fortsetzung in den Columbianden.

Schließlich wäre noch die Frage wenigstens zu streifen, ob nicht der südlichste Abschnitt der Kordillere, etwa vom Ausgange der Magalhãesstraße an, wo die rasche Umbiegung des Gebirges beginnt, zweckmäßigerweise von den eigentlichen Anden abzutrennen und mit der mutmaßlichen Fortsetzung im antarktischen Gebiete, den Antarktanden, zu verknüpfen sei. Da wir nur eine ganz geringfügige Kenntnis von der Zusammensetzung und dem Baue der „südlichen Antillen“ besitzen, so mag es genügen, einige Merkmale zu betonen, durch die der südlichste Abschnitt der Kordillere sich von der Hauptmasse der Anden unterscheidet.

Mit dem Mt. Burney unter $52^{\circ}20'$ hören die jungen Vulkane der Kordillere auf. Was weiter südlich dazu gerechnet ist (Mt. Oreille im SO Feuerland), gehört nach QUENSEL älteren Eruptionen an. Anscheinend vereinfacht sich die Zusammensetzung der Kordillere im S erheblich, es gibt fast nur noch

dortigen Kreideschichten ergeben. Vielleicht ist darin nur eine örtliche Beugung innerhalb des Gebirges zu erblicken, es kann aber auch auf einem endgültigen Abschnenken eines westlichen Astes in den Pazifik hinein beruhen. Eine Entscheidung darüber vermögen nur genauere Untersuchungen des Küstengebietes zwischen 7° und 8° s. B. zu geben. Der auffallende Vorsprung der Paytamasse (Sechura-Wüste und Amotape-Gebirge) würde dementsprechend entweder als eine Verbreiterung der pazifischen Küstenmasse oder aber als eine interandine alkristalline Inselmasse zu deuten sein, die schon innerhalb der Columbianden läge.

Schiefergesteine, die, soweit sie nicht altkristallin sind, ausschließlich der Kreideformation anzugehören scheinen. Die Porphyritformation des Ostabhanges der Patagonischen Kordillere konnte nicht über den 49° s. B. hinaus verfolgt werden. Und schließlich machen sich im südöstlichen Feuerlande durch die beträchtliche Divergenz im Streichen zwischen Staateninsel und Wollastonkette, N Kap Horn, Anzeichen einer Verfälschung bemerkbar (Suess). Wären wir sicher, daß diese selben Merkmale auch der fast ganz versenkten Fortsetzung im Bereiche der südlichen Antillen zukommen, so dürften wir mit Recht diesen südlichsten Teil der Kordillere, etwa von der Breite der Ausgänge der Magalhãesstraße ab zu den Antarktanden im weitern Sinne rechnen. Bis dahin dürfte die Bezeichnung Feuerländische Kordillere vorzuziehen sein.

2. Küstenkordilleren.

Als Küstenkordillere im ursprünglichen Sinne des Wortes gilt der Küstenstreifen des nördlichen, mittleren und südlichen Chiles zwischen dem 26° und 41° s. B., der im Gegensatz zur eigentlichen Kordillere fast ausschließlich aus altkristallinen Gesteinsarten besteht. Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolite, Phyllite unbestimmten aber anscheinend überwiegend voralpäischen Alters bauen sie auf, Granite und verwandte Tiefengesteine von älterem Habitus, hier und dort von Kontaktzonen umgeben, sind ihnen eingeschaltet. Aber außer den Absätzen der obersten Quiriquinaschichten von ausgesprochen pazifischem Charakter in 37° s. B. kennt man kaum fossilführende vortertiäre Sedimente daraus. Gerade die bezeichnenden mesozoischen Glieder der angrenzenden Kordillere, die Sedimente des Jura und der Unterkreide, die mesozoischen Porphyrite, ebenso aber auch die Granodiorite (Andengesteine) tertiären Alters scheinen gänzlich zu fehlen. Auch jungvulkanische Gesteine sind äußerst dürftig vertreten. Die Küstenkordillere dieser Gegend ist also offenbar ein außerandines Element¹⁾, das während der mesozoischen Zeit die andine Geosynklinale als Festland im Westen begrenzte (Pazifischer Kontinent von BURCKHARDT) und das erst am Schluß der Kreidezeit und wiederholt während der Tertiärzeit vom pazifischen Gebiete her nur vorübergehend überflutet wurde. Diese Meeresbedeckungen blieben aber wiederum, vielleicht mit Ausnahme der oligo-miozänen Navidadstufe im südlichen Chile, dem andinen Gebiete fremd.

Schon aus den Beobachtungen DARWINS wissen wir, daß die zerrissene Westküste Patagoniens, von der Insel Chiloë an bis zum Kap Horn aus wesentlich den gleichen Gesteinsarten aufgebaut ist, wie die Küstenkordillere Chiles. Gneis, Glimmerschiefer, Phyllit und Granit sind die herrschenden Felsarten, auch fehlt es nicht an einzelnen Lappen tertiärer Überdeckung bis in den Chonosarchipel nach S. Spätere Beobachtungen haben an diesem Ergebnis nichts Wesentliches geändert. Ich selbst fand an der Ostküste von Clarence Island im Magdalensunde, in der westlichen Magalhãesstraße und im Smythkanale nur Granit und Gesteine von altkristallinem Habitus. O. NORDENSKJÖLD berichtet überwiegend von Graniten. Wenn aber DARWIN, mit ihm SUSS, ich selbst sowie viele andere Forscher, die kristalline Außenzone Westpatagoniens als die unmittelbare Fortsetzung der Küstenkordillere Chiles be-

¹⁾ Daß die sog. Küstenkordillere auf der ganzen Strecke von Valparaiso bis zur Insel Chiloë keineswegs die Merkmale einer Kordillere, d. h. einer „Reihe aneinander geketteter Berge“ besitzt, sondern „einen breiten Landrücken mit wellenförmiger Oberfläche“ vorstellt, hat R. A. PHILIPPI schon vor 26 Jahren scharf betont (Einige Worte über den unrichtigen Gebrauch des Wortes „Cordillera“ in Chile; Zeitschr. Ges. Erdkunde Berlin, 33, 1898, 393 ff.).

trachteten, so glaubte O. NORDENSKJÖLD in dem S vom Peñasgolf gelegenen Anteile ein davon durchaus verschiedenes Element von andinem Charakter erblicken zu müssen. Die weit verbreiteten und mehrfach mächtige Massive bildenden Granite erklärte er wegen ihrer angeblichen Ähnlichkeit mit den jungen Granodioriten der Kordillere ebenfalls für jung und erst nach der Faltung der Kordillere eingedrungen. QUENSEL hat sich dieser Deutung, wenn auch nicht ohne gewisse Bedenken, angeschlossen und viele andere Forscher sind ihnen gefolgt. Dennoch glaube ich dieser Auffassung mit aller Entschiedenheit entgegnetreten zu müssen, da sie meiner Ansicht nach unzutreffend und geeignet ist, die klaren Verhältnisse der Kordillere zum pazifischen Gebiete zu verdunkeln.

Gegen das jugendliche Alter der westpatagonischen Granitstöcke sprechen nämlich eine Reihe wichtiger Gründe, die sich auch QUENSEL nicht verhehlt hat.

1. Abweichend von dem Verhalten der andinen Granodiorite, deren Jugend stets an dem mesozoischen oder auch unbezweifelt paläozoischen Alter ihrer kontaktmetamorphen Hüllgesteine erkannt wird, stecken die Küstengranite überall in fossilfreien Schiefen von alkristallinem Habitus, die bisher auch nirgends in Verknüpfung mit jüngeren Gesteinen angetroffen sind.

Es erscheint mir nicht angängig, diese kristallinen Schiefer ohne zwingenden Grund für umgewandelte mesozoische Sedimente zu erklären und damit das jugendliche Alter der Granite zu stützen. Denn die anscheinend am weitesten verbreiteten Glimmerschiefer und Phyllite des in Rede stehenden Gebiets lassen sich nach meinen Beobachtungen in keiner Weise von den entsprechenden Gesteinen der Küstenkordillere unterscheiden, und sie sind von den regionalmetamorphen Kreideschiefen der Staateninsel mit *Inoceramus*, die ich selbst beschrieben habe, gerade so verschieden, wie ein normaler alpiner Glimmerschiefer oder Phyllit älteren Datums von einem mesozoischen Bünderschiefer¹⁾.

2. Die kristalline Außenzone Südpatagoniens bildet sowohl in ihrem orographischen Verhalten als auch in ihrer Zusammensetzung und in ihrem Aufbau die unmittelbare Fortsetzung der Küstenkordillere Südchiles mit Einschluß ihrer unbezweifelten Fortsetzung über Chiloë bis zum Chonosarchipel. Wenn der S vom Peñasgolf gelegene Anteil nicht die Fortsetzung der Küstenkordillere darstellte, sondern hier ein andines Element an ihre Stelle träte, so müßte mit diesem Golfe eine sehr bedeutende Querverschiebung im Gebirge zusammenfallen, ein gewaltiges Blatt, dessen Vorhandensein sich doch im Gesamtaufbau der Kordillere geltend machen müßte. Irgendwelche Anzeichen für eine derartige Querverschiebung fehlen bis jetzt aber gänzlich. Vielmehr verbreitert sich der kristalline Küstensaum in Patagonien ganz allmählich gegen S zu, erreicht in seinem südlichen Teile immer größere Höhen, drängt allmählich die Geosynklinale auf die Ostseite des Gebirges und um-

¹ Über das Alter der Schiefergesteine der patagonischen Kordillere besteht große Unsicherheit, da Fossilien nur ausnahmsweise darin gefunden sind. Betrachtet man die Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer und Phyllite der patagonischen Küstenkordillere als vormesozoisch, der Hauptsache nach sogar als vorpaläozisch, wie das DARWIN, SUESS und der Verfasser getan haben, so fällt jeder geologische Grund fort, die mit ihnen verknüpften Granite als tertiäre Andengesteine aufzufassen. Vermutet man aber in ihnen zum großen Teil nur kontakt- oder regionalmetamorphe Kreidegesteine, wie das NORDENSKJÖLD und QUENSEL tun, so wird auch ein jugendliches Alter für die damit verknüpften Granite wahrscheinlich. Abgesehen von den *Inoceramen*-führenden Kalkphylliten der Staateninsel, die aber nicht der Küstenkordillere angehören, ist mir aber kein Vorkommen bekannt geworden, das zu einer solchen Deutung nötigte oder sie auch nur wahrscheinlich machte.

faßt schließlich die ganze Westhälfte des Gebirges. Er ändert und erweitert also wohl seine orographische Rolle, ohne daß aber sein Verhältnis zur Geosynklinale sich wandelte — er bleibt ein ihr fremdes Element.

3. Das frische Aussehen des Granits und das Fehlen von deutlichen Pressungserscheinungen haben die schwedischen Forscher in erster Linie mitbestimmt, in den westpatagonischen Graniten Äquivalente der andinen Granodiorite zu sehen; sie sollen ihnen auch habituell gleichen. Wenn sie aber die Fortsetzung der Granite der Küstenkordillere darstellen, so ist das Fehlen von Alterserscheinungen und Pressungen nicht verwunderlich, da ja eben die Küstenkordillere auch nicht in das junge Faltengebirge der Anden einbezogen, sondern nur in ihrem patagonischen Anteile epirogenetisch gehoben wurde und ihre Tiefengesteine in der chilenischen Küstenkordillere vielfach denselben Charakter besitzen, abgesehen natürlich von dem weiter vorgeschrittenen Verwitterungszustande, der in Patagonien infolge der jungen glazialen Abtragung nicht in die Erscheinung treten kann. Im übrigen aber habe ich selbst keine Ähnlichkeit der westpatagonischen Granite mit den Andengesteinen, sondern nur mit solchen der chilenischen Küstenkordillere auffinden können.

Ich komme hiernach zu dem Schlusse: die natürliche Fortsetzung der sog. Küstenkordillere Chiles gegen S wird bis zum Kap Horn hin von der kristallinen Zone Westpatagoniens gebildet, und dieser in sich geschlossene Zug steht auf dieser ganzen Strecke der Andenkette als ein durchaus fremdes Element gegenüber, das die andine Geosynklinale gegen W zu begrenzt. Mit dieser Auffassung steht es keineswegs im Widerspruch, wenn die Grenze zwischen Küstenkordillere und Anden im südlichen Patagonien schwer zu ziehen und noch keineswegs überall klargestellt ist. Denn wo Andengesteine hart am Westrande des Gebirges vorkommen, wie das auch anderorts, nach DOUGLAS z. B. bei Mollendo, der Fall ist, wird die sonst scharfe Grenze in dicht bewaldeten Gebieten oft nur schwer zu ziehen sein.

Die chilenische Küstenkordillere verschmälert sich im nördlichen Chile immer mehr, je weiter wir sie nach N verfolgen. Im S von Taltal, bei Punta Ballena ($25^{\circ} 40'$), dürfte sie in den Pazifik ausstreichen. Von hier an auf eine Strecke von rund 900 km wird die Küste nicht mehr von altkristallinen Gesteinen mit eingeschalteten Tiefengesteinen gebildet, sondern von Gesteinen der andinen Porphyritformation mit fossilführenden mesozoischen Sedimenten und von Granodioriten tertiären Alters. Der besondere Charakter dieses Teils der Küstenkordillere, meist hohe, steile Küstenabstürze mit schwebender Schichtung, ist von verschiedenen Beobachtern vermerkt worden. Bei Antofagasta wird sie von porphyritischen Konglomeraten gebildet, S davon und an der Halbinsel Mejillones von Granodioriten, weiter nördlich wieder von Gesteinen der Porphyritformation, denen am Morro de Arica auch Fossilien des Callovian eingeschaltet liegen. So streichen auf dieser Strecke einzelne Zonen der Kordillere unter sehr spitzem Winkel gegen die Meeresküste aus, die altkristalline Küstenkordillere des Südens aber fehlt vollständig, ebenso auch aber die jungtertiären Meeresablagerungen, die ihr sonst auflagern und die noch bei Caldera (unter 27°) sehr fossilreich entwickelt sind. Erst dort, wo N der Bai von Arica die Küste sich gegen NW gewendet hat, soweit ersichtlich an der Punta Coles bei Ilo ($17^{\circ} 40'$), setzt das Altkristallin der Küstenkordillere wieder ein und scheint als schmaler, mehrfach unterbrochener Streifen bis zur Halbinsel Paracas ($13^{\circ} 50'$) fortzuführen. Marines Jungtertiär ist nach meinen Beobachtungen sicher bei Puerto de Chala ($17^{\circ} 50'$) auf der andinen Porphyritformation vorhanden, vielleicht auch schon weiter südlich.

Das Übergreifen der andinen Geosynklinale auf die pazifische Küste, von der sie sonst durch die Küstenkordillere getrennt bleibt, läßt eine doppelte Deutung zu. Die anscheinend natürlichste Erklärung, die ich auch früher für die wahrscheinlichste gehalten habe, geht dahin, die Anden in den Pazifik

seitlich auszweigend zu denken und anzunehmen, daß zur mesozoischen Zeit hier eine breite Verbindung zwischen dem andinen Meere und dem Pazifik bestanden habe. In Verfolg dieser Deutung habe ich auch die Annahme eines ausgedehnten mesozoischen pazifischen Kontinents im Sinne BURCKHARDTS einzuschränken versucht. Allein der, wenn auch geringe Zuwachs unserer Kenntnisse von dem fraglichen Gebiete und von den Tiefenverhältnissen des angrenzenden Teils des Pazifiks lassen heute eine andere Deutung viel mehr naturgemäß erscheinen.

Wenn die Kordillere im nördlichen Atacama einen Seitenast in den Pazifik aussendete, so dürfte man wohl erwarten, Andeutungen eines solchen Astes in den Tiefenverhältnissen des Pazifiks abspiegeln zu sehen. Aber davon sieht man bekanntlich nichts: der Atacamagraben läuft hart der Küste entlang und dieser ziemlich genau parallel, also etwa das Gegenteil von dem, was man finden müßte. Aber auch jenseits des Grabens findet sich keine Spur eines in NW-Richtung streichenden Rückens oder einer in dieser Richtung verlaufenden Vulkanlinie.

Vom faunistischen Standpunkte aus gesehen erweist sich der fragliche Kordillerenast ebenfalls als unbegründet. Denn hier müßte man eine besondere Häufung solcher Meeresformen erwarten, die als Fremdlinge in den Jura- und Kreidefaunen der Kordillere von überwiegend europäischem Charakter auftreten und deren Herkunft aus einem größeren unbekanntem Meeresbecken als wahrscheinlich angenommen werden darf. Die im Atacamagebiete bisher gefundenen Jurafaunen, wie die vom mittleren Dogger bis zum Callovian reichenden Vorkommnisse von Caracoles, Huantajaya, Pampa de Tamarugal und der Gegend von Arica, zeichnen sich vielmehr gerade durch ihre Armut, Einförmigkeit und durch den fast ausschließlich europäischen Habitus aus. Jedenfalls würde man die Nähe eines Zufuhrkanals für fremde Formen hier gerade nicht suchen. Von Kreidefaunen kennen wir aber aus dieser Gegend so gut wie nichts.

Wenn die Kordillere sich auf der genannten Strecke in den Pazifik hinein verzweigte, dürfte man auch erwarten, daß da, wo die Küstenkordillere nördlich davon wieder einsetzt, sie einen anderen Charakter aufweisen würde als südlich der vermuteten Abzweigung. Aber auch diese Voraussetzung trifft nicht zu, vielmehr erscheint sie, wo sie wieder einsetzt, mit denselben Merkmalen wie im S, mit denselben neogenen Meeresabsätzen auf ihrem kristallinen Sockel.

Sprechen nun alle diese Tatsachen gegen eine Verbindung der andinen Geosynklinale mit einem pazifischen Meeresgebiete, so lassen sich andererseits die bisher bekannten Tatsachen im N des andinen Küstenstreifens von Taltal bis Ilo mit der Deutung vereinbaren, daß hier die andinen Zonen, nachdem sie spitzwinkelig gegen die Küste ins Meer hinausgestrichen sind, wieder in das Festland einbiegen und nördlich von Arica in NW-Richtung zwischen der Hauptkordillere und der wieder einsetzenden Küstenkordillere fortsetzen. In dem Profile Mollendo-Titicacasee verzeichnet DOUGLAS Andengesteine und fossilarme sandige Doggerschichten in der Porphyritformation, im wesentlichen also eine Fortsetzung der Verhältnisse im S.

Im Lichte dieser Deutung würden also der gegenwärtige Zustand und besonders auch die scharfe Ecke von Arica ihre Erklärung darin finden, daß auf der Strecke von Taltal bis Ilo die Küstenkordillere ganz außerhalb des heutigen Festlandes im Meere versenkt liegt, und ebenso ein westlicher Streifen der Anden in einer Breite von über 50 km. — Die heutige Küste von Taltal bis Arica wäre demnach eine NNO gerichtete Abbruchlinie, die das Streichen der Kordillere unter spitzem Winkel mit schwach östlicher Abweichung schneidet, und die Strecke von Arica bis Ilo eine unter stumpfem Winkel dazu gerichtete Abbruchlinie, die ebenfalls spitzwinkelig, aber mit westlicher

Ablenkung, die hier bogenförmig gegen NW umbiegenden Zonen der Kordillere quert. Die Grenzlinie zwischen Küstenkordillere und Anden, ebenso die Zonen der Anden selbst, vollführen dann dieselbe allmähliche Umbiegung gegen NW wie sie durch den Verlauf der vulkanischen Hauptkordillere und auch der Ostkordillere mit ihrer südlichen Fortsetzung in die Cordillera de los Frailes vorgezeichnet wird. Der scharfe Winkel von Arica bezeichnet aber nur einen nachträglichen Ausbiß in der Kordillere selbst. Es sei daran erinnert, daß schon VAN DE WIELE (1906) aus der Gestalt der Halbinsel Mejillones auf einen hier erfolgten Abbruch an der Küste geschlossen hat¹⁾.

Der Verlauf der Küstenkordillere im mittleren und nördlichen Perú wird unter demselben Gesichtspunkte, daß nämlich der heutige Verlauf der Küste nur durch Abbruch erklärt werden kann, verständlich. Bei Pisco streicht die Küstenkordillere, die von Mollendo an bis hierher, wie es scheint mehrfach durch Ausbisse unterbrochen fortzieht, wieder ins Meer hinaus. Die Küste wird jetzt wieder für eine Strecke von etwa 300 km von Gesteinen der Anden gebildet. Selbst die vorgeschobene Insel S. Lorenzo gegenüber von Callao besteht aus fossilführendem Neokom. Auf den kleinen Inseln aber, die die Küste in einiger Entfernung begleiten, treten die Gesteine der kristallinen Küstenkordillere wieder hervor. RAIMONDI (1897) verzeichnet von den Islas de las Viejas Granit und Gneis, von den Chinchainseln Granit und Protogin. Von letzteren wurde durch den Ingenieur MARQUÉS in Lima eine Sammlung neogener Fossilien beigebracht. Auch von den weiter nördlich der Küste von Perú vorgelagerten Inseln Isla Lobo, Islas de Guafape und den Islas de Lobos kennt RAIMONDI Altkristallin.

Im nördlichen Perú — an welchem Punkte zuerst ist nicht genauer bekannt —, tritt die Küstenkordillere aber auch wieder auf das Festland über, aber es läßt sich bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse nicht angeben, in welchem Maße sie oder Teile der Anden sich an seinem Aufbau beteiligen. Bei Pacasmayo traf ich alte Schiefer und Quarzite, bei Payta liegen tertiäre Meeresablagerungen diskordant über alten Schiefen mit undeutlichen Fossilien; Schiefer und darin injizierte Granite setzen auch die Sierra de Silla im SO von Payta zusammen. Im Amotapegebirge ragt Granit aus der mächtigen Hülle erdölführenden Tertiärs heraus, und noch im NO davon, S Tumbes, finden sich außer Granit Gneis, Phyllit und Quarzit unter dem Tertiär. Hier, im nördlichsten Perú, etwa vom 5.^o s. B. an, verbreitert sich offenbar die Küstenkordillere erheblich und die tertiäre Bedeckung erreicht große Ausdehnung und Mächtigkeit. Dieser Wechsel fällt zusammen mit dem Umschwenken der Kordillere aus NW- in N-Richtung und mit der Erniedrigung des Gebirges an der Grenze von Ecuador und Perú. Hier endet aber auch der bisher einfache und verhältnismäßig klare Bauplan der Kordillere. Denn N vom Golf von Guayaquil zweigt wie es scheint unter fast rechtem Winkel zum ersten Mal ein Ast vom Gebirge gegen den Pazifik ab, die aus kieseligen Inoceramenkalken und dioritischen oder diabasischen Eruptiven aufgebaute Kordillere von Chongon und Colonche WOLFS. Hier beginnt die Verfingerung der Kordillere, die mit der Annäherung an Mittelamerika sich immer stärker ausprägt. Man könnte sagen, mit dem Golf von Guayaquil beginnt, wenn auch nicht der Bau Mittelamerikas selbst, so doch der mittelamerikanische

¹⁾ Nebenbei bemerkt, besitzt die ganze Westküste Südamerikas den Charakter einer Abbruchküste verhältnismäßig jugendlicher Entstehung. Schon die Dürftigkeit und Lückenhaftigkeit der fast ausschließlich mittel- und jungtertiären Meeresabsätze spricht dafür. Ebenso sehr aber auch der Küstenverlauf im einzelnen. Eine Wiederholung der von dem Ausbiß von Arica geschilderten Verhältnisse findet sich bei La Ligua, N Valparaiso. Vergl. darüber S. 77 Anm.

Anteil der Kordillere. Hier liegt der einzige große quere Schnitt innerhalb der Anden Südamerikas. Bei der minimalen Kenntnis, die wir vom dicht bewaldeten Küstengebiet des nördlichen Abschnittes besitzen, verliert aber die weitere Verfolgung der bisher behandelten Beziehungen zwischen Küstenkordillere und Anden jeden Wert.

Fassen wir das Behandelte zusammen. Nach meiner Auffassung wurde die andine Geosynklinale zur mesozoischen Zeit vom Kap Horn bis zum Golf von Guayaquil von einer Festlandsmasse begrenzt, die wesentlich aus Altkristallin und spärlichen und meist unsicheren paläozoischen Sedimenten aufgebaut war. Ihr fehlen gerade die bezeichnenden andinen Merkmale: Meeresabsätze aus Trias-, Jura- und Kreidezeit (ausg. Quiriquinaschichten), die basischen Effusiva des Jura und der Kreide, die junge Faltung und die granodioritischen Andengesteine, die ihr folgten; wie es scheint auch alle tertiären Eruptiva, von ganz vereinzelt Vorkommnissen (Chiloë) vielleicht abgesehen. Die meist wenig mächtigen Absätze der jungkretaceischen und der mittel- und jungtertiären, sowie der quartären Transgressionen besitzen überwiegend pazifisches, z. T. auch patagonisch-antarktisches Gepräge und greifen nur vereinzelt auf das Andengebiet über. Dieser Aufbau der pazifischen Festlandsmasse stimmt in großen Zügen, wenn auch nicht in allen Einzelheiten mit der lückenhaften Schichtfolge der Brasilianischen Masse überein, die die Anden im O begrenzt.

Von diesem pazifischen Kontinente der mesozoischen und teilweise auch der tertiären Zeit sehen wir heute nur noch einen schmalen östlichen Streifen als Westsaum des jetzigen Festlandes oder in der Form kleiner Inseln, die der heutigen Küste vorgelagert sind. Mehrfach ist aber der Ostsaum des Festlandes für längere oder kürzere Strecken, mit ihm Teile der Anden durch Versenkung unsichtbar geworden.

In deutlich sigmoidem Verlauf läßt sich der Ostsaum dieses Kontinents über mehr als 50 Breitengrade den Anden entlang laufend verfolgen. Die heute noch sicher erkennbare Breite von höchstens 150 km dürfte aber nur einen kleinen Bruchteil der ursprünglichen betragen. Denn es ist höchst unwahrscheinlich, daß eine Festlandsmasse von so gewaltiger Länge weniger als etwa ein Drittel derselben an Breite besessen haben sollte. Selbst wenn die Breite nur ein Fünftel der Länge betragen hätte, würden doch die Juan Fernandez-Inseln sowie S. Ambrosio und S. Felix auf sie zu liegen kommen, vielleicht auf ihren westlichen Rand. Ob dagegen die Galapagosinseln mit dem NW-Ende des pazifischen Festlandes in Verbindung gebracht werden dürfen, oder ob sie passender sich an den mittelamerikanischen Bau angliedern, muß zweifelhaft bleiben.

An der Stelle eines erheblichen Stückes dieses Festlandes, das zum großen Teil erst in tertiärer Zeit eingebrochen sein dürfte — die letzten Einbrüche fallen sicherlich erst ans Ende des Pliozäns —, findet sich heute das sog. präandine Becken (VAN DE WIELE), das man jetzt richtiger das postandine nennen müßte, da es hinter und nicht vor den Anden liegt. Das ist ein breites Tiefengebiet von über 4000 m Tiefe, das hart an der Westküste sich zu vier schmalen Gräben von Tiefen zwischen 5000 und fast 8000 m hinabsenkt, dem Lima-, Arequipa-, Atacama- (Copiapó-) und Valparaisograben. Das anscheinende Fehlen auch jungtertiärer Meeressedimente auf der Strecke zwischen Caldera (26°30') und Chala (16°) spricht dafür, daß dieser Küstenstrich ganz junger (?altquartärer) Entstehung ist. Das, soweit man weiß, vollständige Fehlen der alt- und mitteltertiärer Marinablagerungen auf der Strecke zwischen Navidad (34°) und Payta (5°) aber deutet darauf hin, daß auf dieser 3000 km langen Strecke das angrenzende westliche Festland erst zur Neogenzeit versenkt sein kann. Daher besitzen denn auch die alt-mitteltertiären Meeresfaunen im peruanisch-kolumbianischen Gebiete einen ausgeprägt

mittelamerikanischen, die südchilenischen einen ebenso ausgesprochen patagonisch-antarktisch-neuseeländischen Charakter, von einer einheitlich pazifischen Fauna ist noch nichts zu bemerken, da noch eine lange und sehr wahrscheinlich auch breite Festlandsmasse, mit Südamerika verschmolzen, den Norden vom Süden trennte. Erst als diese zum größten Teile versunken war, konnte sich zur Pliozänzeit eine einheitliche Meeresfauna ausbreiten an einer Küste, deren Verlauf der heutigen schon sehr nahe kam, aber offenbar den Winkel von Arica noch im sanften Bogen gegen den Pazifik ausglich. Nachdem auch dieser schmale Streifen entlang der heutigen Küste zwischen etwa 26° und 17° eingebrochen war, entstand die heutige Küstenlinie, deren Bestehen zur mittleren oder jüngeren Quartärzeit durch die gehobenen Terrassen und Muschelbänke angezeigt wird. Wo diese ausnahmsweise fehlen, können ganz junge Abbrüche von geringem Flächenraum eine zureichende Erklärung dafür abgeben.

An Stelle der zur Neogenzeit erfolgten Festlandseinbrüche finden sich heute die größten Meerestiefen des südöstlichen Pazifik mit den Gräben von über 4000 m, ein überzeugendes Beispiel für gewaltige Versenkungen im Laufe kurzer geologischer Zeiträume.

Als bedeutsam für die Vorgänge innerhalb der andinen Geosynklinale ergibt sich aus diesen Tatsachen, daß von der Südspitze des Feuerlandes bis zur Bucht von Guayaquil während der mesozoischen Zeit keine direkte Verbindung mit einem pazifischen Meeresteile bestanden haben kann, sondern daß die Wanderungen der Meeresbewohner nur durch einen nördlichen, mittelamerikanischen oder durch einen südöstlichen, patagonischen Ausgang stattgefunden haben. Der wesentliche Teil der Geosynklinale war in einem schmalen Streifen gelegen, dessen Länge rund 6000 km betrug, bei einer zwischen 200 und 500 km schwankenden Breite (unter Einrechnung der durch die spätere Faltung hervorgebrachten Querverkürzung). Heute gibt es keine Meeresarme von so gewaltiger Längenausdehnung, aber vielleicht bietet das ostafrikanische Grabensystem mit der Fortsetzung im Roten Meer und Jordangraben ein Beispiel, an dem wir uns die Entstehung eines solchen Meeresarms verdeutlichen können.

Im Sinne dieser Ausführungen darf die Bezeichnung „Küstenkordillere“ oder „Küstenkordillere“ in geologischem Sinne nicht weiter beibehalten werden. Denn was man darunter begriffen hat, gehört zum größten Teile einem geotektonischen Elemente an, das mit den Kordilleren, d. h. mit einem Faltengebirge tertiären Alters, gar nichts zu tun hat. Zum anderen Teile sind darunter Stücke der westlichen Kordillere verstanden, die nur durch nachträgliche Versenkung des altkristallinen Küstenstreifens zur „Küstenkordillere“ geworden sind. Die altkristalline Masse aber, die meiner Auffassung nach die andine Geosynklinale bis ins nördliche Perú ursprünglich begrenzt hat und das pazifische Gegenstück zur Brasilianischen Masse vorstellt, sollte auch ihrem Wesen entsprechend bezeichnet werden, am besten als „Pazifische Küstenmasse“.

Die Grenze zwischen Pazifischer Küstenmasse und Kordillere verläuft auf lange Strecken hin außerordentlich deutlich und im großen und ganzen der heutigen Westküste des Festlandes parallel. Nur wo junge Versenkungen spitzwinklig in sie eingeschnitten haben, wie in der Bucht von Arica (siehe S. 74) und in der Bucht von La Ligua¹⁾, oder wo breitere Stücke

¹⁾ In der Liguabucht, N Valparaiso (32° 30'), stoßen die Küstenlinien von N und NW her unter sehr stumpfem Winkel zusammen und es wiederholen sich hier die Verhältnisse der Bucht von Arica im kleinen, d. h. die Pazifische Küstenmasse erscheint hier durch spitzwinklig gegen die Grenzlinie zwischen ihr und der Kordillere verlaufende Verwerfungen auf eine kurze Strecke voll-

von der Küstenmasse stehengeblieben sind, wie in der Paytamasse (?), setzt der Parallelismus aus. Wo die Kordillere mit ihren bezeichnenden mesozoischen Sedimenten oder Effusiven an die altkristalline Masse anstößt, oder wo sich über die Grenzlinie noch ein breiter Streifen diluvialer Bedeckung hinüberlegt, wie in vielen Teilen des chilenischen Längstals, bleibt kein Zweifel bestehen. Schwieriger ist die Grenzlinie dort zu verfolgen, wo der Westrand der Kordillere überwiegend aus ebenfalls altkristallinen Gesteinen oder jungen Granodioriten besteht, deren genauere Untersuchung zumeist noch aussteht, wie im westlichen Patagonien. Zwar gestattet von der Bucht von Reloncavi ($41^{\circ} 30'$) bis in den Süden des Chonosarchipels (45°) die Reihe junger Vulkane, die nahe an die Küste des Festlandes gerückt sind, angenähert die Festlegung der Grenze gegen die Küstenmasse, und dasselbe trifft für die Strecke zwischen 51° und $52^{\circ} 30'$ zu, wo Cerro Blanco und Mt. Burney als jungvulkanische Eckpfeiler der Kordillere auftreten (QUENSEL 1910, Karte). Aber dazwischen liegt eine lange, nur sehr unvollkommen bekannte, stark vergletscherte Strecke, wo dieses Merkmal auszusetzen scheint und wo sich in dem einzigen tieferen Einschnitte in die Kordillere (Bakerfjord) granitische Gesteinsarten von der Küste bis tief in das Gebirge hinein erstrecken, ohne daß die bisherigen Beobachter eine auffällige Grenze hätten finden können.

3. Besonderheiten der andinen Geosynklinale.

Wie jedem größeren Faltengebirge so kommen auch den Kordilleren gewisse Merkmale zu, die anderen Faltengebirgen fehlen oder in ihnen doch nur in ähnlicher Weise wiederkehren. Von solchen Merkmalen mögen hier zwei besonders hervorgehoben werden, weil ihre Kenntnis und Würdigung erst die Vorgänge zur Zeit der Geosynkinalbildung richtig verstehen helfen.

1. Abtragungen während der mesozoischen Zeit. Die andine Geosynklinale ist, auch abgesehen von den Brasilianden mit ihrer ganz lückenhaften marinen Schichtfolge, nicht andauernd während des Mesozoikums vom Meere bedeckt gewesen. Vielmehr haben mehrfach Trockenlegungen kleinerer oder größerer Teile stattgefunden und die vorher abgelagerten Meeresabsätze sind zu solchen Zeiten in bedeutendem Maße abgetragen worden.

Schon das ganz sporadische Vorkommen der marinen Triassedimente in weit voneinander entfernten Gegenden der Kordillere und ihr zweifelloses Fehlen in manchen dazwischen liegenden Gebieten weist auf beträchtliche Abtragungen hin. In Nordperú, wo marine Triasablagerungen eine größere Verbreitung besitzen, transgrediert doch vielerorts der untere Lias über paläozoischen, meist karbonischen Gesteinen, nicht fern von dem Vorkommen der Triasgesteine. Hier sind also entweder gar keine Triasgesteine abgesetzt worden oder sie wurden vor der Transgression des Liasmeeres wieder entfernt. Letzteres begreift sich leicht, da Meeresabsätze aus rhätischer Zeit noch nirgends in Südamerika gefunden sind und dieser Zeitabschnitt hier wie auch in Nordamerika und auf dem überwiegenden Teile aller heutigen Festlandsmassen wenn überhaupt so nur durch festländische Absätze mit Landpflanzen

ständig versenkt. Daher treten bei Purutun-Melon, N Quillota, fossilreiche Porphyrituffe des mittleren Doggers, also echte Kordilleregesteine, bis auf nur 15 km Entfernung an die Küste heran (MÖRITZKE 1898), und an der Küste in der Bucht von Ligua selbst erscheinen fossilführende Schichten der oberen Trias (GROEBER 1922). Nur wenn man, wie das früher geschah, unter Küstenkordillere alle der Küste entlang laufenden Bergmassen ohne Rücksicht auf ihren geologischen Bau versteht, darf man sagen, hier träten Gesteine der Kordillere auf die Küstenkordillere über.

vorgestellt wird. Es war dies eine ausgesprochen geokratische Periode, die es erklärt, warum wir von der Meereswelt dieser Zeit nur ein ganz geringfügiges Bruchstück kennen.

Innerhalb der Juraformation treten durch Abtragung erzeugte Lücken der Schichtfolge ganz besonders deutlich hervor. Während z. B. der untere Lias sich im Bereiche eines sehr großen Teils der Kordillere von Perú, Chile und Argentinien meist in fossilführender Ausbildung nachweisen läßt, kennt man höhere Glieder dieser Abteilung sowie fossilführende Absätze des Doggers und Malms in viel geringerer Verbreitung, so besonders in Perú, wo entweder die Absätze dieser Zeiten von vornherein eine viel geringere Verbreitung besessen haben oder wo sie vor Ablagerung der Kreide wieder entfernt worden sind. Unterer oder mittlerer Lias werden nach meinen Beobachtungen daher hier häufig von Neokom unmittelbar ohne deutlich erkennbare tektonische Diskordanz überlagert, während in nicht großer Entfernung davon Glieder des mittleren Doggers dazwischen eingeschaltet liegen. Oder Kreideschichten transgredieren in diskordanter Lagerung über Dogger, wie es DOUGLAS im Profile Arequipa—Titicacasee nachweisen konnte. In vielen Teilen der Kordillere, z. B. in den Columbianen, ebenso aber auch am Westrande der Kordillere von Perú transgrediert ältere Kreide oder Tithon unmittelbar über paläozoischem oder älterem Untergrunde. Auch hier läßt sich schwer entscheiden, ob der Jura ursprünglich schon gefehlt hat oder ob er vorhanden war und nur abgetragen worden ist.

Selbst innerhalb des Zeitabschnittes des Neokoms im weiteren Sinne, der wie der Unterlias durch eine besonders weite Verbreitung mariner Absätze gekennzeichnet ist, werden in manchen Teilen der Kordillere ausgedehnte Festlandsgebiete erkennbar. Durch den größten Teil der Kordillere von Perú sind kohleführende Sandsteine und Schiefer ohne marine Reste, aber erfüllt mit einer Wealdenflora und gelegentlich auch mit Cyrenen, verbreitet, Absätze auf einer sinkenden, aber vom Meere nicht bedeckten Festlandsmasse, die erst zur Zeit des Barrême oder Apt wieder vom Meere überflutet wurde. Trockenlegungen ausgedehnter Gebiete der mittleren Anden haben sich auch in jüngeren Zeiten der Kreide bemerkbar gemacht¹⁾.

2. Vulkanische Fazies des Mesozoikums. Im Gegensatz zu Europa und vielen anderen Festlandsmassen zeichnet sich gerade die mesozoische Zeit in Südamerika durch eine so gewaltige Masse effusiver Eruptiva aus, daß, wenn sich unsere Vorstellungen von der Periodizität der vulkanischen Tätigkeit in erster Linie auf die Erfahrungen in Südamerika gegründet hätten, nicht das Paläozoikum und Tertiär, sondern Trias, Jura und Kreide als die Perioden des gesteigerten Vulkanismus hätten gelten müssen, und diese unzutreffende Vorstellung würde sich ebenso festgesetzt haben, wie es die andere, ebenso unzutreffende, getan hat.

Es lassen sich drei zeitlich, und i. a. auch örtlich, getrennte Effusivkomplexe der mesozoischen Zeit in Südamerika unterscheiden.

a) Der eine umfaßt die melaphyrisch-diabasische Deckenergüsse der Trias in Südbrasilien, Uruguay, Paraguay und in den argentinischen Provinzen Entre Rios und Misiones. Ihre Ausdehnung wird der der

¹⁾ Regionale Eindampfungen des Meeres, die zur Ausscheidung von Gips in größeren Massen führten, sind in verschiedenen Horizonten des Jura und der Kreide nachgewiesen. Der am weitesten verbreitete Gipshorizont fällt in die Oxfordstufe, er läßt sich von den mittelargentinischen Kordillere bis nach Caracoles in Atacama verfolgen. Ein jüngerer Horizont fällt in die mittlere Kreide, jedenfalls in das Hangende des Barrême oder Hauterive, wie bei Puente del Inca, in der Kordillere von Copiapó, sowie am oberen Apurimac, W Cusco.

Dekkan-Trapps gleich erachtet, aber sie ist vielleicht noch erheblich größer. Denn in den Brasilianen Boliviens treten mehrfach an der Basis des Pucasandsteins Decken und Tuffe der gleichen Gesteine auf, die, wenn nicht etwa der jüngeren Porphyritformation der Anden, so sicherlich jenen „Serra Geral-Effusiven“ zuzuzählen sind. Auch in den Brasilianen Nordargentiniens fehlen Melaphyre in den wahrscheinlich triadischen Paganzoschichten nicht.

b) Ein zweites, räumlich fast vollständig davon getrenntes Eruptionsgebiet triadischer Zeit breitet sich im südlichen Drittel des Kontinents aus. Schon im Feuerlande beginnen sich die ersten Anzeichen der sog. Porphyritformation zu zeigen, die, wie der Name besagt, ganz überwiegend saure Gesteine in der Form von Decken, Tuffen und Agglomeraten umfaßt. Im Liegenden des Jura lassen sich diese Quarzporphyre auf dem Ostabhange der argentinischen Kordillere bis in das Famatinagebirge hinein verfolgen, aber sie treten auch in großer Ausdehnung auf das patagonische Tafelland über und reichen hier, allerdings zumeist von Kreide und Tertiär verdeckt, bis an die Küste des Atlantik. Im nördlichen Chile (Kordillere von Huasco und Copiapó) greifen sie auch auf den Westabhang des Gebirges über, wenn auch nur in anscheinend unbedeutender Ausdehnung. Ihr Alter wird durch ihre Zwischenstellung zwischen Perm einerseits und Lias andererseits als triadisch und durch ihre Verknüpfung mit Estherien-führenden Schiefer-tonen als wahrscheinlich obertriadisch festgestellt. In den Pflanzen-führenden Rhätschichten von La Ternera (Kordillere von Copiapó) finden sich die Gerölle dieser Quarzporphyre schon in großen Mengen. Wenn sich auch das ursprüngliche Verbreitungsgebiet dieser Eruptivformation und ihre durchschnittliche Mächtigkeit nur angenähert feststellen läßt, so zeigt doch die sichergestellte Längenausdehnung von über 30 Breitengraden innerhalb der Kordillere, daß ein namentlich für europäische Verhältnisse ganz ungeheures Eruptivgebiet vorliegt.

Als ein naheliegendes Vergleichsgebiet drängt sich die Eruptivformation des Rotliegenden in Mitteleuropa auf. Hier treten beide Gesteinstypen, die basischen der Melaphyrformation und die sauren der Porphyritformation, wie dort als Ausbrüche der gleichen Zeitperiode auf. Aber sie sind hier regional nicht so scharf geschieden wie dort, und ihre Ausdehnung verschwindet fast gegenüber den gewaltigen Flächen, die in Südamerika von beiden Formationen zusammen eingenommen werden.

c) Als Porphyritformation bezeichnen wir im Gegensatz zur Porphyritformation die Gesamtheit der ausgesprochen basischen Eruptiva, die sich von der Melaphyrformation durch jüngeres Alter, durch größere Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung und marine Entstehungsart unterscheiden¹⁾. Hierbei

¹⁾ Es läßt sich aus der vorliegenden Literatur nicht mit voller Sicherheit entnehmen, ob die hier vertretene Trennung der mesozoischen Eruptiva in eine triadische Porphyritformation und in eine jurasso-kretazäische Porphyritformation überall den wirklichen Verhältnissen entspricht, denn es fehlt nicht an Angaben, wonach Porphyrite in vorjurassischen, und Porphyre in jurassischen Schichten auftreten, besonders in der mittel- und nord-argentinischen Kordillere. Meine Auffassung stützt sich auf meine eigenen Beobachtungen und auf die von Herrn Professor GERTH, der über die mir unbekanntem Teile der argentinischen Kordillere große Erfahrungen besitzt. Wo sich quarzporphyrisches Material in fossilführenden liasischen Schichten findet, wie das in den argentinischen Kordilleren mehrfach der Fall ist, dürfte es sich nicht um Tuffe in ursprünglicher Lagerung und von gleichzeitiger Entstehung, sondern um Material handeln, das aus älteren, triadischen Schichten abgetragen und eingeschwemmt ist, also um Tuffite. Ein sicherer Anhaltspunkt für Eruptionen von Quarzporphyren zu jurassischer Zeit ist meiner

wird der Name Porphyrit — was wohl im Auge zu behalten ist —, nicht in dem beschränkten Sinne der heutigen petrographischen Bezeichnungswiese ausschließlich für die porphyrischen Glieder des dioritischen Magmas gebraucht, wie sie als gangartige Nachschübe und Spaltungsprodukte der Andendiorite in der Kordillere nicht selten auftreten, sondern für die Gesamtheit der überwiegend effusiven Diabasporphyrite, Augitporphyrite und Melaphyre, die sich durch ihre beständige Augitführung als aus einem gabbroiden Magma stammend erweisen. Sie treten hauptsächlich in der Form von Decken, untergeordnet auch von Gängen und kleinen Stöcken, ganz besonders aber als Agglomerate, Tuffe und Tuffite auf und bilden in inniger Verknüpfung mit normalen Sedimenten kalkiger, toniger und sandiger Natur eine durchgängig geschichtete Formation, die stellenweise bis zu mehreren Kilometern Mächtigkeit erreichen kann. Ihre gesamte Erscheinungsform, ihre Verknüpfung mit normalen Meeressedimenten, sowie ihre gelegentliche Fossilführung stempelt sie zu einer ausgesprochen marinen Bildung. Vulkanische Ausbrüche im, unter oder dicht über dem Niveau des Meeresspiegels haben sie geschaffen, und die dauernde Senkung ihres Bildungsraumes sowie die einebnende Wirkung des Meeres haben ihr Material als geschichtete Marinformation erhalten helfen. Dabei haben durchgreifende Zersetzungen unter Mitwirkung des Meeresswassers und Verfestigungen der agglomeratischen, tuffigen und tuffitischen Absätze Platz gegriffen, wodurch sich die überwiegend braunroten und graugrünlichen, im einzelnen recht wechselvollen Farben erklären („pórfidos abigarrados“).

An Ausdehnung übertrifft die Porphyritformation jede der beiden anderen vulkanischen Formationen. Vom Lago S. Martin in Patagonien (49°) ist sie über rund 50 Breitengrade bis jenseits des Äquator hinaus verfolgt worden. Dabei bleibt aber ihre Breitenausdehnung verhältnismäßig gering. Denn im Gegensatz zu den beiden anderen greift sie nicht über den Bereich der Hauptanden seitlich hinaus, den Brasilianen ist sie ebenso fremd wie dem patagonischen Tafellande und der pazifischen Küstenmasse. So wird sie zu einem ausgesprochen andinen Elemente, das soweit bekannt, in die Antarktanden gar nicht, in die Columbianen nur ein Stück weit innerhalb der sog. Westkordillere Ecuadors eingeht, die als die unmittelbare Fortsetzung der porphyritischen Westkordillere Nordperús gelten darf.

Ohne auf Einzelheiten eingehen zu können, möge über die räumliche und zeitliche Verbreitung der porphyritischen Fazies folgendes bemerkt werden. In den chilenisch-argentinischen Kordilleren beginnt sie vielerorts schon im Lias, z. T., wie in der Kordillere von Copiapó, schon im unteren, und vertritt die verschiedensten Horizonte dieser Abteilung. Mitten zwischen solchen sehr mächtigen vulkanischen Sedimenten schieben sich aber meist örtlich beschränkte, ebenfalls recht mächtige Kalksedimente ein, die nach den eingeschlossenen Fossilien der gleichen Stufe angehören wie die porphyritischen Gesteine.

Im Bereiche der Hauptanden Argentinien und Chiles finden sich verschiedentlich zwischen die einzelnen fossilführenden, mehr oder weniger normalen Sedimente des Doggers und Malms porphyritische Massen eingeschaltet, oder es liegen Fossilien unmittelbar in tuffigen oder tuffitischen Gesteinen. Daraus geht hervor, daß die Eruptionen auch während dieser

Ansicht nach nur dann gegeben, wenn Decken oder unbezweifelte Primärtuffe vorliegen, wofür aber der Nachweis nicht erbracht zu sein scheint. Wenn angegeben wird, daß Gänge von Quarzporphyr Juraschichten durchsetzen, wäre erst zu prüfen, ob nicht Gänge von tertiären Lipariten oder Daziten vorliegen, die meiner Erfahrung nach oft nur schwer von den triadischen Quarzporphyren zu unterscheiden sind.

Abschnitte der Jurazeit in ausgedehntem Maße hier Platz gegriffen haben, während in den Gebieten, die nicht von den vulkanischen Massen eingedeckt wurden, Sedimente kalkiger oder sandiger Natur entstanden.

Wie ungleichmäßig aber wieder doch im einzelnen die Eruptionen verteilt gewesen sind, geht daraus hervor, daß Juraschichten aus Nordperú überhaupt noch nicht in vulkanischer Fazies bekannt geworden sind. An der Grenze von Jura- und Kreidezeit scheint ziemlich allgemein eine Unterbrechung in den Eruptionen eingetreten zu sein, da Tithon und Neokom trotz ihrer weiten Verbreitung in den verschiedensten Teilen der Anden kaum irgendwo in vulkanischer Ausbildung angetroffen sind. In jung- und nachneokomer Zeit setzen die Eruptionen aber wieder in den verschiedensten Teilen der Anden ein, und sie dauern mancherorts, wie in der Westkordillere Nordperús sicher bis in die Senonzeit an, wenn auch vielleicht mit einigen Unterbrechungen. Es muß hierbei aber betont werden, daß das genauere Alter mächtiger und ausgedehnter Komplexe porphyritischer Massen nur innerhalb recht weiter Grenzen bestimmt ist, teils wegen Mangel an fossilführenden Einschaltungen, teils wegen ungenügender Durchforschung. Nichtsdestoweniger darf ein jurassokretazäisches Alter für die Gesamtheit der Porphyrite mariner Bildungsweise in der Kordillere als gesichert gelten, solange keine dem widersprechende Beobachtungen vorliegen.

Am Aufbau der östlichen Hälfte der peruanischen Kordillere, etwa östlich einer Linie Loja (S. Ecuador)-Cajamarca, Ostabhang der Cordillera Blanca, Cerro de Pasco-Ayacucho-Puno, beteiligt sich das porphyritische Element so gut wie gar nicht, wenn man von einigen wenigen unbedeutenden Vorkommnissen in der westlichen Randzone absieht. Bemerkenswerterweise ist dieser Teil der Kordillere auch so gut wie frei von Andengesteinen und anderen tertiären Eruptiven, mithin das einzige größere Gebiet normaler Sedimentation innerhalb der Hauptanden.

Es liegt in der Natur der Porphyritformation begründet, daß sie im allgemeinen fossilfrei ist. Wohl finden sich an einzelnen Stellen in den Tuffen oder Tuffiten Molluskenreste aus der Zeit ihrer Bildung eingeschlossen, aber für gewöhnlich dürften diejenigen Stellen des Meeres, wo sich Laven ergossen oder wo sich grobkörnige Agglomerate bildeten, oder wo Aschen und Tuffe in größeren Mengen fielen, kein günstiges Feld für die Ansiedlung von Mollusken geboten haben. Daraus wird auch verständlich, warum man die meisten Horizonte des Jura und der Kreide nur mit kleineren oder größeren Unterbrechungen durch das Gebirge verfolgen kann, wo die Porphyritformation entwickelt ist. Über die für dauernde Ansiedlung ungünstigen Stellen hinweg scheinen aber die freischwimmenden Larven ihren Weg zu günstigen Wohnplätzen gefunden zu haben. Anders ließe sich das Auftreten der gleichen Faunen an weit voneinander abliegenden Punkten, zwischen denen sie gänzlich zu fehlen scheinen, auch nicht wohl begreifen.

Wir kennen zwar aus den verschiedensten Zeiten der Erdgeschichte marin-vulkanische Sedimente, die sich mit der Porphyritformation sowohl bezüglich der Bildungsweise als auch bezüglich der basischen Natur des daran beteiligten Magmas vergleichen lassen. Man denke nur an die Diabas-Schalstein-Fazies des Devons in Mitteleuropa, an die Augitporphyrit-Melaphyr-Fazies der süd-alpinen Trias oder an die basaltische Fazies des Vicentiner Alttertiärs. Vor allen bis jetzt bekannten marin-vulkanischen Bildungen zeichnet sich aber die Porphyritformation der Hauptanden durch sehr bedeutende Mächtigkeit und ungewöhnlich große Ausdehnung aus.