

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Geologische und morphologische Beobachtungen in den Kordilleren Südperús.

Von **H. Gerth** (Bonn).

(Mit Tafel II—VII und 1 Textfig.)

Im Juli und August 1913 unternahm ich mit Unterstützung der Rheinischen Gesellschaft für wissenschaftliche Forschung eine Reise durch Südperú von der alten Inca-Stadt Cuzco, die jetzt an die Südbahn angeschlossen ist, nach Huancayo, dem derzeitigen Endpunkt der peruanischen Zentralbahn, und führte von dieser Route verschiedentlich Abstecher in die Ost- und Westkordillere aus. Obwohl mir nur die beschränkte Zeit von sechs Wochen zur Verfügung stand, hoffte ich doch, mit der Technik des Reisens in Südamerika durch meine dreijährige Tätigkeit als Geologe der argentinischen Regierung gut vertraut, auf einigen Erfolg, besonders da Südperú in geologischer Beziehung noch fast vollkommen »Neuland« ist. Leider erlitten meine Ergebnisse eine recht erhebliche Einbuße dadurch, daß meine ganzen Aufsammlungen an Gesteinen und Fossilien mit dem Dampfer *Acilia* der Hamburg-Amerika Linie in der Magalhaes-Straße untergegangen sind. Dieser Verlust ist um so schmerzlicher, einmal weil die mesozoischen Formationen vielfach aus harten Kalken bestehen, deren sichere Altersbestimmung erst die Herausätzung der verkieselten Versteinerungen möglich machen konnte, und weil auch zur einwandfreien Deutung der in der Kordillere so verbreiteten und mannigfaltigen Eruptivgesteine vielfach eine mikroskopische Untersuchung im Laboratorium unumgänglich notwendig ist. Ich glaube aber, meine auf der Reise gemachten Beobachtungen doch veröffentlichen zu dürfen, da sie in einem noch so wenig bekannten Gebiet gemacht wurden, und weil sie einem Forscher, der in Zukunft diese Gegenden mit mehr Glück und Zeit durchstreift, einige wertvolle Anhaltspunkte geben können¹⁾.

¹⁾ Für diesen letzteren Fall möchte ich hier auf eine technische Schwierigkeit aufmerksam machen, die sich in Perú dem Reisenden entgegenstellt, besonders dem Geologen, der oft genötigt ist, abseits von der Hauptroute zu wandern, nämlich auf den Mangel an Futter für die Tiere. Da der dortige Sommer durch wochenlang andauernde Regenperioden ausgezeichnet ist, bleibt der Winter die beste Reisezeit,

Auch an dieser Stelle möchte ich Herrn Geheimrat STEINMANN meinen Dank aussprechen dafür, daß er mich zu der Reise in das noch so wenig untersuchte und interessante Gebiet veranlaßte und mir die erwähnte finanzielle Unterstützung ermöglichte. Ferner muß ich hervorheben, daß die peruanische Regierung jedem Forscher in ihrem Lande alle Unterstützung zu teil werden läßt, die in ihren Kräften steht. Ganz besonders bin ich Herrn Professor BRAVO in Lima, dem Direktor des »Cuerpo de Ingenieros de Minas«, verpflichtet für seine Bemühungen, mein Unternehmen in jeder Beziehung zu fördern und zu unterstützen.

Während wir über den Aufbau der Kordillere in Nord- und Zentralperú, sowie auch in Bolivien durch die Reisen von D'ORBIGNY, FORBES, STEINMANN, SIEVERS u. a. verhältnismäßig gut unterrichtet sind, ist Südperú noch recht wenig erforscht. Unsere Kenntnis über diesen Teil der Republik in geographischer und geologischer Hinsicht beruht vor allem auf den Reisen RAIMONDIS (1874)¹⁾. Sein Lebenswerk war eine topographische Aufnahme des ganzen Landes, die auch heute noch die einzige Grundlage aller kartographischen Darstellungen Perús bildet. Die Karte RAIMONDIS ist eine ganz hervorragende Leistung, wenn wir bedenken, daß sie von einem einzelnen Manne nur mit den primitivsten Hilfsmitteln aufgenommen wurde, aber diese Umstände bringen es auch mit sich, daß sie nur in den großen Zügen Anspruch auf Richtigkeit machen kann, und namentlich die Darstellung der Gebirgszüge vielfach eine ganz schematische ist. In den Jahren 1888—90 bereiste HETTNER die Umgebung von Cuzco bis zur Montaña²⁾ und dem Rio Pachachaca, und zu Anfang der 90er Jahre durchquerte der deutsche Arzt MIDDENDORF Südperú auf der Haupttroute. Von peruanischen Bergingenieuren wurden dann einzelne Gebiete besucht (DUEÑAS, 06, 07 u. 08, JOCHAMOWITZ, 08), aber erst in allerjüngster Zeit entwickeln die Nordamerikaner eine intensive wissenschaftliche Tätigkeit im Süden der Republik. Von der Yale Universität sind mehrere Expeditionen ausgerüstet worden, die in erster Linie archäologische Zwecke verfolgten, aber auch von Geologen und Topographen begleitet waren, die in der Umgebung von Cuzco eine Reihe von Untersuchungen und Aufnahmen ausführten.

und zwar von März an, weil dann unmittelbar nach der Regenzeit das meiste Grünfutter zu finden ist. Nach der Trockenperiode am Ende des Winters ist nur bei menschlichen Wohnungen Gerste als Futter für die Tiere zu bekommen und selbst die natürlichen Weiden in den Kordillere sind durch die großen Lamaherden vollständig abgeweidet. Der Reisende wird sich aber immer genötigt sehen, eine möglichst große Futtermenge mitzuführen, um unabhängig zu sein, und bei längerem Aufenthalt in abgelegenen und futterarmen Gegenden geradezu Futterdepots errichten müssen.

¹⁾ Die Jahreszahlen in Klammern hinter Autornamen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit.

²⁾ Montaña wird das dichtbewaldete Bergland mit tropischem Klima am Fuße der Ostkordillere genannt im Gegensatz zur Puna, den öden Hochgebirgen der Kordillere mit rauhem Klima.

Obwohl Südperú bisher noch so wenig die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt hat, dürfen wir doch gerade von seiner weiteren Erforschung die Lösung einer ganzen Reihe von Problemen nicht nur geologischer, sondern auch rein geographischer Natur erwarten. Wenn es mir auch nur möglich war, einige wenige Beobachtungen zu machen, die diese Fragen ihrer Lösung näher bringen können, so möchte ich doch wegen des allgemeineren Interesses, das sie beanspruchen, einige der wichtigeren hier kurz darlegen.

In Bolivien schaltet sich zwischen Ost- und Westkordillere ein ausgedehntes Hochland ein, dessen größter Teil ein in sich geschlossenes, abflußloses Becken ist. Die Wasser des nördlichen Abschnittes sammeln sich im Titicacasee, von hier fließt der Überschuß, der trotz der starken Verdunstung bleibt, in südlicher Richtung durch den Rio Desaguadero zum Lago Poopó, in ihm und den benachbarten Salaren fallen die Wassermassen endgültig der Verdunstung anheim. Schon lange kennt man sowohl aus der Umgebung des Titicaca- als auch des Poopósees alte Strandterrassen und Seeabsätze, z. T. in recht beträchtlichen Höhen über den heutigen Seenspiegeln. Man hat früher allgemein angenommen, daß es sich um die Spuren eines alten großen Sees handele, der einst einen weiten Teil des bolivianischen Hochlandes bedeckte und von dem Titicaca- und Poopósee die letzten Überbleibsel sein sollten. In den letzten Jahren hat sich eine von J. BOWMAN (1914) geleitete Expedition der American Geographical Society mit dem Studium dieser alten Seeabsätze befaßt. BOWMAN kam zu dem Resultat, daß die alten Absätze und Terrassen zu zwei ganz verschiedenen Seen gehören. Es gab sowohl einen alten Titicacasee (Lake Ballivian), als auch einen alten Poopósee (Lake Minchin), deren Spiegel höher lagen, als das heute der Fall ist. Aber der Spiegel des alten Titicacasees lag etwa 50 m höher als der des Minchinsees und er ist viel älter als dieser. Wenn auch durch diese interessanten Untersuchungen BOWMANS die Geschichte dieser Seen wesentlich gefördert worden ist, so harret doch die Frage nach der ersten Entstehung des Titicacasees, bzw. seines Vorläufers, noch ihrer Lösung¹⁾. Wir gehen wohl kaum fehl, wenn wir annehmen, daß der ausgedehntere

¹⁾ Die von OCHSENIUS (1886—90) vertretene Theorie, daß die Seen des bolivianischen Hochlandes Meeresrelikte seien, die bei einer verhältnismäßig jungen Heraushebung des ganzen Gebirges aus dem Meere übrig geblieben und mit in die Höhe getragen sein sollen, ist nicht ernstlich diskutierbar. Nirgends haben sich auf dem bolivianischen Hochland junge marine Ablagerungen gefunden, und die Fauna des Titicacasees ist keineswegs eine marine Reliktenfauna. Die Fische, Cyprinoiden und Siluroiden, sind weit verbreitete Süßwasserformen, ebenso die Mollusken. Die Crustaceen, Orchestiiden haben ihre nächsten Verwandten allerdings im Meer, aber sie können sehr gut durch Wasservögel verschleppt sein, denn das Wasser des Sees ist nach AGASSIZ (1876) nicht kalt, sondern verhältnismäßig warm, etwa 14° an der Oberfläche und etwa 12° am Boden des Sees im Durchschnitt. Trotzdem findet die Theorie auch neuerdings wieder in geologischen Abhandlungen Aufnahme (DOUGLAS, 1914, S. 48).

Vorläufer des heutigen Titicacasees in der Diluvialzeit entstanden ist. Der See macht mit seinen unregelmäßigen Konturen, die bedingt sind durch die zahlreichen in ihn ausstreichenden Höhenzüge, die z. T. als Inseln wieder aus dem Wasserspiegel anfragen, ganz den Eindruck eines großen Stausees. Er muß jünger sein als das mehrere 100 m tief unter sein Niveau eingeschnittene alte Talsystem bei La Paz. Diese alte, gewaltige Furche wurde während des Diluviums von mächtigen fluvioglazialen Ablagerungen aufgefüllt, in die sich dann der La Paz-Fluß sein jetziges Bett eingeschnitten hat, sie zeugt aber dafür, daß die hydrographischen Verhältnisse am Westabhang der Ostkordillere zu Beginn des Quartärs ganz andere gewesen sind als heute. Verfolgen wir das Hochland von Bolivien über den Titicacasee nach NW., so sehen wir in Südperú an seine Stelle bald ein von tiefen Tälern durchfurchtes Bergland treten. Dieser Wechsel im Landschaftscharakter wird dadurch bedingt, daß die Quellflüsse des Amazonassystems nicht mehr wie in Bolivien im Bereich der Ostkordillere entspringen, sondern in Südperú vom Ostabhang der Westkordillere kommen. In tief eingeschnittenen Quertälern durchströmen sie das Gebirge zwischen den beiden Hauptkordillerenzügen und sammeln sich zwischen den ersten Ketten der Ostkordillere zu großen Längstälern, die schließlich auch dieses letzte Hindernis durchbrechen, um das brasilianische Vorland zu erreichen. Inwieweit dieser Wechsel in der Morphologie des Gebirges durch seine Struktur und Geschichte bedingt ist, das muß uns die Erforschung Südperús noch lehren.

Ein Problem von großer Wichtigkeit für die geologische Geschichte des südamerikanischen Kontinents ist die Frage nach den Beziehungen der kontinentalen mesozoischen Ablagerungen im Bereich der brasilianischen Masse zu den marinen Schichten, die sich an ihrer Westküste bildeten und jetzt in den westlichsten Kordilleren aufgefaltet sind. Während die Klärung dieser Fragen im Süden durch die neueren geologischen Forschungen in Argentinien wesentliche Fortschritte gemacht hat, harrt sie im Norden noch vollkommen ihrer Lösung. In Bolivien sind über dem Paläozoikum mächtige, rote Sandsteine, Konglomerate und mergelige Schichten, die von STEINMANN (1906) unter dem Namen Pucasandstein zusammengefaßt wurden und der Formación petrolífera BRAKEBUSCHS in Nordargentinien entsprechen. In einer kalkig mergeligen Einschaltung im Pucasandstein entdeckte STEINMANN (1904) bei Potosí neben Brack- und Süßwasserfossilien (*Melania potosiensis* d'Orb, *Cyrena*, *Planorbis*) auch einige typisch marine Versteinerungen (Zweischaler, Echiniden). Wenn auch durch diese Fossilien das cretazische Alter der Schichten zweifellos erwiesen ist, so wird doch eine genauere Festlegung des Horizontes innerhalb dieser Formation nur auf die Weise möglich sein, daß man seinen Zusammenhang mit rein marinen Ablagerungen aufsucht. Dieser Übergang der vorwiegend kontinentalen, mesozoischen Bildungen des bolivianischen Hochlandes zu marinen Ab-

lagerungen müssen wir aber gerade in Südperú erwarten, denn bereits im Zentrum dieser Republik treffen wir eine fast vollständig marine Schichtfolge des Mesozoikums, die von der Westkordillere weit nach Osten bis in die westlichsten Züge der Ostkordillere übergreift. In Bolivien selbst wird man dagegen diesen Übergang kaum beobachten können, da die mesozoischen Ablagerungen dort in der Westkordillere allenthalben durch die Porphyritformation vertreten werden und vereinzelt marine Horizonte sich erst hart an der pazifischen Küste einstellen (DOUGLAS, 1914).

Schließlich sei noch auf eine Frage von großem praktischem Interesse hingewiesen. Bolivien ist bekanntlich eins der Hauptzinnerzländer der Welt, aber merkwürdigerweise scheint das wertvolle Mineral fast ausschließlich auf das Gebiet gerade dieser südamerikanischen Republik beschränkt zu sein. In den unmittelbar angrenzenden Teilen Südperús hat man trotz eifrigen Suchens keine Spur gefunden. In Bezug auf die Massengesteine, an die das Erz in Bolivien gebunden ist, können wir zwei Kategorien unterscheiden: Die eine ist an granitische Tiefengesteine gebunden, die höchstwahrscheinlich während der frühtertiären Faltung in der Ostkordillere aufgedrungen sind. Der Zinnstein findet sich hier mit Quarz als Gangmittel und auch die für unsere sächsischen Vorkommnisse so charakteristischen Begleitminerale Flußspat und Topas treten, wenn auch selten auf, Silbererze und Sulfide spielen nur eine untergeordnete Rolle. Die andere Gruppe ist eng verknüpft mit jungtertiären, meist quarzreichen Massengesteinen (Quarztrachyte)¹⁾, die ziemlich unregelmäßig über den östlichen Teil des bolivianischen Hochlandes verteilt sind. Neben dem Zinn überwiegen dort geschwefelte Erze, Pyrite und Fahlerze mit hohem Silbergehalt; auch die Wismutvorkommnisse vom Tasna und Chorolque gehören hierhin. Wenn nun in Südperú zwar die jungen Granite in der Ostkordillere zurücktreten, so finden wir doch im Westen ganz ähnliche Eruptivgesteine wie in Bolivien. Sie führen auch reiche Silber- und Kupfererze, aber Zinn ist noch nirgends beobachtet worden. Die eingehende Untersuchung der einzelnen Vorkommnisse und der erzbringenden Eruptivgesteine werden auch auf dieses merkwürdige Verhalten des Zinns ein neues Licht werfen.

Wenden wir uns nun der Besprechung der auf meiner Reise gemachten Beobachtungen zu. Während die Ufer des Titicacasees vorwiegend von paläozoischen Gesteinen gebildet werden, treffen wir an seiner Westecke, bei Puno, eine Einfaltung jüngerer Schichten, die sehr interessante Lagerungsverhältnisse bietet (Fig. 1). In Sandsteine und Konglomerate ist eine Mulde eines grauen, klotzigen Kalkes eingeschaltet, in deren Kern

¹⁾ Die öfters gebrauchte Bezeichnung »Quarzporphyre« ist nicht sehr glücklich, da wir damit die Vorstellung an ein Effusivgestein von höherem Alter als Tertiär verknüpfen.

wiederum Konglomerate vorkommen, die den Hügel unmittelbar nördlich der Stadt aufbauen. Während die Hauptmasse des Kalkes nur Fossiltrümmer erkennen läßt, finden sich an der Grenze zu den Sandsteinen auf seiner Nordseite in mergelige Übergangsschichten Sandkalkbänke eingeschaltet mit Hornsteinen, deren Oberfläche mit kleinen, *Hydrobien*-ähnlichen Schnecken ganz besetzt ist. Bei Caracoto unweit Juliaca fand ich in den grauen Kalken selbst verkieselte Reste von *Melanien* und *Paludinen*. Diese Fossilien machen es sehr wahrscheinlich, daß es sich um denselben Horizont handelt, wie bei den fossilreichen Schichten der Pucaformation unweit Potosí, die der Kreide angehören. Die Konglomerate im Kern der von den grauen Kalken gebildeten Mulde liegen diskordant auf dem Kalk, dessen Komponenten einen Hauptanteil an ihrer Zusammensetzung haben, sind aber noch mit eingefaltet. Nach analogen Vorkommnissen in Bolivien dürfen wir annehmen, daß sie tertiären Alters sind, ein Äquivalent der Jujuyschichten STEINMANN'S. Auch die vulkanischen Bildungen der Umgebung von Puno sind der Beachtung wert. Im Süden der Stadt werden die Schichtköpfe der roten Sandsteine und Konglomerate von andesitischen Agglomeraten und Tuffen flach überlagert, die die Höhen der Berge bilden.

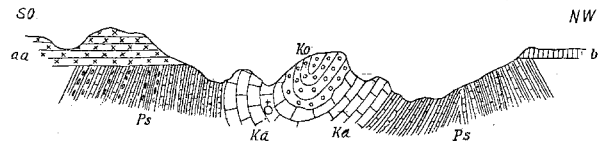


Fig. 1. Skizze der Lagerungsverhältnisse bei Puno am Titicacasee. *Ps* Rote Sandsteine und Konglomerate. *Ka* klotzige, graue Kalke. *Ko* polygenes Konglomerat. *aa* Andesitagglomerate. *b* Basaltdecken.

Im NW. des Ortes treffen wir dagegen auf einem höheren Niveau basaltische Decken ausgebreitet. Die grauen Kalke lassen sich von Puno bis in die Gegend von Juliaca verfolgen, dort zweigt die Strecke nach Cuzco von der peruanischen Südbahn Mollendo-Puno ab. Sie folgt zunächst dem nördlichen Zweig des weiten, aufgefüllten Talbodens, der die Fortsetzung des Titicacasees im NW. bildet. Bald treten jedoch die Berge näher zusammen, und das Tal zieht sich unmittelbar am Fuße der hohen Schneegipfel der Ostkordillere entlang. Oberhalb Sta. Rosa (3990 m) sind die alten Endmoränen der Gletscher der letzten Vereisung weit aus den vom Nevado Cunurama herunterkommenden Seitentälern in das Haupttal vorgeschoben. Die Wasserscheide zwischen dem Titicacasee und dem zum Amazonas entwässernden Rio Urobamba, die die Eisenbahn in dem 4314 m hohen Paß La Raya überwindet, liegt nicht auf einem hohen Gebirgskamm, wie es die Karte RAIMONDIS darstellt, sie befindet sich vielmehr in einer durch tektonische Linien bedingten Senke, die sich vom Titicacasee bis in die Gegend von Cuzco zwischen den

Kordillerezügen verfolgen läßt. Da das Gefälle nach dem Urobamba ein viel größeres ist als gegen den See hin — der Seespiegel liegt 3820 m hoch, Sicuani jenseits des Raya-Passes am Villcanota, dem Hauptquellfluß des Urobamba in 3550 m Höhe —, wird das Stromgebiet des Amazonas hier wie an vielen anderen Stellen durch rückwärtige Erosion und Anzapfung dem abflußlosen bolivianischen Becken gegenüber immer mehr an Terrain gewinnen. Die Berge zu beiden Seiten des Rayapasses bestehen im wesentlichen aus paläozoischen Gesteinen. In der Kordillere von Carabaya sind Graptolithen und andere Versteinerungen des Silur gefunden worden (BALTA 1897, 98) und von Sicuani kennt man eine kleine Devonfauna (LISSÓN 1913, S. 11). In der Umgebung von Cuzco treffen wir dagegen wieder jüngere Schichten. Die Stadt liegt am Ende eines weiten Talbodens. Die Höhen der südwestlichen Flanke sind aus dunkelroten Sandsteinen aufgebaut. In der engen Schlucht im Hintergrund des Tales stehen bunte Mergelschiefer und Gips an, und die östliche Talseite schließlich, sowie der sich unmittelbar über der Stadt erhebende Berg, sind aus Kalkstein gebildet. Alle diese Schichten sind steil nach SW. geneigt. Der graue, massige Kalk gleicht vollkommen dem von Puno. Er ist gespickt mit Fossiltrümmern, doch konnte ich leider nirgends mit Sicherheit bestimmbare Formen erkennen. Das leicht bearbeitbare Gestein lieferte den Incas das Material für die wunderbar angelegte Festung, deren Grundmauern noch heute den Berg Sacsayhuaman krönen, der die einstige Hauptstadt des großen Indianerreichs beherrscht. In den Kalk ist ein durch Epidot grün geflecktes, granitisches Tiefengestein eingedrungen, dessen Oberfläche an einer Stelle unweit der Festung zu Tage liegt und eine ganz eigentümliche Erstarrungsform aufweist (Taf. III, Fig. 1). Die wie ein Harnisch geglättete Oberfläche des Massengesteins ist in parallel laufende Sättel und Mulden gewellt, die auch noch eine feine Kannelierung in der Längsrichtung aufweisen. Der unter dem Namen »El Rodadero« bekannte Fels ist z. T. wohl erst durch die Steinbruchsarbeiten der Incas zum Bau der Festung bloßgelegt worden; daß er schon ihre Bewunderung erregte, beweisen die thronartigen Stufen, die sie in ihn einhauen ließen. Der Rodadero ist oft als großer Gletscherschliff angesprochen worden (DUEÑAS, 1907), doch ist diese Deutung bei genauerer Betrachtung ganz unhaltbar. Nirgends in der näheren oder weiteren Umgebung weist die Landschaft Formen auf, die auf eine ehemalige Vergletscherung schließen lassen könnten. Die Furchen auf der Oberfläche des Felsen laufen nicht in der Richtung des Gehänges, sondern quer zu dieser und können also unmöglich von einem Eisstrom ausgefurcht sein. Die merkwürdige Skulptur setzt unter den den Diorit bedeckenden Kalk fort, dessen Oberfläche von großartigen Schrattenbildungen durchfurcht ist. Schließlich wiederholt sich die gleiche Struktur in dem Massengestein mehrmals in übereinanderliegenden Schalen. Aus alledem geht hervor, daß es sich um eine Erstarrungsform handelt, bei deren Zustandekommen Druckkräfte eine Rolle

gespielt haben müssen¹⁾. Die Schluchten im Hintergrund des Tales von Cuzco sind teilweise heute noch von mächtigen diluvialen Schottermassen ausgefüllt. Eine scharf ausgeprägte Diskordanz durchzieht die Schichten und deutet uns an, daß sie in zwei verschiedenen Ablagerungsperioden gebildet wurden. An der Basis dieser Aufschüttungen hat die amerikanische Expedition (BINGHAM, 1912) menschliche Skelette ausgegraben. Da sich aber Knochen von Rind und Hund mit ihnen zusammenfanden, muß es sich um junge Reste aus der Kolonialzeit handeln.

Cuzco liegt an einem kleinen Seitenfluß des Urobamba, der rückläufig in den Hauptstrom einmündet. Zwischen den beiden Tälern ist am Wege nach Calca und Pisac ein interessantes Profil aufgeschlossen. Im Osten des Kalkes von Cuzco treffen wir zunächst wieder auf die bunten, gipsführenden Mergel. Dann höher oben wird die Wasserscheide aus Sandsteinen und schlecht geschichteten Arkosen und Tuffen gebildet, die der Porphyritformation angehören dürften. An einer Verwerfung setzen die steilstehenden mesozoischen Schichten ab, und am Abhang zum Urobamba folgt eine mannigfaltige Schichtserie, die den Westflügel eines flachen Sattels bildet, in den das Haupttal tief eingeschnitten ist. Zunächst treffen wir eine Wechsellagerung von hellen Quarziten und bunten phyllitischen Tonschiefern, dann folgt, durch ein rotes Konglomerat getrennt, ein dickbankiger quarzitischer Sandstein. Mit basalen Konglomeraten und Breccien ruht er schließlich auf einem dunkelvioletten Melaphyrmandelstein. Wenn ich auch nirgends in diesen Schichten Fossilspuren auffinden konnte, so vermute ich doch, daß sie dem Permokarbon zuzurechnen sind, weil sie einen ausgesprochen paläozoischen Habitus haben, die Schichten des älteren Paläozoikums aber stets viel intensiver gefaltet sind²⁾. Unmittelbar jenseits des Urobamba erhebt sich der Hauptzug der Ostkordillere. Beim Aufstieg von Calca zur Abra de Lares, einem 4430 m hohen Paß in diesem Gebirge, trifft man bald auf eine Formation porphyrischer Gesteine, Decken, Tuffe und polygene Breccien von bedeutender Mächtigkeit. Sie sind jünger als die eben geschilderten Bildungen des Sattels am Urubamba, dessen Ostflügel von ihnen durchbrochen worden ist. Der Kamm des Gebirges dagegen wird von glimmerreichen, phyllitischen Schiefern aufgebaut, die teils von dunkler, teils von rötlich-violetter Farbe sind, und höchstwahrscheinlich dem Silur angehören. Auffallenderweise fallen diese Schiefer auf große Erstreckung hin steil nach NO., eine in der

1) Ähnliche Beschaffenheit zeigte die Oberfläche der aus einer Lavastaukuppe herausgepreßten Felsnadel des Mont Pelée, sie war nach LACROIX glatt poliert und ebenfalls kanneliert. Es scheint daher wahrscheinlich, daß auch das Tiefengestein des Rodadero als zähplastige Masse in den Kalk eingepreßt wurde.

2) Auf der Karte von LISSÓN (1914) ist am Urubamba bei Chachapoyas oberhalb Calca das Vorkommen von Kreide eingezeichnet. Da es einen Ort dieses Namens dort nicht gibt, handelt es sich wohl um den bekannten Fundpunkt von Kreidefossilien Chachapoyas in Nordperú.

Kordillere, wo wir fast immer nach O. gerichtete Faltung zu treffen gewohnt sind, ganz anormale Lagerung. An den Schneebergen im W. des Passes reichen die Gletscher bis etwa 4500 m herunter. Das glaziale Relief der diluvialen Vereisung läßt sich jedoch bis 4000 m herunter verfolgen, dort beginnt eine enge Erosionsschlucht in den erwähnten eruptiven Bildungen. Der Urubamba durchbricht die Ostkordillere unterhalb Ollantaytambo. Dort trifft man Granit, in dem mächtige Schollen metamorphosierter Schiefer stecken. Der Granit wird gegen W. von hellem, wohlgebanktem Quarzit überlagert. Dann stößt man weiter ansteigend wieder auf gipsführende Schichten und graue Kalke, und schließlich folgen bei Huariconda die roten Sandsteine, also abgesehen von einigen Reduktionen im wesentlichen das gleiche Profil wie am Wege von Cuzco nach Calca.

Nach diesem Abstecher in die Ostkordillere wieder auf der Höhe jenseits der tiefen Senke des Urubamba angelangt, befinden wir uns in der Pampa¹⁾ von Anta westlich Cuzco (Taf. III, Fig. 2). Es ist eine jener in Südperú nicht seltenen Hochflächen, die uns trotz der viel beschränkteren Ausdehnung und dem reichlicher vorhandenen fließenden Wasser doch wieder an das bolivianische Hochland erinnern. Die in 3400 m gelegene Pampa von Anta verdankt im wesentlichen diluvialen Auffüllungen ihre Entstehung, die umgebenden Höhen überragen sie nur um einige 100 m. An dem jetzt gänzlich schneefreien Bergkamm, der im S. die Wasserscheide gegen den Apurimac bildet, sind einige alte Firnbecken deutlich zu erkennen. Die Puna steigt westlich Zurite langsam zu dem nur wenig höheren Paß oberhalb Limatambo an. Hier eröffnet sich der Blick auf ein grundverschiedenes Landschaftsbild. Tief eingeschnittene Täler führen hinab zum Apurimac. Zwischen ihnen senkt sich das Bergland in mehreren scharf ausgeprägten Niveaustufen zu dieser Hauptfurche hinab, im N. überragt von den gewaltigen Schneebergen der Salgantaygruppe. Während auf der Höhe des Passes wieder die grauen Kalke mit intrusiven Graniten anstehen, folgen tiefer im Tal rote Sandsteine und Porphyritkonglomerate, und schließlich eine viele hundert Meter mächtige Gipsformation, in die die Schlucht des Apurimac eingeschnitten ist. Bei der Brücke über diesen Fluß treten unter den Gipsen dunkle Kalke hervor, die erfüllt sind mit einer an *Exogyra Couloni* erinnernden Auster. Auf der anderen Seite des Flusses fand ich an dem nach Curahuasi führenden Weg in schwarzen Mergelschiefern unter den Exogyrakalken ein Bruchstück eines *Hopliten*, so daß wir es hier ziemlich sicher mit Ablagerungen des Neocom zu tun haben¹⁾. Von Curahuasi an der südlichen Talflanke des Apurimac führt der Weg über einen hohen Paß nach Abancay, der Hauptstadt der Provinz, die den Namen des Flusses trägt. Von der Höhe eröffnet sich ein prächtiger Blick auf die

¹⁾ Die gleichen Schichten scheinen nach Fossilfunden des Ingenieurs JOCHAMOWITZ (1908) bei Challuanca am Oberlauf des Pachachaca, eines Seitenflusses des Apurimac, anzustehen.

jenseits des Apurimac unmittelbar gegenüberliegenden Schneeberge der Ostkordillere (Taf. IV, Fig. 1). Besonders treten die Gipfel des Omantay im Süden und des Salgantay etwas weiter nördlich hervor, von denen namentlich die Südseite des letzteren von einem gewaltigen Gletscher bedeckt wird. Diesen Schneeriesen vorgelagert ist der Surray. Die Kette der Schneeberge setzt sich in nordnordwestlicher Richtung weiter fort. Abancay liegt am Fuße des C^o. Ampay, in einem Seitental des Rio Pachachaca. Heute ist nur noch die allerhöchste Spitze des Ampay vergletschert, aber in einem an seinem Nordostabhang herunterziehenden Tal finden wir bei 3900 m die Endmoräne der letzten Vereisung, die einen kleinen See hinter sich aufgestaut hat, noch vollkommen erhalten. Fast der ganze Berg besteht aus Kalken des Karbon, die steil nach W. fallen, und auf die sich erst dunkle Tonschiefer und dann an dem Abhang nach der Stadt tonige, rote Sandsteine legen. Karbonfossilien, Brachiopoden, Fusulinen und Korallen (*Syringoporen*) finden sich besonders in den Schuttkegeln am Fuße des Berges. Die Höhen auf der gegenüberliegenden Talseite werden aus dioritischen Gesteinen gebildet, die auch nach W. noch über den Pachachaca hinaus fortsetzen.

Von Abancay führte mich die Hauptroute durch Südperú über Andahuaylas nach Ayacucho. Dieser Weg durchquert das zwischen Ost- und Westkordillere eingeschaltete Bergland in der Längsrichtung nach NW. Wie schon eingangs erwähnt, ist dieses Bergland ausgezeichnet durch die quer zur Hauptgebirgsrichtung verlaufenden Flußläufe. Der Apurimac und alle seine linksseitigen Nebenflüsse Sto. Tomas, Pachachaca und Pampas, um nur einige der wichtigsten zu nennen, entspringen am Ostabhang der Westkordillere und laufen in tief eingeschnittenen Quertälern in SN.-Richtung auf die Ostkordillere zu, an deren Fuß sie sich dort mit dem in die Streichrichtung des Gebirges umgebogenen Hauptfluß vereinen. Zwischen diesen tiefen Quertälern sind weniger stark zerschnittene Gebirgsstücke erhalten geblieben, die auf ihrer Höhe oft noch den typischen Hochlandcharakter bewahrt haben. Auf ihnen sind flache Längstäler entwickelt, die sich dann auch zu einem Durchbruch vereinen, der steil nach N. zum Apurimac hinunterführt (Taf. IV, Fig. 2, Taf. V, Fig. 1 u. 2). Die gewaltigen Höhendifferenzen bringen natürlich auch große Unterschiede in Klima und Vegetation mit sich. In den feuchtwarmen Flußniederungen treffen wir eine dichte tropische Vegetation, auf den Terrassen werden allenthalben Zuckerrohr und Bananen kultiviert, und das tückische Wechselfieber räumt unter den dauernd dort verbleibenden Menschen auf. In der Höhe auf den Punas herrscht dagegen ein rauhes Klima; während eben noch die Sonne mit unverminderter Kraft niederbrannte, bläst im nächsten Augenblick ein eiskalter Wind, und Hagelschauer gehen nieder. In den Wintermonaten sinkt die Temperatur nachts meist bis an den Gefrierpunkt oder darunter. Nur ein äußerst dürftiger, niedriger Pflanzenwuchs kommt in dieser Hochregion fort, und kaum gedeihen etwas Gerste und Kartoffeln, die dem

bedürfnislosen Indianer den Lebensunterhalt gewähren. Diesen schroffen Wechsel muß der Reisende in Südperú vielfach, manchmal öfters an einem Tage, mitmachen, denn eine ganze Reihe solcher tiefen Quertäler sind zu kreuzen. Vielfach sind ihre Einschnitte von mächtigen, diluvialen Aufschüttungen erfüllt, Schottern, Lehmen und lößähnlichen Bildungen, die eine Gliederung in mehrere, zum Fluß abfallende Terrassen aufweisen. Besonders deutlich ist überall eine in etwa 150 m über dem Flußniveau befindliche Terrasse ausgebildet. Auf ihr liegen an vielen Stellen große von den Talwänden herunterkommende Schuttkegel ausgebreitet, und die Seitenbäche laufen über die Terrassenfläche dahin, um sich dann am Steilrande in einer jähren Schlucht nach dem Fluß hinunter zu ergießen. Sie haben nicht standgehalten mit dem Tiefer einschnitten des Flusses, als sich am Ende der Diluvialzeit die Niederschlagsmengen verringerten und damit ihre erodierende Kraft abnahm. Wir müssen annehmen, daß sich in Südperú zu Anfang des Quartärs an die Westkordillere eine gen N. geneigte Aufschüttungsebene anschloß, auf der sich die erste Anlage des jetzigen Flußsystems in großen Zügen entwickelte, unabhängig von der in der Tiefe vergrabenen Struktur des Gebirges. Als die Erosionsbasis der Durchbrüche durch die Ostkordillere immer tiefergelegt wurde, infolge der Heraushebung des ganzen Gebirges, schnitten sich die Flüsse auch in dem zwischen den beiden Hauptketten gelegenen Gebiet weiter ein. Aber nur noch in untergeordnetem Maße konnten sie sich der Struktur des Gebirges anpassen, im großen behielten sie ihre ursprüngliche Richtung bei und schufen so die tiefen Quertäler. Der geologische Aufbau der Gegend ist im wesentlichen noch der gleiche wie in der Umgebung von Cuzco. Sandsteine und Porphyritkonglomerate, gipsführende Schichten und graue Kalke sind die herrschenden Ablagerungen. Die grauen Kalke treffen wir besonders in der Umgebung von Andahuaylas. Auch dort ist ein Tiefengestein in sie eingedrungen und hat sie in seiner Umgebung verändert. Auf der Oberfläche der Kalke treten in der Umgebung des Ortes vielfach manganhaltige Eisenerze auf, die, wenn sie sich mächtig genug erweisen sollten, später einmal technische Verwertung finden können. Ein zusammenhängendes Profil ist am Abhang zum Rio Pampas unterhalb Chincheros aufgeschlossen, das am Fuß einer weit über das Relief hervorragenden Berggruppe aus granitischen Gesteinen liegt. Unterhalb dieses Dorfes stehen zunächst die grauen Kalke an, dann aber wird der steile, etwa 800 m hohe Abfall zum Pampas ganz aus Gipsen und roten Mergeln gebildet. Unter ihnen kommt schließlich unmittelbar am Ufer des Flusses ein roter Mergelkalk zum Vorschein, der mit großen *Fusulinen* gespickt ist. Die gipsführenden Schichten und die grauen Kalke ruhen also hier unmittelbar auf dem marinen Oberkarbon.

Jungvulkanische Bildungen traten mir zuerst in der Gegend von Andahuaylas entgegen in der Gestalt von festen, traßähnlichen Bimssteintuffen. Sie sind dem diluvialen Relief aufgelagert und namentlich in den

Tälern entwickelt, wo sie die Wasserläufe in der Form von Terrassen einsäumen. Es sind verfestigte Schlammströme vulkanischer Entstehung, die auf postdiluviale eruptive Tätigkeit in diesem Teil der Westkordillere hinweisen. Übereinandergetürmte basaltische Decken bauen den hohen Rücken Pumacahuanca im W. des Rio Pampas auf, der die Wasserscheide bildet zwischen dem Apurimac und dem Mantaro. Wieder ein neues Landschaftsbild entrollt sich vor unseren Augen, wenn wir diese Höhe gegen W. überschreiten. Ein weites Becken ist dort zwischen Ost- und Westkordillere eingeschaltet, gebildet aus flachen Aufschüttungsebenen und niedrigem Hügelland; es wird entwässert von den Zuflüssen des Mantaro (Taf. II, Fig. 2). Sehr bald bemerkt man, daß der Untergrund des Beckens aus ganz jungen Ablagerungen gebildet wird, so daß es sich tatsächlich um ein ausgedehntes, dem Gebirge in seiner Streichrichtung eingeschaltetes Senkungsfeld handeln muß. Im südlichen Teile sind es hauptsächlich ungestörte diluviale Aufschüttungen, Schotter und Lehme, die sich in kolossaler Mächtigkeit am Aufbau seines Bodens beteiligen. Weiter gen NW. kommen jedoch dort, wo sich die Flüsse gegen den Mantaro hin tiefer eingeschnitten haben, ältere Schichten zum Vorschein, die noch von den gebirgsbildenden Bewegungen betroffen worden sind. Charakteristisch für diese älteren Sedimente ist die enorme Beteiligung von Eruptivmaterial an ihrer Zusammensetzung. Besonders in der Umgebung von Ayacucho haben die hellen Tuffe eine große Verbreitung und geben der Landschaft ein charakteristisches Gepräge. Mit ungeschichteten Bimssteintuffen wechsellagern Konglomerate, Tuffsandsteine und mergelige Schichten. Sie sind schwach gefaltet und bilden unregelmäßige Sättel und Mulden. Oberhalb der Stadt folgen über diesen Bildungen mächtige agglomeratische Tuffe mit Komponenten andesitischer Gesteine. Die kolossale Mächtigkeit der Ablagerungen tritt besonders in dem zusammenhängenden Profil vor Augen, das unterhalb Huanta und Loricocha auf der Westseite des Rio Cachis¹⁾ aufgeschlossen ist, und über das sich der Weg nach Marcas in zahllosen Serpentinaen hinaufwindet (Taf. VI, Fig. 1). Die Hügel unmittelbar am Fluß bestehen aus plattigen Mergelkalken und Sandsteinen, die stellenweise etwas intensiver zusammengestaucht sind. Außer Pflanzenresten finden sich in den kalkigen Schichten einzelne Lagen voll *Hydrobien* und seltener auch Exemplare von *Limnaeus?* und *Planorbis*. Diese limnischen Gastropoden beweisen uns aufs neue, daß es sich hier um typische Beckenabsätze handelt. Darüber folgen Konglomerate Mergel und Tuffe, in die sich höher oben Lagen dunkler, basaltischer Gesteine einschalten. Diese Serie wird wieder von Konglomeraten und sandigen Mergeln überlagert, und auf der Höhe, über 1000 m über dem Niveau des Flusses, liegen schließlich ungeschichtete Bimssteintuffe. Fragen wir uns nach dem Alter dieser so mannigfaltigen

1) »Cachis« bedeutet »Salz« in der Quechua-Sprache der eingeborenen Indianer und weist auf das Vorkommen von Salzlagern in diesen Schichten hin.

Bildungen, so führt uns die Art ihres Auftretens und ein Vergleich mit ähnlichen Vorkommnissen in anderen Teilen des Gebirges zu der Annahme, daß sie während des Tertiärs gebildet wurden. Wie wir im südlichen Teil des Beckens gesehen haben, werden die zuletzt geschilderten Schichten von den diluvialen Aufschüttungen diskordant überlagert, andererseits spricht die starke Beteiligung von jungvulkanischem Effusivmaterial an ihrer Zusammensetzung dafür, daß sie nicht mehr dem Mesozoikum zuzurechnen sind. Die in Rede stehenden Ablagerungen gehören auch zu jener wechselvollen Serie von Konglomeraten, Sandsteinen, Lehmen, Tuffen und vulkanischen Agglomeraten, die in der ganzen Kordillere, besonders in den Senken zwischen den östlichen Ketten und am Ostende des Gebirges so ungemein verbreitet sind und vielfach eine ganz enorme Mächtigkeit erreichen. Sie sind entstanden im unmittelbaren Anschluß an die Faltung aus den Abtragungsprodukten der eben aufgerichteten Ketten und unter Beteiligung der Produkte der vulkanischen Tätigkeit, die damals von neuem einsetzte. Die Schichten des Beckens von Ayacucho sind also Äquivalente jener Ablagerungen, die die argentinischen Geologen im Süden Calchaquischichten nennen, die STEINMANN (1904) aus Bolivien und Nordargentinien als Jujuyschichten beschrieben hat und die HETTNER und STILLE (1907) im N. im Graben des Rio Magdalena Hondaschichten genannt haben.

In der Gegend von Huanta und Lircay war es mir möglich, ein fortlaufendes Profil von der Höhe der Ostkordillere bis zu der der Westkordillere zu beobachten (Taf. VII, Fig. 2). Am Aufbau der östlichen Kette beteiligen sich im SO. des Rio Mantaro karbonische Schichten in großer Mächtigkeit. Es sind die jüngsten Sedimente, die dort vorkommen, und vielfach bilden sie den Kamm des Gebirges. Die Schichtfolge beginnt mit Tonschiefern, in denen sich Kalklinsen einstellen, die nach oben in kompakte Kalke übergehen: Die Fossilführung schließt sich eng an die von STEINMANN in Nordperú (MEYER, 1914) angetroffene an. Über dünnbankigen Brachiopodenkalken, hauptsächlich mit *Productus*arten, folgen klotzige *Fusulinen*-, *Fenestellen*- und Korallenkalke. Sie werden ihrerseits überlagert von groben Konglomeraten und Arkosen, in die Lager eines grünlichen, basischen Eruptivgesteins eingeschaltet sind, das vereinzelt auch schon tiefer zwischen den Kalken auftritt. Die ganze Schichtfolge bildet eine flache Mulde, deren Ostflügel etwas steiler aufgerichtet ist. Hier treten unter dem Karbon intensiv gefaltete phylitische Schiefer zu Tage, die die gen NO. folgenden Höhenzüge zusammensetzen und vermutlich dem Silur angehören. Im W. setzt das Karbon gegen eine ausgedehnte Porphyrfornation ab, aus der auch der Razhuilca, der einzige Schneeberg der Ostkordillere in dieser Gegend, zusammengesetzt ist. An seinem Fuße liegen bei 3900—4000 m vier alte Glazialseen, zum Teil durch die Endmoränen der letzten Vereisung aufgestaut. Auch sonst beginnt bei 3900 m überall das glaziale Relief des Quartärs, obwohl das Gebirge jetzt außer dem über 5500 m hinaus-

gehenden Razhuilca selbst im Winter von länger anhaltender Schneebedeckung frei zu bleiben scheint. Die Porphyritformation bildet den Steilabfall zu dem Becken von Ayacucho, dessen Schichten in dem Querprofil auf eine Erstreckung von etwa 35 km anstehen. Jenseits der Niederung des Rio Cachis bauen sie das nur wenig zerschnittene, im Durchschnitt 3400 m hohe Plateau von Marcas auf. Am Abhang zum Rio Lircay treten dann unter den jungen Tuffen wieder ältere mesozoische Ablagerungen zu Tage. Es ist eine mächtige Serie wohlgebankter grauer Kalke, die durch eine Einschaltung von Sandsteinen in eine untere und obere Abteilung zerfällt und sich zu beiden Seiten des Rio Lircay in nur schwach gewellter Lagerung verfolgen läßt. Unter den verkieselten Fossilien, die hier und da aus den Kalken herauswittern, fällt sehr bald die charakteristische *Vola alata* auf, die sich sowohl in der oberen, wie in der unteren Abteilung findet und uns bekundet, daß wir es mit Schichten des Lias zu tun haben. In der Gegend von Lircay treten in der Sandsteineinschaltung Porphyrite auf, und in diesen grünen, mandelsteinartigen Gesteinen liegt die Mine Viscachas, bei der auf Kalkspat und Barytschnüren im Eruptivgestein Chalcosin und gediegenes Silber vorkommen. Westlich Lircay wird die Faltung der Liaskalke intensiver, schließlich sind sie steil aufgerichtet, und rote Sandsteine kommen unter ihnen zu Tage, die dann an einer Störung gegen viel ältere Gesteine absetzen. Intensiv gefaltete Schiefer mit Einschaltungen quarzitischer Grauwacken treten hier im Kerne einer Antiklinale zu Tage, deren Ostflügel, die eben geschilderten Liaskalke, an einer Flexur tief abgesenkt ist. Der Westflügel des Sattels dagegen ist normal gebaut. Über dem Paläozoikum folgen diskordant dünnbankige, dunkelrote Sandsteine, in die sich oben Porphyritlager einschalten. Darüber liegt ein Basalkonglomerat und dann wieder die mächtigen Liaskalke, die auch hier im Tale des Rio Opomayo ziemlich reich sind an verkieselten Fossilien. Die Kalke sind im W. stark gefaltet und setzen schließlich an einer neuen Störung gegen die Porphyritformation ab, die auf große Erstreckung hin den Hauptkamm der Westkordillere bildet. An granitische Gesteine, die in die Porphyritformation eingedrungen, sind die Silbererzvorkommen der Umgebung von Huachocolpa gebunden. Der zuletzt geschilderte Teil des Profils ist im Tal des Rio Opomayo aufgeschlossen (Taf. VI, Fig. 2). Auf der Höhe liegen dort über den aufgerichteten mesozoischen Schichten auf einer alten Oberfläche jungvulkanische Laven und Tuffe, teils andesitischer, teils rhyolithischer Gesteine ausgebreitet. In sie hat sich seinerseits das diluviale Glazialrelief eingegraben. Die Spuren der letzten Vereisung reichen hier am Ostabfall der Westkordillere fast gerade so weit herunter wie in der Ostkordillere. Unmittelbar unterhalb Huachocolpa liegt in dem weiten Glazialtal des Opomayo eine große Endmoräne in 4000 m Höhe; sie ist ganz von Sinterbildungen überkrustet, der Absatz heißer Quellen, die die Moräne an mehreren Stellen durchbrechen.

Im Bereiche der erwähnten jungvulkanischen Bildungen liegt der Erzdistrikt von Julcani. Auf Klüften und Spalten treten dort im Eruptivgestein selbst stark mit Pyriten durchsetzte Silbererze auf (Fahlerze, Blenden), die auch kupfer- und goldhaltig sind. Obwohl es sich zum Teil um hochprozentige Erze handelt, wird eine gewinnbringende Ausbeutung erst möglich sein, wenn die Gegend durch die Eisenbahn erschlossen ist. Was das Minenfeld von Julcani besonders interessant macht, ist das Vorkommen von Wolframit und Freigold auf einigen wenige Zentimeter mächtigen Quarzgängen. Wolfram ist bekanntlich in vielen Fällen ein Begleiter des Zinn, aber von diesem gesuchten Mineral ist in Julcani noch keine Spur gefunden worden, obwohl der Erzbringer vollkommen mit dem bolivianischer Zinnerzlagertstätten übereinstimmt; es ist dasselbe quarzreiche Gestein wie z. B. bei Oruro. Unter den jungvulkanischen Bildungen treten am Wege von Lircay nach Huancavelica rote Sandsteine und dann diese überlagernd wieder die Kalke des Lias zu Tage. Indem wir weiter nach W. ziehen, treffen wir jedoch auf immer jüngere mesozoische Schichten, die hier aus der Westkordillere gegen O. vorrücken. Schon die Umgebung von Huancavelica selbst wird aus Schichten der Kreide aufgebaut. Ihr gehören auch die hellen Quarzsandsteine an, in denen das Quecksilber auftritt, das Huancavelica lange Zeit hindurch zu einem der berühmtesten Mineralvorkommnisse der neuen Welt machte. Das Quecksilber findet sich in der Gestalt von Zinnober und als freies Metall in dem grobkörnigen, porösen Sandstein unregelmäßig verteilt, zusammen mit anderen geschwefelten Erzen (Arsenkies, Bleiglanz). Die Mineralisation des Sandsteins erstreckt sich über eine große Ausdehnung, ihre stärkste Konzentration scheint bei Sta. Barbara, einem kleinen Ort oberhalb Huancavelica zu liegen. Dort ist das Mineral auch in die benachbarten Kalke und Kalkbreccien eingedrungen, aber nicht in sporadischer Verteilung, wie in dem Sandstein, sondern auf Spältchen und Äderchen. Einen unmittelbaren Zusammenhang der Mineralisation an dieser Stelle mit einem der zahlreichen Durchbrüche andesitischer und basaltischer Gesteine, die in der Umgebung aufsetzen, konnte ich nicht beobachten. Wir haben hier wieder ein Beispiel dafür, daß sich die Minerallösungen in porösen Sandsteinen über große Erstreckung hin unregelmäßig verteilen und ihr Ursprungs-ort nur noch schwer nachzuweisen ist. Der eigentliche Bergbau wurde bei Huancavelica schon lange aufgelassen, obwohl das Vorkommen offenbar keineswegs erschöpft ist, aber die tiefen Schächte und Stollen sind zerfallen, so daß es bedeutender Kapitalien bedürfen wird, um ihn von neuem aufleben zu lassen. Die Sandsteine sind bei der Stadt zu beiden Seiten des Tales steil aufgerichtet, sie werden gegen W. bei Sta. Barbara von mergeligen Schichten überlagert, die Versteinerungen der Aptstufe enthalten, darauf folgen dichte Kalke und schließlich wieder Bildungen der Porphyritformation, die die Berge oberhalb Huancavelica zusammensetzt. Ein vollständiges Profil durch die mesozoischen Ablagerungen

ist in dem weiter nördlich von der Westkordillere herunterkommenden Tal des Rio Moya aufgeschlossen. An dem Paß, über den der Weg von Huancavelica nach diesem Tal hinüberführt, stehen wieder die hellen Neocomsandsteine an. Bei Manta in dem Tale selbst hebt sich dagegen ein weites Gewölbe roter Sandsteine heraus, in dessen Kern noch einmal die Dogger-Liasserie zu Tage kommt. Es sind wohlgeschichtete Kalke mit Kieselkonkretionen und unvollkommen verkieselten Fossilien. Ganz ähnlich wie in dem Profil des Rio Opomayo biegt auch hier der Ostflügel des Gewölbes an einer Flexur steil in die Tiefe. Flußabwärts ist dann eine mächtige Serie jüngerer Kalke entwickelt, die nach den an den Wänden herausgewitterten großen *Schloenbachien* zu urteilen, der mittleren Kreide angehören. Die Schichten sind erst steil gestellt, dann bilden sie ein weites flaches Gewölbe. Bei dem Orte Vilca machen sie an einer neuen Störung fossilreichen Mergelkalken Platz, die die für ganz Perú so charakteristische Fauna der Aptstufe (SOMMERMEIER, 1910 u. 13) einschließen. Wie bei Huancavelica überlagern diese Schichten unmittelbar den Neocomsandstein, der hier dadurch ausgezeichnet ist, daß oberhalb des Ortes in einer schiefrigen Einlagerung dünne, unreine Kohlenflötzen auftreten. Kohle und Schiefer enthalten Pflanzenreste (*Weichselia*), die das neocome Alter dieser Schichten erwiesen haben (DUEÑAS, 1906, NEUMANN, 1907). Es ist dies das südlichste Vorkommen der Kohlenbildungen in der unteren Kreide, die weiter im N. des Landes eine viel größere Bedeutung erreichen. Auch weiterhin bauen jungmesozoische Ablagerungen fast ausschließlich den Ostabfall der Westkordillere auf. Den Neocomsandstein und die fossilreichen Aptschichten treffen wir bei Chacapampa wieder, und Kalke der mittleren Kreide setzen den 1000 m hohen Abfall von der Abra Tres Cruces zu dem weiten Talboden von Huancayo zusammen, der von dem Rio Oroya, dem Oberlauf des Mantaro durchflossen wird. Ein für die Geschichte der Kordillere instruktives Bild eröffnet sich dem Beobachter von der Höhe des Passes. Wir sehen, daß die Kreidekalke des Steilabfalles den Ostflügel einer Antiklinale bilden, die im S. vom Rio Oroya durchschnitten wird. Weiter östlich heben sich die mesozoischen Schichten noch einmal zu einem flachen Sattel heraus, der aber gen NW. unter die diluvialen Aufschüttungen des weiten Talbodens untertaucht, der sich über 50 km hin bis in die Gegend von Jauja erstreckt. Jenseits der fast 10 km breiten Senke steigt das Gebirge ebenso steil, wie es an ihrem Südwestrande abfiel, wieder an. Es sind die Vorberge der Ostkordillere, die, wie man sich unmittelbar oberhalb der Stadt Huancayo überzeugen kann, aus quarzitischen Grauwacken paläozoischen Alters bestehen. Eine Verwerfung bedeutender Sprunghöhe muß hier die mesozoischen Ablagerungen der Talniederung und des W. an dem paläozoischen Schichtkomplex abgesenkt haben. Die Begrenzung des grabenartigen Tals von Huancayo wird also im NO. von einer weithin verfolgbaren Bruchlinie gebildet, der Südwestrand scheint dagegen nur durch eine flexurartige Abbiegung der

mesozoischen Kalke bedingt zu sein. Der Rio Oroya tritt unterhalb Jauja aus einer seitlichen Erosionsschlucht in die tektonische Senke ein. Die jähren Steilabfälle, von denen das Tal zu beiden Seiten flankiert wird, biegen in einer Höhe von etwa 4000 m zu einer scharf ausgeprägten Hochfläche um, deren Oberfläche ein nur schwach modelliertes Relief darbietet. Sie steigt langsam an bis zum Fuß des eigentlichen Kamms der Westkordillere im SW. bzw. der Ostkordillere im NO., der sie schließlich noch um 1—2000 m überragt. Die alte Einebnungsfläche, die gerade zu beiden Seiten des Tales von Huancayo besonders schön ausgeprägt ist, gibt uns wertvolle Aufschlüsse über die Geschichte der Kordillere in jüngster Zeit. Diese allgemeineren und zusammenfassenden Betrachtungen seien hier angefügt.

Je mehr die Erforschung der Anden fortschreitet, um so deutlicher sehen wir, daß die hochgelegenen Fastebenen in diesem Gebirge eine ganz allgemeine Erscheinung sind. Ausgedehnte Gebiete haben durch Abtragung und Auffüllung des Reliefs das Kennzeichen von Fastebenen erhalten. Im Süden des Gebirges hat zuerst BURCKHARD (1900) solche Peneplains aus der Kordillere des argentinischen Territoriums Neuquen beschrieben als innerandine Plateaus. Weit großartiger sind sie jedoch im N. dieses Landes entwickelt, wo sie KEIDEL (1910) zu seinen morphologischen Studien Veranlassung gaben. Das ganze bolivianische Hochland ist nichts anderes als ein über ungeheure Erstreckung noch im Zusammenhang erhaltener Teil dieser Einebnungsfläche. Hier hat in neuerer Zeit BOWMAN als erster versucht, die Hauptphasen in der jüngsten Geschichte des Gebirges abzuleiten. Aus Südostbolivien zeigt sie uns die Abbildung Taf. II, Fig. 1 in großartiger Ausbildung. Aus ihrem Niveau ragt dort der C^o. Chorolque hervor, dessen Gipfel aus jungvulkanischem Gestein besteht, während die zu dieser Eruption gehörigen Tuffe und Laven mit zur Auffüllung der Umgebung beigetragen haben. Auch die Oberfläche der mächtigen fluviatilen Aufschüttungen am Fuße der Ostkordillere, in die das Tal von La Paz eingeschnitten ist, gehen in das Niveau der allgemeinen Einebnungsfläche über. In Südperú haben wir sie vielfach auf den Höhen zwischen den tief eingeschnittenen Tälern des Amazonas erhalten gefunden. Selbst die Auffüllungen des Beckens von Ayacucho ragen zuweilen, wie z. B. in der Umgebung von Aucobamba bis in ihr Niveau hinauf, während diese lockeren Bildungen in anderen Teilen des Beckens in hohem Maße durch die Erosion ausgeräumt worden sind. Über mesozoischen Schichten liegt die Hochfläche auf der Höhe der Berge in der Umgebung von Huancavelica und zwischen Vilca und Huancayo, und nur vereinzelte Berge aus eruptivem oder intrusivem Gestein ragen über ihre sanft modellierte Oberfläche hervor. Auch im N. des Landes hat STEINMANN die hochgelegenen Flächen an vielen Stellen beobachtet. Eine so allgemeine Erscheinung kann nur durch ein einheitliches großes Ereignis in der Geschichte des Gebirges bedingt sein: Der Auffaltung der Kordillere am Schlusse des Mesozoikums folgte während des Tertiärs eine

lang andauernde Erosionsperiode. Durch sie erlitt das eben gebildete Gebirge eine bedeutende Abtragung. In den tieferen Teilen wurden die Abtragungsprodukte angehäuft und das Relief eingeebnet. Gleichzeitig begann eine intensive vulkanische Tätigkeit; sie schuf durch die Aufwürmung ihrer Bildungen an einer Stelle ein neues Relief, an anderen füllte sie jedoch das vorhandene mit Lavaströmen und Tuffen auf und beschleunigte so die Flächenbildung. Dabei begünstigte ein arides Klima offenbar die Anhäufung mächtiger Massen klastischen Materials. So sehen wir gegen das Ende dieser Periode die Kordilleren mehr und mehr in ausgedehnten Aufschüttungen versinken, über die sich nur die höchsten Kämme des Gebirges noch als zusammenhängende Höhenzüge erheben, während sonst nur hier und da der anstehende Felsuntergrund in Gestalt reifer, wenig modellierter Erhebungen über die Oberfläche der Auffüllungen hervorragt. Bedenken wir, daß die Erosionsbasis im Osten weit entfernt war, so folgt daraus, daß die gegen das Gebirge immer mehr ansteigende Einebnungsfläche schließlich am Fuße des der Erosion noch nicht anheimgefallenen Hauptkammes eine recht bedeutende Höhe über dem Meeresspiegel erreicht haben muß. Besonders gilt dies für die großen innerandinen Aufschüttungsbecken zwischen den Hauptzügen des Gebirges, denn hier fand naturgemäß eine Aufstauung des lockeren Materials statt, da ein Abtransport nur durch wenige Lücken in den östlichen Ketten, die erste Anlage der späteren Durchbruchstäler, erfolgen konnte. Als dann zu Beginn des Quartärs kosmische Verhältnisse auch in den Kordilleren zum Vorrücken der Gletscher führten, breiteten sie sich von den noch aufragenden Höhen des Gebirges auf der sich an ihrem Fuß ausbreitenden Einebnungsfläche aus und prägten ihr dort ein glaziales Relief auf. So finden wir am Westabhang der Ostkordillere in Bolivien bei La Paz und weiter südlich bei Araca die Spuren dieser ältesten sicher nachzuweisenden Vereisung hoch oben im Niveau der Hochfläche, während die Moränen der letzten Vereisung in den tief in sie eingeschnittenen Tälern des heutigen Reliefs liegen. Diese Täler können sich nur während einer langsamen Heraushebung des ganzen Gebirgsblocks während des Quartärs so tief eingeschnitten haben. Eine bedeutende Aufwärtsbewegung muß die Fastebenen in jene großen Höhen hinaufgetragen haben, in denen wir sie heute beobachten, und die Wiederbelebung der Erosion bedingt haben, die, am Rande des emporsteigenden Gebiets beginnend, immer weiter rückwärts fortschritt. Durch die von neuem einsetzende Erosion wurden die emporgetragenen Flächen in manchen Gegenden ganz zerstört, in anderen wurden sie stark zerschnitten und den Rändern ein neues scharfes Relief aufgeprägt; nur in den abflußlosen innerandinen Regionen blieben sie über weite Erstreckung hin in ihrem ursprünglichen Zusammenhang erhalten. Ein so gewaltiger Hebungsvorgang vollzog sich natürlich in dem ausgedehnten Gebirge nicht gleichmäßig und stetig, sondern in Perioden, und zwar hier schneller, dort langsamer, wodurch eine Zerlegung in einzelne Schollen stattfand.

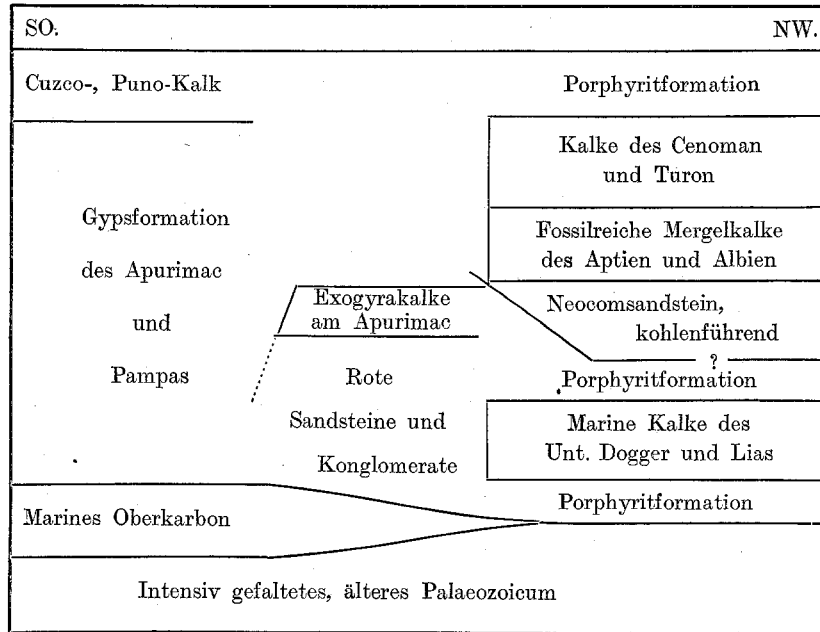
Eine solche in der Aufwärtsbewegung gegen ihre Umgebung zurückgebliebene Scholle ist nach BOWMAN (1914) der südliche Teil des jetzt abflußlosen bolivianischen Beckens. Die entlang der ganzen Westküste des Kontinents entwickelten Strandterrassen gehören den jüngsten Phasen dieser regionalen Bewegungen an, die auch gegenwärtig noch nicht vollkommen zum Stillstand gekommen zu sein scheinen, wie die zahlreichen Bodenerschütterungen längs der beiden Hauptdislokationslinien vermuten lassen. Neben der Heraushebung in vertikaler Richtung und der Auftürmung hoher Berge durch vulkanische Tätigkeit tritt die eigentliche Auffaltung als gebirgsbildender Faktor in der heutigen Erscheinungsform des Andengebirges vielfach ganz zurück, wodurch es sich nicht unwesentlich von vielen jüngeren Faltengebirgen unterscheidet. Die durch die Faltung bedingte Struktur ist durch die lange Abtragung und spätere erneute Heraushebung sowie die intensive vulkanische Tätigkeit oft ganz verwischt und verdeckt worden. Obwohl sich diese Tatsache dem Reisenden in vielen Teilen des Gebirges auf Schritt und Tritt aufdrängt, hat sie doch in den allgemeineren Darstellungen der Kordilleren Südamerikas noch wenig Berücksichtigung gefunden.

Die Faltung fand nach Beendigung des Mesozoikums zu Beginn des Tertiärs statt, und die ausklingenden Bewegungen haben sich noch längere Zeit hindurch in dieser Periode fortgesetzt, wie die an vielen Stellen gestörten Tertiärablagerungen beweisen. Der durch die Faltung in Südperú geschaffene Gebirgsbau fügt sich dem Gesamtbild der Andenstruktur vollkommen ein. Die gen O. gerichtete Faltung war am intensivsten in der Westkordillere. Von da schritt sie allmählich abflauend gegen O. fort und überwältigte schließlich noch in der jetzigen Ostkordillere den Westrand des Vorlandes der brasilianischen Masse mit ihrer mesozoischen Decke terrestrischer Sedimente. Die Überfaltung gegen O. ist in Südperú am Ostabfall der Westkordillere am deutlichsten ausgeprägt. Die Antiklinalen sind dort stark nach O. übergelegt und ihr Ostflügel oft flexurartig in die Tiefe gebogen. Dieser Bau führte an Stellen, an denen der Zusammenschub besonders stark war, zu Überschiebungen und Schuppenstruktur. Auf diese Weise erklärt sich z. B. die Wiederholung des Neocom-Kohlenhorizontes in dem von DUEÑAS (1906) zwischen Caja Real, einem Gipfel der Westkordillere, und dem Tale von Huancayo beobachteten Profile. Mit dem Nachlassen der Intensität der Faltung gewinnen im O. des Gebirges große regionale Verwerfungen, die der Hauptstreichrichtung folgen, an Bedeutung. Gelegentlich erfolgten an ihnen entlang andauernde Absenkungen in den zwischen den Hauptketten des Gebirges liegenden Gebieten. Einer solchen Senkung verdankt das Becken von Ayacucho seine Entstehung, das in gleichem Maße, in dem sein Boden sich vertiefte, mit den Abschwemmungsprodukten aus den umgebenden Bergen angefüllt wurde. Während des Mesozoikums sind nirgends im Bereiche der Anden bis jetzt orogenetische Vorgänge von großer Bedeutung nachgewiesen worden. Die jungpaläozoische Faltung

übertraf auch in Südamerika die tertiäre an Ausdehnung und Intensität. Sie ist keineswegs auf das Gebiet der jetzigen Kordillere beschränkt gewesen, sondern hat ein viel ausgedehnteres Gebiet des Kontinents in Mitleidenschaft gezogen. Sie muß in Südperú vor Ablagerung des marinen Oberkarbon stattgefunden haben, denn nur so erklärt sich die augenscheinliche Diskordanz zwischen den nur schwach gestörten Karbonkalken der Kordillere von Huanta und dem intensiver gefalteten älteren Paläozoikum. Über die Störungen, die die ältere Unterlage des Paläozoikums, die präkambrischen Gesteine, betroffen haben, können wir in Perú noch nichts aussagen, da die östlichen Kordillerenketten, in denen sie vermutlich zu Tage treten, noch zu wenig durchforscht sind.

Wie überall in den Kordilleren Südamerikas sehen wir die effusive vulkanische Tätigkeit, die zu mächtigen Ergüssen und Aufschüttungen führt, auch in Perú in unmittelbarem Anschluß an die junge Faltung im Tertiär von neuem einsetzen. Die hierhergehörigen Bildungen zerfallen in zwei ziemlich scharf getrennte Gruppen. Die ältere besteht vorwiegend aus andesitischen und sauren, rhyolithischen Gesteinen, sie ist älter als das diluviale Relief und gehört also dem Tertiär an. Die jüngere besteht aus Basalten und Andesiten, deren Laven und Tuffe auf dem diluvialen und jetzigen Reliefs liegen; zu ihr gehören die noch tätigen und erloschenen Vulkane der Westkordillere. Während der Faltung an der Grenze von Mesozoikum und Tertiär selbst erfolgte die Intrusion der jungen granitischen Gesteine, die für die Anden so charakteristisch sind. Sie besitzen auch in dem bereisten Gebiet eine große Verbreitung und sind dadurch von besonderem Interesse, daß gebunden an sie, ebenso wie auch an die sauren tertiären Effusivgesteine, geschwefelte Silber- und Kupfererze auftreten. Dabei scheint kein wesentlicher Unterschied in der Art der Erzführung zwischen den rein intrusiven Gesteinen und den effusiven Typen zu bestehen. Diese engen Beziehungen zwischen den Erzgängen und den Massengesteinen in den Anden hat zuerst STEINMANN (1910) aus Nordperú und Bolivien beschrieben. In das Mesozoikum fällt die Bildung der mächtigen Porphyritformation, deren Konglomerate, Decken und Tuffe im Aufbau der Westkordillere eine so große Rolle spielen. Die Wechsellagerung mit fossilreichen marinen Ablagerungen legt die Vermutung nahe, daß es sich um submarine Bildungen handelt. An das Ende des Paläozoikums und in den Anfang des Mesozoikums möchte ich schließlich die Bildung jener Serien porphyrischer Gesteine verlegen, die wir am Westabhang der Ostkordillere verschiedentlich in großer Mächtigkeit entwickelt finden. Ich rechne dahin die Porphyrite im O. von Calca und Urobamba und die Gesteine, die den Abhang der Ostkordillere oberhalb Huanta bilden. Durch diese Gesteine wird eine weitere Periode eruptiver Tätigkeit repräsentiert, die im Anschluß an die paläozoische Faltung stattfand. Ihrer effusiven Phase dürften auch die Decken basischer Gesteine in den Schichten des Oberkarbons angehören. Auch Tiefengesteine von paläozoischem Alter fehlen in der Ostkordillere

nicht, wie der Granit von Ollantaytambo, der von Quarzit überlagert wird und große Schollen metamorpher Schiefer einschließt.



In vorstehender Tabelle ist der Versuch gemacht, in großen Zügen die faziellen Beziehungen der Schichten darzustellen, die sich am Aufbau der Gebirge Südperú beteiligen, soweit dies nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen möglich ist. Über dem intensiv gefalteten älteren Paläozoikum folgt in der Ostkordillere das marine Oberkarbon. Es wird von den mesozoischen Ablagerungen konkordant überlagert, und bis zum Tertiär beobachten wir keine tektonische Diskordanz mehr in der Schichtenfolge. In der Westkordillere fehlt das Karbon in der Gegend von Lircay, und die mesozoischen Sedimente ruhen unmittelbar auf den steil aufgerichteten paläozoischen Schiefen und Grauwacken; wir dürfen daher wohl annehmen, daß wir uns in der Kordillere an der Westküste des Karbonmeeres befinden, das den nördlichen Teil der brasilianischen Masse am Ende des Paläozoikums überflutet hat. Durch das Vorkommen einer typischen Karbonflora in Schiefen der Halbinsel Paracas (FUCHS, 1900) an der Küste von Südperú wird diese Annahme nur bestätigt. Das Mesozoikum beginnt zunächst allenthalben mit gipsführenden Schichten, roten Sandsteinen und Konglomeraten terrestren Ursprungs, die gegen W. in die Porphyritformation übergehen. Als erste marine Einschaltung treffen wir dort mächtige Kalke, die zum größten Teil dem Lias angehören, aber noch bis in den unteren und mittleren Dogger hinaufreichen, der durch Fossilien aus der Gegend von Lircay und

Huancavelica erwiesen ist (JAWORSKI, 1914). Die marinen Ablagerungen der oberen Trias, die in Nord- und Zentralperú (Cerro de Pasco) nachgewiesen worden sind, fehlen offenbar in Südperú bereits vollkommen; das Triasmeer ist dort weiter im W. zurückgeblieben. An der Grenze des mittleren und oberen Jura fand in den Anden ein allgemeines Zurückweichen des Meeres statt. Die terrestren Ablagerungen des O. greifen in dieser Epoche auch in dem durchreisten Gebiet weit in die Westkordillere hinein und gehen schließlich in die Porphyritformation über. Die neue Meerestransgression beginnt stellenweise erst mit der unteren Kreide. Ins Neocom stelle ich die Exogyrakalke bei der Brücke über den Apurimac. Sie werden dort von einer mächtigen Gipsformation überlagert. Weiter gen NW. ist das Neocom durch einen hellen Quarzsandstein vertreten, der sich durch die ihm eingeschalteten kohlenführenden Schichten und Pflanzenreste als terrestrische Ablagerung dokumentiert. Das Neocommeer weicht gen Westen aus, wie die küstennahen Ablagerungen mit eingeschwemmten Pflanzenresten der Umgebung von Lima beweisen (LISSÓN, 1907). Im Norden treten aber auch im Bereiche der Kordillere wieder marine Ablagerungen des höchsten Jura und der tieferen Kreide auf (WELTER, 1913). Gault und mittlere Kreide sind in der Westkordillere des Südens wie überall in Perú marin entwickelt, sie enthalten die bekannte Fauna (SOMMERMEIER, 1910, 1913, SCHLAGINTWEIT, 1913). Über diesen Schichten folgen jedoch abermals vulkanische Bildungen der Porphyritformation. Die für Nordperú so charakteristischen fossilreichen Ablagerungen der oberen Kreide, des Senon (BRÜGGEN, 1910), sind bis jetzt im S. noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Im SO. des Landes trägt die Gipsformation des Apurimac die grauen Kalke von Cuzco und Puno, die teils mariner teils brackischer Entstehung sind. Ihr genaues Alter hat sich durch Fossilien noch nicht feststellen lassen, aber da sie von den Exogyraschichten durch die mächtige Gipsformation getrennt werden, nehme ich an, daß sie der mittleren oder oberen Kreide angehören. Ein gleiches Alter dürften die in ihrer Entstehung ähnlichen Schichten von Potosí in Bolivien und Yavi an der argentinisch-bolivianischen Grenze haben, die der Puciformation STEINMANN'S eingeschaltet sind.

Das hier in großen Zügen skizzierte Bild zeigt uns den allmählichen Übergang der terrestrischen mesozoischen Ablagerungen des Ostens in die marinen oder vulkanischen Bildungen des W., wie er für die ganze Kordillere Südamerikas so bezeichnend ist. Im einzelnen bedarf jedoch noch vieles in der Stratigraphie Südperús der Aufklärung und Sicherstellung, die weitere Forschungen hoffentlich recht bald bringen werden.

Literatur.

1842. D'ORBIGNY, A., Voyage dans L'Amérique méridional, 1826—33., Vol. III, 3 Géologie, 4 Paléontologie et Atlas. Paris.
1861. FORBES, D., On the geology of Bolivia and Southern Peru. Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. 17. London.
1874. RAIMONDI, A., El Perú. Tom. I—III. Lima 1874—79. — Mapa del Perú. Foja 21, 25, 26, 29.
1876. AGASSIZ, A., Hydrographic sketch of lake Titicaca. Proc. Amer. Acad. Arts a. Scie. N. S. Vol. III. Boston.
1877. GABB, W. M., Description of a collection of fossils made by Dr. A. RAIMONDI in Peru. Journ. Acad. Nat. Scie. Philadelphia. N. S. Vol. III.
1881. STEINMANN, G., Über Tithon und Kreide in den peruanischen Anden. N. Jahrb. f. Min. Stuttgart.
1883. BRACKEBUSCH, L., Estudios sobre la formación petrolifera de Jujuy. Ann. Soc. cient. Argent. Buenos Aires. Tom. I.
- 1886—90. OCHSENIUS, C., Über das Alter einzelner Teile der südamerikanischen Anden. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., Bd. 38, 39 u. 42. Berlin.
1890. HETTNER, A., Über seine Reisen in den Anden von Bolivien und Peru. Verh. Ges. f. Erdk. Bd. XVII. Berlin.
- 1893/94. MIDDENDORF, E. W., Peru. 3 Bde. Berlin.
1897. BALTA, J., Fosiles de Carabaya. Bol. Soc. Geogr. Lima. Tom. VII.
1897. GERHARDT, K., Beitrag zur Kenntnis der Kreideformation in Venezuela und Peru. N. Jahrb. f. Min. Beil. Bd. XI. Stuttgart.
1898. BALTA, J., Mas fósiles de Carabaya. Bol. de Minas. Tom. VIII. Lima.
1900. BURCKHARDT, C., Coupe géologique de la Cordillère entre Las Lajas et Curacautin. Anal. Museo La Plata.
1900. FUCHS, F., Nota sobre el terreno carbonifero de Paracas. Bol. de Minas. Lima.
1901. NEWTON, E. T., Note on Graptolits from Peru. Geolog. Mag. Ser. 4, Vol. VIII. London.
1902. RAIMONDI, A., El Perú. Tomo IV. (Estudios mineralógicos y geológicos) Lima.
1904. STEINMANN, G., Observaciones geológicas efectuadas desde Lima hasta Chanchamayo. Bol. Cuerpo Ingen. Min. Perú. Nr. 12. Lima.
1904. STEINMANN, HOEK und BISTRAM, Zur Geologie des südöstlichen Boliviens. Zentralbl. f. Min. Stuttgart 1904.
1906. STEINMANN, G., Die Entstehung der Kupfererzlagertstätte von Corocoro und verwandter Vorkommnisse in Bolivia. S. A.: aus d. ROSENBUSCH-Festschrift. Stuttgart.
1906. DUEÑAS, E., Recursos minerales de Jauja y Huancayo. Bol. Cuerpo Ingen. Min. Nr. 35. Lima.
1907. DUEÑAS, E., Aspecto minero del departamento del Cuzco. Bol. Cuerpo Ingen. Min. Nr. 53. Lima.
1907. LISSÓN, C., Contribución á la geología de Lima y sus alrededores. Lima.
1907. NEUMANN, R., Beiträge zur Kenntnis der Kreideformation in Mittelperu. N. Jahrb. f. Min. usw. Beil.-Bd. XXIV. Stuttgart.
1907. STILLE, H., Geologische Studien im Gebiete des Rio Magdalena. v. KOENEN-Festschrift. Stuttgart.
1908. DUEÑAS, E., Fisionomia minera de las provincias de Tayacaja y Huancavelica. Bol. Cuerpo Ingen. Min. Nr. 62. Lima.
1908. JOCHAMOWITZ, A., Recursos minerales del departamento de Apurimac. Bol. Cuerpo Ingen. Min. Nr. 58. Lima.
1909. BOWMAN, I., Physiography of the central Andes. Amer. Journ. Scie., 4 ser. Vol. XXVIII. New Haven, Con.

1910. BRÜGGEN, H., Die Fauna des unteren Senon von Nordperu. N. Jahrb. f. Min. usw. Beil.-Bd. XXX. Stuttgart.
1910. KEIDEL, H., Die neueren geologischen Ergebnisse der staatlichen geologischen Untersuchungen in Argentinien. Comptes Rendu. XIe Congrès Géologique International.
1910. STEINMANN, G., Gebirgsbildung und Massengesteine in der Kordillere Südamerikas. Geolog. Rundsch. I. Leipzig.
1910. STEINMANN, G., Über gebundene Erzgänge in der Kordillere Südamerikas. Intern. Kongr. Bergw. Düsseldorf.
- 1910 und 1913. SOMMERMEIER, L., Die Fauna des Aptien und Albien im nördlichen Peru. N. Jahrb. f. Min. usw. Beil.-Bd. XXX. u. XXXVI. Stuttgart.
1911. HAUTHAL, R., Reisen in Bolivien und Peru. Wissensch. Veröffentl. Ges. f. Erdk. Bd. VII. Leipzig.
1912. BINGHAM, H., The discovery of prehistoric human remains near Cuzco, Peru. Amer. Journ. Sc. Vol. XXXIII. New Haven, Con.
1913. LISSÓN, C., Edad de los fósiles peruanos y distribución de sus depósitos en la república. Con mapa paleontológico del Perú. Lima.
1913. RAIMONDI, A., El Perú. Tomo V. (Itinerarios geológicos). Lima.
1913. SCHLAGINTWEIT, O., Die Fauna des Vracon und Cenoman in Perú. N. Jahrb. f. Min. usw. Beil.-Bd. XXXIII. Stuttgart.
1913. WELTER, O., Eine Tithonfauna aus Nord-Perú. N. Jahrb. f. Min. usw. Beil.-Bd. Stuttgart.
1914. BOWMAN, I., Results of an expedition to the central Andes. Amer. Geogr. Soc. Vol. XLVI.
1914. DOUGLAS, I., A. Geological sections through the Andes of Peru and Bolivia. Quart. Journ. Geol. Soc. Vol. LXX. London.
1914. JAWORSKI, E., Beiträge zur Kenntnis des Jura in Südamerika. N. Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. XXXVII. Stuttgart.
1914. MEYER, H. L. F., Carbonfaunen aus Bolivia und Perú. N. Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. XXXVII. Stuttgart.
1914. SIEVERS, Reise in Peru und Ecuador. Wissensch. Veröff. Ges. f. Erdk. Leipzig. Bd. VIII.

Erläuterungen zu Taf. II—VII.

Taf. II, Fig. 1. Blick von der Höhe westlich Punta Rieles in ONO-Richtung über das Hochland auf den C^o. Chorolque, Südbolivien. Am Abfall des Hochplateaus zu dem weiten aufgefüllten Talboden im Vordergrund des Bildes treten gefaltete Schichten, Tonschiefer und Grauwacken des älteren Paläozoikums zu Tage. Sie tragen auf der Höhe die Rumpffläche, die vorne am Rande des Tales ganz entblößt ist, weiter im Hintergrunde aber von jungvulkanischen Tuffen bedeckt wird. Über ihr erhebt sich, links im Bilde, der C^o. Chorolque, 5600 m, dessen breiter Sockel aus paläozoischen Gesteinen besteht, die durch das Aufdringen des tertiären Eruptivgesteins, das die eigentliche Gipfelpyramide des Berges aufbaut, gehoben worden sind. Deutlich ist am Abhang des Berges unterhalb des Gipfels ein altes Firnbecken zu erkennen. Der Chorolque war zur Diluvialzeit das Zentrum einer oder mehrerer lokaler Vereisungen, wie HAUTHAL (1911) durch Auffinden von Moränen an seinem Fuße nachwies. Der tafelförmige Berg, ganz rechts im Hintergrunde des Bildes, besteht ebenfalls aus jungvulkanischen Bildungen, Lavadecken, die vermutlich zum Chorolque gehören, während am Fuße der sich links anschließenden spitzen Hügel rote Sedimente der Kreide, der Pucformation, zu Tage treten. S. 145.

Fig. 2. Der südliche Teil des Beckens von Ayacucho, gesehen gegen SO. von den Höhen unmittelbar oberhalb der Stadt. Der Untergrund der langgestreckten Niederung zwischen den Vorbergen der Ostkordillere, links, und denen der West-

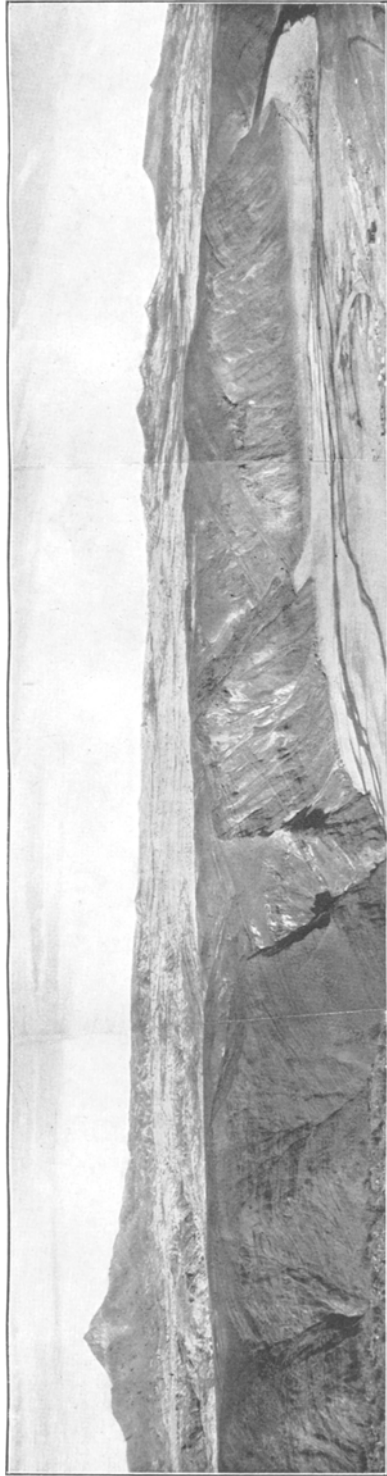


Fig. 1.

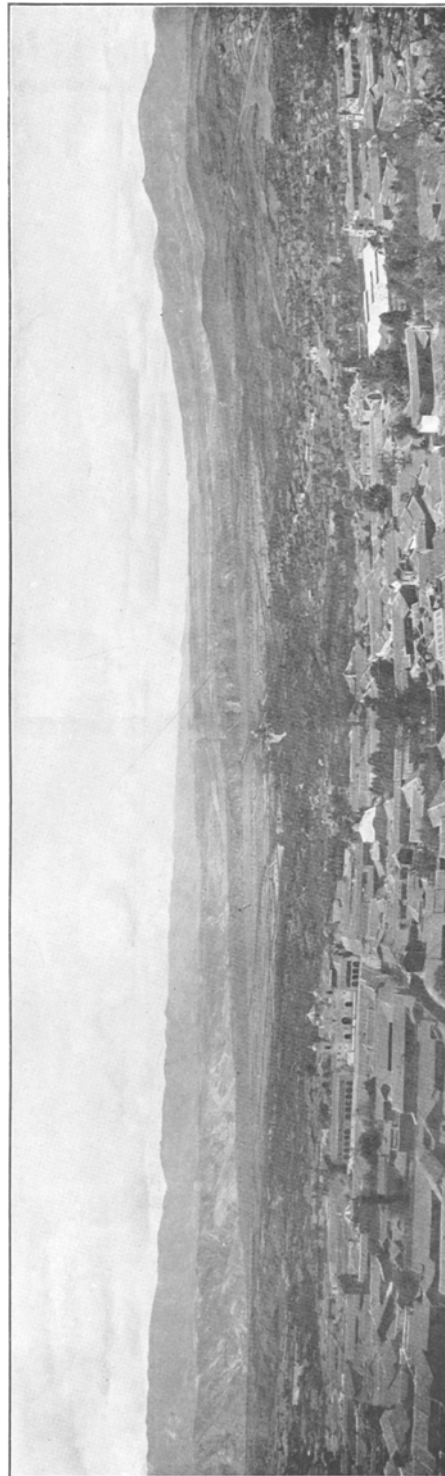


Fig. 2.

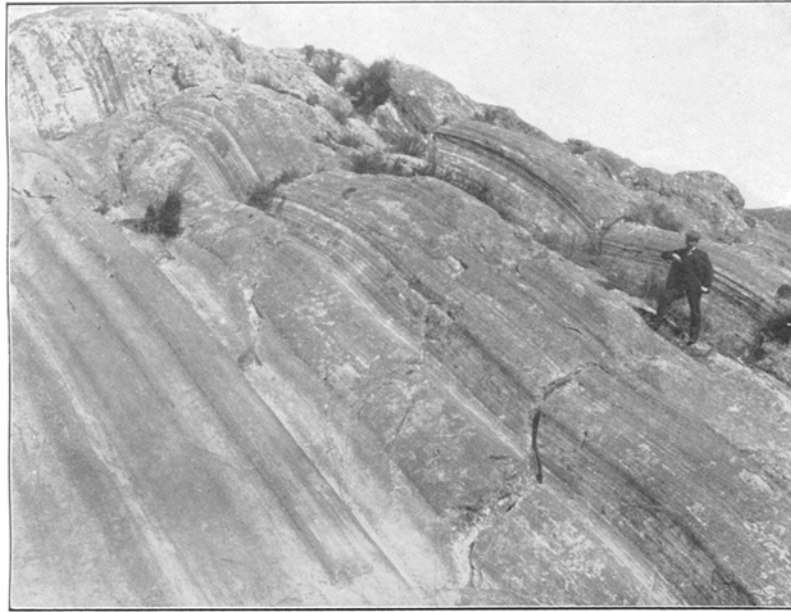


Fig. 1.

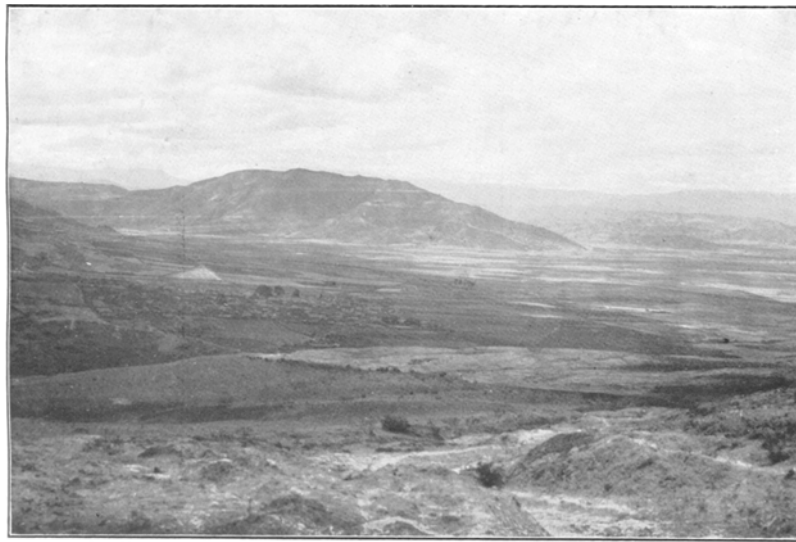


Fig. 2.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 1.

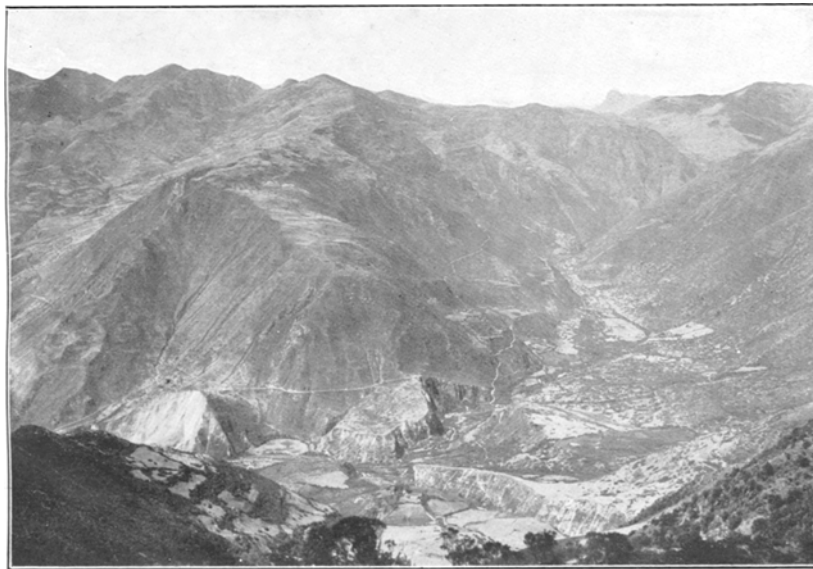


Fig. 2

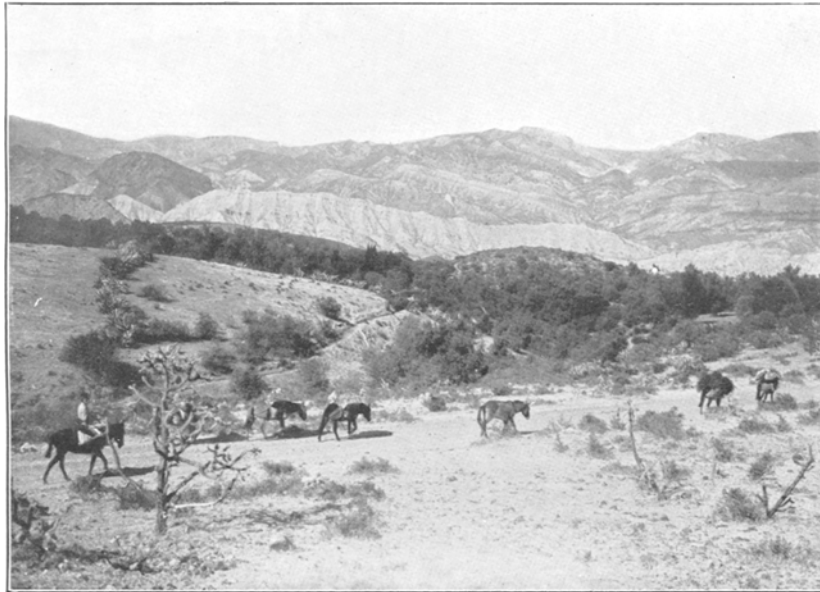


Fig. 1.



Fig. 2.

kordillere rechts, besteht aus tertiären und diluvialen Aufschüttungen, deren Oberfläche zu in verschiedenen Niveaus befindlichen Terrassen eingeebnet ist, die in langgestreckte, allmählich gegen die Umgrenzung des Beckens ansteigende Schuttkegel übergehen. Die auffallend gleichmäßige Höhe der Vorberge der Ostkordillere wird bedingt durch die sich auf ihren Höhen ausdehnende Einebnungsfläche. S. 138, 140.

Taf. III, Fig. 1. Der Rodadero bei Cuzco. S. 135.

Fig. 2. Die Pampa von Anta und Zurite (links im Bilde) nordwestlich Cuzco ist eine hochgelegene (3400 m), altdiluviale Aufschüttungsfläche, aus der nur noch einzelne fast reife Bergformen aufragen. S. 137.

Taf. IV, Fig. 1. Die Schneeberge der Ostkordillere, Salgantay- und Omantaygruppe, vom Aufstieg vom Rio Apurimac zum Paß nach Abancay oberhalb Curahuasi. S. 138.

Fig. 2. Blick von der Paßhöhe nach SW. in die Talniederung von Abancay. Abancay liegt auf den mächtigen diluvialen Auffüllungen eines Seitentals des Rio Pachachaca, dessen quer zur Streichrichtung des Gebirges tief eingegrabene Furche das Bild von links nach rechts durchzieht. Die hellen Flächen auf den Diluvialterrassen im Grunde der Täler sind Zuckerrohranpflanzungen. S. 138.

Taf. V, Fig. 1. Durchbruchstal bei Huancarama gegen NO. gesehen. Besonders deutlich treten in dem Bilde die mächtigen diluvialen Aufschüttungen hervor, die in verschiedenen Niveaus gelegene Terrassenstücke tragen. S. 138.

Fig. 2. Längstal und Durchbruchstal (links im Vordergrund des Bildes) bei Pincos gegen SO. gesehen. Im Hintergrund die geschlossenen Bergmassen des peruanischen Hochlandes. S. 138.

Taf. VI, Fig. 1. Die Schichten des Beckens von Ayacucho unterhalb Huanta am Rio Cachis. Die dunkle Kuppe links im Bilde ist ein die Sedimente durchbrechender Andesitstock. S. 140.

Fig. 2. Blick von der Paßhöhe Corihuacta am Co. Julcani gegen W. Der in jungvulkanischen Tuffen und Laven ausgekolkte Glazialboden im Vordergrund des Bildes findet seine Fortsetzung in einer steilen Erosionsschlucht, die zum Rio Opomayo hinunterführt. Dieses tief eingeschnittene Tal durchzieht die Bildmitte von rechts nach links. Auf der anderen Seite des Flusses tritt der Westflügel einer Antiklinale unter den jungvulkanischen Bildungen deutlich hervor. Ihr Kern besteht aus paläozoischen Schichten (*P*), auf die sich zunächst dunkle rote Sandsteine (*S*) und dann die mächtige Kalkserie des Lias (*L*) legen. Den Hintergrund des Bildes nimmt der Kamm der Westkordillere ein, er weist starke Neuschneebedeckung auf. S. 142.

Taf. VII, Fig. 1. Kartenskizze der Reiseroute in Südperú. Die Höhen der Kartenskizze sind nach Aneroidablesungen berechnet auf die beiden Fixpunkte Cuzco und Huancayo, deren Lage durch Eisenbahnnivellement festgelegt ist.

Fig. 2. Querprofil von der Ostkordillere oberhalb Huanta durch den nördlichen Teil des Beckens von Ayacucho bis zur Westkordillere bei Huachocolpa. Maßstab der Länge 1 : 500 000, der Höhe 1 : 250 000. Sil. u. pal. Älteres Paläozoikum, carb. Carbon, d basische Eruptivlager in diesem, gr. p. Granite und Porphyre am Westabhang der Ostkordillere, r. s. dunkelrote Sandsteine an der Basis der Liaskalkserie *L.*, stellenweise in die Porphyritformation *P.* übergehend, Gr. Andengranit, *x* Schichten des Becken von Ayacucho, *b* Lager eines basaltischen Gesteins in diesen, *t* helle Bimssteintuffe, *a* tertiäre Effusivgesteine. S. 141.