

Zur Geologie der columbianischen Ostkordilleren

Autor(en): **Eugster, Hermann**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **17 (1922-1923)**

Heft 2: **Eclogae Geologicae Helveticae**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-158096>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Taf. XIV b. Pyritführender Turmalinflusspattfels (p. 227).

Mine Tronoh North bei Tronoh, Distrikt Kinta
(Taf. VIII Nummer 17).

Turmalin (gefärbt, ausgeprägtes Relief) und Flusspat (farblos) bilden zusammen ein granoblastisches Gemenge. Vergr. 16fach; gewöhnliches Licht.

Taf. XV a. Flusspatchloritfels mit beträchtlichem Gehalt an Sulfiden (p. 229).

Mine Tronoh North, bei Tronoh, Distrikt Kinta
(Taf. VIII Nummer 17).

Flusspat (getrübt durch zahlreiche parallel angeordnete Züge von Interpositionen), Chlorit (filzigstrahlig), Zinnstein (durch starkes Relief ausgeprägt), opakes Erz (Pyrit, Arsenkies). Vergr. 50fach; gewöhnliches Licht.

Taf. XV b. In Kalkstein auftretende Gangfüllung, bestehend aus Zinnstein, Sulfiden und Karbonat (p. 231).

Mine Changkat Pari bei Ipoh, Distrikt Kinta (Taf. VIII Nummer 18).

Arsenkies (opak), Zinnstein (mit kreuzförmiger Zwillingsbildung) und Chlorit (filzigstrahlige Aggregate, auf dem Bild kaum zu erkennen) in einem Füllsel von grobkörnigem Kalzit. Vergr. 30fach; gewöhnliches Licht.

Manuskript eingegangen am 25. Juli 1922.

Zur Geologie der columbianischen Ostkordilleren.

VON HERMANN EUGSTER (Speicher).

Mit einer Tafel (XVI) und 4 Textfiguren.

Der südamerikanische Kontinent zeichnet sich gegenüber den andern Weltteilen aus durch seinen einheitlichen Bau. Nach der Beschreibung von E. SUESS erhalten wir folgendes Bild (20). Im E und in der Mitte liegt die weite brasilische Tafel mit flachgelagerten paläozoischen Sedimenten von einer ähnlichen Lückenhaftigkeit in der Reihe der marinen Ablagerungen wie sie auf andern Tafelländern bekannt sind. Nähert man sich von E her dem Hochgebirge, so zeigen sich zuerst kurze Erhebungen, so die Sierren westlich von Córdoba und der

Gebirgszug im E der bolivischen Anden, die ganz oder vorwiegend archaische Züge aufweisen. Weit länger ist die fortlaufende Zone schon paläozoischer, vorwiegend silurischer Ketten. Sie sind vom südlichen Perú durch Bolivio bis Mendoza bekannt. Noch weiter reicht gegen N wie gegen S die Verbreitung der jurassischen Ablagerungen, welchen der Hauptzug der Kordilleren samt den jungen Vulkanen zum grössten Teil zufällt. Gegen die W-Küste hin endlich, wo man unter europäischen Verhältnissen die Flyschzone suchen würde, erhebt sich die fremdartige Reihe der Küstenkordilleren, aus Felsarten von archaischem Gepräge wie Gneis, Glimmerschiefer, aus verschiedenen ältern eruptiven Felsarten, endlich aus in der Regel pertrefaktenleeren Ablagerungen von Sandstein und Schiefergebilde. Im S setzen sie die patagonische W-Küste und die vorliegenden Inseln zusammen und nachdem die andern verschwunden sind, strecken sie sich noch weit südwärts fort, und vollziehen die grosse Biegung von S nach SE durch Feuerland gegen die Staaten Island.

Dasselbe zeigt sich aber auch im N. Nur Felsarten von archaischem Gepräge und fast nur kretazische Schichten bilden die grossen, von Ecuador nordwärts ziehenden und dann in Virgation auseinander tretenden Sierren, namentlich den gegen NE streichenden Bogen der columbianischen Ostkordilleren und Sierra de Mérida. Schon an der Grenze von Ecuador und Columbien verzweigt sich die Ostkordillere Ecuadors und bildet einerseits die Zentralkordilleren, andererseits die Ostkordilleren Columbiens, mit denen wir uns befassen werden. Weiter im N zeigt sich nochmals eine Virgation, indem ein Ast der Ostkordilleren sich in die Sierra de Perjá fortsetzt, während ein anderer in die Sierra de Mérida, nach NE umbiegt und den Übergang bildet zu den Gebirgsketten von Venezuela, die sich über Trinidad in den gebirgigen Inseln der grossen Antillen fortsetzen.

Von dem langen Gebirgszug, den wir von der S-Spitze des südamerikanischen Kontinentes seinem W-Rand entlang bis in die Antillen verfolgten, werden wir im Folgenden vornehmlich jenen Abschnitt ins Auge fassen, der zwischen dem 4° und 10° nördliche Breite liegt, nämlich die columbianischen Ostkordilleren. Zunächst wollen wir uns der

Stratigraphie

dieses Gebietes zuwenden.

Das Grundgebirge der Ostkordilleren Columbiens besitzt wahrscheinlich paläozoisches Alter und ist wohl gleichzeitig

mit den Kordilleren von Bolivia, Perú und Argentinien entstanden. In diesen südlichen Gebieten finden wir transgressive Auflagerung der Trias und des Jura auf dem Grundgebirge, in Columbien dagegen trat die Meeresüberflutung erst in der *untern Kreidezeit* ein. Sie lieferte eine ca. 6—7000 m mächtige Schichtfolge, die einen einfachen und ausgeprägten Sedimentationszyklus darstellt.

Seine Transgressionsphase zeigt sich in den mehreren hundert Meter mächtigen *Gironschichten*, die hauptsächlich im nördlichen Teil der Kordilleren auftreten. Sie bestehen im untern Teil aus klastischen Sedimenten, im obern aus roten und weissen tonigen Sandsteinen, rotvioletten Schiefertönen und roten Kalken. Die Schiefertöne enthalten *Crioceras Duvali* var. *undulata* (Karsten) und gehören also dem Hauterivien an.

Die weitgehende Inundationsphase liess die 5—6000 m mächtigen *Villetaschichten* entstehen. In den untern Teilen enthalten sie zwar noch einzelne Sandsteinlagen, im übrigen bestehen sie aber vorwiegend aus grauen, meist dunklen Tonschiefern und dichten bituminösen Kalken, in die eine Menge sehr grosser Konkretionen eingelagert sind. Man findet solche bis zu 2 m Durchmesser. Sie sind reich an Pyrit und enthalten pyritisierte Fossilien. Im Kern der Konkretionen findet man meistens Kalzit-oder Quarzkristalle. Auch kleine, Erdöl enthaltende Hohlräume kann man darin finden. Eine grosse Anzahl von Ammoniten ist aus diesen Schichten bekannt. Wir treffen hier Formen des Barrémien, Aptien und Albien. Ich hatte die Gelegenheit von verschiedenen Orten Fossilien zu sammeln. Sie sind in folgender Tabelle zusammengestellt¹⁾. Es sind Formen der mediterran-europäischen Facies:

Barrémien.

Pulchellia	Caicedi Karst.	mehrere	Exempl.	Vélez	(2) ²⁾
„	selecta Gerhardt	„	„	„	(2)
„	pulchella Karst.	„	„	„	(2)
„	galeatoides Karst.	„	„	„	(2)
„	Lindigii Karst.	„	„	„	(2)
„	galeata Bach	„	„	„	(2)
„	provincialis var.				
	Lindigii Gebhardt	„	„	„	(2)

¹⁾ Die Bestimmung der Fossilien nahm in freundlicher Weise Herr Prof. L. W. COLLET in Genf vor, wofür ich ihm an dieser Stelle bestens danke.

²⁾ Die Zahlen beziehen sich auf die in der Karte (Taf. XVI) eingetragenen Fossilfundstellen.

Pulchellia Didayi d'Orb.	mehrere Exempl.	Vélez	(2)
„ fasciata Gerhardt	„ „	„	(2)
„ compressissima d'Orb.	„ „	„	(2)
„ neue Form (?)	1 Exempl.	„	(2)
Leptoceras Beyrichii Karst.	mehrere Exempl.	„	(2)
Hamites Degenhardtii Buch	„ „	„	(2)
Hoplites cf. Codazzianus Karsten	1 Exempl.	Rio Villamizar-Coper	(8)

Aptien.

Douvilleiceras Martinii d'Orb. var.			
orientalis Jacob	1 Exempl.	Vélez	(2)
„ Buxtorfi Jacob;			
Übergangsform zu			
D. subnodosocost.	1 Exempl.	Opón	(11)
„ subnodocostat. Sinz	1 „	„	(2)
Parahoplites Bigoti Seunes	3 Bruchst.	„	(2)
„ Treffryanus Karst.	1 Exempl.	südöstlich Villeta	(3)
Arca Gabrielis d'Orb.	10 „	Pacho	(5)
Corbis corrugata Forbes	1 „	Cune bei Villeta	(1)

Gault (nach d'Orb.).

Natica cf. ervyna d'Orb.	1 Exempl.	Cune bei Villeta	(1)
--------------------------	-----------	------------------	-----

Im obern Teile der Villetaschichten treten die Kalke mehr und mehr zurück und eisenreiche Sandsteine nehmen überhand, sodass ein allmählicher Übergang in die Regression andeutenden *Guadalupeschichten* erfolgt. Besonders deutlich tritt die Regression durch das Auftreten grosser Salzekzeme in Erscheinung (Salzmine von Zipaquirá sowie auf der E-Seite der Ostkordilleren). Die *Guadalupeschichten* bestehen vorherrschend aus dickbankigen Quadersandsteinen. In den untern Partien finden wir auch dünnbankige und plattige kieselig-tonige Sedimente, die an die Plänerschichten erinnern (5). KARSTEN (7) fand darin Foraminiferen und auch Ananchytes ovatus sowie Spatangus cor anguinum. Also können die untern Teile der *Guadalupeschichten* dem obern Gault zugewiesen werden. In den Sandsteinen an der Grenze zwischen Villetaschichten und *Guadalupeschichten* fand ich (am Wege von Chiquinquirá nach Puente Nacional unterhalb der Tienda „El Claro“) eine *Alectryonia syphax*, die für Cénomaniern sprechen würde¹⁾.

Die über den *Guadalupeschichten* folgenden Sedimente, die *Guaduasschichten*, setzen sich vorwiegend aus eisenschüssigen Sandsteinen und bunten Mergeln zusammen. Sie beginnen mit dünnbankigen, feinkörnigen Sandsteinen, in denen Kohlenflöze eingelagert sind. So findet man in der Gegend von

¹⁾ Herr Prof. COLLET wird auch dieses Fossil einer genaueren Untersuchung unterziehen.

Bogotá ein relativ konstantes Kohlenflöz stets ca. 42 m über den Guadalupeschichten. Nach oben wiederholen sich die Kohlenflöze, sind aber meist geringmächtiger. Der übrige Teil der Guaduasschichten besteht aus roten Mergeln, braunvioletten Tonen und eisenschüssigen Sandsteinen, die miteinander wechsellagern und oft auch weisse Sandsteine aufnehmen. Die Sandsteine sind hie und da rotgestreift, ähnlich wie der Buntsandstein, und enthalten mitunter rote, dichte Tone. Nicht selten trifft man auch Anhäufungen von Kaolin und Gips. STILLE (8) hat im Magdalenatal in die Guaduasschichten eingelagerte Quarzporphyre und Labradorporphyrite gefunden.

Über den Guaduasschichten folgen die *Hondaschichten*, die zweifellos *tertiären Alters* sind. Sie werden gebildet von meistens grobklastigen Ablagerungen. Besonders im obern Magdalenatal sind sie weit verbreitet. Auf der W-Seite der Ostkordilleren liegen sie den Guaduasschichten meistens noch konkordant auf. Auf der E-Seite der Zentralkordilleren zeigt sich vorwiegend Diskordanz (18, p. 310).

Die Hondaschichten stellen das abgetragene Material der bereits im Tertiär aufgestauten Zentral- und Ostkordilleren dar. Dafür spricht die Verteilung der grobkonglomeratischen Facies, die sich wie die Nagelfluh der Schweiz an den Fuss des neugebildeten Gebirges hält. Im obern Magdalenatal sind grosse Rollstücke von Andesit, die von den Zentralkordilleren stammen, in den Hondaschichten besonders häufig vertreten.

Noch jünger als die Hondaschichten sind die diskordant auf ihnen lagernden *Gualandayschichten*, die wir östlich Ibagué antreffen.

Es sei hier noch eine besondere, wahrscheinlich tertiäre Ablagerung erwähnt, die ich am *Cerro de Armas* zwischen dem Rio Opón und Rio Carare antraf. In steilen Felswänden erhebt sich die Berggruppe aus dem Magdalenatal und besteht vom Fusse bis zum Scheitel aus meist groben, hellen Sandsteinen mit Quarzgeröllen. Sie sind meist dickbankig und wenig verfestigt und bilden mit plattigen sandigen Tonschiefern wechsellagernd eine Schichtserie von 800—1000 m Mächtigkeit. Da diese Sandsteine des Cerro de Armas weder den Guadalupe noch den Guadasschichten ähnlich sehen und durch das Auftreten von Geröllen sowie durch die geringe Festigkeit mehr an Hondaschichten erinnern, dürfen wir sie wohl als tertiäre Ablagerungen betrachten, die hier transgressiv auf stark gefalteten Kreideschichten liegen. Jedenfalls sind sie jünger

als die Kreide und älter als die tertiären Sandsteine, welche in den Niederungen des Magdalenatales ebenfalls diskordant auf Kreide liegen und schwach wellenförmige Lagerung zeigen. Es kann sich auch um ein dem Alter nach den Hondaschichten entsprechendes Sediment handeln, obschon Andesite darin nicht enthalten sind, was jedoch nichts zu sagen hat, zumal wir uns am Fusse der Ostkordilleren, in denen keine Andesite vorkommen, befinden und wir hier eine andere Facies des Tertiär zu erwarten haben.

Tektonik.

Die columbianischen Ostkordilleren zeigen in ihrem tektonischen Aufbau das Bild eines Faltengebirges von ähnlichem Aussehen wie der Schweizerjura. Was aber dieses Faltengebirge vom Schweizerjura unterscheidet, das ist neben dem bedeutend grösseren Ausmass in Länge und Breite der Umstand, dass die Ostkordilleren einen an die Oberfläche tretenden kristallinen Kern besitzen. Auf der W-Seite wird das Gebirge begrenzt von der Grabenversenkung grossen Stils, die zur Bildung des Magdalenatales Anlass gegeben hat. Die randliche Absenkung des Magdalenagrabens wird von STILLE (18, p. 319) auf über 4000 m geschätzt; seine Länge beträgt, wenn man als Fortsetzung das Valle d'Upar dazu rechnet, ca. 1000 km und die grösste Breite ca. 75 km. Dieser Grabenversenkung ist wohl auch die Verzweigung der Ostkordilleren Ecuadors in die columbianischen Zentral- und Ostkordilleren zuzuschreiben. Auf der E-Seite der Ostkordilleren, gegen die Llanos, zeigen die Falten einfachere Formen als auf der W-Seite, wo sie von den Staffelbrüchen des Magdalenagrabens zerschnitten wurden. Infolgedessen sehen wir im E flache Abdachung gegen die brasilische Tafel, im W dagegen Steilabfall zum grossen Senkungsfeld des Magdalenatales.

Im *Faltengebirge* der Ostkordilleren, deren erste Erforschung wir KARSTEN (7) und HETTNER (5) verdanken, sehen wir neben regelmässigen Antiklinalen auch überkippte, so jene am Monserrate bei Bogotá; ferner gut ausgeprägte Kofferfalten (Samacá und Ráquira) und solche mit abgeschertem Mittelschenkel (Carupa), wie dies in den Profilen (Taf. XVI, Prof. IV, VIII) zum Ausdruck kommt.

Der Verlauf der *Faltenachsen* wurde von HETTNER (5) bereits auf grosse Strecken erkannt. Im folgenden möge das von ihm entworfene Bild durch einige Beobachtungen erweitert werden (siehe Taf. XVI).

Begeben wir uns vom Magdalenatal gegen E auf die Kordilleren, etwa von Honda nach Bogotá, so treffen wir zwischen Honda und Guaduas, am *Alto del Sargento* (siehe Taf. XVI, Prof. XII), eine erste Antiklinale an, deren Achse in NNE-Richtung streicht, also mit dem Magdalenatal parallel verläuft. Ihre nördliche Fortsetzung wird vom *Rio Negro* östlich La Dorada angeschnitten und weiter im N, gegenüber Buenavista, wo der Rio Negro nach W abbiegt, um in den Magdalenastrom einzumünden, durchschnitten (siehe Kartenskizze, Taf. XVI). Ihre W-Flanke ist von Staffelbrüchen stark zerteilt und gegenüber der östlichen Hälfte abgesenkt, sodass meistens nur die E-Flanke erhalten ist (Prof. XI, XII).

Die nächstfolgende Antiklinale zeigt sich am *Alto del Trigo* und ihre nördliche Fortsetzung in schöner Ausbildung und gut aufgeschlossen im W von *Utica* (Prof. XI, XII), wo sie vom Rio Negro vollständig durchschnitten wurde. Sie verläuft dann weiter über *Caparrapí* (Prof. IX) nach *San Pedro*, wird hierauf zuerst von der *Quebrada Almendra* im W-Schenkel, dann vom *Rio Cáceres* in der E-Flanke und schliesslich von der *Quebrada del Ermitaño* durchschnitten. Weiter im N verschwindet sie unter den Alluvionen des Magdalenatales (siehe Kartenskizze, Taf. XVI).

Den enggefalteten Kern einer zweiten Antiklinale finden wir bei *Villeta* aufgeschlossen (Prof. XII, XIII). Ihre Achse streicht zwischen *Peñón* und *La Palma* und hierauf nordwestlich von *Muzo* vorbei (siehe Kartenskizze, Taf. XVI) und liefert an der *Quebrada Cobre* und *Mártirez* Asphaltlager. Ihre wahrscheinliche Fortsetzung kreuzt den Rio Horta und Rio Guayabito (bei *Los Balsos*) (Prof. I).

Zwischen *Peñón* und *Pacho* beobachten wir noch weitere, enggepresste Antiklinalen, die als Kern einer grösseren einfachen Antiklinale aufgefasst werden können (Prof. IX, X). Die Achse derselben lässt sich über *Copér* und *Maripí* verfolgen. Im S gehören ihr wohl die Falten zwischen *Albán* und *Villeta* an (Prof. XIII), im N jene zwischen *Landázuri* und *Flores* (siehe Taf. XVI).

Eine weitere Antiklinale, die sich auf grosse Strecke an den W-Abfall der Kordilleren hält, verläuft über *Chiquinquirá—Vélez—Girón* (siehe Kartenskizze, Taf. XVI). Ihre südliche Fortsetzung ist in *Buenavista* schön zu sehen und bei *Sumangá* bis tief in den Kern aufgeschlossen (Prof. VIII).

Die östlich anschliessende Synklinale streicht von Subachoque zwischen *Pacho* und *Zipaquirá* durch nach *Simijaca*

und bildet von Puente Nacional an nordwärts das Tal des Rio Suarez.

Eine sechste ausgeprägte Antiklinale ist jene von *Tábio—Tausa—Ráquira—San Gil* (siehe Kartenskizze, Taf. XVI).

Im E der Antiklinale folgt die Synklinale von Bogotá—Zipaquirá.

Als siebente Antiklinale erkennen wir die stark nach W überkippte Falte des *Monserate*, die gegen N ausflacht und unter das Quartär der Sabana untertaucht.

STILLE (18) fasst die Anden auf als „eine Auflösung langgestreckter, vorwiegend NS gerichteter Schollen, die im Sinne von Horsten und Senkungsfeldern mehr oder weniger vertikale Verschiebungen gegeneinander erfahren haben“. Allerdings sind auf der W-Seite, gegen das Magdalenatal, Staffelbrüche vorhanden, doch das tektonische Gesamtbild der Ostkordillere ist mehr jenes eines *Faltengebirges*. STILLE's Auffassung mag wohl für die Gegend von Ocaña, wo der kristalline Kern der Kordillere aufgeschlossen ist, stimmen.

Überblicken wir die Ostkordillere zwischen Bogotá und Bucaramanga, so fällt uns auf, dass die Kordillere an Breite bedeutend zunehmen. Südlich Bogotá, auf der Höhe von Fusagasugá, beträgt sie 140 bis 150 km; vom Rio Sogamoso nach dem Rio Casanare überspannt das Faltengebirge bereits eine Breite von 200 bis 240 km. Ferner sehen wir im N immer ältere Schichtglieder der Kreide an die Oberfläche treten. So bestehen im S die Falten zum grössten Teil noch aus Guadalupe- und Guaduasschichten. Im N werden sie vornehmlich aus Villetaschichten, also unterer Kreide, gebildet. Schon vor Bucaramanga, am Alto de los Cacaos, zwischen Soatá und San Gil, treten kristalline Gesteine zutage. Es ist der aus Granit, Gneis und ältern Eruptiva bestehende *kristalline Kern der Ostkordillere*, der axial gegen NNE ansteigt.

Überdies können wir eine *Divergenz der Faltenachsen* feststellen. Während die ersten zwei Antiklinalen, am Rand des Magdalenatales, noch allgemein in NNE-Richtung verlaufen, schwenken die östlich gelegenen Falten ungefähr auf der Höhe von Zipaquirá gegen NE um (siehe Kartenskizze, Taf. XVI). Es macht sich schon hier der Einfluss der weiter nördlich eintretenden *Virgation* geltend.

Als auffallendste Besonderheit im Bau der Ostkordillere finden wir eine weitgehende *Disharmonie der Faltung*. Sie ist die Folge der beim Faltungsvorgang sich sehr verschieden verhaltenden Gesteinsarten.

Die obersten, zumeist aus Sandstein bestehenden Schichtglieder, die Guadalupe- und Guaduasschichten, verhielten sich bei Faltungsvorgang starr und brüchig, während die tieferen, hauptsächlich aus Kalken und Tonschiefern bestehenden Villetaschichten in enge Falten gepresst wurden. Die beigegebenen Profile mögen dies veranschaulichen (siehe Taf. XVI).

Daraus erklärt sich auch die oft zu beobachtende Erscheinung, dass innerhalb einer Antiklinale, deren Dach aus Sandstein besteht, in den Villetaschichten mehrere enggepresste Falten entstanden.

Eine weitere Diskordanz zeigt sich auch innerhalb der Guadalupeschiefer. So in der Gegend südwestlich Ubaté im Tale des *Rio El Hato*, wo wir die in Fig. 1 skizzierte Lagerung beobachten können. Dieses Profil zeigt auf der einen Seite im Kern einer kofferförmigen Falte enggefaltete Schiefer; auf

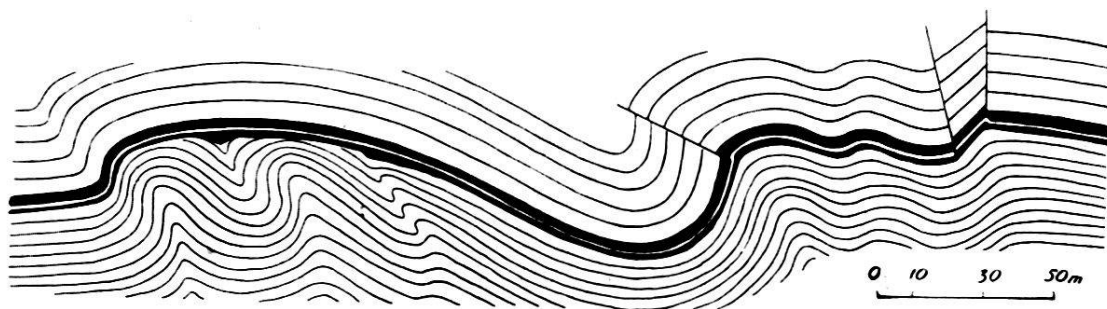


Fig. 1. Profil südwestlich Ubaté.

der andern Seite sehen wir, wie die den Guadalupesandstein durchziehenden Brüche in dem weicheren Schiefermaterial ausgeglichen werden.

Wiederum ein anderes Bild der Diskordanz zeigt sich in den Guaduasschichten beim *Tequendamafall*. Dort sind die Guadalupesandsteine im allgemeinen ungestört gelagert, während die darüber liegenden Guaduasschichten durch Brüche zerschnitten sind (siehe Fig. 2). Die von den Bruchflächen begrenzten Schichtpakete wurden gegeneinander verstellt und erfuhren nachträglich eine Pressung, was wir aus den schwachen Biegungen innerhalb der Schichtpakete erkennen können. Die zwischen den obern und untern Teilen entstandenen Lücken, welche von dünnbankigen Sandsteinen und Schiefen ausgefüllt sind, entstanden enge Falten, welche die Bewegung zwischen Ober- und Unterbau ausglich und den Übergang zum untern, ruhig gelagerten Teil der Guadalupeschiefer vermitteln.

In welcher Weise die Antiklinale von Staffelbrüchen geschnitten wurden, zeigt ein schöner Aufschluss bei *Buenavista, südwestlich Chiquinquirá*, der in Fig. 3 wiedergegeben ist.

Die Aufeinanderfolge der verschiedenen Phasen der Gebirgsbildung zeigt sich in den verschiedenen Diskordanzen des Tertiärs, indem einerseits das ältere Tertiär auf Villetaschichten (so am E-Fuss der Zentralkordillere, ferner zwischen Rio Opón und Carare und in der Gegend von Los Angeles, westlich Ocaña) zu liegen kommt, und andererseits das jüngere Tertiär dem älteren, anders gefalteten Tertiär aufliegt, so zwischen Ibagué und Girardot. Die *Terrassenbildungen* im untern Magdalena (bei Gamarra) sowie jene in der Gegend von Ocaña und La Cruz auf der Ostkordillere weisen auf tektonische Bewegungen während des Quartärs hin. Und die häufigen und starken *Erdbeben*, welche die columbianischen

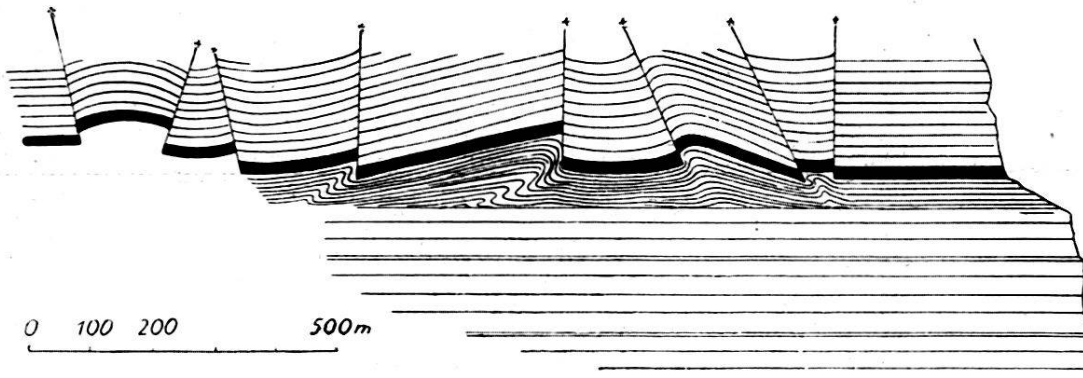


Fig. 2. Profil am Tequendamafall.

Städte zu wiederholten Malen heimgesucht haben, beweisen, dass tektonische Spannungen sich in der Gegenwart noch auslösen.

Am 16. November 1827 wurde in der Hauptstadt Bogotá ein besonders starkes Erdbeben verspürt und gleichzeitig in Ibagué und in Pasto festgestellt. Also gerade in der Umrahmung des südlichen Teils des Magdalena-Grabens.

Am 18. Mai 1875 erfolgte im Senkungsfeld von Cúcuta ein überaus starkes Erdbeben, dem die Städte Cúcuta, Rosario und San Antonio vollständig zum Opfer fielen. Schon SIEVERS machte auf die auffallende Erscheinung aufmerksam, dass „das Erdbeben auf die sedimentären Bildungen beschränkt blieb und nicht in die Zone der kristallinen Gesteine überging“. Diese sedimentären Gesteine umfassen aber gerade das von HETTNER und STILLE festgestellte Senkungsfeld von Cúcuta.

Es ist wohl nicht von ungefähr, „dass die heute herrschende Lehre vom Zusammenhang der Erdbeben mit der Gebirgsbildung zuerst wohl von BOUSSINGAULT in bezug auf die columbianischen Erdbeben ausgesprochen wurde“ (5, p. 29).

Der Magdalenagraben. STILLE untersuchte im Jahre 1906 das obere Magdalenatal zwischen Honda und Natagaima und wies ein deutlich ausgeprägtes Bruchfeld einer sehr tiefgehenden Grabenversenkung nach (18). Er sprach die Vermutung aus, dass sich dieses Bruchfeld nach N fortsetze und brachte auch die von ihm untersuchte Gegend westlich von Ocaña sowie das Valle d'Upar zwischen Sierra de Perjá und der Sierra Nevada de Santa Marta in Zusammenhang mit dem Bruchfelde des obern Magdalenatales, trotzdem damals noch keine geologischen Beobachtungen über das dazwischenliegende Gebiet bekannt war.

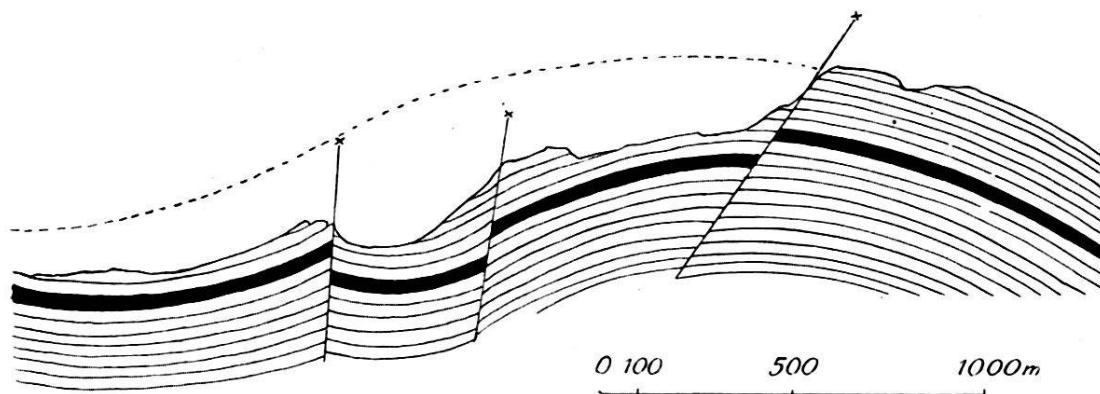


Fig. 3. Profil von Buenavista, südwestlich Chiquinquirá.

Die Beobachtungen, die ich auf meinen Reisen in jenen Gebieten machen konnte, bestätigen die von STILLE geäußerten Annahmen.

Das Bruchfeld des obern Magdalenatales verbreitert sich nördlich Honda, sodass die grossen Randspalten immer mehr nach E in die Kordilleren übergreifen.

Soweit meine Beobachtungen reichen, können wir den westlichen Hauptbruch am Fusse der Ostkordilleren noch bis östlich La Dorada, wo die erste Antiklinale vom Rio Negro angeschnitten wurde, verfolgen (siehe Taf. XVI, Prof. IX, XI). Auch der weiter östlich liegende *Hauptbruch*, der von *Tocaima* über den *Alto del Trigo* (östlich Guaduas) sich gegen N hinzieht, zeigt sich auf der W-Seite jener Antiklinale, die unmittelbar *westlich Utica* vom Rio Negro durchbrochen wird (siehe Prof. XI). Die Bruchlinie verläuft somit vom Alto del Trigo auf der rechten Seite des Rio Guaduoero.

Infolge des Ausgreifens des Bruchfeldes gegen E biegt auch der W-Fuss der Ostkordilleren im mittleren Magdalenatal gegen E aus. So beobachten wir zwischen dem Rio Opón und Carare allenthalben, wo Aufschlüsse vorhanden sind, die in enge Falten gepressten Kreideschichten, von Brüchen zerschnitten. Sie wurden schon während der Tertiärzeit weitgehend abgetragen, so dass jungtertiäre Sandsteine auf unterer Kreide liegen.

Eine besondere Stellung nimmt der den Ostkordilleren vorgelagerte *Cerro de Armas* ein. Er besteht, wie schon angedeutet, aus groben Sandsteinen und sandigen Schiefeln. Seine steilen Felswände fallen sowohl gegen das Magdalenatal als auch gegen die Ostkordilleren ab und zeigen im SE ca. 40° NW fallende und im NW mit demselben Neigungswinkel gegen SE einfallende Schichten. Wir haben also eine flache Mulde vor uns. Die darunter liegenden Tonschiefer und Kalke der untern Kreide dagegen sind in enge Falten gepresst und zeigen somit eine ausgesprochene Diskordanz gegenüber der *Cerro de Armas*mulde.

Steigen wir aus dem Magdalental in östlicher Richtung gegen die Ostkordilleren an, etwa nach Vélez oder La Paz, so treffen wir in den Kreideschichten ausgeprägte Falten, die wir als die Fortsetzung der Falten von Pacho-Coper resp. Buena-vista-Chiquinquirá erkennen. Sie sind jedoch von steilstehenden Bruchflächen, den randlichen Staffelbrüchen des Magdalena-grabens, geschnitten.

Der Magdalena-graben setzt sich gegen N fort; denn wir finden seinen *E-Rand auch westlich von Ocaña* wieder. Querem wir nämlich von Ocaña nach den Magdaleneniederungen hinuntersteigend den westlichen Teil der Ostkordilleren, etwa auf dem Weg über die *Cameron*, so treffen wir dort das in Fig. 4 gezeichnete Profil. Zwischen den Alluvionen des Magdalentales und dem Kristallin liegen stark gestörte Kreideschichten, die mit einer scharfen ca. 45° gegen E einfallenden Diskontinuitätsfläche an die kristallinen Gesteine stossen.

Gegen N wird die Kreideserie immer vollständiger und die von ihnen gebildeten Falten zeigen sich, wie man auf dem *Camino Real* sehen kann, in den den Kordilleren vorgelagerten Hügeln. In jenen Gegenden treffen wir kleinere und grössere Asphaltvorkommen an.

Schlagen wir aber den Weg von *Ocaña* nach *Los Angeles* ein, so wird uns auffallen, dass das Kristallin dort direkt an das Quartär des Magdalentales grenzt. Auf die Sericitgneise von Ocaña folgt eine Zone von Orthogneisen, worauf sich Biotit-

und Amphibolgneise, sowie eine mannigfaltige Reihe von kristallinen Schiefern, wahrscheinlich paläozoischen Alters, einstellen. Die kristalline Masse wird am Rande von basischen Gängen durchsetzt. Die in ihnen deutlich zum Ausdruck kommenden Brüche zeigen, dass sie eine nicht geringe tektonische Bearbeitung erfahren haben. In den meisten Fällen zeigt sich an den im allgemeinen flach gegen E einfallenden Brüchen der untere gegenüber dem obern Teil relativ nach W verschoben.

An basischen Gesteinen treten hier vornehmlich Diabase, Augitporphyrite und Peridotite auf.

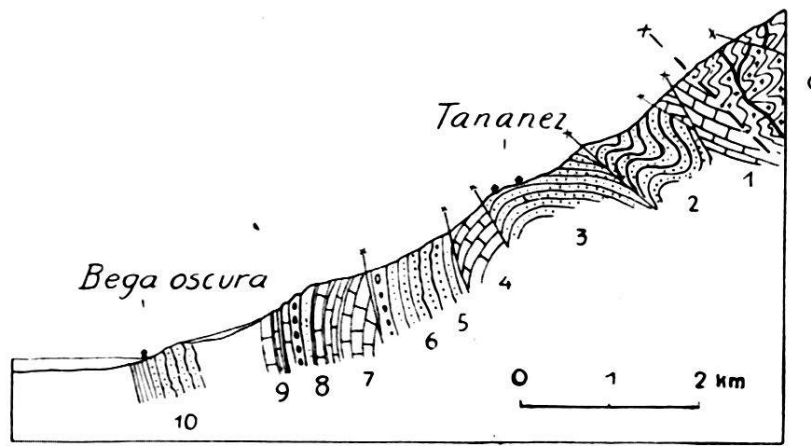


Fig. 4. Profil des Westabhanges der Ostkordilleren, westlich Ocaña.

c. Kristallin; 1. Graue Kalke mit Mergel-Zwischenlagen; 2. Gelblich verwitternde sandige Kalke; 3. Graue Sandkalke; 4. Dunkelblauer, dichter, bituminöser Kalk; 5. Leicht verfallende, braune Sandsteine; 6. Rot- und graugefleckter glimmerfreier Sandstein; 7. Dunkelblauer Kalk; 8. Grauer feinkörniger Sandstein. 9. Dunkelblauer, kieseliger, dichter Kalk mit SiO_2 -Concretionen wechsellagernd mit bunten, feinkörnigen Mergelsandsteinen; 10. Grobkörniger, weisser Sandstein, unregelmässig gebankt.

Wie wir schon gesehen haben, entwickeln sich die Kreideschichten gegen N zu grösserer Vollständigkeit. Dasselbe können wir auch gegen S beobachten. Hier bilden, wie uns eine Reise von Los Angeles nach Bucaramanga überzeugen wird, die unteren Kreideschichten steilgestellte, von Brüchen zerteilte Falten, die schon weitgehend abgetragen wurden und Asphaltvorkommen aufweisen.

Was uns aber besonders auffällt, das sind die hier am W-Fusse der Ostkordilleren auftretenden Quarzporphyre von trachytischem Habitus, Propylite und Quarzporphyrtuffe. Also

Verhältnisse, die schon sehr an jene des *Valle d'Upar* erinnern (13, Taf. III, Prof. II und V).

Auf der *E-Seite des Magdalenatales*, gegen die Zentral-kordillere hin, lässt sich der Rand des Magdalenagrabens weniger deutlich erkennen. Die tertiären Sandsteine und Mergel überdecken dort nicht nur die Kreideschichten zum grössten Teil, sondern reichen noch auf das Kristallin der Zentralkordilleren hinüber. Allein aus dem Vorhandensein einer Menge in derselben Linie angeordneter Seepages, die sich von *Simití* bis *Mariquita*, auf einer Strecke von über 300 km verfolgen lassen, dürften wir auf einen Randbruch des Magdalenagrabens schliessen.

Damit haben wir auch die Frage nach dem *Vorkommen des Erdöls* angeschnitten. Ich kann nicht näher darauf eintreten, doch will ich erwähnen, dass die primär erdölführenden Horizonte den Villetaschichten angehören. Daneben treffen wir sekundäre Vorkommen innerhalb der Tertiärsandsteine, in analoger Weise wie im Maracaibobecken. Dies trifft im besondern zu für die Erdölvorkommen oder besser gesagt, für deren Anzeichen auf der linken Seite des Magdalenastromes. Die diskordanten, auf der unteren Kreide liegenden Tertiärsandsteine, zeigen stellenweise Asphalt- und Gasimprägation. Die Imprægation entstand wohl dadurch, dass das Erdöl aus den infolge der Grabenversenkung durch Brüche und Verwerfungen stark zerschnittenen Villetaschichten entwich und sich je nach den Umständen in den Tertiärschichten ansammelte. Selbst innerhalb des Kristallins kann man kleinere Asphaltlager beobachten. Sie sind nachweisbar an Verwerfungen und Brüchen gebunden und in ähnlicher Weise entstanden wie die Imprægationen im Tertiär, das in der Nachbarschaft solcher Stellen sich findet. Das Erdöl wanderte, den Diskontinuitätsflächen folgend, aus den tieferliegenden Kreideschichten, wo sie primär vorkommen, an die Oberfläche.

Auch die *Asphaltvorkommen in den Guaduasschichten* in der Umgebung von *Sogamoso* sind, soweit meine Beobachtungen reichen, Infiltrationen aus tiefern Schichten in höhere. Dies zeigt sich besonders schön in den in Ausbeutung befindlichen Asphaltgruben. Wir können dort beobachten, dass sich der Infiltrationsvorgang ausschliesslich in den sandigen Partien abspielt. Es handelt sich hier wohl nicht um eine Einbettung des ausgeschiedenen Asphaltes in die Sedimente, denn nirgends konnte ich in die Sandsteine eingelagerte Asphaltstücke finden, die beweisen würden, dass der Asphalt vor oder während der Sedimentation an die Oberfläche gelangte. Überdies scheiden

die mit Asphalt imprägnierten Sandsteine, wo sie angeschnitten wurden, flüssigen Asphalt aus, was uns zeigt, dass die Infiltration noch relativ jung ist und vielleicht in der Gegenwart noch fortschreitet.

Die abgebauten Sandsteine enthalten 17—20 % Asphalt, der zu Strassenbauten Verwendung findet. So wurde zur Erstellung der Macadams der Hauptstadt Bogotá solcher Asphalt benützt.

Zusammenfassung.

Den Kern der Ostkordillere von Columbien bilden kristalline Gesteine, in denen wir eine vorkretazische Faltung und eine darauffolgende Granitintrusion erkennen. Wahrscheinlich haben wir hier ein Analogon zu dem in Bolivien, Perú und Argentinien als paläozoisches Grundgebirge erkannte Kristallin. Zum Unterschied von jenen Gebieten erfolgte die mesozoische Meerestransgression in Columbien nachweisbar erst im Haute-rivien. Sie ist aber auch hier durch die mediterran-europäische Fazies charakterisiert und liess eine mehrere tausend Meter mächtige Serie von Sedimenten entstehen, die wahrscheinlich schon zu Ende der Kreidezeit gefaltet wurde. Dabei wurden die Zentralkordilleren vor den Ostkordilleren aufgerichtet und letztere erst später, allem Anschein nach von E her, an die Zentralkordilleren angeschoben. Bevor aber noch in den Ostkordilleren der Faltungsvorgang sein Ende erreicht hatte, brach zwischen Ost- und Zentralkordillere der Magdalenagraben ein. Die Diskordanz des Tertiärs auf Villetaschichten, also unterer Kreide einerseits, und die Diskordanz des jüngern Tertiärs auf dem ältern andererseits, beweisen deutlich, dass die Faltung in mehreren Phasen vor sich ging. Ebenso zeigen die Terrassenbildungen im untern Magdalenatal und bei Ocaña-La Cruz, sowie die heftigen Erdbeben in der Gegenwart, dass die tektonischen Bewegungen im Quartär andauerten und bis auf den heutigen Tag noch nicht ganz erloschen sind.

Zum Schlusse möchte ich nicht unterlassen, der *Société française d'Etudes et d'Entreprises* in Paris meinen wärmsten Dank auszusprechen, denn sie stellte die nötigen Mittel zur Verfügung, um die Reisen auszuführen, die als Nebenresultat die soeben dargelegten Beobachtungen zeitigten und erteilte auch in verständnisvoller Weise die Erlaubnis, diese Beobachtungen zu veröffentlichen.

Literaturverzeichnis.

1. BERGT, W. Beitrag zur Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta und Sierra de Perijá. Tschermaks Mitt. N. F. Bd. 10, p. 271 ff., Wien, 1889.

2. BERGT, W. Petrographie; 2. die älteren Massengesteine, kristalline Schiefer und Sedimente. In 4^o, XVI, 239 Seiten, 1 Karte, 8 Taf., Berlin, 1899.
3. GERHARDT, K. Beiträge zur Kenntnis der Kreideformation in Columbien. Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil. Bd. XI, p. 118—208, Taf. III bis V, 14 Fig., 1897.
4. HETTNER, A. und G. LINCK. Beiträge zur Geologie und Petrographie der columbianischen Anden. Zeitschr. Deutsch. geolog. Ges., p. 205ff., 1888.
5. HETTNER, A. Die Kordillere von Bogotá. Ergebnisse von Reisen und Studien. Petermanns Mitteil., Ergänz.-Heft Nr. 104, 131 Seiten, 2 Tafeln mit Karten und Profilen, 1892.
6. HETTNER, A. Die Anden des westlichen Columbiens. Petermanns Mitteil., Bd. XXXIX, p. 129—136, 1893.
7. KARSTEN, H. Über die geognostischen Verhältnisse des westlichen Columbien, der heutigen Republik Neu-Granada und Equador. Amtlicher Ber. über die 32. Vers. Deutsch. Naturf. u. Ärzte zu Wien, p. 80—117, 7 Tafeln, 1858. Derselbe: Géologie de l'ancienne Colombie Bolivarienne. Berlin, 1886.
8. LEHMANN, E. Beiträge zur Petrographie des Gebietes am obern Rio Magdalena. Mineralog.-Petrogr. Mitteil., N. F. Bd. XXX, p. 233 bis 280, 1911.
9. OSPINA, TULLIO. Reseña sobre la Geologia de Colombia y especialmente del antiguo Departamento de Antioquia. Medellin, 1911.
10. PAULKE, W. Über die Kreideformation in Südamerika und ihre Beziehungen zu anderen Gebieten. Neues Jahrb. f. Min. usw. Beil. Bd. XVII, p. 252—312. Taf. XV—XVII, 5 Figuren, 1903.
11. REISS, W. und A. STÜBEL. Reisen in Südamerika. Geologische Studien in der Republik Columbien. Berlin 1896—1902.
12. RUDOLPH, E. und S. SZIRTES. Das columbianische Erdbeben am 31. Januar 1906. Beiträge z. Geophysik, Bd. XI, p. 132—199, 1 Tafel, 2 Figuren, Karten; p. 207—275, Taf. II, 5 Figuren, 1911.
13. SIEVERS, W. Die Sierra de Santa Marta und die Sierra de Perijá. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Bd. XXIII, p. 1—178, Taf. I, geolog. Karte, p. 67, Berlin, 1888. Erläuterungen zur geognostischen Karte der Sierra de Nevada Santa Marta. Ibid. p. 442, Taf. III.
14. STEINMANN, G. Sur la structure géologique des Cordillères de l'Amérique du Sud. Arch. sc. phys. et nat., III. période, tome XVI, p. 262, Genève, 1886.
15. STEINMANN, G. Gebirgsbildung und Massengesteine in den Kordilleren Südamerikas. Geolog. Rundsch., Bd. I, Heft 1—3, p. 13—35, 11 Textfiguren.
16. STEINMANN, G. Über Diluvium in Südamerika. Monatsber. Deutsch. geol. Ges., Nr. 7, p. 215, 1906.
17. STEINMANN, G. Über gebundene Erzgänge in den Kordilleren Südamerikas. Internat. Kongress, Düsseldorf, Abt. IV, 1910.
18. STILLE, H. Geologische Studien im Gebiete des Rio Magdalena. Festschr. zum siebenzigsten Geburtstage von A. v. Koenen. In 8^o, p. 277—358, Taf. X, Fig. 1—8, Stuttgart, 1907.
19. STÜBEL, A. Die Vulkanberge von Columbien. Herausgegeben von Th. Wolf. In 4^o, VII, 154 Seiten, 37 Tafeln, 3 Tafeln (Karten), Dresden, 1906.
20. SUESS, E. Antlitz der Erde. Bd. I, p. 655—698. Wien-Leipzig, 1908.
21. Zujović, J. M. Les Roches des Cordillères. In 4^o, p. 75, Paris, 1884.

Manuskript eingegangen am 26. August 1922.

ZUR GEOLOGIE DER COLUMBIANISCHEN
OSTKORDILLEREN

