

Ueber eine durch vulkanischen Druck entstandene Faltungszone im Tal von Mexiko.

Von

Emil Böse.

Mit Taf. VII—X.

Im Anfange des 19. Jahrhunderts nahm man allgemein an, daß die Krater der Vulkane nur durch vulkanische Kraft gehobene Teile des Bodens darstellten, und die Faltungen der Sedimentärgesteine in den Gebirgen erklärte man ebenfalls ohne alles Bedenken als durch „vulkanische Revolutionen“, d. h. durch einen von Eruptivmassen oder Gasen ausgeübten Druck entstanden. Die Lehre von den Erhebungskratern wurde hauptsächlich durch LEOPOLD v. BUCH und ALEXANDER v. HUMBOLDT ausgebildet. Wie neuerdings v. KNEBEL ausdrücklich betont hat, nahmen diese beiden eminenten Geologen keineswegs an, daß alle Krater als Erhebungskrater anzusehen seien, im Gegenteil, sie unterschieden wohl zwischen Erhebungskrater — Caldera — und dem Aufschüttungskrater — Eruptionskegel. Erst ihre Schüler erklärten kritiklos alle Vulkanberge für Erhebungskrater und ließen durch plutonischen Druck die gefalteten Gebirge entstehen.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde diese Anschauung dann heftig bekämpft, hauptsächlich von POULETT SCROPE, und schließlich ganz verworfen (CHARLES LYELL): man wies nach, daß die Krater der Stratovulkane sich durch Aufschüttung losen Materials, Ausfluß von Lava u. dergl. bildeten; man zeigte, daß die Faltung in den Gebirgen häufig

gerade dort am stärksten war, wo Eruptivgesteine nicht auftraten. Die Theorie der Hebungskrater sowie der Faltung durch vulkanischen Druck wurde dann allgemein fallen gelassen; man ging sogar ins andere Extrem, man sprach den Eruptivmassen jede Eigenkraft ab, man behauptete, daß selbst der Austritt der Laven nur durch Einfluß von außen, sei es nun durch seitlich eingedrungene Wassermassen, sei es durch Einbrüche in benachbarten Gebieten, vor sich gehen könne. Die alte Hypothese der Hebungskrater, der Faltungen und Gebirgsbildung durch vulkanische Revolutionen hat sich nur noch im Volke erhalten, die Wissenschaft verwarf all dieses; man nahm an, daß vulkanische Eruptionen nur auf tektonisch vorgebildeten Spalten oder Verwerfungen entstehen könnten (EDUARD SUESS), man verband weit auseinanderliegende Vulkane in der willkürlichsten Weise durch hypothetische Bruchlinien, sah in den Vulkanreihen der pacifischen Küste Amerikas riesige tektonische Spalten usw., kurz, man sah in den Eruptivmagmen nur noch schwere Massen ohne alle Eigenkraft, deren Hebung stets von außer ihnen liegenden Faktoren abhing.

In neuerer Zeit ist nun eine Reaktion eingetreten. Nachdem DAUBRÉE experimentell nachgewiesen hatte, daß hochgespannte Gase imstande seien, im Gestein schlotförmige Kanäle (Diatremen) zu erzeugen, brachte BRANCA Beweise dafür in der Natur, indem er an 127 Vulkanembryonen der Schwäbischen Alb nachwies, daß sie nicht auf Spalten lägen. Bald nach ihm entdeckte BÜCKING in der Rhön ganz ähnliche Vorkommnisse, und schon früher hatte GEIKIE solche aus Schottland beschrieben. Neuerdings hat BRANCA¹ eine ganze Menge weiterer Angaben über das Auftreten von Eruptivmassen zusammengestellt, die von Spalten unabhängig sind.

Es dürfte heute also wohl nicht mehr zu bezweifeln sein, daß an zahlreichen Orten Eruptivmassen sich durch ihre Eigenkraft den Weg an die Erdoberfläche gebahnt haben; worin diese Eigenkraft besteht, ist eine zweite Frage; die Tatsache, daß sie vorhanden sein muß, ist sicher, die hypothetische Erklärung ist vollständig irrelevant und jeder hypo-

¹ BRANCA, Vulkane und Spalten. Compt. rend. X^{me} Congr. géol. Intern. México 1907.

thetische Einwand gegen solche Eigenkraft hinfällig, sobald man die Tatsache nicht weglegen kann, daß Eruptivgesteine nicht an Spalten gebunden zu sein brauchen.

Aber bereits im Jahre 1877 war ein amerikanischer Forscher, GILBERT, in anderer Richtung gegen die herrschende Anschauung vorgegangen. Er beschrieb die Lakkolithe der Henry Mountains und gelangte zu der Überzeugung, daß dort Eruptivgesteine die Sedimentärschichten emporgehoben hätten; also nicht bloß Durchblasung der Schichtgesteine, sondern Hebung. SUSS versuchte dann die Erscheinung dadurch zu erklären, daß tektonisch vorgebildete Hohlräume durch Eruptivmassen ausgefüllt seien, die Hebung also vor der Eruption stattgefunden habe. Nun aber beschrieben viel später BRANCA und FRAAS in ihrer schönen Arbeit über das Ries bei Nördlingen die Entstehung von Hebungen, Verwerfungen und sogar Überschiebungen als Folge einer lakkolithischen Intrusion; das ließ sich nicht mehr durch vorgebildete Hohlräume wegklären. Im Jahre 1906 beschrieben BURCKHARDT und der Verfasser¹ drei Gebiete Mexikos, wo durch den Druck einer Intrusivmasse 1. einfache Hebungen der Sedimentärgesteine, 2. Verwerfungen und zwar Längs- und Querbrüche, 3. Faltungen hervorgebracht sind. Für die Eigenkraft der Intrusivmassen ist ein ganz besonders überzeugender Beweis der gewaltige Querbruch von Parroquias bei Mazapil; das Intrusivgestein ist dort in den Mittelschenkel einer liegenden Falte eingedrungen, wo von tektonisch vorgebildeten Hohlräumen keine Rede sein kann, und hat die Schichten um nahezu einen Kilometer auf die Seite gedrängt. Die Verhältnisse liegen im Norden von Mexiko so klar, die Aufschlüsse sind so unübertrefflich, da alle Bedeckung fehlt, die Sedimentärschichten lassen sich auf Grund der darin enthaltenen Faunen so bis ins Kleinste zergliedern, daß an der Richtigkeit unserer Deutung nicht gezweifelt werden kann.

Es ist heute also auch nicht mehr zu bezweifeln, daß Eruptivgesteine nicht nur sich ihren Weg durch die Schicht-

¹ Livret-guide des exc. X^{me} Congr. géol. Intern. México 1906. Heft 22, 24 u. 26. Die Resultate dieser Arbeiten sind von PHILIPPI (Centralbl. f. Min. etc. Jahrg. 1907. p. 449—460) in sehr übersichtlicher Weise zusammengestellt worden.

gesteine bahnen können, sondern auch daß sie imstande sind, in diesen selbst ziemlich gewaltige Dislokationen hervorzurufen.

Wie ist man nun dazu gelangt, anzunehmen, daß Vulkane stets auf vulkanischen Spalten liegen? In zahlreichen Fällen hat man beobachtet, daß Vulkane reihenförmig angeordnet sind. Ich spreche hier nicht von den sogen. langen Vulkanreihen, die auf Spalten von mehreren hundert oder gar tausend Kilometer Länge liegen sollen; ich habe schon verschiedentlich darauf hingewiesen, daß solche Reihenanordnung meistens nur scheinbar ist, daß sie nur auf Karten in sehr kleinem Maßstab hervortritt, während die Sachlage auf Karten in großem Maßstab vollständig wechselt. Nicht leugnen läßt sich jedoch, daß solche reihenförmige Anordnung im Kleinen sehr häufig vorhanden ist; wir haben dafür in Mexiko eine ganze Menge Beispiele: die Reihe des Popocatepetl-Iztaccihuatl, die des Colima-Volcan Nevado, die der Sierra de Santa Catarina im Tal von Mexiko, die vier Krater des Jorullo und viele andere mehr. Man nahm nun als von selbst verständlich an, daß solche Reihen als Folge einer präexistierenden tektonischen Spalte entstanden seien, eine Annahme, der ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit nicht abzusprechen ist, wenn man nämlich die Eigenkraft der vulkanischen Massen von vornherein leugnet. Nun haben aber in neuerer Zeit verschiedene Autoren, z. B. GROSSER, die Frage aufgeworfen, ob solche Spalten nicht erst durch die vulkanische Eruption selbst geschaffen sein könnten. VILLAFANA¹ und DANNENBERG² z. B. nehmen eine solche für die vier Krater des Jorullo an.

Wir haben oben gesehen, daß Intrusivmassen sehr wohl imstande sind, Dislokationen hervorzurufen, dadurch wird es äußerst wahrscheinlich, daß die reihenförmige Anordnung zahlreicher Vulkangruppen ebenfalls in vielen Fällen auf Dislokationen zurückzuführen ist, die durch die betreffenden Eruptionen, d. h. durch die Eigenkraft der vulkanischen Massen und Gase erst geschaffen worden sind.

¹ VILLAFANA, El volcán Jorullo. Parerg. d. Inst. Geol. de México. 2. No. 3. p. 82.

² DANNENBERG, Beobachtungen an einigen Vulkanen Mexikos. Verh. d. nat. Ver. d. preuß. Rheinlande. Bonn 1907. p. 126.

Um die Abhängigkeit der Vulkane von präexistierenden Spalten zu beweisen, hat man früher häufig darauf hingewiesen, daß zahlreiche Vulkangruppen reihenförmig angeordnet sind. Dieser Einwurf wird durchaus hinfällig, sobald sich nachweisen läßt, daß Vulkanspalten durch die Eigenkraft des Magmas verursacht werden können. Das Problem wäre vielmehr in jedem einzelnen Falle, wo eine Vulkanspalte vorhanden oder wahrscheinlich vorhanden ist, nachzuweisen, ob diese Spalte durch orogenetische Bewegungen oder durch die Eigenkraft des Magmas hervorgerufen ist. GROSSER¹ erwähnt in seiner Beschreibung des Asosan auf Kiu-shiu (Japan), daß in dem Krater dieses gewaltigen Vulkans, der einen Durchmesser von 14 km, an einer Stelle sogar von 20 km hat, das Vorhandensein einer durch vulkanische Kraft geschaffenen Spalte höchst wahrscheinlich sei; er sagt: „Durch eine westöstlich streichende Reihe von Auswurfskegeln wird sie (die Ebene des Kraterbodens) in zwei Hälften geteilt, deren südliche um rund 50 m tiefer als die nördliche liegt. Die Auswurfskegel sind mehr oder weniger gut erhalten und haben auch Lavaströme in die Ebene entsandt. Einer, der Nakano-Take, ist noch tätig. Wenn man die Linie, auf welcher die Kegelsreihe steht, verlängert, so trifft man gerade auf den einzigen Durchbruch des großen Kraterwalles. Es liegt daher nicht nur nahe, sondern es ist geradezu geboten, die natürliche Erklärung für den Durchbruch in einer Spalte zu finden, die nicht allein in der Schlucht zur Anschauung gelangt, sondern auf der auch die Auswurfskegel des Kraterbodens liegen.“

Hier hätten wir das Beispiel einer Spalte, welche lange nach der Bildung des Hauptkraters entstand. Es ist aber natürlich auch möglich und sogar wahrscheinlich, daß sich schon bei der ersten Eruption eines Magmas eine Spalte in der Sedimentärbasis bildet. Im allgemeinen wird es schwer sein, solche Spalten nachzuweisen, da die sedimentäre Basis der Vulkane meistens nicht oder doch nicht gut aufgeschlossen ist. Das entbindet uns natürlich nicht von der Verpflichtung, nach Möglichkeit solche Vulkane zu untersuchen, bei denen

¹ GROSSER, Geologische Beobachtungen auf vulkanischen Inseln. Verh. d. nat. Ver. d. preuß. Rheinlande. Bonn 1899. p. 64.

man die Basis studieren kann, da nur auf diese Weise Rückschlüsse auf den Aufbau anderer Vulkanberge möglich sind, deren Sedimentärbasis nicht sichtbar ist.

Allerdings gerade die Anhänger der Spaltheorie beruhigen sich im allgemeinen bei dem Gedanken, daß die sedimentäre Basis der Vulkane unzugänglich ist, und daß es genügt nachzuweisen, daß mehrere Vulkane in einer Reihe liegen, um annehmen zu können, daß sie auf einer tektonisch vorgebildeten Spalte entstanden sind.

Mir ist nun seit einer Reihe von Jahren im Tale von Mexiko ein Gebiet bekannt geworden, in welchem man nachweisen kann, daß die dort vorhandenen reihenförmig angeordneten Vulkane, falls sie auf einer Spalte liegen, diese selber hervorgebracht haben müssen. Das betreffende Gebiet ist die sogen. Sierra de Santa Catarina, südöstlich von der Hauptstadt gelegen. Die Kette wurde seinerzeit von FELIX und LENK beschrieben und kartiert; auf der beigegebenen geologischen Skizze ist die Karte der beiden Autoren reproduziert¹.

Die Kette streicht ungefähr N. 60° O., der höchste Gipfel ist der Cerro de Santa Catarina; an ihn schließt sich gegen ONO. der Doppelkrater der Caldera, nach WSW. der Cerro de Santiago, Cerro de Tecomatitlán, der Xaltepec und, durch eine Senkung von der Hauptkette getrennt, der Cerro de San Nicolas. Die Basis bildet eine mächtige Lavamasse, auf der sich durch Aufschüttung entstandene Kraterkegel erheben. Die reihenförmige Anordnung dieser Berge ist geradezu auffallend, wie auch aus dem beigegebenen Plan Taf. VII Fig. 1 hervorgeht, und man hat wohl stets angenommen, daß eine Spalte die Ursache dieser Anordnung sei. Außerdem hat man von jeher diese Vulkane als sehr jungen Alters angesehen;

¹ Ich habe an dieser Stelle die Karte von FELIX und LENK reproduziert, da es mir hauptsächlich darauf ankam, die Situation der Faltenzone und der Eruptionskegel zu zeigen; es ist an dieser Stelle unmöglich, eine Korrektur der Kartenskizze zu geben, da die geologischen Verhältnisse der Sierra de Santa Catarina vollständig anders sind als die genannten Autoren sie darstellen. Binnen kurzem werden Dr. PAUL WAITZ und ich eine eingehende Beschreibung dieses komplizierten und interessanten Vulkangebirges geben, wobei dann auf alle Details eingegangen werden soll.

allerdings beobachtet man nur, daß die Vulkanreihe von den quartär-rezenten Seenablagerungen der ehemaligen Seen von Texcoco, Chalco und Xochimilco umschlossen wird. Die tertiär-quartär-rezenten Seenbildungen des Tales von Mexiko sind uns durch die beiden großen Entwässerungskanäle, den Tajo de Nochistongo und den Kanal von Tequixquiac vortrefflich aufgeschlossen, es sind horizontal liegende Tuffe Mergel und Sande, welche häufig zahlreiche Wirbeltierreste des Pliocän-Quartär enthalten. Vor einer Reihe von Jahren ist nun auch der Chalcosee entwässert worden und zwar durch einen nicht sehr tiefen Kanal, allgemein als Canal Gayol bekannt, der an der ONO.-Seite der Caldera entlang zieht.

In diesem Kanal sind nun äußerst merkwürdige geologische Verhältnisse recht gut aufgeschlossen. Geht man von Los Reyes aus an dem Kanal nach SO., so sieht man dort, wo die Bahnlinie mit jenem zusammentrifft, die gewöhnlichen, horizontal gelagerten Seenbildungen; unsere Taf. VIII Fig. 2 zeigt uns diese Stelle. Das Profil unterscheidet sich absolut nicht von demjenigen der anderen Teile des Tales von Mexiko; die Schichten bestehen teils aus Sanden, teils aus mergeligen Sanden; eine an dieser Stelle entnommene Probe ergab, daß das Material jedenfalls größtenteils vulkanischer Natur ist; Herr Dr. PAUL WAITZ fand u. d. M., daß ein Stück der grauen tieferen Bänke sich hauptsächlich aus Glasmasse zusammensetzt, daneben findet sich in ziemlicher Quantität Feldspat und in geringerer Menge Hornblende; eine ziemlich auffallende höhere Bank von tiefschwarzer Farbe und bedeutend gröberem Korn zeigt ebenfalls der Hauptmenge nach Glasmasse und Feldspat, daneben aber Hypersthen. Man möchte geneigt sein, das Material der verschiedenen Bänke zwei Eruptionen, einer Hornblendeandesit- und einer Hypersthenandesit-Eruption zuzuschreiben, doch läßt sich darüber noch nichts Sicheres aussagen. Auffallend ist das Fehlen des Olivin, so daß man vielleicht annehmen kann, daß das Material der erwähnten Bänke nicht von Basalterruptionen herrührt.

Wenn wir nun weiter nach SO. gehen, so bemerken wir, daß die unteren Teile der Schichten Faltungen aufweisen, aber bald ergreift die Faltung auch die höheren Schichten und bei Kilometer 21 der Eisenbahn sehen wir, daß über

den gefalteten Schichten nur noch eine ca. 1 m mächtige horizontale Bank liegt, während die ganzen darunter befindlichen Schichten außerordentlich energisch gefaltet sind. Unsere Photographien Taf. IX Fig. 3, Taf. X Fig. 4 und Taf. VIII Fig. 5 führen uns solche Falten vor. Diese energische Faltung der Schichten hält an bis gegen San Isidro; hier gehen die Falten zuerst auf die tieferen Schichten zurück und verschwinden dann dort, wo der Kanal von der geraden Linie abweicht und nach SW. umbiegt, gänzlich. Merkwürdigerweise ändert sich aber auch das Streichen der Falten; während dieses bei Kilometer 21 ungefähr N. 65° O. beträgt, ist es bei San Isidro ungefähr N. 30° O., zwischen beiden Punkten läßt sich ziemlich deutlich eine allmähliche Drehung verfolgen. Wie man aus unseren Photographien ersieht, handelt es sich nicht um leichte weite Wellen in der horizontalen Lagerung, wie man sie wohl auch am Kanal von Tequixquiac beobachtet, sondern um sehr kräftige Faltungen; so sehen wir z. B. in Taf. X Fig. 4 einen leicht überkippten, an der Basis eingeschnürten Sattel. Auch Verwerfungen sind vorhanden, so sehen wir in Taf. VIII Fig. 5 eine sehr flache Verwerfung, welche eine Überschiebung darstellt, der südliche Teil ist flach über den nördlichen hinübergeschoben.

Flache Verwerfungen scheinen überhaupt ziemlich häufig vorzukommen, ich habe sie vor einigen Jahren (Januar 1904) an verschiedenen Stellen beobachtet, die heute halb verschüttet sind. Aber auch in unserer Taf. X Fig. 4 beobachten wir eine solche flache Verwerfung auf der linken Seite der Photographie; hier ist der nördliche Flügel eines halb liegenden Sattels über den südlichen geschoben. Auf der Photographie scheint eine fast horizontale Bank zwischen der überschobenen Masse und der darauffliegenden Scholle vorhanden zu sein; dieser Eindruck wird jedoch nur durch einen täuschenden Lichteffect hervorgerufen; in der anscheinend horizontalen Bank stehen die Schichten senkrecht und streichen schief zur Photographiefläche. Auf dieser Photographie sowie auf der vorhergehenden sieht man übrigens, wie die gefalteten Schichten von den geringmächtigen jüngeren, vollkommen horizontalen bedeckt werden. Es hat hier offenbar schon eine leichte

Erosion oder Abrasion stattgefunden, der wir übrigens in Anbetracht des weichen Materials der Schichten sicherlich keine zu große Bedeutung beimessen dürfen.

Zwischen der Falte, welche in Taf. VIII Fig. 5 dargestellt ist, und der Brücke bei San Isidro, finden wir hauptsächlich regelmäßige enge Falten mit steil gestellten Schenkeln, dann treten nach Süden zu etwas verwickeltere Verhältnisse auf, die aber heute wegen der durch die Atmosphäriken ausgeübten Zerstörungen und der durch die erzeugten Schuttbedeckungen kaum noch mit Sicherheit zu deuten sind. Bald darauf tauchen die Schichten unter der Decke horizontal liegender Ablagerungen unter.

Fassen wir kurz das Gesehene zusammen: ostnordöstlich von der Caldera ist eine schmale Zone vorhanden, in der quartär-rezente Seenbildungen in kräftige Falten gelegt sind; die Falten verschwinden gegen NW. und SO. und zwar ziemlich plötzlich. Das Streichen der Faltungen ist im Zentrum N. 65° O. und geht gegen SO. langsam in N. 30° O. über.

Gehen wir vom Kanal ab und gegen die Caldera vor, so bemerken wir, daß hier stellenweise gar keine horizontalen Schichten mehr vorhanden sind, sondern daß gefaltete Schichten ganz niedrige Hügelchen über der Talsohle bilden; es bleibt jedoch zweifelhaft, ob diese Hügel mit der oben-erwähnten Faltung etwas zu tun haben oder ob sie auf eine andere Ursache zurückzuführen sind.

Was bedeutet nun das eben beschriebene merkwürdige Phänomen? Handelt es sich hier einfach um junge Falten, die durch tangentialen Druck entstanden sind? Das ist absolut ausgeschlossen und zwar aus folgenden Gründen:

Wir kennen das Alter der Falten im Gebirge Mexikos im allgemeinen ziemlich genau. Die Hebung des Gebirges hat sicherlich z. T. schon in der oberen Kreide, die Faltung aber erst im älteren Tertiär stattgefunden, das jüngere marine Tertiär an der Küste liegt dagegen ganz horizontal und ist nur um einige hundert Meter über den Mreeesspiegel gehoben worden. Nun kennen wir aber auch tertiäre und quartäre Binnenseenablagerungen im Hochlande von Mexiko, z. B. die miocänen Schichten von Zacualtipan, Hid., deren Wirbeltier-

fauna von COPE beschrieben wurde. Außerdem sind in den beiden großen Entwässerungskanälen des Tales von Mexiko, dem Tajo von Nochistongo und dem Kanal von Tequixquiac, die pliocän-quartären Schichten, welche zahlreiche Wirbeltierreste enthalten, gut aufgeschlossen; die in ihnen enthaltenen Faunen sind hauptsächlich von COPE, OWEN und DEL CASTILLO beschrieben worden, neuerdings hat auch OSBORNE einige Notizen darüber gegeben¹. Keine einzige dieser Ablagerungen ist gefaltet. Diese Schichten sind z. T. älter als diejenigen des Kanals von Chalco, z. T. auch vom selben Alter; wie ist es möglich, daß jene horizontal liegen, diese dagegen energisch gefaltet sind? Hätte im Quartär eine Auffaltung durch tangentialen Druck allgemein stattgefunden, so müßten auch die älteren Schichten von Zacualtipan und vom Tal von Mexiko allgemein aufgefaltet werden müssen; bei der geringen Entfernung zwischen den betreffenden Lokalitäten ist absolut nicht einzusehen, weshalb die Schichten der einen sich gefaltet haben sollten, die der anderen aber nicht, wenn es sich nicht um eine ganz lokale Druckerscheinung handelt. Eine allgemeine Auffaltung zur Zeit des Quartärs ist also offenbar als Ursache des oben beschriebenen Phänomens vollkommen ausgeschlossen.

Schon als ich die Falten zum ersten Male beobachtete, fiel mir auf, daß die gefaltete Zone genau in der Fortsetzung der Hauptgipfelinie der Sierra von Santa Catarina liegt. Wenn man dazu nimmt, daß am ONO.-Fuße dieses Gebirges die Falten über die Talsohle aufragen, so ist ein kausaler Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen wohl kaum abzulehnen. Wenn man die beigegebene Planskizze ansieht, so wird dieser kausale Zusammenhang sofort einleuchten; es ist doch im höchsten Grade auffallend, daß die stärkste Faltung genau in der Gipfelinie liegt und außerdem, daß das Streichen der gefalteten Schichten sich nach Süden hin dreht.

Nehmen wir diesen Zusammenhang an, so erklärt sich auch das Vorhandensein der lokalen Faltungszone auf eine überraschend einfache Weise. Wir wollen an dieser Stelle

¹ Science. 21. 1905. p. 931.

noch nicht auf die Entstehungsart der Sierra de Santa Catarina eingehen, da hierüber unsere Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind; für die vorliegende Frage ist es auch von nebensächlichem Interesse, ob die ganze Kette auf einmal entstanden ist oder ob einige Krater jünger als die anderen sind. Wir wissen, daß die Kette teils aus Laven, teils aus Kraterkegeln von zerspratztem Material besteht. Um die Lava, die eine ziemlich große Verbreitung hat, zum Austritt gelangen zu lassen, sowie um die ungeheure Menge von fragmentärem Material an die Oberfläche zu bringen, mußte sich eine Öffnung bilden, was eine ganz bedeutende Kraft verlangte. Die Laven, Aschen, Bomben, Rapilli etc. sind nun vermutlich auf einer Spalte ausgetreten, was durch die Gestalt der Sierra de Santa Catarina wahrscheinlich gemacht wird. Dieser Spaltenbildung ging offenbar eine Hebung der weichen quartären Schichten voran, so daß sich eine Art von Lakkolith bildete. Als diese Hebung weit genug fortgeschritten war, preßte der vulkanische Druck die weichen Schichten auf die Seite und legte sie in Falten; zugleich erzeugte er kleine sehr flache Überschiebungen, die auffallend an die von BRANCA und FRAAS aus dem Ries beschriebenen erinnern; zur selben Zeit erfolgte die Bildung der Spalte, d. h. das Zerreißen der Achse der elliptischen Aufwölbung und der Austritt der Lava, welcher anscheinend nur im mittleren Teil der Kuppel stattfand. Im ONO., d. h. dort, wo unsere Faltenzone abgeschlossen ist, wurden die Schichten von der Lava nicht durchbrochen, die Kraft genügte nicht mehr zur Bildung einer Spalte, sondern nur noch zur Auffaltung der wenig widerstandsfähigen Schichten. Dies beweist, daß man den Zug der Sierra de Santa Catarina nicht durch eine Vulkanspalte mit dem ostnordöstlich davon gelegenen Cerro del Pino verbinden darf, sondern daß die Spaltenbildung sich auf die Sierra de Santa Catarina beschränkte. Aus der elliptischen Gestalt der Aufwölbung erklärt sich nun auch der Wechsel des Streichens. Eine gewisse Schwierigkeit bietet auf den ersten Anblick der Umstand, daß gerade in der Mitte der gefalteten Zone die kompliziertesten Verhältnisse vorhanden sind, obwohl man dort die einfachsten erwarten sollte, daß dort sogar kleine Überschiebungen auftreten, und schließlich, daß an jener

Stelle das Streichen parallel zur angenommenen Spalte geht. Wenn wir jedoch bedenken, daß bei Lavaausbrüchen im allgemeinen starke Sackungen auftreten, so dürfen wir wohl annehmen, daß in der zentralen Zone eine solche Sackung stattfand; bei der Hebung der Quartärschichten durch den vulkanischen Druck wurden diese gezerrt; als dann die Lava zurücksackte, mußten sich die Sedimentärschichten infolge ihres Gewichtes und ihrer Plastizität in Falten legen, wobei sie z. T. zerrissen und eine Scholle über die andere geschoben wurde. Wenn weiter nach Osten Aufschlüsse vorhanden wären, so würden wir dort wahrscheinlich ein Streichen beobachten, welches senkrecht zur Richtung der Falte stünde. Bei San Isidro sehen wir bereits, wie sich das Streichen dreht und tangential zur Randlinie der Ellipse geht. Bemerken möchte ich, daß in der beigegebenen Kartenskizze, die ich von FELIX und LENK übernommen habe, die Faltenzone etwas zu weit von der Caldera abliegt, in Wirklichkeit liegt sie ihr viel näher; leider läßt sich dieser Fehler nicht ändern, ohne daß sehr viel anderes korrigiert würde, wir werden jedoch gelegentlich der Beschreibung der Sierra de Santa Catarina eine richtigere Karte publizieren, worin dann auch die Lage der Faltungszone genauer präzisiert werden soll. An der Erklärung des Ganzen ändern diese Details nichts.

Diese Auftreibung der quartären Schichten hatte nun eine weitere Folge. Ursprünglich bildete das ganze Tal von Mexiko höchst wahrscheinlich ein einziges, riesiges Seenbecken, aus dem eventuell ältere Vulkane als Inseln hervorragten; jedenfalls aber war der Texcocosee mit dem späteren Lago de Chalco und Lago de Xochimilco vereinigt. Als nun jene vulkanische Aufwölbung begann, bildete sich eine Barriere, welche die Seen von Chalco und Xochimilco abschloß und deren Wasserspiegel steigen ließ. Diese Barriere muß sich auch in WSW.-Richtung bis gegen die Ausläufer des Ajusco hin fortgesetzt haben, da sonst der Chalcosee nicht abgesperrt worden wäre; daß dieses aber der Fall war, sehen wir an der Tatsache, daß sich über den gefalteten Schichten diskordant die jüngeren horizontalen Bänke ablagerten. Der Seespiegel hob sich so weit, daß das Wasser einen neuen Austritt zwischen der Caldera und dem Cerro del Pino ge-

wann; dieser Ausfluß muß, wie die geringe Mächtigkeit der horizontalen Bänke über der Zone stärkster Faltung beweist, ziemlich seicht gewesen sein, doch war er schon zur Zeit des Cortez wohl nicht mehr vorhanden.

Fassen wir nun kurz zusammen, was wir auf den vorhergehenden Seiten auseinandergesetzt haben. Die Sierra von Santa Catarina bildet eine Reihe von Kratern, die in WSW.—ONO.-Richtung angeordnet sind. Der Hauptausbruch erfolgte höchst wahrscheinlich auf einer Spalte; diese war jedoch nicht bereits vorher gebildet, sondern der vulkanische Druck selbst schuf sie, indem er zuerst die weichen quartären Schichten aufwölbte und sie dann seitlich auseinanderpreßte und in Falten legte. Die durch den vulkanischen Druck erzeugte Aufwölbung und Faltung genügte, um den See von Chalco von dem von Texcoco abzutrennen, und der Wasserspiegel des ersteren stieg infolge der Absperrung so lange, bis der See zwischen Caldera und Cerro del Pino einen Ausfluß erlangte; das Wasser wirkte hier zuerst leicht erodierend, später aber lagerten sich über den gefalteten Quartärschichten diskordant Seenbildungen in horizontalen Bänken ab.

Diese Entstehung der Faltenbildung erklärt ihr durchaus lokalisiertes Vorkommen, welches sonst vollständig unverständlich bliebe; sie erklärt auch, weshalb das Streichen der Sierra de Santa Catarina absolut nicht mit dem in diesem Teile Mexikos vorherrschenden tektonischen Streichen übereinstimmt; sie erklärt, warum das Streichen der Falten am Kanal von Chalco so auffallend rasch wechselt und warum auf den gefalteten Schichten horizontale Bänke liegen. So klein und anscheinend geringfügig das ganze Phänomen auch auf den ersten Anblick ist, so wichtig ist es für die Mechanik der Vulkanreihenbildung, denn es eröffnet uns die Aussicht auch die reihenförmige Anordnung mächtigerer Vulkanreihen zu erklären.

Wie schon in der Einleitung zu dieser Arbeit gezeigt worden ist, hat unsere Auffassung der Wirkung vulkanischer Kräfte seit ca. 15 Jahren eine auffallende Wandlung durchgemacht. Bis zum Erscheinen von BRANCA'S epochemachendem Werke über die Vulkanembryonen der Schwäbischen Alb nahmen, mit wenigen Ausnahmen, alle Geologen an, daß den

vulkanischen Massen keine Eigenkraft zuzuschreiben sei; man erklärte mit CHARLES LYELL die Entstehung der Calderen durch die Erosion, erkannte nur Aufschüttungskrater an und übersah dabei vollkommen, daß das Herausheben ungeheurer, oft mehrere tausend Meter mächtiger Lavamassen doch den Beweis für eine außerordentlich große Eigenkraft des vulkanischen Magmas bildet. Allerdings hat man zeitweise auch angenommen, daß selbst dieser Austritt der Lavamassen durch einen von außerhalb kommenden Druck — Einsinken von Schollen des Sedimentärgebirges, seitliche Auffaltung etc. — hervorgebracht werde. Bisher hat man den Beweis für die Hypothese nicht geliefert und es dürfte auch schwer halten, ihn für so ausgedehnte vulkanische Zonen, wie z. B. Mexiko eine darstellt, zu erbringen, um so mehr, als man z. T. direkt nachweisen kann, daß solche Masseneruptionen viel jünger oder auch viel älter als die Faltungen sind. Die Wandlung in unseren Anschauungen begann damit, daß GEIKIE, BRANCA, BÜCKING u. a. m. zeigten, daß vulkanische Ausbrüche unabhängig von präexistierenden Falten sein können, damit war eine Eigenkraft der vulkanischen Magmen konstatiert; später zeigten BRANCA und FRAAS, daß vulkanische Kräfte kleine Überschiebungen hervorrufen können, sie bestätigten die Anschauungen, welche zuerst GILBERT bei der Beschreibung seiner Lakkolithen ausgesprochen hatte. Neuerdings haben BURCKHARDT und Verf. gezeigt, daß in Mexiko Intrusivmassen ziemlich mächtige Faltungen und Brüche verursachen können.

Daß Ergußgesteine ebenfalls hebend wirken können, hat uns VOLZ¹ gezeigt. Er hat konstatiert, daß der Porphyrit der Insel Pulo Laut die Eocänschichten an seinen Rändern stark emporgehoben hat (bis zu einem Einfallen von 38°); das Streichen dieser Eocänablagerungen ist im ganzen mehr oder weniger parallel zur Randlinie des Porphyrits. VOLZ zitiert auch weitere Beispiele solcher Hebungen von den nördlich von Pulo Laut gelegenen kleineren Inseln, wobei er sich auf die Untersuchungen von HOOZE stützt.

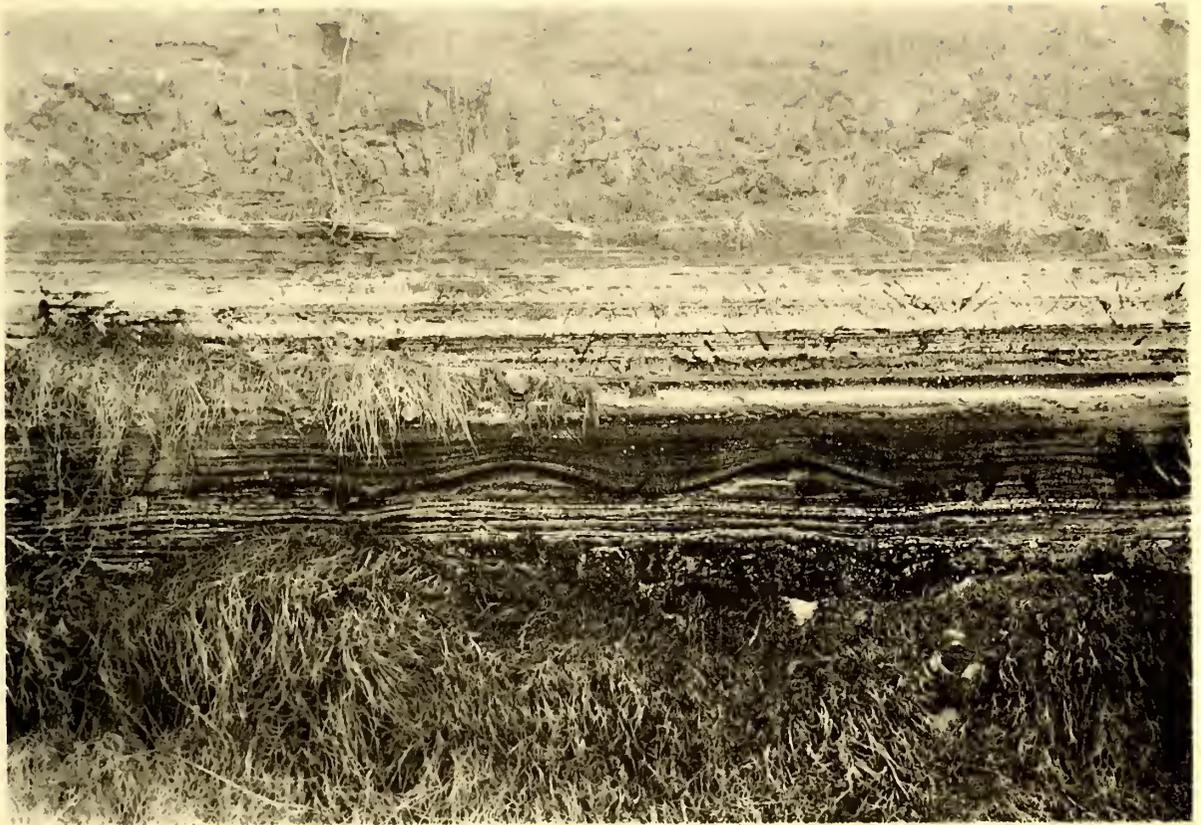
¹ VOLZ, Die Insel Pulo Laut bei SO.-Borneo als Beispiel einer Hebung durch einen Massenerguß. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XX. 1905. p. 354—364.

Mittlerweile war auch der leider zu früh verstorbene W. v. KNEBEL¹ zu der Anschauung gelangt, daß die Calderen der Inseln Palma und Gran Canaria wahrscheinlich echte Hebungskrater darstellen. Damit sind wir zur Lehre LEOPOLD v. BUCH'S zurückgekehrt. Auf den vorhergehenden Seiten habe ich zu zeigen versucht, daß vulkanischer Druck auch Faltungszonen hervorrufen kann, die sich von denen, welche durch orogenetische Bewegungen erzeugt wurden, an und für sich nicht unterscheiden; damit wäre auch die Anschauung der Nachfolger v. BUCH'S über die Entstehung von Faltengebirgen durch „plutonische Revolutionen“ in gewissem, wenn auch beschränktem Maße bestätigt. Daß die Umwandlung der Anschauungen sich noch nicht bei allen Geologen vollzogen hat, die sich mit dem Studium der Vulkane beschäftigen, ist leicht erklärlich; wohl keiner von uns hat sich ohne einen gewissen Kampf von den älteren Anschauungen abgewandt; aber die größere Zahl der Vulkanologen hat mit den Ideen SCROPE'S und LYELL'S wenigstens z. T. gebrochen; wir wollen hoffen, daß wir nun nicht in das andere Extrem geraten, d. h. daß wir dem Vulkanismus eine zu große Bedeutung zumessen; gerade das Schicksal der Theorien v. BUCH'S und HUMBOLDT'S sollte uns zur Warnung dienen.

¹ W. v. KNEBEL, Studien zur Oberflächengestaltung der Inseln Palma und Ferro. Globus. 1906. 90. No. 20.

Erklärung zu Tafel VIII.

- Fig. 2. Ungefaltete Quartärschichten am Canal Gayol in der Nähe von Los Reyes, Tal von Mexiko.
- „ 5. Gefaltete und überschobene Quartärschichten am Canal Gayol, Tal von Mexiko. — Aus der Zone der schwächeren Faltung.
-



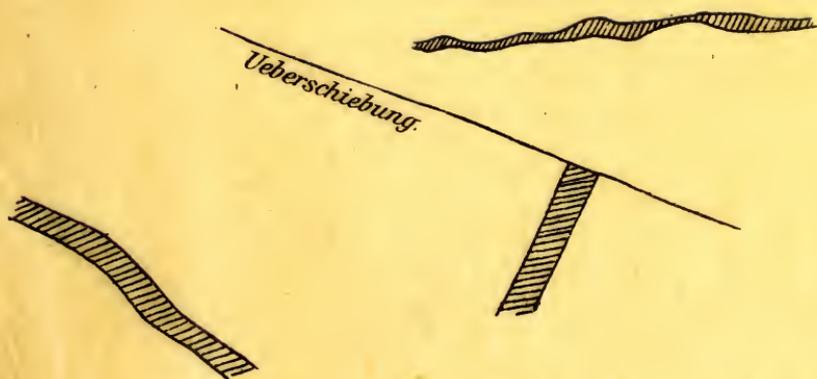
2.



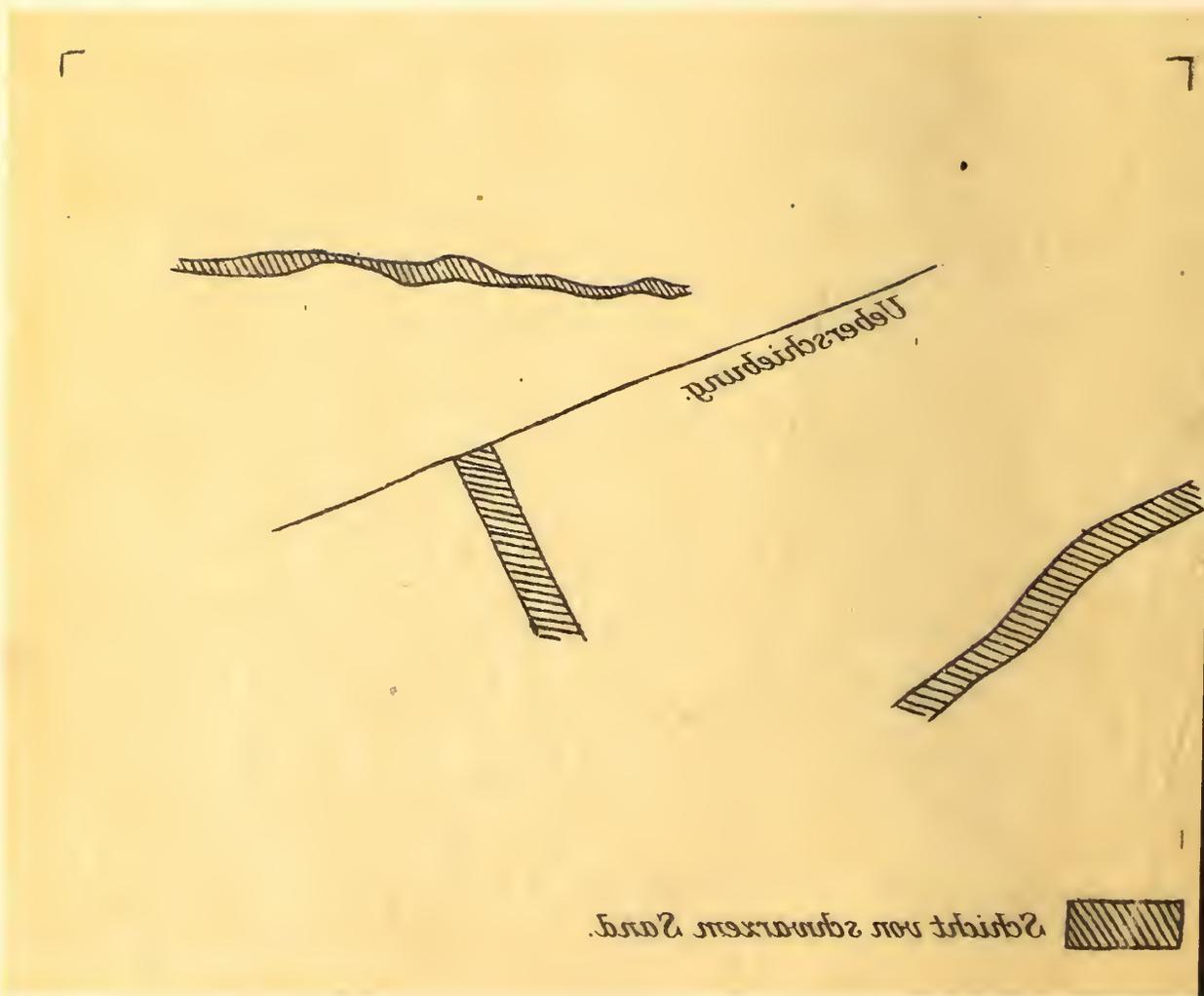
 *Schicht von schwarzem Sand.*

Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin K. Mayer & Co., Stuttgart.

E. Böse: Faltungszone im Tal von Mexiko.



Schicht von schwarzem Sand.





2.



5.

Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co., Stuttgart.

E. Böse: Faltungszone im Tal von Mexiko.

Erklärung zu Tafel IX.

Fig. 3. Gefaltete Quartärschichten am Canal Gayol, Tal von Mexiko. -
Aus der Zone der stärksten Faltung.



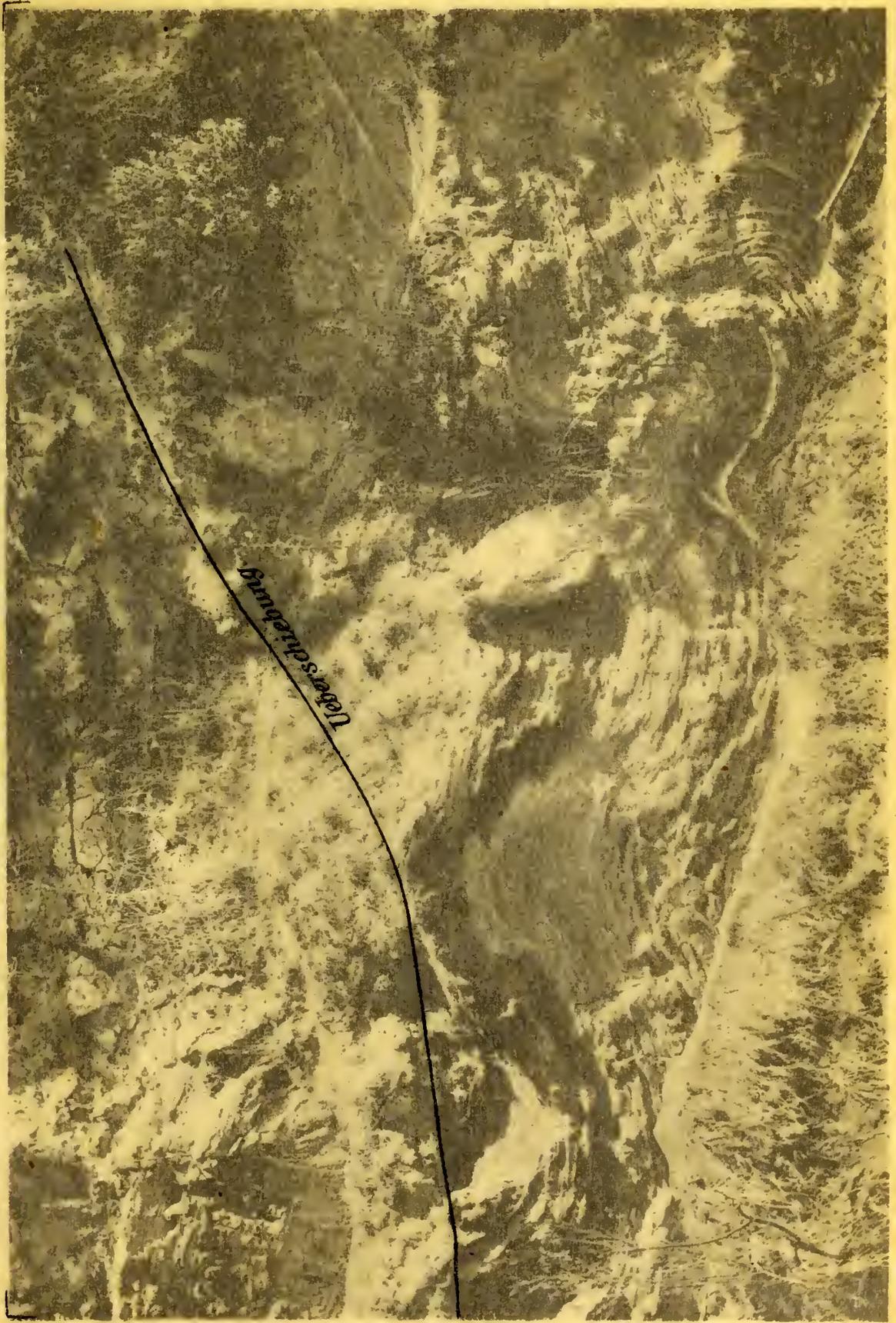
3.

Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co., Stuttgart.

E. Böse: Faltungszone im Tal von Mexiko.

Erklärung zu Tafel X.

Fig. 4. Gefaltete und überschobene Quartärschichten am Canal Gayol, Tal von Mexiko. — Aus der Zone der stärksten Faltung.



Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co., Stuttgart.

E. Böse: Faltungszone im Tal von Mexiko.

Uebersetzung

Prudersberg



4

Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co., Stuttgart.

E. Böse: Faltungszone im Tal von Mexiko.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [1909](#)

Autor(en)/Author(s): Böse Emil

Artikel/Article: [Ueber eine durch vulkanischen Druck entstandene Faltungszone im Tal von Mexiko. 28-42](#)