27. Geologische Beobachtungen im Gebiete der Sierra Nevada von Mexiko.

Von Herrn Wilhelm Freudenberg.

(Mit 6 Textfiguren.)

Tübingen, den 20. April 1909.

Die einzige Kette eisgepanzerter Berge in Mexiko ist die Sierra Nevada. Ihr Streichen ist ziemlich genau von Nord nach Süd gerichtet. Ihre höchsten Erhebungen sind der Popokatepetl im Süden und die Ixtaccihuatl im Norden. Die Ebene von Puebla im Osten und das Hochtal von Mexiko im Westen begrenzen ziemlich scharf den Zug der Schneeberge. Sehr auffallend ist die Form der beiden Berge: Der Popokatepetl das Modell eines Vulkans, die Ixtaccihuatl ein langgestrecktes Gebirgssystem von alpinem Charakter. Die Ixtaccihuatl ist eine Vulkanruine vom Typus des Chimborasso nach P. Grosser[1]), der Popokatepetl hingegen, mit Ausnahme seines Urkegels, des Pico del Fraile, ein Stratovulkan vom Kotopaxitypus. Als Ganzes betrachtet, stellen sie ein vulkanisches Gebirge dar, dessen Typus A. Dannenberg[2]) als „Ararat-System" bezeichnet. Die Ausbruchstellen scheinen sich entlang der Achse der Sierra Nevada mehrmals verschoben zu haben, und zwar von Nord nach Süd, wie dies auch Sapper[3]) für einige guatemaltekische Vulkane anzunehmen geneigt ist. Durch Verlegung der Eruptionsstellen, die mit genügender Regelmäßigkeit an eine nordsüdliche Linie geknüpft sind, wurde nach E. Ordonnez[4]) die mehrgipfelige Ixtaccihuatl im Anfang des Pliocäns, der Popokatepetl im Mittelpliocän gebildet. Für den Pico del Fraile mag ein so hohes Alter angenommen werden, doch nicht für den intakten Kegel des Popokatepetl, der, wie unten ausgeführt wird, im

---

[1]) P. Grosser: Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde 1904, S. 14.

[2]) A. Dannenberg: Beobachtungen an einigen Vulkanen Mexikos. Verh. d. Naturhist. Vereins der preuß. Rheinlande und Westfalens **64**, Jahrg. 1907, S. 122.

[3]) K. Sapper: Grundzüge des Gebirgsbaues von Mittelamerika. Eighth International Geographical Congress, S. 237, Zeile 3—7 v. oben.

[4]) E. Ordonnez: Memorias de la Sociedad Alzate, t. 18, 1902, S. 111.

wesentlichen als ein postglazialer Vulkan aufzufassen ist[1]). Für eine genaue Zeitbestimmung der Eruptionen in der Sierra Nevada fehlen indes alle sicheren Anhaltspunkte. Nur die indianischen Bezeichnungen der beiden Berge werfen einiges Licht auf ihre jüngste Geschichte. Der Name „Popokatepetl" bedeutet „rauchender Berg". Ixtaccihuatl heißt „weiße Frau". Damit ist der Unterschied im Alter am besten gekennzeichnet. Die Ixtaccihuatl wird mit einer auf den Felsen gestreckten, verwunschenen Frau verglichen, die sich gegen die Götter empört hatte, während ihr Geliebter Popokatepetl blutige Tränen über ihr Schicksal vergießt. Als parasitäre Vulkane lassen sich die zahlreichen kleinen Eruptionsschlote vom „Puy-Typus" bezeichnen, deren wichtigster Repräsentant der im Jahre 1759 entstandene Jorullo im Westen der Republik ist. Ein einmaliger Eruptionsakt fördert basaltische Tuffe und Laven zutage. Ganze Schwärme solcher Kraterberge sind über das Valle de Mexico verstreut und zeigen z. T. deutliche Anordnung in regelmäßigen Reihen. Fig. 1 zeigt den Umriß eines solchen Vulkankegels im Vordergrund. Dahinter dehnt sich die Sierra Nevada[2]).

Die chemische Beschaffenheit der Laven in der Sierra Nevada ist geeignet, über ihr relatives Alter einiges Licht zu verbreiten. Nach dem, was ich und andere[3]) vor mir im Valle de Mexico sahen, sind die jüngsten Eruptivgebilde hier allenthalben Basalte oder basaltoide Andesite. Dies gilt einesteils für die jüngsten Laven des Popokatepetl, andererseits für die Malpays des Pedregal bei Tlalpam im Valle de Mexico. Hier wurden prähistorische Reste unter einem Basaltstrom gefunden. Den olivinreichen Basalten der jüngsten Phase eruptiver Tätigkeit stehen die ebenso spärlichen, sauren Endglieder dieser petrographischen Reihe, die Dacite, gegenüber. ORDONNEZ[4])

---

[1]) Eine Zusammenstellung der jüngsten Eruptionen in Mexiko hat VIRLET D'AOUST geliefert in: „Coup d'oeil général sur la Topographie et la Géologie du Mexique et de l'Amérique centrale". Extrait du Bulletin de la Soc. géol. de France, 2e série, t. XXIII, séance du 6 novembre 1865, S. 26–27.

[2]) Das Klischee wurde nach der von A. DANNENBERG (a. a. O. auf Tafel II, Fig. 4) gegebenen Darstellung angefertigt.

[3]) FELIX und LENK: Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko, I. Teil, S. 89—104. — F. N. GUILD: Notes on some eruptive rocks in Mexico. Am. Journal of Science 1906, S. 159—176. Ref. i. N. Jahrb. Min. 1908, I, S. 239.

[4]) Livret Guide du Congrès géologique international au Mexique 1906, VIII. De Mexico à Patzcuaro et Uruapam par E. ORDONNEZ, S. 4. Hier werden die Gesteine der Sierra de las Cruces in einer Reihe

hat sie an einigen Punkten des Ixtaccihuatlgebietes zuerst namhaft gemacht. Ich kann denselben ein bisher nicht bekanntes Vorkommen beifügen, nämlich im Süden der Ixtaccihuatl auf dem Plateau, das den Popokatepetl mit der Ixtaccihuatl verbindet, an einem Punkte, der nach A. SONNTAGS

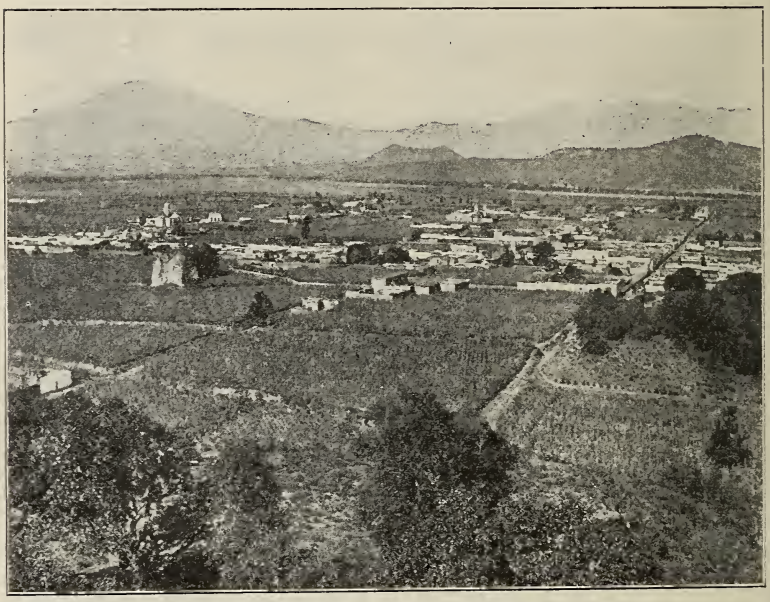

Fig. 1.
Sierra Nevada, von Osten gesehen, mit alten Gletscherspuren bei ⤫? (nordwestlich vom Pico del Fraile), ferner bei ⤫ (südlich vom Cerro Gordo). Die heutige Schneegrenze nach A. DANNENBERG. Die quartäre Firngrenze wurde nach eigenen Beobachtungen roh rekonstruiert.

und T. IEKYLLS Karte des Ixtaccihuatlgebietes (Smithsonian Contributions to Knowledge, Vol. XI) in 00° 29′ östlich von

---

angeordnet. Als Reihenfolge der Laven im Valle de Mexico wird angegeben: Trachyandesit, Dacit (Texcoco, El Papayo, Nanacamilpa), Hornblendeandesit und Hypersthenandesit des Popokatepetl usw., Basalte (Pedregral). Bezüglich der Eruptionszeiten heißt es ebenda auf S. 4 des Livret Guide I. De Mexico à Jalapa par E. ORDONNEZ (L'histoire géologique de la Sierra Nevada usw.): „Diese lange Reihe vulkanischer Eruptionen beginnt am Ende des Miocäns, umfaßt das ganze Pliocän und hält an während der jüngsten Epoche.“

Popocatepetl
Pass von
Tlamacas
Ixtaccihuatl
Vulkankegel

Zu S. 256.

hat sie an einigen Punkten des Ixtaccihuatlgebietes zuerst namhaft gemacht. Ich kann denselben ein bisher nicht bekanntes Vorkommen beifügen, nämlich im Süden der Ixtaccihuatl auf dem Plateau, das den Popokatepetl mit der Ixtaccihuatl verbindet, an einem Punkte, der nach A. SONNTAGs

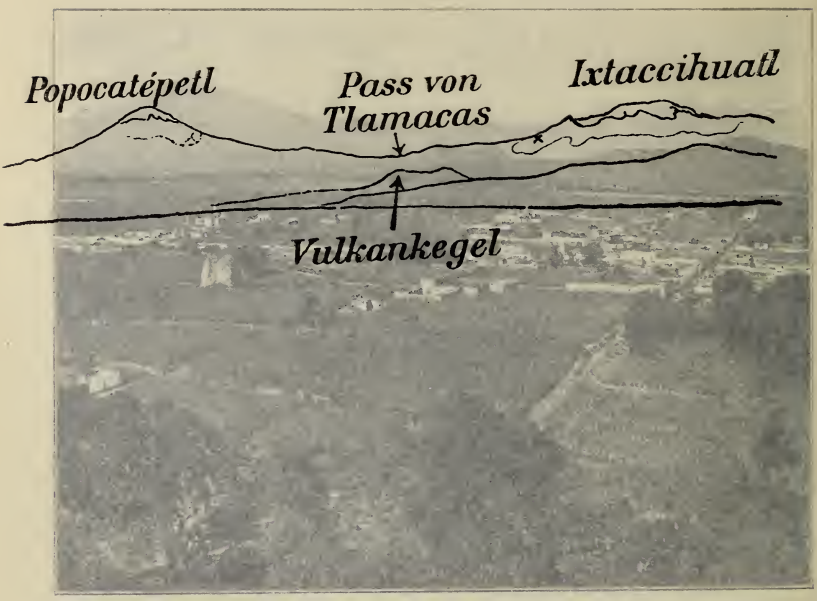

Fig. 1.
Sierra Nevada, von Osten gesehen, mit alten Gletscherspuren bei X ? (nordwestlich vom Pico del Fraile), ferner bei X (südlich vom Cerro Gordo). Die heutige Schneegrenze nach A. DANNENBERG. Die quartäre Firngrenze wurde nach eigenen Beobachtungen roh rekonstruiert.

und T. IEKYLLs Karte des Ixtaccihuatlgebietes (Smithsonian Contributions to Knowledge, Vol. XI) in 00° 29′ östlich von

---

angeordnet. Als Reihenfolge der Laven im Valle de Mexico wird angegeben: Trachyandesit, Dacit (Texcoco, El Papayo, Nanacamilpa), Hornblendeandesit und Hypersthenandesit des Popokatepetl usw., Basalte (Pedregral). Bezüglich der Eruptionszeiten heißt es ebenda auf S. 4 des Livret Guide I. De Mexico à Jalapa par E. ORDONNEZ (L'histoire géologique de la Sierra Nevada usw.): „Diese lange Reihe vulkanischer Eruptionen beginnt am Ende des Miocäns, umfaßt das ganze Pliocän und hält an während der jüngsten Epoche.“

Mexiko und in 19° 04′ Breite nördlich des Punktes 12118 der gen. Karte gelegen ist[1]).

Zwischen den Daciten und den Basalten vermitteln die Andesite, und zwar nicht nur magmatisch, sondern auch bez. der Zeit ihres Empordringens[2]). So interessant die beiden erstgenannten Gesteine auch sind, so treten sie doch in den Hintergrund gegen die große und wechselvolle Gruppe der andesitischen Laven. Es dürften alle Eruptiva im Valle de Mexico auf ein dioritisches Magma zurückzuführen sein, von dessen Existenz ich auch Anzeichen in Gestalt endogener Einschlüsse im Tuff des Cullacan[3]), eines Kraterberges etwa 3 km nordwestlich von Popo-Park, gefunden habe.

Diese Gesteinsbrocken haben richtungslos körnige Struktur bei miarolithischem Gefüge. Die mikroskopische Untersuchung eines der Stücke ergab, daß es vorwiegend aus basischem Labrador besteht, der randlich in saurere Mischungen übergeht und sogar vielfach von Orthoklas umhüllt wird. Neben den Feldspaten treten große, rötlich bis grünlich pleochroitische Krystalle von Augit auf, deren Schiefen $\mathfrak{c}:c$ von 10° bis auf 56° hinaufgehen (FeO-reicher Augit). Die Krystalle mit kleinem $\mathfrak{c}:c$ scheinen nach Hypersthen mit $c = \mathfrak{c}$ zu vermitteln, der in kleineren Individuen reichlich auftritt. Sonst enthält das Gestein an älteren Ausscheidlingen spärlich Zirkon, Magnetit und Apatit. Die jüngste Bildung ist der in geringster Menge vorhandene Quarz. Ähnliche Gesteine, die gleichfalls nicht anstehend im Valle de Mexico vorkommen und in gleicher Weise aus der

---

[1]) Siehe in Fig. 5 den horizontalen Pfeil; er zeigt zwischen der drehrunden Kuppe im Vordergrunde, direkt unter der Ixtaccihuatlspitze, und der nordöstlich davon gelegenen Kuppe von 13470′ Höhe (nach Sonntag) auf einen ostnordöstlich verlaufenden Einschnitt. Hier stehen massige Dacite an, die unter einen Strom von Hornblendeandesit einschießen, also älter sind als dieses Charaktergestein der Ixtaccihuatl.

[2]) Eine Verallgemeinerung dieser für das Valle de Mexico gültigen Verhältnisse ist nicht statthaft. J. Aguilera führt in: Les Volcans du Mexique, Mexiko 1906, S. 2 aus, daß es in Mexiko basaltische Eruptionen gegeben hat, die älter sind als gewisse Andesite, und ebenso Rhyolithe, die vor gewissen Andesiten erschienen sind.

[3]) Eine kurze Besprechung der Vulkane, welche von Ameka, mit dem Sacro Monte beginnend, über den Vulkan von Cullacan, a. a. O. „Culiacan“, nach dem Kegel von Ozumba mit seinen prächtigen Schlackenschornsteinen („hornillos“) und zu dem von mir besuchten nordsüdgerichteten basaltischen Rücken am Plateaurand hinführen, hat Virlet d'Aoust im Bull. de la Soc. géol. de France, 2e série, t. XV, S. 131 u. f. u. 2e série, t. XXIII, S. 33 berichtet. Der schöne Eruptionskegel von Cullacan soll mehr westlich vom Sacro Monte und ganz am Fuß des Popokatepetl liegen. In der zweiten Arbeit soll er zwischen Améca-Méca und dem Kegel von Ozumba liegen.

Tiefe heraufgebracht sein müssen, werden von FELIX und LENK[1]) als Einschlüsse in Tuffen der Insel Xico beschrieben. Es mögen hier noch in Kürze zwei Einschlüsse Erwähnung finden, die ich bei meinen Wanderungen im Valle de Mexico fand, und die geeignet sind, über die Natur des Grundgebirges einiges Licht zu verbreiten. Es ist dies einmal ein Rollstück eines prachtvoll marmorisierten Kalksteins, von einer Reinheit, wie ich sie nur von wenigen Marmoren kenne. Er dürfte den Eskamela-Kalken der Kreideformation entstammen, die ja bekanntermaßen unter den Effusivgesteinen durchstreicht, wie neuerdings wieder von E. BOESE gezeigt worden ist[2]). Ein andersartiger Einschluß, diesmal noch mit anhaftender Lavaschlacke, fand sich südlich von Tlalpam im Gebiete des Pedregal. Es ist ein Quarzgestein, das durch die Hitze geborsten ist, und eine viel schwächer doppelbrechende Substanz als Quarz zwischen den Quarzen zur Ausscheidung gelangen ließ. Quarzkörnchen mit Augiträndern, also das bekannte Kontaktphänomen von basaltumschlossenen Quarzfragmenten, haben FELIX und LENK (a. a. O. S. 93) erwähnt.

Durch meine Wahrnehmungen fand der von E. ORDONNEZ geführte Nachweis der sukzessiven Änderung in der Zusammensetzung der zur Effusion gelangenden Magmen seine Bestätigung. Ein Beispiel dieser schrittweisen Wandlung in der chemischen Zusammensetzung der Laven war schon von J. BURKHART[3]) angegeben worden anläßlich der Schilderung der Lavabänke im Krater des Popokatepetl. Hier war dem genannten Forscher aufgefallen, daß in der Tiefe ein Trachyt (wohl Trachyandesit) ansteht, der von einem olivinführenden schwarzen Basalt (wohl noch ein basaltoider Andesit) bedeckt wird. Darüber folgt eine poröse rotbraune Lava. ORDONNEZ[4]) ist es nicht entgangen, daß eine gewisse Abweichung in der Zusammensetzung der jüngsten Lavaströme des Popokatepetl von den wahrscheinlich gleichaltrigen, ganz jungen Ergüssen der parasitären Vulkane im Osten und im Westen der Sierra Nevada besteht. Es sei auf seinen Erklärungsversuch dieser abweichenden Verhältnisse hier nur hingewiesen.

---

[1]) Beiträge der Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko. I. Teil, S. 94 oben.

[2]) Zur Frage der Entstehung des sogenannten mexikanischen Zentralplateaus. N. Jahrb. Min. 1909, II, 3, S. 114—135.

[3]) Die Quaternärschichten des Beckens oder Hochtals von Mexiko. N. Jahrb. Min. 1868, S. 522.

[4]) Livret Guide du Xième Congrès géologique international à Mexique 1906. I. De Mexico à Jalapa par E. ORDONNEZ, I. (Excursion de l'est), S. 3 und 4.

Auf die Bruchnatur des Valle de Mexico ist bisher noch wenig geachtet worden, obwohl sich aus ihr viele morphologische Eigentümlichkeiten leicht erklären. Das nordnordöstlich streichende Grundgebirge von Kreidefalten machte eine Dislokationsperiode während und nach dem Empordringen der Effusivgesteine durch.

Das Aufdringen der Laven, das in so gewaltigem Maßstabe vor sich ging, ist aller Wahrscheinlichkeit nach mit der Bildung von Tiefengesteinen verknüpft gewesen, von denen ich Anzeichen in Gestalt dioritischer Brockentuffe bei Popo-Park gefunden habe. Die Tiefengesteine aber führen in den höheren Erdschichten, in welche sie als Stöcke oder Lakkolithe eindringen, zu Schollenverschiebungen in vertikaler Richtung. So sehen wir in Mexiko bei Mapimi, Sta Rosa, Aranzazu, El Cobre, bei Conception de l'oro die Kreide- und Juraschichten von gewaltigen Störungen gerade da betroffen, wo Intrusivgesteine in größerer Masse auftreten[1]). Daß sich diese Störungen auch oberflächlich äußern müssen, d. h. im Hangenden der Stöcke, wo die effusiven Bildungen vorherrschen, versteht sich von selbst. So sehen wir denn auch Klüfte verbunden mit starker Gesteinszertrümmerung an vielen Stellen im Valle de Mexico in älteren Eruptivgesteinen (Hornblende-Andesiten) auftreten[2]). Die Tiefengesteine selbst wurden hier jedoch nirgends entblößt, da die Erosion noch nicht weit genug vorgeschritten ist. Ihre Bildung war vielleicht schon beendet, als die jüngsten Basalte und basaltoiden Andesite ihren Weg an die Oberfläche bahnten (Cullacan).

Nach Felix und Lenk[3]) hat der nördlich von der Transversalspalte gelegene Teil der Mesa central eine Art Zerstückelung erfahren „durch die Bildung von zahlreichen sekundären Spalten, die wie die Hauptspalte selbst vulkanischen Massen zum Austritt gedient haben". Diese Nebenspalten endigen nach der schematischen Kartenskizze der „orographischen Verhältnisse von Mexiko" in der großen mexikanischen Querspalte, deren Existenz in neuerer Zeit allerdings stark in

---

[1]) Livret Guide du Xième Congrès géologique international au Mexique 1906, Nr. XXVI und Nr. XXIV von C. Burkhardt.

[2]) Ein schönes Beispiel einer stehengebliebenen Andesitscholle ist der Felsen von Chapultepec. Südlich des Schlosses treten zur Seite des Tramway-Geleises, das zum Friedhof Dolores abzweigt, wohlgeschichtete und stark geneigte Tuffe von dunkler Farbe unter dem Steppenmergel auf, in dem Andesitbrocken eingeschlossen sind.

[3]) Felix und Lenk: Über die tektonischen Verhältnisse der Republik Mexiko. Diese Zeitschrift 44, 1892, S. 303—323, Taf. XIX, bes. S. 309 Mitte.

Zweifel gezogen wird. Als Bruchlinien werden die Richtungen nordsüdlich verlaufender Höhenzüge gedeutet, auf welchen die Ausbruchstellen in Linien angeordnet sind. Zwischen diesen nordsüdlichen Bergrücken liegen die abflußlosen Gebiete, die nicht als beschränkte Einbruchsbecken, sondern als flache Tümpel der Sammelwässer aufgefaßt werden. Sie sind ein nebensächliches Wahrzeichen der Depressionen, an deren Entstehung in letzter Linie tektonische Bewegungen auch nach meinen Beobachtungen schuld sind[1]). Für die Sierra Nevada scheint es mir von Wichtigkeit zu sein, daß die tiefe, nordsüdlich gerichtete Depression, die sich von Ameka nach Ozumba erstreckt, dem genau gleichgerichteten Hauptzug der Sierra Nevada entspricht. Westlich der Längsdepression stellen sich basaltische Eruptionspunkte ein, die ihrerseits wieder in einer nordsüdlichen Reihe zu stehen scheinen.

Was die Verbreitung der verschiedenen Eruptiva im Valle de Mexico betrifft, so sei auf die von Felix und Lenk im ersten Teil der Beiträge gegebene Farbenkarte verwiesen. Zur Erkennung des Alters derselben wäre die Kartierung eines umfassenderen Gebietes notwendig, das die Sierra Nevada einschließen müßte. Im Text sind jedoch genügende Angaben über die Gesteine der Sierra Nevada gegeben worden. Auch wird der Unterschied in der Zusammensetzung der Laven des Popokatepetl und der Ixtaccihuatl dort betont. Der Popokatepetl besteht aus Hypersthen-Andesiten, z. T. in olivinreicher Ausbildung, nähert sich also dem basischen Endglied der unten aufgestellten Reihe. Die Hornblende-Andesite der Ixtaccihuatl weisen hingegen mit aller Deutlichkeit auf die saureren Andesitgesteine, und noch mehr tun dies die Dacite, die unter dem Hornblende-Andesit als ältere Stromsysteme zutage treten. Wendet man darum die Regel, daß ein Eruptivgestein im Valle de Mexico desto später zur Eruption gelangte, als es basischer ist, auf die Sierra Nevada an, so ergibt sich der Schluß, daß der Popokatepetl jünger sein muß als die Ixtaccihuatl, ein Resultat, das mit der Erhaltung beider Berge im Einklang

---

[1]) M. T. Flores setzt in: Le Xinantecatl ou Volcan Nevado de Toluca (Livret Guide du Xième Congrès géologique international au Mexique 1906, IX. Excursion du Jorullo, S. 3) das folgende Verhältnis zwischen den Zentralbecken und den großen Vulkanen auseinander: . . . . „Jedes Becken hat einen großen Vulkan im Süden, den Ajusco bei Mexiko, ein alter, schon sehr erodierter Kegel, der durch eine sehr energische Erosionstätigkeit bereits unter die Grenze des ewigen Schnees gerückt ist; und im Valle de Toluca den jüngeren Xinantecatl, der vollkommener erhalten und auch höher und majestätischer ist.“

steht. Bei der Untersuchung der Altersfrage der beiden Haupterhebungen in der Sierra Nevada wollen wir zunächst das Kriterium des Zerstörungsgrades durch die normale Abtragung anwenden, später die Frage diskutieren, ob der Popokatepetl vor der Glazialzeit schon bestand, und ob sich eine Altersbeziehung zur Ixtaccihuatl ergibt.

Zur ersten dieser beiden Fragen wird das Folgende bemerkt: Läßt sich aus dem Erhaltungszustand eines vulkanischen Gebirges überhaupt ein Schluß auf sein Alter ziehen? Nach meiner Ansicht ist dies wohl der Fall, wenn die Erosionsverhältnisse ähnliche sind. Mit dem Ixtaccihuatlgebirge wüßte ich nun kein anderes Gebirge direkt zu vergleichen als den Chimborasso, der zwar durch seine jugendlichen Formen in scharfem Kontrast zur Ixtaccihuatl steht, aber den abtragenden Kräften in gleicher Weise einmal zum Opfer fallen muß. Machen wir jedoch im Hinblick auf ein näher liegendes Gebiet, auf die Sierra von Guadalupe bei Mexiko, die Voraussetzung, daß dieses Gebirge, seiner andesitischen Natur entsprechend, gleichaltrig ist mit der Ixtaccihuatl, so könnten wir einen indirekten Altersnachweis für sie erbringen. Die Sierra von Guadalupe besitzt nämlich in ihren Formverhältnissen große Ähnlichkeit mit dem Kaiserstuhl in der oberrheinischen Tiefebene. Rings von ebenen Flächen umschlossen, von Verwerfungen zerstückelt, von Eruptivgängen durchsetzt (ich beobachtete nordsüdstreichende, schokoladebraun verwitterte, seigere Gänge zwischen der ersten und zweiten Andesitkuppe nördlich von Guadalupe) und schon lange Zeit dieser mäßig starken Erosion ausgesetzt, gleicht sie morphologisch dem ähnlich gebauten Kaiserstuhl in so hohem Grade, daß ich eine ähnliche geologische Geschichte und ein ähnliches Alter für dieses Gebiet annehmen möchte. Dies würde aber für die Sierra de Guadalupe ein miocänes Alter bedeuten. Ich glaube nicht weit fehlzugehen, wenn ich für die stark erodierten Andesitströme der Ixtaccihuatl und für die im Untergrunde des Popokatepetlkegels befindlichen Laven ein miocänes Alter annehme. Die Ixtaccihuatl würde also älter sein, als ORDONNEZ angenommen hat.

Es ist ohne weiteres klar, daß die Ixtaccihuatl, ihrem stark abgetragenen Zustande entsprechend, keinen Krater mehr besitzt. Es wäre aber falsch, anzunehmen, daß sie nie einen oder mehrere Eruptionspunkte besessen habe.

Der dicht unter dem Hauptgipfel befindliche Pico del Medio Dia besteht aus losen, feingeschichteten Tuffen, die schwerlich vom Popokatepetl herübergeweht sein dürften.

Ferner sind zwischen zwei eiserfüllten Hochkaren in südöstlicher Richtung vom Hauptgipfel tief hinab steile Wände von ungeschichteten Brockentuffen entblößt; von Fumarolen gänzlich zersetzt, gestalten sie durch ihre bunten Farben das Bild großartiger Hochgebirgswelt noch zauberhafter. Sie dürften die Ausfüllung des ehemaligen Hauptkraters darstellen. Auch soll einer Spalte im Eis auf dem Sattel des Berges nach E. Boese[1]) eine Fumarole entströmen, die schweflige Dämpfe verbreitet. Unter dem südlichsten Gipfel des Ixtaccihuatl-Gebirges, ich nenne ihn zu Ehren seines Erstersteigers „Sonneschmidt-Spitze“[2]), roch das Gestein, in dessen Klüften ich zu übernachten genötigt war, merklich nach Schwefel. Dies sind Spuren postvulkanischer Tätigkeit von viel schwächerem Grade als die Exhalationen in der Tiefe des Popokatepetl-Kraters. Es scheint mir, daß der ganze Berg bzw. sein Hauptrücken — den nördlichsten Gipfel, die Cabezza, habe ich nicht besucht — von vulkanischen Gasen durchströmt wird. Auch Wirkungen thermaler und pneumatolytischer Tätigkeit sind im Vorkommen von Hyalit und Tridymit in den Andesitlaven des Südgipfels angedeutet.

Für den Hauptgipfel der Ixtaccihuatl wurde der örtliche Zusammenhang mit einem Hauptkrater bzw. dessen Schlotausfüllung nachgewiesen und zugleich auf das Vorkommen von Fumarolen, teils jetzt noch vorhandener, teils erloschener, entlang dem Rücken des Gebirges aufmerksam gemacht. Für die Auffassung, daß die Ixtaccihuatl mehr als einen, vielleicht drei Kratere besessen hat, spricht die Ähnlichkeit mit dem Chimborasso, wobei von dem verschiedenen Zustand in der Erhaltung abzusehen ist. Wenn man die Ixtaccihuatl vom Popokatepetl aus betrachtet, etwa oberhalb von La Cruce (siehe Fig. 3), so macht sie durchaus den Eindruck eines regelmäßigen Vulkankegels, wie der Popokatepetl es selbst ist (Fig. 2). Die Böschungswinkel sind gegen Süden, Osten und Westen etwa die gleichen. Es könnte darum der Südgipfel sehr wohl für ein selbständiges Eruptionszentrum gelten, da die Lavabänke allseitig von hier abfallen. Gegen Norden hin ist nun alles anders; da verbindet ein langes, nicht eben breites Gletscherfeld die Sonneschmidt-Spitze mit dem Hauptgipfel. Dementsprechend stellt sich die Profillinie, von Osten oder Westen

---

[1]) E. Boese und E. Ordonnez: Der Ixtaccihuatl. Zeitschr. d. deutsch. u. österr. Alpenvereines 1901, S. 148.

[2]) Friedrich Sonneschmidt war ein deutscher Bergmann, der 1770 den Versuch machte, die Ixtaccihuatl zu ersteigen. Nach Boeses Dafürhalten erreichte er nur den Südgipfel (a. a. O.).

gesehen, als die einer auf dem Rücken liegenden Frau dar. Die isolierte Stellung des Nordgipfels fällt besonders ins Auge. Die Cabezza übernimmt im Norden des Gebirges die Rolle des Cerro

Fig. 2.
Popokatepetl mit Krater, vom Südgipfel der Ixtaccihuatl. Rechts am Abhang des Popokatepetl der Pico del Fraile, der in einen Kartrog steil abfällt. Im Vordergrund der Cerro Gordo.
Aufnahme nach Schneefall mit Teleskop-Kamera.

Gordo im Süden. Sie besteht wie jener aus südfallenden, so hier aus nordfallenden Lavabänken, die schon in beträchtlicher Entfernung vom Eruptionszentrum erstarrt sein müssen. Der Krater des Hauptgipfels dürfte als zugehöriges Zentrum gelten.

Die Annahme zweier Ausbruchstellen dürfte vielleicht ausreichen, um die langgestreckte Form des Berges zu erklären[1]). Ob zwischen dem südlichsten und nördlichsten Herd noch ein dritter wie am Chimborasso sich einschaltete, bleibt genauerer Untersuchung vorbehalten. — Als der südliche Vulkangipfel Ströme und grobe Brockentuffe lieferte, mußte die Erosion auf der Westseite des Rückens schon weit vorgeschritten sein. Denn die Agglomerate ziehen sich in tiefe Talkessel hinab, deren Wände selbst wieder aus älteren Andesiten und Daciten sich aufbauen[2]) und der nachfolgenden Vereisung als Sammeltröge

Fig. 3.
Ixtaccihuatl. vom Popokatepetl gesehen (oberhalb La Cruce). Im Vordergrund der sog. Volcano de Cortes. Das Plateau wird vom Rio de Gallinas in nordsüdlicher Richtung durchströmt.

für die Firnmassen gedient haben. Fig. 5 in DANNENBERG: „Beobachtungen an einigen Vulkanen Mexikos“ gewährt einen Blick in die eiszeitlichen Kare am Südwestfuße der Ixtaccihuatl. Ihre ausgesprochene U-Form, ihre steilen Wände, die flachen Böden und die scharfen Trennungsgrate, welche als Rippen zwischen den Eismassen hervorragten, lassen die Wirkung des glazialen Gletschereises deutlich erkennen. Besonders lehrreich ist ein wenig vertieftes, heute eisfreies Kar am Südfuße des Cerro Gordo, auf der Südseite der Ixtaccihuatl.

---

[1]) Vergl. Fig. 5.
[2]) Vergl. Fig. 5.

Es stellt die Verbindung zu den Weideflächen her, die bis nach Tlamakas sich erstrecken.

Die Gletschererosion am Südfuße des Cerro Gordo wird durch Fig. 4 veranschaulicht. Hier sehen wir den Vorgrund von sanft gewelltem Weideland gebildet, das die Weichheit seiner Formen, bedingt durch den tuffösen Untergrund, mit der Seiseralp in Südtirol gemeinsam hat. Dahinter leuchten die Schneefelder der Ixtaccihuatl über den schattenlosen Wänden des Cerro Gordo. Zur Linken liegen die Abstürze gegen die

Fig. 4.
Ixtaccihuatl (links) und Cerro Gordo (rechts), von Süden gesehen. Die Mulde im Vordergrund ist ein altes Gletscherbecken, an dessen rechtem Gehänge ich Gletscherschliffe entdeckte.

westlichen Karströge. Die Weidelandschaft wird von einem Tal durchzogen, das, wie besonders in Fig. 3 zu ersehen ist, sein Wasser nach der Seite von Puebla entsendet. Der Bach, welcher das Tal durchströmt, heißt Rio Gallinas. Seinen Ursprung nimmt er unter den Felshängen des Cerro Gordo und ist auf die spärlichen Niederschläge zurückzuführen, die das durchlässige Lavagestein durchsickern. Seine sehr niedrige Temperatur ist auf eine weitgehende Verdunstung auf Klüften des Gesteins mit Wahrscheinlichkeit zurückzuführen. Das Wasser der Quelle hat einen ausgesprochenen Geschmack nach Bittererde,

was bei dem hohen Mg-Gehalt der Andesit-Laven nicht zu verwundern ist. Das zirkusartig, von Felskulissen umschlossene, obere Talende ist als ein eiszeitliches Gletscherbecken aufzufassen. Der moorige Grund seines vom Eise heute freien Bodens erinnert an alpine Hochmoore. Rundhöcker erscheinen unter einer Decke von Riedgräsern („Sekate"). Talriegel bilden deutliche Schwellen, in die der Bach sich einzuschneiden beginnt. Unzweifelhafte Spuren von alter Gletscherwirkung

↓

→

Fig. 5.
Ixtaccihuatl von Süden.
Der Hauptgipfel liegt in der Richtung des vertikalen Pfeiles.
Der horizontale Pfeil deutet auf das Vorkommen von Dacit.

erkannte ich an einer oben näher zu bezeichnenden Stelle etwa eine halbe Wegstunde unterhalb des kartrogähnlichen Talabschlusses. Die in der Talrichtung verlaufenden Gletscherschliffe ließen an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig, und ich versäumte nicht, sie photographisch aufzunehmen. Leider stellte es sich beim Entwickeln der Platten heraus, daß meine beiden indianischen Träger, denen ich meinen Apparat zum Tragen überlassen mußte, in meiner Abwesenheit die Kassetten geöffnet hatten, um das eigene Porträt zu sehen, das mir als

Maßstab dienen sollte; so kam es, daß von meinen eigenen Aufnahmen an der Ixtaccihuatl nichts mehr vorhanden ist. Die Abbildungen 2—6 wurden mit Ausnahme von 3 (Waite Photo), nach Aufnahmen des Herrn Ingenieurs GILCHRIST in Philadelphia reproduziert, der einige Wochen nach uns diese Gegend aufsuchte, um gleichfalls die Ixtaccihuatl von Süden her in Angriff zu nehmen. Die geschrammten Felsen befanden sich in etwa 20—30 m Höhe über dem Talboden und ließen einen recht bedeutenden Eisstrom vermuten. Von alten Moränen

Fig. 6.
Cerro Gordo von Westen.
Blick in das Kesseltal von Apotlaco. Links stehen westfallende, rechts südfallende Andesitbänke an. Alter Gletschertrog.

konnte ich keine Spur mehr erkennen. Sie waren der Abtragung zum Opfer gefallen, welche jedoch die Rundhöcker und die Schrammen an der ziemlich steilen Talwand geschont hatte. In ihrem Fehlen sehe ich kein Hindernis für die Richtigkeit meiner Erklärung der Schliffe als glazialer Schrammen. Auch in den tieferen Partien der westlichen Gletscher der Ixtaccihuatl habe ich auf den hier stark verwitterten Rundhöckern nirgends mehr Moränen erblicken können, obwohl auch hier die alten (eiszeitlichen) Glazialspuren bis

in die Waldregion hinabreichen. Die Moränen der Ixtaccihuatl-Gletscher sind überhaupt nicht sehr bedeutend, und so konnten ihre diluvialen Vorläufer leicht der Zerstörung anheimfallen. Frische Moränen einer jungen Rückzugs-Phase sind schon mehrfach Gegenstand der Beschreibung und Darstellung geworden, so besonders durch BOESE und ORDONNEZ (a. a. O., Fig. 4 und 5), durch O. C. FARRINGTON (Observations on Popokatepetl and Ixtaccihual. Field Columbia Museum Vol I, No. 2, Pl. XVII), zuletzt durch A. DANNENBERG (a. a. O., Fig. 7). Wenn man die Ixtaccihuatl von Süden her überschreitet, so kommt man auf der Ostseite wie auf der West-Flanke während des Aufstieges an den unten erwähnten Hochkaren vorbei, die z. T. schon FELIX und LENK, wenigstens in ihren unteren Partien, aufgefallen zu sein scheinen, denn obwohl sie nirgends in ihrem großen Werke über Mexiko auf alte Gletscherwirkung in der Sierra Nevada zu sprechen kommen, scheinen sie dort unwillkürlich auf glaziale Oberflächenformen im Ixtaccihuatlgebiet aufmerksam geworden zu sein. So sprechen sie auf Seite 53 (a. a. O.) vom „interessanten Kesseltal von Apatlaco am Fuß des südlichsten Ixtaccihuatl-Gipfels“ (siehe Fig. 6). Nach Norden hin reihen sich weitere Kare an, die mit Annäherung zum Hauptgipfel immer mächtigere Eismassen beherbergen, bis sie sich zu kontinuierlichen Eisfeldern zusammenschließen. Aus dem Gipfeleis ragen nur wenige Felskuppen wie der Heilprin peak, der Pico del Mediodia etc. als Nunataks hervor.

Obwohl die absoluten Höhen des Popokatepetl und der Ixtaccihuatl nicht sehr voneinander abweichen, — der Popokatepetl erhebt sich bis zu ca. 5500 m und die Ixtaccihuatl zu 5286 — so bestehen doch wesentliche Unterschiede im Grade der Vereisung. Der Popokatepetl trägt nur spaltenfreie Firnfelder[1]), die Ixtaccihuatl trotz ihrer geringeren Höhe ausgesprochene Hängegletscher. Den Grund zu dieser Verschiedenheit sehe ich in der verschiedenartigen Form beider Berge. Der einfache Vulkankegel des Popokatepetl ist an Masse zu klein, um den aus der Terra caliente und der Terra templada aufsteigenden feuchten Winden Regen oder Schnee in bedeutenden Mengen zu entreißen, während die langgestreckte Mauer der Ixtaccihuatl den Regenwolken kein Ausweichen erlaubt. Zur Diluvialzeit, als

---

[1]) Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Dr. PREISWERK in Basel beobachtete er bei einer gelungenen Besteigung des höchsten Popokatepetlgipfels das Auftreten einer Randkluft, was auf kompaktes Gletschereis schließen läßt.

ein Süßwassersee das Valle de Mexico erfüllte, an dessen Ufern große Grasfresser und Sumpfbewohner weideten, waren wohl auch die atmosphärischen Niederschläge in der Sierra Nevada reichlicher als heute. Die Schneegrenze in der Sierra Nevada gibt DANNENBERG (a. a. O.) zu 4600 m an. Die eiszeitliche Schneegrenze muß eine dem tiefen Hinabreichen des diluvialen Rio Gallinas-Gletschers entsprechend tiefe gewesen sein. In schematischer Weise habe ich im Pausdeckblatt zu Fig. 1 die quartäre Schneegrenze (wohl der letzten Eiszeit) eingezeichnet unter der von DANNENBERG entworfenen rezenten. Unter den Abhängen des Pico del Fraile scheint sich, nach der Fig. 2 zu schließen, gleichfalls ein Gletscher angesiedelt zu haben. Der über 4000 m hoch gelegene Felskessel war der Entfaltung eines diluvialen Gletschers durchaus günstig, wennschon ich keine diesbezüglichen Beobachtungen anstellen konnte. Ich habe darum in Fig. 1 die eiszeitliche Schneegrenze mit punktierter Linie angedeutet, da wo sich diese auf die Ostseite des Berges projiziert. Die mir „karverdächtige" Stelle habe ich durch ein punktiertes x mit ? kenntlich gemacht. Es ist dies die Felsschlucht am Nordwest-Abhange der Pico del Fraile. Das Fehlen von Karen am eigentlichen Aufschüttungskegel des Popokatepetl scheint mir ein gewichtiges Argument für das postglaziale Alter dieses Vulkans zu sein.

Von FARRINGTON wird die Firngrenze der Sierra Nevada etwa in 15500 Fuß, d. h. in etwas über 5000 m Höhe (a. a. O., Plate XVIII), eingezeichnet. Die eiszeitliche Firngrenze lag etwa 1000 m tiefer, am Südfuße des Cerro Gordo bei ca. 12500′, d. h. bei etwa 4000 m. Die Felsen, welche Schrammen in der Talrichtung zeigten, liegen am rechten Gehänge zwischen den Punkten 12490 und 13580, wenig nördlich vom Paßweg nach Puebla. Durch diese Feststellung ist sowohl die gänzliche Negation diluvialer Gletscher durch E. BOESE als auch deren Übertreibung im bejahenden Sinne durch PACKARD[1]) widerlegt. Nach diesem Autor war das ganze Hochland von Anahuak bis in 1000 Fuß Höhe über den Depressionen mit Eis überschwemmt. Diese Hypothese wurde immer skeptisch aufgenommen. Sie darf heute als unhaltbar gelten.

Die einstmalige große Vergletscherung der Sierra Nevada ist aller Wahrscheinlichkeit nach in die Quartärzeit zurückzuverlegen. Wir schliessen dies aus dem Fehlen von Glazial-

---

[1]) American Naturalist, February 1886. Die Arbeit ist mir nur im Auszug aus FARRINGTON (a. a. O. S. 118—119) bekannt.

ablagerungen (Moränen) in den mit Sicherheit vergletschert gewesenen Gebieten, dem teilweise wieder durch jüngere Erosion verwischten Glazialrelief.

Das diluviale Alter gewisser fluviatiler und limnischer Ablagerungen im Valle de Mexico und der übrigen Teile der Mesa central ergibt sich, wie schon FELIX und LENK betont haben[1]), ausschließlich aus dem Vorkommen diluvialer Säuger, so besonders bei Zumpango [Einschnitt von Tequix quiac.], Los Reyes[2]) [zwischen Mexiko und Tehuacan], bei Toluca[3]), NW von Tlaxcala[4]), im Valle de Oaxaca [Hacienda de Guadalupe, Alluvionen des Jalatlaco und Barranca bei einem Dorfe namens San Pablo Etla][5]) u. s. f. Ein Teil dieser Ablagerungen dürfte indessen ins Oberpliocän bzw. ins älteste Quartär zu stellen sein, da durchaus altertümliche Typen, wie *Hyaenognathus*, *Aphelops* usw., darin auftreten[6]).

Bezüglich der jüngsten Ablagerungen im Valle de Mexico verdient festgestellt zu werden, daß die Alluvialbildungen des Hochtals von Mexiko sich in vier Gruppen scheiden:

1. vulkanische,
2. fluviatile,
3. limnische,
4. äolische Bildungen.

Die erstgenannte Gruppe wurde unten erörtert, und das wenige, was zu den Berichten früherer Beobachter hinzugefügt werden konnte, wurde bereits gesagt.

Die fluviatilen Bildungen wurden schon von BURKHART[7]) als Geröllmassen gekennzeichnet, die in den Mündungsdeltas des diluvialen Süßwassersees zur Ablagerung gelangten. Von besonderem Interesse sind die Erosionsterrassen bei San Angel, die sich in mehrere Stufen gliedern lassen. Sie scheinen in

---

[1]) FELIX und LENK: Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko, I. Teil, S. 84.

[2]) Livret Guide du Xième Congrès géologique au Mexique 1906. IV. De Mexico à Tehuacán par J. G. AGUILERA.

[3]) Livret Guide du Xième Congrès géologique international au Mexique. VIII. De Mexique à Patzcuaro et Uruapam, S. 7, par E. ORDONNEZ.

[4]) Livret Guide du Xième Congrès géologique international au Mexique 1906. I. De Mexico à Jalapa, S. 5, par E. ORDONNEZ.

[5]) C. CONZATTI: Los Yacimientos fosiliferos del Valle de Oaxaca. Mem. y Rev. de la Sociedad Cientifica „Antonio Alzate", Tomo 26, Nr. 10, S. 353—358. Tafel XV zeigt die ersten Megatherium-Knochen aus Mexiko.

[6]) Ich bin zurzeit mit der monographischen Bearbeitung der fossilen Säugetiere Mexikos beschäftigt.

[7]) J. BURKHART: Die Quaternärschichten des Beckens oder Hochtals von Mexiko. N. Jahrb. Min. 1868, S. 513.

die verfestigten Bimssteintuffe (Tepetate) eingeschnitten, die namentlich in der Richtung gegen Sante Fé die Vorhügel bilden. Die höchste dieser Terrassen dürfte schätzungsweise 50 m über dem Spiegel des Baches liegen.

In weit höherem Niveau finden sich alte, wohl sicher diluviale Geröllablagerungen in dem Tal, das vom Ajusco nach Contreras und von da gegen San Angel sich wendet. Hier stehen in einer Höhe von ca. 100 m über dem Tal am Gehänge festgepackte, richtungslos struierte Blockmassen von sehr wechselnder Größe der Gerölle an.

Als Zwischenmittel tritt ein scharfer Sand auf, der aus Hornblende und Feldspatfragmenten nebst solchen der Grundmasse eines andesitischen Gesteins besteht. Die Gerölle, als deren Detritus der feine Sand aufzufassen ist, haben rötliche bis grünlichgraue Farbe. Betrachtet man genau ihre Oberfläche, so erkennt man mehrere cm lange Kritzen auf denselben, zumal nahe der Unterlage, die aus festem Fels besteht. Dieser hat eine löcherig unebene Beschaffenheit und ist fest mit der steinharten Geröllmasse verzahnt, so daß es schwierig ist, seine Oberfläche freizulegen. Schrammen, wie sie von Grundmoränen hervorgebracht werden, habe ich auf dem Felsuntergrund nicht beobachtet. Das Ganze erinnerte mich stark an eine Moräne, und ich hätte nicht an der Richtigkeit dieser Deutung gezweifelt, wenn ich die Sohle der Ablagerung von Schrammen bedeckt gefunden hätte, zumal da deutliche Kritzen auf den Oberflächen mancher Andesitgeschiebe zu erkennen waren.

Die Entstehung einer Ablagerung wie die geschilderte konnte ich in Mitla im Staate Oaxaca wenige Monate später beobachten. Da zeigte sich nach einem wolkenbruchartigen Gewitterregen, der plötzlich in den Bergen niedergegangen war, das Bachbett prachtvoll geschrammt, von parallelen Kritzen ganz bedeckt. Hier wirkten Rollstücke von Rhyolith auf einen Rhyolithboden. Besonders die scharfen Dihexaeder von Quarz übten diese Wirkung aus. Da spätere Beobachter vielleicht jenes Konglomerat auf der linken Talseite zwischen Contreras und der elektrischen Kraftanlage wiederfinden und über seine Entstehung im Zweifel sein könnten, so sind vielleicht diese Angaben nicht nutzlos.

Die Schlucht von Contreras wäre demnach als ein reines Erosionstal aufzufassen, an dessen Bildung Gletscherströme keinen Anteil hatten. Da der Ajusco eine Höhe von 4000 m erreicht, so ist es nicht ausgeschlossen, daß er zur Diluvialzeit Firnfelder besaß.

Betreffs der limnischen Bildungen äußert sich BURKHART folgendermaßen:

„Die das Hochtal von Mexiko einschließenden Gebirge bestehen nur aus massigen Felsarten usw. . . . Dagegen zeigen sich am Fuße dieser Gebirge und in der Talebene des ausgebreiteten Seebeckens geschichtete Süßwassertuffe, welche hoch über das jetzige Niveau der Seen emporragen, jedoch an vielen Stellen von den massigen und vulkanischen Felsgesteinen durchbrochen werden.“ (S. 518.)

Die „Süßwassertuffe“ sind die Träger einer reichen Diatomeen- (EHRENBERG) und Säugetierfauna (COPE). Sie würden besser als Mergel bezeichnet. Ihre Entstehung ist teils auf Einschwemmung feinsten Detritus, besonders aber auf Einwehung zurückzuführen. Hierdurch steigt der Seespiegel im Laufe der Zeit an, wie BURKHART (a. a. O.) ausgeführt hat. In der Postquartärzeit nahm jedoch die Trockenheit des Klimas in so hohem Grade zu, daß die Eindampfung die Zufuhr überwog, und ein Salzsee aus dem Süßwasserbecken des Lago de Texkoko sich bildete. Ein ähnliches Schicksal ist vielleicht auch dem Lago de Chalko noch einmal beschieden.

Der Lago de Xochimilko ist ein schönes Beispiel für Vertorfung ganzer Quadratmeilen ehemaligen Wasserspiegels. Eine Torfschicht in 61,17 m wird von FELIX und LENK (Beiträge usw., I. Teil, S. 83) angeführt; Petroleum erwähnt BURKHART (a. a. O. S. 538—539) in einigen Brunnen von Guadalupe.

Von ganz besonderem Interesse sind die Oolithkörner und Oolithbänke (etwa 1 Fuß über dem Wasserstande des Sees im Oktober 1906, an den Ufern des Texkoko), die ich unweit Guadalupe in der Nähe der Salzpfannen zu beobachten Gelegenheit hatte. Über ihre Entstehung hat VIRLET D'AOUST[1]) geschrieben, indem er sie für inkrustierte Insekteneier erklärte und mit den jurassischen Oolithen verglich. Vielmehr ist jedoch die Art ihres Vorkommens mit den Rogensteinhorizonten des mitteldeutschen Buntsandsteins zu vergleichen[2]). Ohne an bestimmte Horizonte gebunden zu sein, treten plötzlich Oolithbänke in gewisser horizontaler und vertikaler Ausdehnung

---

[1]) Bulletin de la Soc. géologique de France, Série II, XV, S. 201 u. 202 und: Comptes rendus 45, 1857, 2, S. 865—868.

[2]) K. TH. LIEBE: Übersicht über den Schichtenbau Ostthüringens. Abh. zur geolog. Spezialkarte von Preußen. Bd. V, H. 4, S. 60 u. 61. K. KOLESCH: Über die Grenze zwischen unterem und mittlerem Buntsandstein in Ostthüringen. Jahrb. d. Kgl. preuß. Geolog. Landesanstalt 1908. Bd. XXIX, I, H. 3, S. 597—598.

auf, die ebenso plötzlich durch fluviatile und äolische Verschüttung verschwinden wie die Lagunen auf den Hochsteppen und Wüsten Mexikos (Bolson de Mapimi). Für die Bildungsweise unseres Buntsandsteins ist die Oolithbildung in den seichten und salzigen Lagunen Mexikos von der größten Bedeutung. Die sekundäre Verfestigung ist wohl hier wie bei den „Süßwassertuffen" auf die Bildung von Kalk- und Magnesiasalzen[1]) nach der Trockenlegung zurückzuführen.

Die rasche Verdunstung, vielleicht verbunden mit großer Angreifbarkeit gegen lösende Agenzien infolge großer Feinheit des Korns, führt zu einer Verhärtung der Mergel und der klastischen Sedimente. Inwieweit Steppenkalküberzüge und Trockenriß-Infiltrationen auch für das deutsche Oberrotliegende in Betracht kommen, bleibt zu untersuchen. Bei dolomitischer Beimengung hätten wir ein ganz ähnliches Bild, wie es z. B. die Rotliegendschichten[2]) des Heidelberger Schloßgartens bieten.

Die äolischen Bildungen im Valle de Mexiko wurden von VIRLET D'AOUST[3]) behandelt. Ich habe nur weniges zuzufügen.

Einmal beobachtete ich bei Takubaya in einer Barranca eine etwa 5 malige Wechsellagerung feiner Sandschichten von etwa 1 m Mächtigkeit, die nach oben jeweils in eine schwarz gefärbte Lage, einen alten Vegetationsboden, übergingen. Darauf wurde dieser wieder neu verweht, und es folgte wieder die humose Zone. Das ganze Profil dürfte 8 m umfaßt haben.

Die Beweglichkeit der Flugsande, besonders in der Ebene von Ameka, wurde mir durch die tiefe (1—2 m) Verschüttung bzw. Überwehung einer aztekischen Kulturschicht mit bezeichnenden Götzen, Mahlsteinen, Obsidianmessern etc. deutlich.

Die Sandschichten lagerten an schwärzlichen Tuffen, in denen mir ein bedeutender Olivingehalt auffiel. Die betreffende

---

[1]) Dolomitbildung aus Aragonit durch Einwirkung von $MgSO_4$ in heißer konz. Na Cl-Lösung beschreibt C. KLEMENT in TSCHERMAKS Min. u. Petrogr. Mitt. XIV, 1895, S. 526. Die Reaktion geht nach CORNU auch in der Kälte vor sich (Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen No. 49, Bd. 55, 1907, S. 5).

[2]) Rotgefärbte Konglomerate ganz von der Farbe unseres Buntsandsteins kommen im mexikanischen Quartär bei St. Luis, mit Säugetieren und im Tertiär (?) bei Tomellin vor, nördlich des berühmten Cannons.

[3]) Observations sur un terrain d'origine météorique ou de transport aérien qui existe au Mexique, et sur le phénomène des trombes de poussiève auquel il doit principalement son origine. Soc. geol., 2e Série, XV, S. 121—136.

Stelle befindet sich im Garten des Hotels Popo-Park am Fuße des Popokatepetls, und die Tuffe sind zu den jüngsten Auswurfmassen dieses Vulkans zu stellen.

Vom genannten Punkt aus unternahm ich Streifzüge in die nähere und fernere Umgegend. In der Richtung gegen den Vulkan von Cullucan, aus dessen Tuffen ich unten Dioriteinschlüsse erwähnte, sammelte ich ein prächtiges Facettengeschiebe, als beredtes Zeugnis für die intensive Windwirkung im Flugsandgebiet[1]).

Typischen gelben Löß in gegen 30 m hohen Wänden trifft man in größerer Höhenlage in der Barranca von San Juan auf dem Wege gegen die Cannada, wenn man zum Popokatepetl emporsteigt. Knochen von Equus und Elephas haben sich im Löß anderer mexikanischer Vorkommen gefunden. Sie werden im Instituto Geologico in Mexiko aufbewahrt.

---

28. Über marines Interglazial in der Umgebung von Reykjavik, Island.[2])

Von Herrn Helgi Pjeturss.

(Mit 7 Textfiguren.)

Reykjavik, 30. März 1909.

Seit 1840 wird die Lokalität Fossvogur in der Nähe von Reykjavik in der geologischen Literatur über Island öfters erwähnt. Im genannten Jahre wurde das schalenführende Gestein daselbst vom Geologen der Gaimardschen Expedition, E. Robert[3]), beschrieben, und später ist die Stelle wiederholt besucht und beschrieben worden, so von Th. Kjerulf[4]),

---

[1]) Winderosion an den Felsen von La Cruz am Popokatepetl beschreiben Felix und Lenk (Beiträge I, S. 24). Ich beobachtete sie auch an den Südhängen der Ixtaccihuatl. Prächtige Hufeisendünen scharen sich um die Nordflanke des Popokatepetl nahe der Waldgrenze.

[2]) Vortrag, gehalten in der Sitzung vom 3. Mai 1908. Diese Zeitschrift **60**, 1908, Monatsber. 5.

[3]) Gaimard: Voyage en Islande etc.; Minéralogie et Géologie par E. Robert, 1re Partie, Paris 1840, S. 29—32.

[4]) Kjerulf: Bidrag til Islands geognostiske Fremstilling. Nyt Magazin for Naturvidenskab. VII, Kria 1853, S. 5—6.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: 61

Autor(en)/Author(s): Freudenberg Wilhelm

Artikel/Article: 27. Geologische Beobachtungen im Gebiete der Sierra Nevada von Mexiko. 254-274