

# Beobachtungen an einigen Vulkanen Mexikos.

Von

**A. Dannenberg.**

---

Mit Tafel II und III.

---

Seit mehr als hundert Jahren — seit Humboldts Reisen und grundlegenden Forschungen — ist Mexiko ein klassisches Land für die Vulkanologie geworden. Seine Riesenvulkane: der Popocatépetl und Ixtaccihuatl, der Citlaltépetl oder Pic von Orizaba, um nur die drei größten und allerbekanntesten zu nennen, und von den zahllosen kleinen Vulkanbergen der Jorullo spielen in der Lehre vom Vulkanismus eine kaum geringere Rolle und sind — wenn der Ausdruck gestattet ist — nahezu, wenn nicht ganz, ebenso populär wie die Hauptvertreter jenes anderen, ebenfalls durch Humboldt klassisch gewordenen Vulkangebietes in Südamerika, desjenigen von Ecuador — wie Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi u. a.

Es ist bekannt, daß Humboldt in der Erforschung der Geologie und speziell der vulkanischen Erscheinungen Mexikos eine Reihe von Nachfolgern verschiedener Nationalität, vorwiegend aber deutsche Forscher, gehabt hat, von denen ich als wichtigste für die nachfolgenden Betrachtungen jetzt nur nennen will: Burkart, Dollfuß und Montserrat, Felix und Lenk, sowie schließlich noch als uns hier ganz besonders nahestehend G. vom Rath. Mit der Gründung einer geologischen Landesanstalt nach europäischem Vorbilde ist dann in neuester Zeit die geologische Erforschung Mexikos aus dem Stadium sporadischer Pflege, vorwiegend durch Ausländer, in ein solches systematischer Arbeit getreten, an welcher neben der einheimischen Schule auf dem uns hier ausschließlich inter-

essierenden vulkanologischen Gebiete, hauptsächlich vertreten durch den derzeitigen Direktor Aguilera und den früheren zweiten Direktor Ordoñez, wiederum die ausländischen, von denen ich hier insbesondere den Chefgeologen Herrn Dr. Böse zu nennen habe, hervorragenden und ehrenvollen Anteil nehmen.

Ein Blick auf die geologische Übersichtskarte läßt sofort erkennen, welche bedeutungsvolle Rolle die vulkanischen Bildungen in dem Aufbau des Landes spielen. Zugleich zeigt ein solcher Blick, daß diese Bildungen wohl einen sehr bedeutenden Teil der Oberfläche einnehmen, aber dabei keineswegs gleichförmig oder regellos über das Land verteilt sind. In breiter Zone ziehen sich die jungvulkanischen Gesteine von der Nordgrenze der Republik, wo diese an die Unionstaaten Arizona und Neumexiko anstößt, nach Süden durch das Gebiet der Staaten Sonora und Chihuahua, Durango und Sinaloa, Zacatecas nebst Tepic und Jalisco, wendet sich sodann im Gebiete der nun südwärts folgenden Staaten Gunajuato, Querétaro und Michoacán allmählich nach Osten und erreicht, in dieser Richtung fortstreichend durch die Staaten Mexiko, Tlascala, Puebla, Hidalgo, an der Grenze des Staates Veracruz den Ostabfall des mexikanischen Hochlandes — gegen die Golfküste — und damit in dieser Richtung ein Ende. Es ergibt sich das Bild einer geschlossenen vulkanischen Zone, die in sanft bogenförmigem Verlauf zunächst den westlichen Teil des mexikanischen Hochlandes und dessen pacifischen Abhang begleitet, sodann auf dessen Südrand übergeht und am Ostrande endet. Dabei bleibt diese Vulkanzone von der pacifischen Küste zumeist durch einen ziemlich breiten Saum getrennt. Nur in der Gegend von Tepic und Cap Corrientes tritt der äußere Rand des Vulkanbogens auf eine längere Strecke an die Küste. Was außerhalb dieses Gürtels liegt, erscheint gegenüber dieser Hauptmassen von untergeordneter Bedeutung. Es sind isolierte Vorkommen im Osten und Süden jenes großen Bogens, die außer Betracht bleiben können.

Es liegt auf der Hand, daß auf einem so bedeutenden Flächenraum, wie die vorstehend skizzierte Vulkanzone darstellt, die Zahl der vulkanischen Einzelbildungen eine außerordentlich große sein muß. Schon das Bedürfnis nach Übersichtlichkeit muß uns dazu veranlassen, ein Einteilungsprinzip zu suchen, das eine Gliederung dieser Fülle gestattet. Es ergeben sich denn auch ohne weiteres einige natürliche Hauptgruppen. Petrographisch zerfallen die jungvulkanischen Ergußgesteine Mexikos in Rhyolithe, Andesite und Basalte. Rein geologisch ergibt sich die fernere Unterscheidung zwischen individualisierten „Vulkanbergen“ — mit oder ohne erkennbaren Krater — und dem großen Rest der übrigen Eruptivbildungen, die eine solche orographische Individualisierung vermissen lassen, sei es, daß ihnen dieselbe durch Erosionswirkungen abhanden gekommen, oder daß sie als ursprüngliche „Massenergüsse“ überhaupt niemals Bergform besessen haben. Genetisch werden wir jenes zunächst rein topographische Unterscheidungsmerkmal so deuten können, daß wir uns die individualisierten und zentralisierten „Vulkanberge“ über und um einen wesentlich röhrenförmigen Eruptivkanal aufgehäuft denken, während wir für einen Teil wenigstens der zweiten Gruppe, denjenigen nämlich, der als eigentliche „Massenergüsse“ aufzufassen ist, einen Austritt auf Spalten — ohne zentrale Eruptivaxe — annehmen können. Zwischen der petrographischen Natur und der Eruptionsweise scheint ein gewisser Zusammenhang zu bestehen: die individualisierten Vulkanberge sind fast durchweg basaltisch oder andesitisch, während die namentlich im nördlichen und mittleren Teile der ganzen Eruptivzone ungeheuer ausgedehnten Rhyolithe — mit nur einer oder ganz wenigen Ausnahmen — ebenso konstant der Individualisierung entbehren <sup>1)</sup> und sich als Massenergüsse charakterisieren.

Die Altersfolge der genannten drei Hauptgesteins-

---

1) Nach Aguilera, les volcans du Mexique, p. 3.

gruppen wäre nach Aguilera: Andesit, Rhyolith, Basalt; doch kann dies nur als ganz allgemeine Regel gelten, die zahlreiche Abweichungen (vorandesitische Basalte und Rhyolithe, jüngere Andesite etc.) nicht ausschließt. Namentlich muß schon hier hervorgehoben werden, daß gerade die modernen, z. T. noch tätigen Vulkane vielfach andesitischer Natur sind, so namentlich die beiden Risenvulkane Pic von Orizaba und Popocatépetl, die ihrer Entstehung nach allerdings in eine ältere Periode zurückreichen (s. u.). Aber auch die jüngsten Laven des noch lebhaft tätigen Volcan de Colima (z. B. der Strom von 1869) gehören dieser Gruppe an<sup>1)</sup>. Im übrigen läßt sich allerdings im Einklang mit jener Regel konstatieren, daß die jüngsten Ausbrüche (Pedregal von S. Angel und andere junge Ströme des Ajusco) bis herab zu dem historischen Jorullo vielfach basaltischer Natur sind. Diese rezenten Basalte scheinen sich ihrerseits aus Pyroxenandesiten zu entwickeln, die das herrschende Gestein der nächst älteren Krater und Lavaströme zu bilden pflegen (s. u.: Vulkane des Puy-Typus). Schon diese Wahrnehmungen zeigen, daß eine durchgehende petrographische Reihenfolge nicht existiert. Eingehendere und vollständige Untersuchungen werden vielleicht eine doppelte (oder mehrfache) Reihe erkennen lassen, so daß jedes Glied (mit Ausnahme der Rhyolithe) in einer jüngeren und einer älteren Generation vertreten wäre. Daß tatsächlich unter den gleichaltrigen Eruptivprodukten keine petrographische Gleichartigkeit herrscht, zeigt schon das oben angeführte Beispiel des Vulkans von Colima (im Vergleich mit den geologisch gleichaltrigen Jorullo, Pedregal etc.). Diese Erscheinung wird leicht verständlich, wenn wir für jeden Vulkan bez. jede Vulkangruppe einen eigenen Herd annehmen, indem wir uns auf den heute mehr und mehr zur Anerkennung gelangenden Standpunkt von Stübel stellen, anstatt, wie früher üblich, alle Eruptionen aus einem gemeinsamen Zentralherde (i. e.: Erdinneres) abzuleiten.

1) Hornblendeführender Pyroxenandesit, nach P. Waitz.

Aus der unübersehbaren Schar mexikanischer Vulkanberge und -bildungen können wir hier natürlich nur eine kleine Zahl näher betrachten. Ich beschränke mich auf diejenigen, die mir durch eigene Anschauung kennen zu lernen vergönnt war. Sie gehören sämtlich der Gruppe der individualisierten Vulkanberge an, deren Betrachtung bei einem zeitlich immerhin beschränkten Besuche eher Erfolge erhoffen ließ, als die meist schwer zu übersehenden und zu deutenden Massenergüsse.

Für die Zwecke der nachfolgenden Erörterungen möchte ich hier eine weitere Zweiteilung durchführen: 1. die Riesenvulkane vom Typus Popocatépetl bez. Ixtaccihuatl, durchweg über 4000 m, meist über 5000 m. In ihnen erreicht das Prinzip der Individualisierung seine höchste und vollkommenste Entfaltung. Das Überwiegen der vertikalen Entwicklung über die horizontale Ausbreitung verleiht ihnen einen ausgesprochenen eigenen Charakter, eine potenzierte Persönlichkeit. Diesen gegenüber stelle ich dann als 2. Klasse die zahllosen kleinen Kraterberge, meist Schlackenkegel vom Puy-Typus, oft nur von wenigen 100 m relativer Höhe, wie sie namentlich im südlichen Teile des mexikanischen Hochlandes bald vereinzelt, bald gruppenweise auftreten, teils in Verbindung mit Lavaströmen, oder auch ohne solche als reine Aufschüttungskegel. Auch hier ist die Individualisierung oft vollkommen, namentlich bei der letzterwähnten Art, wogegen beim Hinzutreten von Lavaströmen dieses Merkmal öfter schon undeutlich wird, so daß sich Übergänge zur Gruppe der Massenergüsse anbahnen. Die hier vorgeschlagene Einteilung in grosse und kleine Vulkanberge — um es einmal ganz banal auszudrücken — mag zunächst wohl als Trivialität erscheinen, doch hoffe ich, daß sich im Verlauf der Besprechung erweisen wird, daß sie nichtsdestoweniger einem Wesensunterschiede entspricht, den man bei einiger Vertiefung in den Gegenstand sehr bald herausfindet, der sich aber wissenschaftlich kaum mit einem kurzen Ausdruck präzisieren läßt. Auch stehen

beide Gruppen ziemlich klar geschieden nebeneinander. Eine dritte, sehr scharf umrissene natürliche Gruppe stellen dann ferner die Explosionskrater, die Maare, „Vulkanembryonen“ dar, die wir hier in so charakteristischer Ausbildung treffen, daß die mexikanische Landessprache sogar einen eigenen Ausdruck dafür geprägt hat: Axalapazco<sup>1)</sup>.

In der Sierra de Guadalupe bei Mexiko haben wir dann ferner ein typisches vulkanisches Kuppengebirge vom Habitus unseres Siebengebirges, und so ließen sich wohl noch weitere mehr oder minder bestimmt charakteristische Typen aufstellen.

Wenden wir uns nach diesem systematischen Exkurse nun zur speziellen Betrachtung der einzelnen Vulkane, beginnend mit der ersten Gruppe der großen, höchst individualisierten Berge. Es sind dies die schon genannten: Popocatépetl, Ixtaccihuatl, sodann als dritter der „ganz Großen“ der Citlaltépetl oder Pic von Orizaba, ferner rechne ich noch hierher den (bez. die) Malinche (richtiger wohl Malintzin) sowie die beiden großen „Nevados“ — die aber trotz ihres Namens nicht mehr in die Schnee-region hineinragen —, den N. de Toluca und den von Colima<sup>2)</sup>.

Wir beginnen mit dem Pic von Orizaba. Man kann ihn für den schönsten der drei mexikanischen Schneeberge halten, wie er wahrscheinlich auch der höchste ist. Zufolge seiner Lage am Ostende des mexikanischen Vulkanbogens ist er es, der den Ankömmling schon vor dem Betreten des neuen Erdteils begrüßt. Weit draußen auf dem Meere, 4—5 Stunden vor der Einfahrt in den Hafen

---

1) Für das eigentliche, mit Wasser gefüllte Maar: ein blosser Explosionskrater heißt Xalapazco.

2) Von größeren und bekannteren Vulkanbergen seien hier noch erwähnt: Cofre de Perote, in N. des Pic von Orizaba, eine bereits stark denudierte Vulkanruine, und der kratertragende Ajusco, der Hauptgipfel des das Tal von Anahuac im S. abschließenden vulkanischen Gebirgswalles. Beide sind mir aus eigener Anschauung nicht näher bekannt geworden.

von Veracruz, in 250—300 km Entfernung, sehen wir feenhaft sein strahlendes Schneehaupt über Nebel und Wolken der Küstenzone hinausleuchten: ein Bild von überirdischer Wirkung!

Von Veracruz aus können wir bereits mit dem Feldstecher deutlich über den niedrigen Ostrand in den Krater hineinschauen. Wieder eine Etappe näher bringt uns die Bahn nach Orizaba. Von diesem namengebenden Orte selbst aus erblickt man freilich nur ein winziges Stück des Gipfels und einen schmalen Streifen des Nordabhanges hinter kalkigen Vorbergen. Aber schon in geringer Entfernung außerhalb des Ortes, am schönsten von dem mit Trambahn bequem zu erreichenden Dorfe Escamela, genießen wir einen freien Blick auf den gewaltigen Schneeberg. Vielleicht ist dies seine beste Schauseite; der Höhenunterschied zwischen unserem Standpunkte (ca. 1200 m) und dem Gipfel beträgt wenigstens 4300 m. Mit einem Blick übersehen wir den gewaltigen Abfall vom Schneegipfel bis in die subtropische Region der uns umgebenden Zuckerrohrfelder und Kaffeepflanzungen. Was uns am Bau des Berges besonders auffällt, ist außer dem schon früher bemerkten, nach Osten geöffneten Gipfelkrater besonders eine zackige Felspartie zur Linken, also im Süden des Hauptkegels, die hier in sehr markanter Weise die sonstige Gleichförmigkeit des Profils unterbricht. Von den Laven des Hauptkegels umflossen, gibt sie sich schon aus dieser Entfernung als ein diesem fremder, bis zu gewissem Grade selbständiger Bestandteil zu erkennen. Wir werden uns später noch eingehender mit ihm zu beschäftigen haben. Im nächsten Abschnitt der Bahnlinie Veracruz-Mexiko, die sich nun in steigender Großartigkeit zu einer der kühnsten Bergbahnen entwickelt, lernen wir gleichzeitig das Fußgebirge, die sedimentäre Unterlage des Citlaltépetl kennen: steil aufgerichtete, vielfach gefaltete, zuweilen in geradezu bizarrer Weise geknickte Kreidekalke. So sind sie namentlich in den großartigen Schluchten des „Infernillo“ und von Boca del Monte, durch die sich die

Bahn zum zentralen Hochland emporwindet, prachtvoll aufgeschlossen. Zugleich sehen wir dieses Grundgebirge übergossen von mächtigen Lavaströmen, bei denen es aber zunächst ungewiß bleibt, ob sie dem Eruptivsystem des Citlaltépetl im engern Sinne angehören. Nach Erreichung der Hochfläche (bei Esperanza, 2440 m) sehen wir den Berg schon in nächster Nähe vor uns, in der relativen Höhe jetzt — gegen Orizaba — um 1200 m vermindert und daher zunächst vielleicht etwas enttäuschend. Dagegen zeigt sich nun neben dem Hauptgipfel, und mit ihm durch einen sanft geschwungenen Sattel verbunden, ein zweiter Vulkanberg, etwa 1500 m niedriger als der Hauptgipfel und daher ohne ewigen Schnee, aber sehr oft noch mit Neuschnee bestreut, die Sierra Negra. Beide bilden ein zusammengehöriges Ganzes, ein einheitliches Vulkangebirge. Merkwürdigerweise hat über die Natur und Bedeutung dieses Systems, und damit des Pic von Orizaba selbst, lange Zeit Unklarheit geherrscht, die vielleicht noch nicht völlig gehoben ist. So sehen wir noch in der neuesten Auflage des Stiellerschen Atlas den Pic von Orizaba als vulkanisches Ringgebirge vom Vesuv-Somma-Typus dargestellt. Dieselbe irrige Auffassung sehen wir in Berghaus' physikalischem Atlas zum Ausdruck gebracht, wo der zentrale Kegel, der eigentliche Pic, von einem fast auf drei Viertel eines Kreisumfanges geschlossenen, nur nach O. und NO. offenen Ringgebirge umgeben erscheint, dessen südlicher Teil die Bezeichnung Sa. Negra trägt. Eine derartige Somma existiert tatsächlich nicht! Wir werden weiterhin sehen, daß man am Citlaltépetl vielleicht Bruchstücke eines älteren, unter dem rezenten Vulkankegel fast ganz begrabenen Kraterringes (Caldera?) erkennen kann, dieser würde dann aber einen sehr viel kleineren Radius haben, als jene Darstellungen annehmen, und die Sa. Negra hat keinen Teil daran<sup>1</sup>). Sie ist, für sich be-

1) Leider spricht auch Ratzel in seinen sonst so vortrefflichen Reiseskizzen „Aus Mexico“ (Breslau 1878) die Ansicht

trachtet, ein vulkanischer Kegelberg so gut wie der Citlaltépetl selbst und beide zusammen bilden ein Doppelbergssystem mit SW.-NO. verlaufender Axe.

Einen klaren Einblick in den Bau dieses Systems erhalten wir, wenn wir nunmehr unseren Standpunkt mitten in dies Vulkangebirge hinein verlegen. Auf dem gewöhnlichen Wege, von der Station S. Andrés über Cholchicomula, S. Francesco, erreichen wir den Sattel zwischen beiden Bergkegeln an der oberen Waldgrenze, in ca. 4000 m Höhe, bei einer Höhle in der Ostflanke eines mächtigen Lavastromes, die unter dem Namen „Cueva de los muertos“ bekannt, als Standquartier und Ausgangspunkt bei der Besteigung des Pico zu dienen pflegt. Unmittelbar vor uns ragt hier der gewaltige Zentralkegel auf, noch um 1500—1600 m unseren Standpunkt überragend (Taf. II, Fig. 1—3). Mächtige Lavaströme, ähnlich dem unsere Höhle umschließenden, ziehen sich in verschiedenen Höhen an seinen Flanken herab. In wunderbarer Deutlichkeit zeigen sich die charakteristischen Formen in der Mitte eingesunkener Blocklaven, deren stehengebliebene Seitenränder als zackige, moränenartige Steinwälle den eingesunkenen Mittelteil umschliessen — soweit sie in der Schneeregion liegen, als parallele Felskämme den Firnmantel durchbrechend —, während der Massendefekt des Mittelteiles unschwer in dem wulstig aufgetriebenen Stirnrand wiederzufinden ist.

---

aus (S. 154), daß die Sa. Negra, die er mit den sogleich zu erwähnenden „Crestones“ in eine meiner Überzeugung nach unzulässige Verbindung bringt, zum Hauptkegel „in demselben Verhältnis wie die Somma zum Vesuv“ stände. — Ebenso wenig vermag ich mich, wie sich im folgenden ergeben wird, seiner ebendort S. 147 ausgesprochenen Deutung bez. eines durch Flankenausbruch gebildeten parasitären Kraters am Fuße des Hauptkegels anzuschließen.

In beiden Fällen hat De Saussure schon 1862 die meiner Ansicht nach richtigere Deutung gegeben, indem er die Sa. Negra als selbständigen Vulkanberg bezeichnet und gewisse Felspartien am Fusse des Hauptkegels als Reste eines alten Kraterrandes anspricht.

Die Mächtigkeit dieses Stirnendes konnte ich an dem Lavastrom der „Cueva“ mit einer allerdings nur rohen barometrischen Messung zu etwa 120—140 m bestimmen, so daß man für den Aufbau des Hauptkegels nicht gerade allzuvieler Ergüsse dieser Art — es mögen ja auch noch größere vorgekommen und in steilerer Stellung erstarrt sein — anzunehmen braucht.

Als ein von diesen Lavaströmen ganz verschiedenes Gebilde sehen wir jetzt am rechten südlichen Fusse des Kegels einen zackigen Felskamm aufragen: die „Crestones“; es ist derselbe, den wir schon von Orizaba (Escamela) aus bemerkten. Offenbar eine ältere, dem heutigen Kegel fremde Masse darstellend, dürfen die „Crestones“ wohl unbedenklich als Rest eines älteren vulkanischen Baues an derselben Stelle angesehen werden, der, später zertrümmert und jetzt fast ganz unter den jüngeren Auswurfsmassen des Hauptkegels begraben, den „Ur Citlaltépetl“ darstellt. In dieser Auffassung bestärkt uns eine ähnliche, aber kleinere Felsmasse am Westfuß des Kegels, jenseits der „Cueva-Lava“ und daher von unserem gegenwärtigen Standpunkt aus nicht sichtbar. Ähnlichen Gebilden begegnen wir bei Vulkanbergen des gleichen Typus nicht selten (Popocatépetl, Cotopaxi), und wir werden daher später zusammenfassend darauf zurückzukommen haben. Den Krater vermögen wir von unserem Standpunkt aus nicht zu erkennen, einerseits wegen der infolge der großen Nähe zu steilen Visur und dann auch, weil er durch den auf dieser Seite, im Westen, am höchsten aufragenden Rand völlig verdeckt wird. Immerhin ist sein Vorhandensein durch die schiefe Abstumpfung des Gipfels genügend angedeutet. Um einen Einblick zu erhalten, müssen wir zu dem gerade vor uns liegenden, mit einem primitiven Holzkreuz bezeichneten Gipfel selbst empor klimmen, den wir in 6—7 Stunden starken Steigens, zuletzt über Firnhänge von 35 bis 40<sup>o</sup>/<sub>o</sub> Neigung erreichen. Wir sehen hier in einen gewaltigen, von nahezu oder wirklich senkrechten Wänden umschlossenen Kessel, dessen sehr unebener, stark auf- und

absteigender Rand sich als scharfer, größtenteils nicht zu begehender Grat darstellt. Die Form ist anscheinend ziemlich unregelmäßig; besonders auffällig ist eine enge, schluchtartige Ausbuchtung an der Süd-West Seite, die ihrerseits durch einen scharfen Felsgrat vom Hauptkrater getrennt wird<sup>1)</sup>. Leider verhinderten uns die fast gleichzeitig mit uns zum Gipfel aufsteigenden Nebel, eine genauere Vorstellung von der Form und den Dimensionen dieses eigenartigen Kraters zu gewinnen. Nur so viel ließ sich noch feststellen, daß seine Steilwände keine Anzeichen von Bankung oder Schichtung aufweisen, so daß wenigstens dieser Gipfelteil aus einem Guß gebildet erscheint. Es ist sogar stellenweise eine Andeutung vertikaler Säulen- oder Pfeilerabsonderung zu erkennen, die noch bestimmter als jener negative Befund für einheitliche Bildung spricht. Hierin liegt, wie wir später sehen werden, ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem sonst in mancher Beziehung ähnlichen Popocatépetl. Einen „monogenen“ Vulkan, im eigentlichen Sinne möchte ich den Citlaltépetl trotzdem nicht nennen, sahen wir doch vorher, daß zahlreiche, ihrer Bildungszeit nach gewiß verschiedene Lavaströme an seinem Aufbau teilnehmen. Immerhin scheint mir hier ein Mittelding von monogener und polygener Bildungsweise vorzuliegen, das man mit gleichem Recht der einen wie der anderen Kategorie zuteilen könnte. Am besten aber verzichtet man in solchen Fällen wohl auf die Ein-

---

1) Es handelt sich wohl um diese eigentümliche Ausbuchtung oder Abzweigung des eigentlichen Kraters, wenn Ratzel in seinen mexikanischen Reiseskizzen, S. 153, von einer „mehrere Hundert Fuß tiefen Schlucht“ spricht, „welche den Krater darstellt und — — nichts von dem trichterartigen Kratercharakter aufkommen läßt, dem man bei den meisten Vulkanen begegnet“. Für den dahinter liegenden eigentlichen Krater trifft diese Charakterisierung nicht zu. Ich glaube aus diesem Grunde annehmen zu müssen, daß R. diesen überhaupt nicht gesehen hat. Hierin bestärkt mich die Erfahrung, daß auch unser „Führer“ an der betr. Schlucht, die er für den Krater ausgab, umkehren wollte.

reihung in ein zwar theoretisch wertvolles, praktisch aber nicht immer streng durchführbares Schema.

Bei den vorstehenden Betrachtungen hatten wir die Sierra Negra im Rücken. Wenden wir uns nunmehr diesem zweiten Hauptbestandteil des ganzen Systems zu. Von unserem Standpunkte auf dem Sattel zwischen beiden Bergen präsentiert sie sich als breit abgestumpfter Kegel, nur noch zu ca. 450 m relativer — nach zwei übereinstimmenden barometrischen Messungen meines Reisegefährten Dr. Waitz und von mir selbst zu 4470 m absoluter — Höhe aufragend. Ihre Abhänge sind größtenteils von Verwitterungsschutt, Bimssteinbrocken und Lapilli bedeckt, aus denen jedoch einige Felsrippen hervorragen, während nahe dem Gipfel, auf dieser wie auch auf anderen Seiten, annähernd horizontale Lavabänke sichtbar werden. Diesem Gliede ist von früheren Besuchern, die ihre Aufmerksamkeit immer auf den Hauptkegel konzentrierten, anscheinend wenig Beachtung geschenkt. Wir fanden uns bei der Besteigung seines Gipfels, die keinerlei Schwierigkeiten bietet, wiederum durch Nebel bez. Wolkenbildung in der Beobachtung gehemmt. Immerhin ließ sich erkennen, daß ein eigentlicher Krater nicht vorhanden ist<sup>1)</sup>. Keine der flach schüsselförmigen Einsenkungen, die den breiten Gipfel einnehmen, kann mit Sicherheit als solcher angesprochen werden. Zackige, mauerartig aufragende Felsgrate ziehen sich namentlich an der Süd- und West-Flanke herab und schließen zwischen sich steilwandige, halbzirkusförmige, nach außen geöffnete Kesseltäler. Nach diesen Kennzeichen wird man die Sierra Negra wohl auffassen können als die Ruine eines vulkanischen Aufschüttungskegels, dessen Gipfelpartie mit dem Krater bereits der Erosion erlegen ist, oder

---

1) De Saussure spricht zwar von einem Gipfelkrater der Sa. Negra; ich möchte dem nicht geradezu widersprechen, nur erscheint mir die Form und Erhaltung der betr. Einsenkung zu undeutlich und unbestimmt, weshalb ich der unten vorgetragenen Deutung den Vorzug geben möchte.

höchstens noch eine Andeutung davon in seiner unebenen Gipffläche bewahrt hat. Die unter dem Gipfel hervortretenden horizontalen Lavabänke würden dann als Ausfüllungsmasse des einstigen Kraters zu betrachten sein<sup>1)</sup>, und die erwähnten radialen Felsrippen hätten als Reste einstiger, von der Eruptivaxe ausstrahlender Lavagänge zu gelten. Die steilen Kesseltäler zwischen diesen wären als reine Erosionshohlformen zu deuten. Was das Altersverhältnis der Sierra Negra zum Hauptkegel betrifft, so ist sie wahrscheinlich als der ältere Teil zu betrachten, einmal wegen ihres ruinenhaften Zustandes, noch mehr aber weil sich die nach dieser Seite ergossenen Laven des letzteren, so z. B. der Strom der Cueva und einige ältere diesen unterlagernde augenscheinlich am Fuß der Sierra Negra gestaut haben. Wie sich freilich das zeitliche Verhältnis zu dem früher von uns aus einigen Bruchstücken hypothetisch rekonstruierten „Urcitlaltépetl“ stellt, darüber möchte ich keine bestimmte Ansicht aussprechen. Nicht weit von diesem alten Gliede des Systems finden wir auch einen offenbar jugendlichen Seitenkrater. Es ist dies der nördlich von der Sierra Negra und an der Nordseite des „Cuevastromes“ gelegene Cerro Colorado. Er stellt sich als ein auf etwa drei Viertel seines Umfanges wohl-erhaltener Hufeisenkrater dar, durch dessen geöffnete Flanke anscheinend ein Lavastrom seinen Austritt genommen hat. Seine Höhe bestimmten wir barometrisch zu 4420 m, also rund 50 m niedriger als die Sierra Negra<sup>2)</sup>. Seinem Erhaltungszustande zufolge muß der Co. Colorado als ein ziemlich jugendlicher parasitischer Krater des Hauptvulkans angesprochen werden.

1) Ich schließe mich hierin der Auffassung meines Reisegefährten, Herrn Dr. Waitz vom Instituto geologico in Mexico an, der bei unserem gemeinsamen Besuch zuerst diese Deutung aufstellte.

2) Wahrscheinlich ist der tatsächliche Höhenunterschied etwas größer, etwa 100 m. Die absolute Höhe dürfte bei der barometrischen Messung entweder für den Cerro Colorado zu hoch, oder für die Sa. Negra zu niedrig ausgefallen sein.

Ich weiß nicht, ob bei der früher erwähnten Konstruktion eines Sommaringes im Kartenbilde des Pico von Orizaba vielleicht eine Verbindung der Sierra Negra mit dem Cerro Colorado eine Rolle gespielt hat. Jedenfalls wäre ein solches Zusammenwerfen der beiden selbständigen und ganz verschiedenartigen Gebilde durchaus unzulässig.

Nach Westen fortschreitend, treffen wir ein zweites, in seiner Entwicklung noch großartigeres Beispiel des Typus der vulkanischen Doppelberge in den beiden berühmten Riesenvulkanen Mexikos, dem Popocatepetl und Ixtaccihuatl (Taf. II, Fig. 4). Seine beiden Glieder weisen neben manchen Analogien mit denen des Citlaltépetl-Systems auch bemerkenswerte Verschiedenheiten auf. Wir können darin spezieller den Popocatepetl mit dem eigentlichen Pico von Orizaba in Parallele stellen und den Ixtaccihuatl mit der Sierra Negra. Außer der fast gleichen absoluten Höhe stimmen Popocatepetl und Pico von Orizaba als einfache, kratertragende Kegelberge auch der allgemeinen Form nach ziemlich überein. Wie am Citlaltépetl finden wir auch am Popocatepetl am Fuße des Hauptkegels einen den „Crestones“ entsprechenden Felszacken, den „Fraile“, zwar von etwas abweichendem Bau, aber auch zweifellos als Rest eines sonst zerstörten oder überdeckten Urkegels aufzufassen. Soweit die Ähnlichkeiten. Eine wesentliche Verschiedenheit erkennen wir dagegen in dem Aufbau der beiden großen Vulkane. Während am Pico von Orizaba, d. h. also Hauptkegel, soweit sich erkennen ließ, loses Auswurfsmaterial nur eine ziemlich untergeordnete Rolle spielte, dagegen mächtige Lavaströme als wichtigste Bestandteile ins Auge fielen, derart, daß dadurch der Gesamtbau monogener Bildungsweise genähert schien, bemerken wir umgekehrt am Popocatepetl nur einzelne kleine, im Verhältnis zur Gesamtmasse des Berges unbedeutende Lavaströme; der Hauptteil des Kegels scheint aus losen Auswürflingen: Bimssteinen, Lapilli und schwarzem vulkanischen Sand aufgebaut zu sein. Sicherlich werden unter dieser Hülle zahlreiche kleine Lavaströme verborgen.

liegen, die sich mangels tieferer Einschnitte der Beobachtung entziehen; im ganzen aber dürfte ihre Zahl und Masse nicht sehr bedeutend sein, jedenfalls nicht größer, als dem Typus eines normalen Stratovulkans entspricht. Hierfür spricht besonders die schlanke, überaus regelmäßige Kegelform des Berges (Taf. III, Fig. 5) und seine in allen Ansichten — von Osten, Norden, Westen und Süden — gleichförmige, regelmäßig geschwungene Profillinie. Der Citlaltépetl ist — wenn schon die vulkanische Kegelform im allgemeinen auch bei ihm gewahrt ist — doch von dieser höchsten Regelmäßigkeit sehr weit entfernt. Im Gegensatz zu jenem betrachten wir den Popocatépetl als einen echten polygenen Stratovulkan. Es läßt sich nicht verkennen, daß seine Berggestalt als solche durch diese hochgradige, fast gedrechselte Regelmäßigkeit etwas Monotones, um nicht zu sagen Langweiliges bekommt, eine Empfindung, die allerdings gegenüber der anderen einfacher, erhabener Größe, die durch eben diese Regelmäßigkeit bei so überwältigenden Proportionen erweckt wird, nicht recht zur Geltung kommen kann.

Zum Krater aufsteigend, finden wir die bisherigen Schlußfolgerungen bestätigt. Kein größerer Lavastrom durchbricht, wie es am Citlaltépetl der Fall war, mit seinem zackigen Rücken oder Seitenrändern den einförmigen Firmantel. Der Anstieg gestaltet sich daher mehr durch diese absolute Gleichförmigkeit geistig ermüdend als — im bergsteigerischen Sinne — schwierig. Mühelos sind allerdings die Gipfel über 5000 m für niemanden zu erreichen. Dafür ist der Anblick des Kraters selbst im höchsten Maße lohnend. Nicht nur nimmt die imponierende Größe<sup>1)</sup> dieses aus noch zahlreichen Fu-

---

1) Über die Dimensionen des Kraters vgl. Felix und Lenk, Beitr. z. Geol. u. Pal. Mexicos I, S. 24 f. Der als Lenks eigene Schätzung angeführte Wert von 600×400 m dürfte wohl ziemlich der Wirklichkeit entsprechen und ist jedenfalls eher zu niedrig als zu hoch gegriffen. Wohl nur auf einem Versehen beruht die Angabe von G. vom Rath, der für den „Um-

marolen dampfenden Schlundes die Sinne gefangen, sondern dem Geologen enthüllt sich noch ein überraschend schöner Einblick in den inneren Bau (Taf. III, Fig. 6). Die schon von unten erkannte oder vermutete polygene Bildung wird angesichts der zahlreichen, in schönster Regelmäßigkeit übereinander geschichteten Lavabänke zur Gewißheit. In dieser Beziehung haben wir also hier das direkte Gegenteil der Verhältnisse am Pic von Orizaba. Das interessanteste aber ist die auffallende Diskordanz dieser Bänke oder Schichten an der südlichen und an der westlichen Kraterwand, eine höchst eigentümliche und ungewöhnliche Erscheinung, die wohl nur mit einer teilweisen Zerstörung des ursprünglichen Randes und darauf folgender geringer Verschiebung der Eruptivaxe<sup>1)</sup> zu erklären ist.

Auch im „Fraile“, dem schon erwähnten Reste des Ur-Popocatépetls, erscheint die polygene Bildung in der sehr vollkommenen Schichtung unverkennbar ausgesprochen. Er steht dadurch zu den mehr massigen „Crestones“ des Citlaltépetl in einem ähnlichen Gegensatze wie die zugehörigen Hauptkegel selbst, mit anderen Worten: die Funktionsweise des Herdes, die Konsistenz und der Gasgehalt des Magmas blieben sich in beiden Fällen von den Zeiten des Urkegels bis zur Vollendung des heutigen Kraterberges wesentlich gleich.

Wenden wir uns nun dem zweiten Gliede des Systems zu. Eine Parallele mit der Sierra Negra am Pic von Orizaba ist hier nicht weiter durchführbar, außer in bezug auf das Alter, da beide in dem zugehörigen System das ältere Glied darstellen. Im übrigen schließt schon die überwältigende Größe des Ixtaccihuatl<sup>2)</sup> einen näheren

„fang“ des Kraters den jedenfalls viel zu kleinen Wert von 500 m angibt. — Sitzungsber. d. Nied. Ges. für Nat.- u. Heilk. 1884, S. 120.

1) Eine solche wird auch — mit etwas anderer Begründung — von Felix und Lenk angenommen. — Beitr. z. Geol. u. Pal. d. Rep. Mexico I, S. 23.

2) Die Höhe des Ixtaccihuatl gibt die mexikanische Karte, wohl ziemlich der Wirklichkeit entsprechend, zu 5286 m an.

Vergleich mit der unbedeutenden Sierra Negra aus. Überhaupt nimmt der Ixtaccihuatl unter den vulkanischen Berggestalten Mexikos eine ganz isolierte Stellung ein. Wollen wir für diesen langgestreckten, dreigipfeligen Berg Rücken ein vergleichbares Seitenstück suchen, so müssen wir schon bis Südamerika gehen, wo sich derselbe Bauplan im Chimborazo in noch viel großartigeren Abmessungen verwirklicht findet. Diese breit hingelagerte Riesengestalt der „Weißen Frau“ scheint völlig aus dem Rahmen der sonst gewohnten vulkanischen Bergformen herauszufallen. Mit der langen Reihe teils firnbedeckter, teils felsiger Gipfel, den Steilwänden und Hängegletschern und den tief eingeschnittenen, von Wildbächen durchbrausten Tal-schluchten des Fußgebirges erinnert der Ixtaccihuatl vielmehr an wohlbekannte alpine Landschaftsbilder als an die stereotype Kegelform der meisten Vulkanberge. Genetisch ist diese Ähnlichkeit auch insofern begründet, als wir hier nicht wie in den Kegelbergen eine intakte, junge Bergform vor uns haben, sondern wie in den Alpen eine von der Erosion schon tiefgreifend umgestaltete Gebirgsruine. Aber auch vor Eintritt dieser Zerstörung durch äußere Kräfte muß die Gestalt des Ixtaccihuatl, so wie sie unmittelbar aus der Hand der vulkanischen Gewalten hervorging, eine von dem Kegelbergtypus ganz verschiedene gewesen sein.

Diese Domberge vom „Chimborazo-Typus“, wie wir diese Gruppe generell bezeichnen können, müssen daher schon genetisch von den Kegelbergen getrennt werden.

---

Sicher zu niedrig ist das von Humboldt gefundene Ergebnis, 4785 m und die damit übereinstimmende Schätzung (4800 m) von Felix und Lenk. In letzterem Falle liegt der bei nicht ganz durchgeführten Besteigungen sich fast stets wiederholende Irrtum der Unterschätzung der noch bis zum Gipfel verbleibenden Höhendifferenz vor. Bei der Lage der Schneegrenze in ca. 4600 m würden die darüber noch verbleibenden 200 m durchaus unzureichend sein für die ausgedehnten Firnfelder, mit den sich daraus entwickelnden Gletschern. Hierfür ist mindestens ein Spielraum von 500—600 m erforderlich.

Das Fehlen einer zentralen Eruptivaxe bedingt mit Notwendigkeit auch die Abwesenheit eines eigentlichen Zentralkraters und diese wiederum findet ihren Ausdruck in dem bei derartigen Vulkanbergen zu konstatierenden Mangel des regelmäßigen, um eine solche Axe (bez. Krater) angeordneten, periklinalen Schichtenbaues. Der röhrenförmige Eruptivschlot des Kegelberges ist hier zur Spalte, die Eruptivaxe zur Fläche geworden. Statt des zentralisierten Ausbruches haben wir gewissermaßen einen „Massenerguß“, der sich aber der besonderen Beschaffenheit des Magmas zufolge nicht flach decken- oder schildförmig ausbreitete, sondern in steiler Bergform über der Eruptivspalte sich auftürmte.

Für Vulkanberge dieses Typus erscheint die monogene Bildungsweise von vornherein als die wahrscheinliche, ja durch die vorstehend skizzierte Auffassung von ihrer Entstehung geradezu postulierte. Betrachten wir daraufhin den Ixtaccihuatl, so erkennen wir sofort, daß er, wie in der Form, so auch in der Struktur im ausgesprochenen Gegensatz zu seinem polygenen Nachbar, dem Popocatepetl, steht. Die losen Auswurfsmassen, die dort den Hauptteil des Berges bilden, fehlen hier vollständig. Statt aus zahlreichen kleinen, durch Aschen- und Schlackenschichten getrennten Lavaschichten, sehen wir den ganzen Berg, soweit die vorhandenen — bei seiner allgemeinen Zerrissenheit sehr tief gehenden — Aufschlüsse einen Einblick gestatten, aus wenigen, mächtigen Bänken aufgebaut, die namentlich in dem firnbedeckten Gipfelteil in hohen Felswänden mit dazwischen liegenden flachen Stufen abgesetzt erscheinen, genau wie bei seinem größeren südamerikanischen Gegenstück, dem Chimborazo (Taf. III, Fig. 7). Eine derartige Struktur ist, hier wie dort, mit größter Wahrscheinlichkeit als Produkt einer in verhältnismäßig kurzer Zeit, durch nur wenige zeitlich fast ineinander verfließende Ergüsse erfolgten Aufstauung der Bergmasse, mit anderen Worten: als Zeichen monogener Bildungsweise anzusehen. Wir sehen in dem Vorkommen kleiner Ergüsse

mit echtem Stromhabitus keinen Widerspruch zu dieser in dem charakteristischen Aufbau der Hauptmasse des Berges begründeten Auffassung, da solche Ströme — selbst unter explosiven Begleiterscheinungen, also Bildung von Schlacken- und Aschenablagerungen mit polygenem Habitus, sehr wohl sekundär aus dem noch nicht erstarrten Inneren einer solchen monogenen Bergmasse heraus erfolgen können.

Von den Gehängen des Popocatépetl oder Ixtaccihuatl nach Westen ausblickend, sehen wir dort über das Tal von Mexiko und sein westliches Grenzgebirge, die Sierra de las Cruces, hinweg als auffallendste Berggestalt einen hohen, breit abgestumpften Kegelberg, in dessen riesigen Gipfelkrater wir von unserem erhöhten Standpunkt noch hineinschauen: Es ist der Nevado de Toluca (Xinantécatl). Ihm wollen wir jetzt einen Besuch abstatten. Die Betrachtung aus größerer Nähe, etwa von einem der Hügel der unmittelbaren Umgebung von Toluca, bestätigt den schon von ferne gewonnenen Eindruck, daß wir es hier mit einem neuen Typus zu tun haben, einem Vulkanberge, dessen ungewöhnlich breit abgestumpfter, ein vielgipfeliges Ringgebirge darstellender Oberbau nicht einem Krater im engeren Sinne, d. h. der Tagesöffnung eines dauernd tätigen Eruptivschlotes entspricht, sondern vielmehr als „Caldera“ anzusehen ist. Ein einfacher zahlenmäßiger Vergleich möge den habituellen Unterschied illustrieren. Für den rund 5500 m hohen Popocatépetl, einen typischen Kratervulkan, können wir den Durchmesser des Kraters (vgl. oben) mit 500—600 m annehmen, die Caldera des etwa 4600 m hohen Nevado von Toluca hat einen Längsdurchmesser — in der Nordwest- und Südostrichtung — von rund 1400 m bei einem dazu senkrechten Querdurchmesser von 600 m. Um wirklich vergleichbare Werte zu erhalten, müssen wir statt der absoluten die Eigenhöhe beider Berge, d. h. die relative Höhe über ihrer Basis einsetzen. Diese können wir für den Popocatépetl mit 3000 m (über Amecameca, 2500 m) annehmen, für den Xinantécatl (über der Ebene von Toluca, ca. 2600 m) mit

2000 m. Alsdann ergibt sich als „Abstumpfungsverhältnis“ der Quotient von Kraterdurchmesser und (relativer) Höhe beim Popocatépetl zu  $6/30=0,2$ , beim Nevado de Toluca in der Richtung der großen Axe zu  $14/20=0,7$ , in der Richtung der kleinen Axe immer noch zu  $6/20=0,3^1)$ . Den Einfluß dieser Verhältnisse auf die Berggestalt zeigen am besten beifolgende Skizzen (Fig. 1—3).

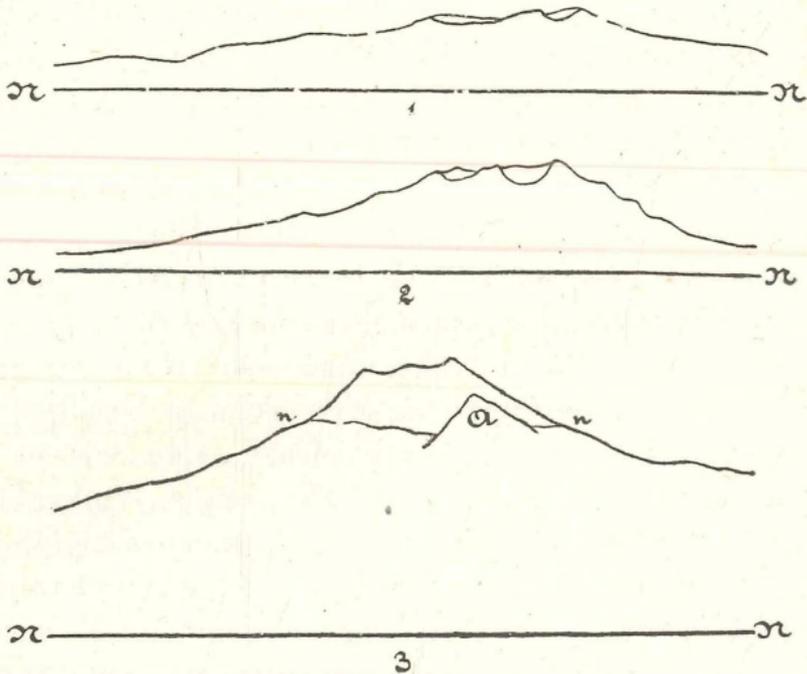


Fig. 1. Nevado de Toluca von Norden (große Axe). Nach Flores.

„ 2. Derselbe von Osten (kleine Axe). Nach Flores.

„ 3. Popocatépetl, vom Ixtaccihuatl gesehen. Nach Phot. des Verf.

*n—n* Schneegrenze. *A* Fraile.

*NN* Basislinie, zum Vergleich der relativen Höhen.

Außer diesen, allerdings sehr charakteristischen Größenverhältnissen läßt der Vulkan äußerlich auch bei

1) Eine vielleicht noch geeigneteren Grundlage für einen derartigen zahlenmäßigen Vergleich erhält man, wenn man der Krater-Ellipse des Nevado einen Kreis von gleichem Flächeninhalt substituiert. Der Durchmesser eines solchen flächengleichen Kreises berechnet sich in diesem Falle zu rund 900 m, was ein „mittleres Abstumpfungsverhältnis“ von 0,45 ergibt.

größerer Annäherung und selbst bei der Besteigung kaum etwas von seinem Bau und inneren Struktur erkennen. Mächtige Bimssteinablagerungen verhüllen Fuß und Abhänge des Berges bis unmittelbar unter die Gipfelfelsen. Um so überraschender und großartiger wirkt der Einblick, der sich uns beim Betreten der Caldera auftut (Taf. III, Fig. 8). Diese wird mühelos zu Pferde auf ziemlich gut gehaltenem Pfade durch eine tiefe Einschattung an der Ostseite erreicht. Hier sehen wir uns mitten in den großartigen Felsenzirkus versetzt, dessen Wände sich 300—400 m über das Niveau der den Kraterboden erfüllenden beiden Seen (der „großen“ und der „kleinen Lagune“: „Laguna grande“ und „Laguna chica“) erheben. Über dem mit steilen Geröllhalden (ca. 30% Neigung) bedeckten Fuß erhebt sich der Obertheil dieser Zirkuswände nahezu senkrecht. Keinerlei Schichtung oder Übereinanderlagerung von Gesteinsbänken deutet an diesen völlig frei vor unseren Blicken daliegenden Steilwänden auf einen sukzessiven Aufbau durch aufeinanderfolgende Ergüsse. Eine Ausnahme macht nur eine sehr beschränkte Stelle an der nördlichen Kraterwand, die ich bei unserer beschränkten Besuchszeit leider nicht näher untersuchen konnte, wo eine Schichtung oder Bankung zu erkennen ist. Sonst ist alles wie aus einem Guß. Auch die durchaus massige, ungegliederte Beschaffenheit der äußeren Abhänge, soweit in ihnen der anstehende Fels entblößt ist, bestätigt diesen Eindruck. Ich kann daher diese Caldera in ihrer Gesamtheit nur als monogene Bildung betrachten, entstanden wahrscheinlich durch den Rückzug des Magmas nach Aufstauung des Berges, ganz im Sinne der von Stübel für die Bildung dieses Vulkantypus aufgestellten Erklärung.

Auf diesen Bildungsakt folgte wahrscheinlich eine längere Ruhepause, wenigstens für den zentralen Eruptivschlot, wenn man nicht den Auswurf der die Abhänge bedeckenden Bimssteinmassen in diese Periode setzen will. Noch einmal aber wurde dieser zentrale Kanal zur Förderung schmelzflüssigen Magmas benutzt, als es sich um

die Ausstoßung des, vermutlich letzten, Restes aus dem Herde handelte. Dieser wurde im Inneren der Caldera zu einer massigen, homogenen Quellkuppe aufgestaut, wo er jetzt — in etwas exzentrischer, der Norwand genäherter Lage — als rundlicher Hügel von etwa 100 m Höhe aufragt.

Während diese Hauptzüge sich auch dem flüchtigen Besucher mit hinlänglicher Deutlichkeit enthüllen, müssen andere auf den Bau und die Geschichte unseres Vulkans bezügliche Fragen, wie die oben schon angedeutete nach Alter und Herkunft der Bimssteine, der Bedeutung seiner Lavaströme, die Erklärung der halbzirkusförmigen, seinen äußeren Flanken eingesenkten Kesseltäler (Erosionsformen nach Analogie der Sierra Negra, s. o., oder Explosionskrater) einstweilen unerledigt bleiben; die bisher vorliegenden Beschreibungen sind zur Bildung eines abschließenden Urteils nicht ausreichend<sup>1)</sup>.

---

1) Sowohl T. Flores (Führer für die Exkursionen des X. intern. Geol.-Kongr., Heft IX) als auch Ordoñez (Le Xinantecatl ou volcan Nev. de Toluca, Mem. de la soc. scient. „Ant. Alzate“ B. XVIII, Mexico 1902) erklären den Nev. von Toluca für einen normalen, durch übereinandergeflossene Laven gebildeten Stratovulkan, ohne jedoch diese Ansicht durch Mitteilung bestimmter Beobachtungstatsachen zu begründen. Ich selbst habe den Berg nur bei Gelegenheit der betr., von Herrn Flores geführten Kongressexkursion kennen gelernt. Die Anschauung, die in der leider nur zur Verfügung stehenden kurzen Zeit und auf der eingeschlagenen Anstiegsroute, an der Nordseite des Kegels, zu gewinnen waren, sprechen, wie oben dargelegt, jedenfalls nicht für eine solche Auffassung. Von den Lavaströmen des Vulkans, die sich hauptsächlich an seinem Südabhang, nach dem Tale des Rio de las Balsas zu, ergossen haben sollen, haben wir naturgemäß nichts zu sehen bekommen. Wie weit für diese Seite etwa die Deutung der genannten Autoren zutrifft, vermag ich in Ermangelung eigener Anschauung natürlich nicht zu beurteilen. Wie die Verhältnisse am Südabhang aber auch liegen mögen, keinesfalls können dadurch die aus dem Bau der Gipfelpartie, einschließlich der Caldera, für deren Bildung gezogenen Schlußfolgerungen modifiziert werden. Es ist sehr wohl möglich, daß aus den Flanken

Mit dem Nevado von Toluca sind wahrscheinlich zwei weitere Vertreter der Gruppe der großen mexikanischen Vulkanberge morphologisch und genetisch in eine Reihe zu stellen: der Malintzin, nördlich von Puebla, und der Nevado von Colima. Der zackige Gipfelkamm des ersteren könnte mit einiger Wahrscheinlichkeit als Rest einer Calderaumwallung, ähnlich der des Xinantecatl gedeutet werden. Da mir der Malintzin nur seiner allgemeinen Gestalt nach, wie er sich von der Hochebene aus darstellt, der Nevado de Colima gar nicht aus Anschauung bekannt geworden ist, muß ich von weiterer Ausführung des Vergleiches absehen<sup>1)</sup>.

Schon mehrfach hatten wir in den vorstehenden Betrachtungen Veranlassung, auf ähnliche Verhältnisse im ecuatorianischen Vulkangebiet Bezug zu nehmen. Die Analogien sind in der Tat so auffallend und weitgehend, daß es sich wohl lohnt, diesen vergleichenden Betrachtungen etwas weiter nachzugehen.

Beginnen wir mit dem Vulkantypus, dessen Hauptvertreter in Mexiko der Popocatépetl, in zweiter Linie — unter Berücksichtigung der oben hervorgehobenen Unterschiede — der Citlaltépetl ist. Er findet in Ecuador seine Hauptvertreter in den drei tätigsten Vulkanen des Landes, dem Cotopaxi, Tunguragua und Sangay. Man kann ihn nach seinem hervorragendsten und bestbekanntesten Vertreter den Cotopaxi-Typus nennen.

Die Ähnlichkeit, fast in jeder Beziehung, ist frappant. Als ganz jugendliche, z. T. noch lebhaft tätige Vulkane zeigen sie die typische Kegelgestalt polygener<sup>2)</sup> Auf-

---

oder am Fuße eines monogenen Vulkans Lavaergüsse stattfinden — der monogene Charakter des Berges selbst wird dadurch nicht berührt.

1) Die Verwandtschaft dieser drei Vulkanberge wird auch von Ordoñez in seiner Arbeit über den Nevado de Toluca hervorgehoben. — Mem. de la soc. scient. „Antonio Alzate“ Bd. XVIII, S. 105.

2) In seinem schönen Werk über Ecuador bezeichnet

schüttungsvulkane in geradezu idealer Reinheit, wenn wir nämlich von den früher besprochenen, immerhin nicht allzu bedeutenden Abweichungen des Citlaltépetl von dieser Idealform absehen. Größenverhältnisse, Böschungswinkel, Kraterdurchmesser (beim Cotopaxi nach H. Meyer 750 bis 800 zu 500—550 m) sind ebenfalls nahezu übereinstimmend oder doch nur innerhalb mäßiger, die Vergleichbarkeit nicht ausschließender Grenzen verschieden. Bei allen genannten Vulkanen finden wir ferner neben dem modernen Aufschüttungskegel und nahezu unter diesem vergraben, die Ruinen eines älteren Baues: die „crestones“ und zugehörige Bildungen am Citlaltépetl, der „fraile“ des Popocatépetl, der „picacho“ des Cotopaxi, ähnliche Reste eines Urkegels am Tunguragua (nach Stübel, Vulkanberge von Ecuador S. 250, 253 und 265) und die „verde Loma“ am Sangay (Stübel, a. a. O., S. 244) sind ebensoviele Zeugen eines übereinstimmenden Bildungsganges, deren Hauptmerkmal mindestens eine große Unterbrechung in dem regelmäßigen Aufschüttungsprozesse (Stübels „große Pause der erstmaligen Erschöpfung des Herdes“), vielleicht eine Katastrophe — Explosion oder Einsturz — darstellend, nach welcher erst der rezente Bau über den Trümmern des alten emporwuchs. Noch weitere wichtige Vergleichs-

---

H. Meyer den tätigen Eruptivkegel des Cotopaxi als „monogenen Vulkanberg“ (S. 217) und spricht übereinstimmend damit in der Erläuterung zu Taf. 29 (Krater des C.) von einem noch andauernden „monogenen Entstehungsprozeß“. Polygene Natur will er nur dem Gesamtsystem, d. h. der Verbindung des Eruptivkegels mit dem „Urcotopaxi“ (Picacho), zugestehen. Ich kann diesen Gebrauch der Ausdrücke „monogen“ und „polygen“ nicht für gerechtfertigt halten, und keinesfalls entspricht er dem Sinne, in dem sie von Stübel in die neuere Vulkanologie eingeführt worden sind. Wenn H. Meyer an derselben Stelle den Cotopaxikegel als „aus dem Eruptivzentrum durch allmähliche Aufschüttung bis zu seiner heutigen Größe und Gestalt emporgewachsen“ kennzeichnet — ganz in der Art, wie ich mir die Bildung seines mexikanischen Pendant, des Popocatépetl vorstelle —, so gibt er eben damit die Diagnose eines polygenen Vulkanberges.

punkte lassen sich herausfinden, oder drängen sich vielmehr geradezu auf. Die beiden mexikanischen Vertreter des Cotopaxi-Typus sind, wie wir gesehen, keine alleinstehenden Vulkanberge, sondern Teile eines zweigliedrigen Systems, das erst durch Hinzutritt des zweiten Gliedes [Sierra Negra<sup>1)</sup> bez. Ixtaccihuatl] vollständig wird. Als drittes System dieser Art können wir aus Mexiko noch dasjenige des Nevado und des Volcan de Colima hinzufügen. Auch hierfür finden wir unschwer das Gegenstück auf dem klassischen Vulkanboden Ecuadors, es ist — um nur den großartigsten und bekanntesten Vertreter hervorzuheben — der Chimborazo mit dem Carihuirazo<sup>2)</sup>. Gerade dieser Typus des vulkanischen Doppel- oder Zwillingsberges ist nun außerordentlich bezeichnend für die andesitischen Riesenvulkane in den verschiedensten Vulkangebieten der Erde. Wir begegnen ihm in vollendeter Ausbildung in Asien in dem System Großer und Kleiner Ararat, in Afrika im Kilimandscharo (Kibo-Mavensi). Eine so genaue Wiederholung desselben Bauplanes in so weit entlegenen, von einander völlig unabhängigen Vulkangebieten führt mit Notwendigkeit zu dem Schlusse auf einen gleichartig konstituierten und daher gleichförmig funktionierenden Herd als Grundlage und Ursache aller dieser nach demselben Schema gebauten Vulkanberge.

Als kurzen Ausdruck hierfür möchte ich die Be-

---

1) Man hat auch wohl in dem Cofre de Perote bei Jalapa einen in ähnlicher Weise dem Pic von Orizaba zugeordneten Zwillingsberg erblicken wollen. Bei dem großen Abstände beider — ca. 60 km, gegenüber einer Entfernung von 17 bis 18 km zwischen Popocatépetl und Ixtaccihuatl — erscheint eine solche Zusammenfassung mindestens gewagt und müßte jedenfalls erst noch erwiesen werden, während an der Zusammengehörigkeit von Citlaltépetl und Sierra Negra nicht wohl ein Zweifel bestehen kann.

2) Die speziellen Analogien im Bau und der Bildungsweise von Chimborasso und Ixtaccihuatl hat P. Grosser näher ausgeführt auf Grund persönlicher Anschauung an beiden Vulkanbergen. — Sitz.-Ber. d. Nied. Ges. f. Nat.- u. Heilk. 1904, S. 14.

zeichnung „Ararat-Typus“ oder „Ararat-System“ vorschlagen. Wir finden also in dem mexikanischen Riesenvulkan die Kombination zweier Systeme verkörpert: Einmal die Verbindung von Vulkanruine und jüngerem polygenen Vulkankegel (Cotopaxi-Typus) im Popocatépetl und Citlaltépetl, sodann diesen zusammengesetzten Vulkan mit einem zweiten (monogenen oder polygenen) Vulkanberg kombiniert zu einem System höherer Ordnung: Ararat-System.

Bei dieser gleichmäßigen Beschaffenheit des Herdes werden wir nicht nur an seine Form und Lage, überhaupt seine räumlichen Verhältnisse zu denken haben, sondern jedenfalls auch den Inhalt, d. h. die Natur des Magmas, berücksichtigen müssen. In dieser Beziehung wurde soeben schon auf die übereinstimmende andesitische Natur der Vulkanberge vom Cotopaxi- und Araratypus hingewiesen. Wir können noch einen Schritt in dieser Richtung weiter gehen. Wie F. Becke<sup>1)</sup> in einer höchst interessanten Studie gezeigt hat, lassen sich die Eruptivgesteine der wichtigsten Vulkangebiete, soweit sie bisher näher studiert sind, chemisch-petrographisch in zwei große Gruppen teilen, die er als die atlantische und die pacifische Sippe bezeichnet. Dieser Einteilung folgend, finden wir, daß die genannten Riesenvulkane, die in ihrem äußeren Bau entweder dem Cotopaxi- oder dem Araratypus folgen, ihrer petrographischen Natur zufolge sämtlich der pacifischen Sippe angehören. Diese Koinzidenz petrographischer und morphologischer Übereinstimmung ist gewiß eine auffallende Erscheinung und geeignet, die Vermutung eines kausalen Zusammenhanges nahezu legen. Hierzu gesellt sich noch ein weiteres; negatives Moment. Wir finden unter den mexikanischen Vulkanen kaum ein Beispiel des sonst so verbreiteten Vesuv-Sommatypus<sup>2)</sup>, eben-

---

1) Die Eruptivgebiete des böhmischen Mittelgebirges und der amerikanischen Anden. — Tschermaks min. u. petr. Mitt. XXII (1903), S. 209.

2) Eine Art Somma scheint nach der Darstellung von

so verhält es sich mit den Vulkanbergen von Ecuador<sup>1)</sup>. Allerdings besteht ja eine nicht zu verkennende Analogie in dem Verhältnis Somma: Vesuv und Picacho: Cotopaxi. Als echte Somma aber kann man den Picacho und seine Analoga bei den übrigen Vertretern des Typus kaum gelten lassen, so daß der Mangel echter Sommaabildung bis auf weiteres gleichfalls als bezeichnendes Merkmal des mexikanisch-ecuadorianischen Vulkantypus und seiner Vertreter in anderen Gegenden aufgestellt werden kann.

Als charakteristische Erscheinungsformen der Riesenvulkane der pacifischen Gesteinssippe finden wir demnach: Erstens Bildung von Zwillingbergen mit getrennten Eruptivaxen, ev. über einer Eruptivspalte: Araratsystem. Zweitens bei Konzentration der vulkanischen Kraft auf eine Eruptivaxe (wobei kleine Oszillationen nicht ausgeschlossen sind) zweifache Bildungsphase: zum Cotopaxitypus führend. Drittens Verbindung beider Vulkanformen: mexikanischer Typus. Im Gegensatz dazu scheinen in der atlantischen Sippe Zwillingberge vom Ararattypus kaum vorzukommen, und die Ausbildung in zwei getrennten Eruptionsphasen unter Beibehaltung desselben Eruptionskanals findet hier ihren typischen Ausdruck im Vesuv-Sommasystem. Den weiteren wichtigen Unterschied, daß die zur pacifischen Sippe gehörigen Vulkanberge auf Kettengebirgen oder Plateauländern aufsitzen, wie Becke hervorhebt, finden wir auch bei den mexikanischen Vertretern der Gruppe bestätigt, während die Gesteine und Vulkane der atlanti-

---

Waitz (Führer z. X. internat. Geol.-Kongr., XIII) der Volcan de Colima zu besitzen.

1) Aus dem benachbarten Colombia führt Stübel als Vertreter dieses Typus den Vulkan von Pasto an; doch zeigt ein Blick auf die trefflichen Abbildungen (24—32), daß das Verhältnis dieser „Caldera“ zu der Gesamtmasse des Berges hier ein ganz anderes ist, als bei den typischen Sommabergen; sie stellt eigentlich nur einen etwas erweiterten Krater dar, innerhalb dessen sich ein verhältnismässig winziger jüngerer Eruptionskegel erhebt.

schen Sippe an Senkungen gebunden erscheinen. Können wir zur Zeit auch keine Erklärung dieser merkwürdigen Verhältnisse geben, so ist zu hoffen, daß eine systematische Prüfung möglichst zahlreicher Vorkommen nach diesen Gesichtspunkten ursächliche Beziehungen aufdecken wird.

Neben und um die großen Vulkanberge, die Vulkane erster Ordnung, wie man sie vielleicht nennen könnte, deren Hauptvertreter wir vorstehend betrachtet haben, drängt sich nun eine fast unübersehbare Schar kleiner Eruptivgebilde, bald vereinzelt, bald in Gruppen gesellt oder auch enger zu kleinen Vulkangebirgen zusammengeschlossen. Etwaige Beziehungen dieser zu den ersten dürften in den meisten Fällen kaum mit einiger Wahrscheinlichkeit festzustellen sein. Obwohl vielfach in nächster Nachbarschaft der Riesenvulkane auftretend — wie die Vulkangruppe von S. Andrés am Citlaltépetl, die Vulkankegel von Puebla, jene im Süden des Talbeckens von Mexiko, bei Cuautla, Atlixco etc., am Fuß des Popocatépetl und Ixtaccihuatl — machen sie doch in ihrer Gesamtheit keineswegs den Eindruck parasitischer Kegel. Als solchen lernten wir schon den Cerro Colorado am Pic von Orizaba kennen, ein ähnliches Verhältnis kann man wohl auch dem Krater des Xitle, dem der junge Lavastrom des „Pedregal“ von S. Angel bei Mexiko entfließen ist, in bezug auf den Ajusco vindizieren. Im ganzen aber sind derartige nahe Beziehungen zu älteren, größeren Vulkanbergen nicht zu erkennen. Was sie von jenen Großen ihres Geschlechtes unterscheidet, ist außer ihrer Kleinheit hauptsächlich ihr einfacher Bau, der jedenfalls einer sehr einfachen und kurzen Entstehungsgeschichte dieser Bildungen entspricht. Es sind, wie bereits gesagt wurde, Vulkane vom Puytypus. Als solche werden wir sie uns durch je einen einmaligen Eruptionsakt gebildet denken können. Im Gegensatz zu jenen großen Vulkanen, deren Tätigkeit aus dem Tertiär<sup>1)</sup> bis in die geologisch jüngste

1) Ordoñez — a. a. O. S. 110 — ordnet die großen mexikanischen Vulkane ihrem Alter nach in folgende Reihe: Ajusco,

Vergangenheit andauerte, ja zum Teil noch in die Gegenwart hineinreicht, kennzeichnen sie sich als kurzlebige Äußerungen einer Kraft, die bald hier bald dort aufflackerte, um sogleich wieder zu erlöschen. Ihre Lebensdauer wird, wie bei allen Vertretern dieses Typus, in der Mehrzahl der Fälle höchstens nach Jahren, oft gewiß nur nach Tagen zu bemessen sein. Man kann sie daher im Verhältnis zu den großen Vulkanen nicht eigentlich als jünger oder älter bezeichnen: der Pic von Orizaba, der Popocatépetl usw. haben wahrscheinlich alle diese ephemeren Feuerschlünde ausbrechen und erlöschen gesehn und doch deren Tätigkeit überdauert. Es ist ein analoges Verhältnis wie zwischen Vesuv und dem phlegräischen Gebiet.

Der Prototyp dieser jungen, kurzlebigen „Pays“ in Mexiko ist der Jorullo, sowohl was seinen Bau als auch seine wohlbekanntere Geschichte angeht, die wir wahrscheinlich ohne erhebliche Änderungen auf die ganze Gruppe übertragen dürfen. Es ist seit Humboldt soviel über diesen lehrreichen historischen Vulkan geschrieben worden, daß es überflüssig erscheint, das bekannte Tatsachenmaterial hier nochmals vorzubringen.

Nur auf die Deutung dieser Tatsachen möchte ich hier eingehen, gestützt auf die Anschauung, die wir beim Besuch des klassischen Vulkans unter Führung von Herrn Ordóñez gewinnen konnten, wofür glücklicherweise die Zeit etwas reichlicher bemessen war, als beim Nevado von Toluca.

---

Malintzin?, Nevado de Colima, Ixtaccihuatl, Xinantecatl, Citlaltépetl, Popocatépetl, Ceboruco, Volcan de fuego von Colima. Die Entstehung der beiden ersten würde nach ihm in das Miozän, die des Ixtaccihuatl und Xinantecatl in den Anfang, und die der vier letzten, die — abgesehen vielleicht vom Citlaltépetl — noch als tätig bez. nicht ganz erloschen gelten müssen, in die Mitte des Pliozän zu setzen sein.

1) Anlässlich des Kongresses ist die Jorullo-Literatur um die verdienstvolle Studie von Ordóñez — Heft XI des Führers zu den Exkursionen — vermehrt worden, auf die ich mich im folgenden mehrfach beziehen werde.

In theoretischer Beziehung am wichtigsten und interessantesten scheinen mir die das Malpais bildenden Lavaergüsse, ihr Verhältnis zum Kraterkegel und die Struktur des letzteren.

Schon die älteren, höchst mangelhaften Darstellungen<sup>1)</sup> lassen erkennen, daß es sich bei der Jorullo-Eruption in erster Linie um die Ausstoßung eines bestimmten Lavaquantums handelte. Die Entfernung dieser Masse aus dem Herde war Ursache und „Zweck der Eruption“. Sie erfolgte auf einer durch die Anordnung der vier kleinen Kraterkegel bezeichneten Eruptiv- (nicht tektonischen) Spalte<sup>2)</sup> in der Hauptsache als ein „Massenerguß“, d. h. als unmittelbarer Ausfluß aus dieser Spalte, nicht in Form von Lavaströmen aus einem zuvor gebildeten Kraterberge. Die vier kleinen Kegel des Jorullo-Systems sind gegenüber der Lavamasse des „Malpais“ als untergeordnet, gewissermaßen nur als Begleiterscheinungen des Lavaergusses anzusehen, ebenso wie die an sich nicht unerheblichen Schlacken- und Ascheneruptionen. Dabei ist die genetische Bedeutung der vier Vulkankegel zum Teil verschieden. Während die Nebenkegel, die „Volcancitos“, wesentlich aus diesen losen Auswurfsmaterialien aufgebaut, als Produkte der den Lavaerguß begleitenden Explosionen erscheinen, läßt der Hauptkegel, der eigentliche Jorullo, einen wesentlich anderen Bau erkennen. In dem groß-

---

1) Es ist bekannt, daß Humboldt hier wie bei seinen südamerikanischen Vulkanbildern bez. der Steilheit stark übertrieben hat. Viel schlimmer aber und in ihrer Naturwidrigkeit geradezu erschreckend sind die von Pieschel gegebenen Darstellungen der mexikanischen Vulkanberge, von denen einige leider noch in Neumayrs „Erdgeschichte“ (1. Aufl., Bd. I, S. 245 ff.) Platz gefunden haben.

2) Ordoñez nimmt vier getrennte, in einer Reihe angeordnete Schlote an; eine sichere Entscheidung läßt sich bei der Überdeckung durch die Eruptivmassen selbst natürlich nicht treffen, mir scheint namentlich die Verbreitung der beiden ersten und größten Lavaergüsse mehr einer Spalte zu entsprechen.

artigen Aufschluß, den sein tief eingesenkter Krater bietet, sehen wir nur feste Lava in konzentrischen Terrassen stufenförmig abgesetzt, aber nicht in sukzessiven Ergüssen übereinander geschichtete Lagen, wie es einem als Vermittler wiederholter Eruptionen dauernd tätigen Stratovulkan zukommen würde. Wir müssen daher den eigentlichen Jorullokegel seiner Struktur nach als eine monogene Bildung auffassen. In ihm hat sich die emporquellende Lava zu einer echten Quellkuppe aufgestaut. Sie vermochte sich jedoch in dieser, zunächst als geschlossene domförmige Kuppel zu denkenden Form nicht zu halten. Der Druck des flüssigen Inneren durchbrach eine schwache Stelle an der Nordwand, so daß nur der Inhalt, wie der eines geöffneten Eies, einfach auslief, dabei die Trümmer der durchbrochenen Nordwand sowie des nun natürlich einstürzenden Kuppeldaches mit sich fortführend. So entstand nach meiner Auffassung der jüngste, nach Norden gerichtete „Lavastrom“ des Jorullo, dessen ausgeprägte mittlere Einsenkung, die „calle de ruinas“, wie eine Fortsetzung des „Kraters“ erscheint, während im Herzen der ursprünglichen Quellkuppe an Stelle des ausgeflossenen Inhalts nun die Kraterhöhlung zurückblieb, die man dieser Entstehungsweise nach vielleicht besser als Caldera bezeichnet. Neben dem Ausflusse des Lavainhaltes durch die Nordbresche mag gleichzeitiger oder späterer Rückzug des im Eruptivschlote stehenden Magmas an der Bildung der Caldera mitgewirkt haben; Pausen und kleinere Schwankungen dieses Vorganges haben in den erwähnten ringförmigen Terrassen der Innenwand ihre Spuren hinterlassen. Auf zwei Erscheinungen, die für die vorgetragene Auffassung sprechen, möchte ich noch besonders hinweisen: erstens die außerordentliche, namentlich für einen basaltischen Erguß höchst ungewöhnliche Steilheit des jüngsten „Lavastromes“, d. h. also des an der Nordwand ausgebrochenen Kuppeninhaltes, die uns deutlich vor Augen führt, wie außerordentlich zähflüssig und daher zur Bildung einer steilen

Stau- und Quellkuppe geeignet das Material dieses Ausbruches war, zweitens die schon erwähnte „calle de ruinas“, die rinnenförmige Einsenkung auf dem Rücken dieser Lavamasse, — eine ja auch sonst wohlbekannte Erscheinung —, die gewissermaßen die Bildung des „Kraters“, bez. der Caldera wiederholt. Dieser an der Norwand des Kegels austretende, fast drei Viertel ihrer Höhe einnehmende Lavarücken ist ein sehr charakteristischer Zug im Bilde des Jorullo.

Wir haben also, um es kurz zu rekapitulieren, im Jorullossystem ein aus vier Hauptergüssen gebildetes Lava-plateau, auf dem sich als akzessorische Gebilde — abgesehen von unbedeutenderen Aschen- und Schlackenhaufen — vier Kraterkegel erheben, hervorgegangen teils aus den den Lavaerguß begleitenden Aschen- und Schlackenauswürfen, teils aus der steil aufgestauten, zähflüssigen Lavamasse selbst.

Das Ganze war in wenigen Jahren vollendet, die Hauptmasse vermutlich schon während der ersten großen Eruption im September 1759. Wenden wir uns mit diesen an einer historischen Vulkanbildung gewonnenen Vorstellungen der Betrachtung der älteren, auf dem mexikanischen Hochlande zerstreuten Gebilde gleicher Art und Größenordnung zu.

Eine in manchen Punkten frappante Analogie mit dem Jorullossystem weist das südlich der Hauptstadt, fast vor ihren Toren gelegene Vulkangebirge Santa Catarina auf. Auch hier sehen wir über einer mächtigen Basis geflossener Lava, einem „Malpais“, Kraterkegel sich erheben, hier anscheinend alle durch Aufschüttung, also in einer explosiven Phase, gebildet. Ein auffallender, an der linken (westlichen) Flanke des Hauptkegels hervortretender Rücken erinnert lebhaft an die steile Lavamasse, die wir aus der Nordbresche des Jorullokegels hervorbrechen sahen. Sehen wir uns weiter unter den Vulkan gestalten des Tales von Anahuac um, so stoßen wir auf Bildungen, bei denen mehr und mehr der Lavaerguß als

das dominierende Element des ganzen Eruptivvorganges in den Vordergrund tritt, während der zugehörige Kraterkegel in gleichem Maße an Bedeutung verliert und nur als nebensächliches Beiwerk erscheint. Es bildet sich auf diesem Wege schließlich ein eigener Vulkantypus heraus, der des schildförmigen flachen Lavaberges mit aufgesetztem, ganz kleinem, warzenförmigem Gipfelkrater, dessen schönstes Beispiel in diesem Gebiete der am Südufer des Xochimilco-Sees sich erhebende Teutli darstellt. Wir werden hier an ganz ähnliche Formen in Island erinnert, wie sie von Thoroddsen beschrieben und neuerdings wieder durch v. Knebel<sup>1)</sup> zum Gegenstande der Erörterung gemacht sind. Hier ist die explosive Tätigkeit offenbar ganz nebensächlich und wahrscheinlich nur aus der Ergußmasse selbst heraus erfolgt, während die schildförmige Lavamasse ihrerseits vermutlich das Ergebnis eines einzigen Ausbruches darstellt. Nach dem häufigen Auftreten ähnlicher Formen scheint dieser Vulkantypus im mexikanischen Hochlande keineswegs selten zu sein. Die Eruptivbildungen am Südostrande des Tales von Mexiko, die hier zwischen dem Ostende des Ajusco und dem Westfuße der „Sierra Nevada“ (Popocatépetl-Ixtaccihuatl) die flache Bodenschwelle aufbauen, in der sich jenes abflußlose Becken vom Gebiete des dem Rio Balsas und damit dem Stillen Ozean tributären Atoyac abgrenzt, sie glaube ich, wenigstens zum Teil, in diese Kategorie stellen zu dürfen. Bei Temamatla ersteigt die Bahn nach Cuautla - Morelos, welche diese Wasserscheide überschreitet, den Rand eines solchen Lavakuchens und bald darauf, noch vor Amecameca, eine zweite Stufe gleicher Art. Doch harren fast alle diese kleineren, topographisch so wenig hervortretenden Eruptivbildungen der näheren Untersuchung, die erst ein sicheres Urteil über ihre Bedeutung und Bildungsweise erlauben wird. Daß neben diesen Lavavulkanen auch reine typische Aufschüttungskegel, Aschen- und Schlackenvulkane, nicht

1) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1906, Monatsber. S. 59.  
Verh. d. nat. Ver. Jahrg. LXIV. 1907.

fehlen, beweisen schon die in dieser Beziehung so charakteristischen Formen an beiden Enden der Sierra Santa Catarina: Xotepec und S. Nicola am Westende und besonders der modellartige Doppelkrater der „Caldera“ am Ostende der Reihe. Eine enge Verbindung, gewissermaßen eine Verschmelzung beider Typen, des Lava- und des Aschenvulkans, stellt der eigentümliche kleine Zwillingsvulkan Xico dar, früher — noch zur Zeit von Felix und Lenk — mitten im Chalco-See gelegen, jetzt nach Tieferlegung des Wasserspiegels bis fast zum völligen Verschwinden des Sees landfest geworden.

Es ist kaum möglich, von den Vulkanen Mexikos zu sprechen, ohne auf gewisse Grundfragen der Vulkanologie einzugehen. War es doch gerade die Anordnung dieser Vulkane in einer ost-westlichen, fast genau mit dem 19. Breitengrade zusammenfallenden Reihe, welche Humboldt den Gedanken „einer Spalte vulkanischer Tätigkeit von 90 Meilen Länge“ (Kosmos IV, S. 312) eingab. Diese Vorstellung ist dann namentlich von Felix und Lenk weiter ausgebildet. Beide Forscher suchen einen Zusammenhang zwischen der Humboldtschen „Vulkanspalte“ und der Tektonik des mexikanischen Hochlandes herzustellen und wollen in dem Südrande des zentralen Plateaus eine gewaltige „Bruchlinie“ oder „Bruchspalte“ (Beitr. z. Geol. u. Pal. d. Rep. Mexiko I, S. 6) erkennen, die den Austritt der Eruptivmassen vermittelt haben soll.

Diese Theorien, auf deren Einzelheiten hier nicht eingegangen werden soll, gründen sich auf eine doppelte Voraussetzung: Erstens die unbedingte Abhängigkeit der Vulkane von tektonischen Spalten und zweitens auf die Auffassung des mexikanischen Hochlandes als eines von derartigen Verwerfungsspalten begrenzten Horstes.

Die erste dieser Annahmen ist mit der Entwicklung der neueren Vulkanologie stark erschüttert und in ihrem Geltungsbereich mindestens sehr eingeschränkt worden. Die zweite hat sich mit der fortschreitenden Kenntnis des geologischen Baues der betr. Gebiete als unbegründet oder

doch höchst zweifelhaft herausgestellt. Namentlich hat E. Böse (*Sobre la independencia de los volcanes de grietas preexistentes*) die Haltlosigkeit dieser Auffassung in überzeugender Weise dargetan. Bei einem flüchtigen Besuche des Landes und namentlich unter dem Banne der generellen Spaltentheorie der Vulkane muß allerdings jene Anschauungsweise äußerst verlockend erscheinen.

Man kann sich kaum einen markanteren Gegensatz denken, als zwischen der großartigen Gebirgsszenerie am Ostabfalle des Hochlandes, etwa im Staate Veracruz, und der tischartig ebenen Hochfläche selbst. Gerade auf der Hauptreiselinie, von Veracruz über Orizaba nach Mexiko, prägt sich dieser Kontrast mit einer Schärfe aus, wie kaum an einer anderen Stelle. In weitausholenden Serpentinien erklimmt die Bahn von Maltrata (1700 m) bis Boca del Monte (2400 m) mühsam die letzte und steilste Stufe des Abfalls, wobei der Blick über tiefe Täler und mächtige Bergrücken schweift. Da — nach dem Durchfahren der Schlucht von Boca del Monte — ändert sich das Bild mit einem Schlage: auf einer vollkommenen Ebene rollt der Zug sanft dahin und auch die zahlreichen ihr aufgesetzten Vulkankegel vermögen so wenig wie die unvermittelt aufragenden längeren oder kürzeren Sierren den herrschenden Charakter eines flachen Tafellandes zu verwischen.

Einen ähnlich plötzlichen landschaftlichen und topographischen Wechsel finden wir noch an vielen anderen Punkten; sei es, daß wir über Jalápa zum zentralen Hochlande aufsteigen oder uns von der Hauptstadt über seinen Südrand nach Cuernavaca mit der Schmalspurbahn binabwinden oder auch weiter westlich aus der Gegend von Morelia und Patzcuaro zum Jorullo in die Niederung des Rio Balsas absteigen — immer nimmt man einen deutlichen Plateaurand, oft eine förmliche Kante wahr.

Trotz dieser so auffallenden topographischen Eigentümlichkeit entbehrt die Vorstellung von der mexikanischen „Mesa“ als eines von Verwerfungen begrenzten Horstes

der Berechtigung. Nicht nur verbindet sich, wie Böse gezeigt hat, an vielen anderen Stellen dieser vermeintliche Horst unmerklich mit seiner Umgebung, nicht nur fehlen — nach demselben Autor — die Verwerfungen, die den vorhandenen Steilabfall verschulden sollen, sondern es ist überhaupt das mexikanische Hochland als ein Plateau nur im topographischen, nicht aber im tektonischen Sinne aufzufassen. Mit anderen Worten: die ebene Hochfläche ist nicht durch den Gebirgsbau und die flache Schichtenlage bedingt, wie etwa das Coloradoplateau, sondern stellt lediglich eine sekundäre Erscheinung dar, verursacht durch Ausfüllung der Täler mit Eruptivmassen sowie mit tertiären und quartären Sedimenten. Der Grundplan des Gebirgsbaues zeigt sich in den zahllosen, aus der Ebene mit wesentlich parallelem, meist SO.—NW. verlaufenden Streichen aufragenden Sierren: es ist der Bau eines Falten- oder Kettengebirges und darin in nichts verschieden von den Randgebirgen (Sa. Madre). Nur die erwähnte nachträgliche Ausfüllung der Zwischenräume mit jüngeren Ablagerungen bedingt den eigentümlichen Charakter des Landes.

Die Ursache des topographischen Gegensatzes der doch wesentlich gleichgebauten Randgebirge und des plateauartigen zentralen Hochlandes muß man in den hydrographischen Verhältnissen suchen. Während die ersteren in normalen Erosionstälern zum Meere entwässert werden, besteht das zentrale Hochland zum großen Teil aus abflußlosen Becken. Nur durch diese letztere Eigentümlichkeit war es möglich, daß der sich mehr und mehr anhäufende Verwitterungsschutt — vielfach in Verbindung mit großen Massen vulkanischer Produkte — allmählich die Täler auffüllte und die Gebirgsketten bis hoch hinan verhüllte. Aus diesen beiden Elementen: dem flachen, für das Auge absolut ebenen Schwemmlande und den in ihrem unteren Teile darin vergrabenen, je nach ihrer absoluten Höhe mehr oder weniger daraus hervorragenden Gebirgskämmen, setzt sich allenthalben das so überaus

charakteristische Landschaftsbild dieser abflußlosen Gebiete zusammen. An verschiedenen Stellen im Becken von Mexiko und anderwärts haben Bohrungen eine Mächtigkeit von Hunderten von Metern für diese jungen Ablagerungen erwiesen. Denken wir uns diese wieder ausgeräumt, so verschwindet der irreführende Plateaucharakter und damit der Steilabfall, sowie überhaupt der Gegensatz zu den Randgebirgen, und es bleibt das ursprüngliche, aus vielen parallelen Ketten mit entsprechenden tiefen Tälern gebildete Faltengebirge. Allerdings besitzt ein Teil des Gebietes, namentlich im Norden, schon Abfluß zum Meere, aber diese Verbindung besteht hier offenbar noch nicht lange genug, um den Charakter dieser früher wohl gleichfalls abflußlosen Gebiete auszutilgen.

---



Fig. 1. Pic von Orizaba.



Fig. 3. Pic von Orizaba mit Lavastrom, von der Sa. Negra.



Fig. 2. Pic von Orizaba mit Crestones, von der „Cueva“.

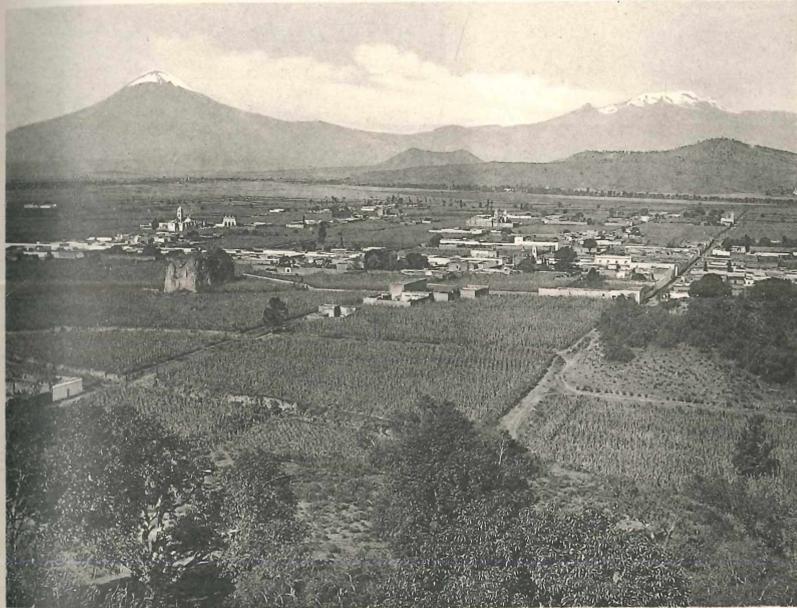


Fig. 4. Popocatepetl und Ixtaccihuatl von Osten (Cholula).

Cerro Colorado

Pic v. Orizaba

Lavaström der „Cueva“ Stirnrand

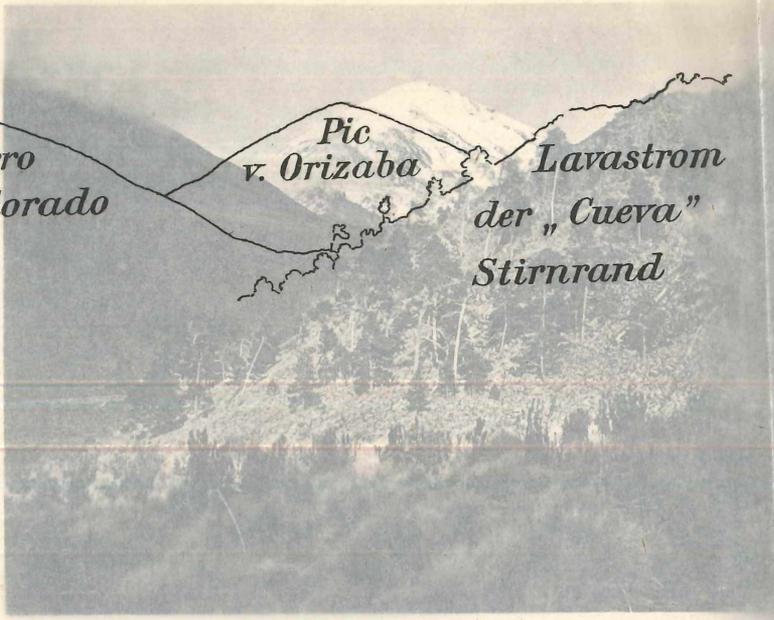


Fig. 1. Pic von Orizaba.

Cerro Colorado

Alte Andesit-felsen

Lavaström der „Cueva“

Lava

Cueva de los muertos

Stirnrand der „Cueva“ Lava

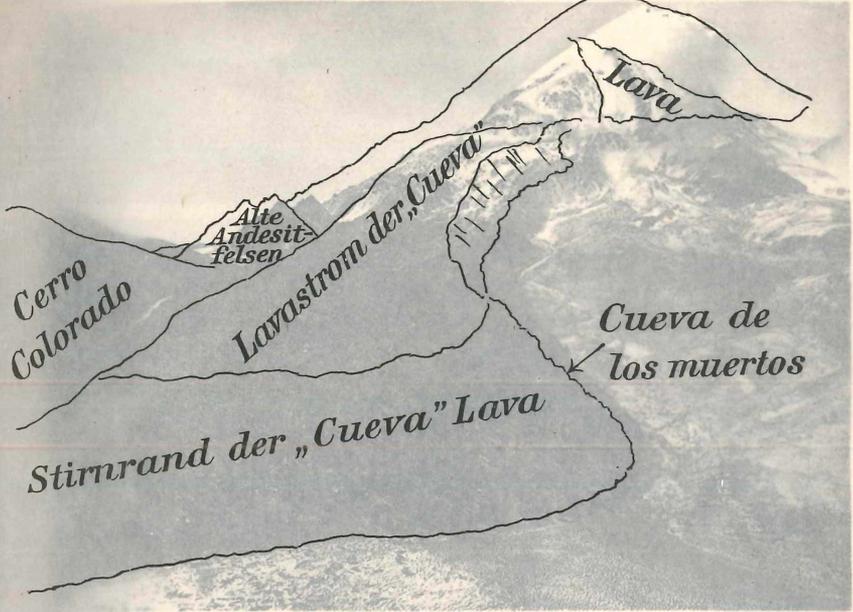


Fig. 3. Pic von Orizaba mit Lavaström, von der Sa. Negra.

Lava

Lavaström der Cueva. Oberes Ende

Crestones

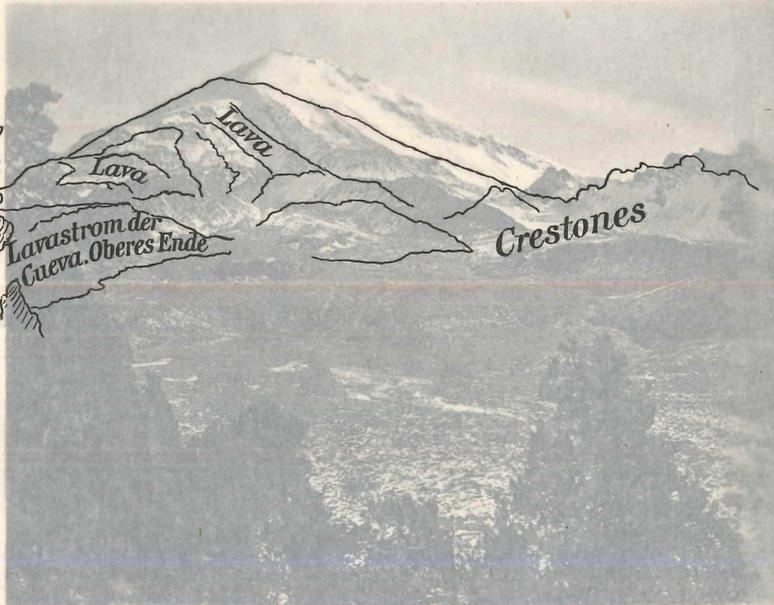


Fig. 2. Pic von Orizaba mit Crestones, von der „Cueva“.

Popocatépetl

Pass von Tlamacas

Citlaltépetl

Vulkankegel

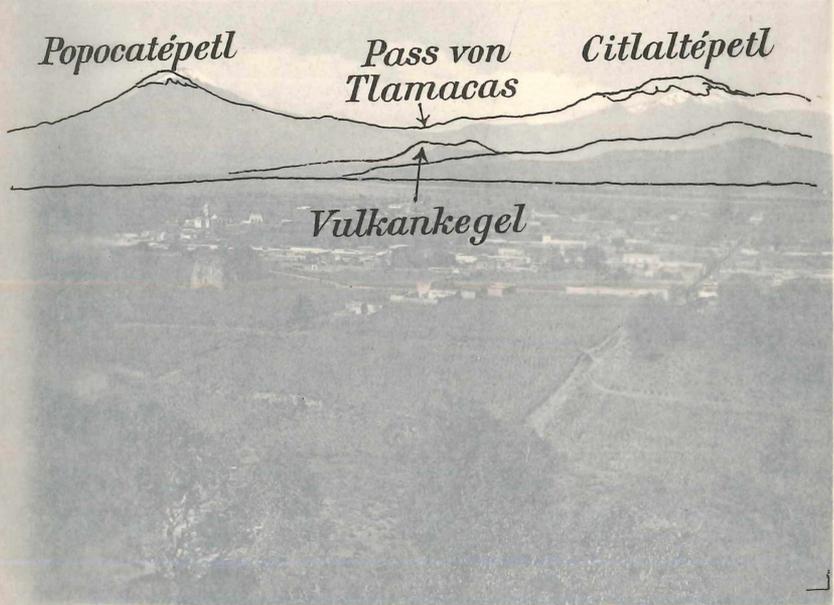
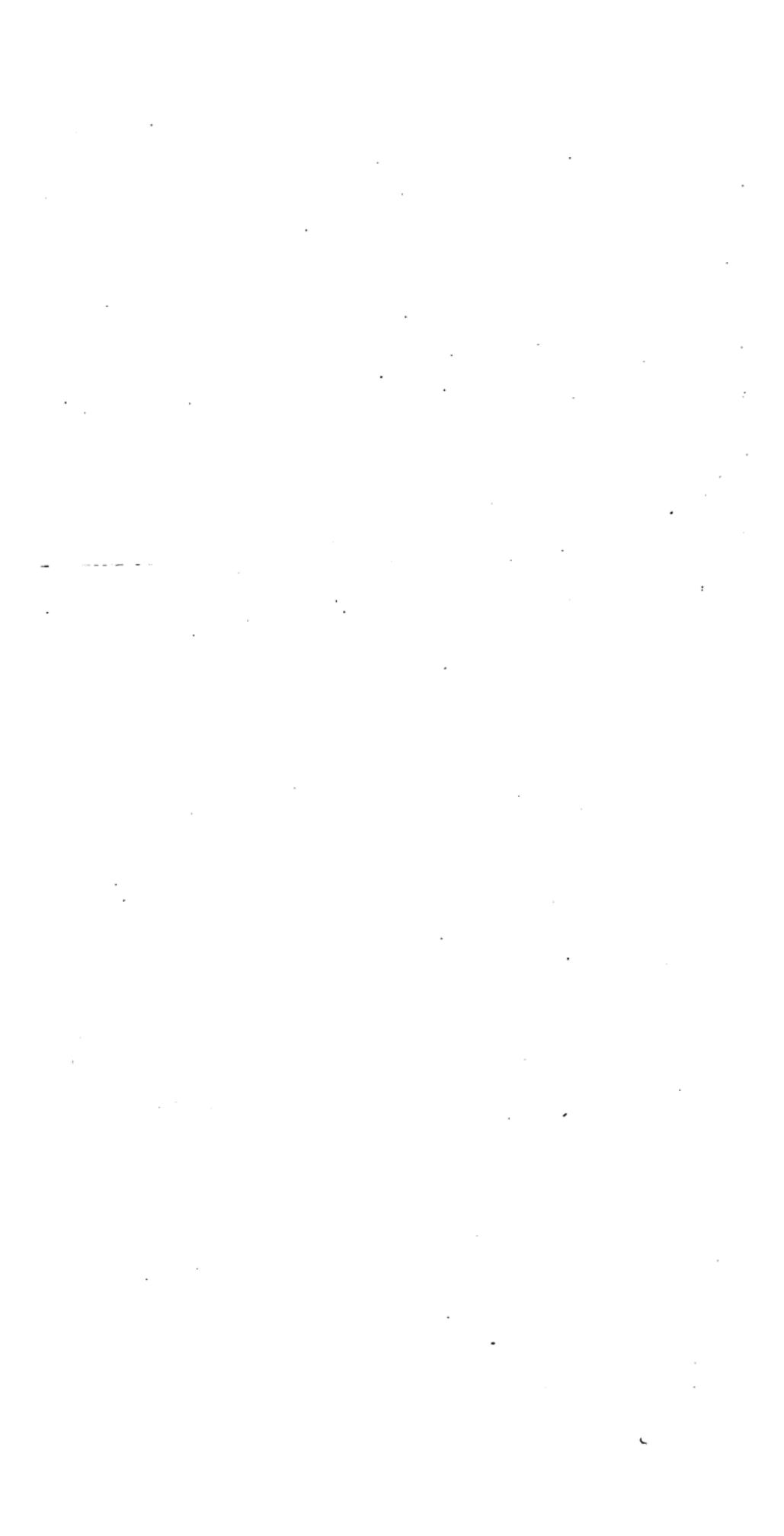


Fig. 4. Popocatépetl und Ixtaccihuatl von Osten (Cholula).





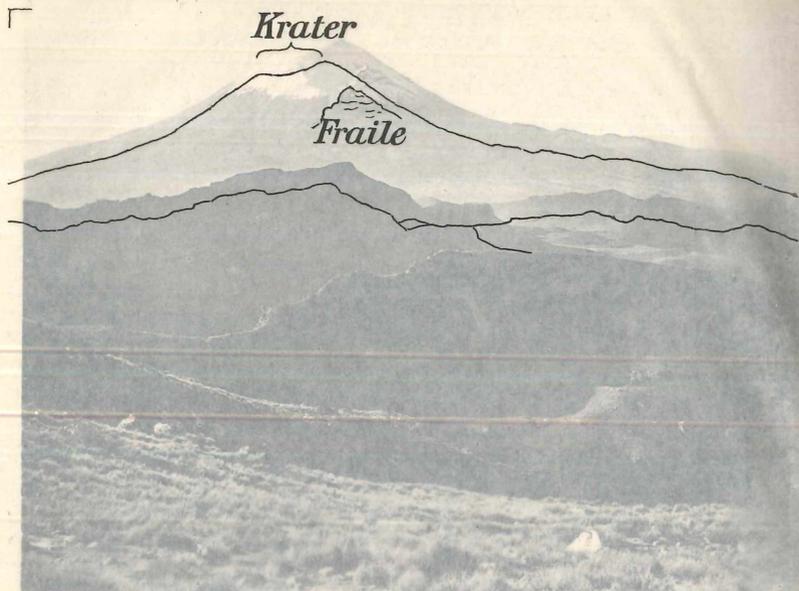


Fig. 5. Popocatépetl.

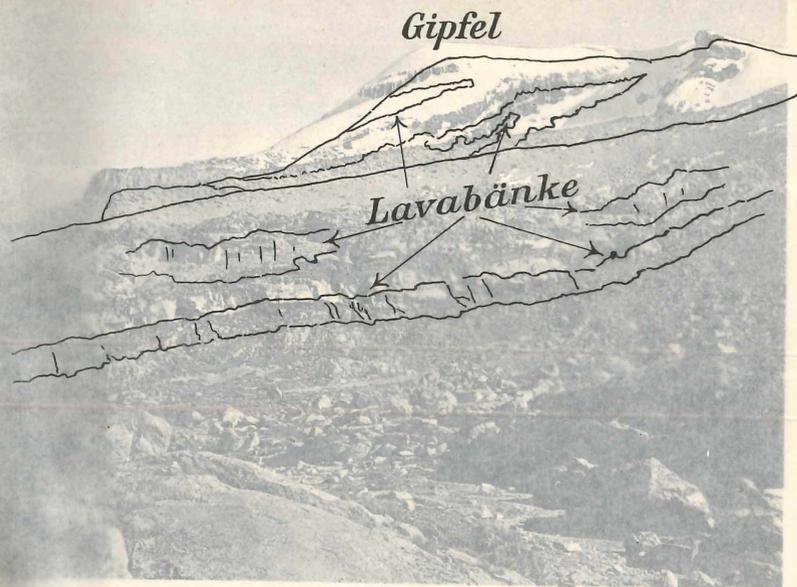


Fig. 7. Gipfel des Ixtacihuatl mit Lavabänken.

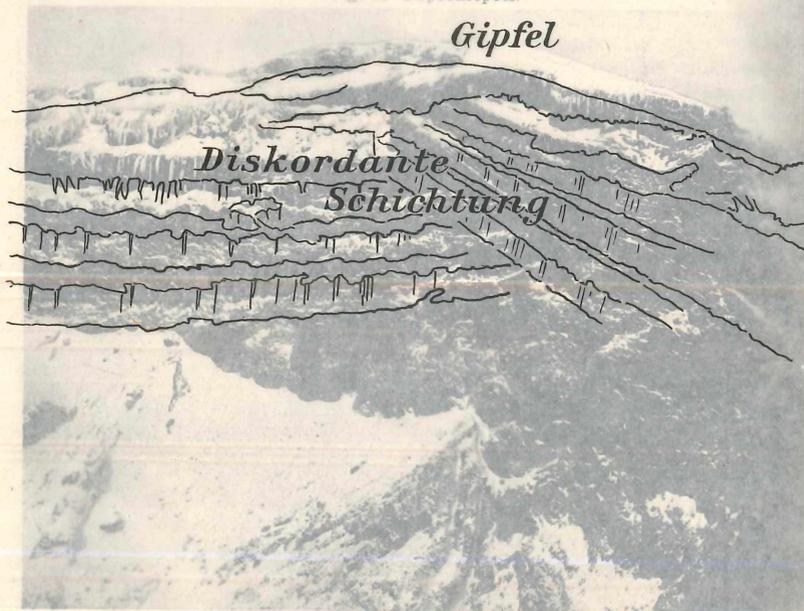


Fig. 6. Krater des Popocatépetl.

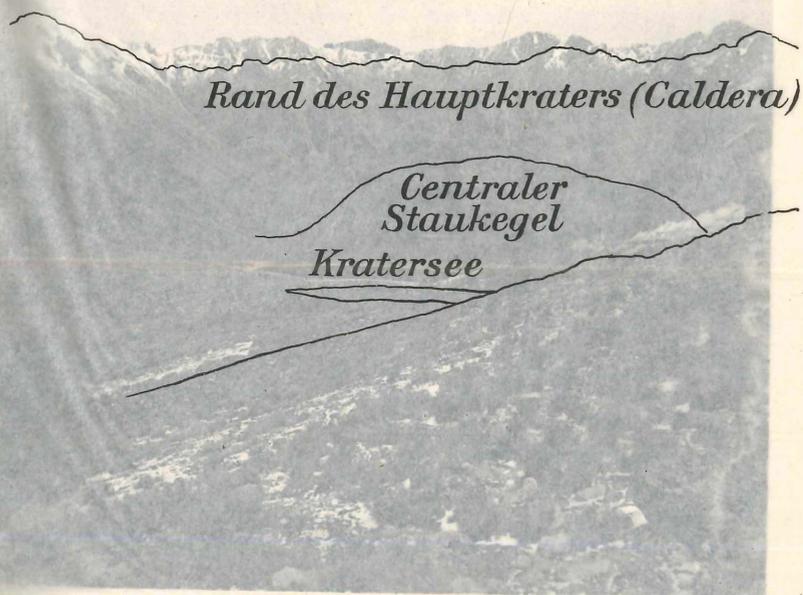


Fig. 8. Nevado de Toluca, Caldera.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [64](#)

Autor(en)/Author(s): Dannenberg Adolf

Artikel/Article: [Beobachtungen an einigen Vulkanen Mexikos 97-133](#)

