

# Über Mexikanische Gletscher

Von M. Magnani, Savona

Abstract: Glaciers in Mexico are located in the neighborhood of 19° N latitude, that is, within the tropic zone. They stand on isolated old volcanic mountains of great height, with tongues reaching 4640/4680 meters. Owing to their topographic receptive shapes, their total surfaces are limited and cover about 12 sq.Km. The Autor analyses their morphology, alimentation, ablation, and nature of snow and ice; considers the question of the glacial development in the Pleistocene. In contra-position to that stated by others, he is the opinion of only glacial periods.

The territorial importance of ice-zone in Mexico is therefore very slight, as the non existence of glacial morphology under 3800 meters has been acknowledged. The Autor deems therefore that reconstruction of the Quaternary events cannot be based on glacial chronology, but on the alternating of Pluvials periods.

Das die Republik Mexiko umfassende Gebiet liegt zwischen dem 30° und 15° N. Br. und befindet sich somit zum größten Teil in tropischer Zone. Das Vorhandensein von Gletschern ist deshalb auf einen orographischen Faktor zurückzuführen. Am Rande eines schmalen Küstenstreifens erhebt sich eine Hochebene von einer durchschnittlichen Höhe von 2000 m, die von zwei Gebirgsketten, welche 3000 m nicht überschreiten, umsäumt ist. Auf diesem großen Sockel erheben sich über weitere 2000 m Höhe zahlreiche isolierte Berge vulkanischen Ursprungs. Die großen tätigen oder neueren Vulkane Mexikos sind über zwei Hauptbruchlinien (Ost-West und Nordwest-Südost) verteilt, welche das gesamte Gebiet längs des 19. Breitengrades vom Stillen Ozean bis zum Golf von Mexico über eine Fläche von 70 km Breite und 700 km Länge durchschneiden.

Von Westen nach Osten zieht sich die aus den folgenden tätigen Vulkanen bestehende Gebirgskette hin: Ceboruco, Volcan de Colima 3960 m, Jorullo, Paricutin, Popocatepetl 5452 m, Pico de Orizaba 5675 m, San Martin Tuxtla 1550 m, und den untätigen und älteren Vulkanen: Nevado de Colima 4304 m, Tancitaro, Nevado de Toluca 4558, Zempoala 3900 m, Ajusco 3952 m, Tlaloc 4150 m, Ixtaccihuatl 5286 m, la Malinche 4460 m, der Cofre de Perote 4110 Meter und Sierra Negra 5000 m. Gegenwärtig haben nur der Orizaba, der Popocatepetl und der Ixtaccihuatl Gletscher, das

sind Gipfel über 5000 m Höhe. Der Nevado de Colima, Nevado de Toluca, Ajusco, Tlaloc, Sierra Negra, Malinche, Cofre de Perote zeigen deutliche pleistozäne Gletscherspuren; die über 4000 m hohen Gipfel weisen das ganze Jahr schneebedeckte Felder auf. Viel weiter nördlich über den 24° Br. hinaus sind öfters auch noch die hohen Erhebungen der Sierra Madre Occidental mit Schnee bedeckt und südlich bis zum 16. Br. G. findet man ebenfalls in der Sierra de Chiapas wenig unter 4000 m Höhe Gletscherspuren.

Der Citlatepetl oder Pico de Orizaba ist mit seinen 5675 m der höchste Berggipfel Mexikos. Der gegenwärtig bestehende andesitische Vulkankegel erhebt sich bis zu 4500 Meter Höhe auf einem alten pliozän-vulkanischen Plateau, das in die nahegelegene Sierra Negra (5000 m) ausläuft. Der ovalförmige in nordwestlich—südöstlicher Richtung orientierte Krater mit einem Durchmesser von etwa 500 m hat seine ununterbrochene Solfatarentätigkeit erhalten.

Die mit Eis bedeckte Zone erstreckt sich vorwiegend über den nördlichen Teil des Kegels und dem zwischen letzteren und einer „Sarkophag“ benannten Erhebung gelegenen Rücken und zwar über eine durchschnittlich 4,5 km lange und 1,5 km breite Fläche. Es handelt sich hier um einen sogenannten einzigen Gletscher, von dem gemäß der Topographie des Kegels fünf Zungen nach dem westlichen und zwei nach dem nördlichen Abhang abzweigen. Der Gletscher entwickelt sich demnach in einer Höhe zwischen 5650 und 5100 m; die Zungen ziehen sich bei 4740 und 4640 m Höhe (Zunge von Jamapa) nach Nordwesten abwärts, während die anderen bei verschiedenen Höhenlagen zwischen 4290 und 5090 Meter abfallen. Außer diesem auf dem Ostabhang befindlichen Hauptgletscher, existiert noch ein kleiner abrupt bis zu 5070 m ansteigender Gletscher (Orientalgletscher). Diese zwei Gletscher sind mit ihrer Gesamtoberfläche von 9,2 qkm ohne Zweifel die wichtigsten Mexikos.

\*) Prof. Dr. Mario Magnani, Savona, Via Montegrappa 19

Die fünf westlichen Zungenausläufer werden von einer 200 bis 300 m hohen Felsenbarriere aufgehalten und bilden Eisgefälle, die aber bei diesen niedrigen Höhenquoten keine neuen Anhäufungen von regeneriertem Eis erzeugen können. Die Hauptzungen speisen unter dem Eis sich bildende Ströme. Die Zungen haben Neigungen, die zwischen  $8^{\circ}$  —  $16^{\circ}$  liegen. Der Hauptgletscher hat in seinem mittleren Teil eine Neigung von  $6^{\circ}$ .

Der Ixtaccihuatl von 5286 m Höhe hat einen komplexen von Norden nach Süden sich erstreckenden vulkanischen Aufbau des miozänen Zeitalters; er ist vollständig erloschen und von Erosionen zerfurcht. In der Pliozänzeit begann er wieder seine Tätigkeit, und der Berg nahm seine jetzt bekannte Form an. Seine Gletscher waren schon dem berühmten Gelehrten Antonio Alzate am Anfang des 19. Jahrhunderts bekannt. Zu jener Zeit erreichten die Frontseiten eine Höhe von 4630 m. Der Ixta hat 4 Gletscher, die nach gemeinsamem Oberlauf teils die occidentalen Abhänge und teils die orientalen abwärts gleiten. Sie sind sehr steil und beginnen in einer Höhe von 5100 bis 5200 m, um dann mit schmalen und langen Zungen auf die Westwand bei 4665 m und auf die Ostwand bei 4855 m abzufallen. Also auch in diesem Gebirge findet die größte Entwicklung der Gletscher auf der Westseite statt. Ihre Gesamtoberfläche beträgt 1,2 qkm.

Der 5452 m hohe Popocatepetl ist zweifellos der volkstümlichste Berg Mexikos. Er besteht aus einem regelmäßigen aus pyroklastischem Material, Lava und Gesteinen zusammengesetzten Kegel, der zu Beginn des Pleistozän-Zeitalters gebildet wurde. Seit dem Jahre 1895 (im Gegensatz zum Pico de Orizaba, dessen Gletscher erst kürzlich der schwierigen Besteigung wegen erkannt wurden) ist das Vorhandensein einer Eisedecke, besonders in dem Ventorrillotal, wo eine der Gletscherzungen in einer Höhe von 4670 m ausläuft, bekannt. Gegenwärtig befindet sich der Popocatepetl in einer Phase der Fumarolentätigkeit; sein letzter Ausbruch erfolgte im Jahre 1920. Die vulkanische Tätigkeit beeinflusste auch die Entwicklung der Gletscher; so konnte festgestellt werden, daß im Jahre 1921 ein gro-

ßer Teil der vereisten Fläche von Aschen bedeckt war, die eine erhöhte Schmelzung hervorgerufen haben. Die beiden seitlich zusammenlaufenden Gletscher des Popocatepetls befinden sich auf seinem Nordabhang und haben eine gemeinsame Sammelfläche. Sie beginnen am Rande des Kraters selbst, der sich nach Westen zu erhöht; unter 5300 m trennen sie sich und ziehen als unabhängige Zungen abwärts: die mittlere bei 4670 m in nördlicher Richtung, eine bei 4850 m in nordöstlicher Richtung und die andere bei 5030 m in nordwestlicher Richtung. Die Gesamtoberfläche beträgt augenblicklich ca. 0,75 qkm. Aufgrund früher ausgeführter Studien wurde festgestellt, daß in der zwischen 1916 und 1922 liegenden Zeit ein Rückzug stattgefunden hat, auf den eine Stillstandsperiode und in den letzten Jahren eine Vergrößerung folgte. Diese auf der Flanke eines tätigen Vulkans erfolgten Variationen müssen jedoch mehr mit seiner Tätigkeit als mit klimatischen Veränderungen in Beziehung gebracht werden. Tatsächlich läßt der nahe gelegene Ixtaccihuatl solche Schwankungen nicht erkennen. Der reichliche Schnee auf dem Popocatepetl erschwert die Bestimmung der Firngrenzen und die Feststellung, ob es sich um einen einzigen oder um mehrere Gletscher handelt, wie einige Gelehrte behaupten.

Bei den drei obengenannten Gletschern, den einzigen in Mexiko, deren Gesamtoberfläche heute die bescheidene Zahl von 12 qkm erreicht, beobachtet man deutlich alle die für Gletscher charakteristischen Erscheinungen, wie Kornstruktur, Schichtenbildung, Eisformen verschiedener Natur, die häufig auf steilen Zungen und in bestimmten Sektoren in Verbindung mit topographischen Besonderheiten des Gebirges auftreten. Durch Messungen und Auswertung der Gletscherspaltentiefen erhielt man Dicken von ca. 60—30 m. — Büsserschneedecken von ca. 1 m Höhe wurden besonders auf den Westabhängen des Popocatepetls in einer Höhe über 5000 m beobachtet.

Das Klima der hier behandelten mexikanischen Zone weist die bekannten Merkmale einer trockenen Winterperiode und feuchten Sommerzeit auf. Die Niederschläge beginnen im April/Mai und halten bis Ende September an. Da es sich aber um ein Hoch-

gebirge handelt, muß auch die Zeit der Schneefälle mit berücksichtigt werden, die außer in der sommerlichen Niederschlagsperiode auch im Winter niedergehen. Praktisch niederschlagslos sind nur die drei Monate Februar, März und April. Außergewöhnliche Schneefälle setzten von Zeit zu Zeit im Januar ein, wie z. B. in den Jahren 1918, 1923, 1941, in denen der Schnee die Höhe von 2400 m erreichte. Bemerkenswert ist die im Sommer auftretende Bewölkung. Es sind keine genauen Angaben über die Höhe der Schneeniederschläge vorhanden; wir kennen aber die Schneegrenze, die über 4000 m (im Durchschnitt 4200) liegt, während sich die Waldgrenze bei 3800 m befindet. Man hat beobachtet, daß seit 1944 die Schneefälle häufig bis zu einer Höhe abwärts von 3300 m anfallen, aber bereits nach 14 Tagen wieder verschwunden sind. Die Isotherme von 0° liegt ebenfalls auf dieser Höhe in Übereinstimmung mit den in dem Gebirgsboden vorhandenen Periglazialerscheinungen.

Das Studium der Schwankungen des Schneeniveaus und der Niederschlagsintensität der letzten Jahrzehnte ergibt einen gewissen Parallelismus zwischen den Niederschlagsveränderungen, der Häufigkeit der kalten Nordwinde (die sogen. „Nortes“) und den Gletscherschwankungen.

Wie ich schon erwähnte, stimmen die Schwankungen der Popocatepetlgletscher seiner vulkanischen Tätigkeit wegen nicht mit denen der Ixtaccihuatlgletscher überein. Über das, was sich auf dem Gipfel des Orizaba abspielt, wissen wir nur wenig. Dagegen sind die Ereignisse, die auf dem alten Aufbau des nunmehr seit langen Perioden untätigen, der Erosion ausgesetzten Ixtaccihuatl vor sich gehen, von großem Interesse, da die Veränderungen seiner Gletscher ausschließlich auf Auswirkungen des Klimas beruhen.

Es ist hier offensichtlich, daß die Gletscher — die, wie ich schon erwähnte, alle nördlich und nordwestlich orientiert sind — Vorstoß- und Rückzugbewegungen ausgesetzt sind, die eher als Folgen des örtlichen Klimas betrachtet werden müssen und nicht als Exponenten von Jahrhunderte alten Tendenzen der Klimaveränderungen des ganzen Kontinents. Es ist auch selbstverständ-

lich, daß es so sein muß; denn der bescheidene Umfang der Gletscher kann einfach nicht das Ergebnis der Durchschnittsauswirkung von Temperaturen und Schneefällen einer langjährigen Zeitperiode sein, so wie es bei großen Gletschern der Fall ist, die nur die Einflüsse der Algebrasumme der klimatischen Faktoren angeben und deren Vorstoß- und Rückzugsbewegungen eine Verstärkung der Vergletscherungen oder der kälteren und wärmeren Perioden und Zwischenräume darstellen. In Mexiko erinnert man sich noch sehr gut an den Fall des Ayolotepito (Oberfläche 0,39 qkm), des nördlichsten der Ixtaccihuatlgletscher und an das grandiose Schauspiel seiner großen Veränderungen, die ihn verschiedene Male fast vollständig zerstörten. Die Ixtaccihuatlgletscher können in einem Zeitraum von wenigen Jahren heftige Schwankungen durchmachen. Auf ein Jahr fast vollständigen Erloschenseins kann eine Periode von intensiver Tätigkeit, wie auch in umgekehrter Weise, erfolgen, so daß der im Jahre 1893 erlittene Rückzug des Ayolotepitogletschers nicht auf eine allgemeine Rückzugbewegung hinweist, da dieser sich weitgehendst infolge der von 1908 und 1925 erfolgten Schwunderscheinungen regenerierte und jährlich ohne deutliche Stillstand-Vorstoß- oder Rückzugsphasen Schwankungen unterworfen wurde. Eine andere Frage, die ich gerne erörtern möchte, ist die Art des Schnees. Er besteht aus winzigem Kornsnee derselben Art, wie ich sie auch in den subtropischen Zonen der Anden angetroffen habe (zwischen dem 29° und 27°). Die leichten Körner sind kugelförmig mit einem Durchmesser von 1—3 mm. Dieser Schnee haftet nur wenig auf dem Boden und neigt mehr dazu, in die Tiefen zu gleiten und sich dort anzusammeln; er bleibt nur auf gewissen Boden- und Gesteinsarten liegen, so daß er auf den hohen Gebirgsabhängen nur sehr unregelmäßig verteilt ist.

Betrachten wir jetzt die pleistozänischen Vergletscherungen, so ist es ein leichtes, zu beobachten, wie diese, da die Spuren einer Vergletscherungsauswirkung bei 3600 m nicht mehr sichtbar sind, und auch die Gestaltung der Gebirge vulkanischen Ursprungs in Betracht gezogen werden muß,

eine Oberfläche von einigen hundert qkm nicht überschreiten. Zu wenig, um irgendwelchen Einfluß auf die in Mexiko erfolgten klimatischen Veränderungen ausgeübt zu haben und um Ablagerungs- oder Erosionsrhythmen oder großzügige Veränderungen der geographischen Landschaft, wie es dagegen in den nördlicher gelegenen Regionen der Fall ist, hervorrufen zu können. Die mexikanischen Vergletscherungen der Vergangenheit sind demnach Rückwirkungen — innerhalb ihrer allgemeinen Linien — längst vergangener klimatischer Ereignisse und die Veränderungen und Stadien Folgen des örtlichen Klimas.

In der letzten Zeit hat man versucht, Zusammenhänge mit den 4 großen Vergletscherungen Nordamerikas aufzustellen. Aufgrund meiner, jedoch noch nicht vollständig abgeschlossenen Nachforschungen, handelt es sich nur um zwei Vergletscherungen, wie ich diese übrigens auch in anderen subtropischen Zonen Südamerikas feststellen konnte.

Wenn man außerdem noch in Betracht zieht, daß die Gletscherveränderungen in Mexiko die Auswirkung von örtlichen Klimaveränderungen sind, ist es offensichtlich, daß hieraus keine für die mexikanische Quartärzeit gültige Chronologie abgeleitet werden kann. Die großen nordamerikanischen Vergletscherungen stehen dagegen in engster

Verbindung mit den Pluvial- und Interpluvialzeiten der entsprechenden tropischen Zonen der Neuen Welt, so wie die europäischen Vergletscherungen in Beziehung zu den afrikanischen Pluvialzeiten stehen.

Diese Wechselwirkungen der Pluvial- und Interpluvialzeiten werden dazu ausersehen sein, als Grundlage zu dienen für den Aufbau der Chronologie der quartären und prähistorischen Ereignisse in Mexiko.

#### Literatur:

- Aguilera y Ordoñez: Expedition científica al Popocatepetl. — Com. Geol. Mexico, 1895.  
 Blasquez, L.: Anales Inst. Geol. Mex., XII, p. 57, 1957.  
 Blasquez, L.: Bol. Inst. Geol. Mex. n. 61 p. 93, 1961.  
 De Terra H., Tepexpan Man. — Wiking Fund Publ. n. 11; 1949.  
 Freudenberg: Mem. Soc. Cient. Alzate, 31, p. 71. Mexico 1911.  
 Jaeger, F.: Forschungen üb. diluviale Klima in Mexico. — Peterm. Mitt. E. H. 190, 1926  
 Lorenzo, J. L.: Los glaciares de Mexico. — Inst. Geof. Mon. n. 1, 1959.  
 Lorenzo, J. L.: Bol. Inst. Geol. Mex. n. 61, p. 77, 1961.  
 Mooser, F.: IV. Central America. — Cat. Active vulc. Wordl., Intern. Vulc. Ass. 1958.  
 Ordoñez, A.: Mem. Soc. Cient. Alzate, 8, p. 31 — Mexico 1894.  
 Waitz, P.: Bol. Soc. Geol. Mex. 7, p. 67, 1910.  
 Weitzberg, F.: Mem. Soc. Cient. Alzate, 41, p. 65. Mexico 1923.  
 Withe, S.: Journ. Glac. 2, p. 389, 1954.  
 Withe, S.: Journ. Geol., 64, p. 289, 1956.  
 Withe, S.: El Ixtaccihuatl. — Publ. 6 Inst. Antr. Hist. Mexico 1962.  
 Wallén, C. C.: Fluctuations a. variability in mexican ranfalls. — The future of arid lands. p. 141, 1956.

## Über zwei Elektro-Schmelzsonden mit Vertikal-Stabilisierung

Kurzbericht über Messungen am Jungfrauojoch (Schweiz) im Stollen Q100 der PTT;  
Arbeitsplatz: Hochalpine Forschungsstation

Von Karl Philberth, München \*

Im Eis des ebengenannten Stollens<sup>1)</sup> — Klareis und Blaseneis mit rund  $-2^{\circ}\text{C}$  — wurden im Juni 1963 vom Verfasser Messungen mit zwei verschiedenen Typen selbstkonstruierter Schmelzsonden durchgeführt. Jede Sonde war an ihrem oberen Ende an einem Starkstromkabel befestigt. Die beiden Sondentypen waren zu dem Zweck kon-

struiert, einen Sondenaufbau zu finden, der — auch unter ungünstigen Verhältnissen — durch Selbst-Stabilisierung einen vertikalen Lauf der Sonde im Eis sicher erreicht und beibehält. Das ist besonders für Sonden nach dem vom Verfasser vorgeschlagenen Abspulprinzip<sup>2)</sup> wichtig.

Bei dem Typus der „wärmekonstanten“

\*) Dr. Karl Philberth, 8 München 23, Destouches-Straße 14