

und Minna Bluff sind vulkanisch. Im Süden greift das Blatt auf das Ross-Schelfeis hinüber, das hier durch Minna Bluff und Ross-Insel gestaut wird und ausgedehnte Preßeis-Spaltengebiete bildet.

Hingewiesen werden muß noch darauf, daß die Höhengschichten nicht identisch sind mit eisfreiem Gebiet. Überall ist lokale Vergletscherung und Verfirnung vorhanden und nur stellenweise nackter Felsen sichtbar. Weiß blieben nur die wirklichen Gletscher- und Inlandeisgebiete, während die Höhengschichten ein Hilfsmittel darstellen, um Gebirgsgegenden sichtbar abzuheben, damit sie bei der Navigation sowohl vom Boden als auch von der Luft aus erkennbar sind.

Aus finanziellen Gründen war es diesmal noch nicht möglich, die Höhen- und Tiefenstufen so auszuführen, wie sie ursprünglich vorgesehen waren. Auch die Rotplatte für politische Eintragungen mußte durch Schwarz ersetzt werden. Doch gibt auch so die Karte noch ein plastisches Bild und dürfte zur Anregung einer Diskussion ausreichend sein.

Bei der weiteren Bearbeitung von antarktischen Blättern werden in erster Linie die bereits bekannten Gebiete berücksichtigt werden müssen. Doch ist geplant, auch Leerkarten, nur mit Gradnetz versehen, herauszugeben, die sich als Unterlage für Luftkrokierungen und Bodenaufnahmen verwenden ließen.

Das Projekt einer Millionenkarte der Antarktis kann nur in internationaler Gemeinschaftsarbeit verwirklicht werden. Zu diesem Zweck soll auf dem kommenden Geographenkongreß in Washington hierüber ein Referat gehalten werden, bei dem das hier als erste Probe veröffentlichte Blatt ST 58 als Diskussionsgrundlage vorgelegt werden soll (11). Ich danke an dieser Stelle allen, die zu der Arbeit beigetragen haben, insbesondere dem Scott Polar Research Institute, Cambridge, für Überlassung der Karten der Scott-Expedition, dem Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen für die fachgemäße Druckausführung und nicht zuletzt Herrn Professor C. Troll dafür, daß er die Veröffentlichung des Probeblattes überhaupt erst ermöglicht hat.

#### Anmerkungen:

1. Resolutions and Proceedings of the International Map Committee, assembled in London, 1909. (London 1910) und Comptes Rendus des Séances de la 2<sup>e</sup> Conférence Internationale. (Paris 1914). Für Überlassung des Musterblattes bin ich dem Bureau of the I. W. M., Cheshington zu Dank verpflichtet.
2. *Stocks, Th.*, Die Darstellung des Meeres auf der Internationalen Weltkarte 1:1 000 000. Wiss. Veröff. Dr. Mus. f. Länderkde. N. F. 1936.
3. Bearbeitet sind die Blätter 1737—38, 1751—54, 1762, 1771—76, 1780, 1781, 1793—96, 1798, 1799 1804—06, 1808—11, 1814—15, 1821 1828, 1842. Vgl. ICAO Catalogue, Planche AW/57, Stand 15. 2. 1951.
4. Die Zeichengabe auf polaren Übersichtskarten und Vorschläge zu ihrer einheitlichen Regelung. (Kiel 1952).
5. Vgl. Pet. Mittn. 1951, H. 2.; hier ist als Probeausschnitt Neu-Schwabenland beigegeben. Kopien der Karte befinden sich z. Zt. am Geographischen Institut der Universität Bonn, bei den Expéditions Polaires Françaises Paris, im Scott Polar Research Institute, Cambridge, beim Instituto Antartico Argentino Hernán Pujato, Buenos Aires und am Geodätischen Institut der Universität Tucumán sowie bei der Eidgenössischen Landestopographie, Bern-Wabern. — Siehe auch: Antarktis, Forschungsstand. Karte in Polarforschung II, 1950, 1/2. S. 372.
6. *Debenham F.*, Report on the Maps and Surveys. (London 1923), besonders die Karten 4—12 und 14.
7. *Mawson, D.*, Route and Surveys of the South Magnetic Polar Party. (London 1909).
8. Gemeint ist Blatt SS 58 Terra Nova Bay.
9. Besonders eindrucksvoll sind die Schrägaufnahmen, die von Westen her gegen Dry Valley und die Ross-Insel aufgenommen wurden. Eines ist im Natl. Geogr. Magazine, 1947, 7 reproduziert.
10. Auf das Seekartenverzeichnis Pet. Mittn 1951, H. 2 sei hier verwiesen.
11. Project of a provisional edition of the International Map of the World for the Antarctic. Resumés des Communications. 17. Congrès International de Géographie, Washington (Im Druck).

## DER WASSERHAUSHALT DES HOCHTALES VON MEXIKO

Helmuth O. Wagner

Mit 3 Abbildungen

Die einzigen Zeugen vergangener Kulturen sind mancherorts Ruinen, welche beim Beschauer immer wieder die Frage nach den Ursachen des Verfalls der einst blühenden Gemeinwesen auslösen. Nicht selten werden hierfür Klimaänderungen angegeben, wobei meist unberücksichtigt bleibt, ob diese kosmischer Natur waren, oder aber der Mensch das Antlitz der Erde so weitgehend veränderte, daß eine Veränderung des Klimas mit all ihren Folgen im negativen Sinne erfolgte. Ist letzteres der Fall, liegt der Todeskeim demnach schon in den unausbleiblichen Folgen der Konzentrierung bedeutender Menschenmassen auf beschränktem Raum. Für die mutmaßliche Zukunft der Landeshauptstadt Mexiko, 1950 mit 2,9 Millionen Bewohnern, einschließlich der Vororte, ist diese Erfahrungstatsache nicht ohne Bedeutung. Moderner Zeitgeist hat sie ohne Rücksicht auf die Natur aufgebaut. In den letzten zwei Jahrzehnten hat dieser Mangel an Weitblick sich mit stets steigender Tendenz ausgewirkt. Wir haben aus diesem Grunde zu befürchten, daß der gegenwärtige Hochstand eine Scheinblüte darstellt, deren Dauer eine Frage der Zeit ist.

Besuchern der Landeshauptstadt fallen schon seit der Jahrhundertwende auf den flachen Dächern, je nach der Größe des Hauses, einzelne bis ganze Reihen von Wassertanks auf. In ihnen wird Wasser gespeichert, um während der Tagesstunden, in denen dem Rohrsystem große Mengen entnommen werden und der Druck absinkt, die Versorgung der Haushaltungen zu sichern. Bis vor etwa 20 Jahren basierte dieser Mangel an einem Nachhinken des Versorgungssystems gegenüber der wachsenden Einwohnerzahl. Heute trifft dies nicht mehr zu. Mit allen Mitteln der modernen Technik versucht die Verwaltung den Wasserbedarf zu decken. Trotzdem gelingt dies immer weniger. Heute ist die Versorgung so mangelhaft und unregelmäßig, daß in manchen Stadtteilen die Abgabe wechselseitig nur noch während einiger Tagesstunden erfolgt, indessen in anderen der Druck so ge-

ring ist, daß er nicht über das Erdgeschoß hinausreicht. Die modernen Hochhäuser regulieren ihre Versorgung durch unterirdische Reservoirs, aus denen mit eigenen Anlagen das Wasser hochgepumpt wird. Da die Tankkapazitäten vielfach unzureichend sind, sind zahlreiche Haushaltungen während eines Teiles des Tages ohne Wasser.

Bei einem derartig gestörten Wasserhaushalt ist auch eine unzureichende Stromversorgung — soweit sie durch Wasserkraft erzeugt wird — zu erwarten. In der Metropole wird denn auch die Stromabgabe in der regenlosen Jahreszeit stark reduziert. Während über sechs Monaten des Jahres müssen Wirtschaft

gestört, daß Wasser- und Stromversorgung zu einem Problem ausgewachsen sind, dessen Lösung kaum noch im Bereich des Möglichen liegt. Es ist nicht nur unzureichend Wasser für den Augenblick da, sondern die mengenmäßige Zufuhr sinkt bei wachsender Bevölkerung von Jahr zu Jahr. Die ursächlichen Zusammenhänge, welche zur gegenwärtigen Lage führten, haben eine lange Vorgeschichte. Sie beginnt mit der Eroberung des Aztekenreiches durch Cortes.

Als die Spanier 1519 auf das von hohen Gebirgen umrahmte Hochtal von Mexiko herabschauten, gaben zahlreiche große Seen der Landschaft ihren Charakter. Zwischen diesen lagen mehr oder weniger sumpfige

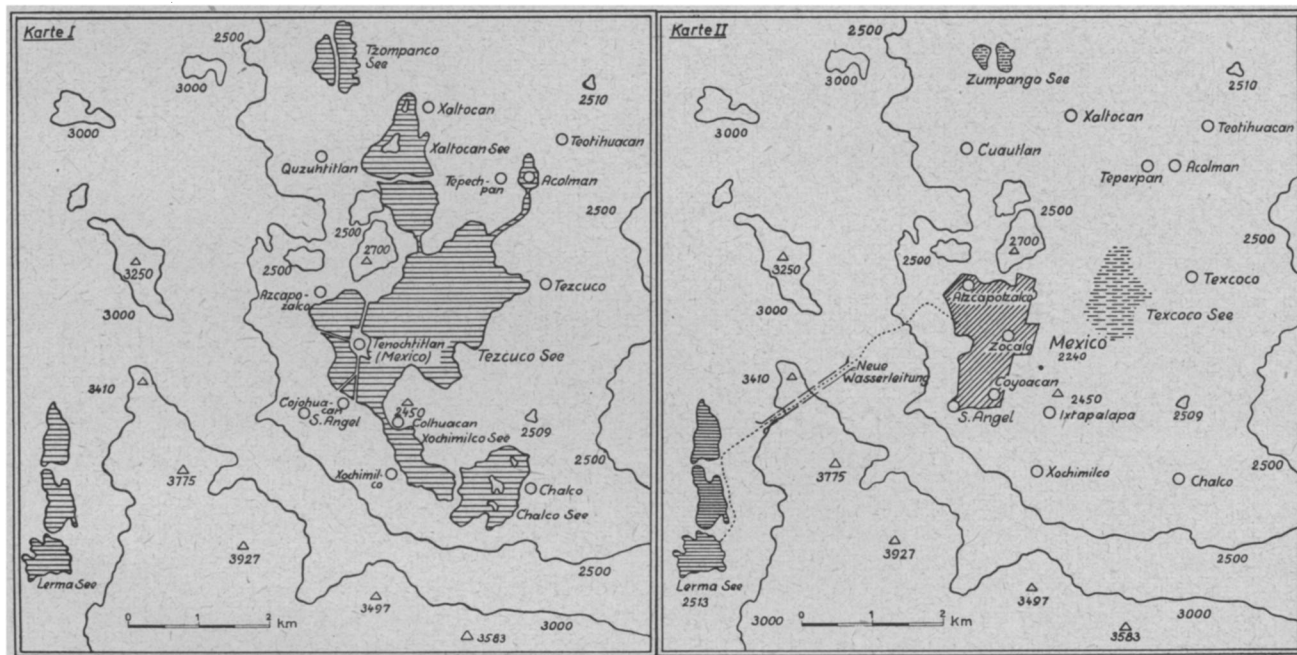


Abb. 1: Die Verteilung von Land und Wasser im Hochtal von Mexiko

Karte I: Z. Z. der Eroberung durch die Spanier. Durch die Höhenlinien und Punkte ist die Lage des Hochtals im Gebirge abzulesen. — Karte gezeichnet auf Basis von derjenigen von W. H. Prescott.

Karte II: Die Restseen (gestrichelt), im Hochtal zu Mexico, welche nur noch während der Regenzeit Wasser enthalten. Die neue Wasserleitung, welche in einem Tunnel das Gebirge durchbohrt, ist gestrichelt eingezeichnet. — Karte zusammengestellt auf Basis mehrerer neuer Karten.

und Haushalt zur Zeit 40 % ihres Normalverbrauches einsparen. Um dies verschärfen zu erreichen, wird im Winter und Frühjahr abends kurz nach dem Dunkelwerden jegliche Stromzufuhr  $\frac{3}{4}$  Stunden unterbrochen, ebenso Sonnabendmorgens, um auf diese Weise die Industrie zu zwingen, zu feiern, trotzdem sie ihren Verpflichtungen gegenüber den Arbeitnehmern unverkürzt nachzukommen hat.

Welches ist die Ursache, daß alle Anstrengungen der letzten Jahre, die unheilvollen Zustände, welche eine Abwanderung der Industrie und damit Rückgang der Einwohner als Folge haben werden, zu bannen, vergebens sind? Die Antwort liest der Biologe am Antlitz der Landschaft ab. Im Hochtal von Mexiko und in den dieses im weiten Umfang einrahmenden Gebirgen ist der natürliche Wasserhaushalt so stark

Flächen, welche mit Beständen von Erlen, Weiden und mächtigen Sumpfpalmen durchsetzt waren. Bei Grabungen stößt man auf die Wurzelstöcke dieser Wälder, ebenso wie man kürzlich zahlreiche Kranich-eier fand, deren Alter Wetmore (Washington) auf 2000 Jahre schätzt. Diese Funde erlauben eine Rekonstruktion der einstigen Lebensgemeinschaft, von der die spanischen Historienschreiber so gut wie nichts berichten. Die umliegenden Gebirge trugen je nach den oekologischen Verhältnissen Nadel- oder Mischwald, in dem Kiefern und Eichen vorherrschten.

Die Azteken hatten, um ihre märchenhafte Lagunenstadt Tenochtitlan vom jahreszeitlich schwankenden Wasserstand der Tescocosees zu schützen, diesen durch zahlreiche kleinere und größere Dämme aufgeteilt, und so mittels Schleusen eine künstliche Regulierung

erreicht. Die Spanier, die Gefahren des Hochwassers in regenreichen Jahren nicht kennend, ließen die Anlagen verfallen. Alles ging gut, bis im Jahre 1553 die Katastrophe einsetzte. Die Wiederherstellung der alten Dämme brachte nicht den erhofften Erfolg. In der Zwischenzeit war das Gleichgewicht der Natur so stark gestört, daß die Landeshauptstadt, erbaut auf den Trümmern von Tenochitlan, nahezu alljährlich unter Wasser stand. Beim Regierungsantritt des Vizekönigs Don Luis de Valeasco II. war ein Teil der Stadt verfallen und verlassen. Er beauftragte eine Kommission mit Vorschlägen zur Behebung der verzweifelten Lage. Der Hamburger Wasserbautechniker Enrice Martines schlug eine Entwässerung des damals abflußlosen Tales von Mexiko vor und führte diese später durch. Er baute ein Kanalsystem, dessen Abfluß das Randgebirge in einem 6,6 km langen Tunnel durchbohrt. Eine Entwässerungsanlage, welche erweitert bis zum heutigen Tage arbeitet.

Warum waren die Ausmaße der Überschwemmungen des sechzehnten Jahrhunderts den Azteken noch unbekannt? Der Hauptmeister der Entwässerung Enrice Martines weist in einem Bericht vom 20. Juni 1608 als Ursache der Überschwemmungen ausdrücklich auf die Abholzungen der Höhen und Hänge der Gebirge hin. Weniger der vermehrte Holzverbrauch führte den Waldschwund herbei, als die eingeführten Ziegen, Schafe und Rinder. Einmal mußte Weideland für diese geschaffen werden, vor allem war es aber der Waldweidegang, der in seiner Stetigkeit in wenigen Jahrzehnten, verbunden mit dem Abbrennen, schwere Folgen zeigte, da jeglicher Nachwuchs vernichtet wurde. Bei der Steilheit der Berge setzte mit ihrer Entwaldung eine starke Erosion ein (Abb. 3 Bild 2). Kahle vegetationslose Berge rückten an die Stelle der früher dicht bewaldeten. Mit dem Schwinden des Bodens, in dem ein Großteil der Niederschläge hatte versickern können, um als bewegliches Bodenwasser die Quellen zu speisen, schwellen die Wasserläufe in der Regenzeit in bisher unbekannter Weise an. Die Wasserzufuhr der Seen vervielfachte sich in diesen Monaten. Gleichzeitig führten die bisher klaren Gebirgsbäche und Flüsse Geröll und Schlammassen zu Tale. Als erstes setzten diese die Spalten und Risse der unterirdischen Seeabflüsse zu. Die abgeschwemmten Erosionsmassen füllten im Laufe der Jahre die Seen auf. So lag der Boden des Tescocosees zur Zeit der Eroberung 14 Meter tiefer als heute. Mit der Verlandung der Seen sank deren Fassungsvermögen und stieg dementsprechend die Überschwemmungsgefahr. Die Spanier versuchten dem entgegenzuwirken durch Auffüllung der bisherigen Lagunenstadt. Die kürzlich freigelegten, ursprünglichen Sockel des Klosters von Santa Domingo an der Alameda zeigen hier eine Erhöhung des Stadtniveaus von 1,6 Metern.

Während früher Überschwemmungen die Stadt Mexiko heimsuchten, ist heute der Wasserschatz so weit erschöpft, daß ein Fortbestehen im heutigen Ausmaß ernstlich in Frage gestellt ist. Zahlreiche Quellen am Gebirgsfuß versorgten durch Jahrhunderte die Stadt mehr als ausreichend mit Wasser. Parallel mit zunehmendem Waldschwund ihrer Einzugsgebiete nahm ihre Ergiebigkeit ab, da der Niederschlag in

den Bergen nicht mehr an Ort und Stelle versickerte, sondern überwiegend oberirdisch abfloß, um durch ein Kanalsystem schnellstmöglichst aus dem Hochtal hinausgeleitet zu werden und der Überschwemmungsgefahr zu begegnen.

Bei einer Verteilung des Niederschlages auf das ganze Jahr wäre die gemessene Menge von durchschnittlich 750 mm, in den Bergen 1200 mm, ausreichend (Abb. 2). Es herrscht jedoch eine Trockenzeit von über 6 Monaten, in welcher die vorher abgeleiteten Wassermengen fehlen.

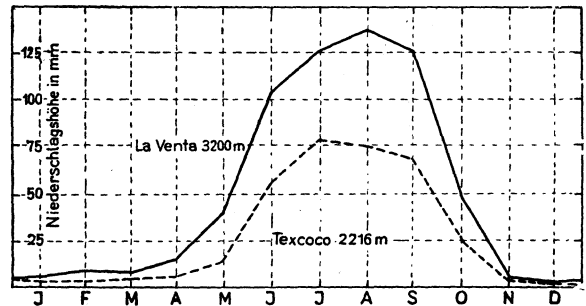


Abb. 2: Monatliche Niederschlagsmenge im Hochtal von Mexiko (Texcoco) und im einrahmenden Gebirge (La Venta).

Niederschlagshöhe in cm.

Bei steigendem Wasserverbrauch und sinkender Quellversorgung wurde es vor bald dreißig Jahren erforderlich, den fehlenden Bedarf durch Grundwasser zu decken. Dies war eine gute Lösung, solange das Abgepumpte sich in der Regenzeit wieder auffüllte. Zwischen 1940 und 1950 stieg die Einwohnerzahl bei gleichzeitiger starker Industrialisierung von 1,3 auf 2,9 Millionen. In diesem Jahrzehnt förderten die Grundwasserwerke aus Tiefen von mehreren hundert Metern so erhebliche Wassermengen zu Tage, daß die Infiltration nicht mehr zum Ausgleich ausreicht und ein ständig fortschreitendes Absinken des Grundwasserspiegels beobachtet wurde. Zu allem Unglück ordnete im Jahre 1937 der Präsident Cardenas die Trockenlegung des Tescocosees an in der Absicht, fruchtbares Ackerland zu gewinnen. In völliger Unkenntnis der Verhältnisse wurde seine allmählich durch Abflußmangel erfolgte Versalzung nicht berücksichtigt. Heute ist das Seengebiet zumindest während der niederschlagsarmen Monate eine vegetationslose Salzwüste, in der die berüchtigten Staubstürme entstehen, welche in der regenlosen Hitzezeit die Hauptstadt neuerdings heimsuchten. Diese nur durch Verkennung der Verhältnisse erklärbare Maßnahme hat die Versickerung, besonders durch ihren Ausfall in der Trockenzeit, so vermindert, daß wir heute dabei sind, die Grundwasservorräte auszutrinken.

Bild 1: Alter Stich der Stadt Mexiko aus dem Jahre 1628, als — von Wassern umgeben — nur einzelne Dämme zu ihr führten.

Bild 2: Erosion in der Nähe der Stadt Mexiko (Santa Rosa). Die Höhe der abgeschwemmten Erdschicht beträgt hier zwischen 320 und 350 cm.

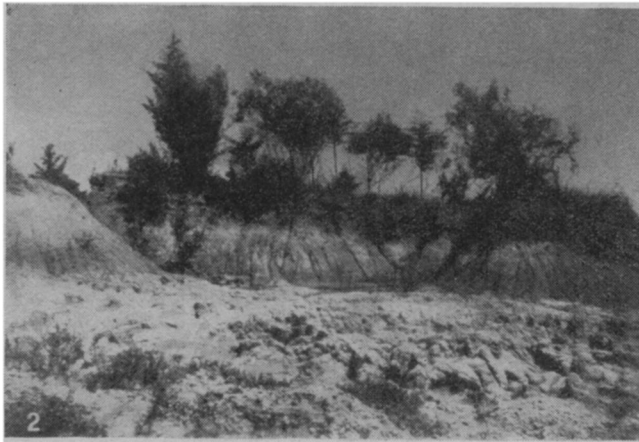


Abb. 3:

Bild 3: Der „See“ von Xochimilco ist ein Labyrinth von Kanälen. Diese Aufnahme ist 1940 in der winterlichen Trockenzeit gemacht, in welcher der hohe Grundwasserstand einen Anbau von Mais ermöglicht. Seit 1946, als Folge des gesunkenen Grundwasserstandes, sind in dieser Jahreszeit die Kanäle mehr oder weniger ohne Wasser und eine zweite winterliche Maisernte ist damit unmöglich.

Bild 4: Schonungslos werden die Wälder zur Abholzung freigegeben und Maisfelder angelegt. Durch Erosion ist binnen weniger Jahre der Boden fortgeschwemmt und mit dürrftigem Gras bewachsene Berge lassen nicht ahnen, daß hier vor kurzem noch Wälder standen.

Bild 5: Abholzung im Naturschutzpark am Nevado von Toluca. Januar 1948.

Den Folgen des sinkenden Grundwasserspiegels begegnen wir heute auf Schritt und Tritt. Das erste mir bekannte Anzeichen war das Absterben der mächtigen Sumpfpfypresen im Park von Chapultepec. Es gelang nur, einen Teil durch ständige künstliche Bewässerung zu erhalten. Der letzte See im Hochtal, der von Xochimilco, ist schon seit langem kein eigentlicher See mehr, sondern ein verzweigtes, stellenweise ausgeweitetes Kanalsystem, welches durch Inseln führt, auf denen Blumen und Gemüse angebaut werden. In den letzten Jahren hat sich der Wasserstand um 1,2 Meter gesenkt. Die Mehrzahl der Kanäle sind heute das ganze Jahr trocken und nur die tiefsten enthalten eine schlammige Brühe. Wo vor wenigen Jahren Gartenkulturen im Sommer einen hohen Erlös brachten, und auf den gleichen Äckern während des Winters Mais wuchs (Abb. 3 Bild 3), wird heute nur noch in den niederschlagsreichen Sommermonaten Mais angebaut. Der „See“ von Xochimilco wäre bereits ausgetrocknet, wenn nicht mittels Kanälen hochgepumptes Wasser zugeleitet würde. Ein an und für sich sinnloses Geschehen, welches damit begründet wird, daß man die „Schwimmenden Gärten“ von Xochimilco als Anziehungspunkt für die amerikanischen Touristen nicht ganz verlieren möchte.

Der Maisanbau erfolgt vielerorts im Hochtal heute erst um Monate verspätet. Man ist auf den Einsatz der Regenzeit angewiesen, indessen vormals die Bodenfeuchtigkeit als Folge des hohen Grundwasserspiegels eine frühere Aussaat erlaubte.

Außer der Veränderung der Lebensbedingungen der Tier- und Pflanzenwelt hat aber auch die Boden-austrocknung im Stadtkern höchst unangenehme Folgen gehabt. Es bilden sich im Erdinneren bis über einen Meter hohe und bis zu 200 Metern Durchmesser linsenförmige Hohlräume. Bei den neuen Hochhäusern wird durch die Tiefe der Fundamente auf den gerade zur Zeit herrschenden Zustand Rücksicht genommen, indessen ältere größere Gebäude sinken. Träfe dies nur für Einzelgebäude zu, so wäre dies an und für sich nicht von lebenswichtiger Bedeutung. Tatsächlich hat sich aber das gesamte Stadtzentrum in den letzten Jahren laut Zeitungsmeldungen um 1,6 m gesenkt. Das Kanalsystem, welches die Abwässer fortführt, hat hierdurch sein Niveau verändert, welches bei der ebenen Lage der Stadt nur ein geringes Gefälle hatte. Bei heftigen Regenfällen werden daher die Abwässer, anstatt abzufließen, aufgestaut. Aus den Silos quellen dann die stinkenden Kloakenwässer hervor und das Hauptgeschäftszentrum ist tagelang bis zu 60 cm hoch von der schmutzigen Brühe überflutet. vielerorts entstehen Brüche nicht nur in den Entwässerungskanälen, sondern auch im Trinkwasserrohrsystem. Die Erregung in den Zeitungen über die ständig wachsende Zahl der Typhuserkrankungen in der Hauptstadt beruht nicht auf verseuchtem, der Stadt zugeleitetem Wasser, sondern auf Eindringen von Kloakenwasser in die durch Erdsenkungen undichten Trinkwasserrohre. Eine zwangsweise völlige Neuanlage des Entwässerungssystems der Innenstadt ist nur eine Frage von Jahren. Wo man hinblickt, allenthalben drohen der Stadt durch den gestörten Haushalt der Natur Gefahren.

In Voraussicht der Gefahren der Wasserversorgung begann man im Jahre 1942 mit dem Bau einer neuen Wasserleitung, welche bis jetzt 225 Mill. Pesos gekostet hat. Durch einen Tunnel mußte von dem westlich vom Hochtal von Mexiko gelegenen höheren Tal des Rio Lerma eine Zuleitung hergestellt werden, welche 500 Millionen Liter täglich der Stadt zuführt. Kenner der Landesverhältnisse sind sich der Gefahr bewußt, welche dem unteren Lauf des Rio Lerma und weiter Santiago (dem längsten Fluß der Republik) durch die Wasserabzapfung droht. Beispiele gibt es in dieser Richtung aus dem letzten Jahrzehnt genügend hierfür. So ist der Cuitzeo See (der zweitgrößte Mexikos) ausgetrocknet, seit sein Zufluß aus dem Gebirge die Stadt Morelia mit Wasser versorgt. Für die ständig anwachsende Einwohnerzahl von Guanajuato wurde der obere Rio Moctezuma angezapft mit der Folge, daß flußabwärts, wo ihn früher Felder mit künstlicher Bewässerung säumten, heute Häuserruinen zwischen Kakteen und Dornsträuchern stehen. Beim Rio Lerma kommt noch hinzu, daß während der Bauzeit der Wasserleitung sich die Verhältnisse verändert haben.

Das Einzugsgebiet der Flußquellen bilden im wesentlichen die Regionen des Nevados von Toluca, in welcher die schonungslose Zerstörung der Waldbestände durch Abholzung (Holzverbrauch der Hauptstadt) (Abb. 3 Bild 4 und 5) in den letzten 20 Jahren, trotzdem er teilweise Naturschutzpark ist (Bild 5), einen derartigen Umfang angenommen hat, daß die Versorgung des Rio Lerma durch die Quellen von Almoloya eine ständig sinkende Tendenz zeigt. Die gleichen Vorgänge wie im Falle von Mexiko, nur heute im Zeitalter der Technik bedeutend rascher, haben sich hier wiederholt. Die Zerstörung des biologischen Gleichgewichts hat bereits dazu geführt, daß, trotzdem bis jetzt kein Wasser für Mexiko entnommen wird, der Spiegel des größten Sees Mexikos, des Chapala, von Jahr zu Jahr tiefer sinkt und die Stadt Guadalajara ernste Sorge hat, daß ihr Kraftwerk, welches flußabwärts vom See liegt, bald nicht mehr die erforderlichen Wassermengen zum Betrieb erhält.

Das große Projekt, welches der Hauptstadt endgültig ausreichend Trink- und Nutzwasser zuführen sollte, wird durch die gänzliche Außerachtlassung der ursächlichen Zusammenhänge illusorisch werden, indem nach seiner Betriebsetzung die Wahrscheinlichkeit besteht, daß während der Trockenzeit der versumpfte obere Teil des Lerma bei Toluca leerläuft, was die schon jetzt von Jahr zu Jahr abnehmende Menge, mit dem der Fluß dies Gebiet verläßt, anzeigt.

Die unzureichende Stromversorgung ist ein weiteres, wenn auch weniger ernstes Problem, da dies in einem Lande mit großen Erdöllagern behoben werden sollte, wenn wir auch nicht vergessen dürfen, daß die Erdölförderung 1949 auf weniger als 25 % von der des Jahres 1937 gesunken war, so daß nur noch der Eigenbedarf gedeckt wird. Durch Wasserkräfte dürfte eine ausreichende Erzeugung von Elektrizität nicht mehr zu erreichen sein. Die Kraftwerke liegen an Staudämmen, deren Ausmaß, um die Anlage in vollem Betrieb zu halten, einen ständigen Zufluß erfordern. Die Waldbestände der Einzugsgebiete der Talsperren werden fortschreitend mehr reduziert, wodurch der

Anteil der verdunstenden Feuchtigkeit neben abnehmender Versickerung stark zugenommen hat. Die Wassermassen der Regenzeit, die in der Trockenzeit fehlen, aufzuspeichern, besteht bis heute keine Möglichkeit. Die abzugverzögernde Wirkung des Waldes, der früher eine gleichbleibende Stromversorgung garantierte, kommt mit wachsendem Schwund durch Raubbau und Feuer immer mehr in Fortfall. Hierzu kommt noch, daß die Höhe des jährlichen Niederschlages eine sinkende Tendenz zeigt. Vermutlich sind die diesbezüglichen Veränderungen weniger kosmisch bedingt als eine Folge der Störung des örtlichen biologischen Gleichgewichts der Natur.

Während eine Behebung diesgerichteter Schwierigkeiten im wesentlichen eine Kostenfrage ist, ist die dauernde ausreichende Wasserversorgung der nahezu drei Millionen zählende Stadt eine schwer, wenn überhaupt zu lösende Aufgabe. Die einzige Möglichkeit — eine Zuleitung aus größerer Entfernung ist durch die Lage in 2300 m über dem Meer praktisch nicht durchführbar — liegt in einer Unterbindung des Abflusses der Wassermassen in der Regenzeit aus dem Tal von Mexiko. Durch Aufforstungen kann dies zum Teil erreicht werden, um so den Versorgungsanteil des Quellwassers zu erhöhen. Auf die Wichtigkeit der Neubewaldung der kahlen Bergzüge wird durch die Presse ständig hingewiesen, trotzdem hat der Staat noch keinen Weg gefunden, hiermit ernstlich zu beginnen. Einzig Privatbesitzer der holzverbrauchenden Industrie sind es, die weitsichtig mit Anpflanzungen begonnen haben, wobei sie einen ständigen Kampf gegen die Verhältnisse zu führen haben. Solange es noch möglich ist, wie es 1949 bei Puebla geschah, daß ein Dorf auf Basis einer gefundenen Akte aus dem 18. Jahrhundert Anrecht auf ein Gebiet geltend machte und dort zwischen 8 und 10 000 vier- bis sechsjährige Kiefern abschlug, ohne daß die Regierung einschritt, die erst nach Monaten feststellte, daß die Ansprüche unberechtigt waren, verliert man jede Hoffnung für die Zukunft des Waldes in Mexiko. Sachgemäße Aufforstung von staatlicher Seite wäre dringend nötig, wozu allerdings im Lande Erfahrung und vorgebildetes, anweisendes Personal fehlt. Wahrscheinlich werden die Anpflanzungen wie bisher aus Unkenntnis mit Eukalyptus und Kasuarien vorgenommen, Arten, die leicht anwachsen, aber für die Aufgabe, die sie erfüllen sollen, absolut nicht geeignet sind. Humusbildung zur Speicherung der Niederschläge und Bodenvegetation, welche der Erosion Einhalt gebietet, werden durch diese Fremdlinge nicht erreicht, da sie nur den Boden aussaugen, was jeder, der ihre Heimat bereist hat, bezeugen wird.

Außer durch Aufforstung muß die Wasserversorgung weiter gesichert werden mittels Grundwasseranreicherung durch die direkte Abflußverzögerung, so daß nicht, wie bis jetzt, die Entnahme auf Kosten eines sinkenden Grundwasserspiegels erfolgt. Teilweise erreicht das Sickerwasser diesen schon gar nicht mehr. Dies kann nur erreicht werden, indem das Entwässerungssystem in der Weise reguliert wird, daß die Versickerungsfläche durch Verhinderung eines Abfließens wieder vergrößert wird, so daß die Grundwasservorräte ausreichend ergänzt werden. Heute werden

selbst in den dürrsten Monaten alle Abwässer schnellstens aus dem Hochtal abgeleitet. Die örtlichen Verhältnisse werden dadurch noch verschärft, daß durch die starke Verdunstung in der Trockenzeit, besonders bei der Bewässerung der Gärten und Parkanlagen, der Kreislauf mit einem bedeutenden Verlust arbeitet. Während im gemäßigten Klima durch die Zurückgabe über die Abwässer die tatsächliche Verbrauchszahl etwa 10 % beträgt, dürfte sie in Mexiko bei über 50 % liegen.

Aus allem ist ersichtlich, daß die Gefährdung der Stadt Mexiko, sei es durch Hochwasser, sei es durch unzureichende Wasserversorgung, einzig auf den fortschreitenden Waldschwund zurückzuführen ist. Die ausgleichende Wirkung der großen Waldbestände mit ihren tiefgreifenden, funktionellen Zusammenhängen auf Temperatur, Regen und Taufall, wie auch vor allem dem Wasserhaushalt des Bodens, werden von der modernen Technik, die die Natur nur scheinbar meistert, in ihrer Bedeutung völlig verkannt. Sie versucht nur immer wieder kurzfristige Auswege, ohne das Übel von Grund auf zu beheben, indem man die Berge weitmöglichst wieder bewaldet und im Tal die Versickerung vergrößert. Ein diesgerichtetes Programm wäre um so leichter durchzuführen, als der Großteil des für Aufforstung und Seenanlage in Frage kommenden Geländes unbebaut oder die Fruchtbarkeit so gering ist, daß eine Bestellung bloß durch die Eigenbesitzer erfolgen kann, die ihre Arbeitskraft als Einsatz nicht berechnen, wenn nicht das Land in Gemeinbesitz wäre, d. h. nach den Statuten der Revolution selbst für den Staat unantastbar.

Es werden in Zukunft große Summen des Volksvermögens für die Sanierung der unhaltbaren Zustände ausgegeben werden müssen. Gonzalo Blanco schreibt zutreffend, daß nicht alle Maßnahmen wie bisher einzig vom Gesichtspunkt der Ingenieure bestimmt werden dürfen, sondern auch die Erfahrung von Ökologen angehört werden muß. Werden die erforderlichen Aufforstungen nicht durchgeführt und die schonungslose Preisgabe der Waldungen zur Abholzung nicht unterbunden, sind die Aussichten mehr als düster. Dann würde der Rückgang und Verfall der Landeshauptstadt Mexiko keine ferne Zukunftsphantasie sein, sondern von vielen der jüngeren Generation noch erlebt werden.

Mexiko D. F., Sommer 1950.

PS.: Am 4. September 1951 ist inzwischen die neue Wasserleitung in Betrieb gesetzt. Die hier ausgesprochene Befürchtung des Leerlaufens des Lerma-Sees hat sich in den ersten vier Monaten bereits bestätigt. Über die zukünftige Entwicklung der Wasserversorgung, welche im Januar 1952 noch ausreichend war, wird sich erst in einigen Jahren ein Urteil sprechen lassen.

#### Literatur

Blanco, Gonzalo, "The Water Supply of Mexico City. Its Relation to Renewable Natural Resources". Proc. of the Intern. Am. Conference on Conservation of Renewable Natural Resources. 1948.

Dupré, Enrique, „The Forest Problem of Mexico“. Proc. of the Intern. Am. Conference on Conservation of Renewable Natural Resources. 1948.

Krass, Hero, "Jalisco en muy grave peligro". — Universal. 15. Mai 1951.

Pérez, C. O., "Necisidad de Reglamentar y Vedar la Explotación de Aguas Subterráneas del Valle de Mexico". Germinal Mexico DF 1948.

Pferdekamp, Wilh., „Deutsche im frühen Mexico“. Stuttgart 1938.

Prescott, W. H., "History of the Conquest of Mexico". New York 1843.

Schilling, E., Die schwimmenden Gärten von Xochimilco. Schriften d. Geogr. Instituts d. Universität Kiel. Bd. 9, H. 3, Kiel 1939.

Vivó, J. A. y Gómez, J. C., „Climatología de Mexico“. 1946.

Vogt, William, "Latin-American Timber Ltd". Unasylya, Washington 1948.

Wagner, Helmuth O., "El bosque y la Conservación del Suelo", Mexico 1948.

—, "Changes in the Climate of a Coffee Plantation in Chiapas from 1920 to 1942". Proc. of the Inter. American Conference on Conservation of Renewable Natural Resources. 1948.

## ÜBER LANDWIRTSCHAFTLICHE ERTRAGS-INTERFERENZ<sup>1)</sup>

Paul Filzer

Mit 2 Abbildungen

In einer kürzlich erschienenen Schrift<sup>2)</sup> wurde der Versuch gemacht, durch Verarbeitung der Ertragsstatistik des früheren Reichsgebietes die Frage zu klären, inwieweit hier die heutigen landwirtschaftlichen Ertragsverhältnisse noch als natürlich bedingt angesehen werden können, und in welcher Weise sie von den Produktionsfaktoren Niederschlag und Temperatur als wichtigsten klimatischen, Bodenart und Bodentyp als edaphischen Faktoren abhängen. Diese Untersuchungen, welche nicht so sehr das Verhalten der einzelnen Nutzpflanzen, als dasjenige der Gesamtheit der Feldfrüchte zu berücksichtigen hatten, stellen einen Versuch dar, Kulturlandschaften durch ihre Fähigkeit zur Bildung pflanzlicher Trockensubstanz zu charakterisieren; sie können daher einen Beitrag zu der von C. Troll<sup>3)</sup> hervorgehobenen funktionellen Betrachtungsweise liefern. Sie führten in ihrem weiteren Verlauf u. a. zur Herausstellung eines Phänomens, das — soweit ich sehe — noch keine Beachtung in der einschlägigen Forschung gefunden hat, und das als „Ertragsinterferenz“ bezeichnet wurde.

Was wir darunter verstehen, ist folgendes: Die gegebene Witterung eines Jahres beeinflusst bekanntlich die Erträge der einzelnen Nutzpflanzen je nach deren ökologischer Prägung verschieden. So kann sich die Witterung eines Jahres auf die Grünlanderträge günstig, aber gleichzeitig nachteilig auf die Körner- und Hackfruchternte auswirken. In einem anderen Jahre können die Dinge umgekehrt liegen. Es findet also infolge der verschiedenen Ansprüche der einzelnen Er-

tragsbildner an Klima und Boden ein mehr oder minder ergiebiger Ausgleich auf den Gesamtertrag hin statt, und diesen nennen wir die Ertragsinterferenz.

Es ist nun zu erwarten, daß die Ertragsinterferenz nicht überall von gleicher Ausgiebigkeit ist, sondern von den klimatischen, aber auch edaphischen Bedingungen abhängt, die in einem gegebenen Raume wirksam sind. Umgekehrt wird dann die Ertragsinterferenz auch zur Kennzeichnung der Vegetationsbedingungen eines Raumes dienen können.

Von welchen Faktoren hängt nun die Größe dieser Ertragsinterferenz ab, und welche Aufschlüsse kann sie uns erteilen?

Die Berechnung<sup>4)</sup> der Größe der Interferenz in 19 süddeutschen Regierungsbezirken für den Zeitraum 1926—1937 hatte hierzu folgende Gesichtspunkte geliefert: Es bestehen gewisse, wenn auch keine engen und in ihrer Natur zunächst nicht klarzustellenden positiven Beziehungen zwischen Ertragsinterferenz und absoluter Höhe des landwirtschaftlichen Trockensubstanzertrages (Korrelationskoeffizient  $r = +0,44$ ), sowie zwischen ihr und der sogen. Niederschlagspufferung ( $r = +0,47$ ). Aus diesen und weiteren Daten ließ sich als vorläufiges Ergebnis folgendes formulieren: Hohe Interferenz setzt Mannigfaltigkeit der Kulturen, Mannigfaltigkeit der Standorte, günstige Korngrößenzusammensetzung des Bodens, Tiefgründigkeit desselben und nicht zu extreme Klimagegestaltung voraus.

Die indikatorische Bedeutung der Ertragsinterferenz ließ sich folgendermaßen umschreiben: Hohe Ertragsinterferenz eines Gebietes ist ein Zeichen dafür, daß Anbau, Boden und Klima in harmonischem Ausgleich stehen; die Optimalansprüche und Optimalleistungen des jeweiligen Gesamtsortiments der angebauten Pflanzen verteilen sich symmetrisch zu den ihnen von der Landschaft in einem Normaljahr gewährten Bedingungen. Unter diesen Voraussetzungen besitzt die Gesamtheit der angebauten Nutzpflanzen ein Höchstmaß an Kraft, die jährlichen Witterungsschwankungen aufzufangen und unter Mithilfe des Bodens zu einem nur wenig veränderlichen Gesamtertrag auszugleichen.

Die Ertragsinterferenz wäre somit ein Kriterium für den ertragökologischen Gesundheitszustand einer Landschaft.

Soweit die bisherigen Einsichten, die eine weitere Sicherung und Vervollständigung erwünscht machen. Dies wurde folgendermaßen versucht: Es mußte ein Gebiet gewählt werden, das bei möglichst großer Fläche gleichzeitig einer möglichst übereinstimmenden statistischen Erfassung der Ertragsverhältnisse unterliegt oder unterlag. Die Berechnung der Interferenz mußte an möglichst kleinen Flächen vorgenommen werden, damit ein detailliertes Bild ihrer geographischen Verteilung entworfen werden konnte. Dabei mußten solche Jahrfolgen außer Betracht bleiben, in denen die Ernteerträge oder ihre Erfassung durch

<sup>1)</sup> Hans Fitting, dem Begründer der Vergleichenden Physiologie auf geographischer Grundlage, zum 75. Geburtstag.

<sup>2)</sup> Filzer, P., 1951. Die natürlichen Grundlagen des Pflanzenzertrages in Mitteleuropa. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung Stuttgart.

<sup>3)</sup> Troll, C., 1950. Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. Studium Generale, 3. Jahrg., Heft 4/5.

<sup>4)</sup> Über die Berechnungsweise siehe Filzer 1. c., p. 141 f.; in Abweichung von dort wird zur Vermeidung lästiger Dezimalbrüche im folgenden der 100 fache Wert der Ertragsinterferenz wiedergegeben.