Qanat-Bewässerung in der Alten und Neuen Welt

Ein kulturgeographisches und kulturgeschichtliches Problem

Mit 1 Abb. im Text und 6 Bildern

CARL TROLL, Bonn

„Quanate oder Karize[1] nennt man in Iran unterirdische Wasserleitungen, mit deren Hilfe man Grundwasserhorizonte anzapft und Wasser unter Ausnutzung des natürlichen Gefälles an die Oberfläche bringt." Mit diesen Worten und einer dazugehörigen Skizze (s. Abb. 1) stellt H. BOBEK [1962, S. 21] eine Form der Wasserbeschaffung dar, die uralter Entstehung ist und in weiten

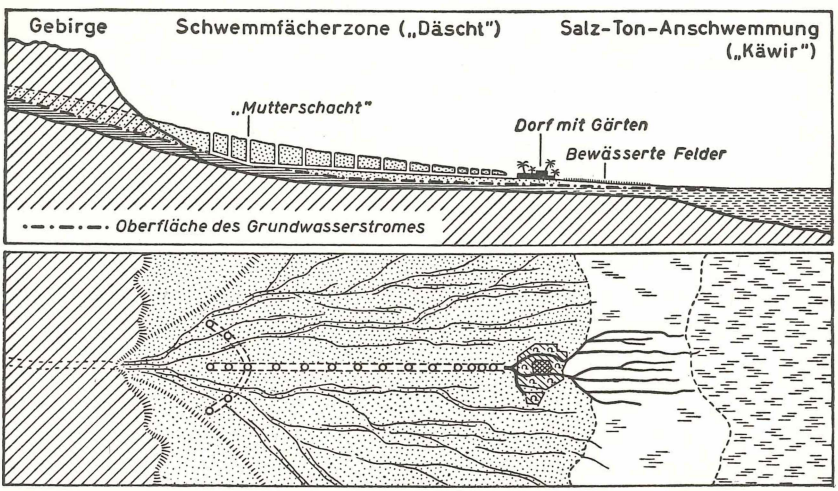


Abb. 1. Grundriß und Aufriß eines iranischen Quantsystems (nach H. BOBEK 1961). Strichzeichnung aus H. BOBEK, „Iran, Probleme eines unterentwickelten Landes". Vlg. Diesterweg. Fig. 2, S. 21.

Teilen des iranischen Hochlandes die Trinkwasserversorgung der Städte und Dörfer und die Bewässerung der Oasen sichert. "The essential idea", sagt GEORGE B. CRESSEY [1958], "is that of a gently sloping tunnel, often along the radius of an alluvial fan, which extends upslope until the water table is tapped and emerges at the downslope and to supply an oasis."

Es gibt genügend Hinweise dafür, daß schon im Achämenidenreich im 6. vorchristlichen Jahrhundert Qanate existierten. So wird z. B. berichtet, daß

---

[1] *Qanāt* (*Kanât, Ghanât*) ist die arabische, *Kariz* (*Karez, Käris, Qarez*) die iranische Bezeichnung. Qanat soll sich von dem altsemitischen Wort *qano* (= Rohr) ableiten, auf das durch Entlehnung auch das griechische *καννα*, das lateinische *canna*, ferner *Kanal, Kenndel* oder *Kändel, channel* etc. zurückgehen [z. T. nach GOBLOT 1963/I; z. T. nach J. O. ASIN, 1955, S. 121—129].

Ecbatana, die alte Hauptstadt des Meder-Reiches (das heutige Hamadan) bei der Belagerung Ende des 7. Jahrhunderts dadurch zur Übergabe gezwungen wurde, daß die Belagerer das Wasser der Qanate abschnitten [H. GOBLOT, 1963, I, S. 510]. Auch für die von Darius I. (522—485 v. Chr.) gegründete neue Hauptstadt der Achämeniden Parsa (Persepolis) ist bezeugt, daß sie von Anfang an auf Qanatbewässerung gegründet war [E. MERLICEK, 1941]. Aus der Zeit der Parther-Herrschaft sind für deren Hauptstadt Hekatompylos, beim heutigen Damgan, durch POLYBIUS Qanate bezeugt [H. SCHINDLER, 1877; B. FISHER, 1928]. Nishapur, eine der vier alten Stadtzentren von Khorasan in der Sasanidenzeit (gegründet von Shapur im 3. Jahrhundert n. Chr.) war auf einem großartigen System von Qanatkanälen erbaut, die die Häuser und Gärten versorgten. Von den Häusern konnte man zu den tiefsten Kanälen auf bis zu 70 Stufen hohen Treppen hinabsteigen [A. MERZ, 1922]. Auch MARCO POLO hat die Qanate gesehen und die von Erdwällen umgebenen Ausmündungen der Schächte erwähnt [SVEN HEDIN, 1910].

I. Die Qanatbewässerung in Iran

Der Qanatbau erfordert trotz der Anwendung von nur einfachen Mitteln hohe technische Kunst und ingenieurgeologische Erfahrung. Die Bauweise ist öfters beschrieben worden, recht gut bereits von JAMES MORIER [1818, S. 163 bis 164], in neuerer Zeit z. B. von G.-R. KUROS [1943], G. CRESSEY [1958] und F. BÉMONT [1961]. Die Anlage beginnt mit dem am oberen Ende gelegenen Mutterschacht (*"mader shah"*), der eine Tiefe bis über 300 m haben kann (z. B. bei Gondabad). Es folgen in gerader Linie in bestimmten Abständen in der Richtung des Gefälles die übrigen Luftschäche, die für die nötigen Ausbesserungen und für die Durchlüftung offen gehalten werden müssen. Sie sind so eng, daß der Arbeiter sich in ihnen mit Rücken und Füßen hinab- oder hinaufstemmen kann. Der beim Bau oder bei Ausbesserungen anfallende Schutt wird in einem Ledersack mit Hilfe einer einfachen Winde (*"charteh"*) hochgezogen und um den Schachtmund aufgehäuft. Durch diese kleinen kraterähnlichen Hügel (*"Karvar"*) sind die Qanate oberflächlich weithin zu sehen und auch im Luftbild leicht zu erkennen. „Un paysage de taupinière géométriquement disposées", sagt A. BERNARD [1939]. Der Tunnel oder Hauptstollen, der für die Wasserabfuhr zur Oberfläche bestimmt ist, wird nach einer Angabe [BÉMONT] immer von der Austrittsstelle nach oben, nach einer anderen [CRESSEY] auch vom Mutterschacht abwärts angelegt, das letztere aber nur, wenn ein geringer Wasserfluß es erlaubt. Bei wenig standfestem Material muß der Stollen mit ovalen Rohrstücken aus Ziegel (*"nars"*) ausgekleidet werden, die man an Ort und Stelle in eigenen Öfen brennt [Abb. bei CRESSEY, S. 31], manchmal verwendet man dazu auch Holzrahmen aus Maulbeerholz. Das Gefälle des Stollens muß natürlich geringer sein als das der Oberfläche; im allgemeinen beträgt es $1^0/_{00}$. Es gibt Qanate bis über 40 km Länge (so bei Yazd), für die dann Hunderte von Luftschächten nötig sind. Die Teilnehmer einer Persienfahrt Oxforder Studenten haben sich die Mühe gemacht, einen Qanat von der Ausmündung bis zum Mutterschacht zu begehen [Beschreibung bei A. SMITH, 1954].

Vom Stollenaustritt an wird das Wasser in einem offenen Graben (*"haranj"*) ganz an die Oberfläche geführt, meist inmitten einer dort entstandenen Siedlung, und schließlich auf die Felder verteilt. Manchmal sammelt man das Wasser auch in einem Teich, von dem aus die Verteilung erfolgt, und zwar durch

einen dafür eingesetzten Aufseher, den *"mirab"*. Es kommt auch vor, daß der Qanat in einen unterirdischen Wassertank ausmündet, aus dem das Wasser nach Art der Zisterne gehoben wurden muß. In diesem Falle werden die Nachtstunden zum Füllen der Zisternen verwandt. Der Qanatbau wird von Spezialarbeitern, den *„moghanis"* oder *„karezkan"*, ausgeführt, die ihre Fertigkeit oft in der Familie vererben. Für die Neuerrichtung und für die Überwachung größerer Anlagen sind Ingenieure eingesetzt. Die persischen „Kärismeister" und selbst die Arbeiter werden auch in den Nachbarländern verwandt, z. B. in Turkmenien [BUSSE, S. 321], etwa so wie die „Wiesenbaumeister" des Siegerlandes in weiten Teilen Mitteleuropas früher für den Kunstwiesenbau zur Anlage von Bewässerungswiesen herangezogen wurden. Es wird auch berichtet, daß die Turkmenen Transkaspiens vor der russischen Besetzung sich persischer Kriegsgefangener bedienten, deren sie auf Kriegszügen gegen das persische Hochland habhaft wurden [EYDOUX, 1943, S. 52, offenbar nach J. WALTHER, 1912, S. 50 und indirekt nach ZIMBALENKO, 1896].

H. NEUMANN [1953] hat die Verbreitung der Qanatbewässerung im Iran in Beziehung zu den natürlichen Verhältnissen des Landes gesetzt. Die besonderen Voraussetzungen sind dort teils geomorphologisch, teils klimatisch. Die großen dortigen Schwemmfächer, die sich um die einzelnen ariden Hochbecken am Fuß der Randgebirge erstrecken, die auf weniger durchlässigen Schichten auflagern, bieten sich gerade dazu an. Nach abwärts gehen die groben Sedimente der Schwemmkegel in feinkörnigere, kultivierbare Böden über, die schließlich in die Salzpfannen der Käwire auslaufen. Die kultivierbaren Ländereien liegen daher in der Mitte zwischen Gebirge und Käwiren, und zwar meist tiefer als der Gebirgsfuß und die dortigen Grundwasserniveaus.

Die besonderen klimatischen Voraussetzungen sind in den winterlichen Schneedecken zu suchen, die sich in den höheren Gebirgen bis in den März und April, z. T. bis in den Mai und Juni halten (a. a. O. Kt. 5). R. NIEDERMAYER [1929] berichtet sogar aus Afghanistan, daß man die Hänge der Berge im Herbst und Frühjahr umbricht, um ein leichteres Eindringen der Niederschläge und der Schmelzwasser zu erreichen und das Wasser, vor Verdunstung geschützt, dem Grundwasser zuzuführen. Aus der ganzen Situation erklärt es sich, daß im Iranischen Hochland Oasenstädte und Dörfer vielfach in einem Abstand vom Gebirgsfuß am Rande sich verflachender Schuttflächen gegen die Beckensohlen gelegen sind, wie z. B. auch die Hauptstadt Teheran.

An regionalen Studien muß vor allem auf PH. BECKETT's Arbeit über die Gegend von Kerman [1953] hingewiesen werden. Für die Umgebung der Hauptstadt liegen zwei Kartenskizzen vor, die von CRESSEY auf Grund des Blattes Teheran des Army Map Service gezeichnete und die von BOBEK [198] auf Grund der Britischen Karte 1 : 100.000 entworfene, die vollständiger ist. Den genauesten Einblick in die Anlage eines Qanat-Bewässerungsgebietes vermittelt die Karte von J. HUMLUM [1949] über eine Oase westlich Kandahar im Maßstab 1 : 2100.

Seit uralten Zeiten hat sich durch den Ausbau der Qanatsysteme die Besiedlung und Kultivierung des iranischen Hochlandes vollzogen. Der Bau eines Qanats ermöglichte die Anlage eines Dorfes und einer Oase, ein größeres zusammenlaufendes System die Gründung einer Stadt. Mensch, Vieh und Intensiv-Kulturen wurden mit Wasser versorgt, das Wasser war die Voraussetzung der

Existenz und die wichtigste Grundlage für die Regelung der gesellschaftlichen und besitzrechtlichen Verhältnisse.

Das Qanatsystem hat gegenüber anderen alten Systemen der künstlichen Bewässerung (mit Schöpfrad, Rolle und Winde oder Hebel) große Vorzüge. Das Wasser muß nicht unter Anwendung von menschlicher und tierischer Energie gehoben werden, sondern fließt von den höheren Stellen der Entnahme von selbst an die Stellen des Verbrauchs. Das Wasser ist auch reiner, damit hygienischer und meist frischer als Zisternenwasser. Die Qanate liefern das Wasser ganzjährig, oft mit geringen Schwankungen der Ergiebigkeit. Durch die moderne Technik, vor allem den Staudammbau, kommt es allerdings heute häufig zur Vernachlässigung, ja zur Aufgabe alter Qanate, z. B. in der Umgebung von Teheran. Sie sind aber keineswegs nur Relikte uralter Bewässerungstechnik, sie werden wegen ihrer dem Landescharakter angepaßten Zweckmäßigkeit auch heute noch neu erstellt. HUMLUM [1959, S. 213] berichtet, daß eine afghanische Bank 1957 für Neuanlagen von Qanaten in der südlichen Provinz Paktia über 300.000 Afghanis investierte. FR. BÉMONT [1961] verzeichnet in ihrer Karte Irans Qanatprojekte bei Bam in der Provinz Birma und in Khuzistan. KUROS [1943] bezeichnete die Sanierung der bestehenden und den Bau moderner Kärisanlagen als ein „wichtiges und interessantes bautechnisches Problem" und entwickelt als Wassertechniker Vorschläge zur Verbesserung ihrer Bauweise.

Eine besondere Nebennutzung, die Herstellung von Eis in der Winterzeit, in der das Wasser landwirtschaftlich weniger benötigt wird, hat H. GOBLOT [1963, I, S. 511] beschrieben. Man läßt das Qanatwasser —besonders nachts, wenn genügend vorhanden ist — in flache Gruben laufen, die durch west-östlich verlaufende Mauern gegen die Sonnenbestrahlung abgeschirmt sind, dazu noch durch senkrecht angesetzte und abgetreppte Seitenmauern auch gegen die morgendliche und abendliche Bestrahlung. Es können auch mehrere solcher Becken hintereinander geschaltet sein. Während der winterlichen Wochen, in denen es auf dem Hochland regelmäßig Frost gibt, läßt man das Wasser zu Eistafeln gefrieren, um sie in eigenen Kellern für die wärmere Jahrezeit zu speichern.

Die Zahl der Qanate wird allein für Iran auf 40 000 geschätzt. Ihre Gesamtförderung schätzt H. GOBLOT, der viele Jahre in Iran als Ingenieur gewirkt hat, auf 500—750 cbm/sec. Dies entspricht etwa der Wasserführung des Nils bei Cairo. Etwa 3 Millionen Hektar Land werden in Iran mit Qanatwasser bewässert, wodurch etwa die Hälfte der landwirtschaftlichen Erzeugung des Landes gesichert ist. Die Stadt Teheran war bis 1930, als sie etwa 200 000 Einwohner zählte, lediglich durch 12 Qanate mit Wasser versorgt, und zwar mit 800 l/sec. sehr ausreichend. Es entfielen im Durchschnitt 350 l/Tag auf den Kopf der Bevölkerung. Erst das enorme Wachstum der Stadt seither hat die zusätzliche Anlage von Staudämmen im Gebirge nötig gemacht.

Für Afghanistan stellte J. HUMLUM in seiner großen Länderkunde [1959, S. 205, Fig. 205] die Verbreitung der Qanate im Vergleich zu der Flußbewässerung in einem lehrreichen Kärtchen dar. Sie finden sich hauptsächlich in einen Gürtel, der sich halbkreisförmig um das Hindukusch-System aus der Gegend von Herat über Kandahar nach Kabul zieht, greift ostwärts auch über das Gebirgsland von Beludschistan und Pashawar über heute pakistanisches Gebiet aus. Für Turkmenien beschreibt W. BUSSE [1915, S. 320 ff.] die Bewässerung der Oase Achal-Teke und die Trinkwasserversorgung der Stadt Aschabad mit Hilfe eines Qanatsystems, wobei er sich auf eine ältere detaillierte

Darstellung von L. J. ZIMBALENKO [1896] und Berechnungen von AUHAGEN (1905) stützen kann. Weit getrennt davon sind Qanate aus Sinkiang beschrieben, und zwar für die Turfansenke und die Oase von Kutai beiderseits des Bodgo Ola [CABLE und FRENCH, 1944]. Sie sind dort erst seit dem 18. Jahrhundert, und zwar durch Perser errichtet worden. Die Angaben für Kaschgar [HUMLUN, 1959, S. 212] scheinen noch der Bestätigung zu bedürfen. Nach Westen greift das geschlossene Gebiet der Qanatsbewässerung in die intramontanen Becken Kurdistans [Kirkuk, Erbil, Suleimanje] und auf die Umgebung des Djebel Sinjar über [RALPH M. PARSONS Co. 1955/56, nach CRESSEY, 1958]. Auf sehr frühen persischen Einfluß führt man auch die Qanatsbewässerung im Trockenbecken des Vansees in Armenien zurück [H. WINZ, 1939, S. 191]. Sie soll ebenso wie der Bewässerungsstaudamm des Keşiş-Göl und die Wasserleitung aus dem Miçingertal schon in der vorarmenischen Zeit der Chalder (Urartäer), die vom 9.—6. Jahrhundert v. Chr. im Gebiete herrschten und die Ebene von Van in eine blühende Kulturlandschaft verwandelten, eingeführt worden sein, wie archäologische Zeugnisse nahelegen.

Die Kunst des Qanatsbaus, die eine bewundernswerte Ausnutzung der Landesnatur durch die Technik darstellt, hat im Hochland von Iran, zwischen den viel älteren potamischen Kulturländern in Mesopotamien, Baktrien und am Indus, die gesamte Zivilisation gewaltig vorangetrieben: Die Ausdehnung der Nährfläche in Abhängigkeit von der künstlichen Wasserzufuhr unabhängig von großen Strömen, die Gründung von Dörfern und Städten in sozial gebundener Form. Die für die Zeit der Achämeniden so vielfach bezeugte Finanzkraft des Staates war darauf zurückzuführen. Man geht sicher nicht fehl, wenn man darin auch eine wesentliche, wenn nicht die Voraussetzung für die Entfaltung der politischen Macht im 6. und 5. Jahrhundert und für die Expansion des Perserreiches erblickt. Um so erstaunlicher ist es, daß man in historischen Darstellungen Irans, z. B. auch in der neuesten von F. AILTHEIM [1962] von der Qanatsbewässerung keine Erwähnung findet — ein Ausdruck dafür, zu welcher Einseitigkeit eine Geschichtsbetrachtung ohne Rücksicht auf die geographischen und technisch-zivilisatorischen Grundlagen führt.

II. Die Ausbreitung der Qanatbewässerung über den Nahen Osten und Nordafrika

Die besondere Vergesellschaftung von Naturbedingungen, die zu der allgemeinen und vorherrschenden Anwendung des Qanatsystems im iranischen Hochlande Veranlassung gab — große Aridität, Mangel an Dauerflüssen, ausgedehnte steile Schwemmfächer am Fuße winterlich verschneiter Gebirge, Lage von Grundwasserspeichern solcher Schwemmfächer über dem bewässerbaren Land — sind in dem nordafrikanisch-vorderasiatischen Trockengürtel nur gelegentlich gegeben. Wir finden Qanate deshalb in diesem Raum auch nur an einzelnen dafür geeigneten Stellen. CRESSEY [1958] erwähnt vereinzelte Anlagen aus dem trockenen Innern von Syrien und Jordanien (im nördlichen Teil der Oase von Damaskus und bei Shunat Nimrun, am Yarmuk, östlich des Jordan [vgl. Karte und Luftbild S. 32 u. 33], weiter für die Insel Cypern (*"chains of wells"*). Die Angaben für Cypern gehen auf Sir S. BAKER [1879] zurück. Da in der ausführlichen Beschreibung der Bewässerungsanlagen der Insel in dem klassischen Werk von EUGEN OBERHUMMER [„Die Insel Cypern. Eine Landeskunde auf historischer Grundlage" München

1903, S. 226—234] Qanate keinerlei Erwähnung finden, glaubte ich früher, BAKERS Angabe anzweifeln zu müssen. GOBLOT [1963/I.] erwähnt jedoch einen Bericht darüber, den er von der Regierung Cyperns neuerdings erhalten habe.

Unterirdische Kanäle mit Luftschächten in bestimmten Abständen, die der Wasserversorgung des antiken Palmyra dienten [E. SACHAU, 1883], wurden gleichfalls als Qanate angesprochen [C. MERCKEL, 1899]. In Arabien gibt es bzw. gab es Qanate in der Gegend von Riyad [PHILBY, 1932], bei Qatif am Persischen Golf, in Oman [WILSON, 1954], Yemen und Hadramaut. Bei Qatif muß man die Öffnungen der Luftschächte gegen die Aufwehung von Dünensand durch zementierte Kamine schützen.

Im arabischen Sprachbereich ändern sich die Namen für die Qanate. Nur die syrische Bezeichnung *"Kenayat"* (GOBLOT) weist nach Iran. Für Oman gibt CRESSEY [1958], die Bezeichnung *"aflaj"*, für Yemen und Hadramaut *"felladj"* an. Auch *"sahrig"* (für Yemen und Syrien) wird in der Literatur genannt [G. S. COLIN, 1932]. In den altarabischen Quellen findet sich der Terminus *"faqir"* (= durchbohren um heraussprudeln zu lassen), wovon die Wurzel *"fq-r"* im nordafrikanischen *"foggara"* wiederkehrt, ferner das Wort *"kizama"* (= im Innern verbergen). G. S. COLIN [1932] zitiert eine Beschreibung der Kizama aus dem Hedjaz durch den arabischen Lexikographen ABU 'UBAIDA (gest. 825): „C'est une série de puits creusés sur une même ligne, à une certaine distance d'un le l'autre. On a pratiqué entre eux un canal souterrain qui amène au deuxième le surplus de l'eau du premier y ainsi de suite, de puits en puits. A l'extrémité de la série, l'eau ainsi recueillie arrive a la surface du sol et s'y répand. C'est un procédé bien connu des gens du Hedjaz."

Für Ägypten liegen Angaben über Qanate nur aus der Oase Kharga vor [JOH. WALTHER, 1912, und G. CRESSEY, 1958, beide wohl nach H. J. BEADNELL, 1909]. Am Boden des Ausraumbeckens der Oase hatten sich im Bereich der von Ton unterlagerten wasserführenden Sandsteinschichten ("Surface water sandstone") natürliche Oasen gebildet. Als deren Wasserführung abnahm, sollen Perser während der Besetzung Ägyptens unter Darius dem I. im 5. Jahrhundert v. Chr. im weichen Sandstein Qanate angelegt haben. H. GOBLOT [1963/I.] schreibt die Ausführung dem griechischen Entdecker und Historiker Scylax von Karyanda im Auftrage des Darius zu.

Das größte Zentrum der Qanat-Bewässerung außerhalb Irans und seiner Randländer findet sich in der zentralen und nordwestlichen Sahara. A. BERNARD [1939, S. 336/7], H. SCHIFFERS [1950, S. 120/1] und R. CAPOT-REY [1953, S. 320] geben in Übersichtskarten der Sahara die wichtigsten Vorkommen an. Das klassische Gebiet sind dort die großen Oasen im südlichen, westlichen und nordwestlichen Vorland des Tademait-Plateaus in den Distrikten Tidikelt, Touat und Gourara. Der Name *"foggara"* (Plur. *"fgagir"*) ist in der algerischen Sahara allgemein gebräuchlich für Anlagen, die den persischen Qanaten technisch in allen Einzelheiten entsprechen. Nur geologisch besteht ein Unterschied, insoferne das Grundwasser nicht von Schwemmkegeln, sondern des Kreideplateaus von Tademait angezapft wird [J. SAVORNIN, 1947]. „La solution héroique" nennt H.-P. EYDOUX [1943] die grandiosen Bewässerungsanlagen dieser Wüstengegenden. Allein in der Oase Touat umfaßt das unterirdische Netz der Kanäle 2500 km. Diesen Foggara-Oasen der Zentralsahara hat K. SUTER zwei Reisen gewidmet. In seinen Arbeiten [1951, 1952 a, 1952 b] finden sich genaue Angaben über die hydrogeologischen Grundlagen nach den Forschungen von

SAVORNIN, über die Wasserförderung, die Wasserverteilung, über Anlage und Unterhaltung. Auf die komplizierten wasserrechtlichen Verhältnisse, die bei K. SUTER und in einer mir nicht zugänglich gewordenen Monographie des Touat von Kapitän NIEGER mitgeteilt sind, braucht hier nicht eingegangen zu werden.

Bei der Übertragung des Qanat-Systems durch die Araber in die Zentralsahara spielte das persische Geschlecht der Barmakiden, bzw. als deren Nachkommen die Boramit, eine große Rolle. Sie kamen i. J. 984 und wieder 1280 mit den arabischen Eroberern nach Touat, wo sie sich lange Zeit um die wirtschaftliche Erschließung bemühten [A. G. P. MARTIN, 1903, L. BOUVAT, 1912]. Auf sie geht es nach H. GOBLOT auch zurück, daß die Tuareg des Ahaggar die Foggaras als persische Anlagen bezeichnen. Sicher sind die großen Foggara-Systeme der Zentralsahara nicht in einem Zug entstanden. Ihr Ausbau dürfte Jahrhunderte gedauert haben und — wie es allgemein in der Literatur heißt — mit Negersklaven betrieben worden sein. Ein großer Einfluß wird auch der jüdischen Bevölkerung der Zentralsahara zugeschrieben, die dann aber Ende des 15. Jahrhunderts der Verfolgung gewichen ist [G. S. COLIN, 1932, S. 39]. Seit Aufhebung der Negersklaverei ist der Ausbau der Foggaras eingestellt, man beschränkt sich auf die Erhaltung des vorhandenen Netzes [R. CAPOT-REY, 1953].

Ein längst verfallenes altes Foggarasystem in der algerischen Sahara ist durch die Ausgrabungen der Stadt S a d r a t a im Süden des heutigen Quargla nachgewiesen worden [MARG. VON BERCHEM, 1952]. Die Stadt blühte im 10. und 11. Jahrhundert und wurde im 13. Jahrhundert, offenbar infolge von Dünenverwehungen, wieder aufgegeben. Die große landwirtschaftliche Bedeutung dieser Oase und der Reichtum der Wasserversorgung, wovon die arabischen Quellen berichten, war also großenteils auf Foggaras gegründet [J. O. ASIN, 1959, S. 85/86].

Nach Norden erstrecken sich von Touat aus die Foggaras mit abnehmender Häufigkeit im Wadi Saoura aufwärts bis in das Wadi Zousfana (EYDOUX, 1943). Einzelne Vorkommen verzeichnete schon J. BRUNHES [1902] für El Golea, für die Oase Menchia in der Nefzaouna und für die Oase Bou Kais im Westen von Sfisiffa an der Grenze des algerischen und marokkanischen Atlas, schließlich BURSAUX [1910] für eine kleine Oase bei Gafsa. Einzelne Foggaras gibt es auch noch in Libyen. CAPOT-REY erwähnt solche vom Fezzan (Mursuk, Adjal), D. GURLITT (mündl. Mitteilung) von der Route Tripolis-Mursuk sö. Misda. In der Nefzaouna am Schott-el Djerid ist eine interessante Foggara-Gruppe im Zusammenhang mit der Schichtstufenlandschaft von Kebeli jüngst in einer Gemeinschaftsarbeit des Geographischen Instituts der Universität Zurich unter Leitung von K. SUTER genauer studiert worden [SUTER, 1962]. Es handelt sich um 59 kurze Foggaras, hier *"khariga"* (Plur. *"khraig"*) genannt, die in enger Anlehnung an den Schichtverlauf und die Wasserhorizonte des Djebel Tebaga angelegt sind.

Nach den Forschungen von M. SOLIGNAC [1952] waren auch im mittleren und nördlichen T u n e s i e n in der Zeit der arabischen Dynastien der Almohaden und Hafsiden größere Wasserversorgungsanlagen nach dem Foggara-System errichtet worden. Er beschreibt die umfangreichen, z. T. schon aus der Römerzeit, z. T. aus dem 7. bis 9. Jahrhundert stammenden hydraulischen Anlagen für die Stadt Kairouan, von denen besonders die Grundwassergalerien

von Bir-al-Adin, 36 km westlich der Stadt, an Foggaras erinnern. Unzweideutige Foggara-Anlagen sind die unterirdischen Kanäle von Kum-al 'Uta für die Stadt Tunis, die in der Mitte des 15. Jahrhunderts vom Kalifen Abu Amr Utman gebaut wurden [SOLIGNAC, 1936]. Man hatte aber seit dem 13. Jahrhundert auch römische Aquädukte, die z. T. unterirdisch verliefen, zu restaurieren begonnen und offenbar mit solchen älteren Anlagen auch die neuen Foggaranetze gekoppelt. Es entsteht die Frage, ob etwa schon zur Römerzeit (nach 146 v. Chr.) in Tunesien echte Qanate existierten, und nicht nur unterirdische Wasserleitungen. Das Kriterium ist nach SOLIGNAC darin zu sehen, daß es sich bei verdeckten Wasserleitungen, wie es etwa auch bei dem Aquädukt der römischen Colonia Agrippina aus der Eifel der Fall ist, um reine Architektenleistungen handelt, bei den Qanaten mit ihren Luftschächten und Anpassungen an die Stratigraphie des Untergrundes aber um eine ingenieurgeologische Kunst.

Wenn auch an der Ausbreitung der persischen Qanate durch Nordafrika durch die Araber nicht zu zweifeln ist, bleibt nach J. O. ASIN [1959, S. 364] immerhin auch die Möglichkeit, daß schon zur Römerzeit die eine oder andere Qanatanlage aus dem Nahen Osten nach der römischen Kolonie Afrika übertragen wurde. Wenn neuerdings Qanatanlagen auf der Insel Sizilien bekannt geworden sind [A. DESIO, 1959], so dürfte kein Zweifel bestehen, daß sie in den Jahrhunderten der arabischen Herrschaft auf dieser Insel, die mit einer beträchtlichen arabischen Kolonisation verbunden war, von Nordafrika übertragen wurden.

In der marokkanischen Sahara hat die Foggara-Bewässerung ein Zentrum in den Oasen des Tafilalet, wo ein hochliegender Grundwasserspiegel im auftauchenden Paläozoikum des Djebel Sarhô die Voraussetzung bietet [H. MENSCHING, 1953, S. 38]. Sie findet sich weiter am Südfuß des Winterschnee tragenden Hohen Atlas, im Wadi Sous und schließlich auch im äußersten Westen in der Ebene von Tiliwin im Ifni-Territorium [bezeugt von A. DOMENECH, zitiert nach J. O. ASIN, 1959, S. 356]. In Marokko werden die Qanate *"Rhettara"*, *"Khottara"* oder *"Chattara"* genannt, die senkrechten Luftschächte *"Rhtatar"*.

Stadt und Umgebung von Marrakesch bieten, was die Landschaft, die Lage der Stadt und die Bewässerungstechnik anlangt, geradezu ein Spiegelbild der iranischen Verhältnisse, z. B. von Teheran. Die Stadt liegt in der Mitte eines Hochbeckens (El Haouz) zwischen dem bis in den Frühsommer hinein verschneiten Hohen Atlas und dem Mittelgebirge des Djebilet, in 465 m Höhe, bei großer Trockenheit (im Mittel 235 mm Regen), was künstliche Bewässerung erfordert, und bei Temperaturen, die im Winter regelmäßig Nachtfröste entstehen lassen. Die Ebene ist vom Fuß des Hohen Atlas her durch Schwemmfächer aufgeschüttet, die aus Schottern und undurchlässigen Tonschichten aufgebaut sind und auf Tertiär aufliegen. Ein großer Teil der Landschaft El Haouz und vor allem die Stadt Marrakesch sind durch ein großzügiges System von Rhettaras mit Wasser versorgt. Schon TH. FISCHER hat in der Routenkarte seiner Marokkoreise die einzelnen Rhettaras verzeichnet [1901]. Neuere Angaben finden sich bei JOLEAUD [1933], O. P. RICARD [1936, S. 138], AU. BERNARD [1937, XI/1, S. 149/50], P. FÉNÉLON [1941] und ganz besonders bei JEANNE-MARIE POUPART [1949]. In der ganzen Landschaft sollen über 600 Rhettara-Stollen existieren. Ihre maximale Tiefe (im Süden) ist 70 m. Es gibt zwei Typen. Auf dem Atlasvorland südlich der Stadt finden sich die großen, 4—5 km langen

Rhettaras Ain Kobba, Ain Barraka und Ain Mouassine, die die Medina von Marrakesch seit alter Zeit versorgen. Im Norden der Stadt beiderseits des Wadi Tensift, wo das Grundwasser weniger tief liegt, sind die Rhettaras selten über einen Kilometer lang. Die Temperatur des Wassers ist ziemlich konstant 16 bis 18° C, ist also sehr mild im Winter, relativ frisch im Sommer. Die kleinere Hälfte des Wassers wird als Hauswasser für die Siedlungen, die größere für die Bewässerung der Kulturen verbraucht.

Nach J.-M. POUPART sollen die ersten Rhettaras bei Marrakesch zur Zeit der Herrschaft des Berbergeschlechts der Almohaden auf Befehl des Sultans Yakub al-Mansūr durch christliche Gefangene aus der siegreichen Schlacht von El Arcos (1195) gegen Alfons VII. von Kastilien angelegt worden sein. Es dürfte sich dabei aber schon um einen ersten Ausbau gehandelt haben. Denn G. S. COLIN [1932, S. 38/39] berichtet, daß die Rhettaras von Marrakesch schon von dem arabischen Geographen AL-IDRISI erwähnt wurden, der 1166 verstarb. Er erwähnt als Erbauer den Ingenieur 'Abd Allah ibn Yunus al-Muhandi, der im 12. Jahrhundert an den Almohadenhof von Marrakesch gerufen wurde. Aus der Herleitung von Namen und Titel dieses Mannes sucht G. S. COLIN [a. a. O.] wahrscheinlich zu machen, daß es sich um eine Übertragung aus der Zentralsahara nach Marokko durch einen jüdischen Baumeister („Muhandi") gehandelt hat.

Bis 1930 waren die Altstadt Marrakesch und die Europäerstadt Gueliz am Fuß des gleichnamigen Berges allein durch Rhettaras mit Wasser versorgt — das gleiche Stichjahr wie für Teheran (s. oben!). Die Anlage erfolgt wie in Iran durch Spezialarbeiter (*"Rhetarias"*), die eine feste Genossenschaft bilden, und die das Gewerbe vom Vater auf den Sohn vererben. Die meisten dieser Leute stammen aus den Tälern Draa und Todrha im Süden des Hohen Atlas und unter ihnen befinden sich sehr viele *"harratin"*, d. h. Mischlinge mit einer stärkeren Negerkomponente [nach POUPART, 1949].

1912 gab es zur Versorgung der Stadt Marrakesch 40 funktionierende Rhettaras, die etwa 8000 Brunnen in der Stadt oder in der unmittelbaren Umgebung der Umwallung versorgten. Schon die Sultane hatten für die königlichen Gärten (Aguedal und Menara) zwei große Reservewasserbecken anlegen lassen.

III. Qanate im Wüstenbereich des pazifischen Südamerika

Das Vorkommen der Qanatbewässerung an verschiedenen Stellen in der Neuen Welt hat die Frage aufgeworfen, ob es sich dabei entstehungsgeschichtlich um eine Kulturübertragung durch die Spanier oder um eine eigenständige Erfindung in den altamerikanischen Hochkulturen handelt. Daß die künstliche Bewässerung an sich in den andinen Trockengebieten selbständig erfunden wurde [u. a. G. DE REPARAZ, 1958], Hand in Hand mit der Entstehung des Ackerbaues und der Züchtung eigener Kulturpflanzen, dürfte heute wohl Allgemeingut der Kulturgeschichte sein — unbeschadet der Diskussion über transpazifische Wanderungen und Kultureinflüsse. Für die ganz besondere Kunst der Qanatbewässerung jedoch ist die Frage bisher verschieden beantwortet worden. Wir wenden uns daher zunächst den Tatsachen zu.

Die erste Kenntnis über das Vorkommen von Oasenbewässerung aus Grundwassertunnels in Südamerika entnahm ich dem Kapitel „Die Oasenkulturen in der Provinz Tarapacá in dem Werke von K. KAERGER [1901, Bd. II, S. 251—254]. In der Provinz Tarapacá (Nordchile) am Ostrand der sogenannten

Pampa del Tamarugal (Wüste Atacama) und am Fuße der Kordillere liegen die Oasenorte Pica und Matilla. Während die Kulturen von Matilla eine Flußoase darstellen wie viele andere im wüstenhaften Nordchile, werden die Bewässerungsgräben und die Trinkwasserkanäle von Pica aus sog. *„socabones"* gespeist, die den Qanaten zu entsprechen scheinen. Ein Teil des Wassers wird auch nach der Hafenstadt Iquique geleitet [SIMON, 1907]. Daneben gibt es noch eine andere Art von Oasen, die sog. *„Canchones"*, rechteckige Erdaushübe von verschiedener Tiefe (0,2—1 m), auf deren grundwassernahem Boden man unmittelbar einjährige und ausdauernde Kulturen anlegt. Unter anderem werden darin auch die Tamarugobäume (Prosopis dulcis) kultiviert, aus deren Hülsen ein alkoholisches Getränk, die *„Chicha de Algarrobo"*, hergestellt wird [SIMON, 1907]. Bei dieser auch im Küstenland Perus geübten Methode werden also durch künstliche Anlage die Pflanzen zum Wasser, nicht umgekehrt, gebracht. Die Anlage der Canchones ist bereits in einem 1893 erschienenen, mir nicht zugänglichen Werk von G. E. BILLINGHURST beschrieben, ob auch die Socabones, ist mir unbekannt. I. BOWMAN [1924] hat später Pica aufgesucht. Er beziffert die Zahl der Socabones (*"galleries"*) auf mindestens 25. Sie sind im weichen standfesten Sandstein gegraben und bedürfen nur ausnahmsweise der Abstützung durch Holz oder Mauerwerk. Ihre Gesamtlänge beträgt 13.000 m. Der längste Tunnel, die Galeria Comiña, mißt 2350 m. Die Gesamtschüttung ist 36,4 l/sec. Ob es sich bei diesen Socabones um echte Qanate handelt, geht aus diesen Berichten nicht eindeutig hervor, da von den senkrechten Luftschächten und Aushubhügeln nicht die Rede ist. Professor DAVID H. K. AMIRAN, Jerusalem, der Tarapacá vor kurzem besuchte, teilt mir aber brieflich mit, daß der Name der Einstieglöcher *„Lumbreras"* (= Kamin) sei, was auf echte Qanate deutet.

Ganz zweifellos liegen solche auch in der Gegend von N a z c a (Peru) vor. H. KINZL [1944, S. 108] beschreibt sie unter Hinweis auf einen Artikel von M. F. GONZALES [1934]. Die Anlagen, die heute nur noch teilweise verwandt werden, gleichen vollständig den iranischen Qanaten. Die Stollen haben in Abständen von 5 bis 50 m Luftschächte, die ein Einsteigen zum Reinigen ermöglichen. Der Mutterschacht liegt auch dort in der Nähe des Trockenbettes eines Flusses, am Stollenausgang wird das Wasser in einem Stauteich gesammelt. Eine japanische Anden-Expedition hat 1959 die Anlagen von Nazca einer genaueren Untersuchung unterzogen, worüber I. KOBORI berichtet [1960]. Der von ihm gebrauchte Name „puquio" für die Qanatkanäle ist eine allgemeine Khetschua-Bezeichnung für natürliche Quellen in ariden Gebieten. Nach GONZALES sollen Berichte darauf hindeuten, daß die Kanäle schon vor den Conquista angelegt wurden. H. KINZL pflichtet ihm bei, da ohne diese Bewässerung die blühende Kultur von Nazca nicht möglich gewesen wäre. Nach dieser Auffassung würde es sich also um die unabhängige Erfindung einer der merkwürdigsten, kompliziertesten und kunstvollsten Bewässerungsmethoden in der Alten und Neuen Welt handeln. Es bleibt aber die Frage, ob es sich bei Nazca nicht doch um einen späteren Ausbau eines vorspanischen offenen Kanalsystems zum unterirdischen der Qanate handeln kann.

4. Die Entdeckung der Qanatbewässerung in Mexiko

Als ich im März 1954 zusammen mit Herrn Harald von Kuegelgen durch Mexiko reiste, stieß ich zu meinem großen Erstaunen in dem trockenen Hochtal von Tehuacan im südöstlichen Teil des Staates Puebla (18° 25′ N, 97° 25′

W. Gr.) auf Bewässerungsanlagen ganz vom Charakter des altweltlichen Quanatsystems. Die 8—15 km breite, sich von NW nach SE erstreckende und in der gleichen Richtung von etwa 2000 m auf 1000 m absinkende Hochebene, die in ihrer Längserstreckung vom Rio Salado zum Rio Santo Domingo und damit zum Golf von Mexiko entwässert wird, erweckt mit ihren scharfen Gebirgsrändern den Eindruck eines tektonischen Grabens. Im südwestlichen Teil bei Chilac ist offenbar ein schmälerer Teilgraben weiter eingesenkt. In der Stadt Tehuacan steigen starke Mineralquellen auf, die von der Firma Peñafiel für die Herstellung des Mineralwassers „Tehuacan" und für ein Badehotel genutzt werden. Der Talboden westlich und südlich von Tehuacan ist teils von einem lockeren, kalkigen Sediment, teils von festeren Travertin bedeckt. In dem an Seekreide erinnernden Sediment am Kanal zwischen Tehuacan und Coapan, das auf tonigem Sand auflagert und von Travertinbändern durchzogen ist, fanden sich Schnecken und Pflanzenreste (Cyperaceenstengel) in großer Menge. Am Westrand der Ebene nördlich Coapan ist eine breite, steil abfallende Terrasse entwickelt (Bild 1 u. 5), die ebenfalls aus Travertin aufgebaut ist. Die Ebene war offenbar in junggeologischer Zeit von einem See erfüllt. Der nördliche Teil der Ebene wird aus einem Kanal bewässert, der heute auch mit Wasser von jenseits der kontinentalen Wasserscheide gespeist wird, nämlich von der Talsperre von Valsequillo südlich Puebla, die den zum Pazifik entwässernden Rio Atoyac aufstaut. Dadurch konnten in der Ebene neben den altspanischen Städten wie Teontepec, Tepanco de Lopez, Temalacayuca, Tetzoyocan, Tecamalchaco u. a. auch ausgedehnte junge Kolonate angelegt werden, die im März im Schmuck von z. T. schon schnittreifen Gersten- und Weizenfeldern und von Kulturen von Chile-Pfeffer standen. In den erst wenige Jahre bestehenden Rieselkulturen standen noch Mezquite- und Yucca-Bäume und Opuntien von der natürlichen Trockenvegetation. 1954 war eine Fortsetzung des Kanals westlich an Tehuacan vorbei nach Süden im Bau (Bild 5).

Die zweite Bewässerungsart, die man in den Dörfern am Westrande der Ebene antrifft, sind die sog. *„Galerias filtrantes"*. Wir sind auf sie völlig unerwartet in schönster Ausbildung beim Dorfe Coapan gestoßen.

Das Dorf Coapan ist ein Oasendorf, das ebenso wie persische Dörfer in einer gewissen Entfernung vom Gebirgsfuß am Austritt von Qanaten gelegen ist. Oberhalb des Dorfes sieht man auf der trockenen Ebene in Abständen von 40 m weißliche Erdhügel, die um die einzelnen senkrechten Luftschächte aufgeworfen sind. Diese heißen hier wie in Tarapacá-Chile *„Lumbreras"* (vgl. Bild 2). Durch frischen weißen Erdauswurf ausgezeichnete und besonders deutliche Galerien waren Neuanlagen anstelle etwas verfallener älterer. Am Austritt des unterirdischen Kanals (*„Flor de Tierra* — „Blüte der Erde" genannt; (Bild 3) fließt das Wasser zunächst in eine $3^1/_2$ m tiefen Graben (*"Sanja"*), um nach Erreichen des Oberflächenniveaus schon innerhalb des Dorfes auf die Felder und Gärten verteilt zu werden. Die Bewohner des Dorfes bilden eine *„Sociedad de Aguas"*, der ein Präsident vorsteht.

In den Bewässerungskulturen unterhalb des Nachbardorfes Chilac sind die Verteilungsgräben in verschiedenen Höhen und werden z. T. in kleinen Brücken übereinander geführt. Es gibt Felder mit Beckenbewässerung und mit Furchenbewässerung. Das Bewässerungsland ist wegen des Seekreideuntergrundes außerordentlich staubig. Zwischen Kakteen-Hecken ziehen die Wege dahin. An den

Kanälchen gedeiht allenthalben das Pfahlrohr (Caña brava, Arundo donax), das überall für Hüttenwände und Zäune verwandt wird.

Die Luftaufnahme von Coapan (Bild 5), die mir leider im Gelände noch nicht zur Verfügung stand und die ich erst nachträglich von der Compañia Mexicana Aerofoto, S. A., erwerben konnte, zeigt den in Frage kommenden Ladschaftsausschnitt mit dem System der Galerias. Die Ebene von Tehuacan nimmt den größeren rechten Teil des Bildes ein, das von Trockenbusch bestandene Bergland (vgl. Bild 1) den linken. Die Travertinterrasse am Rande der Ebene baut sich vor die Ausmündung eines kleinen Trockentales. An ihrem Fuß ist eine Hacienda mit Bewässerungsland. Der neue, durch den frischen, weißen Erdaushub besonders deutliche Fernkanal (Kanal von Valsequillos-Tehuacan) verläuft in der Ebene zwischen Tehuacan und Coapan. Die Flur von Coapan zerfällt in das dicht baumbestandene Regadío-Land um das Dorf und das Temporalland (Regenfeldbauland, Secano) im weiteren Umkreis bis auf die flachen Fußhänge des Berglandes.

Die Galerias filtrantes, die das Grundwasser an das Dorf und die Oase heranführen, sind an den in Reihen angeordneten Erdhügeln der Luftschächte (*lumbreras*) mehr oder weniger deutlich zu erkennen (vgl. Erläuterungsskizze!)

Auch in der Gegend von Chilac sollen Galerias vorkommen. Die große Oase oberhalb und unterhalb des Ortes beruht jedoch, wie Bild 6 klar erkennen läßt, auf Kanalbewässerung aus dem Flußbett eines aus dem Gebirge ausmündenden Tales. Zwischen dem höher gelegenen Coapan (ca. 1550 m) und dem tieferen Chilac (ca. 1200 m) besteht ein fühlbarer Klimaunterschied. In Coapan wird der Mais nur außerhalb des Bewässerungslandes auf „Temporalfeldern" auf Grund der Sommerregen angebaut, während er in Chilac das ganze Jahr auf Rieselland kultiviert wird, und zwar für den Verkauf der Kolben als Gemüsemais („*Elote*") und für Verwendung des grünen Strohs als Viehfutter. In Chilac gedeihen neben Weizen, Gerste, Chilepfeffer, Zwiebeln und Alfalfa, auch Zuckerrohr, Bananen, Papaya, da und dort auch eine Dattelpalme. In den Fluren beider Orte stehen Mezquite- und Pirul-Bäume (Schinus Molle), dazu auch in den Dörfern, der Leguminosenbaum "*Huaje*" (Leucaena glauca), dessen junge Hülsen als Zukost genossen werden.

V. Die Qanate als kulturgeschichtliches Problem: Spanien als Brücke für ihre Übertragung nach Amerika

Coapan mit seinen Galerias filtrantes ist ein volles Spiegelbild eines iranischen Dorfes mit seinen Qanaten. Es ist mir nicht gelungen, in der Literatur eine ältere Angabe über diese interessante Erscheinung in Mexiko aufzufinden. Auch einem so intimen Kenner der mexikanischen Kulturgeschichte und Archäologie wie Dr. PEDRO ARMILLAS (Carbondale-Illinois) war die Tatsache völlig neu. Bei der großen räumlichen Trennung der mexikanischen Qanate von den altweltlichen, aber auch von den südamerikanischen, erhebt sich erneut die Frage nach einer Übertragung in die Neue Welt oder einer selbständigen Erfindung. Im letzteren Falle würde es sich um den sehr bemerkenswerten Fall einer kulturgeschichtlichen Konvergenzerscheinung handeln.

Wir müssen in der Qanatbewässerung eine Glanzleistung antiker Kulturtechnik und eine geniale Anpassung an die morphologischen, klimatischen und hydrologischen Verhältnisse arider Gebirgs- und Beckenlandschaften sehen. Im vollsten Sinn sind die Voraussetzungen dafür in den asiatischen Hochländern

mit ihren winterlich verschneiten Gebirgsketten und den großen, steilen, wasserdurchlässigen Schotterfächern an ihrem Fuße gegeben.

Für die Alte Welt waren die Hochländer Irans vom Van-See bis Peshawar und von Südbelutschistan bis Aschabad sicherlich das Entstehungszentrum. Die Perser mit ihren Kärismeistern und Schachtgräbern (*Moghanis*) haben für die Ausbreitung der Qanat- oder Kärisanlagen gesorgt. Mit der Ausbreitung der persischen Macht im 5. vorchristlichen Jahrhundert scheint die Kunst durch den Vorderen Orient bis zur Oase Kharga in Ägypten übertragen, aber bei den andersartigen Naturbedingungen nur gelegentlich angewandt worden zu sein. Die Ausbreitung in die Zentralsahara und nach dem Maghreb wird sicher mit Recht den Arabern zugeschrieben [P. HIRTH, 1928, S. 71]. Viele Autoren wie P. HIRTH, K. SAPPER, G. CRESSEY u. a. haben den naheliegenden Schluß gezogen, daß die Spanier auf Grund ihrer engen Berührung mit der arabischen Kultur die Kunst nach Südamerika, in die Wüstenoasen von Tarapacá und Nazca übertragen haben.

Für die Qanatanlagen von Nazca ist allerdings von gewichtiger Seite ins Feld geführt worden, daß sie aus vorspanischer Zeit stammen [GONZALEZ, 1934; KINZL, 1944]. Zur endgültigen Lösung des Problems wäre eine genaue Untersuchung der „*Socabones*" von Nazca mit Ausgrabungen, wie sie I. KOBORI vorgeschlagen hat, sehr zu begrüßen. Es müßte festgestellt werden, ob die alte präinkaische und inkaische Kultur von Nazca nicht doch mit den gewöhnlichen, im vorspanischen Südamerika erfundenen Bewässerungsanlagen (Kanalbewässerung und Canchoneskultur) möglich war, und ob es sich nicht bei den Socabones nur um einen von den Spaniern angeregten Ausbau nach arabischem Muster gehandelt hat. Für Mexiko möchte ich eine Entstehung in vorspanischer Zeit, die ich früher angenommen hatte [TROLL, 1957], heute, aus der weltweiten Betrachtung heraus, nicht mehr für wahrscheinlich halten. Die Anlagen bei Tehuacan sind dazu viel zu isoliert; auch sind dort die natürlichen Verhältnisse keineswegs so gelagert, daß sie wie in Iran zur Erfindung herausfordere. Auch die Verwendung spanischer Bezeichnungen (Galerias filtrantes, Lumbreras, Flor de tierra) spricht für eine Übertragung durch die Spanier.

Es fehlte allerdings bisher als Schlußstein dieser Auffassung eine Kenntnis darüber, ob die Araber den Qanatbau auf die Iberische Halbinsel und damit auf die Spanier übertragen haben. In der Literatur über die künstliche Bewässerung auf der Halbinsel fehlte bis vor kurzem jede Angabe darüber. J. BRUHNES, der die Foggara der Sahara bestens kannte, erwähnte in seiner Monographie der Irrigation [1902] keinen Fall von der Iberischen Halbinsel. G. S. COLIN, ein hervorragender Kenner der Materie, sagt in seiner Studie über Marokko [1932, S. 39] ausdrücklich: „cette technique" — gemeint ist die Qanatbewässerung von Marrakesch — „est particulière aux régions subdésertiques, et elle ne parait pas avoir été jamais employée dans la Péninsule".

Aber diese Meinung ist durch eine aufsehenerregende neue Studie widerlegt. Durch eine während der Niederschrift dieser Arbeit sicherheitshalber an meinen Freund H. LAUTENSACH gerichtete Rückfrage wurde ich auf ein Werk des spanischen Arabisten J. OLIVER ASIN aufmerksam, das die Herkunft des Namens Madrid zum Gegenstand hat. H. LAUTENSACH hatte auf dieses Werk bereits in einer nachgetragenen Fußnote seiner Schrift über „Maurische Züge im geographischen Bild der Iberischen Halbinsel" [1960] aufmerksam gemacht.

J. O. ASIN [1959] konnte durch archivalische und Feldstudien in der

Stadt Madrid und ihrer Umgebung ein altes System von Stollen aufdecken, die das Grundwasser auf der Meseta im Norden der Stadt anzapften, in 5 großen Sammelkanälen zur Stadt führten und unter Einschaltung von Wasserbehältern in einem Labyrinth unterirdischer Kanäle über die Stadt, ihre Paläste, Klöster und Gärten verteilten [vgl. die Karte auf Lamina XVII des genannten Werkes]. Sie waren durch senkrechte Luftschächte zugänglich und etwa mannshoch, also volle Nachbildungen der Qanate. In wenig standfestem Gestein der *„tierra de miga"* waren sie mit Ziegeln ausgekleidet, in den kalkreichen Tonen der härteren *„tierra de tosca"* ohne Auskleidung. Die Länge der Kanäle beträgt 7—12 km, das Gefälle auf dieser Strecke 80—100 m. In den spanischen Quellen werden sie als *„viajes de agua"*, *„minas de agua"*, *„galerias"* oder *„alcantarillas"* (vom arab. *„quantara"* = Wasserleitung) bezeichnet. Die arabische Bezeichnung war *„mâyrà"*, was soviel wie Wasserlauf bedeutet.

Eine genaue Beschreibung des ganzen Systems hatte Anfang des 18. Jahrhunderts J. C. AZNAR DE POLANCO [1727] gegeben. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Lage mit dem Wachstum der Stadt immer schwieriger, weil kein Raum für neue Anlagen mehr vorhanden war. Bis 1860 stellten die „Viajes" die einzige Trinkwasserversorgung der Stadt dar. Dann wurden sie großenteils durch eine moderne Trinkwasserleitung aus der Sierra Guadarrama ersetzt. Heute dienen sie, soweit sie nicht verfallen sind, z. T. der Wasserabfuhr. 1935 hat man die gesamte Länge des Qanatnetzes von Madrid auf 124 km geschätzt.

Für unsere kulturhistorische Fragestellung ist der Nachweis wichtig, daß die Anlage dieser *„viajes madrileños"* aus der Zeit der arabischen Herrschaft stammt. Schon der Ausbau einer kleinen ländlichen Siedlung an der Stelle des heutigen Madrid, die wohl schon in der Westgotenzeit bestand, zu einer befestigten arabischen Stadt wäre ohne die Anlage der viajes unmöglich gewesen. Natürliche Quellen gab es nachweislich nicht. Der Manzanares ist 50 m unter das Niveau der Stadt eingeschnitten, von ihm konnten keine Kanäle zur Stadt geführt werden. Aquädukte nach römischem Muster, etwa aus der Sierra Guadarrama, pflegten die Araber nicht zu bauen. Die kleinen Göpelwerke der Norias, eine arabische Einführung in Spanien zur Hebung von Grundwasser, gab es wohl, dienten aber nur der Bewässerung kleiner Gärten und der Versorgung von Bädern. Bei einer Tiefe des Grundwassesrpiegels von 20—35 m wären sie für die städtische Versorgung nicht ausreichend gewesen. Schon für das Jahr 1202 ist durch eine Verordnung das Vorhandensein der viajes bezeugt. Um 1400 wird die Stadt als „über Wasser erbaut" beschrieben. Philipp II. hätte die Stadt 1561 nicht zur Hauptstadt erheben können, wenn nicht die aus maurischer Zeit überkommenen guten Wasserversorgungsanlagen bestanden hätten.

J. O. ASIN führt weiter mit großer Überzeugungskraft aus, daß auch der Name der spanischen Hauptstadt auf das arabische Wasserversorgungssystem zurückgeht. Der maurische Name *Maŷrit* setzt sich nach ihm aus dem Stamme *Maŷrà* (= Wasserstollen) und der Endung *it* zusammen, die sich vom lateinischen Mengensuffix *etum* (span. *edo*) ableitet und die von den zweisprachigen Moslems und Mozarabern gebraucht wurde. Danach wäre Madrid bzw. Maŷrit ein hispanoarabischer Zwittername, der auf die Einführung der in Iran entstandenen Qanatanlagen auf der spanischen Meseta durch die Araber hinweist. Es liegt nahe, Marrakesch als Ausgangspunkt dieser Übertragung zu betrachten.

Von Nordwestafrika aus ist die Kunst des Qanatbaues auch nach den Kanarischen Inseln gedrungen. Fr. J. de Sosa [1848] beschreibt das Vorkommen auf der Insel Gran Canaria, wo sie schon die spanischen Eroberer bei den Ureinwohnern der Guanchen in Gebrauch gefunden haben sollten. Da die Guanchen ein Zweig der nordafrikanischen Berber waren, bleibt der Zeitpunkt der Übertragung vorerst im Dunkeln. Nach den Ausführungen spanischer Geologen sind sie dort noch heute in Gebrauch und in neuerer Zeit sogar ausgedehnt worden [A. Martin, 1924, J. Gavala u. E. Goded, 1930].

VI. Rückblick

Es bleibt als Hauptergebnis dieser Studie, die durch die Entdeckung echter Qanatbewässerung in weit isolierter Lage im Hochland von Mexiko angeregt war, die Überzeugung, daß die Verbreitung der Qanatbewässerung auch in die Neue Welt einen eindeutigen Fall von Kulturübertragung darstellt. Die Erfindung dieses kunstvollen Wasserversorgungssystems fand im frühen Altertum im Hochland von Iran nach der Einwanderung der indo-arabischen Bevölkerung statt. Während sich in der noch älteren Zeit in den Stromtiefländern im Westen, Norden und Osten des Iranischen Hochlandes Bewässerungskulturen durch Ableitung von Flußwasser in Kanälen entfaltet hatten, stellt die Erfindung des Qanatsystems eine höchst wirkungsvolle Anpassung an die Natur des ariden Hochlandes dar, in dem große Ströme und weithin auch permanente Flüsse und Bäche fehlten, wo aber die großen Schwemmhalden am Fuß der Gebirge und hoch über den Sohlen der intramontanen Becken den Gedanken aufkommen ließen, das Grundwasser der Schwemmkegel „ingenieurgeologisch" anzuzapfen und ohne Aufwand von tierischer oder menschlicher Kraft nach landwirtschaftlich nutzbaren und besiedelbaren Gegenden zu leiten. Diese Erfindung verschaffte dem alten Persien einen großen Aufschwung seiner Volkskraft und seiner Wirtschaft, seinen Herrschern eine große Ansammlung von Reichtum. Das System wurde so weit ausgedehnt, als die natürlichen Voraussetzungen und die Macht des Staates für Binnenkolonisation reichten. Bei der Expansion des Perserreiches wurde die Kunst des Qanatbaues auch im Vorderen Orient bekannt, aber bei dem generellen Fehlen der natürlichen Voraussetzungen nur gelegentlich und auf Grund besonderer geologischer Voraussetzungen in Anwendung gebracht, von den Ufern des Persischen Golfes bis zur Oase Kharga und nach Kurdistan, merkwürdigerweise aber nicht im Anatolischen Hochland. Die Araber übernahmen das System und verbreiteten es bei ihrer kolonialen Expansion im Mittelalter durch die Sahara und Nordafrika bis zum Atlantischen Ozean und nach Marrakesch, ja sogar bis Sizilien und auf die Meseta Zentralspaniens (Madrid).

Durch die Spanier wurde im Zuge der Kolonisierung Lateinamerikas die Kunst des Qanatbaues auch an die drei bisher bekannten Stellen in der Neuen Welt (Tarapacá-Chile, Nazca-Peru und Coapan-Mexiko) übertragen, wo die künstliche Bewässerung schon in vorspanischer Zeit geübt wurde — wenigstens in Nordchile und Peru. Die künstliche Bewässerung an sich ist zweifellos im Sinne von Adolf Bastian,s „Elementar- und Völkergedanken" in den ariden Gebieten der Alten und Neuen Welt selbständig erfunden worden, die spezielle Kunst des Qanatbaues dagegen ist von ihrem einzigen Ursprungsgebiet in Iran aus durch transkontinentale und transozeanische Übertragung und Wanderung im Sinne der Migrationslehre nach 5 Kontinenten verbreitet worden.

Nachwort: Qanatähnliche Entwässerungsstollen in Mittelitalien

Nach Abschluß des Manuskriptes erhalte ich von Herrn Professor Sheldon Judson, Princeton University, eine Studie zugesandt, die im Zusammenhang mit der universalgeschichtlichen Problematik der Qanat-Bewässerung Beachtung verdient [JUDSON, SHELDON and ANNE KAHANE: Underground drainageways in Southern Etruria and Northern Latium. Papers of the British School at Rome, vol. 31 (N. Ser. vol. 18), Rome 1963, S. 74—99]. Darin werden die aus der Antike stammenden sog. „*Cuniculi*" (= Stollen) aus den Monti Sabatini im Norden von Rom und aus den Monti Albani landschaftsökologisch, kulturtechnisch und historisch behandelt. Die technische Konstruktion der Cuniculi erinnert sehr stark an die iranischen Qanate, vor allem auch dadurch, daß beim Bau der schwach geneigten, zur Wasserbeförderung dienenden Stollen auch in regelmäßigen Abständen die senkrechten Luftschächte zur Wegbeförderung des Erdreiches angelegt wurden.

In den Albaner und Sabatiner Bergen herrschen besondere geologisch-bodenkundliche Verhältnisse. Es sind sehr junge, pleistozäne Vulkanlandschaften, vorwiegend aus vulkanischen Aschen („*Tufo*") aufgebaut, die durch fossile Verwitterungshorizonte von geringer Wasserdurchlässigkeit gegliedert sind. Die Gebiete mit ausgedehnteren Cuniculi-Systemen (*"areas of extensive cuniculation"*) sind auf die Gebiete mit mediterranen Braunerden der mesophytischen Waldstufe beschränkt, welche durch einen sehr hohen Gehalt an Ton- und Schluffpartikeln den Boden in der Trockenzeit hart und kompakt, in der nassen Winterzeit zäh und undurchlässig machen.

Die Cuniculi folgen in diesen Gebieten den kleinen Tälchen, meist parallel zum Talboden, gelegentlich führen sie auch quer von einem Tälchen zu einem Nachbartal, oder aber sie führen auch von einem Seebecken (Kraterseen) nach außen. Der Zweck der Cuniculi war ein landwirtschaftlicher, nämlich der, durch künstliche Drainage in den feuchten Tälern Kulturland zu gewinnen. Sie dienten also — und dies ist der Gegensatz zu den Qanaten — nicht der künstlichen Bewässerung und Wassersammlung, sondern der Abfuhr überschüssigen Wassers. In einigen Fällen hat man durch Cuniculi auch den Wasserspiegel oberflächlich abflußloser Kraterseen reguliert, wie die schon von LIVIUS mitgeteilte Absenkung des Spiegels des Lago di Albano im frühen 4. Jahrhundert v. Chr. (oder ähnlich) die Absenkung des Laacherseespiegels im Mittelalter (1152—1184) durch das Kloster Maria Laach). Nur in den städtischen Zentren soll durch Cuniculi auch Grundwasser für Brunnen gesammelt worden sein.

Was das Alter betrifft, so kann man für das am stärksten mit Cuniculi meliorierte Gebiet um Veii in den Monti Sabatini mit großer Sicherheit sagen, daß die Anlagen nur aus der Zeit stammen können, als die Stadt um ihre Umgebung eine blühende und starke politische Einheit unter der etruskischen Herrschaft war, also spätestens vor dem 4. vorchristlichen Jahrhundert, da Veii 396 v. Chr. von den Römern eingenommen wurde und weiterhin darniederlag. Die ähnlichen Anlagen an der Süd- und Westabdachung der Albanerberge im Raume zwischen Velletri, Lanuvio, Ariccia, Lavinium, Ardea und Cisterna sind weniger leicht zu datieren, sind aber bei ganz ähnlichen Naturgrundlagen ganz und gar nach dem Beispiel der Landschaft um Veii angelegt.

Man könnte also wieder die Frage aufwerfen, ob die Etrusker von der Technik des Quanatbaues der Perser irgendwie Kunde erhalten haben, und die Tech-

nik nur einem anderen Zweck dienstbar machten, oder ob es eine selbständige Erfindung war. Ich neige auf Grund der nachgewiesenen Übertragungen aus dem Altertum und Mittelalter zu der ersten Auffassung.

Literaturverzeichnis

AL-IDRISI: Description de l'Afrique et de l'Espagne. Übersetzung von P. DOZY et M. DE GOEJE.

ALTHEIM, FRANZ: Das alte Iran. In: Propyläen-Weltgeschichte. Hrsg. v. GOLO MANN u. ALFRED HEUSS. Bd. II. Berlin-Frankurt-Wien 1962

ASIN, J. OLIVER: Historia del nombre „Madrid". Consejo Sup. Invest. Cient., Instituto Miguel Asin. Madrid 1959.

AUHAGEN, O.: Die Landwirtschaft in Transkaspien. Ber. üb. Land- und Forstwirtschaft im Auslande. Hrsg. v. d. Deutsch. Landwirtschaftsgesellschaft. Berlin 1905

AZNAR DE POLANCA, J. CLAUDIO: Arithmética inferior y Geometría práctica y especulativa; origen de los nacimientos de las aguas dulces y gordas desta Coronada Villa de Madrid etc. Dedicado a Joseph de Castro, del Consejo de Su Magestad, Juez de las aguas y fuentes de esta ilustre Villa. Madrid 1727.

BAKER, SIR S.: Cyprus as I knew it in 1879 (Zitat nach ROBINS, F. W.: The story of water supply. Oxford Univ. Press 1946).

BEADNELL, H. J. L.: An Egyptian Oasis. London 1909.

— Flowing wells and subsurface water in Kharga Oasis. Geograph. Magazin, 1908.

BECKET, PHILIP: Qanats around Kerman. Journ. Roy. Central Asian Soc., vol. 40, 1953, S. 47—58.

BÉMONT, FRÉDY: L'irrigation en Iran. Annales de Géogr., t. 70, No. 377, 1961, S. 597 à 620.

BERCHEM, MARGUERITA v.: A la recherche de Sedrata. Archaeologica Orientalia in memoriam Ernst Herzfeld. New York 1952.

BERNARD, AUGUSTIN: Afrique Septentrionale et Occidentale. Géographie Universelle, t. XI. Part I: Afrique du Nord. Paris 1937. Part II: Sahara, Afri.ue Occidentale. Paris 1939.

BILLINGHURST, G. E.: La irrigación de Tarapacá. Santiago 1893 (zit. nach K. KAERGER).

— Estudio sobre la geografía de Tarapacá. Santiago 1886.

BISHOP (J. L. BIRD): Journeys in Persia and Kurdistan. London 1891 (vol. I, pp. 241 ff.).

BOBEK, H.: Iran. Themen zur Geographie und Gemeinschaftsurkunde, hrg. v. W. W PULS. Frankfurt-Berlin-Bonn 1962.

— Teheran. Festschrift Hans Kinzl. Schlern-Schriften, Bd. 190. Innsbruck 1958.

BOUVAT, L.: Les Barmécides. Paris 1912.

BOWMAN, ISAIAH: Desert trails of Atacama. Amer. Geogr. Soc., Spec. Publ. Nr. 5, New York 1924.

BRUNHES, JEAN: L'Irrigation, ses conditions géopraphiques, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord. Paris 1902. S. 286.

— Les Oasis du Souf et du M'zab La Géographie, Bull. Soc. Géogr., t. V, 1902.

BURSAUX, W.: L'oasis d'El Guettar, ses ressources, sa décadence. Revue Tunisienne, No. 83, 1910.

BUSSE, W.: Bewässerungswirtschaft in Turan und ihre Anwendung in der Landeskultur. Veröff. d. Reichskolonialamtes Nr. 8, Jena 1915.

BUTLER, MILLARD H.: Irrigation in Persia by Kanats. Civil Engineering, vol. 3, New York 1933.

CABLE, MILDRED, and FRENCH, FRANCESCA: The Gobi Desert. New York 1944.

CAPOT-REY, ROBERT: Le Sahara Français. Pays d'Outre-Mer, 4. Sér., No. 1, t. 2. Paris 1952.

COLIN, GEORGE S.: La noria marocaine. Hespéris, t. XIV. Paris 1932.

CORNET, ANDRÉ: Essai sur l'Hydrologie du Grand Erg Occidentale, Les Foggaras. Trav. de l'Institut de Recherches Sahariennes, t. 8. Alger 1952.

CRESSEY, G. G.: Quanats, Karez, and Foggaras. Geogr. Rev. vol. 48, 1958.

DESIO, ARDITO: Geologia applicata all'Ingegneria. Milano 1959.

ENCYCLOPAEDIA OF ISLAM, 4 vols. Leyden 1908—1938. Sichwort Quanat.

EYDOUX, H.-P.: L'homme et le Sahara. Géographie Humaine. Paris 1943.

FEILBERG, C.-G.: Quanaterne. In: Mélanges dédiés à A. CHRISTENSEN. Copenhague, 1945.

FÉNÉLON, P.: L'irrigation dans le Haouz de Marrakech. Bull. Assoc. Géographse Franç., 1941, Mai—Juine.

FISHER, B.: Irrigation Systems of Persia. Geogr. Review, vol. 18, 1928, S. 302—306.

FISCHER, TH.: Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise im Atlas-Vorland. Peterm. Mitteil. Erg.Heft 138, Gotha 1901.

GAUTIER, E. F.: Les Oasis Sahariennes. Alger 1906.

— Le Sahara. Paris 1928.

GAVALA, JUAN y GODED, ENRIQUE: Informe relativo a los aprovechamientos de aguas en las Islas Canarias. Boletin del Instituto Geológica, 1930, S. 4—103.

GOBLOT, HENRI: Dans l'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire. Annales E.S.C., Mai-Juin 1963 (I).

— Le problème de l'eau en Iran. Acta Geographica. Fasc. 48. 4e trimestre. Paris 1963 (II).

GONZALES, M. F.: Los acueductos incaicos de Nazca. Aguas e Irrigación. Lima 1934. S. 207—222.

HEDIN, SVEN: Zu Land nach Indien. I. u. II. Leipzig 1910.

HERBAUT: Les foggaras du Touat. Bull. Soc. Géogr. d. Alger, Nr. 140, 1934.

HIRTH, PAUL: Die künstliche Bewässerung. Beiheft 1 zum „Tropenpflanzer", Jg. 31, 1928. Berlin 1928.

HUMLUM, J.: La géographie de l'Afghanistan. Copenhague, Stockholm, Oslo, Helsinki 1959. Vgl. auch Comptes Rend. Congr. Intern. de Géogr., Lisbon, 1949, t. 3. Lisbon 1951, S. 318—328.

— Map of the Oasis District of Pirzada in Afghanistan, 1/2100. Aarhus, Geografisk Institut, 1949.

JOLEAUD: Traditions corporatives de constructeur de cours d'eau souterrains de Marrakech. Revue des Sciences, 23. Dec. 1933.

KAERGER, KARL: Landwirtschaft und Kolonisation im Spanischen Amerika. I. u. II. Leipzig 1901.

KINZL, H.: Die künstliche Bewässerung in Peru. Zeitschr. f. Erdkunde, Jg. 12, 1944, S. 98—110.
KOBORI, IWAO: On the underground irrigation system in Peru and Chile — a case study of the Arid Zone Geography. 1960.
— Human geography of methods of irrigation in the Central Andes. In: The Natural Environment of the Central Andes. 1962.
KUROS, GHOLAM-RESA: Irans Kampf um Wasser. Berlin 1943.
LAUTENSACH, H.: Maurische Züge im geographischen Bild der Iberischen Halbinsel. Bonner Geogr. Abhandl., H. 28, 1960.
MARIN, A.: Notas acerca del aprovechamiento de aguas torrenciales en las Islas Canarias. Boletin d. Instituto Geológ., 1924.
MARTIN, A. G. P.: Les oasis sahariennes. Gourara, Tidikelt, Touat. Paris 1903, 404 S.
MENSCHING, HORST: Formen der Eingeborenenwirtschaft in Marokko. Die Erde. Ztschr. Ges. f. Erdk. Berlin, 1953, S. 30—44.
MERCKEL, C.: Ingenieurtechnik im Altertum. Leipzig 1899.
MERLICEK, E.: Aus Irans Kulturvergangenheit. Wasserwirtschaft und Kultur in ihren Zusammenhängen und gegenseitigen Beziehungen. Dt. Wasserwirtschaft, 36, 1941, S. 301 ff.
MERZ, A.: Die Renaissance des Islam. 1922.
MONOD, TH.: Méharées. Paris 1937.
MORIER, JAMES: A second journey through Persia, Armenia and Asia Minor to Constantinople between the years 1810 and 1816. London 1818.
MOULIAS, D.: L'organisation hydraulique des oasis sahariennes. Alger 1927.
NEUMANN, HEINRICH: Die physisch-geographischen Grundlagen der künstlichen Bewässerung des Iran und Irak. Wiss. Veröff. d. Dt. Instituts f. Länderkunde, N.F. Bd. 12, Leipzig 1953.
NIEDERMAYER, RICHARD: Das afghanische Bewässerungswesen. Der Kulturtechniker, Bd. 32, 1929, S. 43 ff.
PARSON CO., RALPH M.: Ground Water Recources of Iraq. 9 Bde. Development Board, Baghdad 1955—1956.
PHILBY, HARRY S. J. B.: The Heart of Arabia. 2 vols., London 1932.
POUPART, JEANNE-MARIE: Les problèmes de l'eau à Marrakech. Les Cahiers d'Outre-Mer, t. II, 1949.
REPARAZ, G. de: La zone aride du Perou. Geografiska Annaler, Bd. 40, 1958.
RICARD, O. P.: Guía Maroc. Guides Bleus. Paris 1936. S. 138.
SACHAU, E.: Reise in Syrien und Mesopotamien. Leipzig 1883.
SAPPER, K.: Die Verbreitung der künstlichen Feldbewässerung. Peterm. Mitteil. 1932.
SAVORNIN, J.: Le plus grand appareil hydraulique du Sahara. Trav. Inst. de Recherches Sahariennes, t. IV, Alger 1947.
SCHIFFERS, H.: Die Sahara und die Syrtenländer. Stuttgart 1950.
SCHINDLER, A. H.: Beschreibung einiger wenig bekannter Routen in Chorassan. Ztschr. Ges. f. Erdk. Berlin, 1877.
SIMON: Oasenkultur in der chilenischen Wüste Atacama. Tropenpflanzer, Bd. XI, 1907, S. 387—392.
SMITH, ANTHONY: Blind white fish in Persia. London 1954.
SOLIGNAC, MARCEL: Recherches sur les installations hydrauliques de Kairouan et les steppes tunisiennes du VIIe au XIe siècle. Annales de l'Instiut d'Etudes Orientales, t. X, 1952, 273 S.
— Travaux hydrauliques hafsides de Tunisie. IIe Congr. d. l. Fédération des Sociétés Savantes de l'Afrique du Nord. Revue Africaine, 1936, S. 517—580.
SOSA, Fr. JOSÉ de: Topografía de la Isla Afortunada de la Gran Canaria. Santa Cruz de Tenerifa, 1948.
STRATIL-SAUER, G.: Kanate, Persiens künstliche Bewässerungsanlagen. Die Umschau 41, Frankfurt 1937.
SUTER, KARL: Die Foggara des Touat. Vierteljahrsschr. d. Naturfr. Ges. in Zürich, Nr. 97, 1952 (a).
— In Salah. Geographische Skizze einer Oase der Zentralsahara. Jb. 1952 der Sekundarlehrer-Konferenzen der Ostschweiz. 1951.
— Timimun. Zur Anthropogeographie einer Oase der algerischen Sahara. Mitt. Geogr. Ges. Wien, Bd. 94, 1952 (b), S. 31—54.
— Über Quelltöpfe, Quellhügel und Wasserstollen des Nefzaouna (Süd-Tunesien). Vierteljahrshefte d. Naturforsch. Ges. Zürich, Jg. 107, H. 2, 1962.
TOLMAN, C. F.: Ground Water. New York 1937.
TROUSSU, PIERRE: Les rétharas de Marrakech. France-Maroc, t, 3, 1919, S 246—249.
TROLL, CARL: Forschungen in Zentralmexiko 1954. Dt. Geographentag Hamburg 1955. Tagungsbericht u. Wissenschaftliche Abhandlungen. Wiesbaden 1957.
VERGNAUD, F.: Le Sahara. Le Seuil. „Petite Planète", 1959.
WALTHER, JOHANNES: Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. Leipzig 1912.
WEULERSSE, J.: Paysans de Syrie et du Proche Orient. Paris 1946.
WILSON, A. I.: The Persian Gulf. 2nd Ed., London 1954.
WINZ, H.: Zur Kulturgeographie des Vanseegebietes (Osttürkei). Ztschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1939, S. 184—201.
ZIMBALENKO, L. J.: Die Kärise des Transkaspischen Gebietes (Kjarisy [Wodoprowody] Sakaspiisskoi oblasti). Hrsg. v. d. Abt. Bodenkultur d. Minist. f. Landwirtschaft. St. Petersburg 1896.

Nachtrag zum Literaturverzeichnis

BERG, L. S.: Rel'ev Turkmenii. In- Turkmenija, II, Leningrad 1929.
FEYLESOUFFI, E.: Underground water, kanats and deep wells. Independ. Irrigation Administration, Teheran 1958.
JAMES, PRESTON: One world divided. A geographer looks at the modern world. New York, Toronto, London 1964, S. 242.
KÖNIG, WOLFGANG: Die Achal-Teke. Zur Wirtschaft und Gesellschaft einer Turkmenen-Gruppe im 19. Jahrhundert. Veröff. d. Museums f. Völkerkunde zu Leipzig, H. 12, Berlin 1962. S. 97—99.
MONOD, THÉODORE et TOUPET, CH.: Utilisation des terres de la région Sahara-Sahélienne. In: A history of land use in arid regions. Ed. by L. D. Stamp. UNESCO 1961.
NITTRIE, DAVID: When the earth shook. London 1961 (deutsche Ausgabe: Wenn die Erde bebt. München 1963).
PING, CHENG: The snow feeds Sinkiang. Peking Review, vol. VI, No. 12, March 22, 1963 (Qanat-Bewässerung im Turfan-Becken).
RUSINOW, V. V.: Vodozemel'nye otnošenija i obščina u Turkmen. Taschkent 1918.

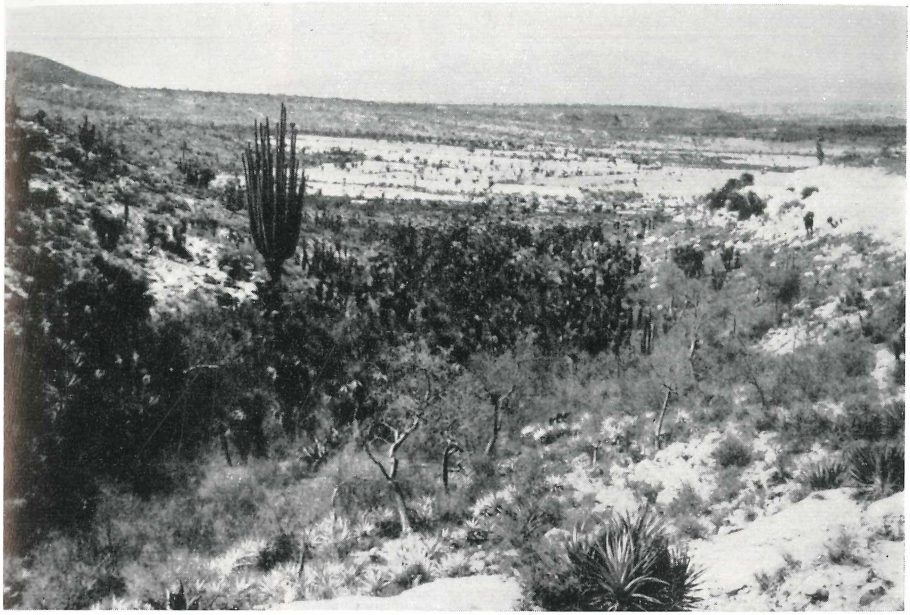


Bild 1. Die Hochebene von Tehuacan (Staat Puebla, Mexiko). Blick vom Gebirgsrand westl. Coapan über die Ebene gegen die in der Ferne sichtbare Gebirgsumrahmung. Im Mittelgrund die breite Travertinterrasse. Im Vordergrund Sukkulenten-Dornbusch mit Cereen, Yucca, Aloe.

Bild 2. Galerias filtrantes (Qanata) beim Dorf Coapan. Oberirdisch sichtbar an den Auswurfhügeln aus weißer Erde über den Luftschächten (Lumbreras).

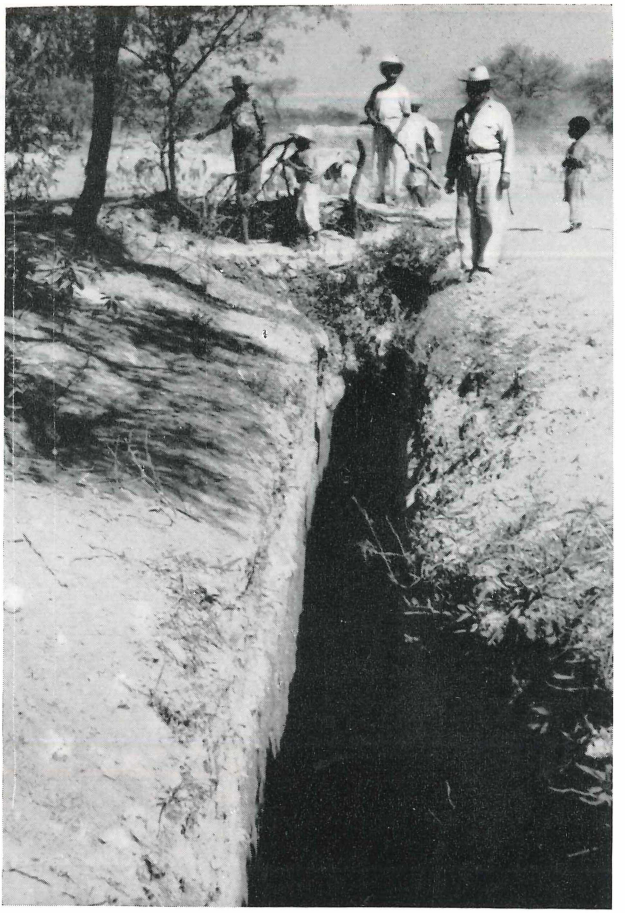
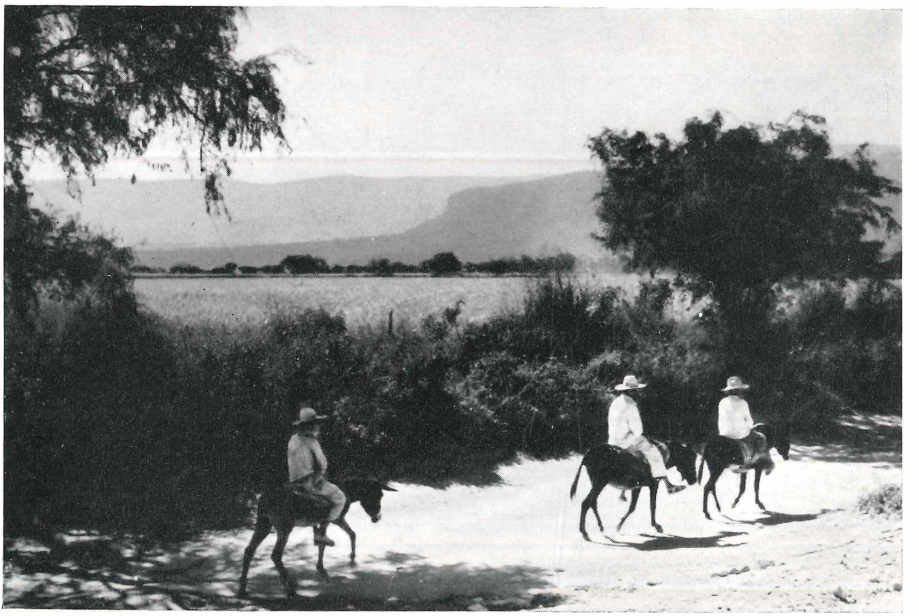


Bild 3. Austritt einer Galeria filtrante (Flor de Tierra) in den offenen Bewässerungskanal. Coapan.

Bild 4. Im Bewässerungsland der Oase Chilac. Weizenfelder, lebende Hecken und einzelstehende Leguminosenbäume in der Flur (Mesquite und Huaje).



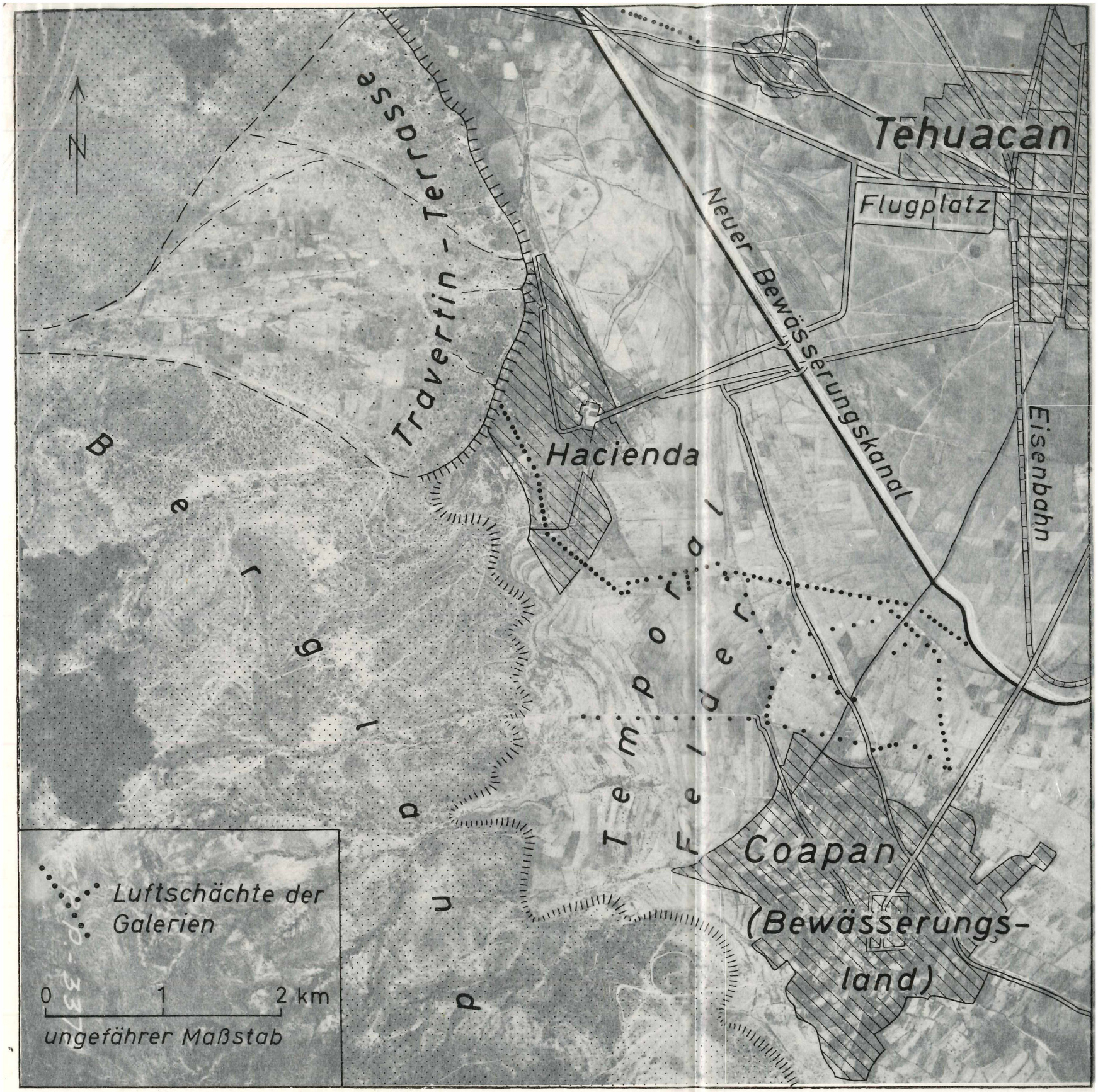


Bild 5. Senkrechte Luftaufnahme des Geländes zwischen der Stadt Tehuacan (rechts oben) und dem Dorfe Coapan. — Nördlich des Dorfes sind ältere undeutliche und jüngere, durch den frischen weißen Erdaushub deutliche Reihen von Lumbreras erkennbar, die den Verlauf der Galerias filtrantes und damit das Heranführen des Grundwassers an die Dorfoase erkennen lassen. Maßstab ca. 1 : 30.000.
Aufn. Compañia Mexicana Aerofoto S. A.

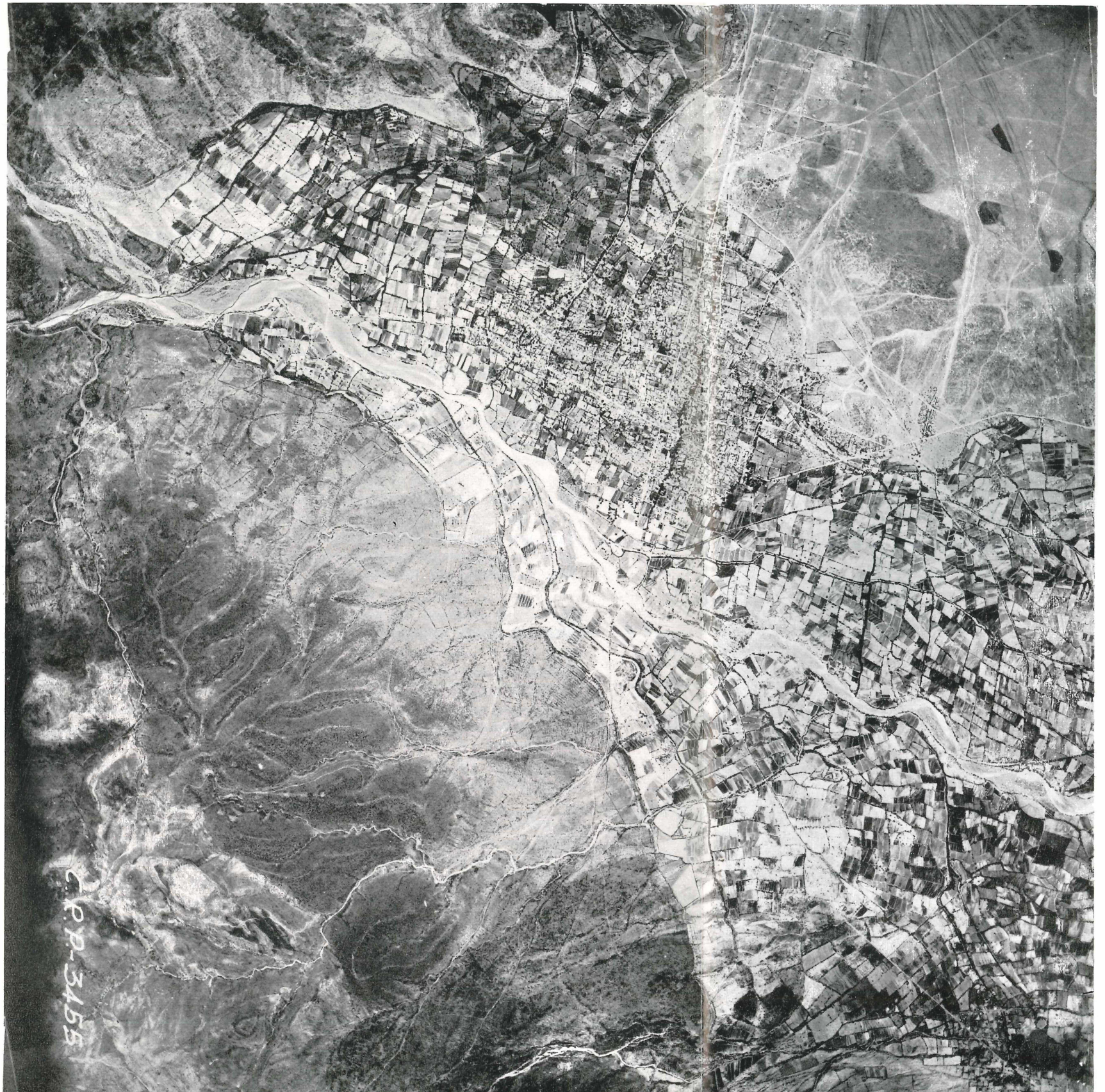


Bild 6. Senkrechte Luftaufnahme von Dorf und Oase Chilac bei Tehuacan. Die vom jetzt trockenen Bett des Flusses abzweigenden Bewässerungskanäle und die von der Erreichbarkeit des Rieselwassers bestimmte Ausdehnung des Bewässerungslandes sind deutlich erkennbar. Maßstab ca. 1 : 30.000. Aufn. Compañia Mexicana Aerofoto S. A.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: 105

Autor(en)/Author(s): Troll Carl

Artikel/Article: Qanat-Bewässerung in der Alten und Neuen Welt Ein kulturgeographisches und kulturgeschichtliches Problem 313-330