

# Präkolumbianischer Wasserbau

Autor(en): **Schnitter, Niklaus**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **68 (1976)**

Heft 2-3

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-939275>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Siebter Kongress für grosse Talsperren vom 29. März bis 2. April 1976 in Mexiko



Bild 1 Aztekische Steinstatuette der Wassergöttin Chalchiuhtlicue aus der reichhaltigen Sammlung präkolumbianischer Kunst des Museums Rietberg in Zürich. (Foto: I. Wettstein und B. Kauf)

Alle drei Jahre organisiert die Internationale Talsperrenkommission einen Kongress über verschiedene Fragen des Talsperrenbaus. Während in früheren Jahren die eigentlichen Probleme der Staumauern und Staudämme im Vordergrund standen, hat nun die Internationale Kommission beschlossen, ihren Aufgabenkreis zu erweitern und die Fragen der Hydrologie und des Hochwasserschutzes sowie des Zentralenbaus einzubeziehen, sofern die Krafthäuser mit der Sperre in einem baulichen Zusammenhang stehen. Ferner wird dem Problem der Erdbbensicherheit wachsende Bedeutung beigemessen, und es werden auch alle mit der Schaffung von Speichern zusammenhängenden ökologischen Fragen diskutiert.

Dieses Jahr findet der Kongress in Mexiko statt. Die Woche vom 29. März bis 2. April 1976 ist der Behandlung von vier Themen gewidmet, welche von der Internationalen Kommission aufgrund von Vorschlägen aus sämtlichen Mitgliedstaaten ausgewählt wurden und wie folgt lauten:

Probleme bei Schüttdämmen spezieller Bauart  
Studium der Wasserverluste und der Drainagevorkehrungen bei Talsperren und ihren Fundationen  
Vorstudien für Talsperrenanlagen  
Einfluss von Umweltfaktoren auf Talsperren und Staueisen.

Die zu den vier Themen verfassten Vorberichte werden vor Kongressbeginn in einem mehrbändigen Bericht den Teilnehmern der Tagung zur Verfügung gestellt. Aus der Schweiz wurden insgesamt sechs Berichte eingereicht.

Anschliessend an die Diskussionswoche finden verschiedene touristisch-technische Exkursionen in verschiedene Teile des Landes statt, welche sich für die stets wertvollen fachlichen und persönlichen Kontaktnahmen besonders gut eignen.

Bei dieser Gelegenheit sei einmal mehr auf das Schweizerische Talsperren-Komitee hingewiesen. Alle Interessenten des Wasserbaus und der Wasserwirtschaft sind darin sehr willkommen, denn auch in der Schweiz wird das Wasser ein immer wertvollerer Rohstoff und seine Bewirtschaftung ist mit der Speicherung aufs engste verknüpft. Die Belange des Talsperrenbaus werden somit in nächster Zeit immer mehr über diejenigen der reinen Energieerzeugung hinausgehen.

O. Rambert, Präsident des Schweiz. Talsperrenkomitees

## Präkolumbianischer Wasserbau

DK 626:986

Niklaus Schnitter

### 1. Einleitung

Die alten Kulturen Nord- und Südamerikas (Bild 2), denen die auf die Entdeckungsfahrten des Kolumbus folgende spanische Eroberung ein jähes Ende bereitete, sind heute allgemein bekannt und viele ihrer Denkmäler weltberühmt. Weniger bekannt und leider auch noch keineswegs gut erforscht sind die Ueberreste ihrer Nutzbauten, sowie das Ausmass, in welchem diese Kulturen, ähnlich wie die uns vertrauteren ägyptische, mesopotamisch-persische und griechisch-römische, vom Wasserbau abhängig waren. Diese Abhängigkeit und dementsprechend die wasserbautechnischen Leistungen waren selbstredend stark durch die natürlichen Gegebenheiten bedingt, die von der absolut niederschlaglosen Küste Perus bis zu den Urwäldern Yucatan in Mexiko reichen (Bild 3). Je nachdem erstreckte sich der Umfang der Wasserbauten von einzelnen Trinkwasser-

versorgungen bis zu umfassenden, weil lebensnotwendigen Bewässerungsanlagen, welche den entsprechenden Kulturen das Gepräge von «Hydraulischen Gesellschaften» gaben, wie sie von K. A. Wittfogel bezeichnet worden sind [1 und 2].

### 2. Mexikanische Anfänge

Ist schon der Umfang der präkolumbianischen Wasserbauten erstaunlich, so ist es noch mehr das hohe Alter, in das sie teilweise zurückreichen. Die bislang ältesten Ueberreste wurden am Südende des Tales von Tehuacan, rund 260 km südöstlich der Stadt Mexiko, gefunden (Bild 2) [3]. Deren spektakulärster ist der inzwischen durch den Wildbach Lencho Diego wieder durchschnittene Erddamm Pur-

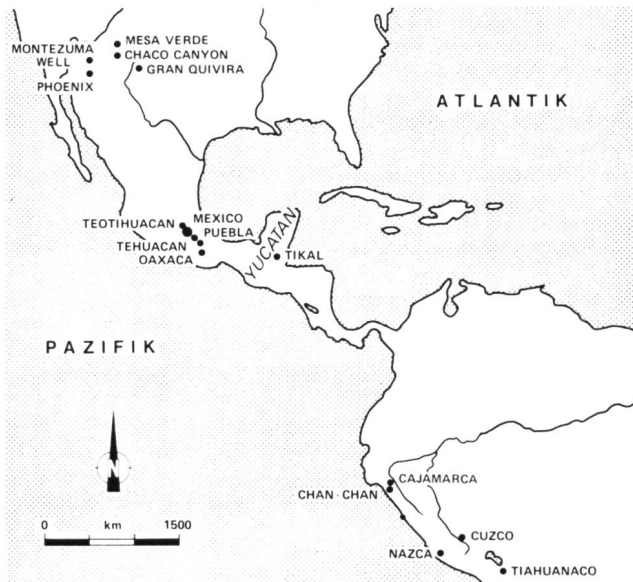


Bild 2 Kartenausschnitt mit den wichtigsten Zentren präkolumbianischer Kultur in Nord- und Südamerika.

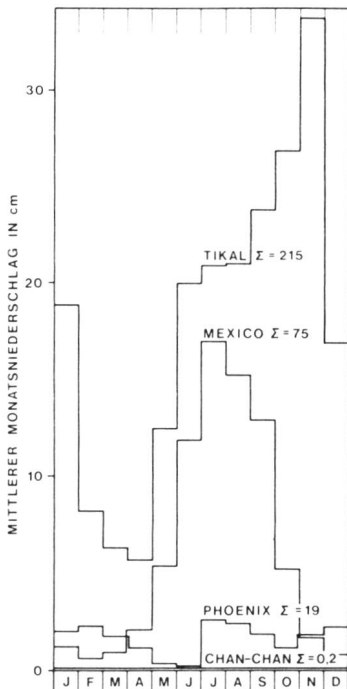


Bild 3: Verteilung der mittleren monatlichen Niederschläge übers Jahr für vier der präkolumbianischen Kulturzentren (Lage derselben siehe Bild 2).

Bild 5 Bis 300 v. Chr. zurückreichendes, dank der Versinterung erhalten gebliebenes Kanalsystem zur Bewässerung der Terrassenfelder von Hierva el Agua bei Mitla im Tal von Oaxaca; im Hintergrund versinterter Wasserfall. (Foto C. L. Moser)



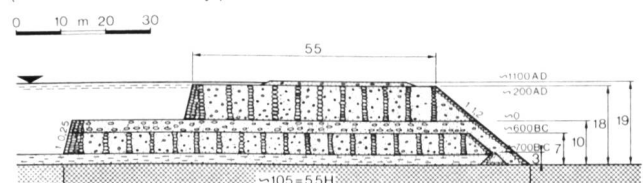
ron bei San José Tilapa, dessen erste nur 3 m hohe Bausteppe auf 750 bis 600 vor Chr. datiert wird, während die substantielle Erhöhung auf 7 m von etwa 600 vor Chr. stammen soll. Damit wäre dieses Bauwerk erheblich jünger als die ältesten bekannten Talsperren Jawa in Jordanien vom Ende des 4. Jahrtausends vor Chr. [4] und Kafara in Ägypten aus der Mitte des 3. Jahrtausends vor Chr. [5], jedoch aus derselben Zeit wie der berühmte Damm Arim bei Marib in Yemen [6], sowie die Sperren Rusas I (734—714 vor Chr.) am Van-See in der Ost-Türkei [7] und Sanheribs (705 bis 681 vor Chr.) nordöstlich von Ninive [8].

Während die erste Bausteppe des Purron-Dammes durch eine einfache Aufschüttung gebildet wurde, wies die zweite, auf den Verlandungssedimenten der ersten erstellte Etappe bereits einen systematischen Aufbau auf (Bild 4). Sie bestand aus Trockenmauerzellen, die mit verdichteter sandiger Erde gefüllt waren. Wasserseitig wurde der Damm durch eine Stützmauer begrenzt und seine luftseitige Böschung war mit Steinen verkleidet. Seine Krone war 400 m lang und der Stauinhalt betrug 1,4 Mio m<sup>3</sup>. Die Fussbreite von rund 100 m war gewaltig überdimensioniert, erlaubte aber ohne wesentliche Verbreiterung zusätzliche Erhöhungen nach Massgabe der fortschreitenden Verlandung, bis dass etwa 200 nach Chr. eine Dammhöhe von 18 m, ein Dammvolumen von 370 000 m<sup>3</sup> und ein Stauinhalt von 5,1 Mio m<sup>3</sup> erreicht waren. Die geringfügige vierte Erhöhung um 1100 nach Chr. scheint in Zusammenhang mit einem Pyramidenbau auf der Krone des Dammes gestanden zu haben und nicht mit dessen weiteren wasserwirtschaftlichen Nutzung.

Doch auch so erstreckte sich die Nutzung des Purron-Speichers über fast ein Jahrtausend! Dabei erfolgte die Wasserentnahme offenbar durch zwei, das rechte Ende der Dammkrone durchschneidende Rinnen, die mittels Baumstämmen, Steinblöcken und Erde verschlossen wurden und auch der Ableitung von Hochwassern dienten. Ein kurzer Kanal verband die Rinnenausläufe mit den unterhalb des Dammes gelegenen Feldern. Ein weiteres bemerkenswertes Detail ist die während der ersten Erhöhung erstellte, bis 5 m hohe Vorsperre, die als Fangdamm oder Schlammfang gedient haben mag, später aber nicht mehr parallel zur Hauptsperre erhöht wurde.

Vor allem in seinen Ausmassen blieb der Purron-Damm in der näheren und weiteren Umgebung einmalig. Das Talsperrenkonzept wurde später noch vereinzelt und in viel kleineren Anlagen aus Trockenmauerwerk mit Erdkern verwirklicht, wie zum Beispiel in der Tecorral-Schlucht bei Tehuacan zwischen 300 und 700 nach Chr. und im weiter südlich gelegenen Zapotitlan-Tal zwischen 700 und 1500 nach Chr. [3]. Dafür kam vermehrt die Wasserzuleitung aus Quellen und ständig fliessenden Gewässern mittels Kanälen in Gebrauch, wie sie im 500 km südöstlich der Stadt Mexiko gelegenen Tal von Oaxaca schon ab 300 vor Chr. nachweisbar ist (Bild 2) [9]. Ein schönes Beispiel stellt hier das kleine Bewässerungssystem von Hierva el Agua bei Mitla dar, wo es mit der ebenfalls «neuen» Technik der Terrassierung der Felder durch höhenkurvenparallele Trok-

Bild 4 Querschnitt des Erddammes Purron im Tal von Tehuacan (nach M. P. Bakry).



kenmauern auftritt und dank der starken Sinter-(Calciumcarbonat)-Ausscheidung des Wassers bis heute gut sichtbar geblieben ist (Bild 5).

Die Erhaltung alter Bewässerungssysteme durch Versinterung ist besonders ausgeprägt im nördlichen Teil des Tales von Tehuacan, der von einer Vielzahl kilometerlanger Kanäle durchzogen wird, die bis 200 nach Chr. zurückdatiert werden [3]. Die wichtigsten Kanäle sind 1,5 bis 3 m breit und weisen ein Gefälle von etwa 15 ‰ auf. Oft laufen mehrere Kanäle parallel, entsprechend ihrem sukzessiven Unbrauchbarwerden durch die zuweilen spektakulären Sinterablagerungen (Bild 6). Offenbar wurden die Kanäle früher mangels geeigneter Geräte nur ungenügend oder gar nicht gereinigt. Die modernen Kanäle der Gegend bedürfen einer ein- bis dreimaligen Reinigung pro Jahr. Ebenfalls in neuerer Zeit wurde übrigens dem Kanalsystem um Tehuacan ein Netz von Grundwasserfassungsstollen überlagert vom Typ der iranischen Qanate, eine Technik, welche von den Moslems oder Mauren in Spanien eingeführt und von da nach Amerika weiter exportiert wurde [10].

Ein Bewässerungskanal besonderer Art folgte, am Süden des Tales von Tehuacan, dem Nordufer des Xiquila-Flusses. Er war 6,2 km lang, 0,5 bis 1 m breit, 0,5 m tief und erforderte in dem coupierten Gelände bis zu 3 m hohe Stützmauern. Sein Bau wird ins 5. Jahrhundert nach Chr. angesetzt [3].

Im nordöstlichen Teil der Hochebene um die Stadt Mexiko wurden in den Bergen nordwestlich von San Juan Teotihuacan (Bild 2) drei kleinere, von künstlichen Speichern ausgehende Bewässerungssysteme gefunden, die etwa auf das 11. Jahrhundert nach Chr. zurückgehen, aber nur Erweiterungen zu den älteren, noch wenig erforschten Anlagen im Talboden dargestellt haben können [11 und 12]. Das grösste System von Maravilla bestand aus einem 11 m hohen und 530 m langen Erddamm für den Speicher, einem 200 m luftseitig gelegenen Umleitdamm, einem weitere 600 m flussab erstellten Ableitwehr und einem knapp oberhalb



Bild 6 Durch Windabtrag des umliegenden Geländes freigelegter, stark versinterter, bis 200 nach Chr. zurück zu datierender Bewässerungskanal bei El Riego westlich von Tehuacan. (Foto J. A. Neely)

letzterem beginnenden Kanal von 1,5 m Breite, der sich nach 700 m in den Anlagen im Talboden verliert. Den im Flussbett noch vorhandenen Löchern nach zu schliessen, bestand das Ableitwehr aus zwei, je etwa 25 m langen Reihen von versetzt und in 1,2 m gegenseitigem Abstand angeordneten Pfählen. Diese waren offenbar mit Geflecht verbunden und ihr Zwischenraum von 1,6 m mit Erde und Geröll gefüllt.

Die beschriebenen und andere ähnliche Bewässerungsanlagen bildeten auf dem semi-ariden mexikanischen Hochland eine wesentliche (land)wirtschaftliche und organisatorisch-soziologische Voraussetzung für die Entstehung der verschiedenen Hochkulturen, wie der zapotekischen im Oaxaca-Tal mit ihrem grossartigen Zentrum auf dem Monte Alban und der toltekischen mit ihrem bekannten Pyrami-

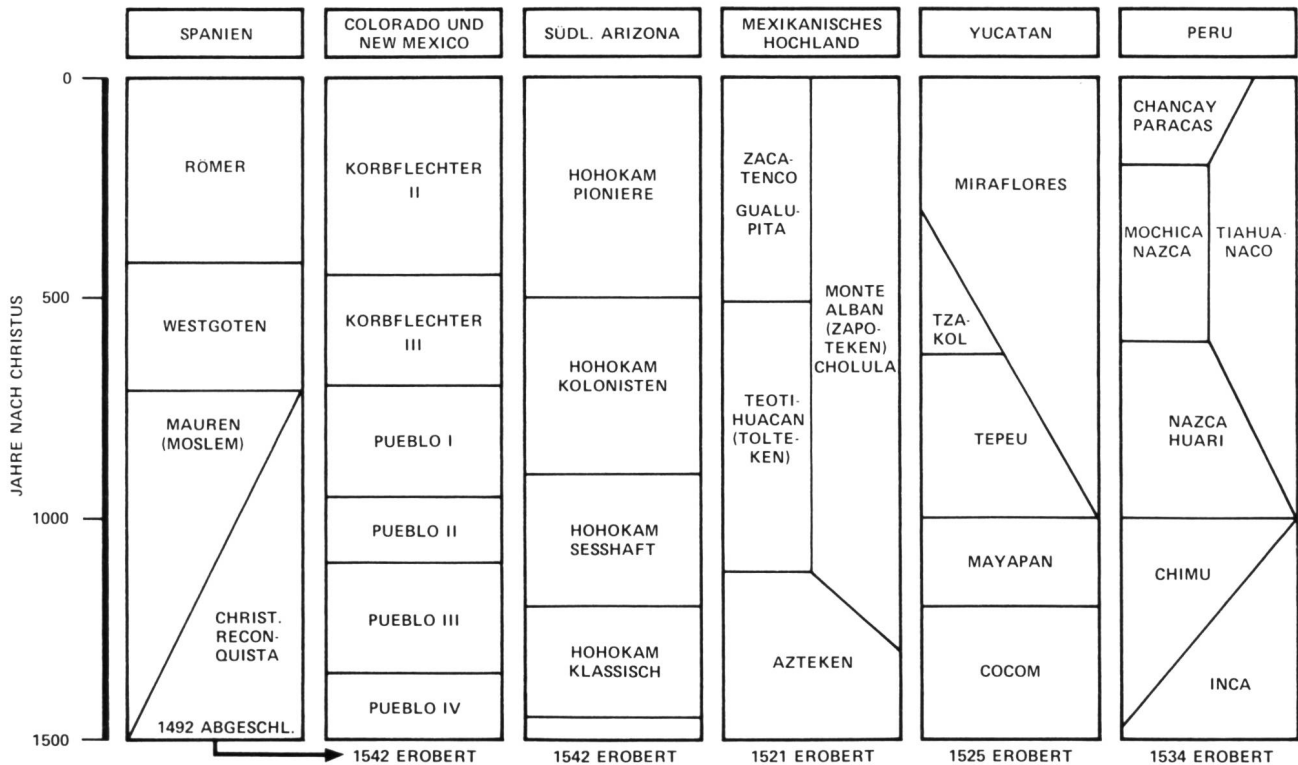


Bild 7 Vergleichende nachchristliche Chronologien für Spanien und die wichtigsten präkolumbianischen Kulturen.

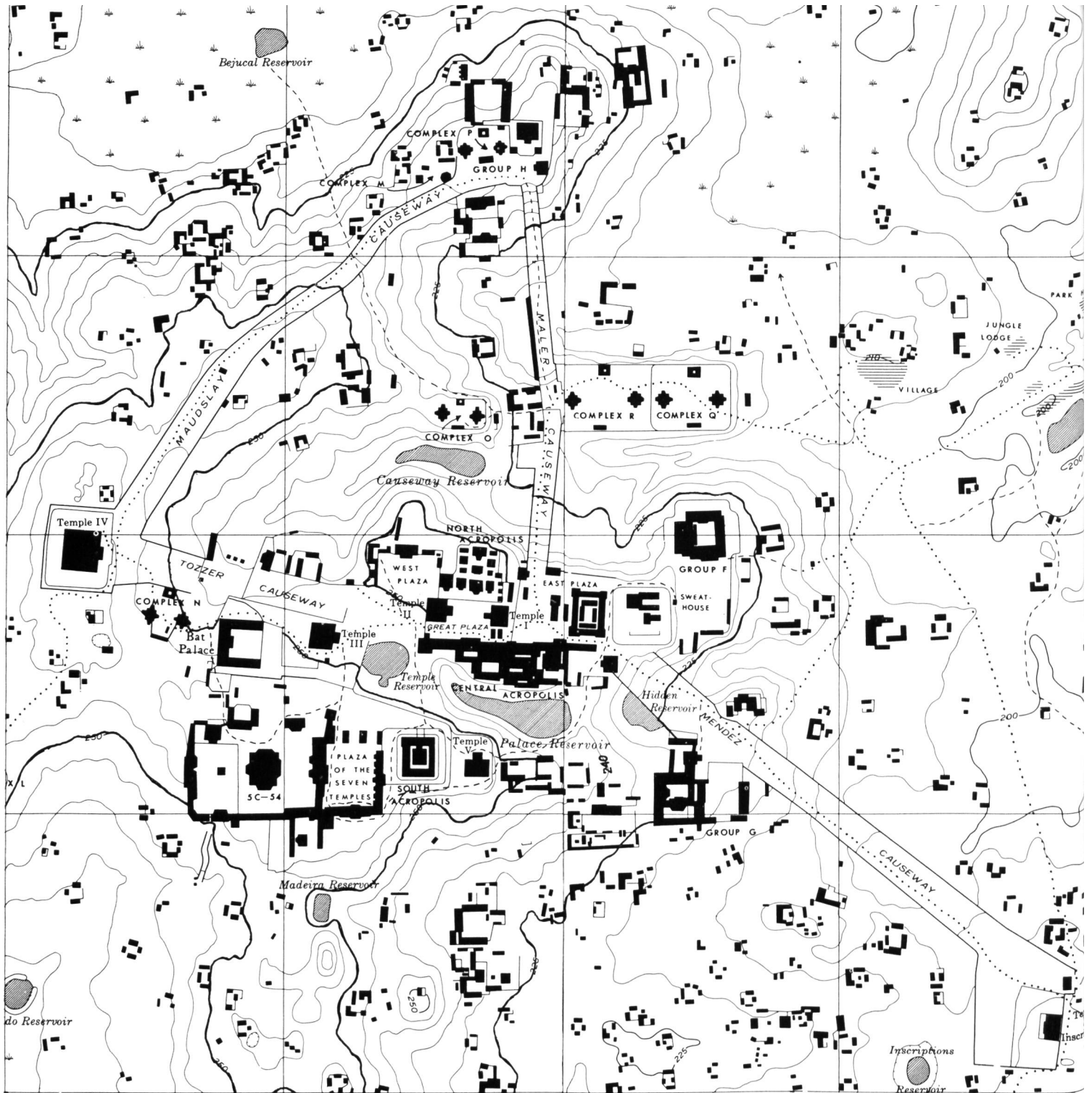


Bild 8 Plan der 600 bis 900 nach Chr. auf ihrem Höhepunkt angelangten Maya-Tempelstadt Tikal mit ihren charakteristischen Trinkwasserspeichern (nach R. F. Carr und J. E. Hazard).

denbezirk von Teotihuacan nordöstlich der Stadt Mexiko (Bild 7). Analoge Umstände ergaben sich bei der Besiedlung des urwaldbedeckten Inneren Yucatans (Bild 2), welche nach rund anderthalb Jahrtausenden in den weltberühmten Tempelstädten der Maya gipfelte [13]. Allerdings ging es hier, angesichts der reichlichen Niederschläge (Bild 3), weniger um die Erweiterung der Ernährungsbasis durch Bewässerung, als um die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung, ein Problem, das die Maya durch die Anlage von bis zu einigen 100 000 m<sup>3</sup> Wasser fassenden Speicherbecken lösten. Ein gutes Beispiel hierfür stellt ihr Zentrum von Tikal in Guatemala dar, das um 600 bis 900 nach Chr. über ein Dutzend solcher Wasserspeicher verfügte, die entweder ausgehoben oder durch Dämme auf-

gestaut worden waren und mittels Sammelkanälen gefüllt wurden (Bild 8) [14]. So entstand der 50 000 m<sup>3</sup> fassende Palast-Speicher durch Aufstau einer Runse inmitten des Tempelbezirks. Sein 14 m hoher und 83 m langer Abschlussdamm, der zu seinem Bau rund 16 000 m<sup>3</sup> Erde erforderte, weist einen durchaus modern anmutenden Querschnitt auf (Bild 9).

### 3. Peruanische Parallelen

Den hydrologischen Verhältnissen Yucatans diametral entgegengesetzte Gegebenheiten herrschen an der praktisch niederschlagslosen Küste Perus, die allerdings von mehreren in den nahen Anden entspringenden, meist ständigen Gewässern durchflossen wird. Bewässerung war und

ist hier unbedingte Voraussetzung für jegliche Landwirtschaft und Besiedlung, deren Ursprünge somit im Gebirge zu suchen sind. Dort entwickelten sich bereits gewisse Bewässerungstechniken, wie beim vorerwähnten Hierva-el-Agua-System im Tal von Oaxaca, wohl in Zusammenhang mit den 500 bis 300 vor Chr. in Gebrauch gekommenen und für viele Andentäler charakteristischen Terrassenfeldern (auf spanisch «andenes» = Rampen genannt). So entstand schon in dieser Frühzeit eine Wasserzuleitung nach dem auf 2750 m über Meer gelegenen Cajamarca, wo später die spanischen Eroberer den letzten Inkaherrscher Atahualpa gefangen nahmen und trotz Erfüllung ihrer Goldforderung hinrichteten. Die Wasserefassung befand sich am Cumbe-mayo, einem Zufluss zum Jequetepeque (Bild 10), so dass die 1 km lange, vollständig in harten Fels gehauene Rinne über die pazifisch-atlantische Wasserscheide hinweg reichte [15].

Noch bescheidene Bewässerungsanlagen im Küstengebiet entstanden um Nazca (Bilder 2 und 7), dessen Kultur durch Töpfereien und Gewebe, sowie die enormen, in den Boden der umliegenden Wüste gescharrten, geometrischen und figürlichen Bilder bekannt geworden ist. Rund um die Stadt gibt es an die dreissig, einige hundert m<sup>3</sup> fassende Wasserverteilbecken [16 und 17]. Diese werden von Kanälen gespiesen, die aus wenigen hundert Metern Entfernung entweder Quellwasser zuleiten oder aber — in rund zwei Dritteln der Fälle — ihr Wasser aus unterirdischen Filtergängen beziehen. Letztere können ebenfalls einige hundert Meter Länge erreichen und dringen bis in die Nähe oder gar unter die wenigen, das Tal durchziehenden Flüsse vor. Sie wurden im Tagbau ausgehoben, meist mit Wänden aus Trockenmauerwerk versehen und nach Abdeckung mit Steinplatten oder Baumstämmen rückgefüllt. Ihre Lichtmasse bewegen sich um 0,4 bis 0,7 m Breite und 0,5 bis 0,8 m Höhe. Sie weisen Gefälle von 4 bis 8 ‰ auf und sind in regelmässigen Abständen mit Kontrollschächten versehen. Die Filtergänge um Nazca haben somit einige Ähnlichkeit mit den vorerwähnten, in Amerika erst von den Spaniern eingeführten Qanaten, die jedoch bergmännisch erstellt wurden.

Die grossartigsten Wasserbauten Perus und auch des ganzen präkolumbianischen Amerikas wurden von den Kulturen der Mochica und Chimu (Bild 7) geschaffen zur Bewässerung der Wüstengebiete entlang der peruanischen Nordküste. Leider liegen über sie nur erst sehr generelle und fragmentarische Untersuchungen vor [18]. Die ältesten Anlagen dürften um ihre Hauptstadt Chan-Chan (Bilder 2 und 10) entstanden sein und unter diesen wohl als erster der Moro-Kanal vom Fluss Moche. Dessen eher dürrtiger Abfluss genügte aber bald nicht mehr, so dass eine weitere und längere Zuleitung vom wasserreichen Chicama gebaut wurde. Von diesen zusammen rund 80 km langen Hauptkanälen führten zahlreiche Verteilkanäle zu den Feldern, wie auch weitere Nebenkanäle, die Gebiete beidseits der Unterläufe der Flüsse bewässerten. Zu einem dieser Nebenkanäle gehörte der über 800 m lange und 12 m hohe Kanaldamm, der bei Ascope am Nordufer des Chicama erhalten geblieben ist (Bild 11).

Ein umfangreiches, mehrere Flüsse verbindendes Kanalsystem erstellten die Chimu im nördlichen Teil ihres Reiches, das sich zur Zeit seiner grössten Ausdehnung Mitte des 15. Jahrhunderts über rund 1300 km Küste erstreckte. Dabei wurden vom wasserreichsten Fluss Lambayeque nicht nur die zwei je rund 50 km langen Kanäle Taymi und Lemep zur Bewässerung der Gebiete beidseits des Flussunterlaufs abgezweigt, sondern über die zwei Racarumi-Kanäle und das Chaparri-Tal auch Wasser an das Einzugs-

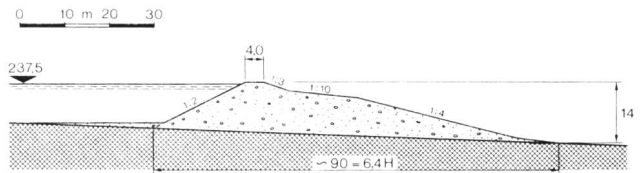


Bild 9 Querschnitt des etwa von 700 nach Chr. zu datierenden Erddamms für den Palast-Speicher in Tikal.

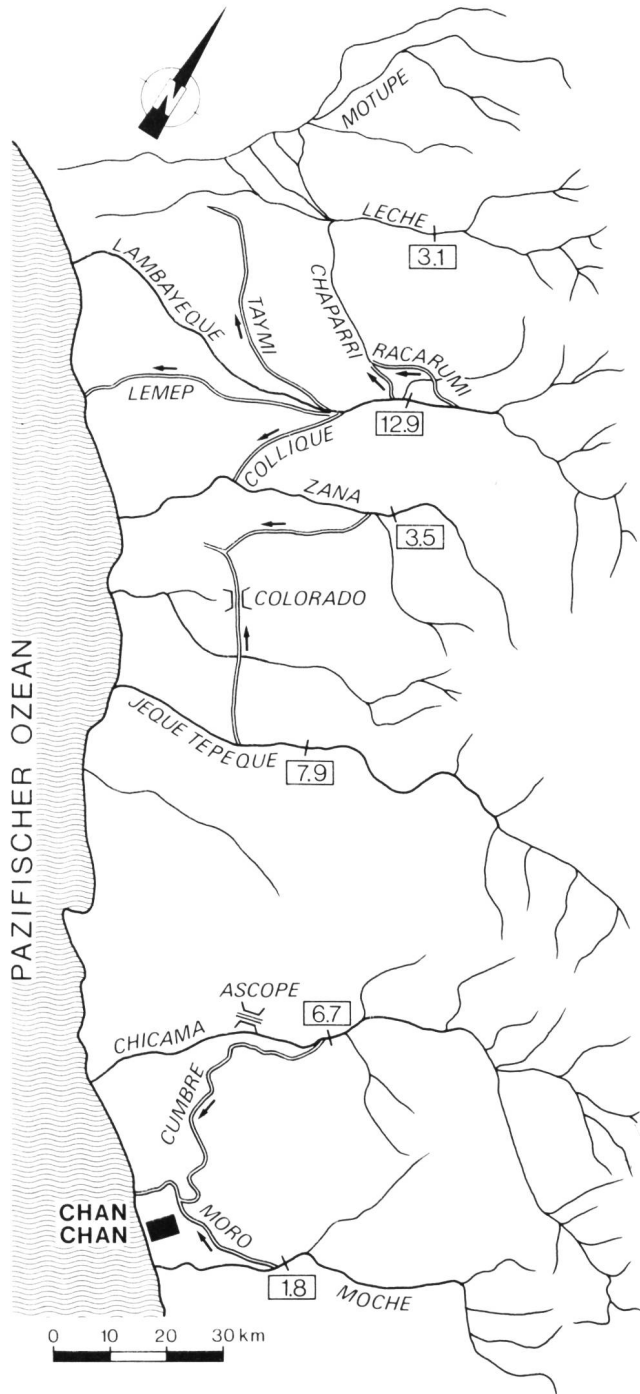


Bild 10 Karte der Küste Nordperus mit Eintragung der Hauptkanäle der Mochica und Chimu nach P. Kosok; die eingerahmten Zahlen geben die mittleren Trockenhalbjahresabflüsse der wichtigsten Gewässer in m<sup>3</sup>/s an.

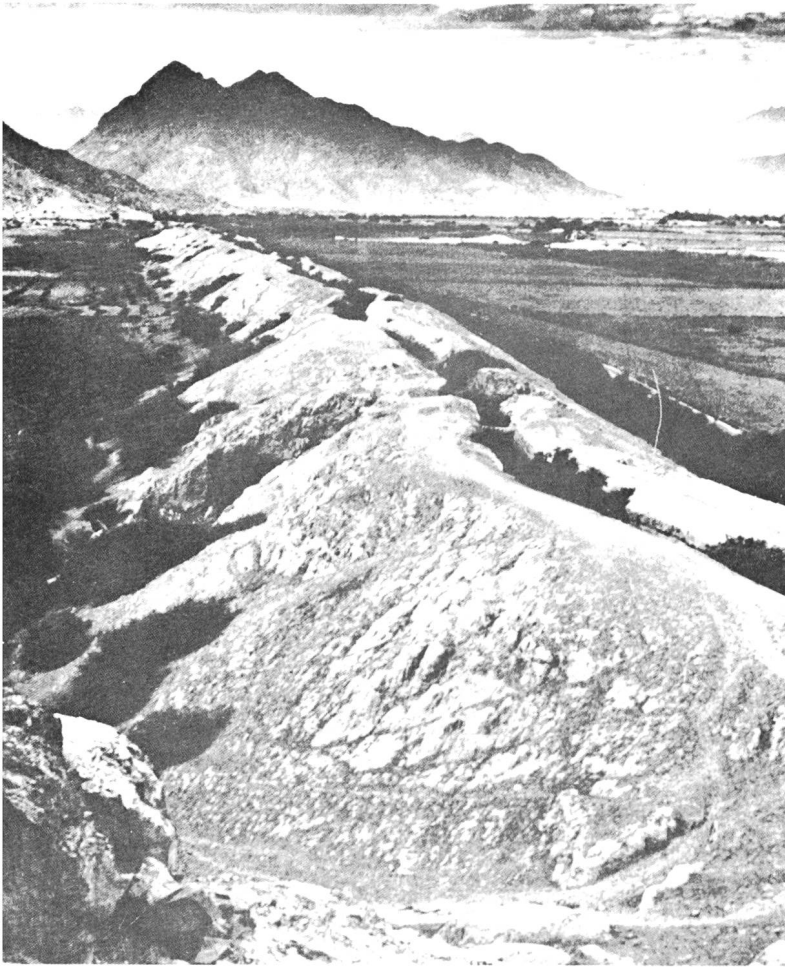
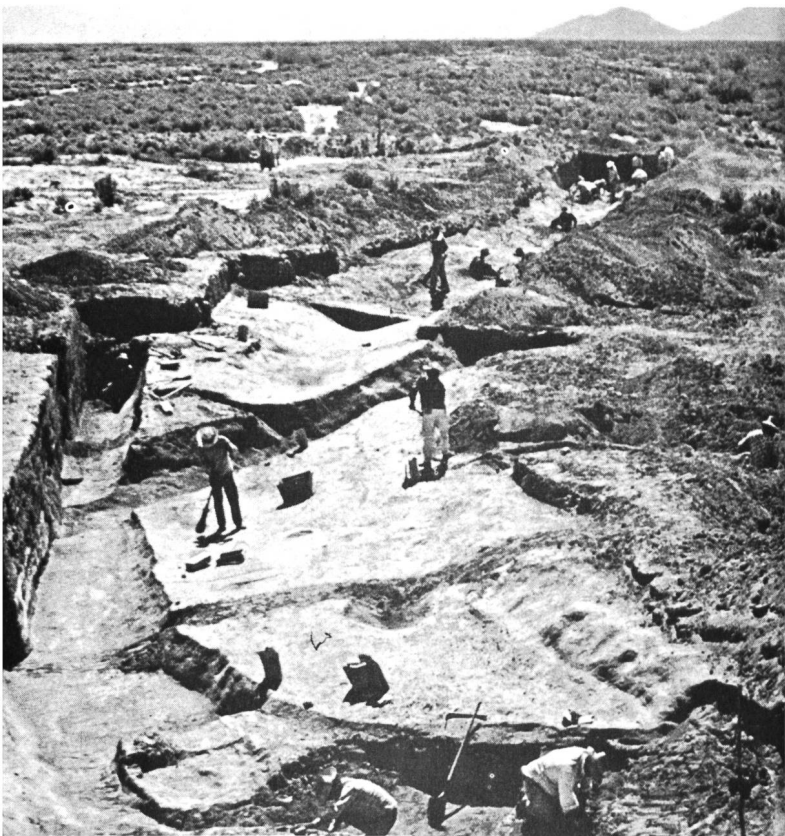


Bild 11 Der Kanaldamm von Ascope nördlich des Flusses Chicama.  
(Foto P. Kosok)

Bild 12 Ausgrabung eines Kanals der Hohokam bei Phoenix.  
(Foto H. Teiwes)



gebiet des Flusses Leche abgegeben. Eine weitere Ueberleitung spies den ebenfalls schwächeren Zana-Fluss, so dass von diesem Wasser für die südlich angrenzenden Gebiete entnommen werden konnte, die auch vom Jequetepeque aus versorgt wurden. Im Zuge der letztgenannten Zuleitung befand sich beim Colorado-Berg ein bis 8 m hoher Kanaldamm, der die aussergewöhnliche Länge von 8 km erreichte.

Die beschriebenen, imposanten Bewässerungsanlagen zerfielen bald nach der Eroberung Perus durch die Spanier, da diese sich ausschliesslich für das mineralreiche Hochland interessierten und viele der Küstenbewohner als Mineure und Träger dorthin verschleppten.

#### 4. Nordamerikanische Entwicklungen

Neben den hochentwickelten hydraulischen Gesellschaften Mexikos und Perus gab es im Südwesten der USA noch ein drittes präkolumbianisches Kulturgebiet (Bild 2), dessen allerdings weniger weit gediehene Entwicklung auf seinen wasserbaulichen Leistungen beruhte. Genau genommen handelte es sich um verschiedene, voneinander weitgehend und von Ausseneinflüssen (zum Beispiel aus Mexiko) wohl ganz unabhängige Kulturen (Bild 7). Eine davon war die der Hohokam im ariden Südarizona, mit Schwerpunkt um dessen moderne Hauptstadt Phoenix am Salt River, knapp vor seiner Mündung in den Gila [19 und 20]. Entlang dem letztgenannten Fluss bauten die Hohokam, wahrscheinlich ausgehend von einer einfachen Ueberflutungslandwirtschaft, ab 300 vor Chr. ein Netz von Bewässerungskanälen auf, deren gesamte, nicht gleichzeitig in Betrieb stehende Länge 100 km betrug (Bild 12). Doppelt so umfangreich waren ihre rund ein Jahrtausend später in Angriff genommenen Anlagen entlang dem Salt River.

Das Wasser für die Kanäle wurde den genannten Flüssen mittels einfacher Wehre aus Steinblöcken und Baumstämmen entnommen; einzelne Kanäle erreichten Längen bis zu 20 km. Nicht minder eindrücklich sind die Querschnitte einiger dieser Bauwerke, die nur mit Stein- und Holzwerkzeugen, sowie Tragkörben erstellt wurden. So weisen zum Beispiel die beiden bei den Pueblo Grande Ruinen in Phoenix ausgegrabenen parallelen Kanäle aus dem 12. und 13. Jahrhundert eine Breite an der ursprünglichen Geländeoberfläche von 6 und 10 m auf, sowie eine Tiefe unter derselben von 3 und 4 m [21]. Dazu kommen noch die Aufschüttungen von Aushub und später entferntem Geschiebe entlang den beidseitigen Kanalufeln, die heute noch 2 bis 3 m hoch sind. Als Besonderheit weist der jüngere und grössere Kanal eine Verkleidung mit einem 5 bis 9 cm starken Lehmschlag auf.

Eine weitere Besonderheit der Bewässerungskunst der Hohokam war die Nutzung der natürlichen Senke von Montezuma Well nördlich von Phoenix, die einen Durchmesser von 180 m und einige Quellaustritte entlang ihrem 20 m hohen Rand aufweist [19]. Dank des hohen Kalkgehaltes des Wassers ist das ab dem 7. Jahrhundert nach Chr. angelegte Netz von Bewässerungskanälen bis heute in versinterter Form erhalten geblieben, obwohl es schon lange nicht mehr betrieben wird. Dies war sowohl hier als auch bei den viel grösseren Bewässerungssystemen an Gila und Salt River um 1400 nach Chr. der Fall, als die Hohokam «verschwanden», wie der ihnen von den nachfolgenden Pima gegebene Name besagt. Als Ursache für den Untergang der Hohokam-Kultur wird die Versumpfung und Versalzung (Salt River!) des Bodens infolge des durch die Bewässerung bewirkten Grundwasseranstieges vermutet, wie sie sich rund 500 Jahre später nach der Land-

nahme durch die weissen Amerikaner wiederholten und nur mit erheblichem Aufwand behoben werden konnten.

Eine andere Kultur im Südwesten der USA, in welcher der Wasserbau eine gewisse, wenn auch bescheidene Rolle spielte, war diejenige der Pueblos im südlichen Colorado und nördlichen New Mexico (Bild 7). Charakteristisch sind für sie die in Dörfern (spanisch «pueblos») zusammengefassten mehrstöckigen Lehmhäuser, den ersten Wolkenkratzern der Neuen Welt. Im Mesa-Verde-Tafelgebirge in der Südwestecke Colorados (Bild 2) wurden diese gar in grossen natürlichen Felsnischen in den Seitenwänden der Tafelberge errichtet. Die zugehörigen landwirtschaftlichen Anbauflächen wurden durch ausgedehnte Terrassierungen in den Schluchten an den Bergwänden gewonnen [22]. Teilweise befanden sich darunter auch kleine Speicherbecken, gebildet aus meterhohen Trockenmauern mit einer wasserseitigen Erddichtung. Wahrscheinlich zur zusätzlichen Speisung eines solchen Speichers in der Fewkes-Schlucht am Süden des Chapin-Tafelberges wurden um 1100 nach Chr. zahlreiche Sammelgräben und ein Sammelbecken an dessen Nordende sowie, seiner ganzen Länge entlang, ein über 8 km langer Zuleitkanal erstellt. Dieser ist im Mittel 9 m breit, aber nur 15 bis 45 cm tief. In seinem oberen Zehntel befindet sich eine kurze Abzweigung zum sogenannten Mummy-Becken von 30 m Durchmesser und 3,6 m Tiefe. Das Becken ist ganz mit Steinen verkleidet und die Wassereinleitung weist eine scharfe Kurve auf, an der allfälliges Geschiebe ausgeschieden werden konnte und so nicht ins Becken gelangte. Dieses diente wahrscheinlich der Wasserversorgung einer nahegelegenen Häusergruppe und dürfte vor der Fertigstellung des Kanals zur Fewkes-Schlucht gebaut worden sein.

Ein ähnlicher, nur 3 km langer Kanal versorgte Pueblo Bonito im Chaco Canyon in der Nordwestecke New Mexicos (Bild 2) mit Wasser aus einigen Speicherbecken [23]. Die Anlage entstand im 12./13. Jahrhundert. Noch jünger ist diejenige von Gran Quivira auf einem Tafelberg im Zentrum von New Mexico (Bild 2) [24]. Sie umfasst fünf Speicherbecken von 30 bis 40 m Durchmesser und 2 bis 3 m Tiefe, von denen drei durch kurze Verbindungskanäle in Serie geschaltet waren. Wegen der Nähe der Becken zum Pueblo bzw. seinen Feldern waren zu diesen ebenfalls nur kurze Zuleitkanäle erforderlich.

## 5. Ausklang

Während die meisten der eben behandelten nordamerikanischen Bewässerungs- bzw. Wasserversorgungssysteme schon vor Ankunft der spanischen Eroberer aufgegeben worden waren, trafen diese interessanterweise sowohl die mexikanische wie auch die peruanische Kultur auf dem Gipfel ihrer Macht an. Dies war allerdings nicht gleichbedeutend mit höchster kultureller Blüte und war — ebenfalls in beiden Fällen — das Ergebnis kurz vorher erfolgter gewaltsamer Einigungen unter die Vorherrschaften der Azteken in Mexiko und der Inka in Peru (Bild 7). Beiderorten hatten die neuen Herren wenig Gelegenheit, die wasserbaulichen Techniken und Werke in ihren Reichen über das Vorgefundene hinaus zu entwickeln und ihre diesbezüglichen Bemühungen beschränkten sich im wesentlichen auf die Kerngebiete um ihre Hauptstädte Tenochtitlan im Zentrum der Stadt Mexiko und Cuzco im Hochland Perus (Bild 2).

Tenochtitlan lag auf einer Insel vor dem Westufer des Texcoco-Sees, der damals noch einen grossen Teil der Hochebene um die Stadt Mexiko bedeckte und vor allem in seiner tieferen östlichen Hälfte salpetrig war (Bild 13).

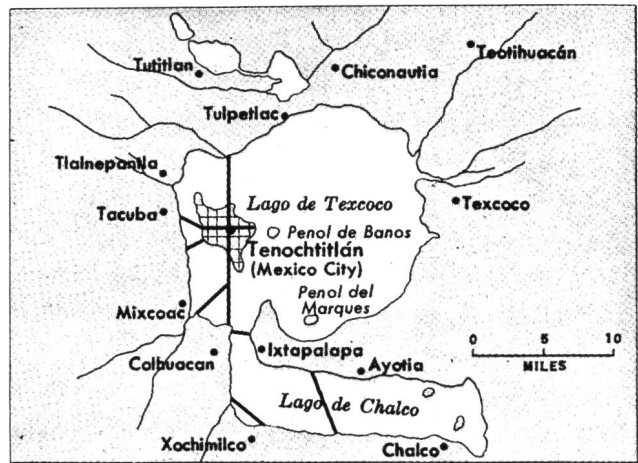


Bild 13 Gleichmassstäbliche Pläne der Stadt Mexiko und ihrer Umgebung um 1500 nach Chr. (oben) und heute (unten); aus dem obern Plan sind die aztekischen Deiche ersichtlich, die Tenochtitlan mit den Ufern des Texcoco-Sees verbanden.



Bild 14 Darstellung eines Kampfes um eine Talsperre aus dem mexikanischen Fernandez-Leal-Kodex (herausgegeben von A. Penafiel, Mexico 1895).



Dieser Salpetergehalt beschränkte und bedrohte die (land-)wirtschaftliche Grundlage der Stadt, die auf der Bebauung von mittels Schlamm und Wasserpflanzen geschaffenen künstlichen Inseln beruhte, den sogenannten Chinampas, wie sie noch heute in den berühmten «schwimmenden Gärten» von Xochimilco im Süden der Stadt Mexiko zu sehen sind [25]. Um Abhilfe zu schaffen, liess der Herrscher Itzcoatl (1428—1440) Deiche bauen, die den westlichsten Seeteil isolierten und gleichzeitig Zugänge nach Tenochtitlan schufen. Ferner liess er Quellwasser zuleiten vom 6 km westlich, am Ufer gelegenen Chapultepec, wo später das Schloss des glücklosen Kaisers Maximilian (1864—1867) entstehen sollte. Eine weitere Wasserzuleitung aus dem 10 km südlich gelegenen Coyoacan entstand unter Ahuitzotl (1486—1502). Bereits unter Montezuma I (1440—1469) waren die Deiche Itzcoatls erneuert und erweitert worden, wobei als wasserbautechnischer Experte Nezahualcoyotl (1418—1472), König des verbündeten Texcoco am Ostufer des Sees, beigezogen worden war. In den Bergen östlich seiner Stadt hatte er ausgedehnte Terrassierungen vornehmen und Bewässerungskanäle bauen lassen, die sich durch grosse Kanaldämme zur Ueberwindung von Talsenken auszeichnen. Derjenige an der Südflanke des San-Joaquin-Berges ist 997 m lang und 12 m hoch, ein weiterer zum Tetzcutzingo-Berg, wo Nezahualcoyotl 1454 seinen Landsitz anlegte, 299 m lang und 20 m hoch [26].

Im Vergleich zu Tenochtitlan einfachere Wasserbauten erforderte Cuzco (Bild 2), die Hauptstadt der Inka, welche am Fuss eines Berges liegt und von drei Bächen durchflossen wird [15]. Diese drei Bäche wurden unter dem Inka Roca (14. Jahrhundert) mit einer Sohlenplästerung und beidseitigen Leitmauern kanalisiert. Ferner wiesen die rechtwinklig angeordneten Strassen Entwässerungsrinnen in ihrer Mitte auf. Der Wasserversorgung dienten vergrabene Steinkanäle und Tonröhren; es scheint, dass teilweise auch die Dückerwirkung benutzt worden ist. Typische Beispiele sind die fünf Zuleitungen zum Sonnentempel (später die Kirche Santo Domingo) sowie die Wasserversorgung der die Stadt beherrschenden Festung Sacsayhuaman, welche von einer einige 100 m<sup>3</sup> fassenden Felskaverne im 6 km entfernten Chacan-Berg gespiesen wurde. In der Festung selbst befand sich das sorgfältig gemauerte Verteilbecken Muyumarca von 9,35 m Durchmesser und 0,7 m Tiefe.

Zur Sicherstellung ihrer (land)wirtschaftlichen Grundlage bauten die Inka sodann die Terrassenfelder mit den zugehörigen Bewässerungsanlagen in der Umgebung von Cuzco aus, wie namentlich im «heiligen Tal» des Urumbamba, in welchem die geheimnisvolle, weltberühmte Ruinenstadt Machu Pichu liegt. Verschiedenenorts stauten die Inka auch vorhandene Hochgebirgsseen auf oder schufen künstliche Speicherbecken. Ein Beispiel der ersten Art ist die 7 m hohe und 40 m lange Sperre Huinso, 150 km östlich von Lima, die aus einer 5 m dicken Mauer besteht, der wasserseitig eine 17 m breite Steinschüttung vorgelagert ist [27]. Durch diese verläuft ein schmaler Zuleitkanal zur Auslassvorrichtung in der Mauer, deren sieben untereinander angeordnete Oeffnungen die sukzessive und geregelte Entleerung des Stausees erlaubten. Möglicherweise in den Bereich der Fabel gehören die 630 und 500 km langen Kanäle, die unter dem Inka Viracocha (bis 1438) durch die heutigen Departemente Cuzco und Apurimac bzw. Huancavelica und Ayacucho angelegt worden sein sollen.

Dass an der letztgenannten, spektakulären Meldung des Chronisten Garcilaso de la Vega (1540—1616) aus topo-

graphischen Gründen gezweifelt werden muss, illustriert den schon erwähnten Mangel der Spanier an Interesse und Sinn für die altperuanischen Wasserbauten. Aufgeschlossener war ihre Einstellung zu solchen Werken in Mexiko, wo sich insbesondere die Geistlichkeit um Bewässerungs- und Wasserversorgungsanlagen verdient machte [28 bis 31].

#### Literaturangaben

- [ 1 ] K. A. Wittfogel: Development Aspects of Hydraulic Societies. In «Irrigation Civilization, a Comparative Study». Pan American Union, Washington 1955, p. 43—52.
- [ 2 ] K. A. Wittfogel: The Hydraulic Approach to Pre-Spanish Mesoamerica. In «The Prehistory of the Tehuacan Valley». University of Texas Press, Austin 1972, vol. 4, p. 59—80.
- [ 3 ] R. B. Woodbury and J. A. Neely: Water Control Systems of the Tehuacan Valley. In «The Prehistory of the Tehuacan Valley». University of Texas Press, Austin 1972, vol. 4, p. 81—153.
- [ 4 ] S. W. Helms: Jawa, a Fortified Town of the Fourth Millennium B. C. «Archaeology» 1974, p. 136—137.
- [ 5 ] B. Hellström: Le plus vieux barrage du monde. «La houille blanche» 1952, p. 423—430.
- [ 6 ] R. L. Bowen and F. P. Albright: Archaeological Discoveries in South Arabia. J. Hopkins Press, Baltimore 1958.
- [ 7 ] G. Garbrecht: Bewässerungswirtschaft in der Geschichte; Urartu 900—600 v. Chr. «Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft» 1975, S. 63—80.
- [ 8 ] R. C. Thompson and R. W. Hutchinson: The Agammu of Sennacherib on the Khosr. «Archaeologia» 1929, p. 114—116.
- [ 9 ] K. V. Flannery, A. V. T. Kirkby, M. J. Kirkby and A. W. Williams: Farming Systems and Political Growth in Ancient Oaxaca. «Science» 1967, p. 445—454.
- [ 10 ] H. Goblot: Note sur l'interaction des techniques dans leur genèse. «Revue philosophique» 1965, p. 207—216.
- [ 11 ] P. Armillas, A. Palerm and E. R. Wolf: A Small Irrigation System in the Valley of Teotihuacan. «American Antiquity» 1956, p. 396—399.
- [ 12 ] R. Millon: Irrigation Systems in the Valley of Teotihuacan. «American Antiquity» 1957, p. 160—166.
- [ 13 ] D. E. Puleston and O. Stavrakis: An Ecological Approach to the Origins of Maya Civilization. «Archaeology» 1971, p. 330—337.
- [ 14 ] W. R. Coe: Tikal. University Museum, Philadelphia/Pa 1970.
- [ 15 ] A. Regal: Los trabajos hidráulicos del Inca en el antiguo Perú. Graf. Industrial, Lima 1970.
- [ 16 ] M. F. Gonzales: Los acueductos incaicos de Nazca. «Boletín dirección de irrigación» (Lima) 1934, p. 207—222.
- [ 17 ] P. A. Rosset: Sistema de irrigación antigua del Rio Grande de Nasca. «Revista del museo nacional» (Lima) 1942, p. 196—202.
- [ 18 ] P. Kosok: Life, Land and Water in Ancient Peru. Long Island University Press, New York 1965.
- [ 19 ] T. L. Baker, S. R. Rae, J. E. Minor and S. V. Connor: Water for the Southwest. American Society of Civil Engineers, New York 1973.
- [ 20 ] R. B. Woodbury: A Reappraisal of Hohokam Irrigation. «American Anthropologist» 1961, p. 550—560.
- [ 21 ] R. B. Woodbury: The Hohokam Canals at Pueblo Grande, Arizona. «American Antiquity» 1960, p. 267—270.
- [ 22 ] A. H. Rohn: Prehistoric Soil and Water Conservation on Chapin Mesa, Southwestern Colorado. «American Antiquity» 1963, p. 441—455.
- [ 23 ] N. M. Judd: The Material Culture of Pueblo Bonito. Miscellaneous Collections No. 124, Smithsonian Institution, Washington 1954.
- [ 24 ] J. H. Toulouse: Early Water Systems at Gran Quivira National Monument. «American Antiquity» 1945, p. 362—372.
- [ 25 ] A. Palerm: The Agricultural Basis of Urban Civilization in Mesoamerica. In «Irrigation Civilization, a Comparative Study». Pan American Union, Washington 1955, p. 28—42.
- [ 26 ] E. R. Wolf and A. Palerm: Irrigation in the Old Acolhua Domain, Mexico. «Southwestern Journal of Anthropology» 1955, p. 265—281.
- [ 27 ] A. Tang-Sie: Represa de Huinso, un ejemplo de ingeniería incaica. «Aguas de regadio» (Lima) 1964, p. 58—60.
- [ 28 ] F. Gomez: Mexican Irrigation in the Sixteenth Century. «Civil Engineering» Jan. 1942, p. 24—27.
- [ 29 ] M. Romero: Los acueductos de Mexico en la historia y en el arte. Jus S.A., Mexico 1949.
- [ 30 ] O. Valdes: El padre Tembleque. Jus S.A., Mexico 1945/1961.
- [ 31 ] J. Hinds: 200 Year—Old Masonry Dams in Use in Mexico. «Engineering News Record» Sept. 1, 1932, p. 251—253.

Adresse des Verfassers:

N. Schnitter, dipl. Ing. ETH  
Höhenweg 21, CH - 5415 Nussbaumen