Historischer Abriss des Talsperrenbaus in Vorderindien

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

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **71 (1979)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941449

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Historischer Abriss des Talsperrenbaus in Vorderindien

Zum 13. Internationalen Talsperrenkongress (ICOLD) in New Delhi 1979

Niklaus J. Schnitter

Zusammenfassung: Historischer Abriss des Talsperrenbaus in Vorderindien

Erste Hinweise auf Talsperrenbauten in Vorderindien liegen für die Zeit der vorarischen Indus-Kultur und die Maurya-Dynastie vor. Noch vor letzterer begann der Aufbau umfangreicher Wasserwirtschaftssysteme mit grossen Speichern auf Sri Lanka. Nach deren Zerfall blühte der Talsperrenbau in Südindien auf, eine Entwicklung, die sich unter englischer Herrschaft und vor allem nach deren Ende fortsetzte.

Résumé: Esquisse historique de la construction de barrages dans le subcontinent indien

Les premières indications concernant la construction de barrages dans le subcontinent indien remontent à la culture prearyenne dans la vallée de l'Indus ainsi qu'à la dynastie des Maurya. Même avant cette dernière commença au Sri Lanka le développement de systèmes hydrauliques raffinés comprenants des grands réservoirs. Après leur ruine la construction de barrages fleurit dans le sud de l'Inde, un développement qui continua sous la domination anglaise et spécialement après sa fin.

Synopsis: Historical Sketch of Dam Building on the Indian Subcontinent

First indications of dam constructions on the Indian subcontinent date back to the prearyan Indus civilization and the Maurya dynasty. Even before the latter, development began in Sri Lanka of intricate hydraulic systems including reservoirs. After the decay of these systems, dam construction thrived in Southern India, a development which continued under the British rule and which has especially flourished since this period.

1. Erste Ansätze im Nordwesten

Vorderindien erhält im Mittel rund 1300 mm Niederschlag pro Jahr, der fast zur Gänze während des Südwest-Monsuns in den Monaten Juli bis September fällt. Dessen Ergiebigkeit weist aber nicht nur grosse regionale Unterschiede auf, sondern auch bedeutende Schwankungen von Jahr zu Jahr. Deshalb ist künstliche Feldbewässerung und eine ganzjährige Wasserversorgung in weiten Teilen Vorderindiens seit alters her eine Lebensnotwendigkeit (Bild 1). Ganz besonders traf dies für die erste Hochkultur zu, welche von 2500 bis 1800 vor Chr. im ariden Industal (Pakistan) blühte [1]. Wie die unter ähnlichen Gegebenheiten entstandenen, wohl etwas älteren, aber weniger weiträumigen Kulturen am Nil in Ägypten und im irakischen Zweistromland, beruhte auch die Indus-Kultur auf einer ausgefeilten Wasserwirtschaft. Dies bezeugen unter anderem die sorgfältig aus gebranntem Ton erstellten Hausentwässerungen und Abwasserkanalisationen, die in den Ruinen der beiden Grossstädte Harappa, an einem Zufluss, und Mohenjo-Daro, am Unterlauf des Indus, gefunden wurden [2, 3]. Die Wasserversorgung erfolgte mittels Grundwasserbrunnen, während die Landwirtschaft wohl auf Überflutungsbewässerung beruhte. Für die Speicherung von Wasser mittels Talsperren gibt es keine Zeugnisse, doch wimmelt es im westlich anschliessenden, gebirgigen Baluchistan von bis zu 15 m hohen und mehrere 100 m langen Trockensteinmauern, den sogenannten «Gabarbands», von denen die meisten dem Rückhalt erodierten Bodens, einige aber auch der Wasserableitung oder gar -speicherung dienten und die zum Teil bis auf die Zeit der Indus-Kultur zurückreichen [4].

Literarische Zeugnisse für Talsperrenbauten finden sich sodann in den Veden, den heiligen Schriften der um 1500 vor Chr. in Vorderindien eingewanderten Arier [5]. Konkreter werden die Hinweise zur Zeit der Maurya-Dynastie (321—185 vor Chr.), welche erstmals den grössten Teil Vorderindiens unter ihrer Herrschaft vereinigte und technologisch von den durch Alexander den Grossen (336—323 vor Chr.) aus dem Achämenidenreich in Iran vertriebenen Handwerkern und Künstlern Nutzen zog. Besonders bemerkenswert sind die Inschriften bei Girnar auf der Halbinsel Kathiawar in Gujarat, welche vom Bau des Speichers Sudarsana unter dem ersten Maurya-König Chandragupta (321—297 vor Chr.) und seinen Wiederherstellungen 150 und 450 nach Chr. berichten. Heute existiert der Speicher nicht mehr, und das Datum seiner endgültigen Zerstörung ist unbekannt.

2. Hochblüte auf Sri Lanka

Noch vor den letztgenannten Entwicklungen im Nordwesten Vorderindiens begannen an dessen südlichstem Ende, auf der Insel Sri Lanka (früher: Ceylon), die im 6. Jahrhundert vor Chr. aus dem Ganges-Tal eingewanderten, arischen Singhalesen mit dem Aufbau eines weitverzweigten Bewässerungs- und Wasserversorgungssystems, welches auf grossen Speicherseen beruhte [6, 7].

Eines der Hauptmerkmale derselben, die sich über Kilome-

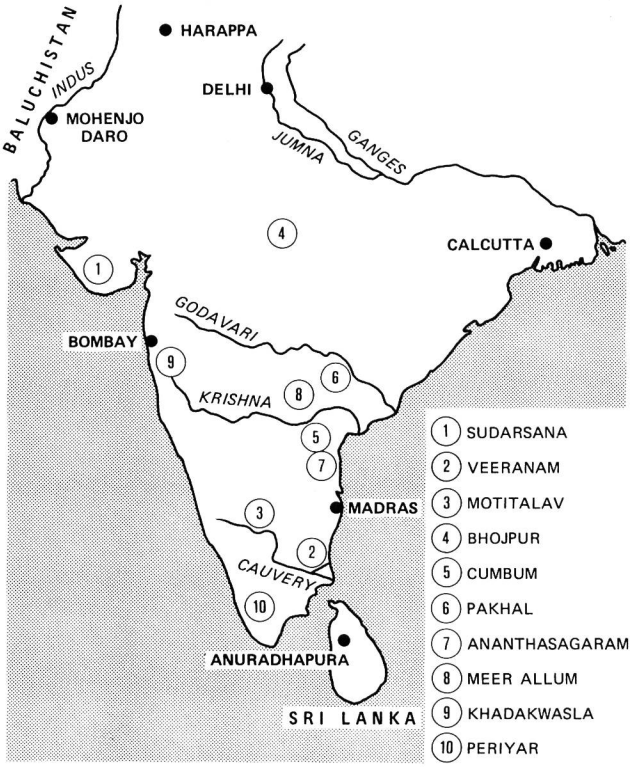


Bild 1. Karte Vorderindiens mit Lage der im Text erwähnten historischen Talsperren.

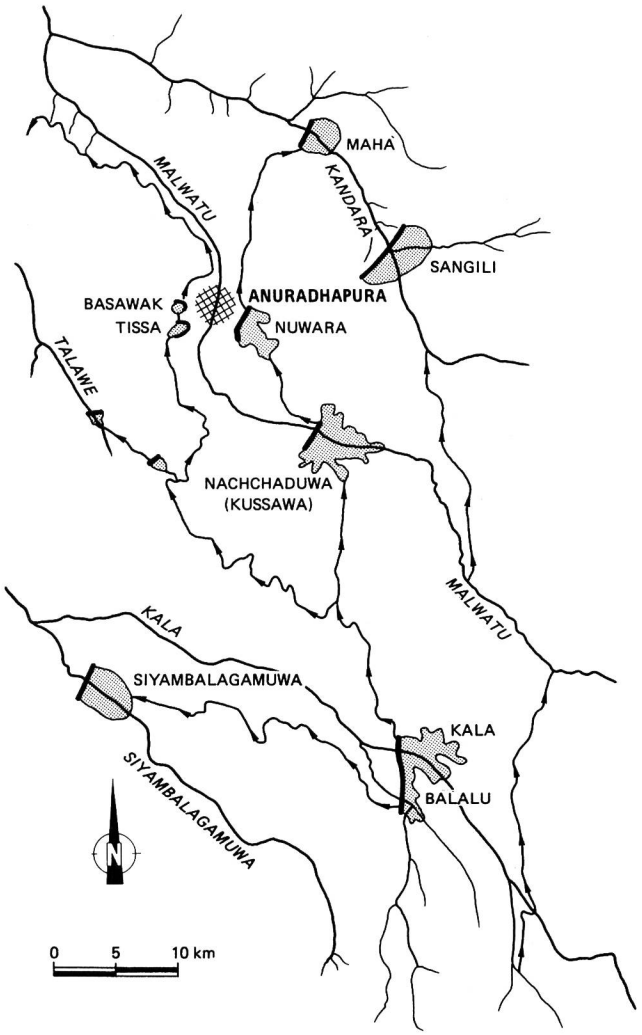


Bild 2. Planskizze des Bewässerungs- und Wasserversorgungssystems für die singhalesische Haupstadt Anuradhapura auf Sri Lanka.

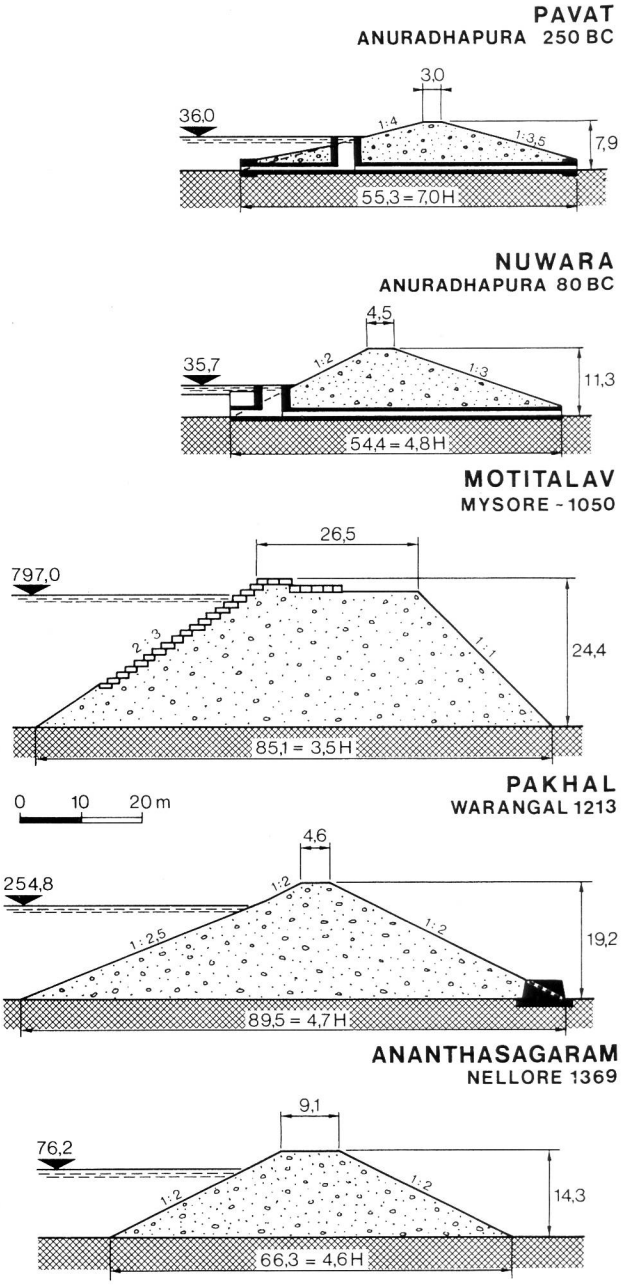


Bild 3. Typische Querschnitte einiger singhalesischer und südindischer Staudämme.

ter erstreckenden Kronenlängen der die Speicher bildenden und teilweise umfassenden Erddämme, tritt schon beim ältesten, 430 vor Chr. erstellten Bauwerk Basawak (bzw. Basanuk oder Abhaya) auf. Bei 1800 m Länge wies es eine grösste Höhe von 9 m auf und fasste 3,7 Mio m³ Wasser. Es befand sich unmittelbar westlich der singhalesischen Hauptstadt Anuradhapura im Zentrum des trockeneren nördlichen Teils Sri Lankas (Bild 2). 307 vor Chr. wurde ihm südlich der erheblich grössere Stausee Tissa beigesellt, und im 1. Jahrhundert vor Chr. entstand auf der anderen, östlichen Stadtseite der 43,2 Mio m³ fassende Speicher Nuwara mit einem 11 m hohen und 4600 m langen Abschlussdamm. Diesem wurde dann ein Teil des Abflusses des durch Anuradhapura fliessenden Malwatu zugeleitet, durch Fassung desselben 22 km oberhalb der Stadt. Daselbst entstand um 300 nach Chr. der Speicher Kussawa, der um 900 nach Chr. im 14,8 Mio m³ fassenden Stausee Nachchaduwa (bzw. Mahadaragella) aufging. Inzwischen war 477 nach Chr. im südlich anschliessenden Einzugsgebiet des Kala der gleichnamige Grossspeicher erstellt worden, der nach seiner Vereinigung mit dem jüngeren Balalu-Becken 89,6 Mio m³ hinter einem 24 m hohen und 6000 m langen Erddamm zu stauen vermochte. Ein 87 km langer und 12 km breiter Kanal führte von diesem zum Nuwara-Speicher in Anuradhapura und ein Zweigkanal zu den Becken Tissa und Basawak daselbst. Doch der Wassersegen von Kala-Balalu wurde über die Stadt hinaus nach Norden verteilt sowie durch gesonderte Kanäle auch ins unterliegende Kala-Tal und ins Einzugsgebiet des Talawe.

Die singhalesischen Dämme auf Sri Lanka zeichnen sich aber, wie vorstehend an einem Beispiel näher erläutert, nicht nur durch ihre raffinierte Eingliederung in grossräumige, wasserwirtschaftliche Systeme aus, sondern sie sind auch in mancher konstruktiver Beziehung bemerkenswert. Dies gilt vor allem für die Wasserentnahmevorrichtungen, die als besonderes Merkmal einen Nassschacht von etwa 4 x 3 m im Licht in der wasserseitigen Dammböschung aufwiesen (Bild 3, obere zwei Querschnitte). Dieser war mit einer oder zwei Leitungen von etwa 1 m² Gesamtquerschnitt mit dem wasserseitigen Dammfuss verbunden, während zwei mit Stein- oder Holztafeln abschliessbare Leitun-

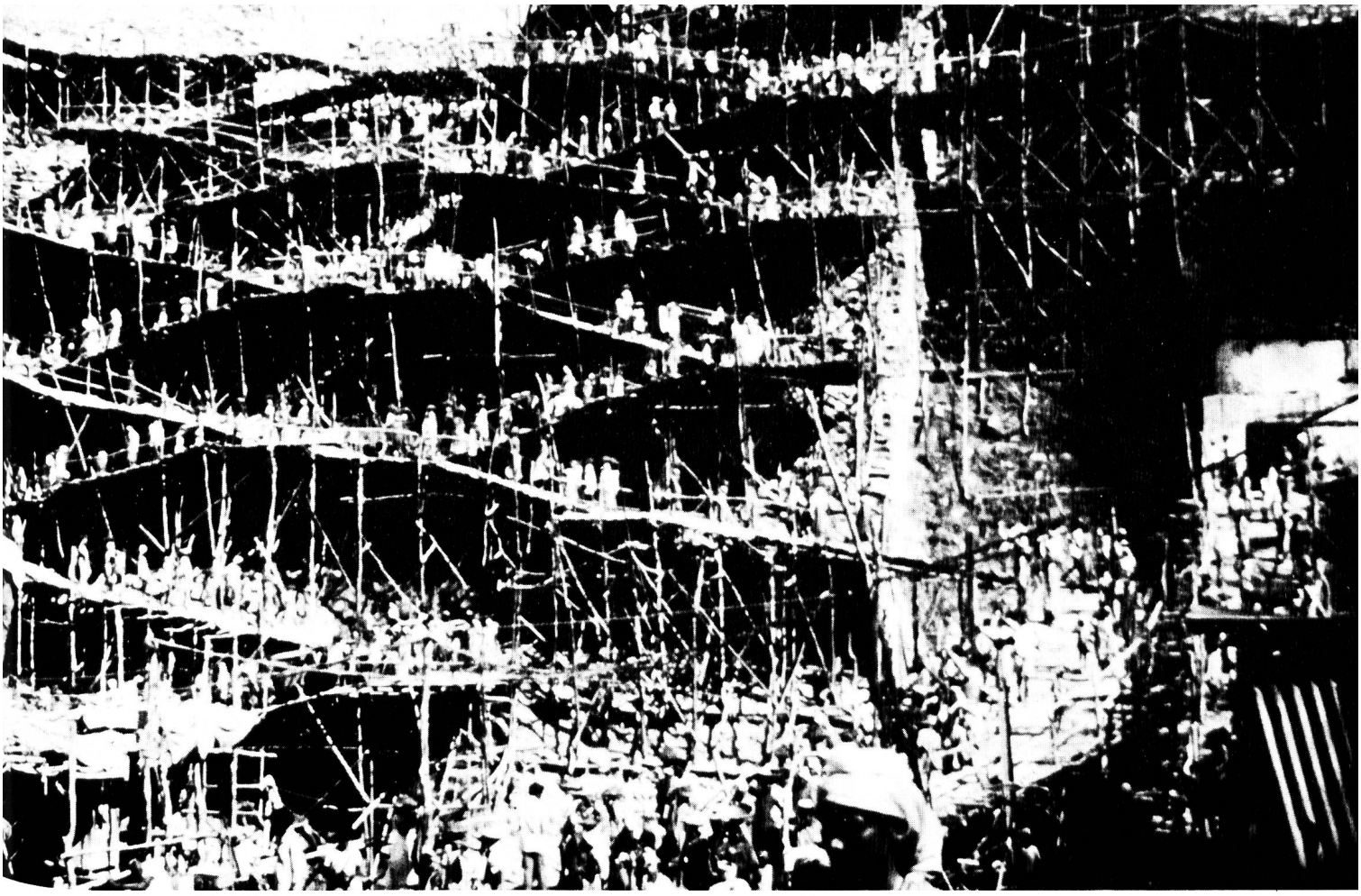


Bild 5. Altertümlich arbeitsintensive, doch beschäftigungspolitisch zweckmässige Baumethode an der 144 m hohen und 1,9 Mio m³ Mauerwerk erfordernden Gewichtsstaumauer Srisailam am Fluss Krishna. (Foto: H. Kreuzer, Kirchdorf/AG)

gen von je etwa 0,5 m² Querschnitt zur Luftseite führten. Boden und Wände sowohl des Schachtes wie der Leitungen bestanden aus vermörteltem Backsteinmauerwerk von 1 bis 2 m Dicke, dessen hydraulisch stärker beanspruchte Teile mit etwa 30 cm dicken Steinplatten verkleidet waren. Steinplatten dienten ebenfalls der Abdeckung der Leitungen. Jeder Speicher verfügte auch über einen oder mehrere Hochwasserüberfälle über geeignete Felsrippen, die sich aber langfristig oft doch als zu schwach dimensioniert erwiesen, so dass im Verlauf der Jahrhunderte die meisten Dämme durch Überflutung brachen. Als die Breschen im Gefolge des Eindringens tamilischer Eroberer aus Südindien im 11. Jahrhundert nicht mehr repariert wurden, ging das ganze grossartige Bewässerungs- und Wasserversorgungssystem der Singhalesen zugrunde. Erst seit Ende des 19. Jahrhunderts wurde es teilweise wiederhergestellt [8].

3. *Proliferation in Südindien*

Während die neuen Herren Sri Lankas dessen Speicheranlagen verfallen liessen, nahm in ihrem südindischen Stammland der Dammbau einen grossen Aufschwung. Interessanterweise wurden dabei die Spitzenleistungen bereits im 11. Jahrhundert erreicht, derweil in den nachfolgenden Jahrhunderten eine unerhörte Vermehrung der Anlagen in die mehrere zehntausend stattfand [9, 10]. Eines der ältesten Bauwerke Südindiens ist der 1011—1037 erstellte Erddamm Veeranam, südlich Pondicherry in Tamil Nadu (früher Madras), welcher die Rekordlänge von 16 100 m erreichte, bei einer bescheidenen grössten Höhe von 9 m. Sein homogener Querschnitt ist durch eine grosse Kronenbreite und beidseitig steile Böschungen gekennzeichnet, wie dies beim etwas jüngeren Erddamm Motitalav im südlichsten Teil von Karnataka (früher Mysore) der Fall ist (Bild 3, Mitte). Dessen grösste Höhe von über 24 m, bei 4023 m Kronenlänge, wurde nur noch von der ebenfalls im 11. Jahrhundert erstellten kurzen Nebensperre des Bhojpur-Speichers südöstlich Bhopal in Madhya Pradesh um 2 m übertroffen [11]. Letztere staute zusammen mit der 460 m langen, aber nur 12 m hohen Hauptsperre einen See von 647 km² Oberfläche, wurde später aber wieder zerstört zur Rückgewinnung des überfluteten Ackerlandes. Auch die Bhojpur-Dämme wiesen grosse Kronenbreiten und — mit Quadersteinen verkleidete — steile Böschungen auf, wie beispielsweise noch der im 14. Jahrhundert erbaute Erddamm Cumbum im Zentrum von Andhra Pradesh (Bild 4).

Inzwischen hatten sich aber schon ganz modern anmutende Querschnitte ausgebildet, wie zum Beispiel am sogar eine (richtigerweise) flachere Wasserseite aufweisenden Damm Pakhal im Norden von Andhra Pradesh und an der Ananthasagaram-Sperre im Süden des gleichen Staates (Bild 3, untere zwei Querschnitte). Beim nahegelegenen Schwesterbau zu letzterer, namens Anantharajasagaram (oder Porumamilla), wurde eine auf 1369 datierte Inschrift mit Regeln für den erfolgreichen Dammbau gefunden. Neben der Notwendigkeit, über einen kapitalkräftigen Bauherrn (Fürst), einen Fachmann und gelernten Arbeiter zu verfügen, werden darin auch die wichtigsten wasserwirtschaftlichen Voraussetzungen genannt, wie frisches Wasser in auf die Grösse des Bewässerungsperimeters abgestimmter Menge. Ferner werden ein fester, humusfreier Baugrund, ein geeigneter Steinbruch, nicht salzhaltige Erde und ein fester, wasserdichter Dammkörper gefordert. Alles Regeln, die auch heute noch ihre Gültigkeit haben und vom hohen Stand des damaligen Dammbaues in Südindien zeugen.

Bild 4. Luftseitige Ansicht des 18 m hohen und 296 m langen Erddammes Cumbum in Andhra Pradesh aus dem 14. Jahrhundert.
(Foto: H. Kreuzer, Kirchdorf/AG)

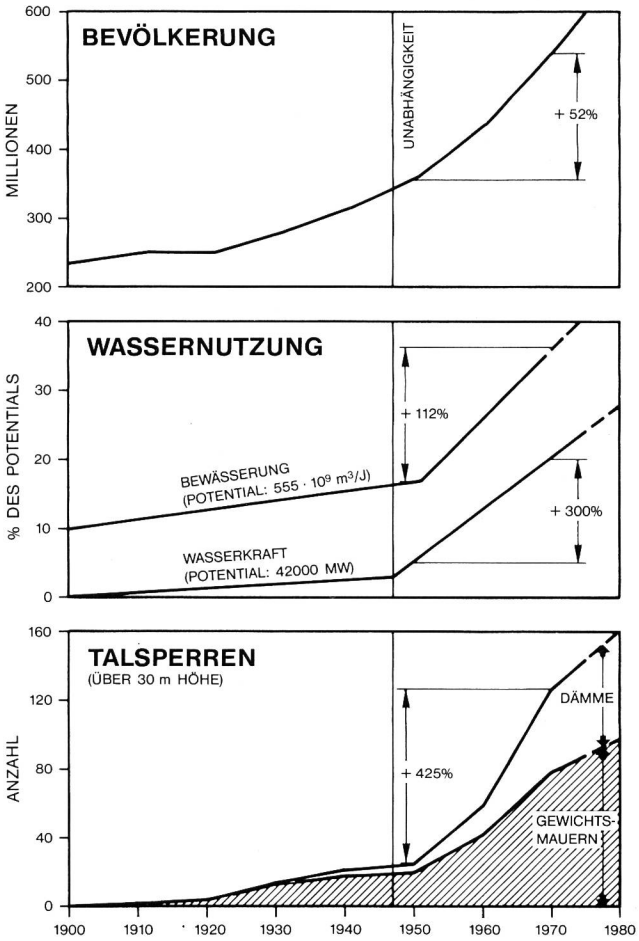
4. Übergang zur Gegenwart

Nach der Konsolidierung ihrer Herrschaft über Vorderindien Anfang des 19. Jahrhunderts konzentrierten sich die Engländer vorerst auf die Wiederherstellung alter Bewässerungsanlagen, wie namentlich der aus dem 14. und 17. Jahrhundert stammenden Jumna-Kanäle nördlich von Delhi [12]. Die um 1800 unter ihrer (oder französischer?) Leitung entstandene Vielfachbogenmauer Meer Allum bei Hyderabad in Andhra Pradesh — sieht man von niedrigen Wehren ab, die erste Staumauer in Vorderindien — blieb noch für viele Jahre eine Ausnahme [13]. Mit ihren 21 Gewölben von bis zu 52 m Spannweite (bei 12 m Höhe) stellte sie auch weltweit eine einmalige Spitzenleistung dar, die erst über ein Jahrhundert später, im Zeichen des Eisenbetons, übertroffen wurde.

Nach einigen grossen Wehranlagen, zum Beispiel an den Unterläufen des Cauvery bzw. Coleroon (Tamil Nadu), Godaveri (Andhra Pradesh) und Krishna (Andhra Pradesh) begannen die Engländer in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch vermehrt Talsperren zu bauen. Dabei bevorzugten sie für die bedeutenderen Bauwerke den Gewichtsstaumauertyp, wohl weil er damals als erster einer rationalen Erfassung zugänglich gemacht worden war und bei den noch weitgehend unbekannten Hochwasserabflüssen am sichersten erschien. So entstand 1869—1879 die 40 m hohe und 1470 m lange Gewichtsstaumauer Khadakwasla in Maharashtra [15], der 1887—97 die 14 m höhere, aber nur 378 m lange Mauer Periyar an der Grenze von Kerala und Tamil Nadu folgte.

Die Bevorzugung des Gewichtsstaumauertyps für die höheren Talsperren setzte sich auch im 20. Jahrhundert fort, über die englische Herrschaft hinaus (Bild 6). Nach deren Ende erlebte der Bau von Talsperren vor allem in Indien einen grossen Aufschwung, und ihre Anzahl stieg z. B. von 1950 bis 1970 um 425 %. Gleichzeitig nahmen die Bevölkerung um 52 %, die Wassernutzung für Bewässerung um 112 % und die Wasserkraftnutzung um 300 % zu. Wenn auch diese Zahlen ein im Verhältnis zur Bevölkerungszunahme deutlich überproportionales Wachstum der Wassernutzung belegen, so gibt doch zu denken, dass heute fast die Hälfte der für Bewässerungszwecke verwendbaren Abflüsse bereits genutzt ist. Bei ungebremstem Bevölkerungswachstum ist der Zeitpunkt der vollen Ausschöpfung des Bewässerungspotentials und dessen relativer Verminderung pro Kopf der Bevölkerung in beängstigende Nähe gerückt!

Bild 6. Entwicklung der Bevölkerung, der Wassernutzung für Bewässerung und Wasserkraft und des Talsperrenbaus in Indien von 1900 bis 1980.



Literatur

[1] G. F. Dales: The Role of Natural Forces in the Ancient Indus Valley and Baluchistan. «Civilizations in Desert Lands», Univ. of Utah, Salt Lake City 1962, p. 30—40.

[2] W. von Brunn: Häusliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in der altindischen Städtehygiene. «Das Gas- und Wasserfach» 1938, p. 844—849.

[3] W. Nölle: Der alte Orient und Indien zwischen Wasser und Abwasser. «Das Gas- und Wasserfach» 1955, p. 172—175.

[4] R. L. Raikes: The Ancient Gabarbands of Baluchistan. «East and West» 1964/65, p. 26—35.

[5] S. S. Shrava: Irrigation in India through Ages. Manager of Publications Civil Lines, Delhi 1951 and 1953.

[6] W. G. Bligh: The Ancient Irrigation and Water-Supply Tanks or Reservoirs of Ceylon. «Engineering News» 1910, part II, p. 297 to 302.

[7] R. L. Brohier: Ancient Irrigation Works in Ceylon. Government Publications Bureau, Colombo 1934/35 and 1958.

[8] P. von der Lippe: Ceylon Restores its Ancient Irrigation Works. «Civil Engineering (ASCE)» 1951, p. 521—524 (deutsch «Die Bautechnik» 1953, p. 367—368).

[9] K. L. Rao: Earth Dams, Ancient and Modern, in Madras State. Int. Congress on Large Dams, New Delhi 1951, vol. I, p. 285 to 301.

[10] K. L. Rao: Stability of Slopes in Earth Dams and Foundation Excavations. Int. Conf. on Soil Mechanics, Paris 1961, vol. II, p. 691—695.

[11] W. Kincaid: Rambles among Ruins in Central India. «Indian Antiquary» 1888, p. 348—352.

[12] J. Brown: Sir Proby Cautley (1802—1871), a Pioneer of Indian Irrigation. «History of Technology», Mansell Ltd., London 1978, p. 35—89.

[13] An Unusual Arched Dam. «Engineering Record» 1903, part I, (deutsch: «Schweizerische Bauzeitung» 1903, vol. 42, p. 97).

[14] S. H. L. Vadera: Development of Irrigation in India. Central Board of Irrigation and Power, New Delhi 1965.

[15] N. G. K. Murti: Khadakwasla, the Oldest Masonry Dam in India. Int. Congress on Large Dams, Istanbul 1967, vol. III, p. 895—915.

Adresse des Verfassers: N. J. Schnitter, dipl. Bauing. ETHZ, Dir. Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden.