

Antike Hydrotechnik oder "konnte man früher auch was mit Wasser?"

Autor(en): **Widmer, Robert**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **109 (2017)**

Heft 1

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941609>

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.

Antike Hydrotechnik oder «konnte man früher auch was mit Wasser?»

Robert Widmer

Zusammenfassung:

Dank modernen Computern und ausgefeilten Programmen sind wir heute in der Lage, Flussläufe zu modellieren, Wirbelstrassen zu beschreiben und komplexe hydraulische Aufgaben zu lösen. Wir können Wasser mit einer Fallhöhe von fast 2000 m turbinieren, haben Drücke und Wassermengen sicher im Griff und stellen damit zuverlässig elektrische Energie her. Die hydraulischen Grundlagen dazu stammen vorwiegend aus dem späten Mittelalter. Zum Beispiel der Satz von Bernoulli (1740), die Energieverluste nach Darcy (1860), die Zahl nach Reynolds (1880), um nur einige zu nennen. Nicht zu vergessen ist natürlich die Erkenntnis über den Auftrieb nach dem Griechen Archimedes (ca. 230 v. Chr.).

Über hydraulische Bauwerke der Antike überliefert uns die Geschichte jedoch sehr wenig. Zweifellos wurde schon damals Wasser vielfältig genutzt, sei es als Trinkwasser oder für die Bewässerung von Feldern. Der Mensch war und ist mit dem Wasser sehr eng verbunden. Wenn sich die gängige Geschichte über antike Hydrotechnik äussert, dann wird vorwiegend von Katastrophen und Unglücken berichtet. Auf Wikipedia sind lange Listen davon vorhanden. Man hält es kaum für möglich, aber die grösste Wasserhaltung war im antiken Ägypten, und ein Staudamm welcher über 1000 Jahren in Betrieb war, stand im Jemen. Im folgenden Artikel wird anhand dieser beiden Beispielen veranschaulicht, dass man in der Antike sehr wohl das Wasser zu nutzen wusste und auch in den angliederten Disziplinen wie Dammbau oder Betrieb der Anlagen etwas verstand. Der Damm «Sadd el-Kafara» in Ägypten oder der Damm in der Nähe der jemenitischen Stadt Ma'rib sind leuchtende Beispiele dafür. Die Geschichtsschreibung darf kritisch hinterfragt werden. Sie ist zum Teil lückenhaft oder greift zu kurz, weil der bautechnische und hydraulische Aspekt oft vernachlässigt wird.

Wenn wir an antike hydraulische Bauten denken, so kommen uns meistens der «Pont du Gard» in Frankreich oder die Wasserversorgung des antiken Roms in den Sinn. Der «Pont du Gard» selbst ist ein überaus schönes und imposantes Bauwerk. Er ist jedoch nur ein Teil eines grossartigen Trinkwasserversorgungssystems. Das Quellwasser aus der Region des heutigen Uzès wird über eine Distanz von rund 50 km Länge in die römische Stadt Nîmes transportiert. In der Stadt Rom lebten bereits vor über 2000 Jahren circa eine Million Menschen – dass dies ein entsprechendes Frisch- und Abwassersystem benötigte, versteht sich von selbst. Der «Curaator aquarum» Sextus Julius Frontinus berichtet schon im Jahr 97 n. Chr. von den enormen Kosten und Aufwendungen, die für den zuverlässigen Betrieb und den Erhalt des Werkes notwendig waren.

Ein erstes interessantes Beispiel von antiker Hydrotechnik ist südlich von

Kairo in Ägypten. Das ägyptische Reich besass zweifellos eine Hochkultur. Über viele Jahrhunderte lebte die Gesellschaft harmonisch mit und vom Fluss Nil und dessen jährliche Hochwasser. Die Ägypter hatten Wohlstand, Kultur, grosses Wissen und Geld. Doch gerade im mittleren Reich wird von einem Unglück im Zusammenhang mit einem Staudamm berichtet. Es handelt sich um den Erddamm von Sadd el-Kafara. Landläufig gilt sie als die «älteste Talsperre der Welt». Sie lag am Ende des Wadis (Trockental) Garawi und ist rund 30 km südlich des heutigen Grossraums Kairo entfernt. Die Bauzeit des Dammes ist nicht genau dokumentiert. Sie wird auf acht bis zehn Jahre geschätzt und soll zwischen 2600 und 2500 v. Chr. stattgefunden haben. Von den Einheimischen wird er «Damm der Ungläubigen» oder «Damm der Heiden» genannt. Dies kann einerseits daher rühren, dass die Errichtung aus vorislamischer Zeit stammt und er somit von

«Ungläubigen» errichtet wurde oder auch daher, dass das fertig erstellte Bauwerk derartig grossartig und überwältigend war, dass es kaum zu glauben war. Aus den wenigen historischen Quellen entnimmt man, dass der Damm kurz vor der Fertigstellung oder kurz danach überschwemmt und zerstört wurde. Er wurde nicht mehr instand gestellt. Was war geschehen? Waren die Ägypter leichtsinnig, Pfuscher, hatten sie nur Pech und keinen Mut mehr für einen Wiederaufbau? Über den Zweck des Bauwerkes sind mehrere undifferenzierte Thesen bekannt. Der Entdecker Georg Schweinfurth notierte im Jahre 1885 die Vermutung, dass es sich um ein Rückhaltebecken für Wasser der regenreichen Winter für die trockenen Sommer handeln könnte. Eine These beschreibt, dass der Damm zum Hochwasserschutz des Niltalles gedacht war, eine weitere, dass er zum Schutz der Nekropole Dahschur gewesen sein soll. Diese Totenstätte besteht aus 22 kleineren und grösseren Pyramiden. Die höchste war ursprünglich 109.5 m hoch (Rote Pyramide des Snofru) und liegt etwa 29 km vom Damm entfernt. Die antike ägyptische Kultur ist bekannt für ihre ausgeprägte Totenkultur. War der Damm dafür da, den Göttern eine ungestörte Ruhe zu ermöglichen?

Da kaum Sedimente im Stauraum vorhanden sind, ist der Damm wohl wirklich nur eine kurze Zeit in Funktion gewesen. Geländeaufnahmen und Vermessungen der Überreste zeigen, dass der Damm 12 m hoch war, eine Kronenlänge von rund 113 m hatte und eine Basis von 102 m Länge besass. In der Dammmitte am Grund ist eine circa 2 m tiefe und rund 15 m breite Vertiefung erkennbar. Das Dammvolumen beträgt eindruckliche 99 500 m³. Das linksufrige, anschliessende Gelände ist auf einer Länge von circa 100 m um 1.5 m tiefer als die Dammkrone gelegen. Hier könnte die Hochwasserentlastung angeordnet gewesen sein. An den Talflanken sind noch Staudammreste vorhanden (linksseitig 27 m und rechtsseitig 23 m). Wird

der Querschnitt des Dammes betrachtet, so bestand der Damm aus einem durchgehend 32 m breiten Kern aus Sand und feinem Kies. Anschliessend ist ein beidseitiger Stützkörper aus grobem Kies und Steinen geschüttet worden. Als Verklei-

dung wurde eine vollständig umhüllende Schicht aus Kalksteinquadern von durchschnittlich 300kg Gewicht regelmässig aufgeschichtet und gut verkeilt. Auffallend ist, dass die wasserseitige Neigung mit 1:1.3 steiler als die luftseitige Neigung mit 1:1.7 war. Leider sind keine weiteren Überbleibsel wie Mauern, Brechen, Tosbecken oder andere Betriebseinrichtungen mehr erkennbar. In unmittelbarer Nähe des Dammes sind luftseitig drei Steinbrüche, zahlreiche Arbeiterunterkünfte und Überreste von Infrastruktur ausgegraben worden, welche zum

Dambau benötigt wurden. Heutige Nachrechnungen haben ergeben, dass das maximale Stauvolumen beachtliche 470 000 m³ Wasser war und die Seelänge fast 650 Meter betrug. Erdstatische Berechnungen haben gezeigt, dass der Damm überdimensioniert war. Jedoch ist der gewählte Aufbau nicht genügend dicht. Müsste der Damm dauerhaft Wasser zurückhalten, käme es zu Durchsickerungen. Weiter ist ermittelt worden, dass das HQ₁₀₀ bei rund 150 m³/s und das HQ₁₀₀₀ zwischen 200 m³/s und 250 m³/s ist.

Der eindeutig strukturierte Aufbau ist beachtlich und erinnert an unsere modernen und gezonten Erddämme. Damit vergleichbar ist der 12.6 m hohe Hünermattdamm des Eitzelwerks, aufgebaut mit Lehmkern, anschliessenden Stützkörpern aus lehmigem Kies, reinem Kies, Brechschotter und schlussendlich mit einer wasserseitigen Trockenplasterung. Diese Analyse führt zum Schluss, dass der Damm Sadd el-Kafara genau geplant und präzise erstellt wurde.

Nun ist die nächste Frage wofür hat man ein solches Bauwerk errichtet. Betrachtet man die These, dass er als Hochwasserschutz der Nekropole Dahschur gewesen sein soll, so ist schon beim Vergleich der Jahreszahlen augenfällig, dass der Dammbau, zwischen 2600 und 2500 v. Chr., nicht mit der Entstehungszeit der Pyramiden einhergeht (12. und 13. Dynastie, zwischen 2200 und 1780 v. Chr.) und er rund 300 Jahre vor dem Bau der Pyramiden realisiert wurde. Nach dem Dammbau wäre aber auch der Betrieb und der Unterhalt über diese Zeit sicherzustellen gewesen. Wie die Pyramiden, welche für die Ewigkeit gemacht worden waren, so hätte denn auch der Damm für die Ewigkeit sein müssen. Daher erscheint diese These als unwahrscheinlich.

Der Bau der grossen und bekannten Pyramiden von Gizeh in der 4. Dynastie (2620 bis 2500 v. Chr.) hingegen stimmt zeitlich gut mit der Bauzeit des Dammes überein. Auch in Gizeh wurden mehrere Pyramiden gebaut, total 12 Stück. Ausgrabungen belegen unter anderem einen Hafen. Es ist auch bekannt, dass Kalk- und Granitsteine per Schiff angeliefert wurden. Die entsprechenden Steinbrüche waren aber vorwiegend auf der rechten Nilseite zwischen Sadd el-Kafara und Kairo gelegen. Ein zweiter antiker und rechtsufriger Hafen wurde etwa in der Hälfte der Distanz zwischen dem Damm Sadd el-Kafara und Kairo entdeckt. Dieser Hafen, der Damm und die diversen Steinbrüche waren mit einer Strasse verbunden. Die Distanz von

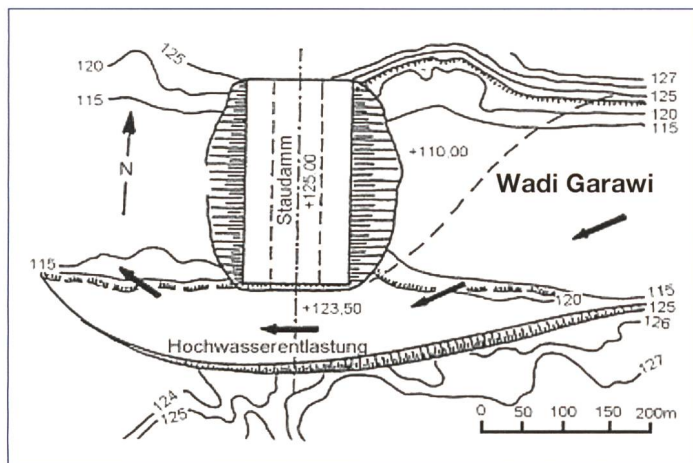


Bild 1. Situation 1, (Quelle; Günther Garbrecht, «Meisterwerke antiker Hydrotechnik», angepasst von Robert Widmer).

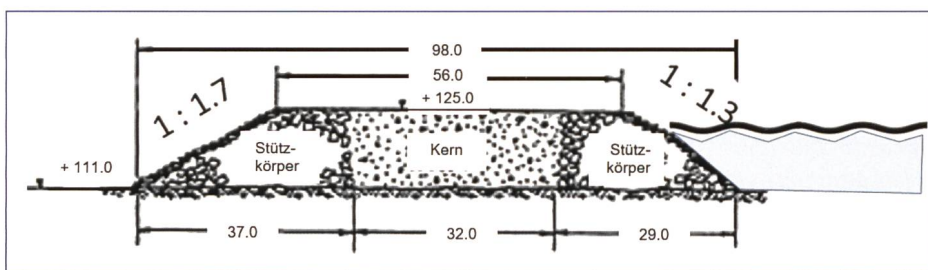


Bild 2. Querschnitt, (Quelle; Günther Garbrecht, «Meisterwerke antiker Hydrotechnik», angepasst von Robert Widmer).

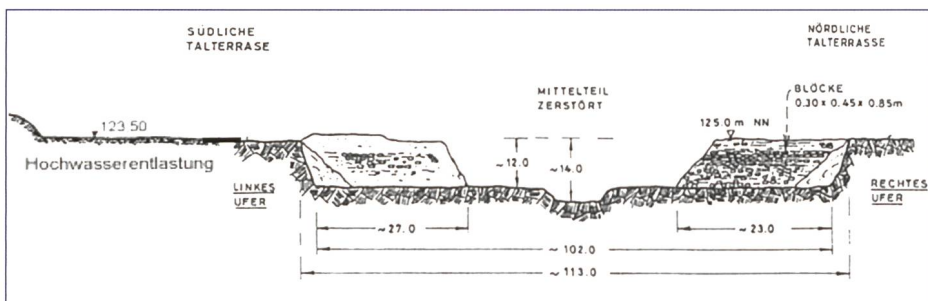


Bild 3. Längsschnitt (Quelle; Günther Garbrecht, «Meisterwerke antiker Hydrotechnik», angepasst von Robert Widmer).



Bild 4. Das rechtseitige Ufer mit eingezeichnetem Damm (Quelle; Wikipedia, angepasst Robert Widmer).

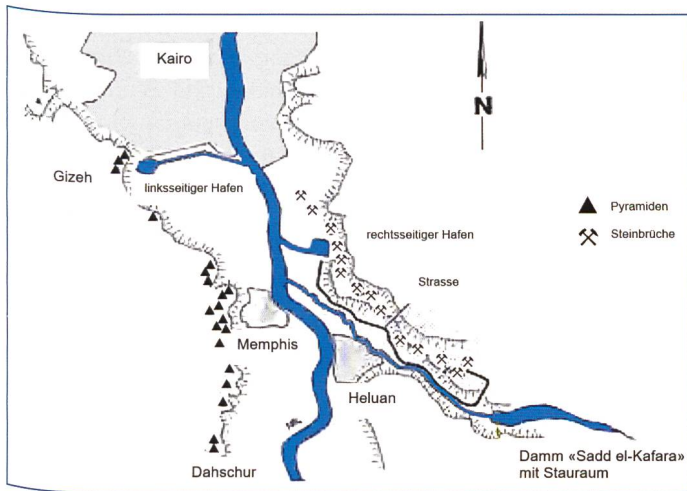


Bild 5 (oben). Situation 2, (Quelle; Wikipedia, ergänzt durch Robert Widmer).

Bild 6 (rechts oben). Übersicht, (Quelle; Google Earth, ergänzt durch Robert Widmer).

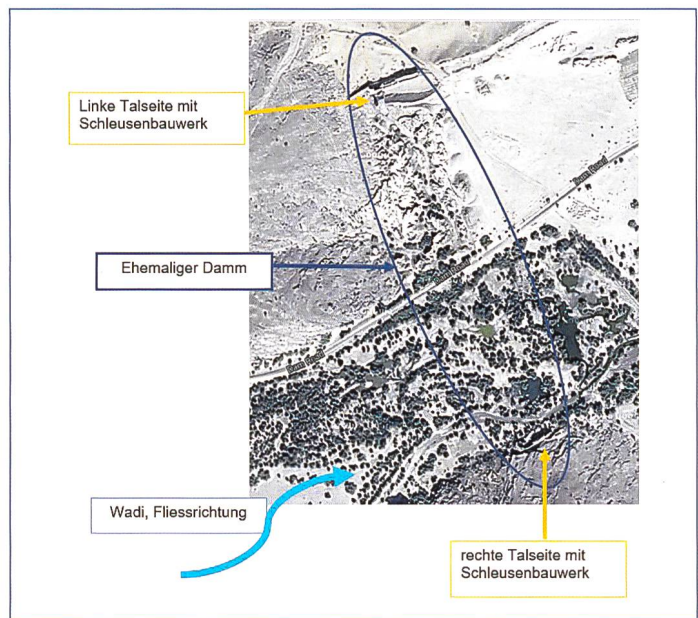


Bild 7. Linke Talseite mit Schleusenbauwerk, (Quelle; Wikipedia, angepasst von Robert Widmer).

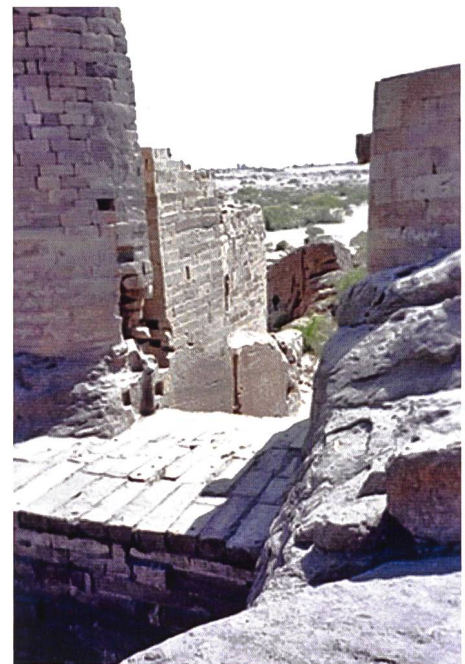


Bild 8. Rechte Talseite mit Schleusenbauwerk, (Quelle; Wikipedia, angepasst von Robert Widmer).

Gizeh nach Sadd el-Kafara beträgt 51 km.

Aus den erwähnten Überlieferungen, Funden und Fakten ergibt sich eine neue These. Sie ist aus bautechnischer und ökonomischer Sicht schlüssig: Der Damm war der temporäre Hochwasserschutz während der Bauphase der Pyramiden von Gizeh. Heute würde man ihn als ein Teilprojekt «Provisorien und Wasserhaltung» bezeichnen. Er war in der Lage, ein Hochwasser aus dem Wadi so zu drosseln, dass der rechtsseitige Hafen und die Strassen zu den zahlreichen Steinbrüchen nicht überschwemmt und unterbrochen wurden. Damit konnte kontinuierlich während des ganzen Jahres gearbeitet werden. Die gewonnenen Kalksandsteine wurden zum Hafen transportiert und dort verschifft. Im linksufrigen Hafen von Gizeh angekommen, wurden sie umgeladen und auf den nahen Baustellen umgehend verbaut oder, wie wir heute sagen würden, «just in time». Somit war das Risiko eines saisonal bedingten Unterbruchs auf den Baustellen minimiert und der Baufortschritt erlitt keine transportbedingten Verzögerungen. Nach Abschluss der Bautätigkeit wurde der Damm obsolet, aufgegeben und vernachlässigt.

Hydraulisch könnte die Anlage wie folgt konzipiert gewesen worden sein: Eine mittige und 14 m hohe gemauerte Bresche drosselte den Abfluss (ca. 50 m³/s) derart, dass der Hafen und die Strasse nicht beeinträchtigt wurden. Das vorhandene Staubecken ermöglichte, Abflüsse bis ca. 120 m³/s über mehrere Stunden zurückzuhalten (HQ₅₀). Die sehr breite Hochwasserentlastung diente zur schadlosen Um- und Überleitung von grossen Hochwassern, wie ein HQ₁₀₀. Die vollständig umhüllende Deckschicht des Dammes mit den schweren Kalksteinquader erlaubte sogar ein leichtes Überströmen bei extremen Hochwasser, wie ein HQ₁₀₀₀.

Ein Vergleich mit der heutigen Zeit: Um auf Baustellen erfolgreich zu sein, sind eine gute Logistik, ein kontinuierlicher Baufortschritt und ein reibungsloser Bauablauf zwingend. Um dies zu erreichen, werden oft aufwendige und ausgeklügelte Provisorien erstellt. Die Ägypter waren nicht nur sehr gute Baumeister, sie planten auch detailliert, ökonomisch und handelten pragmatisch. Demzufolge ist diese neue These durchaus wahrscheinlich.

Ein zweites Beispiel ist der Damm von Ma'rib im Jemen.

Wenn heute über den Jemen berichtet wird, so sind es oft schlechte Nachrichten. Das Land ist «mausarm», die Kriminalität hoch, Korruption und religiöser Fanatismus grassieren. Doch das war nicht immer so. Zu Zeiten des Königreiches von Saba (1000 v. Chr. und 400 n. Chr.) gab es verbreitet Wohlstand. Die antike Stadt Ma'rib hatte über 50 000 Einwohner und lag in einer Oase im trockenen Hochland auf 1200 m ü. M. Sie war die grösste Stadt im antiken Südarabien und lag an der Weihrauchstrasse. Der Handel und Transport von Weihrauch sowie eine florierende Landwirtschaft waren die Lebensgrundlage der Gesellschaft. Die Römer bela-

gerten erfolglos die stark befestigte Stadt im Jahr 24 v. Chr. während eines ganzen Jahres.

Um genügend Wasser zur Verfügung zu haben, wurden bereits im 3. Jahrtausend v. Chr. erste Stauanlagen und Hochwasserdämme in der Umgebung von Ma'rib errichtet. Der Zweck war stets, die spärlichen Niederschläge zu speichern und die tiefer gelegenen Siedlungen und Kulturen mit ausreichend Wasser zu versorgen, sowie vor Hochwasser zu schützen. An der nun beschriebenen Sperrstelle wurden erste Dämme bereits im 8. Jh. v. Chr. erstellt. Der jüngste und auch grösste Erddamm wurde hier zwischen dem Ende des 6. Jh. v. Chr. und Mitte des 4. Jh. v. Chr. erbaut. Seine Länge betrug 680 m und seine Höhe war 20 m. An den Talflanken und zugleich den Dammen waren je zwei Schleusenbauwerke von 145 m Länge, 50 m Breite und 13 m Höhe errichtet worden. Diese bestanden aus drei Pfeilern mit zwei Durchlässen, ergänzt mit gemauerten Überläufen und Tosbecken. Mit dem anschliessenden System aus Haupt- und Nebenkanälen konnte die Oase mit seiner Fläche von 96 km² inklusive dem umliegenden Kulturland von

168 km² gut und zuverlässig mit Wasser versorgt werden.

Es ist überliefert, dass die Schlammablagerungen mehrere Zentimeter pro Jahr betrug. Der Damm und die Bauwerke mussten daher mehrmals erhöht oder gar abgerissen und vollständig neu aufgebaut werden. Dokumentiert sind auch diverse Reparaturen und Dammbüche infolge von Hochwasser. Die letzte Inschrift eines Dammbuches mit anschliessender Reparatur ist aus dem Jahr 542 n. Chr. Dabei sind unter anderem die Versorgungsgüter für die Arbeiter erwähnt: 200 000 Schafe und Ziegen, 50 000 Sack Mehl und 26 000 Kisten Datteln. Nach einem erneuten Hochwasserereignis im Jahr 572 n. Chr. blieb die Reparatur aus. Das Kulturland versteppte und die antike Stadt Ma'rib wurde aufgegeben.

Der Hauptgrund für den Niedergang ist jedoch nicht das zerstörende Hochwasser gewesen, sondern ein geopolitischer Grund. Die Römer etablierten und betrieben den Handel über das Rote Meer auf dem Seeweg. Dadurch reduzierten sich der Landtransport und der Handel von Weihrauch dramatisch. Die lokale Bevölkerung verlor nach und nach die wirt-

schaftliche Grundlage. Schlussendlich konnte das gesamte aufwendige System aus Damm, Kanälen und Brunnen nicht mehr unterhalten und betrieben werden.

Nun offenbart sich die Erkenntnis, dass die Anlagen während 1100 Jahren betrieben und unterhalten wurden. Dies ist eine historische Leistung.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass in den frühen 80er-Jahren des letzten Jahrhunderts unweit oberhalb der alten Sperrstelle erneut ein Erddamm errichtet wurde. Er ist 40 m hoch und hat eine Länge von 760 m. Das heutige Ma'rib zählt knapp 21 000 Einwohner.

Zusammenfassend kann eindeutig festgehalten werden: In der Antike konnte man auch was mit Wasser.

Über den Verfasser

Robert Widmer ist dipl. Bauingenieur FH und dipl. Wirtschaftsingenieur STV. Er arbeitet bei den Kraftwerke Hinterrhein AG in Thusis, ist Lehrbeauftragter an der HTW Chur für Hydraulik und Wasserkraft und wohnt in Thusis. r.widmer@khr.ch