



Publikationen des Deutschen Archäologischen Instituts

Burkhard Vogt

Grundzüge der antiken südarabischen Bewässerungswirtschaft

Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie Bd. 24 (2004):
67–104

<https://doi.org/10.34780/qwdfzz76>

Herausgebende Institution / Publisher:
Deutsches Archäologisches Institut

Copyright (Digital Edition) © 2026 Deutsches Archäologisches Institut
Deutsches Archäologisches Institut, Zentrale, Podbielskiallee 69–71, 14195 Berlin, Tel: +49 30 187711-0
Email: info@dainst.de | Web: <https://www.dainst.org>

Nutzungsbedingungen:

Mit dem Herunterladen erkennen Sie die [Nutzungsbedingungen](#) von iDAI.publications an. Sofern in dem Dokument nichts anderes ausdrücklich vermerkt ist, gelten folgende Nutzungsbedingungen: Die Nutzung der Inhalte ist ausschließlich privaten Nutzerinnen / Nutzern für den eigenen wissenschaftlichen und sonstigen privaten Gebrauch gestattet. Sämtliche Texte, Bilder und sonstige Inhalte in diesem Dokument unterliegen dem Schutz des Urheberrechts gemäß dem Urheberrechtsgesetz der Bundesrepublik Deutschland. Die Inhalte können von Ihnen nur dann genutzt und vervielfältigt werden, wenn Ihnen dies im Einzelfall durch den Rechteinhaber oder die Schrankenregelungen des Urheberrechts gestattet ist. Jede Art der Nutzung zu gewerblichen Zwecken ist untersagt. Zu den Möglichkeiten einer Lizenzierung von Nutzungsrechten wenden Sie sich bitte direkt an die verantwortlichen Herausgeber*innen der jeweiligen Publikationsorgane oder an die Online-Redaktion des Deutschen Archäologischen Instituts (info@dainst.de). Etwaige davon abweichende Lizenzbedingungen sind im Abbildungsnachweis vermerkt.

Terms of use:

By downloading you accept the [terms of use](#) of iDAI.publications. Unless otherwise stated in the document, the following terms of use are applicable: All materials including texts, articles, images and other content contained in this document are subject to the German copyright. The contents are for personal use only and may only be reproduced or made accessible to third parties if you have gained permission from the copyright owner. Any form of commercial use is expressly prohibited. When seeking the granting of licenses of use or permission to reproduce any kind of material please contact the responsible editors of the publications or contact the Deutsches Archäologisches Institut (info@dainst.de). Any deviating terms of use are indicated in the credits.

Kommission für Allgemeine und Vergleichende Archäologie
des Deutschen Archäologischen Instituts, Bonn

AVA-Beiträge

Band 24

Beiträge zur
Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie

Band 24

KAVA

KOMMISSION FÜR ALLGEMEINE UND VERGLEICHENDE
ARCHÄOLOGIE

BEITRÄGE
ZUR ALLGEMEINEN
UND VERGLEICHENDEN
ARCHÄOLOGIE

BAND 24

2004



VERLAG PHILIPP VON ZABERN · MAINZ

V, 262 Seiten mit 157 Abbildungen, 2 Beilagen sowie einer CD-ROM in einer Stecktasche

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie /

Komm. für Allg. u. Vergleichende Archäologie d. Dt. Archäolog. Inst., Bonn. –
Mainz am Rhein : v. Zabern.

Erscheint jährl. – Teilw. u. d. T.: Allgemeine und Vergleichende
Archäologie. – Früher im Verl. Beck, München. – Nebent.: AVA-Beiträge. –
Aufnahme nach Bd. 8. 1986 (1989)

ISSN 0170-9518

NE: Allgemeine und Vergleichende Archäologie; NT

Bd. 24. 2004.

Verl.-Wechsel

ISSN 0170-9518

ISBN 3-8053-3463-X

© Kommission für Allgemeine und Vergleichende Archäologie
des Deutschen Archäologischen Instituts, Bonn, 2004

Satz und Herstellung: Linden Soft Verlag e.K., Köln

Druck und Vertrieb: Verlag Philipp von Zabern, Mainz

Printed in Germany

Printed on fade resistant and archival quality paper (PH 7 neutral) · tcf

I N H A L T

B. VOGT, Nachruf Wolfgang W. Wurster	1
C. HÖLZEMANN, Schriftenverzeichnis Wolfgang W. Wurster	9
P. YULE/W. BÖHLER, Śísúpālgarh: An Early Historic Fortress in Coastal Orissa and its Cousins	15
N. PERERA/REV. W. L. A. DON PETER, Nossa Senhora do Livramento: Excavation of the Holy Well at Jawatte Cemetery, Colombo (Sri Lanka)	31
R. J. BOEKEL, Nossa Senhora do Livramento: A Catalogue of Coins from the Holy Well at Jawatte Cemetery, Colombo (Sri Lanka)	39
U. ERDENEBAT/D. BAYAR, Eine mittelalterliche Felshöhlenbestattung aus der südlichen Mongolei	45
B. VOGT, Grundzüge der antiken südarabischen Bewässerungslandwirtschaft	67
E. A. A. GARCEA, Modern Behaviour and Cultural Complexity in the Upper Pleistocene and Early Holocene in Western Libya	105
A. MIKDAD/J. MOSER/M. NAMI/J. EIWANGER, La stratigraphie du site d'Ifri n'Ammar (Rif Oriental, Maroc): premiers résultats sur les dépôts du Paléolithique moyen	125
J. EIWANGER/R. HUTTERER, Schildkrötenpanzer als Behälter für Farbpigmente aus dem Ibéromaurusien der Ifri n'Ammar (Marokko)	139
O. QUINTANA/W. W. WURSTER †, Un nuevo plano del sitio Maya de Naranjo, Petén, Guatemala	149
V. FIALKO, Investigaciones arqueológicas en Naranjo: Primeras observaciones sobre el desarrollo cultural del centro urbano	179
N. GRUBE, La Historia Dinástica de Naranjo, Petén	195
J. LINDENBECK, Bibliographisches Verzeichnis der von der KAVA herausgegebenen Monographien und Periodica, 1979–2004	215
Bericht über die Tätigkeit der Kommission für Allgemeine und Vergleichende Archäologie des Deutschen Archäologischen Instituts im Jahr 2003	241

Burkhard Vogt

Grundzüge der antiken südarabischen Bewässerungslandwirtschaft

Zu jenen Naturräumen, in denen ganzjährig Wasser führende Gewässer fehlen und Oberflächenwasser nur vorübergehend vorhanden ist, kurzum – in denen Süßwasservorräte tatsächlich sehr ungleichmäßig verteilt und zugänglich sind, gehört der Südwesten der Arabischen Halbinsel. Bis heute haben sich hier Hunderte, wenn nicht gar Tausende antiker Zisternen (*karif*), Sperren und Dämme (*sadd/asdad*), Kanäle und Verteiler in Resten erhalten, im Einzelfall sind diese in unterschiedlichen Stadien der Verlandung sogar noch heute in Betrieb. Selbst von der Fachwelt kaum zur Kenntnis genommen, kann der Jemen deshalb bei der Erforschung der antiken Wasserwirtschaft als beispielhaft in Hinsicht auf die ganze Spannweite wasserbautechnischer Problemlösungen, methodischer Vorgehensweisen sowie vielfältiger Erklärungsmodelle gelten.

Zwar lieferten europäische Forschungsreisende seit Mitte des 19. Jahrhunderts detaillierte Beobachtungen zu antiken Wasserwirtschaftsbauten (z. B. Glaser 1890; Caton-Thompson/Gardner 1939; Hamilton 1943), doch eine spezialisierte altertumswissenschaftlich-archäologische Forschung setzte in vollem Umfang erst nach 1970 ein. Da die Quellen- und Befundlage in Südwestarabien ausgesprochen günstig ist, hat sich die Erforschung Südarabiens seitdem sehr intensiv mit antiker Bewässerung auseinandergesetzt. Das ganze Quellenspektrum wird mittlerweile durch Einzeluntersuchungen von Geowissenschaftlern, Geophysikern, Botanikern, Bergbau- und Wasserbauingenieuren, Bauhisto-

rikern, Ethnologen, Islamwissenschaftlern, Epigraphikern und Archäologen erfasst. Eine Synthese des bisherigen Kenntnisstandes, die die Entwicklungen und Wirkungen in den unterschiedlichen Regionen des Jemen berücksichtigt und gliedert, ist bislang noch nicht versucht worden.

Naturräumliche und hydraulische Rahmenbedingungen

Zwei Gebirgszüge beherrschen den Jemen, das bis zu 3600 m steil aufragende jemenitische Hochland parallel zum Roten Meer im Westen und das bis auf über 2000 m reichende, nach Norden geneigte Hochplateau des Jol, entlang des Golfes von Aden im Süden des Jemen (Abb. 1). Dem Monsunklima verdankt vor allem der westliche Jemen zwei Regenzeiten, nämlich während etwa zwei Wochen im Frühjahr und sechs Wochen im Spätsommer. Klimageographisch kann der Jemen deshalb in drei Unterzonen unterteilt werden:

Die Küstenebenen entlang des Roten Meeres und des Golfes von Aden werden von einer der heißesten und bezüglich ihrer Luftfeuchtigkeit extremsten Klimazonen der Erde eingenommen. Der Jahresniederschlag geht nur selten über 60 mm hinaus. Flächenhaft wirkt hier besonders der Wind, der einerseits durch Deflation zur Entstehung von Steinpflasterböden und Geröllwüste, andererseits durch äolische Akkumulation zur Bildung von Sandwüste beigetragen

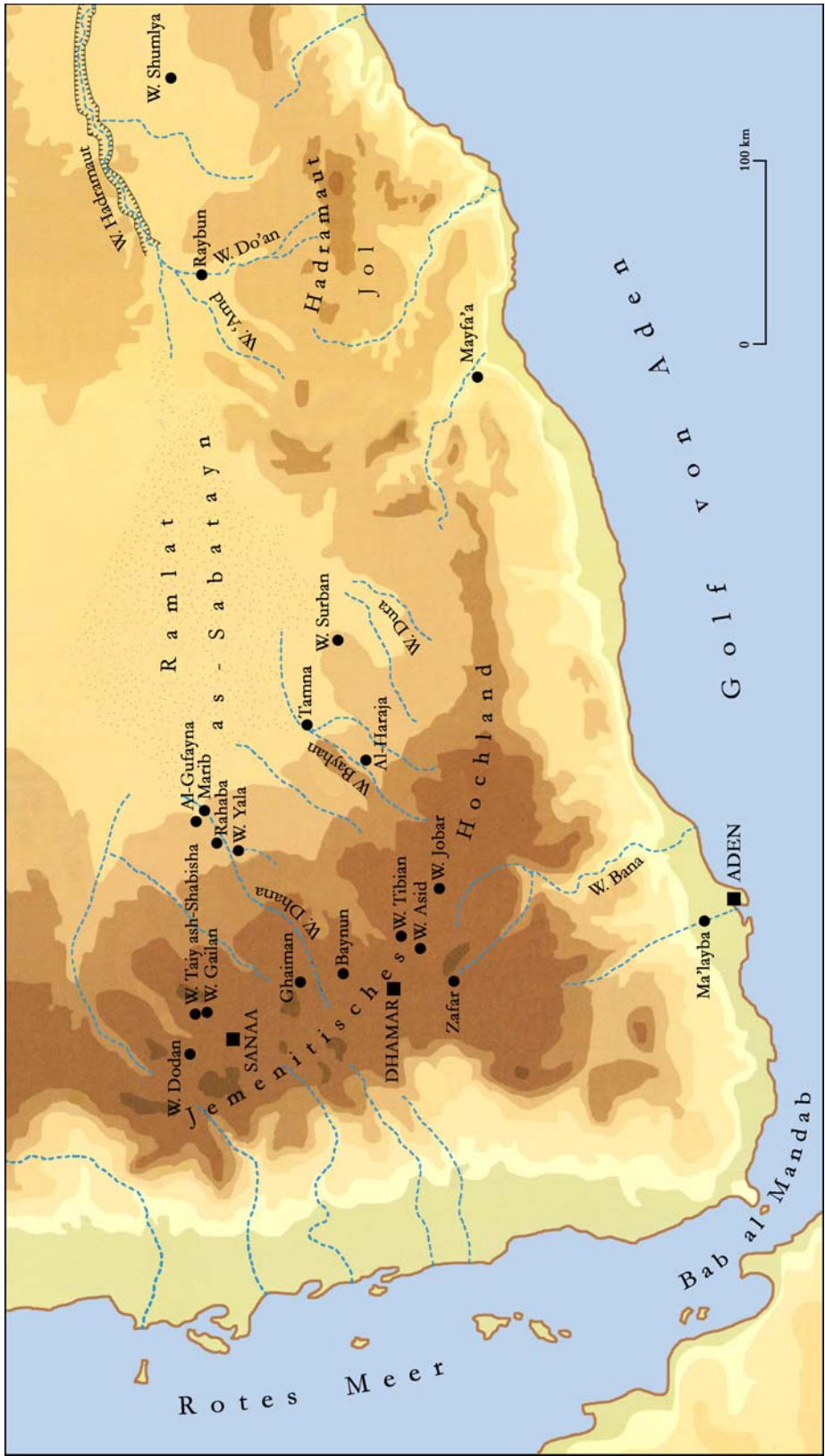


Abb. 1. Karte des Jemen mit den wichtigsten im Text genannten Wadis und Fundplätzen (Karte: H. -P. Wittersheim).

hat. Moderne und auch antike Siedlungsgebiete konzentrieren sich entlang jener Wadis (arab. für Tal bzw. Trockenbett), die ihren Ursprung im Hochland haben. Weiterhin konzentriert sich die Besiedlung an der Küste sowie am Fuß des Hochlandes.

Im sich östlich anschließenden, hinsichtlich seines Reliefs sehr stark gegliederten Hochland erreicht der Niederschlag mit Mengen zwischen 500 und 1000 mm ù punktuell auch deutlich mehr ù fast mitteleuropäische Werte. Am Grund der Täler ist ausreichend Boden angesammelt, so dass Oberflächenwasser versickern kann, und die Speicherwirkung des Bodens gut ist. In dieser Zone existieren vereinzelt sogar kleinere Sumpfbereiche und üppige Wäldchen (Siewert 1982, 182). Während ganzjährig Wasser führende Flüsse im gesamten Jemen heutzutage unbekannt sind, gibt es vor allem hier eine ganze Reihe von perennierenden Bächen (arab. *ghayl*), die außerhalb der Regenzeiten keine Sedimente mit sich führen. Insgesamt sind also die naturräumlichen Bedingungen so günstig, dass vor allem das südwestliche Hochland von einer dichten Vegetation bedeckt und in weiten Teilen eine Landwirtschaft allein auf der Basis von Regenfeldbau möglich ist. Örtlich werden sogar drei bis vier Ernten eingebracht (Kopp 1976, 8). Das jemenitische Hochland ist deshalb heutzutage besonders dicht besiedelt.

Im östlichen Vorgebirge und im sich anschließenden Übergangsbereich zur Vollwüste werden trotz tropischer Breitenlage wiederum im Durchschnitt weniger als 100 mm Niederschlag per annum erreicht. Das ist wie auch in der Küstenebene für eine direkte kontrollierte landwirtschaftliche Nutzung unzureichend und, weil nicht voraussagbar, ungeeignet. Hinzu kommt, dass diese Zone eine weitgehend vegetationslose Gebirgs- und Schuttwüste ist, die nach Osten in die etwa 1200 m über Meereshöhe liegende Ramlat as-Sab'atayn übergeht, den südlichen Ausläufer der großen lufttrockenen, kontinentalen innerarabischen Wüstenebene Rub al-Khali. Die hier sehr deutlich hervortretenden alluvialen Schutfächer werden durch zahlreiche Wadis unterschiedlicher Größe unterbrochen. So ist das Wadi Dhana, das wäh-

rend der Antike bei Marib durch den Großen Damm gesperrt wurde, das größte Trockental im westlichen Jemen. Sein Einzugsgebiet reicht weit hinauf ins Hochland und beträgt etwa 10.000 km². Der hier gesammelte Oberflächenabfluss beläuft sich auf jährlich durchschnittlich 200 Mio. Kubikmeter (Brunner 1983, 47). Hier und in ähnlich großen Nachbartälern befanden sich während der Antike die wichtigsten Siedlungszentren.

Während größere, ganzjährig verfügbare Gewässer im Jemen fehlen, spielt hinsichtlich des Wasserhaushaltes der Oberflächenabfluss die entscheidende Rolle. Dieser entsteht aus meist lokal eng begrenzten, heftigen Gewittergüssen im Hochland. Er strömt während eines nur sehr kurzen Zeitraumes, manchmal nur für einige wenige Stunden, als mächtige Sturzflut (arab. *sayl*) die Wadis hinab. Zusätzlich zu den beträchtlichen Wassermengen führt der *Sayl* aber auch sehr große Geröll- und Sedimentmassen mit sich. Die Fluten bewirken einerseits eine sehr starke Erosion und den Verlust von Boden in den steileren oberen Einzugsbereichen, andererseits die natürliche Bildung starker Ablagerungen in den mittleren und vor allem den tiefer gelegenen Talbereichen. Die hier auf natürliche Weise entstandenen Sedimente bestehen aus Geröllen und Kiesen unterschiedlicher Korngröße sowie darauf aufliegend aus etwas feinerem, hellem Sedimentmaterial. Diese Schichtenfolge wird abgeschlossen in der Regel durch zwei übereinander liegende Paläoböden, von denen der jüngere in das 4. vorchristliche Jahrtausend datiert.

Von der Natur- zur Kulturlandschaft – anthropogene Reaktion und Intervention

Durch Reaktionen auf die Umwelt bzw. bewusste Intervention gliederte der Mensch die für Ackerbau nutzbaren Täler in zwei, durch eine Dammanlage von einander getrennte Teilbereiche, nämlich das höher gelegene Einzugsgebiet und die tiefer liegenden, künstlich bewässerten Ackerbauflächen. Für das methodische Vorgehen bei der Erforschung von hydraulischen

schen Systemen bedeutet dies nicht nur eine gleichwertige Berücksichtigung des Einzugsgebietes, sondern auch in der Praxis ein Ausgehen der Untersuchungen von der sehr konkret lokalisierbaren Wasserfassung ù gleichsam von der „Quelle“ ù bis zu den tiefsten Punkten eines Bewässerungssystems (vgl. Barceló et al. 2003, 133 f.). Ein Bewässerungssystem geht somit über die Komponenten Wasserentnahmestelle/Damm und Feldflächen weit hinaus. Auch in der Antike sah man dies ähnlich, denn bereits im oberen Einzugsbereich griff man durch diverse Maßnahmen steuernd in das Abflussverhalten ein.

In ihrem Erfindungsreichtum uneingeschränkt, setzten die Bewohner Altsüdarabiens auch in ökologisch benachteiligten Gebieten und stets in Anpassung an die konkreten örtlichen Bedingungen ihre landwirtschaftlichen Strategien durch die Errichtung von Wasserwirtschaftsbauten um. Dies endete in der Transformation, ja Unterwerfung ganzer Naturlandschaften. Art, Umfang und Intensität anthropogener Intervention richteten sich nach der Größe des jeweiligen hydraulischen Systems. Kleinere Täler sind leicht als räumlich geschlossene Systeme erkennbar, schwerer ist es, sich sehr ausgedehnte hydraulische Systeme, wie etwa das Wadi Dhana-Einzugsgebiet, als ein einziges, zusammenhängendes System vorzustellen. Für dessen Gestaltung fehlte über lange Zeitabschnitte die Steuerung durch eine starke politische Zentralgewalt.

Aufgrund der naturräumlichen Bedingungen spielte die Bewässerung aus Bächen (*Ghayl*) in der Landwirtschaft eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Stattdessen entwickelten die alten Südaraber zur optimalen Nutzung des durch episodische Hochwasserereignisse hervorgerufenen Oberflächenabflusses die so genannte *Sayl*-Bewässerung, die während der letzten 5000 Jahre gleichermaßen im Hochland und im Tiefland praktiziert wurde. Hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit folgten *Ghayl*- und *Sayl*-Bewässerung offenbar derselben Logik (Barceló et al. 2000, 29), wobei letztere wegen des größeren Einzugsgebietes und des stark schwankenden Wasserdargebots komplexere Vorsichtsmaßnahmen und eine robustere, zumindest variabelere

Funktionsarchitektur erforderte. Trotz der insgesamt recht unterschiedlichen naturräumlichen Bedingungen kamen und kommen die im selben kulturellen Gefüge lebenden Bauern zu ähnlichen sozio-politischen Zuteilungspraktiken und damit zu sehr ähnlichen technischen Lösungen (Varisco 1983, 368).

Insgesamt war die Handhabung der Sturzfluten technisch beherrschbar, doch stellte die Sedimentation die Landwirtschaft vor größere Probleme: Die schwere Geschiebefracht, aber auch leichtere Schwebstoffe blockierten schnell die Bewässerungssysteme, wenn deren Betreiber durch Maßnahmen zum Erosionsschutz, in der funktionstechnischen Planung und durch ständige Wartung darauf nicht Rücksicht nahmen. Derartige Maßnahmen bewirkten eine Sortierung der Fracht in grobe und feine Komponenten. Während die Geschiebefracht quasi herausgefiltert wurde, transportierte der *Sayl* die feineren Schwebstoffe durch das jeweilige hydraulische System, wo sie sich schließlich unter anthropogener Einwirkung besonders in den unteren Abschnitten zu substanziellen Sedimentbänken akkumulierten (Abb. 2). Die Bedeutung dieser auffälligen, anthropogen bewirkten Sedimente als Indikator für antike Bewässerungslandwirtschaft wurde von der Wissenschaft schon in den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts erkannt.

Die maximale, jemals ermittelte Sedimentstärke beträgt über 30 m und wurde in der antiken Oase von Marib gemessen (Brunner 1983, 65). Silt, Ton und Feinsand umfassende Ablagerungen wurden mit jedem Bewässerungsereignis in die Feldflächen getragen, führten theoretisch zu einer „baumringartigen“ Feinschichtung, die aber durch das Pflügen des Ackerbodens wieder gestört wurde. In Südwesstarabien belief sich die Akkumulation auf durchschnittlich 10 mm pro Jahr (für je zwei Regenzeiten). Diese Sedimentationsrate konnte mittlerweile durch ¹⁴C-referenzierte OSL-Messungen (Optical Stimulated Luminescence) bestätigt werden (Balescu et al. 1998, 32). Bei Kenntnis datierter Geländeoberflächen können somit einzelne Schichten in den Aufschlüssen gleichsam „mit dem Zollstock“ datiert werden.

Typologie hydraulisch wirksamer Funktionsarchitektur

Für den Einzugsbereich und das hydraulische System oberhalb eines Dammes sind Terrassenmauern, Grundwassersperren, Geschiebesperren und Ablenkbuhnen archäologisch belegt. An den Nahtstellen zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen befanden sich Ablenkdamme, Buhnenkonstruktionen und Staudämme. Unterhalb der Entnahmestellen finden sich Uferbefestigungen, Terrassierungen, Kanäle und Verteilerbauten unterschiedlicher Ordnung.

Terrassen, Grundwassersperren, Geschiebesperren und Flussumleitungen

Bis in jüngste Zeit wurden bereits in den Regenfeldbaubereichen des Hochlandes und damit in den oberen hydraulischen Einzugsgebieten auf Hängen von bis zu 35° Neigung Ackerbauterrassen angelegt (Abb. 3; Wilkinson 1999, 184). Steilhänge mit Höhenunterschieden von mehr als 1000 m wurden auf diese Weise künstlich terrassiert, doch finden sich Feldterrassen gleichermaßen in den unteren Randbereichen des jemenitischen Berglandes. Die Terrassen dienten der Schaffung von Feldflächen. Diese mussten zwar ein leichtes Fließgefälle aufweisen, durften aber nicht zu steil sein, damit dem Niederschlag genug Zeit zum Versickern blieb und überschüssiges Wasser ohne Zerstörung der Felder abfließen konnte (Siewert 1982, 182). Die Terrassen bewirkten somit nicht nur eine Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit, sondern trugen durch die Bildung von Böden und durch gebremsten Oberflächenabfluss auch zur Bodenkonservierung und damit zur Funktionsfähigkeit der Bewässerungssysteme bei.

Die Terrassenmauern wurden aus Geröll- und Bruchsteinen, seltener aus sauber bearbeiteten Quadern errichtet. Sie konnten beträchtliche Abmessungen erreichen, doch vermied man die randlichen Stützmauern höher aufzuführen als die Breite der durch sie geschaffenen Feldflächen. Eine künstliche Hinterfüllung zur Schaffung der Feldflächen ist zwar zu postulieren, wenngleich archäologisch bislang nur in

einem Fall belegt (Gibson/Wilkinson 1995, 168), doch ist es in der traditionellen Landwirtschaft immer noch üblich, den alljährlich herabgespülten Boden wieder in die Terrassenfelder zurückzubringen.

In vielerlei Hinsicht den Terrassenmauern und auch Dämmen des Hochlandes ähnlich waren in einer Zweischalentechnik errichtete Sperrmauern (Abb. 4). Die Außenschalen waren mehrfach getrept bzw. gebösch, sodass sich der Querschnitt zur Mauerkrone verjüngte. Als Baumaterial wurden Hausteine oder auch sehr sauber bearbeitete und verlegte Quader verwendet. Das Innere bestand aus trocken und unregelmäßig aufgeschichteten Bruchsteinen. Sperrmauern dieses Typs waren vergleichsweise niedrig, konnten aber mehrere hundert Meter lang und etliche Meter hoch sein, die Krone hingegen erreichte nur selten größere Breiten.

Viele dieser Mauern wurden in der Fachliteratur *ú zu Unrecht ú* als Staudämme bezeichnet. Die Deutung hängt nicht zuletzt vom Verständnis der konkreten örtlichen Situation ab, vom Relief des gesperrten Tales und auch von den Bodenverhältnissen oberhalb und unterhalb der Sperre. Wichtig ist vor allem die Lage der antiken Feldflächen im Verhältnis zur Sperrmauer. Es sind zahlreiche Situationen bekannt, in denen ein weites Tal durch eine solche Schwergewichtsmauer gesperrt wird, und diese bis zur Krone durch fruchtbares Sediment hinterfüllt ist. Hier wäre ein riesiger flacher Stausee mit hohem Verdunstungspotenzial entstanden, der die Feldflächen überflutet hätte, während die Schlucht talabwärts nur Geröll aufweist, somit unfruchtbar ist und trocken geblieben wäre. Dies schließt allerdings nicht aus, dass wie etwa im Wadi Tibian ein in den Fels gehauener Kanal am Ende einer solchen Mauer etwa auf Kronenhöhe überschüssiges Wasser ableitete (Siewert 1979, 176). Derartige Anlagen spielten zwar bei der Bewässerung eine sehr große Rolle, waren aber keine Staudämme, sondern Sperren, die als Sedimentfalle der großräumigen Terrassierung, dem Erosionsschutz, der Steigerung der Bodenfeuchtigkeit, vor allem aber der Erhöhung des Grundwasserspiegels dienten. Das Vorhandensein von Verputz auf



Abb. 2. Marib, Nordoase, anthropogene Bewässerungssedimente*.



Abb. 3. Südliches jemenitisches Hochland, antike und moderne Feldterrassen.



Abb. 4. Wadi Bana, Grundwassersperrmauer.

der „Wasserseite“ und am Dammanschluss steht dazu in keinem Widerspruch. Entscheidend ist das Fehlen dazugehöriger, tiefer gelegener Feldflächen. Im Hochland gibt es eine große Zahl derartiger Grundwassersperrn, und auch in anderen Weltgegenden sind vergleichbare Konstruktionen bekannt. Andere Sperrmauern dieses Typs wurden gleichzeitig als Verkehrsweg (antiker Straßendamm) oder in einem Fall zusätzlich als Aquädukt benutzt, wobei entlang der Krone ein Mittelgraben verlief (Siewert 1982, 186). Ähnliche Systeme sind noch heute südwestlich der jemenitischen Hauptstadt Sanaa im Betrieb.

Im Wadi Gailan im Nordosten von Sanaa befindet sich ein kleiner antiker Staudamm, der 180 m unterhalb eines Zusammenflusses zweier kleinerer Wadis angelegt worden war. Die Unterläufe dieser beiden Zuflüsse waren jeweils

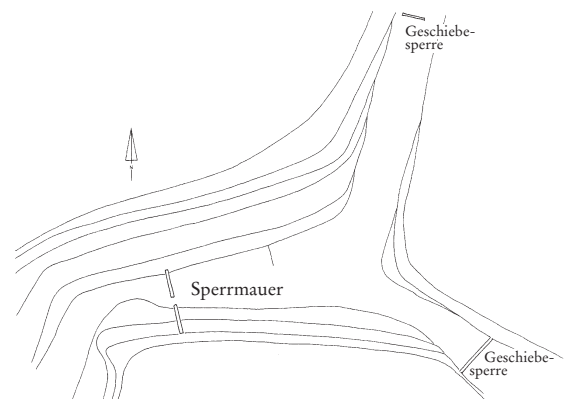


Abb. 5. Wadi Gailan, Lage des Dammes am Hauptwadi und der Geschiebesperrmauern an den Zuflüssen (nach Siewert 1982, Abb. 55).

durch eine niedrige Mauer gesperrt (Abb. 5). Ihre Funktion bestand hauptsächlich im Zurückhalten der mitgeführten Geschiebefracht und der Verlangsamung bzw. Beruhigung der Fließgeschwindigkeit (Siewert 1982, 193 f.).

* Sofern nicht anders gekennzeichnet, stammen alle Fotos vom Autor

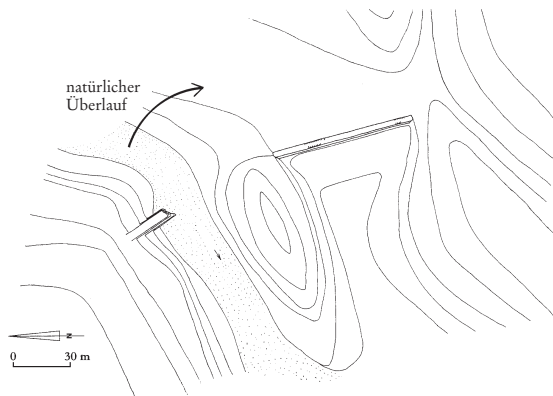


Abb. 6. Wadi Taiy ash-Shabisha, Flussumleitung (nach Siewert 1982, Abb. 49).

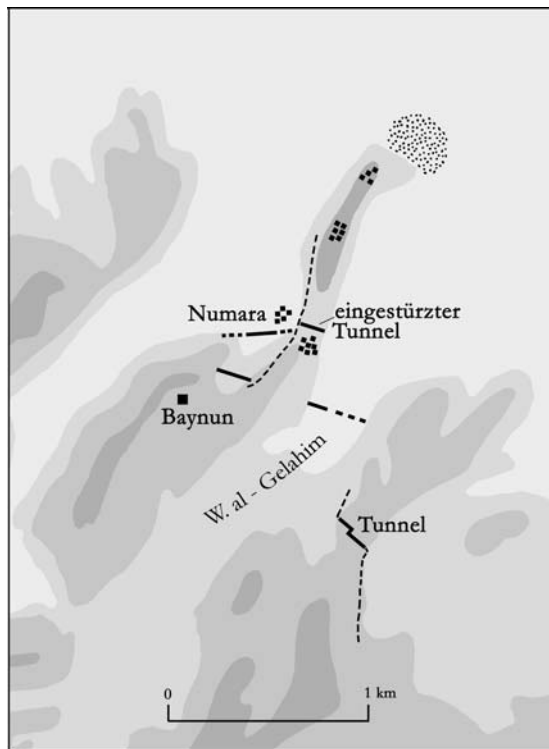


Abb. 7. Baynun, schematisierter Plan des Bewässerungssystems mit Flussumleitung durch zwei Felstunnel (H.-P. Wittersheim nach Radt 1971, Abb. 53 und Wendrich et al. 1999, Faltplan).

Eine völlig andere Funktion erfüllte eine gut 3 m hoch anstehende Anlage im Wadi 'Amd (Hadramawt). Sie lässt sich als eine im Grundriss V-förmige, in Zweischalentechnik errichtete Winkelbuhne beschreiben. Sie leitete Teile der Strömung aus einer Prallhangsituation in einen Hauptkanal am weiter unterhalb gelegenen Gleithang ein (Caton-Thompson/Gardner 1939, 35).

Bemerkenswert sind auch Beispiele von Flussumleitungen wie etwa im Wadi Taiy ash-Shabisha, wo zwei parallel zueinander verlaufende Täler durch einen steinernen Ablenkdamm und eine Grundwassersperrmauer abgeriegelt wurden (Abb. 6). In dem einen Tal \hat{u} klein, unfruchtbar und auch in der Antike nicht bewirtschaftet \hat{u} wurde das Wasser aufgestaut und über einen flachen Hügelrücken, gleichsam einen natürlichen Überlauf, in das Nachbartal umgelenkt, wo sich auch die antiken Feldflächen befanden (Siewert 1982, 183).

Das grandioseste Beispiel einer Flussumleitung ist im Umfeld der ebenfalls im Hochland gelegenen antiken Stadtanlage von Baynun zu sehen (Abb. 7). Voller Staunen schilderte der im 10. Jahrhundert lebende mittelalterliche Historiker al-Hamdani unter den archäologischen Wundern des Jemen die Pracht der Herrscherresidenz (Faris 1938, 40), die 525 n. Chr. von den Äthiopiern zerstört worden war. Die auf einem großen Felsen angelegte Stadt war einst gänzlich von einer Wehrmauer umgeben, die außerhalb gelegenen Talflächen waren der Landwirtschaft vorbehalten und auch antike Terrassenzonen haben sich hier erhalten. Innerhalb des Stadtgebietes liegt eine unbebaute Senke, die nach Norden durch eine Sperrmauer aus Kyklopenmauerwerk abgeriegelt ist, über die gleichfalls die Stadtmauer verlief. Die Sperre wird mal als Damm mit großem Stauwasserreservoir, mal als Grundwasserstauwand bzw. übergroße Terrassenmauer gedeutet (Radt 1971, 187; Siewert 1982, 183). Weiter im Norden und parallel zum ersten Damm verlief ein zweiter, der diesmal allerdings aus rotem Erdschutt aufgeschüttet ist.

Besonders erwähnt al-Hamdani aber zwei künstliche Felstunnel in der Umgebung, die jeweils einen Felsrücken durchstoßen und auf diese Weise eine Verbindung zwischen drei

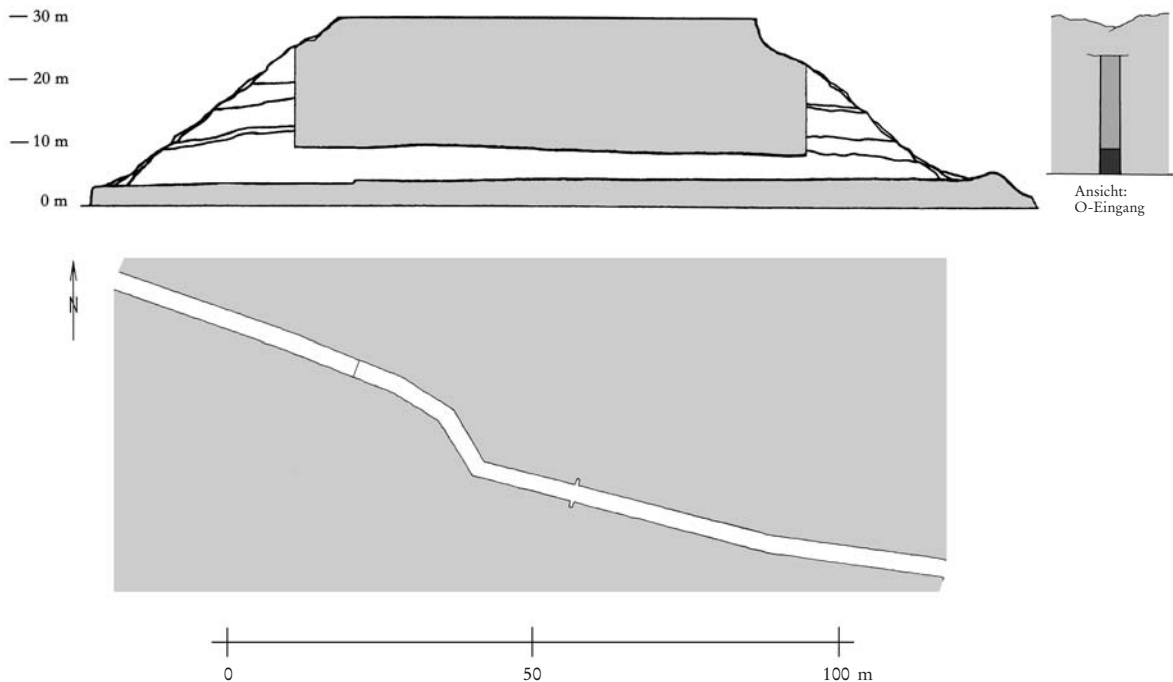


Abb. 8. Baynun, Plan und Schnitt des südlichen Felstunnels (nach Radt 1971, Abb. 57).

Tälern herstellen. Der inzwischen eingestürzte nördliche Tunnel lässt noch die beiden Tunnelmünder erkennen sowie einen anschließenden Kanal zur Stadtsenke, der die dortige Fläche bzw. das dort vermutete Stauwasserreservoir mit Wasser versorgt haben könnte. Vollständig erhalten hingegen ist der Nafaq Baynun Maftuh (Abb. 8), der südliche Felstunnel, dessen Länge etwa 85 m beträgt zusätzlich weiterer 40 m offener Strecke an beiden Enden. Er weist einen rechteckigen Querschnitt auf mit einer Breite von 3,4 m und einer Höhe von 3,6 bis 5,8 m. Das Gefälle von Ost nach West beträgt 17 ‰ (Wendrich et al. 1999, 57f.). Dieser insgesamt gewaltige Tunnel ist von beiden Seiten in den Fels gegraben worden, beide Teilstücke treffen sich – offensichtlich wegen Messungenauigkeiten bei der Planung – leicht versetzt etwa unter der Mitte des Felsrückens. Im überdeckten östlichen Teil des Tunnels befinden sich in der Nähe zum Tunneleingang in den Seitenwänden zwei sich genau gegenüberliegende Felseinarbeitungen, die etwa 1 m hoch und genauso tief

sind. Vielleicht nahmen sie einst Balken oder Bohlen auf, mit deren Hilfe auf allerdings unbekannter Weise der Zufluss reguliert wurde (Radt 1971, 288).

Am östlichen Tunneleingang hat sich rechtwinklig abknickend entlang des Berghanges ein Kanalrest erhalten, der nicht nur örtlich auftretendes Oberflächenwasser auffing, sondern dieses gemeinsam mit anderem *Sayl*-Wasser von einer unbekannteren Entnahmestelle in den Tunnel leitete. Vom Tunnelausgang wurden damit die ebenfalls durch eine große Sperrmauer begrenzten Feldflächen im Wadi al-Gelahim bewässert oder ein dortiges Reservoir gefüllt. Überflüssiges Wasser wurde schließlich am Ende der Bucht durch den Nordtunnel in die Feldflächen der benachbarten Talebene eingeleitet. Auch wenn al-Hamdani die Tunnel als Straße beschreibt (was sie außerhalb des Bewässerungsbetriebes sicherlich auch waren) und von einigen Wissenschaftlern als zu groß dimensioniert für Bewässerungszwecke bezeichnet werden (Wendrich et al. 1999, 60f.), so kann an

ihrer Hauptfunktion kein Zweifel bestehen: Am östlichen Eingang des Südtunnels befinden sich nämlich drei Felsinschriften, von denen eine Athtar Shariqan erwähnt, den sabäo-himyaritischen Gott, der das Wasser für die künstliche Bewässerung zuteilt. Die Hauptschrift auf dem Sturz des Tunnelleingangs führt aus, dass beide Tunnel im Auftrag des Herrschers aus dem Fels gebrochen und in die Höhe geführt wurden, um das Tal von Numara ù ein Dorf gleichen Namens existiert hier noch heute – zu bewässern (Müller 1973, 159f.). Beide Tunnel sind also Bestandteil ein- und desselben Systems.

Der hier betriebene montantechnische Aufwand war beträchtlich, wenn auch nicht einmalig. Einem ähnlichen Konzept unterlag nämlich auch die Bewässerung der antiken südjemenitischen Stadt Mayfa'a. Oberhalb der Stadt wurde das Wasser durch einen heute weitgehend zerstörten Ablenkdamm vom Stromstrich zum Uferbereich geführt. Ein Durchbruch durch den Hügelrücken, auf dem die Stadt lag, transportierte das Wasser schließlich in die Bewässerungsflächen südlich der Stadt. Dieser Durchbruch war weitgehend offen, lediglich an zwei Stellen waren natürliche Brücken belassen (Brunner 1999, 49), die vor allem dann Zugang zur Stadt „insel“ gewährten, wenn das Wadi und der Kanal im Durchbruch Wasser führten.

Konstruktion und Funktionsprinzip der Dämme

Dämme wurden bevorzugt an den Engstellen der Täler und Flussbetten angelegt. Sie traten einzeln auf oder waren trotz unterschiedlicher Konstruktionsweise in höhenmäßiger Abstufung in Zweier- und Dreiergruppen kaskadenartig hintereinander geschaltet und bildeten auf diese Weise zwar immer noch kleine, wenn auch funktional erweiterte Systeme. Im Raum Zafar waren sogar drei solcher Systeme miteinander verbunden, auch wenn diese nicht zwangsläufig gleichzeitig entstanden sein müssen (Barceló et al. 2000, 32).

Bei den Dämmen unterscheiden wir zwischen Anlagen, die die Fluten durch eine Teilspernung des Flussbettes (Buhnenprinzip) ablei-

ten, und solchen, die die Wassermassen durch eine Vollsperrung fassen (vgl. dazu Schaloske 1994, 20f.). Beiden gemeinsam ist als wesentliches Element das Entnahmebauwerk, nämlich eines im Stromstrich oder im Uferbereich bei Bühnenkonstruktionen und ein oder zwei Auslassbauwerke bzw. Auslässe im Uferbereich bei vollsperrenden Dammanlagen. Mit einem Entnahmebauwerk konnten nur die flussabwärts gelegenen Feldflächen auf einem Wadiufer, mit zwei Auslässen die Oasenflächen beiderseits des Flussbettes bewässert werden. Über die Lage des Entnahmebauwerkes und dessen individuell gestaltete Funktionselemente konnte die Wasserentnahme kontrolliert erfolgen. Vollsperrende Dämme weisen darüber hinaus einen – heute meist verlandeten ù Stauraum (Reservoir) auf. Die *Sayl*-Bewässerung verwendete voll- wie auch teilsperrende Dämme gleichermaßen im Hochland wie auch im Tiefland. Andererseits sind Bühnenkonstruktionen im archäologischen Befund bislang insgesamt seltener.

Große Unterschiede zwischen den Dämmen bestehen vor allem in der Konstruktionsweise. Weit verbreitet besonders im Wüstenrandgebiet sind Anlagen mit Erddamm und steinernen Auslassbauwerken. Die zweite große Gruppe bilden die steinernen Staumauern mit integrierten Auslässen, die ebenfalls in beiden Regionen vertreten sind. Die steinernen Staumauern lassen sich weiter in einzügige und parallel-mehrzügige Dammbauten untergliedern. Die kleineren und schwächeren Anlagen mit nur einem Mauerzug waren einfachen, nicht zu hohen Dämmen vorbehalten. Im Gegensatz dazu wiesen die Staudämme mit mehreren parallelen Mauerzügen zum Teil sehr große Höhen auf (nach Siewert 1979, 168f.; Gibson/Wilkinson 1995, 172). Fast alle Dämme zeigen einen linearen Dammkörper, eine schlangenförmig angelegte Staumauer ist aus dem Wadi Gufayna bei Marib bekannt. Mit seinem unregelmäßigen Verlauf nimmt er wohl Rücksicht auf den stark reliefierten Felsuntergrund. Antike Bogendämme sind aus dem Jemen nicht bekannt.

Während alle starken, steinernen Dämme in den kleineren Wadis gebrochen sind, haben die längeren, niedrigeren und damit schwächeren



Abb. 9. Marib, Südbau des Großen Dammes, Felsdurchlass mit Schwelle.



Abb. 10. Marib, Großer Damm, durch die Fluten angeschnittener Dammkörper mit Stickung und Stauraumsedimenten.

Dämme in den weiten Trockentälern häufig die Zeiten intakt überstanden. Nur auf den ersten Blick mutet dies unlogisch an, tatsächlich aber wirkten in weiten Tälern das Geländere relief und eine großflächige Terrassenbewirtschaftung nicht nur erosionshemmend, sondern verminderten die Fließenergie der Fluten und verzögerten den Abfluss des Oberflächenwassers (*low energy locations*). Quer über die breiten Täler verlaufende Dämme mussten keinen größeren Fluten widerstehen und waren schwächer und niedriger dimensioniert. Umgekehrt charakterisieren die engeren, steilhangigen und deshalb häufig nicht terrassierbaren Einzugsbereiche neben einer fehlenden oder nur dünnen Vegetation vor allem Fluten mit sehr starken, schwerer zu kontrollierenden Abflussspitzen (*high energy locations*). Diese mussten zwangsläufig durch stärkere und meist kürzere Dämme gezähmt werden. Die Abmessungen sind somit nicht unmittelbares Ergebnis erhöhter gesellschaftlicher Investitionen, sondern Ausdruck der konkreten hydrologischen Bedingungen vor Ort (Gibson/Wilkinson 1995, 179f.).

Viele Erddämme haben sich wegen Dammbrüchen und nachfolgender Hochwasserereignisse wie auch wegen der Erosion nicht mehr erhalten. Anders verhält es sich aber mit den dazugehörigen steinernen, meist noch in ihren Grundmauern erhaltenen Auslassbereichen. Dass sie – und auch die Überläufe – einen Schwachpunkt bildeten, muss den Erbauern der Dammanlagen bewusst gewesen sein. Wegen des enormen, vom Stauraum wirkenden Wasserdruckes wurden bei Erddämmen die Auslassbauwerke im Uferbereich auf gewachsenem Fels errichtet oder dort hineingemeißelt (Abb. 9). Bei steinernen Staumauern wurden an deren Enden die Auslässe in den Dammkörper integriert oder als Durchbruch in den seitlich anstehenden Felsgrund getrieben.

Vollends in den Bereich der Montantechnik gehören schließlich jene Auslassvorrichtungen, die bei Dämmen und Zisternen als längere Felstunnel ausgeführt wurden. Von der großen antiken Zisterne von Ghaiman etwa wird berichtet, ihr Auslassschacht würde in ein noch zum Teil auf weite Strecken hin intaktes *Aflaj*-

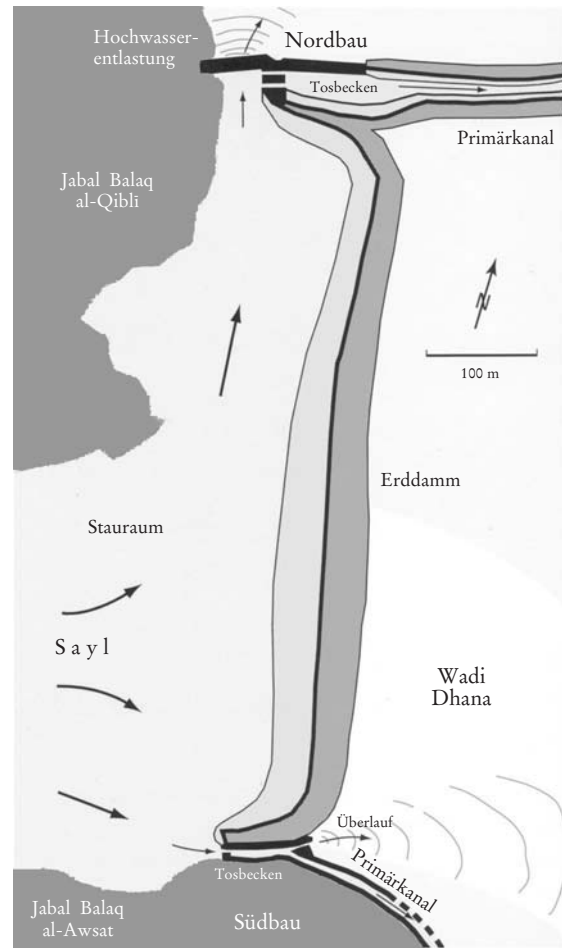
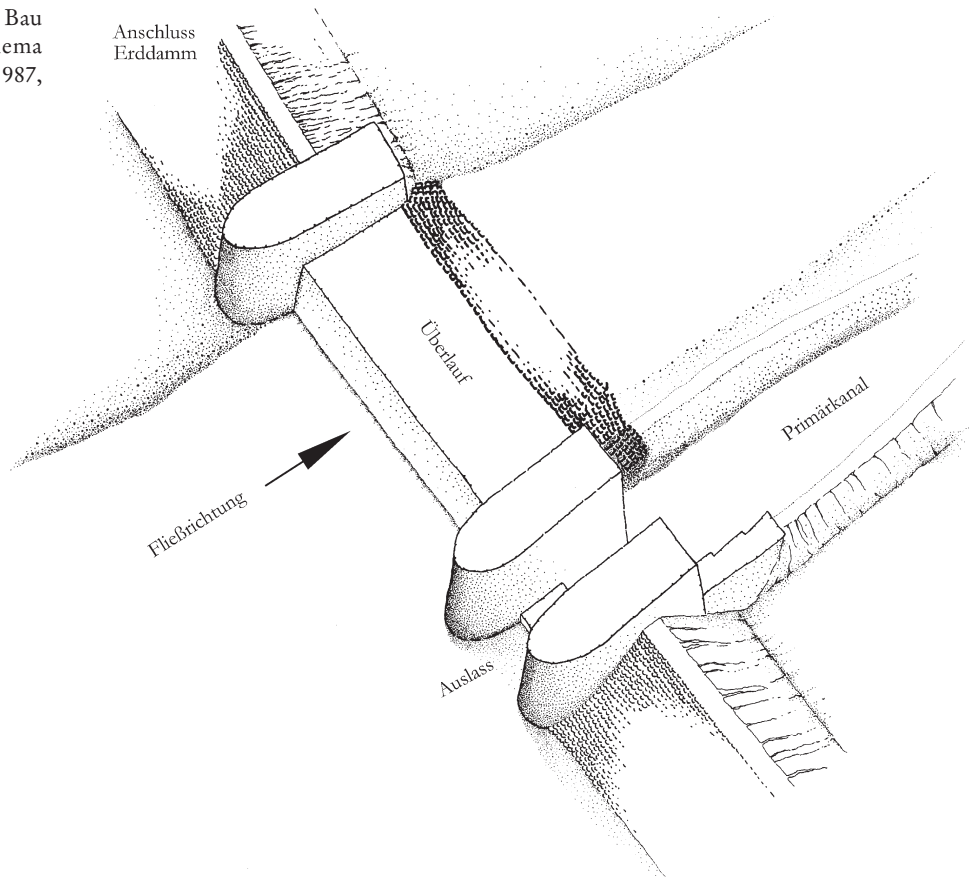


Abb. 11. Marib, Großer Damm, schematischer Plan mit den wichtigsten Funktionselementen (nach Brunner 1999, 46).

System münden (Müller 1973, 160). Unter letzterem verstehen wir eine unterirdische Sicker-galerie, von der aus in kurzen regelmäßigen Intervallen entlüftungs- und konstruktionsbedingte Schächte nach oben abzweigen. Derartige unterirdische Aquädukte führten normalerweise Grundwasser (*ghayl*) schnellstmöglich, also mit möglichst geringem Gefälle, an die Geländeoberfläche. Diese Technologie wurde vielleicht auf der Arabischen Halbinsel entwickelt (vgl. al-Tikriti 2002) oder hierher als Qanat-Bauweise aus Zentralasien oder Iran eingeführt.

Abb. 12. Marib, Bau A, Funktionsschema (nach Herberg 1987, Abb. 28).



Erddämme mit steinernen Auslassbauwerken

Das beste Beispiel für einen Erddamm ist die weltweit vielleicht berühmteste Stauanlage der Antike, der monumentale Große Damm von Marib (Schmidt 1982). Sein Dammkörper bestand aus aufgeschüttetem Wadigeröll, Kies und Sediment, seine Wasserseite war als Maßnahme gegen Aus- und Unterspülung mit Bruchsteinen gestickt (Abb. 10). Der Erddamm hatte eine Länge von mehr als 600 m. Seine Breite an der Basis betrug fast 100 m, seine Höhe etwa 20 m. Erhalten hat sich dieser Damm außerhalb des Stromstriches des Wadi Dhana auf einer Länge von gut 200 m.

Anhand dieser Dammanlage und des benachbarten, ungleich älteren „Bau A“ lassen sich die grundlegenden Funktionsprinzipien aller im Jemen vertretenen Dammtypen erklären. Beide

Anlagen zeigen alle für einen geregelten Bewässerungsbetrieb erforderlichen Komponenten (Abb. 11). Allein schon das nördliche Auslassbauwerk des Großen Dammes – ein zweites existierte am Südufer und zeigt die monumentalen Abmessungen derartiger Stauanlagen. Es hatte eine Länge von etwa 150 m, eine Breite von 70 m und maximale Höhe von 16 m.

Die wichtigsten Funktionselemente waren der eigentliche Auslass mit Schwelle und direkt daneben ein Überlauf mit dem anschließenden Erddamm (Abb. 12). Diese beiden Funktionselemente wurden jeweils von monumentalen Pfeilern gerahmt, die zur Wasserseite hin abgerundet waren. Das Innere der als Schwerkemauern ausgebildeten Pfeiler und Überläufe besaß eine Inneneinteilung aus mehreren Kammern, die massiv mit Geröll, Bruchsteinen



Abb. 13. Marib, Bau A, innere Kastengliederung (Ballonaufnahme).

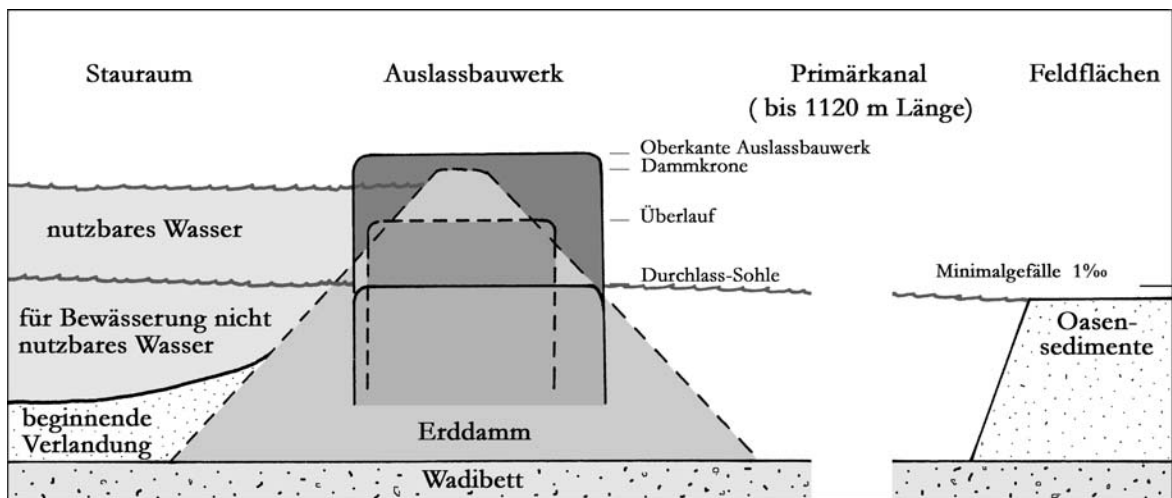


Abb. 14. Funktionsprinzip antiker Dammanlagen am Beispiel des Großen Dammes (Zeichnung: H.-P. Wittersheim nach Gerig 1982, Abb. 5).

und Sediment verfüllt waren (Abb. 13). Sämtliche Sichtseiten waren mit einer Schale von Kalksteinquadern verblendet. Bei Bau A waren die Blendquader so sauber bearbeitet, die Fu-

genbildung so akkurat und die Quader so groß und schwer, dass eine Verwendung von Mörtel und von Dübeln oder Klammern überflüssig war.



Abb. 15. Marib, Großer Damm, Nordbau, Stauraumsedimente.

Wie hat eine derartige Dammanlage funktioniert? Das höchste, hydraulisch wirksame Funktionselement einer solchen Dammanlage war die Krone des Erddammes (Abb. 14). Damit diese möglichst nicht überspült wurde und dadurch der Erddamm nicht zum Brechen kam, wurde automatisch der etwas unterhalb der Krone gelegene, breite steinerne Überlauf als Hochwasserentlastung aktiv. Er leitete überschüssiges Wasser in das Flussbett unterhalb zurück. Als tiefster Punkt der Anlage wirkte schließlich der Auslass, dessen Sohle mehrere Meter unterhalb der Dammkrone lag. Dieser war nur so breit dimensioniert (maximal 3,5 m) und so deutlich über der Dammsohle angelegt, dass das Becken oberhalb des Dammes tatsächlich eine Stauwirkung erzielte. Eine Regulierung des Auslasses durch „Schleusentore“ ist bisher nicht belegt.

Die im Stauraum unterhalb des Auslassniveaus verbleibende Wassermenge war für eine

Bewässerung nicht erreichbar, mag zumindest teilweise die Grundwasservorräte ergänzt haben und zu einem Großteil vor der nächsten Regenzeit verdunstet sein. Die hohe Schwelle des Auslasses beeinträchtigte gleichsam als Filter das Sedimentationsverhalten im Stauraum, den Feldflächen und anderen Systemkomponenten. Binnen Kürze füllte sich der Stauraum mit Geschiebefracht und gröberen Sedimenten (Abb. 15), während die feinen Schwebstoffe durch den Auslass und über den sich dort anschließenden Hauptkanal die Felder erreichten. Somit entstanden zwei Probleme: Der Stauraum verlor mit zunehmender Betriebsdauer seine Retentionswirkung, und der Dammkörper drohte immer stärker zu bersten. Die Feldflächen andererseits erhöhten sich unabwendbar durch die fruchtbaren Feinsedimente um durchschnittlich 10 mm pro Jahr, bis schließlich das unerlässliche minimale Fließgefälle ($>1\%$) zwischen Auslasssohle und den am höchsten gele-



Abb. 16. Jemenitisches Hochland. Einzügiger Steindamm 1 km westlich von Zafar (Foto: P. Yule).

genen Feldflächen unterschritten zu werden drohte.

Eine Felsinschrift aus dem Jahr 559 n. Chr. berichtet von zwei Stammesverbänden, die gemeinsam Reinigungsarbeiten bzw. eine Beseitigung von Sedimenten am Großen Damm von Marib vornahmen (Robin 1996, 1231), doch wird dieses Vorgehen eher die Ausnahme bzw. räumlich begrenzt gewesen sein. Eine Beräumung vor allem größerer Stauräume von Menschenhand kam wegen der gewaltigen Abraummenge nicht in Frage. Da es unbewiesen ist, dass in größeren zeitlichen Intervallen aktiv ein Dammbrech herbeigeführt und auf diese Weise mit dem verbliebenen Restwasser große Bereiche des Stauraums ausgeräumt wurden, kann man aber doch unterstellen, dass man ein Brechen des Erddammes billigend in Kauf genommen hat. Dafür spricht die heutige Praxis der traditionellen, jemenitischen Bewässerungslandwirtschaft: So erfolgt im Übergangsbereich zur

Küstenebene die Wasserentnahme aus den Wadis, wo immer dies möglich ist, durch in den Stromstrich schräg hinein gebaute Ablenkdamme aus aufgeschütteter Erde. Das Wasser wird auf diese Weise in die vorbereiteten Felder eingespeist. Bei großen Fluten hingegen reißt der Strom – und dies ist beabsichtigt – den Erddamm fort, um zu verhindern, dass zu große Wasser- und auch Geröllmassen auf die Parzellen gelangen (Kopp 1976, 8).

Das Ausfallen der Geschiebefracht und der feinen Schwebstoffe in den Reservoirs, den Feldflächen und sämtlichen anderen Systemkomponenten führte auf diese Weise binnen kurzer Zeit unausweichlich zu einer Verlandung der Dammanlagen und vor allem zu einer Aufhöhung der Feldflächen. Dies beeinträchtigte zunehmend das Fließverhalten des Wassers, denn auch die Kanäle und Verteilerbauten verlandeten. Trotz aller Wartung mussten deshalb schon mittelfristig alle Kanäle und Verteiler

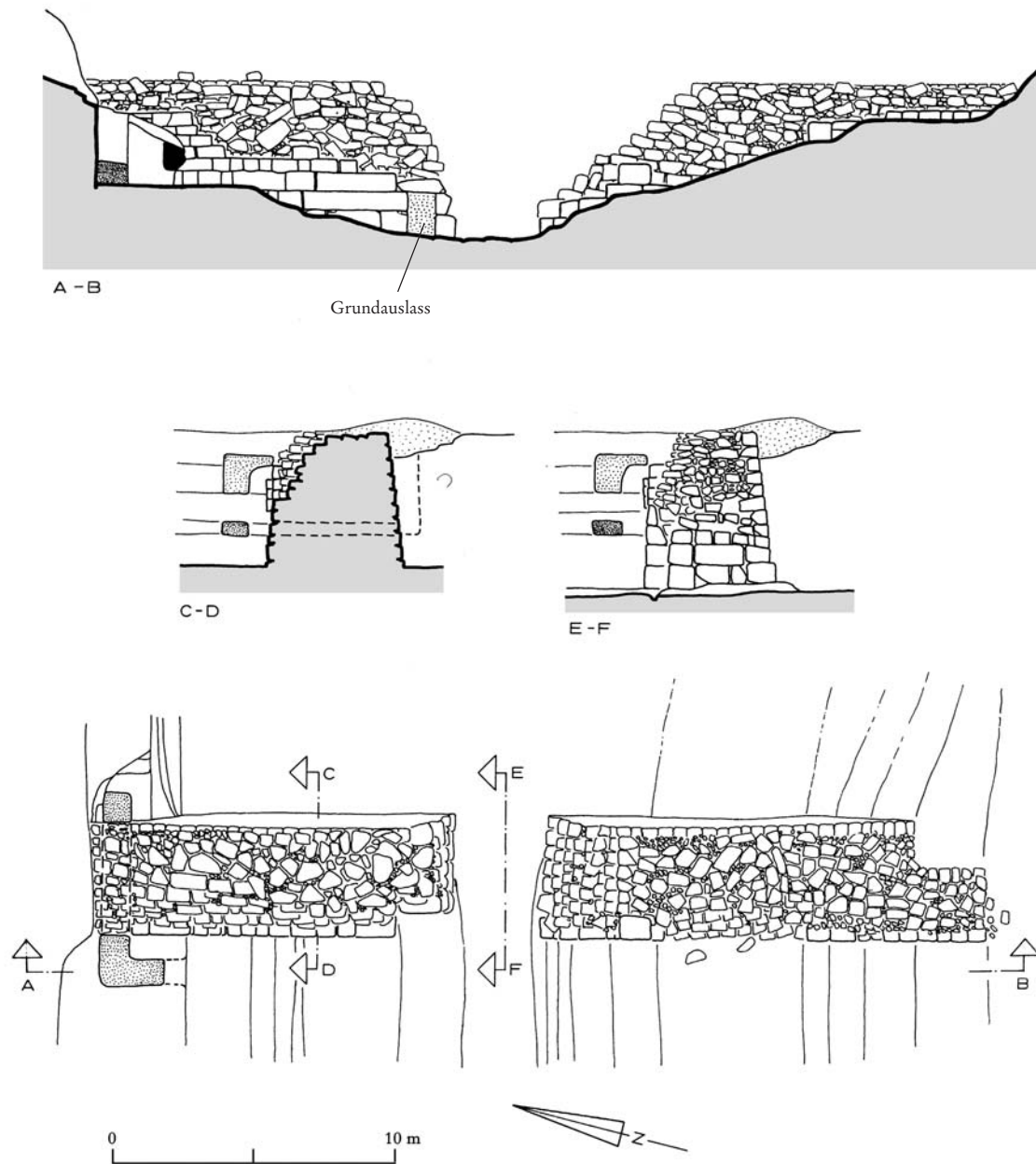


Abb. 17. Wadi Gailan, Plan, Schnitte und Ansicht (nach Siewert 1982, Abb. 56).

höher gelegt werden. Und nicht nur das, denn dasselbe galt auch für die Sohle des Dammaslasses, gleichermaßen für Überlauf und den gesamten Dammkörper. Die hier beschriebenen Bewässerungssysteme waren also eine ständige

Baustelle. Die bei der Erbauung zu beachtenden unterschiedlichen Höhenwerte von Dammkrone, Überlauf und Auslasssohle müssen in ihrer Wechselwirkung mit dem Sedimentationsverhalten in Stauraum und Feldflächen auf zeitlich



Abb. 18. Wadi Gailan, einzügiger Steindamm (Foto: H. Siewert).

weit zurückreichenden Erfahrungswerten, Verständnis der Risiken, gleichermaßen auf bewusstem Gestaltungswillen und bewährten Managementpraktiken gefußt haben.

Insgesamt war es also die Aufgabe einer derartigen Dammanlage nicht etwa einen Stausee zu schaffen, der als Reservoir bis zur nächsten Regenzeit das Wasser speichern sollte, sondern die Fließenergie der saisonalen Sturzfluten zu bändigen, Geschiebefracht zurückzuhalten und das Wasser kurzfristig soweit aufzustauen, dass die sich sukzessive durch Sedimentation erhöhenden Feldflächen erreicht werden konnten.

Einzügige Steindämme

Einzügige Steindämme wurden in einer Zweischalentechnik errichtet. Die Außenschalen waren mehrfach abgetreppt, sodass sich der Damm-

körper zur Krone verjüngte (Abb. 16). Hauusteine oder auch sehr sauber bearbeitete und verlegte Quader dienten als Baumaterial, hinter den Schalen füllten trocken und unregelmäßig verlegte Bruchsteine das Mauerinnere. Die Schale auf der Stauraumseite wie auch die Dammkronen waren häufig mit einem Verputz abgedichtet. Wie auch bei dem Großen Damm von Marib befand sich – wenn dies nicht anders gelöst wurde – an einem oder an beiden Enden ein Auslass. Dieser war in den Fels gehauen und in besondern Fällen sogar als Felstunnel ausgeführt (Gibson/Wilkinson 1995, 172). Soweit der Erhaltungszustand Aussagen zulässt, haben auch Steindämme Überläufe gehabt bzw. wurden die durch Verputz gefestigten Dammkronen einfach überströmt. Unter derart ausgeführten Anlagen zählt ein Damm im Wadi Djobar zwischen Dhamar und Rida mit 105 m Länge, einer Breite von 16 m an der Basis und einer



Abb. 19. Wadi Gailan, in den Fels gearbeiteter Fallschacht als Überlauf (Foto: H. Siewert).

Höhe von etwa 11 m über der Talsohle zu den monumentalen Beispielen (Siewert 1979, 169).

Eine andere Auslass- und Überlaufkonstruktion zeigt der Damm im Wadi Gailan, der gerade einmal 32 m lang, am Fuß 4,5 m breit und nur 6 m hoch war (Abb. 17 und 18). Bemerkenswert ist hier das verwendete, innerhalb des Stauraumes gebrochene Baumaterial, nämlich meist sehr große (bis zu 370 cm × 70 cm) und gut bearbeitete Steinblöcke, die – obwohl sauber aufeinander gepasst – auf der Wasserseite zusätzlich durch einen Verputz abgedichtet waren. Etwa in der Dammmitte befand sich ein rechteckiger Grundauslass, der allerdings keine Verschlussmöglichkeit erkennen lässt. Eine weitere Besonderheit war am nördlichen Dammente die in den Fels gemeißelte Hochwasserentlastung, die von der Stauseeseite her als kleiner, knapp unterhalb der Dammkrone ansetzender Fallschacht konzipiert war (Abb. 19).

Dessen Auslassöffnung befand sich unterhalb des Dammes. Es ist deshalb möglich, dass es sich hierbei nicht um einen Stausee im eigentlichen Sinne handelt, sondern vielmehr um ein Wehr mit Kurzzeitstaubecken, das lediglich eine Verlängerung der Fließdauer, Beruhigung und stärker kontrollierte Abgabe auf Zeit bewirkte (Siewert 1982, 193 f.). Dies könnte auch erklären, warum praktisch keine Stauraumsedimente erhalten blieben. Vielleicht hat sich dieser Dammtyp in der Tat aus den auch damals üblichen, teilweise sehr groß angelegten Zisternen entwickelt.

Zwei ähnliche Konstruktionen mit Grundauslass sind mittlerweile aus der Region von Dhamar bekannt geworden (de Maigret 1985, 357). Die größere von beiden, der Sadd al-Ajmar, ist 90 m lang und 13 × 15 m breit an der Krone; seine einstige Höhe betrug etwa 14 m (Gibson/Wilkinson 1995, 172).

Mehrzügige Steindämme

Funktionstechnisch noch interessanter ist allerdings die Gruppe von mehrzügigen Staudämmen, von denen inzwischen mehrere Beispiele bekannt wurden. Zwar gibt es Staudämme dieser Art mit über 100 m Länge (Gibson/Wilkinson 1995, 176), doch scheint die sehr charakteristische mehrzügige Konstruktionsweise vor allem bei kürzeren Dammanlagen zur Anwendung gekommen zu sein. Ein noch etwa zur Hälfte und damit besonders gut erhaltenes Beispiel ist der Staudamm im Wadi Asid (östlich von Dhamar und Rida), auch bekannt als Sadd al-Adhra'a. Seine Länge beträgt etwa 60 m, seine Breite am Dammfuß 20 m und seine Höhe über der Talsohle etwa 19 m (Siewert 1979, 169 f.). Er setzt sich aus zwei parallelen Mauerzügen zusammen, die durch einen 2–3 m breiten, sich nach unten verjüngenden Zwischenraum getrennt sind (Abb. 20). Dieser Dammkern ist mit Sand bzw. Sediment gefüllt. Beide Mauerzüge sind jeweils in der schon beschriebenen Zweischalentechnik errichtet, wobei die getreppten Außenseiten aus größerem Steinmaterial erbaut sind als die beiden Innenschalen. Nur auf der Wasserseite und der Dammkrone (sowie sporadisch auch über Rissen im Felsgrund des Stauraumes) befand sich zwecks Abdichtung eine Verputzschicht. All dies mag als Beleg dafür dienen, dass es sich nicht um eine Konstruktion handelt, die ursprünglich aus einem einzelnen Mauerzug bestand und zu einem späteren Zeitpunkt durch einen zweiten verstärkt wurde, sondern von Anfang in dieser Weise geplant war.

Die Existenz von Dammkernen kann mit einer zusätzlichen Dichtungsfunktion erklärt werden, die vor allem erforderlich wurde, weil das Proportionsverhältnis von Höhe zu Breite bei mehrzügigen Dammanlagen ungünstiger war als bei einzügigen Dammanlagen (Siewert 1979, 171). Da bei diesem Typ insgesamt die Dammhöhe und damit auch die Stauhöhe vergrößert wurden, ohne dass dabei im selben Maße die Dammstärke wuchs, hätte auf der luftseitigen Talsohle austretendes Sickerwasser zu Ausschwemmungen und Folgeschäden am Damm-

körper führen können. Dieses Problem wurde eventuell durch den mit Sand gefüllten Dammkern behoben, ein innerhalb des Kernes verlaufender, nach außen ableitender Sammelkanal für Sickerwasser wurde bislang nicht nachgewiesen. Wie auch immer, so scheint sich die Konstruktion bewährt zu haben, denn eine andere antike, wenngleich weniger gut erhaltene Dammanlage im Wadi Dodan nördlich von Sanaa besitzt drei parallele Mauerzüge mit zwei Dammkernen (sowie einem vierten Mauerzug, der allerdings als Vorgängerbau gedeutet wird, Abb. 21). Bei einer durchschnittlichen Breite dieses letztgenannten dreizügigen Dammes von 28 m wurde eine ungefähre einstige Höhe von wahrlich monumentalen 26 m errechnet (Siewert 1979, 178).

Bei einigen dieser mehrzügigen Dämme lassen sich keine Auslässe und Überläufe nachweisen, sodass sie \dot{u} gleichsam als Vorstaubecken innerhalb eines aus mehreren Dämmen bestehenden Systems \dot{u} vielleicht auf ganzer Länge überströmt wurden und sich das Wasser zur weiteren Verteilung in einem tieferen, nachgeschalteten Staubecken aufstaute (Siewert 1982, 192). Anders verhält es sich beim über 100 m langen und an der Krone 10 m breiten Sadd Yehgil bei Zafar, der auch einen Sickerkern aufweist sowie am Süden der Dammkrone einen in den Felsen gemeißelten Auslass (Gibson/Wilkinson 1995, 173).

Geradezu modern muten am Damm im Wadi Asid die Auslassvorrichtungen an. Sie bestanden zum einen aus einem Überlauf, der den überlaufenden Stauraum am südlichen Ende der Dammkrone entlastete. Dieser wurde ergänzt durch einen geräumigen quadratischen Auslassschacht (Abb. 22), der auf der Stauraumseite gegen den Dammkörper gesetzt war, aber nicht bis zu dessen Krone hinaufreichte. Von diesem Schacht gingen drei übereinanderliegende Auslassröhren aus, deren Querschnitt zur Stauraumsohle hin auf 8 cm Durchmesser abnahm, und die folglich mit fallender Stauhöhe immer weniger Wasser abgaben. Sie mündeten in einen rechteckigen, diagonal durch die Stauwand führenden Auslasskanal, von dem aber nur ein Rest im seeseitigen Mauerzug vorhan-

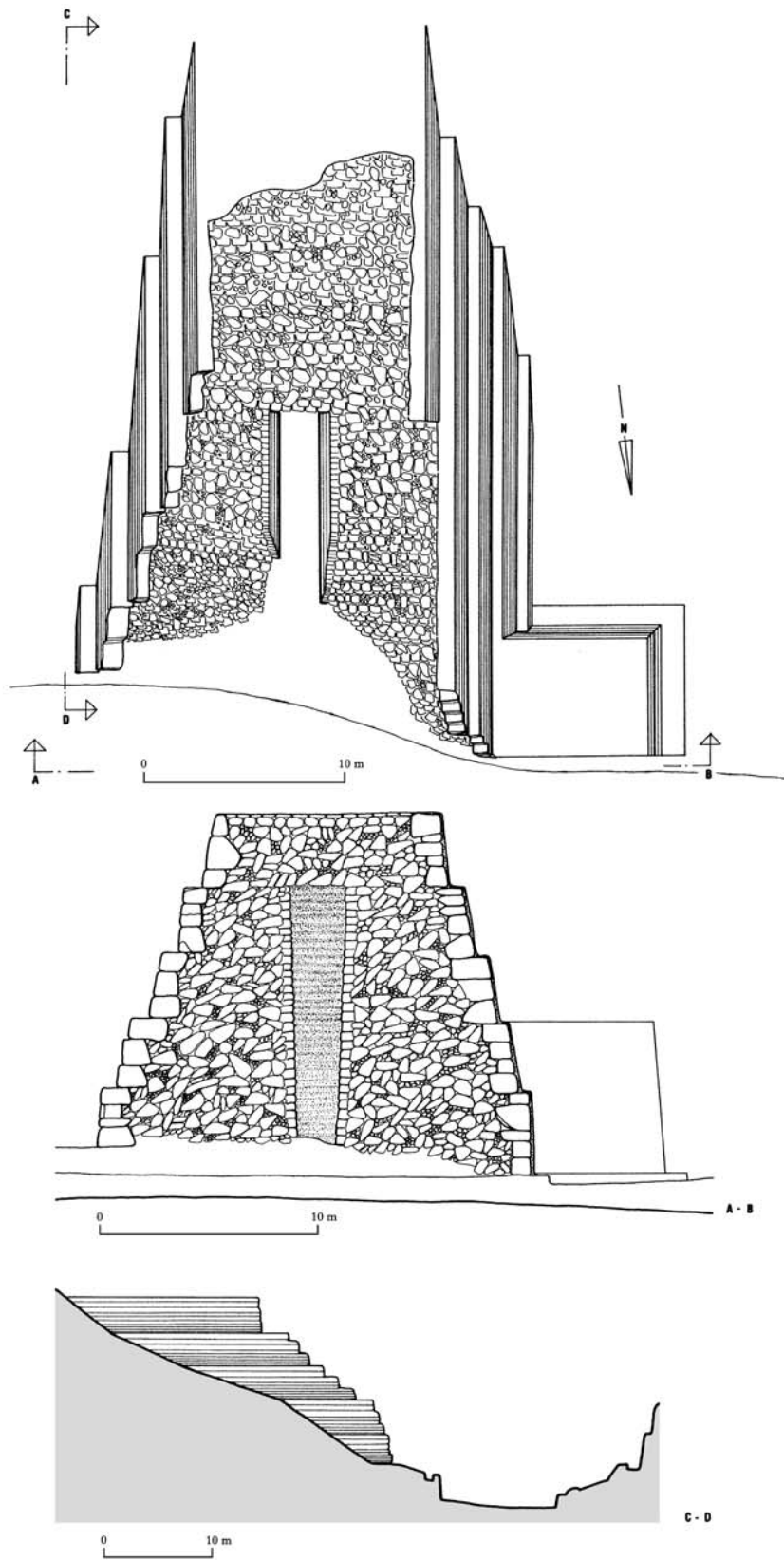


Abb. 20. Wadi Asid, Plan, Schnitte und Ansicht (nach Siewert 1979, Abb. 2ü3).

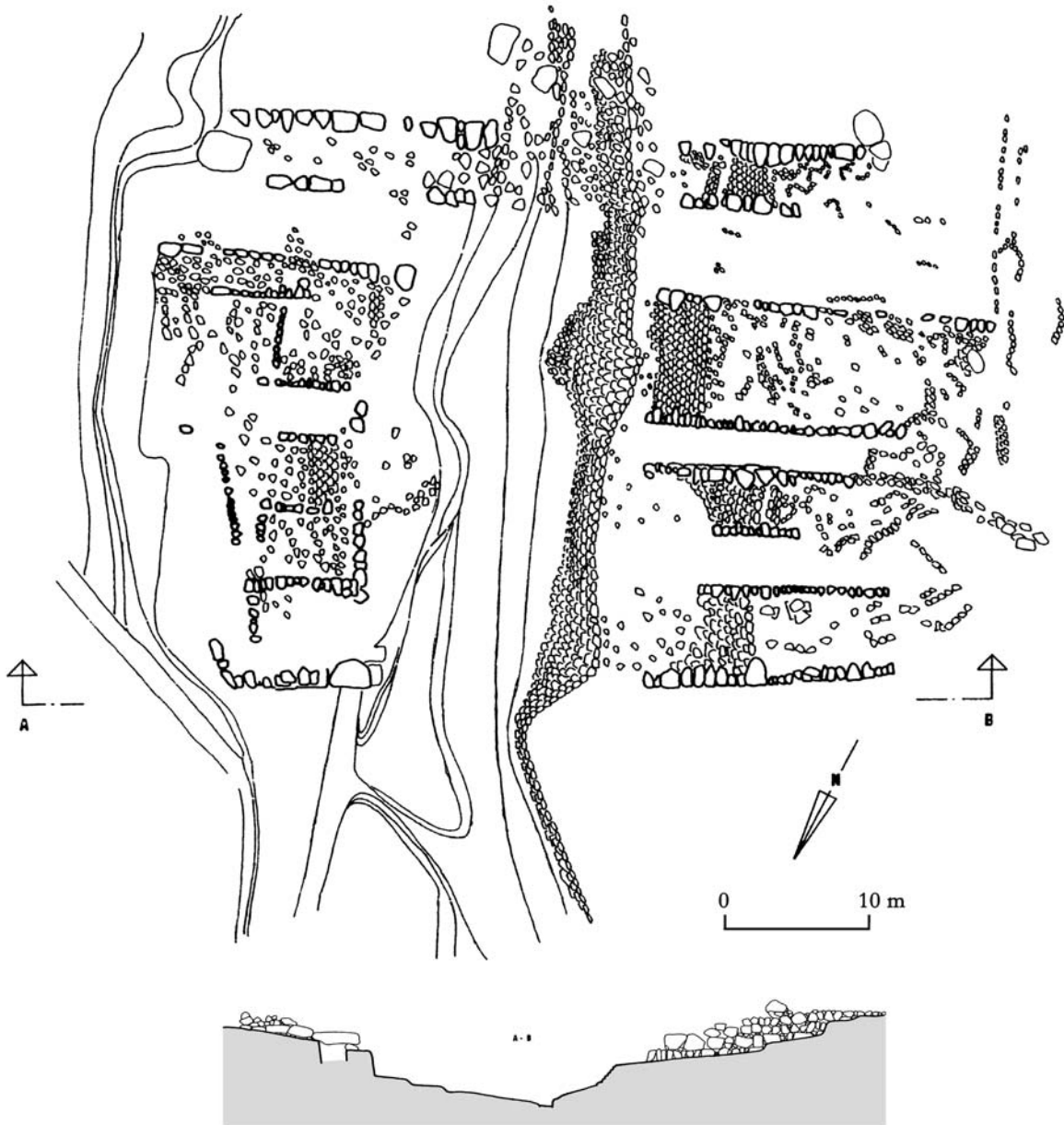


Abb. 21. Wadi Dodan, mehrzügiger Steindamm, Plan und Ansicht (nach Siewert 1979, Abb. 4).

den ist. Diese Auslasskonstruktion ermöglichte eine zeitlich verzögerte und wohl dosierte Abgabe des aufgestauten Wassers (Siewert 1979, 171; de Maigret 1985, 395). Anderen Ortes will man eine zusätzliche Verwendung des seeseitigen Schachtes als Wassermühle nicht ausschließen (Gibson/Wilkinson 1995, 176).

Aus der unmittelbaren Umgebung von Zafar wurden zwei weitere Dämme vermeldet, die ebenfalls drei Auslassröhren aufweisen. In beiden Fällen scheinen Teile der Dammanlage, zumindest seine drei Auslassöffnungen weitgehend aus dem anstehenden Fels herausgemeißelt worden zu sein (Barceló et al. 2000, 29f.).



Abb. 22. Wadi Asid, wasserseitiger Auslassschacht (Siewert 1979, Taf. 38b).



Abb. 23. Marib, Nordbau des Großen Dammes, Auslassbereich. Die Fugen sind mit *Qadbat* vergütet, das Mauerwerk (wie auch die Auslasssohle) zusätzlich verputzt.



Abb. 24. Marib, Bau A, mit Blei ummantelte Eisenklammer; aus einer Cache im Auslassbereich.



Abb. 25. Marib, Wadi Gufayna, angeschnittene Schüttmauer des Dammes.

Qadhat und die technische Revolution im Stauraum

Die Errichtung der mächtigen steinernen Stau-
mauern (und in gewissem Rahmen auch von
monumentalen Auslassbauwerken) wäre ohne
einen wasserfesten Mörtel undenkbar gewesen.
Seine Erfindung und Weiterentwicklung kommt
einer technischen Revolution gleich. Wasserfester
Mörtel ist in der traditionellen jemenitischen
Architektur heute zwar selten, seine
Rezeptur hat aber auf Grund seiner heraus-
ragenden bauphysikalischen Eigenschaften als
Qadhat bis heute überlebt. *Qadhat* ist damit
ein Vorgänger des Zements, der allerdings erst
im 19. Jahrhundert in Europa erfunden und
entwickelt wurde.

Gemäß den wenigen, bisher durchgeführten
Materialanalysen besteht der antike *Qadhat* zu
etwa 40 bis 50% aus Bindemittel, nämlich aus
bei etwa 1.000° gebranntem Weißkalk (Calcium-
carbonat, CaCO_3), der durch Sumpfen zu
Calciumhydroxyd ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) wird. Der Rest
besteht aus Zuschlagstoffen, die sich überwie-
gend aus teils gerundetem, teils gebrochenem

vulkanischen Tuff zusammensetzen (60–70%
des Zuschlags >1 mm). Der amorph glasartig
strukturierte Tuff reagiert bei der Herstellung
des Mörtels mit Calciumhydroxyd und Wasser
latent hydraulisch (Ettl/Schuh 1988; Brunner
1989, 36f.). Die jüngsten Beobachtungen am
Großen Damm von Marib nähren allerdings die
Vermutung, dass vorsätzlich auch ein wenig
Holzkohle der Mörtelmasse aus Gründen, die
noch im Dunkeln liegen, beigegeben wurde. Sie
liefern den Archäologen Proben für AMS-Da-
tierungen (vgl. Vogt 2004).

Der *Qadhat*-Mörtel weist eine ganze Reihe
von Besonderheiten hinsichtlich seiner Herstel-
lung und Anbringung auf. In einem arbeitstech-
nisch äußerst intensiven und gleichermaßen
kostspieligen Verfahren wird die Mörtelmasse
sowohl bei der Herstellung wie auch beim
Auftragen durch ständiges Hämmern mit stei-
nernen Stößeln und Steinkeilen mechanisch ver-
dichtet. Dies führt zu einem Verkitten von
feinem Bindemittel und groben Zuschlagstof-
fen. Das Resultat ist eine plastische Masse, die
nach dem Abbinden einerseits eine enorme
Festigkeit, andererseits eine erstaunliche Tem-
peraturunempfindlichkeit und damit Elastizität
aufweist, die selbst über längste Mauerabschnit-
te Dehnungsfugen überflüssig macht. Auffällig
im archäologisch-bauhistorischen Befund der
jemenitischen Wasserwirtschaft ist, dass der
Qadhat nicht als Fugenmörtel, sondern aus-
schließlich als äußerlich aufgetragener Putzmör-
tel verwendet wurde. Dem Wasser direkt aus-
gesetzte Flächen wurden damit verputzt, zumin-
dest wurden die Fugen mit *Qadhat* von außen
vergütet (Abb. 23). Dieses ermöglichte die
Wiederverwendung älteren Baumaterials unab-
hängig von einer nicht mehr erforderlichen
präzisen Ausbildung und Bearbeitung der Fu-
gen. In der Spätzeit (spätestens im 5. oder 6. Jh.
n. Chr.) wurde lediglich in besonders hohem
Wasserdruck ausgesetzten Mauerabschnitten
wiederverwendetes Quadermaterial gegenseitig
zusätzlich mit eisernen Klammern und Dübeln
verankert (Abb. 24; Vogt et al. 2003a, 64). In
der Konsequenz bedeutete dies, dass nicht nur
die zeitaufwendigen feinen Steinmetzarbeiten
entfielen, vielmehr konnte mit diesem neuen

Werkstoff jedes erdenkliche, amorphe und örtlich verfügbare Steinmaterial zum Bau von Sperrmauern verwendet werden.

Im jemenitischen Hochland und im Wüstenrandgebiet wurden deshalb in *Qadhat* nicht nur Reparaturmaßnahmen und Ergänzungen ausgeführt, sondern auch ganz in trocken gesetztem Bruchstein- oder Spolienmauerwerk errichtete Wasserwirtschaftsbauten vergütet. Eine Sonderform sind die so genannten Schüttmauern, die aus locker und trocken aufgeschichteten Steinen oder Geröll bestehen (Abb. 25), die lediglich durch einen äußeren *Qadhat*-Mantel zusammengehalten werden (Schaloske 1995, 135 f.). Derartige Konstruktionen bewährten sich erstaunlicherweise auch im Dammbau, die Dammanlage im Wadi Asid im Hochland gehört genauso in diese Kategorie wie der noch bekanntere Damm von al-Gufayna in der Oase von Marib (Abb. 26).

Kanalnetze, Feldflächen und die Organisation der Bewässerung

Die Kanalnetze und Feldsysteme sind häufig besser untersucht als die zugehörigen Dammanlagen (z. B. Bowen 1958; Darles 2000; Barceló et al. 2000, 2003). Die hellen, anthropogenen Oasensedimente und die sich aufgrund von Deflation und Erosion kontrastreich absetzenden Kanäle und Feldbegrenzungen sind auf Luft- und Satellitenbildern und auch am Boden leicht identifizierbar (Abb. 27). Aus diesem Grund beschränken sich die Forschungen meist auf Fernerkundung und die terrestrische Verifizierung durch Oberflächenbegehungen. Durch archäologische Ausgrabungen in Ausschnitten untersucht wurden bislang nur Kanalreste im südjemenitischen Küstenbereich bei Ma'layba (Abb. 28), wo sich über einen Nutzungszeitraum von etwa fünfhundert Jahren übereinander liegend mehrere kleine Bewässerungsgräben dritter oder vierter Ordnung mit V-förmigem Querschnitt nachweisen ließen. Deren Aufeinanderfolge liegt in der auch hier wirksamen Aufsedimentierung begründet (Vogt et al. 2003b, 22). Ein Zuleitungskanal zweiter Ordnung, etwa 4 m breit, 3 m tief und mit wannenförmigem

Querschnitt, wurde unmittelbar außerhalb des Almaqah-Tempels von Bar'an in Marib ausgegraben (Abb. 29; Vogt et al. 2000, 4).

Wegen sich steigerndem Oberflächenabfluss, zunehmender Sedimentfracht und auch wegen sich vergrößerndem Platzangebot nehmen die Feld- und Oasenflächen zu den Unterläufen der hydraulischen Systeme hin insgesamt flächenmäßig und in ihren Schichtstärken zu. Die Auswertung von Satellitenaufnahmen ergab allein für den antiken Oasengürtel am Rande der Ramlat as-Sab'atayn eine noch in den letzten Jahrhunderten vor dem Islam bewirtschaftete Fläche von mindestens 45.000 Hektar, was mehr als 200.000 Menschen eine zuverlässige Lebensgrundlage geboten haben mag. Diese Zahlen implizieren aber nur Mindestangaben, denn die Ausdehnung der Oasensedimente erscheint durch starke Erosion oder auch äolische Überlagerung durch Sanddünen dezimiert (Brunner/Haefner 1990, 135 f.).

Erste systematische Kartierungen belegen, dass im Hochland während der Antike mehrere zu einer Funktionseinheit zusammengefasste Steilhangterrassen mit einer als optimal geltenden, nur selten über zehn Hektar hinausgehenden Gesamtfläche tatsächlich viel kleiner waren als zuvor angenommen (Barceló et al. 2000, 37). Diese orientieren sich in ihrer unregelmäßigen Form und uneinheitlichen Größe am vorgegebenen Geländere relief (Abb. 30). Dies erklärt auch, warum das Hochland eher extensiv besiedelt und bewirtschaftet wurde als im Vergleich dazu die Tieflandoasen in der Küstenebene und im Wüstenrandgebiet, wo sich bewässerte Feldflächen punktuell stärker konzentrierten, und sich auch deutlich größere Siedlungen städtischen Zuschnitts entwickelten. Tatsächlich bestand im Tiefland ein Nebeneinander von kleinen und großen Bewässerungsoasen.

Schon 1939 wurde von einem mit 7 km² nur kleinen Bewässerungssystem in einem Seitental des Wadi Hadramaut berichtet. Besonders auffällig war hier der über 16 km lange, 16×20 m breite und mit 2 ‰ Fließgefälle angelegte Hauptkanal. Von ihm zweigten im rechten Winkel kleinere, etwa 4×8 m breite Kanäle zweiter Ordnung, und von diesen nur noch 1 m breite



Abb. 26. Marib, Wadi Gufayna, Schüttmauer-Dammanlage (Foto: J. Laxman).



Bewässerungsgräben dritter Ordnung ab, die schließlich die Feldflächen mit Wasser versorgten. Die Wangen der verschiedenen, etwa 2 m über Feldniveau liegenden Kanäle bestanden wie auch heute aus aufgeworfenem Sediment-Aushub, nur die wichtigen Kreuzungen, Kanalauslässe und Feldüberleitungen waren in Stein errichtet (Caton-Thompson/Gardner 1939, 34f.). Für das ähnlich klein dimensionierte Bewässerungssystem im Wadi Surban konnte auf einer Fläche von gerade einmal 2 km² immerhin eine Dichte von gut 50 solcher Bauten festgestellt werden (Darles 2000, 89).

Abb. 27. Marib Nordoase, verfüllter Kanal in der Nähe des Hauptverteilers.

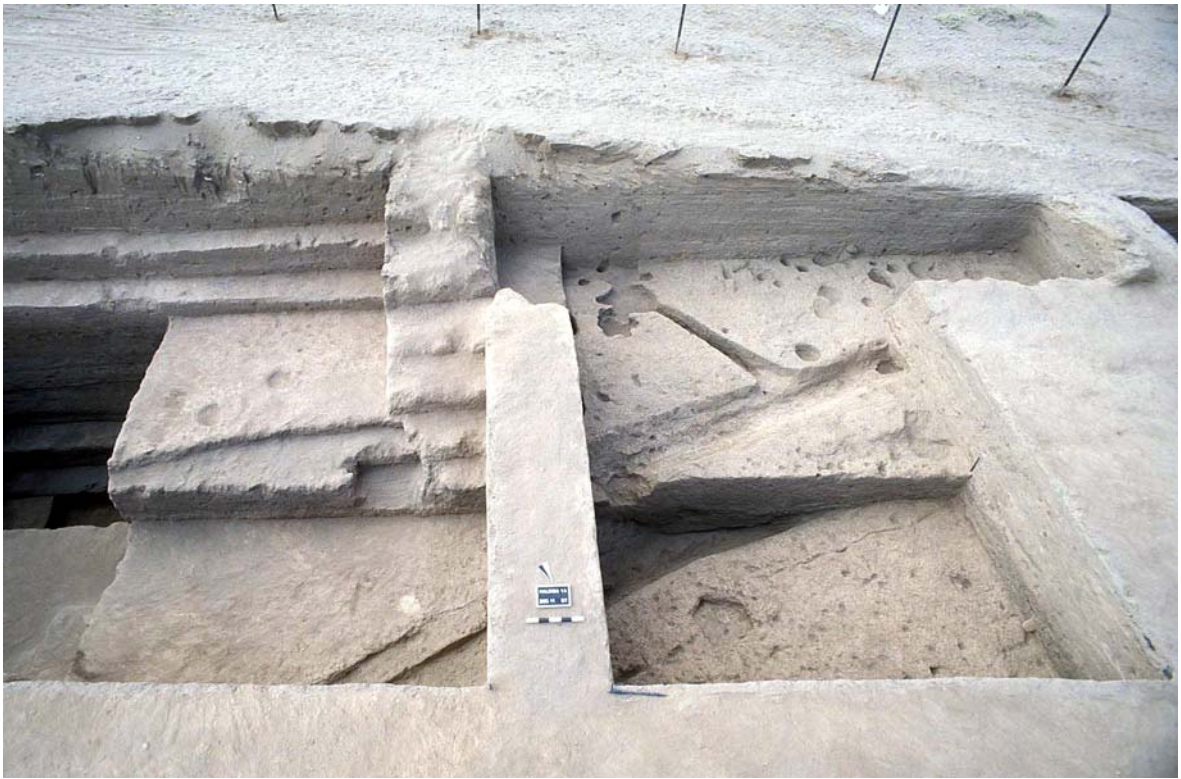


Abb. 28. Ma'layba, Bewässerungskanäle dritter Ordnung mit blockierter Abzweigung; 17./16. Jh. v. Chr. (Foto: M. Könsgen).



Abb. 29. Marib, Almaqah-Tempel von Bar'an, Zuleitungskanal zweiter Ordnung (ca. 6. Jh. n. Chr.) außerhalb des Tempels; Querprofil während der Ausgrabung.

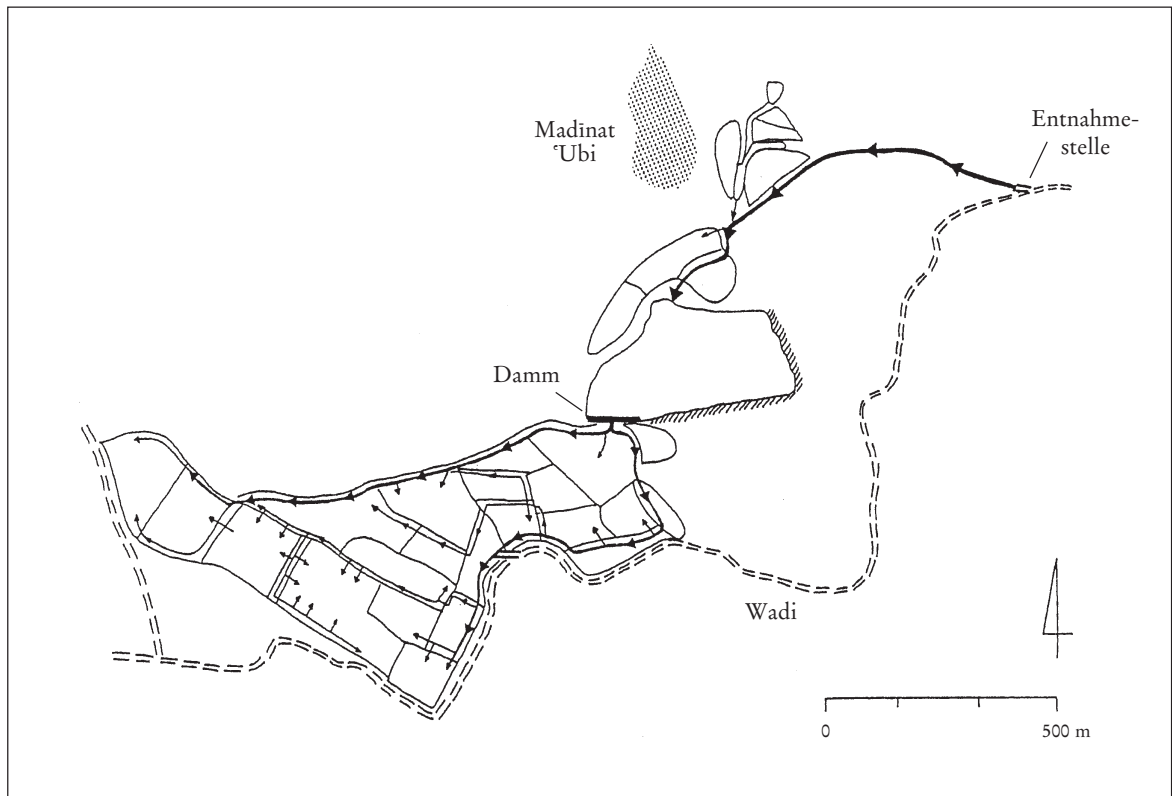


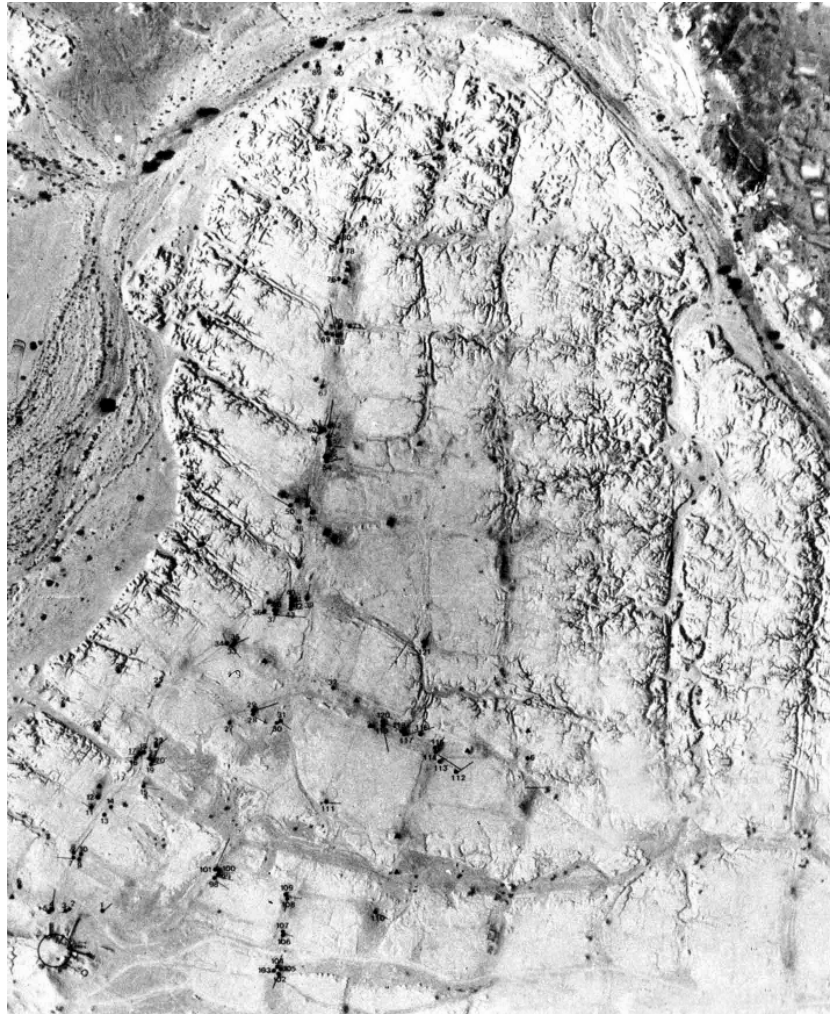
Abb. 30. Jemenitisches Hochland bei der himyaritischen Hauptstadt Zafar, antikes Feldsystem (nach Barceló et al. 2000, Fig. 3).

Das andere Extrem bildet die antike, über 20 km lange und maximal 8 km breite Oase von Marib. Deren Oberfläche war durch Mauern leicht terrassiert. Hier hatten sich bis zur Wiederbewirtschaftung nach dem Bau eines modernen Erddammes 1986 noch Tausende von steinernen Verteilerbauten und Feldüberläufen erhalten (Abb. 32), die einstmals wohl vom gleichen Besitzer bewirtschaftete Parzellen miteinander verbanden. Die einzelnen, im Vergleich sehr groß bemessenen, meist rechteckigen Feldflächen hatten eine durchschnittliche Größe von einem, bisweilen auch zwei Hektar (Abb. 31). Die Felder wurden etwa 50–60 cm tief unter Wasser gesetzt. Dabei drang das meiste Wasser in das zuvor gepflügte Erdreich ein, der Rest verdunstete. Zudem verhinderte die Flutbewässerung eine Versalzung der Böden. Laboruntersuchungen wiesen

lediglich an der Basis bestimmter Sedimentprofile erhöhte Chloridkonzentrationen nach. Die Überstauung der Feldflächen war so reichlich, dass leicht lösliche Substanzen mit dem Sickerwasser bis hinunter zur Basis verlagert wurden (Wagner 1993, 45). Die Wassermengen waren in der Regel ausreichend bis zum Eintreffen der nächsten Regenzeit im Hochland. Ganzjährig zu bewässernde Pflanzungen wie etwa Palmen oder Weinstöcke erhielten zusätzliches Wasser aus Brunnen. Das Beispiel Marib zeigt, dass allerdings nur bei besonders ergiebigen Niederschlagsereignissen die gesamte antike Oasenfläche von 9.600 Hektar bewässert werden konnte.

Wie kleinere Flutmengen im Feldsystem gemanagt wurden, können wir durch ethnographische Beobachtungen zu Zuteilung, Verteilung und Kontrolle erklären. Während erstere

Abb. 31. Marib, Nordoase, Luftaufnahme des antiken Feldsystems, 5. oder 6. Jh. n. Chr. (Gerig 1982, Taf. 16).



eine Frage von Wasser- und Besitzrechten ist, die sich archäologisch nicht niederschlagen, so sind die beiden letzteren archäologisch belegbare, physisch-technische Arten der Bemessung, wengleich mit möglichen gesellschaftspolitischen Wirkungen (Varisco 1983, 367). Theoretisch erfolgten die Verteilung und Kontrolle des Wassers entweder gleichzeitig an alle Bauern, oder per Rotationsprinzip oder der Zugang wird durch einen für die Bewässerungswirtschaft zuständigen, externen Entscheidungsträger bestimmt.

Alles spricht dafür, dass im antiken Südarabien die Wasserverteilung durch Zuweisung erfolgte. Hunderte antiker südarabischer Inschriften nehmen in unterschiedlicher Weise

Bezug auf die Wasserwirtschaft. Die meisten sind Bauinschriften an Verteilerbauten mit Nennung des Bauherrn bzw. Besitzers, Inschriften bezüglich der Widmung bewässerten Landes an die Tempel oder auch Rechtsurkunden. In Texten des 1. Jahrtausends v. Chr. rühmen sich beispielsweise die einheimischen Herrscher, Dämme und große Kanäle angelegt zu haben. Und bereits im 8. vorchristlichen Jahrhundert gibt ein hochrangiger Angehöriger des sabäischen Herrscherhofes in mehreren Felsinschriften Rechenschaft ab über seine Bautätigkeiten als zumindest für Teile der Bewässerungswirtschaft Verantwortlicher. Demnach hat es also eine staatliche Institution für Bewässerungswirtschaft gegeben.



Abb. 32. Marib, Nordoase, mit *Qadhat* verputzter Feldauslass oder Feldüberleitung aus dem 5. oder 6. Jh. n. Chr. östlich des Hauptverteilers.

In der Praxis wurden in Marib die Verteilung und Kontrolle des Wassers zuerst über einen Hauptverteiler bewerkstelligt, der mit dem Auslassbereich des Großen Damms über den Primärkanal verbunden war (Abb. 33). Der Hauptverteiler bestand aus einem größeren Becken, von dem aus sich Kanäle zweiter Ordnung öffneten. Auch diese Kanäleingänge waren als in Steingemauerte Auslässe ausgebildet, deren Schwellen auf unterschiedlicher Höhe lagen, und deren Querschnitte mitunter sehr starke Abweichungen aufwiesen. Diese Auslässe waren bisweilen, zumindest in der Spätzeit (vor 600 n. Chr.), durch Teilschließung regulierbar. Entsprechend variierte die Architektur die Wasserverteilung sowohl hinsichtlich ihres Volumens als auch des Zeitpunktes ihrer Funktionstätigkeit. Eine paritätische Verteilung war somit nicht vorgesehen, sondern unterlag klaren Restriktionen, wie sie durch Besitzrechte und durch die Maßgaben einer zentralen Autorität vorgegeben wurden.

Eine kleine Geschichte der jemenitischen Bewässerungslandwirtschaft

Über die Jahrtausende bildete der Jemen \ddot{u} mal mehr, mal weniger \ddot{u} eine kulturelle Einheit. Genau dies spiegelt sich auch in der Entwicklung der Bewässerungslandwirtschaft wider. So gab es offensichtlich Zeiten gemeinsamer, geographisch übergreifender Entwicklungen etwa am Anfang der Bewässerungsgeschichte. Dann gingen Hochland und Tiefland auch in der technologischen Weiterentwicklung getrennte Wege, um schließlich in der Spätantike wieder zueinander zu finden.

Von den Ursprüngen bis zum frühen 1. Jahrtausend n. Chr.

Am Ende des Frühen Holozäns setzte im Südwesten der Arabischen Halbinsel, ähnlich wie im nordafrikanischen Raum, langsam eine Phase



Abb. 33. Marib, Nordoase, Hauptverteiler mit verschiedenen Ausläßen (im Vordergrund) und einmündendem Primärkanal.

der Austrocknung ein, auf die die Bewohner beider Regionen unterschiedlich reagierten. Während in der Sahara der Übergang zur Viehzucht vollzogen wurde, begannen im Jemen frühe Bauern noch vor dem Niederschlagsrückgang oder bereits unter den sich verschlechternden Bedingungen des bisherigen Regenfeldbaues erste Erfahrungen mit künstlicher Bewässerung zu sammeln. Sie hatten also ausreichend Zeit um sich auf die sich verändernden Rahmenbedingungen einzustellen.

Vor 6500 bis 6000 Jahren lebte auf den Hochflächen des Jol im südjemenitischen Hadramaut eine halbsesshafte Bevölkerung, die in den natürlichen Sedimenten quer zum Flussbett des Wadi Shumlya und anderer kleiner Seitentäler erste dünne, bis zu 30 m lange Sperrmauern errichtete. Diese bestanden aus zwei parallelen Trockensteinmauern aus Geröll oder dominoartig aufgestellten Bruchsteinplatten mit einer etwa 1 m breiten Geröll- und Kiesfüllung

dazwischen (McCorriston/Oches 2001, 675; McCorriston et al. 2002, 77 f.). Diese Konstruktionen wurden überströmt, bremsten also die Fließgeschwindigkeit des Wasserlaufs, ohne ihn richtig zu sperren. Auf diese Weise konnten feines Sediment und Nährstoffe sich unterhalb der Mauer ablagern und die Bodenfeuchtigkeit verstärkt werden. Nicht ganz auszuschließen ist aber auch, dass die Mauern dem Schutz einer nahen, dazugehörigen Grubenhaussiedlung vor Hochwasser oder der Verbesserung der Weidegründe dienten. Die in der Siedlung dokumentierten Befunde erlauben immerhin die Annahme, dass hier zu dieser Zeit auch die Domestikation von Pflanzen und Tieren einsetzte.

Vielleicht bis in die späte Jungsteinzeit, gesichert aber bis in das frühe 3. Jahrtausend v. Chr. reichen die frühesten Datierungen erster einfacher Ablenkdamme und von Feldterrassen in flacheren Lagen im westlichen Hochland zurück, während Steilhängterrassen dort erst ab

dem späten 3. Jahrtausend v. Chr. sicher belegt sind (Wilkinson 1999, 185f.). Mit dem Bevölkerungsanstieg im Bergland während dieses Zeitraumes verband man bisweilen einen erhöhten Druck auf die Wald- und andere dichtere Vegetationszonen, was zu einer Abholzung der Hanglagen zugunsten der Terrassenlandwirtschaft und damit zu stärkerer Bodenerosion und Degradation geführt haben soll. Die Ausweitung der Siedlungstätigkeit und der Anstieg der Siedlungszahl können alternativ aber auch mit einer Stabilisierung der Landschaft einhergehen, wenn nämlich mehr Energie und Arbeit in die Errichtung von Terrassen investiert und somit eine Konservierung der Böden bewirkt wird. Die tatsächliche Entwicklung war somit abhängig von den konkret angewandten Bewirtschaftungspraktiken.

Spätestens Anfang des 3. Jahrtausends v. Chr. muss die Bewässerungslandwirtschaft ebenso in tiefer gelegenen Gebieten praktiziert worden sein, in Bereichen, in denen die Handhabung und Kontrolle eines lagebedingt erhöhten Flutwasserangebots die Bauern vor ganz besondere Herausforderungen stellte. Zwar fehlt dafür im Wüstenrandgebiet bisher noch der direkte Beweis in Form früherer Wasserwirtschaftsbauten, doch belegen beispielsweise in Marib die mächtigen anthropogenen Oasensedimente eine bereits existierende, prähistorische Bewässerungswirtschaft. Ähnliches gilt für die Küstenebene am Golf von Aden, wo am Fundplatz Ma'layba erstmals der Ausschnitt eines prähistorischen Kanalnetzes aus dem Zeitraum von ca. 2000 bis 1600 v. Chr. freigelegt werden konnte und auch Pollenanalysen Rückschlüsse auf die Bewässerungspraxis erlauben (Vogt et al. 2003b, 23).

Anfangs wählte man für die Errichtung der Dammanlagen bevorzugt tief gelegene Abschnitte von besonders niederschlagsreichen oder großen Einzugsgebieten. Es galt, die Fluten zu fassen, möglichst weitgehend zu kontrollieren und die letztendlich unvermeidlichen Schäden an der Funktionsarchitektur so gering wie möglich zu halten. Sicherlich haben die Erbauer derartiger Wasserwirtschaftsbauten über die Zeiten viele Rückschläge hinnehmen müssen.

Erst mit zunehmender Erfahrung begannen sie die Dammanlagen in immer höher gelegenen und damit in der Regel engeren Abschnitten der Flusstäler zu errichten, in Zonen also, in denen die Fluten eine deutlich stärkere Fließenergie aufbrachten als in den breiteren und damit ruhigeren Talbereichen.

Noch wird in Fachkreisen diskutiert, ob der Betrieb der frühen Dammanlagen im Tiefland ausschließlich dem Bühnenprinzip folgte. Ob man vielleicht schon vor der Mitte des 1. vorchristlichen Jahrtausends in der Lage war, selbst größere Flussbetten auf voller Breite abzusperren, ist noch nicht zuverlässig nachgewiesen. Sicher ist aber, dass man spätestens zur ausgehenden Bronzezeit (vor dem 12. Jahrhundert v. Chr.) im Tiefland die steinernen Auslassbauwerke der Erddämme zu voller Reife entwickelt hatte. Schwergewichtsarchitektur, befestigter Auslass mit Schwelle und Hochwasserentlastung scheinen – offensichtlich ohne den Einfluss eines auswärtigen Technologietransfers – in ihrer Betriebstauglichkeit die wesentlichen Anforderungen einer kontrollierten Bewässerung erfüllt zu haben. Unabdingbar war dafür eine präzise Steinmetztechnik, deren herausragende Präzision, wie wir sie besonders von den Auslassbauwerken A und B in der Oase von Marib kennen, nachfolgend nie mehr erreicht wurde, vielleicht aber auch nicht mehr notwendig war. Die Entwicklung der Bewässerungslandwirtschaft und die technischen Grundlagen der hydraulischen Architektur sind somit nicht den eingewanderten Sabäern oder den Bewohnern der anderen gleichzeitigen Königreiche zuzuschreiben, sondern deren Vorgängern.

Während der altsüdarabischen Zeit (ca. 12. Jahrhundert v. Chr. bis zum Islam) sollte die Bewässerungslandwirtschaft ihre höchste Blüte erleben, auch wenn die alten Südaraber die vorgefundene Technologie nur perfektionierten, ins Monumentale steigerten und durch Eigenentwicklungen anreicherten. Zu letzteren gehört die Hinzufügung von Tosbecken, wie sie allerdings nur am Nord- und Südbau des Großen Dammes von Marib nachgewiesen sind. Beide Tosbecken wurden zwischen dem Auslass und dem Beginn des Primärkanals eingerichtet,

um die aus dem Auslass aufgewirbelt herabstürzenden Fluten zu beruhigen und sie erst dann in den Hauptkanal einzuleiten. Wahrscheinlich waren solche Becken bei jenen Dammanlagen erforderlich, die besonders große Wassermassen fassten und wo die Gefahr groß war, dass auch die Architektur des Hauptkanals beschädigt würde.

Wie zu dieser Zeit die Dammanlagen, so erreichten gleichermaßen die Anbauflächen gewaltige Ausmaße. Das Wassermanagement entwickelte sich so erfolgreich, dass die Ernteträge im Wüstenrandgebiet vom späten 2. Jahrtausend v. Chr. bis etwa zur Zeitenwende besonders hoch ausfielen, und sich die Siedlungs- und Ackerbauaktivitäten des gesamten Großraumes besonders hier im Wüstenrandgebiet konzentrierten. Insgesamt erscheint die Deutung angemessen, dass der Weihrauchhandel dem „Glücklichen Arabien“ zwar den sagenumwobenen Wohlstand brachte, seine wirtschaftliche Basis vor allem aber der Bewässerungsfeldbau bildete (Brunner/Haefner 1990, 135f.).

Der siedlungsarchäologische Befund legt nahe, dass bäuerliche Gemeinschaften auch das jemenitische Hochland während des 1. vorchristlichen Jahrtausends großflächig besiedelten und bewirtschafteten. Wegen späterer Überformungen ist jedoch fast nichts bekannt über die dortigen Wasserwirtschaftsbauten, die es zweifelsohne gegeben hat. Spätestens ab der Zeitenwende erfolgte eine inschriftlich belegte massive demographische Umschichtung, d. h. eine politisch gesteuerte Verlagerung der Siedlungsschwerpunkte aus dem Wüstenrandbereich ins Hochland. Dies machte eine Intensivierung der Landwirtschaft erforderlich. Mit dem Aufstieg der Himyariten-Dynastie wurden in diesem Bereich sehr hohe Investitionen von Kapital und Arbeitskraft getätigt. Vor allem zwischen dem 1. und dem 3. Jahrhundert n. Chr. entstanden hier wohl unter staatlicher Koordination Hunderte von Sperrmauern (Wilkinson/Edens 1999, 8), die zuvor unbewässerte Zonen erschlossen. Die hier entwickelten, nun vornehmlich in Stein errichteten Staumauern erschienen in Bauweise und Funktionsprinzip so aufwendig, dass der

Historiker al-Hamdani voller Stolz allein für die Region der ehemaligen himyaritischen Hauptstadt Zafar 80 antike Dämme erwähnt. Von ihnen sind bislang 19 identifiziert.

Erst die Verwendung des zuvor beschriebenen *Qadhat*-Mörtels legte die Grundlagen für die Hochzeiten der Staudammkonstruktionen im Bergland. Da er in seiner Zusammensetzung dem kaiserzeitlich-römischen Kalkmörtel mit vulkanischer Erde aus Pozzuli ähnelt, wurde vermutet, dass die Rezeptur dieses Werkstoffes etwa durch Kriegsgefangene nach dem gescheiterten römischen Feldzug nach Marib (26/25 v. Chr.) oder eventuell im 1. oder 2. nachchristlichen Jahrhundert aus dem Mittelmeerraum eingeführt wurde. Die konkrete, landestypische Herstellung und Verarbeitung des *Qadhat* machen dies jedoch nicht zwingend, zumal direkte Mörteldatierungen bzw. Datierungen aus bauhistorisch-epigraphisch-archäologischen Befunden vor dem 2. oder 3. Jh. n. Chr. aus dem Jemen nicht vorliegen.

Wenig ist bekannt über die Bewässerungslandwirtschaft im Tiefland und im besonderen im Wüstenrandgebiet während des frühen ersten nachchristlichen Jahrtausends. Verhältnismäßig wenige Oasen, in erster Linie die kleineren, scheinen auch weiterhin unter Bewirtschaftung gestanden zu haben. Eine wirklich herausragende Ausnahme war die unverändert in großem Maßstab bewirtschaftete Oase von Marib, die trotz des Statusverlustes als politisches Zentrum immer noch von großer wirtschaftlicher Bedeutung gewesen sein muss. Davon zeugen die wiederholten Reparaturmaßnahmen am Großen Damm und die Errichtung vieler neuer Verteilerbauten unter Zuhilfenahme von *Qadhat*-Mörtel.

Das Ende der antiken Bewässerungslandwirtschaft

So unmöglich es ist, von einer einheitlichen, denselben Rahmenbedingungen und Regeln folgenden antiken Bewässerungslandwirtschaft zu sprechen, so schwer fällt es auch, die Ursachen für deren Ende zu erklären. Im Gegensatz zur heutigen, pumpenbetriebenen Bewässerungsland-

wirtschaft blieb nach jetzigem Kenntnisstand den antiken Südarabern eine Versalzung der Böden erspart. Dies verhinderte wohl zum einen das Prinzip der Flutbewässerung, zum anderen auch die Fruchtbarkeit der eingebrachten Sedimente. Nicht abzuschätzen sind langfristige qualitative Veränderungen in der Sedimentzusammensetzung, die mit zunehmender tektonischer Hebung des westlichen Hochlandes gröber und weniger fruchtbar wurde (Wagner 1993, 98).

Wenn einzelne Bewässerungssysteme funktionsuntüchtig wurden, so ist dies eher technisch zu erklären, nämlich mit Verlandung oder einem Dambruch. Letzterer konnte wiederum sehr unterschiedliche Ursachen haben und Folgeentwicklungen bewirken, denen aber keine Zwangsläufigkeit beizumessen ist. Verlandung wiederum war ein Phänomen, das langfristig nicht in den Griff zu bekommen war, denn eine manuelle Beräumung der Stauräume erfolgte nur im Ausnahmefall. Ausschließlich verlandete Bewässerungsanlagen scheint es nur im Hochland gegeben zu haben. Die bewusste, sukzessive Aufgabe der Bewässerung ging hier mit einer Rückkehr zum reinen Regenfeldbau nahtlos einher.

Auch in Marib wäre der Große Damm früher oder später verlandet, doch hätte dies als alleinige Ursache nicht zum Dambruch geführt. Beim letzten Wiederaufbau des Dammes im 6. Jahrhundert n. Chr. hatte man es versäumt, Auslasssohle, Überlauf und Dammkrone im Verhältnis zu Hauptverteiler und Kanalnetz ausreichend hoch anzulegen. Binnen Kürze stauten sich die Wassermassen vom Hauptverteiler bis in den Stauraum auf, und führte die Ablagerung der Sedimente bereits in diesem Bereich zu schneller Verlandung. Auf diese Weise reduzierte sich das Fließgefälle und immer weniger Wasser erreichte die Feldflächen – was übrigens von al-Hamdani als Grund für das Scheitern des Mariber Bewässerungssystems benannt (Faris 1938, 34). In dieser Situation, irgendwann zwischen etwa 575 und 600 n. Chr. muss ein ungewöhnliches Hochwasserereignis erfolgt sein. Die durch starke Verlandung reduzierte Retentionswirkung des Stauraumes

führte dazu, dass das zu schnell auflaufende Wasser nicht mit ausreichender Geschwindigkeit durch die Auslässe und auch nicht über die Hochwasserentlastung schadlos abgeleitet werden konnte. Die Fluten überströmten den Damkörper und brachten ihn zum Bersten.

Es ist zu vermuten, dass reine Dambrüche ohne Einwirkung der Sediment- und Geschiebefrachtablagerungen insgesamt selten waren, es könnte sie jedoch gegeben haben. Letztlich unbewiesen ist auch die Vermutung, dass der Große Damm von Marib während des römischen Südarabien-Feldzuges unter dem Kommando des Aelius Gallus im Jahre 26/25 v. Chr. von römischen Truppen zerstört wurde, weil diese die Sabäerhauptstadt nicht einnehmen konnten. Vielleicht hat aber jene Überlieferung einen wahren Kern, nach der eine Katze am Dammfuß angebunden worden sein soll, um Mäuse und andere Nager am Graben von Tiergängen zu hindern. Zumindest belegt diese Erwähnung, wie notwendig die ständige und sorgfältige Wartung der Dämme erachtet wurde.

Inzwischen mehren sich die Hinweise, dass auch tektonische Aktivitäten während der historischen Zeiten eine große Rolle gespielt haben. Diese äußerten sich in immer wiederkehrenden Erdbeben, die Hebungen, Kippungen der Feldflächen und schwere Schäden an den Wasserwirtschaftsbauten bewirkt haben müssen. All das muss zu starken Störungen im Bewässerungsbetrieb geführt haben. Aus dem Wadi Yala, einem Nebenlauf des Wadi Dhana, sind erdbebenbedingte Veränderungen in Form einer Flussumkehrung bekannt (de Maigret 1988, 48), und auch der Große Damm von Marib strich sämtliche hier festgestellten Erdbebenrichtungen (Wagner 1993, 37).

Den besten Beleg liefern Beobachtungen aus der Nähe der qatabanischen Hauptstadt Tamna im Wadi Bayhan. In den Aufschlüssen der bis zu 18 m hohen Sedimentpakete ließen sich in der Schichtung Falten und Risse feststellen. Eine Stelle erbrachte sogar Hinweise auf drei Unterbrechungen und zwischenzeitliche Wiederaufnahmen der Bewässerung, darunter deutlich geneigte Bewässerungssedimente, die an

einer Stelle um 1,5 m abgesackt waren (Marcolongo/Morandi Bonacossi 1997, 82f.).

Auch aus diesem Befund können wir schließen, dass Dammbüche keine Seltenheit waren, sich wegen ihrer eher generationsüberschreitenden Intervalle aber einer bewussten individuellen Wahrnehmung entzogen. Eine Sequenz wiederholter Brüche ein- und desselben Dammes, seiner Reparaturen und vollständigen Neuerrichtungen ist am besten vom Großen Damm in Marib dokumentiert, der als Symbol der technologischen und kulturellen Überlegenheit der Sabäer und später der Himyariten galt. Seine endgültige Zerstörung wurde begriffen als Ende einer säkularen Oberhoheit (Robin 1996, 1232), die durch den Islam abgelöst wurde. Hier waren die Dammbüche bisweilen Ereignisse historischer Dimension, die quasi als Zeitmarken in den späten antiken Inschriften erscheinen oder gar ihr Thema sind. Inschriftlich überliefert sind hier vier Dammbüche, nämlich Mitte des 4. Jh. n. Chr. während der Regierungszeit des himyaritischen Herrschers Tha'ran Yuhan'im und seines Sohnes Malkikarib Yuhan'im, im Jahr 456 n. Chr. unter dem Herrscher Shurahbi'il Yafur, 549 n. Chr. während der äthiopischen Oberhoheit unter König Abraha und letztmalig während der persisch-sasanidischen Besatzung irgendwann zwischen 575 und 600 n. Chr. (Robin 1996, 1231; Vogt 2004). Gerade dieses letzte als sintflutähnlich beschriebene Ereignis hat als Strafe Gottes an den ungläubigen Sabäern im Koran (Sure 34) Erwähnung gefunden. Frühere, wenn auch inschriftlich nicht bezeugte Dammbüche lassen sich zusätzlich aus Diskordanzen in der Schichtung der Stauraumsedimente ablesen (Brunner 1983, 51f.).

Das Ende der antiken Bewässerungslandwirtschaft ist also nicht „ereignisarchäologisch“ zu fassen, sondern als ein längerer Prozess. Aufgrund siedlungsarchäologischer Beobachtungen datiert die Aufgabe der antiken Bewässerung etwa im hadramitischen Wadi Do'an in das 1. Jahrhundert v. Chr. (Sedov 1997, 51), die im Wadi Surban vor dem 1. nachchristlichen Jahrhundert (Darles 2000, 89) und jene am Unterlauf des Wadi Bayhan in der Nähe von

Tamna ins späte 2. Jahrhundert n. Chr. (Bowen 1952, 64f.). Gerade der zuletzt genannte Fall ist besonders aufschlussreich, weil das im selben Wadi gelegene Bewässerungssystem von al-Haraja, 30 km flussaufwärts von Tamna, nach Aussage von ¹⁴C- und OSL-Datierungen noch im ausgehenden 6. Jahrhundert n. Chr. in Betrieb war und dies durch eine Inschrift des Jahres 576 n. Chr. aus dem benachbarten Wadi Dura seine Bestätigung findet (Balescu et al. 1998, 32). Wirtschaftsgeschichtlich ähnelt das Wadi Bayhan hierin dem Wadi Dhana, wo die Bewässerungsanlagen von Marib ab dem ausgehenden 6. Jahrhundert nicht mehr betrieben wurden, die in großer Nähe und am selben Wadi gelegenen antiken Systeme von Rahaba aber noch mindestens bis ins 10. Jahrhundert in Nutzung standen (Brunner 1983, 89).

Kurzum, diese Entwicklung erscheint bemerkenswert unabhängig von globalen Klimaereignissen wie beispielsweise dem „el Niño“-Effekt, auch längere schwere Dürren sind als Grund für die lokale Aufgabe der Landwirtschaft auszuschließen (zu Marib vgl. auch Rakikes 1977, 239). Eingedenk der Tatsache, dass Bewässerungssysteme immer wieder ausfielen und immer wieder instandgesetzt wurden, dass ihre endgültige Aufgabe als Ganzes ein längerer Prozess war, war hier zweifelsohne die Fähigkeit vorhanden, auf veränderte Situationen flexibel zu reagieren. Dies wird auch bestätigt durch Beobachtungen zum Siedlungs- und Subsistenzverhalten noch traditionell lebender Bevölkerungen in anderen Trockengebietsökotopen. Diese entwickeln Strategien zur Vermeidung und Abmilderung von Fehlern und Fehlentscheidungen oder zur Schaffung von Puffern gegenüber den unterschiedlichen Risiken. Übertragen bedeutet dies, dass die Aufgabe von Bewässerungssystemen eine unabwendbare Notwendigkeit gewesen sein muss, um als letzter Ausweg den Wegzug ganzer Bevölkerungsgruppen zu erzwingen (nach Barker/Gilbertson 2000, 10).

Simplizistische, monokausale Erklärungsmodelle können hier nicht greifen. Zumindest für den spätantiken Jemen gilt eine komplexere Kombination von sich verändernden naturräum-

lichen Rahmenbedingungen ù die meisten Bewässerungssysteme hatten ihre technischen Grenzen erreicht ù mit politischer, kultureller und ideologischer Instabilität. Noch während der himyaritischen Zeit erfolgte eine Aufwertung des Individuums gegenüber seinen traditionellen Stammesbindungen zugunsten einer übergreifenden „nationalen“ Identität. Das angestammte politische Zentrum wurde bewusst aus dem Wüstenrandgebiet ins westliche Hochland verlagert. Es begannen starke interne Auseinandersetzungen und Aufstände, brach der internationale Fernhandel mit Aromata zusammen, und wechselten die Südaraber von ihren traditionellen astralen Religionen in kurzer Folge zum Christentum, Judentum und einer eigenen monotheistischen Religion. Auch daraus erwachsen bisweilen blutige Progrome, die auswärtigen Mächten (Byzanz, Äthiopien, Persien und später den islamischen Herrschern) Vorwand zur Intervention gaben. Durch diese Zustände und auch die wenngleich zeitlich begrenzten Besatzungen seitens der Äthiopier und Perser erlahmten weitgehend die Energie und die Motivation für Gemeinschaftsleistungen, wie sie gerade im Bereich der Bewässerungslandwirtschaft erforderlich waren. König Shurahb'il Yafur hatte immerhin im Jahre 456 n. Chr. noch 20.000 Arbeiter rekrutieren können, um innerhalb kürzester Zeit den Großen Damm von Marib nach einer massiven Zerstörung wiederaufzubauen.

Nach Ausweis später Inschriften verlagerte sich im späten 6. Jahrhundert n. Chr. die Kontrolle antiker Dammsysteme wieder auf die Stammesebene. Im Hochland verfielen in islamischer Zeit die Dammanlagen zunehmend und bisherige Reservoirs verlandeten, um schließlich als Feldterrassen genutzt zu werden (Gibson/Wilkinson 1995, 181). Die Landwirte kehrten weitgehend zum Regenfeldbau zurück. Im Wüstenrandgebiet wurden viele Bewässerungssysteme aufgegeben und auch die Bevölkerungszahl unterlag einem markanten Rückgang.

Im Hochland werden die Feldflächen heute, anders als in der Antike, in den bäuerlichen Gemeinschaften auf der Basis von Haushalten oder kleineren Lineages bewirtschaftet. Für eine Vergrößerung der Anbauflächen und somit für eine stärker marktorientierte Optimierung der Ernteerträge müssen in der traditionellen Landwirtschaft zwecks ganzjähriger Bewässerung ergänzend Brunnen und unterirdische Aquädukte (arab. *aflaj/qanat*) unterhalten werden.

Die Zeit der großen Bewässerungssysteme ist also seit Beginn der islamischen Zeit vorbei. Wenige kleinere antike Dämme werden noch instand gehalten, und die mit Motorpumpen betriebene Brunnenbewässerung ist weiter auf dem Vormarsch. Mit dem 1986 fertig gestellten Neuen Damm von Marib, dem einzigen Großdamm der Moderne, soll aber wieder an die Jahrtausende alte Tradition der Bewässerungslandwirtschaft angeknüpft werden.

Anschrift:

*Burkhard Vogt
Kommission für Allgemeine und Vergleichende
Archäologie
des Deutschen Archäologischen Instituts
Endenicher Str. 41
D-53115 Bonn*

vogt@kava.dainst.de

Literatur

- AAE Arabian Archaeology & Epigraphy
- ABADY Archäologische Berichte aus dem Yemen
- PSAS Proceedings of the Seminar for Arabian Studies
- Balescu, S./Breton, J.-F./Coque-Dehuille, B./Lamothe, M.
1998 La datation par luminescence des limons de crues: une nouvelle approche de l'étude chronologique des périmètres d'irrigation antiques du Sud-Yémen. In: Comptes Rendues de l'Académie de Sciences, Sciences de la terre et des planètes 327, 31û37.
- Barceló, M./Kirchner, H./Torró, J.
2000 Going around Zafar (Yemen), the Banu Ru'ayn field survey: hydraulic archaeology and peasant work. In: PSAS 30, 27û39.
- Barceló, M./Ortega, J./Piera, A./Torró, J.
2003 The search for the Hararah *asdad* in the area of Zafar, Governorate of Ibb, Yemen. In: PSAS 33, 133û142.
- Barker, G./Gilbertson, D.
2000 Living at the margin: themes in the archaeology of drylands. In: Barker, G./Gilbertson, D. (eds.), The Archaeology of Drylands. Living at the margin. One World Archaeology 39. London/New York, 3û18.
- Bowen, R. L. B.
1958 Irrigation in Ancient Qataban (Beihan). In: Bowen, R./Albright, F. P. (eds.), Archaeological Discoveries in South Arabia. Baltimore, 43û131.
- Brunner, U.
1983 Die Erforschung der antiken Oase von Marib mit Hilfe geomorphologischer Untersuchungsmethoden. ABADY 2. Mainz.
1989 Bausteine der Sabäer. In: Münchner Beiträge zur Völkerkunde 2, 27û42.
1999 Jemen: Vom Weihrauch zum Erdöl. Wien – Köln û Weimar.
- Brunner, U./Haefner, H.
1990 Altsüdarabische Bewässerungsoasen. In: Die Erde 121, 135û153.
- Caton-Thompson, G./Gardner, E. W.
1939 Climate, irrigation, and early man in the Hadramaut. In: Geographical Journal 93, 18û38.
- Darles, C.
2000 Les structures d'irrigation du Wadi Surban au Yémen. In: PSAS 30, 87û97.
- Ettl, H./Schuh, H.
1988 Untersuchungsbericht zu Putz-, Kalk- und Sandproben aus Marib und Sirwah. München (unveröffentlicht).
- Faris, N.A.
1938 The antiquities of South Arabia being a translation from the Arabic with linguistic, geographic, and historic notes on the eighth book of al-Hamdani's al-Iklil. Westport. Reprint 1981.
- Gerig, M.
1982 Beiträge zur Erforschung der antiken und mittelalterlichen Oase von Marib. In: ABADY 1. Mainz, 33û55.
- Glaser, E.
1890 Eduard Glasers Reise nach Marib. Müller, D. H./Rhodokanakis, N. (eds.) Sammlung Eduard Glaser 1. Wien.
- Gibson, M./Wilkinson, T. J.
1995 The Dhamar Plain, Yemen: a preliminary study of the archaeological landscape. In: PSAS 25, 159û183.
- Hamilton, R. A. B.
1943 Archaeological Sites in the Western Aden Protectorate. In: Geographical Journal 101, 110û117.
- Herberg, W.
1987 Vorläufiger Bericht über baugeschichtliche Untersuchungen der Bauanlage A im Wadi Dana. In: ABADY 4, 98û121.
- Kopp, H.
1976 Bewässerung in der jemenitischen Landwirtschaft. In: Jemen-Report 7, 8û9.
- Marcolongo, B./Morandi Bonacossi, D.
1997 L'abandon du système d'irrigation qatabanite dans la vallée du wadi Bayhan (Yémen): analyse géo-archéologique. In: Comptes Rendues de l'Académie de Sciences. Paris, Sciences de la terre et des planètes 325, 79û86.
- McCorrison, J./Oches, E.
2001 Notes and News: Two Early Holocene check dams from Southern Arabia. In: Antiquity 75, 675û676.
- McCorrison, J./Oches, E. A./Walter, D. E./Cole, K. L.
2002 Holocene paleoecology and prehistory in highland Southern Arabia. In: Paléorient 28/1, 61û88.

- de Maigret, A.
1985 Archaeological Missions. Yemen. Archaeological Activities in the Yemen Arab Republic, 1985. In: *East & West* 35/3ù4, 337ù395.
- de Maigret, A. (ed.)
1988 The Sabaean Archaeological Complex in the Wadi Yala (Eastern Hawlan at-Tiyal, Yemen Arab Republic). *IsMEO Reports and Memoirs* 21. Rom.
- Müller, W. W.
1973 Ausgrabungen und Forschungsreisen. Ergebnisse der Deutschen Jemen-Expedition 1970. In: *Archiv für Orientforschung* 24, 150ù161.
- Radt, W.
1971 Forschungsreise in die Arabische Republik Jemen. In: *Archäologischer Anzeiger* 1971/2, 253ù293.
- Raikes, R. L.
1977 Notes and News: Ma'rib Dam. In: *Antiquity* 51, 239ù240.
- Robin, C.
1996 Sheba. C. Les ouvrages hydrauliques. In: *Dictionnaire de la Bible. Supplément Tome 12*. Paris, 1229–1233.
- Robin, C. (ed.)
1993 L'Arabie antique de Karib'il à Mahomet. *Revue du Monde Musulman et de la Méditerranée*.
- Schaloske, M.
1994 Untersuchungen der sabäischen Bewässerungsanlagen in Marib. *ABADY* 7. Mainz.
- Schmidt, J.
1982 Baugeschichtliche Untersuchungen an den Bauanlagen des großen Dammes von Marib. In: *ABADY* 1. Mainz, 9ù20.
- Sedov, A.
1997 Die archäologischen Denkmäler von Raybun im unteren Wadi Dau'an (Hadramaut). In: *Mare Erythraeum* 1, 31ù106.
- Siewert, H.
1979 Bauten der Wasserwirtschaft im Yemen. In: *Baghdader Mitteilungen* 10, 168ù178.
1982 Antike Bewässerungsbauten der yemenitischen Landwirtschaft. In: *ABADY* 1, 181ù196.
- al-Tikriti, W. Y.
2002 The south-east Arabian origin of the falaj system. In: *PSAS* 32, 117ù138.
- Varisco, D.
1983 *Sayl* and *ghayl*: The Ecology of Water Allocation in Yemen. In: *Human Ecology* 11/4, 365ù383.
- Vogt, B.
2004 Towards a new dating of the great dam of Marib. Preliminary results of the 2002 field-work of the German Institute of Archaeology. In: *PSAS* 34, 383ù394.
- Vogt, B./Herberg, W./Röring, N.
2000 „Arsh Bilqis“ – Der Tempel des Almaqah von Bar'an in Marib. Sanaa.
- Vogt, B./Brettschneider, W./Brunner, U./Herberg, W./Röring, N.
2003a Der Große Damm von Marib, Republik Jemen. Neue archäologische und bauhistorische Forschungen des Deutschen Archäologischen Instituts 2002. In: *AVA-Beiträge* 23, 49ù74.
- Vogt, B./Buffa, V./Brunner, U.
2003b Ma'layba and the Bronze Age irrigation in coastal Yemen. In: *ABADY* 9, 15ù26.
- Wagner, W.
1993 Bodenkundliche Untersuchungen in der Oase von Marib. *ABADY* 6. Mainz.
- Wendrich, W. Z./Barnard, H./Bridgman, R. M.
1999 Report of the Baynun Mapping Project. Leiden.
- Wilkinson, T.
1999 Settlement, soil erosion and terraced agriculture in highland Yemen: a preliminary statement. In: *PSAS* 29, 183ù191.
- Wilkinson, T. J./Edens, C.
1999 Survey and Excavation in the Central Highlands of Yemen: Results of the Dhamar Survey Project, 1996 and 1998. In: *AAE* 10, 1ù33.