

ARCHÄOLOGISCHE BERICHTE  
AUS DEM YEMEN

BAND V

MUSEUM

DS

247

Y43

A72

Bd.5

1991







ARCHÄOLOGISCHE BERICHTE AUS DEM YEMEN  
BAND V

DEUTSCHES ARCHÄOLOGISCHES INSTITUT ŞANĀ

ARCHÄOLOGISCHE BERICHTE  
AUS DEM YEMEN

BAND V

1991



VERLAG PHILIPP VON ZABERN · MAINZ AM RHEIN

DEUTSCHES ARCHÄOLOGISCHES INSTITUT ŞANĀ

**ANTIKE TECHNOLOGIE – DIE  
SABÄISCHE WASSERWIRTSCHAFT  
VON MĀRIB**

HERAUSGEGEBEN VON  
JÜRGEN SCHMIDT

TEIL I  
VON INGRID HEHMEYER UND JÜRGEN SCHMIDT

1991  
VERLAG PHILIPP VON ZABERN · MAINZ AM RHEIN

VII, 112 Seiten mit 12 Abbildungen und 3 Tabellen, 12 Tafeln mit 35 Abbildungen

© 1991 by Philipp von Zabern, Mainz am Rhein  
ISBN 3-8053-1215-6

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet, dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

Printed in Germany by Philipp von Zabern  
Printed on fade resistant and archival quality paper (PH 7 neutral)

# Inhalt

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| INGRID HEHMEYER | VORWORT . . . . .   | VII |
| JÜRGEN SCHMIDT  | VORSTELLUNG DES FORSCHUNGSPROJEKTES „ANTIKE<br>TECHNOLOGIE - DIE SABÄISCHE WASSERWIRTSCHAFT<br>VON MĀRIB“ . . . . . | 1   |
| INGRID HEHMEYER | DER BEWÄSSERUNGLANDBAU AUF DER ANTIKEN<br>OASE VON MĀRIB . . . . .  | 9   |
| 1.              | DAS FORSCHUNGSVORHABEN „ANTIKE TECHNOLOGIE -<br>DIE SABÄISCHE WASSERWIRTSCHAFT VON MĀRIB“ . . . . .                 | 9   |
| 1.1             | Gesamtkonzeption . . . . .  | 9   |
| 1.2             | Problemstellung und methodische Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit . . . . .                                    | 12  |
| 2.              | OBERFLÄCHENFORMEN . . . . .   | 15  |
| 2.1             | Kanalstrukturen . . . . .   | 15  |
| 2.2             | Feldwälle . . . . .   | 17  |
| 2.3             | Abgrenzung der antiken Felder . . . . .   | 17  |
| 2.4             | Pflugspuren . . . . .   | 17  |
| 2.5             | Erdringe und Erdstotzen . . . . .   | 18  |
| 3.              | DIE ANBAUMASSNAHMEN . . . . .   | 21  |
| 3.1             | Langfristige Maßnahmen . . . . .  | 21  |
| 3.1.1           | Neulandgewinnung an den Randbereichen der Oase . . . . .  | 21  |
| 3.1.2           | Aufschüttung von Feldwällen . . . . .   | 23  |
| 3.2             | Bodenbearbeitung . . . . .  | 24  |
| 3.2.1           | Vorbemerkungen . . . . .  | 24  |
| 3.2.2           | Pflügen . . . . .   | 25  |
| 3.3             | Düngung . . . . .   | 27  |
| 3.4             | Aussaat und Saatgut . . . . .   | 28  |
| 3.5             | Pflege . . . . .  | 28  |
| 4.              | DIE BEWÄSSERUNG AUF DER ANTIKEN OASE - DAS VERFAHREN DER<br>WASSERFASSUNG UND DAS BEWÄSSERUNGSVERFAHREN . . . . .   | 31  |
| 4.1             | Vorbemerkungen . . . . .  | 31  |
| 4.2             | Das Verfahren der Wasserfassung . . . . .   | 33  |
| 4.2.1           | Entwicklung der „Sturzwasserbewässerung“ . . . . .  | 34  |
| 4.2.2           | Entwicklung der „Saylbewässerung“ . . . . .   | 36  |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.2.3 | Historische Entwicklung des Verfahrens der Wasserfassung in Märib . . . . .  | 36  |
| 4.2.4 | Definition des Verfahrens der Wasserfassung . . . . .  | 40  |
| 4.3   | Das Bewässerungsverfahren . . . . .  | 40  |
| 4.3.1 | Definition der Überstauabewässerung . . . . .  | 41  |
| 4.3.2 | Das Bewässerungsverfahren in Märib . . . . .   | 42  |
| 4.3.3 | Definition des Bewässerungsverfahrens . . . . .  | 46  |
| 4.4   | Abschließende Definition der auf der antiken Oase praktizierten Bewässerung . . . . .  | 47  |
| 4.5   | Brunnen- und Zisternenbewässerung . . . . .  | 47  |
| 5.    | DIE KULTURPFLANZEN DER ANTIKEN OASE . . . . .  | 51  |
| 5.1   | Erhaltene Strukturen und Überreste ehemaliger Kulturpflanzen . . . . .   | 51  |
| 5.1.1 | Pflanzenabdrücke . . . . .   | 51  |
| 5.1.2 | Wurzelreste . . . . .  | 51  |
| 5.1.3 | Oberflächenformen . . . . .  | 53  |
| 5.2   | Auswertung des inschriftlich vorliegenden Materials . . . . .  | 54  |
| 5.3   | Zusammenfassende Beurteilung . . . . .   | 60  |
| 6.    | DER ANBAU AUSGEWÄHLTER KULTURPFLANZEN . . . . .  | 63  |
| 6.1   | Abschätzung von Vegetationszeit und Aussaatzeitpunkt . . . . .   | 63  |
| 6.2   | Anbau von saisonalen Kulturen, Beispiel: Sorghumhirse . . . . .  | 64  |
| 6.3   | Anbau von Dauerkulturen, Beispiel: Dattelpalme . . . . .   | 67  |
| 6.4   | Zusammenfassende Beurteilung . . . . .   | 74  |
| 7.    | ANALYSE DER KONSEQUENZEN VERSCHIEDENER BETRIEBSABLÄUFE<br>FÜR DEN ANTIKEN BEWÄSSERUNGSLANDBAU: BILANZIERUNG VON<br>WASSERDARGEBOT UND WASSERBEDARF . . . . . | 75  |
| 7.1   | Das Wasserdargebot: der Zufluß . . . . .   | 75  |
| 7.2   | Der Wasserabfluß auf die Nord- und Südoase . . . . .   | 76  |
| 7.3   | Der Wasserbedarf . . . . .   | 80  |
| 7.3.1 | Der Umfang der Anbaufläche . . . . .   | 80  |
| 7.3.2 | Der spezifische Wasserbedarf der angebauten Kulturen . . . . .   | 83  |
| 7.4   | Ergebnisse der Bilanzierung . . . . .  | 84  |
| 7.4.1 | Wirkungsgrad der Bauanlage al-Mabnā . . . . .  | 84  |
| 7.4.2 | Einfluß der Steuerung des Auslaßbereiches AN(2) im Nordbau . . . . .   | 85  |
| 7.4.3 | Zuordnung möglicher Bewässerungsflächen zu den Betriebsphasen der Betriebs-<br>periode I . . . . .   | 87  |
| 7.5   | Abschließende Bemerkungen . . . . .  | 94  |
| 8.    | SCHLUSSBETRACHTUNG . . . . .   | 97  |
| 9.    | ZUSAMMENFASSUNG . . . . .  | 103 |
|       | LITERATURVERZEICHNIS . . . . .   | 108 |
|       | ABBILDUNGSNACHWEIS . . . . .   | 112 |
|       | TAFELNACHWEIS . . . . .  | 112 |
|       | TAFELN 1-12  |     |

## Vorwort

Bei der Arbeit handelt es sich um die für den Druck nur unwesentlich veränderte Fassung einer Dissertation, die im Wintersemester 1987/88 der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn vorgelegen hat. Sie ist Teil des Forschungsvorhabens des Deutschen Archäologischen Instituts  $\text{Šan}^{\text{c}}\bar{\text{a}}^{\text{3}}$  ANTIKE TECHNOLOGIE - DIE SABÄISCHE WASSERWIRTSCHAFT VON MĀRIB, welches in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Landwirtschaftlichen Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Bonn durchgeführt wurde. Die Felduntersuchungen in Mārib erfolgten unter der Leitung von Prof. Dr. J. Schmidt von November 1984 bis Februar 1985.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. Radermacher vom Lehrstuhl für Landwirtschaftlichen Wasserbau und Kulturtechnik, der die Arbeit betreut hat, sowie meinen ehemaligen Kollegen im Forschungsvorhaben, den Herren R. Godding, H. G. Maas, M. Schaloske und W. Wagner. Ganz herzlich danke ich ferner Herrn Prof. Dr. W. Franke vom Institut für Landwirtschaftliche Botanik der Universität Bonn, der mit wertvollen Anregungen und persönlicher Anteilnahme zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. W. W. Müller vom Seminar für Semitistik der Universität Marburg für seine unentbehrliche Hilfe bei der Auswertung der inschriftlichen Belege.

Herrn Prof. Dr. J. Schmidt möchte ich für die Aufnahme der Arbeit in die Reihe der Archäologischen Berichte aus dem Yemen danken. Dank schulde ich nicht zuletzt auch dem Deutschen Archäologischen Institut, das die Drucklegung der Arbeit übernommen hat, sowie der Stiftung Volkswagenwerk Wolfsburg, die in großzügiger Weise das Forschungsvorhaben finanziell unterstützt hat.

Ingrid Hehmeyer



*Jürgen Schmidt*

## Vorstellung des Forschungsprojektes „Antike Technologie – Die sabäische Wasserwirtschaft von Mārib“

Der hier vorliegende Band V von „Archäologische Berichte aus dem Yemen“ ist der erste Teil einer Veröffentlichungsfolge, in der die Ergebnisse des Forschungsvorhabens ANTIKE TECHNOLOGIE – DIE SABÄISCHE WASSERWIRTSCHAFT VON MĀRIB vorgelegt werden. Es handelt sich um ein Unternehmen des Deutschen Archäologischen Instituts Ṣan‘ā’, mit dem im weiteren Sinne 1978/79 begonnen wurde. In den Bänden I bis IV der „Archäologischen Berichte aus dem Yemen“ wurden bereits einzelne Untersuchungen früherer Jahre in vorläufigen Berichten veröffentlicht. Seit 1984 konnte das Projekt dank der weitreichenden Unterstützung der Stiftung Volkswagenwerk in einen größeren Rahmen gestellt und zu einem interdisziplinären Forschungsprojekt erweitert werden, in dem Altertums- und Naturwissenschaften gleichermaßen vertreten sind.

Es ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis, an erster Stelle der Stiftung Volkswagenwerk mit Nachdruck dafür zu danken, daß sie das Projekt ANTIKE TECHNOLOGIE besonders auf dem Sektor naturwissenschaftlich-technischer Forschungen entschieden gefördert hat und ein optimales Ergebnis ermöglichte. Dem Deutschen Archäologischen Institut gilt ebenfalls Dank für die Übernahme eines großen Teiles der Forschungskapazität insbesondere auf dem Personalsektor und für die Finanzierung der Druckvorhaben. Die redaktionelle Überarbeitung des vorliegenden Bandes besorgte Dr. Burkhardt Vogt, wofür ich ihm meinen ganz besonderen Dank sagen möchte.

Bevor das Projekt kurz vorgestellt werden soll, möchte ich diejenigen Personen und Instanzen erwähnen, die zum Gelingen des Unternehmens beigetragen und es unterstützt haben. Für ihr wohlwollendes Entgegenkommen bei der Durchführung der Feldarbeiten und für freundschaftliche Hilfe sei den verschiedenen yemenitischen Behörden gedankt, allen voran der General Organization for Antiquities and Libraries und ganz besonders ihrem Präsidenten, Herrn Qadi Ismail al Akwa. Aber auch die Bediensteten der Antikenverwaltung, die nicht alle namentlich genannt werden können, haben sich um das Zustandekommen der Feldunternehmungen bemüht und Verdienste erworben. Auch sie seien in den Dank eingeschlossen.

Den Behörden von Mārib gebührt Dank für stets entgegengebrachtes Verständnis und für bereitwillige Unterstützung: den verschiedenen während jener Jahre amtierenden Gouverneuren der Provinz sowie den Polizeikommandanten. Mit großem Verständnis und unermüdlicher freundschaftlicher Hilfe hat sich der örtliche Vertreter des Antikendienstes, Herr Šarīf Sa‘ūd Hasan Muḩtam, für unsere Belange eingesetzt. Sein früher und tragischer Tod im Jahre 1985 hat ihn die Vollendung der Arbeiten nicht mehr erleben lassen. Die Mārib-Expedition und das Deutsche Archäologische Institut Ṣan‘ā’ werden Sayyid Sa‘ūd stets ein Andenken bewahren.

Aber nicht nur offizielle Einrichtungen und Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens standen uns bei der Verwirklichung der Pläne zur Seite. Gerade bei organisatorischen Belangen und in schwierigen Situationen jener Zeiten, in denen das Gebiet um Mārib noch nicht im heutigen Sinne erschlossen war, durften wir der Hilfe der Stämme Banū Ašraf, Banū Abida, Banū Dja‘am und vor allem der Banū Taimān gewiß sein. Die Anlieger der Wādī-Dana-Südseite, die Banū ḩaddad, haben uns ebenfalls frei-

zünftig die Arbeit in ihrem Gebiet gestattet. Den Šuyūh der Stämme und ihren Stammesangehörigen sei hier unser herzlicher Dank gesagt. Ohne ihr Einverständnis hätte unsere Arbeit in den jeweiligen Hoheitsgebieten überhaupt nicht zustande kommen können. Schließlich sei in diesem Zusammenhang ʿAlī Abdallāh Barud gedacht, bei dem wir in den ganzen Jahren unserer Tätigkeit in Mārib stets Aufnahme und Schutz fanden, auf dessen Anwesen wir unser Expeditionslager errichten durften. Ihm und seiner Familie sei ein ganz persönlicher Dank angeschlossen.

Daß von den verschiedenen beteiligten Fachdisziplinen in der Veröffentlichung zuerst die antike Landwirtschaft zu Worte kommt, ein Forschungszweig, der seinem Wesen nach eher in die Endphase der Feldarbeitsprogrammatisierung gehört und teilweise auf vorangegangenen Ergebnissen anderer naturwissenschaftlicher Disziplinen basiert, hat seinen Grund darin, daß die Verfasserin ihre Arbeit als Dissertation eingereicht hat und somit ein festgesetzter Erscheinungstermin einzuhalten war.

Um Entstehung und Entwicklung des Projektes dem Leser besser verständlich machen zu können, scheinen einige Vorbemerkungen angebracht zu sein.

Eine erste Begehung der Ruinen der Sabäerhauptstadt und deren Umgebung erfolgte im Frühjahr 1977 während einer Reise nach Mārib. Angesichts der Tatsache, daß zum damaligen Zeitpunkt an Ausgrabungen nicht zu denken war, daß weder die Zentralregierung in Ṣanʿāʾ noch die Stämme der Region einer Grabung zugestimmt hätten, entschlossen wir uns, zunächst einmal mit surveyartigen Unternehmen das Land zu erfassen und Oberflächenuntersuchungen durchzuführen. Dieses Anliegen kam denn auch dem Interesse des Präsidenten der Altertümer, Qadī Ismāʿīl al Akwā, entgegen, der unserem Vorschlag, sich dem Damm von Mārib und den damit in Verbindung stehenden Bewässerungssystemen zuzuwenden, zustimmte. Zum gleichen Zeitpunkt wurde eine erste Vorexpedition für das Frühjahr 1978 mit den yemenitischen Instanzen vereinbart. Diese fand im März 1978 unter starker zeitlicher Einschränkung statt, denn yemenitische Seite wurde von einer längeren Präsenz am Orte abgeraten. Die Expedition konnte sich in etwa dreiwöchiger Arbeit auf Voruntersuchungen konzentrieren, auf die Besichtigung der wassertechnischen Ruinen, Fahrten durch die Oasengebiete und auf eine weiträumige Erschließung des ganzen Gebietes. Bei dieser Gelegenheit wurden die später mit Bau A und B bezeichneten Baukomplexe entdeckt und als zur Wasserwirtschaft gehörige Anlagen identifiziert.<sup>1</sup>

Im Winter 1978/79 ist erstmals intensiv an den Vorstufen zum Projekt ANTIKE TECHNOLOGIE gearbeitet worden, das in Frage kommende Gebiet wurde kartographiert, mittels eines Bodensurveys erfaßt und bestandteilmäßig registriert. Die großen Wasserbauwerke an beiden Enden des Damms sind in derselben Kampagne photogrammetrisch aufgenommen worden.

In der darauffolgenden Winterkampagne 1979/80 führten wir den Survey in Mārib und Umgebung fort, die zur Herstellung einer Gebietskarte notwendigen Eintragungen sowie Messungen sind ergänzt und korrigiert worden. Die Resultate finden sich in „Archäologische Berichte aus dem Yemen“, Band I und sind in zwei Gebietskarten zusammengestellt: in der Luftbildkarte der Mārib-Region und in der archäologischen Übersichtskarte desselben Gebietsausschnittes. Die ersten Bauaufnahmen von kleineren Wasserbauwerken wurden damals ebenfalls in Angriff genommen, die Fassaden der Großbauten unter Zugrundelegung der ausgewerteten Photogrammetriepläne steingerecht aufgenommen. Mit geomorphologischen Untersuchungen an den Sedimentformationen begann U. Brunner im gleichen Jahr.

1980/81 kann als die Kampagne der Grundlagenforschung zum Thema „Antike Wasserwirtschaft“ angesehen werden. Dabei wurden die Oasen auf beiden Seiten des Wādī Dana unter Berücksichtigung

1 J. Schmidt, Die älteren Bauanlagen der Wasserwirtschaft im Wādī Dana, ABADY I (1982) 20 Taf. 11 ff. Taf. 139 u. 140. W. Herberg, Baukomplex B im Wādī Dana, ABADY III (1986) 33 ff. Taf. 10 ff. Taf. VI-IX. W. Her-

berg, Vorläufiger Bericht über baugeschichtliche Untersuchungen der Bauanlage A im Wādī Dana, ABADY IV (1987) 98 ff. Taf. 1 ff. Taf. II u. III.

der Sedimentstrukturen und sonstiger Einrichtungen der Wasserwirtschaft, Kanalsysteme, kleinere Verteilerbauten und Oberflächenbeschaffenheiten berührt. An den baulichen Anlagen der Wassertechnik wurden zu diesem Zeitpunkt bereits Detailuntersuchungen durchgeführt und erste Funktionsanalysen vorgenommen.

U. Brunner hat seine Forschungen 1983 in „Archäologische Berichte aus dem Yemen“, Band II monographisch unter dem Titel „Die Erforschung der antiken Oase von Märib mit Hilfe geomorphologischer Untersuchungsmethoden“ vorgestellt. U. Brunner hat damit als erster den Versuch unternommen, den geomorphologischen Bereich der antiken Bewässerungsanlagen von Märib systematisch von der naturwissenschaftlichen Seite her zu sehen. Seine als Grundlagenforschung aufzufassende Tätigkeit wurde zum Abschluß gebracht, wodurch sich aber notwendigerweise die Frage nach einer weiteren, ins Detail führenden Untersuchung der einzelnen Kapitel erhob. In der Kampagne 1981/82 folgten erste klimatologische Beobachtungen und die Kartierung des antiken Bewässerungsgebietes mit Hilfe geodätischer Bodenmessungen. Nach Beendigung dieser Kampagne entschlossen wir uns, die naturwissenschaftlichen Arbeiten zu vertiefen und zu verzweigen sowie für die einzelnen Spezialgebiete Fachgelehrte heranzuziehen. Über die Arbeit des Geographen hinaus galt es nun, auf den Gebieten der Geologie, der Geomorphologie, der Wassertechnik, der Hydrologie, der Landwirtschaft und vieler anderer Sektionen mittels weiterer Feldarbeiten in die verschiedenen Richtungen vorzustoßen. Mit dem Lehrstuhl für Landwirtschaftlichen Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Bonn wurde eine Zusammenarbeit vereinbart. Die Universität Bonn stellte den Mitarbeiterstab der naturwissenschaftlichen Disziplinen unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Hans Radermacher.

Es wurde ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben geschaffen, das vom Deutschen Archäologischen Institut Şan‘ā’ durchgeführt wurde, in das jedoch alle notwendigen naturwissenschaftlichen und technischen Arbeitsbereiche integriert worden sind. Zusammen mit den Kollegen der Universität Bonn wurden Richtlinien, Ziele und Forschungskapitel festgelegt. Das weitverzweigte Projekt, das neben den Kosten für die Durchführung der Feldkampagnen erhebliche Personalmittel erforderte, wurde dann dankenswerterweise von der Stiftung Volkswagenwerk gefördert und konnte zusammen mit dem Deutschen Archäologischen Institut als Archäometrie-Projekt realisiert werden.

Die geschlossene Kulturlandschaft der Sabäerhauptstadt Märib mit ihrer Wechselwirkung von Stadt und Staat, von Politik und Ökonomie zu erforschen stellte das übergeordnete Gesamtziel des Unternehmens dar. Kaum ein anderes Beispiel der antiken Welt bot dafür ein so überreiches Material, wäre im gleichen Maße für die Erforschung antiker Technologie aufgrund der Fülle von materiellen Hinterlassenschaften, historischen Quellen und sonstigen Informationen derart geeignet gewesen wie Märib. Ein Ziel der Untersuchungen sahen wir nicht zuletzt auch in der für die Altertumswissenschaften neuen Gesamtschau eines Problemkreises antiker Kultur und seiner Behandlung mit angepaßten, weitgehend technischen Mitteln und Methoden. Allein der Umfang des angesprochenen geographischen Gebietes und die Fülle der Problemstellungen erforderte eine Ausrichtung auf neue, technisierte Arbeitsmethoden. Unter Gesamtschau wird hier verstanden, daß Einzelgebiete oder einzelne Kapitel der Forschungsaufgabe nicht selbständig und vom übergeordneten Themenkreis losgelöst behandelt werden. Weder historische noch archäologische Fragestellungen konnten in diesem Zusammenhang separat betrachtet werden. Andererseits sollten auch wasserwirtschaftliche, ökologische und landwirtschaftliche Komplexe nicht ohne Integrierung in den historischen Rahmen behandelt werden. Unter dem übergeordneten Begriff „Antike Technologie“ zielte das Programm auf „Die Erforschung der antiken Bewässerungssysteme der Sabäerhauptstadt Märib“. Folgende Fachrichtungen waren auf dem naturwissenschaftlichen Sektor vertreten:

Geologie

Geomorphologie und Sedimentologie

Geodäsie

Hydrologie

Hydraulik  
Klimatologie  
und Agrarwissenschaft.

Zu den altertumswissenschaftlichen Fächern zählten:

Archäologie  
Antike Bauforschung  
Alte Geschichte  
Semitistik/Sabäistik  
und Arabistik.

Das Ziel ließ sich nur in der engen wechselseitigen Zusammenarbeit von Geschichtsforschung, Archäologie, Sprachwissenschaft und antiker Bauforschung auf der einen Seite und den wasserwirtschaftlich-naturwissenschaftlichen Fächern auf der anderen Seite bewältigen.

Im wasserwirtschaftlich-naturwissenschaftlichen Bereich wurden u. a. als Hauptarbeitsthemen angesehen:

1. Die Abschätzung des Umfangs der Bewässerungssysteme.
2. Die Klärung der Funktion dieser Bewässerungssysteme, sowohl in ihrer Gesamtheit als auch in den einzelnen Elementen.
3. Die Aufdeckung von Entwicklungsschritten sowie zeitliche Anbindung wichtiger Ereignisse; eine zunächst anhand der Stauraum- und Bewässerungssedimente zu erarbeitende relative zeitliche Einordnung sollte durch <sup>14</sup>C-Datierungen und andere Methoden so ergänzt werden, daß die Aufstellung einer absoluten zeitlichen Abfolge wesentlicher Ereignisse – im Genauigkeitsbereich der angewandten Verfahren – vorgenommen werden kann.
4. Aufklärung des Niedergangs der Wasserkultur sowie der Gründe, die dazu führten.

Hierzu waren Untersuchungen auf folgenden Gebieten notwendig:

1. Erfassung und Beurteilung der klimatischen sowie wasserhaushaltlichen Verhältnisse im Zeitraum der Kultur, sowohl auf den Bewässerungsflächen um Märüb selbst als auch in den Einzugsgebieten der Wadis, die das Wasser für die Bewässerungen lieferten.
2. Bewertung und Datierung wasserwirtschaftlicher, wasserbaulicher, bewässerungstechnischer und sedimentologischer Überreste.
3. Erfassen von topographischen Gegebenheiten.

Im altertumswissenschaftlichen Bereich waren die Zielsetzungen:

1. Die Erfassung und Bearbeitung der antiken, zu den Bewässerungssystemen gehörigen Hinterlassenschaften, soweit sie nicht in den Bereich geomorphologischer Strukturen gehören (d. h. Bauwerke aller Art usw.).
2. Die Aufschlüsselung bahistorischer Zusammenhänge und Entwicklungen der für die Bewässerungssysteme errichteten Anlagen.
3. Das Aufstellen einer relativen und nach Möglichkeit auch einer absoluten Chronologie der für die Bewässerungsanlagen bestimmten baulichen Einrichtungen.
4. Das Erarbeiten einer Stratigraphie der Bewässerungssysteme; die historische Abfolge und ihre zeitliche Einordnung der Funktionsphasen der Einrichtungen für die Wasserwirtschaft (Schleusen-Verteilerbauten u. a.).
5. Das Erarbeiten einer Stratigraphie der Bewässerungsflächen, d. h. die zeitliche resp. historische Aufschlüsselung der Oasenflächen. Während im wasserwirtschaftlichen Bereich vornehmlich die funktionellen Eigenschaften des Systems in sich erforscht werden sollten, mußte die Altertumswissenschaft die Aufgabe übernehmen, nach Möglichkeit eine historische Entwicklung des Systems im Laufe der Jahrhunderte aufzuzeigen.
6. Im Zusammenhang mit 4. und 5. die Datierung der wasserwirtschaftlichen, wasserbaulichen und bewässerungstechnischen Überreste mit

- a) bauhistorischen Methoden
  - b) historischen Überlieferungen (Inschriftenmaterial)
  - c) archäologischen Methoden.
7. Die Synchronisierung der Felddaten mit vorhandenen antiken Nachrichten und Überlieferungen.

8. Die Einarbeitung der Ergebnisse in den übergeordneten gesamtgeschichtlichen Rahmen.

Das Projekt, das unter meiner Gesamtleitung stand, umfaßte im Zeitraum der Förderung durch die Stiftung Volkswagenwerk folgenden Mitarbeiterstab:

Prof. Dr.-Ing. Hans Radermacher vom Lehrstuhl für Landwirtschaftlichen Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Bonn als Leiter des naturwissenschaftlichen Forschungsbereiches. Renate Cedzich MA, Arabistik; Dipl.-Ing. agr. Ingrid Hehmeyer, Agrarwissenschaft; Dipl.-Ing. Werner Herberg, Antike Bauforschung; Dipl.-Ing. Hella Jordan, Antike Bauforschung; Dipl.-Ing. Michael Schaloske, Geodäsie und Hydraulik; Dipl.-Ing. Bernd Tischbein, Geodäsie; Dipl.-Geol. Winfried Wagner, Geologie und Sedimentologie, sowie die Studenten Wolfgang Frey, Roland Ganter, Robert Godding, Michael Hohnvehlmann, Hansgerd Maas, Ingbert Ridder, Reinhard Scholl.

In der Vorbereitungsphase vor Beginn des Gemeinschaftsprojektes und nach Beendigung des Förderungszeitraumes waren für das Unternehmen tätig: Renate Krautwurst, Ur- und Frühgeschichte; Dipl.-Ing. Zülta Madani, Antike Bauforschung; Dipl.-Ing. Klaus Mathieu, Antike Bauforschung; Dipl.-Geol. Gerhard Remmele, Klimatologie; Dipl.-Ing. Fereydoon Zarringhalam, Antike Bauforschung. Allen hier genannten Mitarbeitern möchte ich meinen Dank für ihren unermüdlichen Einsatz aussprechen. Außerhalb des offiziellen Programms haben Prof. Dr. Barbara Finster und Prof. Dr. Walter W. Müller durch wertvolle Hinweise und Mitarbeit dem Unternehmen wesentlich geholfen, wofür wir ihnen sehr zu Dank verbunden sind.

Die Feldarbeiten konnten bis zum Frühjahr 1985 ungehindert und in vollem Umfang vorangehen. Durch den Bau eines neuen Staudammes in etwa 2 km Entfernung vom antiken ist es bei der für den Winter 1985/86 vorgesehenen Feldkampagne zu erheblichen Schwierigkeiten gekommen. Untersuchungen auf den Oasenflächen, d. h. den antiken Anbaugebieten, konnten nicht mehr durchgeführt werden. Der Neubau eines Dammes hatte zur Folge, daß man irrtümlicherweise davon ausging, die landwirtschaftlichen Nutzungsflächen des Altertums wieder beleben zu können. Daß das moderne Bewässerungsprojekt dies nicht nur nicht vorsah, sondern ein solches Projekt schon allein durch den gegebenen Niveauunterschied gar nicht zu realisieren war, wurde ignoriert. So kam es dann zu einer kaum vorstellbaren Bodenspekulation und zum Ausverkauf der Stammesterritorien auf den Oasen, die damit der Zerstörung und der Vernichtung aller bis dahin unversehr überlieferten antiken Relikte ausgeliefert waren. Unsere zur Rettung wenigstens der wichtigsten Ruinen unternommenen Bemühungen, die sich mit den Vorstellungen der yemenitischen Antikenverwaltung deckten, kollidierten zwangsläufig mit den Privatinteressen der Grundbesitzer, die letztendlich in unserer Tätigkeit ein gegen sie gerichtetes, von der Antikenbehörde unterstütztes Vorgehen sahen. Um Zwischenfälle jeder Art zu vermeiden, haben wir es darum vorgezogen, in den weitgehend neutralen Zonen des antiken Dammes und der wasserrechtlichen Bauanlagen im Wādi Dana zu arbeiten. Das Standortquartier der Expedition wurde ebenfalls in das am oberen Wādi-Dana-Lauf gelegene Dorf Arāk verlegt.

Die Oberflächen der aufsedimentierten Oasengebiete sind in zunehmendem Maße während der letzten Jahre zerstört, umfunktioniert und durch technische Eingriffe völlig entstellt worden. Aus der späten Einsicht, nicht vom Wasser des neu geschaffenen Stausees profitieren zu können, entstand ein verzweigtes Netz von Pumpstationen, die das Grundwasser nunmehr an die Oberfläche befördern und für die Landwirtschaft nutzbar machen. Der einzige erhaltene Rest der antiken landwirtschaftlichen Anbaugebiete einschließlich des Kanalnetzes und der baulichen Einrichtungen ganz im äußersten Westen in unmittelbarer Nähe des Dammes ist zwar bedroht, aber bis jetzt erhalten geblieben. Er repräsentiert das letzte Zeugnis der bis dahin geschlossen erhaltenen Kulturlandschaft des Altertums.

Die Weltbank hat ihren Willen zur Erhaltung dieses Gebietes, das in einen archäologischen Park verwandelt werden soll, bekundet. Wie weit eine Chance besteht, dieses Vorhaben gegen privatwirtschaftliche Interessen durchzusetzen und zu verwirklichen, bleibt abzuwarten.

1987/88 ist die Arbeit am Thema „Die Wasserwirtschaft der Sabäerhauptstadt Märib“ insofern mit weiteren Feldforschungen fortgeführt worden, als eines der bedeutendsten archaischen Wasserbauwerke, das in der Wadimitte unweit des späteren großen Dammes gelegene Bauwerk A, ausgegraben wurde.<sup>2</sup> Weitere Grabungen fanden am Südbau des großen Dammes statt. In Einzeluntersuchungen wird die Bearbeitung des Themas auch weiterhin verfolgt.

Auf dem Bewilligungssektor Orientalistik sah die Planung des Projektes vor, das antike Inschriftenmaterial, soweit es mit dem hier vorliegenden Thema zu tun hat, durch einen Sabäisten aufarbeiten zu lassen und es in Zusammenarbeit mit den anderen Fachkollegen zu interpretieren. Sabäische Quellen berichten über wassertechnische und wasserrechtliche Einzelheiten, lassen im Altertum gebräuchliche technische Ausdrücke erkennen und können dem archäologischen oder naturwissenschaftlichen Bearbeiter wertvolle Hinweise für die Aufschlüsselung der Anlagen liefern. Umgekehrt hat es sich in der Vergangenheit immer wieder gezeigt, daß dem Philologen bei der Übersetzung von Texten Rätsel aufgegeben werden, die mit rein philologischen Mitteln nicht gelöst werden können. Der für die Epigraphik vorgesehene Mitarbeiter, Christoph Schuffert aus der Schule von Walter W. Müller, ist jedoch noch vor Beginn unserer Arbeiten einer schweren Erkrankung erlegen. Eine Ersatzperson für das ihm zugeordnete Aufgabengebiet stand zum damaligen Zeitpunkt nicht zur Verfügung. So haben wir uns entschlossen, auf das Gebiet der nachantiken Überlieferungen auszuweichen und die für die antiken Kulturen vorgesehene Aufgabe zunächst auf die Nachfolgeepochen auszudehnen sowie in erster Linie die in der antiken Tradition stehende islamische Wasserordnung, d. h. das islamische Wasserrecht, bearbeiten zu lassen. Wie sich im Laufe der Zeit herausstellte, war die Vermutung, daß die Muslime nach der Eroberung der arabischen Halbinsel antikes Erbe aufgriffen und tradierten, auch für das Wasserrecht zutreffend.

War unser Bestreben, das Forschungsthema seinem Charakter gemäß als Ganzheit zu behandeln, als übergeordnetes Prinzip die interdisziplinäre Kooperation anzusehen und die Verselbständigung einzelner Bereiche auszuschalten, so konnte das theoretische Konzept, das am Anfang stand, dennoch nicht ohne Modifikationen umgesetzt werden. Anpassungen an örtliche Gegebenheiten, vor allem wegen der außerordentlich komplexen Fundsituation, waren unvermeidlich.

Eines der Hauptprobleme lag in der immensen Ausdehnung des zu behandelnden Gebietes, das überdies z. T. außerordentlich unübersichtlich war und an Volumen bei weitem das überstieg, was normalerweise in die Kategorien archäologischer Erforschbarkeit fällt. Die maximale Längsausdehnung der Oasen von der Stelle des Wasseraustritts am Damm bis zum entferntest gelegenen Bewässerungsfeld der antiken Landwirtschaft beträgt ca. 20 km. Die gesamte im Altertum bewässerte Fläche ist 9600 ha groß. Die Mächtigkeit der durch Jahrtausende angeschwemmten Sedimentablagerungen bewegt sich zwischen 16 und 20 m. Diese Dimensionen allein stellten uns vor die Frage, wie eine realistisch einzuschätzende Bewältigung des zu bearbeitenden Stoffes auszusehen habe.

Eine lückenlose Erfassung des Gebietes und Materials mit den zur Verfügung stehenden Mitteln und in einem abschätzbaren Zeitraum erreichen zu wollen erschien von vornherein aussichtslos. Wir wissen heute, daß eine geordnete und gezielt angelegte Bewässerung bereits im 3. vorchristlichen Jahrtausend eingesetzt hat und daß diese Bewässerung - von gelegentlichen, vielleicht kurzzeitigen Unterbrechungen abgesehen - bis ins 6. Jahrhundert nach Christus betrieben wurde. Naturgemäß gibt es, auch wenn die technologischen Grundprinzipien in der Wasserwirtschaft immer die gleichen blieben, kontinuierliche Weiterentwicklungen im System, Veränderungen durch historische, geomorphologische und klimatologische Einflüsse. Es mag große, plötzliche Evolutionsschritte gegeben haben,

Neuentdeckungen oder von außen herangetragene Ereignisse, die zu Veränderungsmaßnahmen geführt haben. Das riesige Gebiet der antiken Kulturlandschaft hatte ein außerordentlich vielschichtiges Aussehen, das sich im Laufe großer Zeitspannen auch verändert hat. Wie bei einem Ruinentell, bei dem die Kultur- und Bauschichten sich in einem fast organisch zu nennenden Wachstumsprozeß aufeinanderlegen, sind die Oasen von Märib in erster Linie durch einen entscheidenden Faktor, die Aufsedimentierung, im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende in die Höhe gewachsen. In dem allgemein kontinuierlich fortschreitenden Prozeß der in den Flutzeiten entstehenden Aufsedimentierungen gab es Zeitpunkte, in denen das System wegen zu hoch aufgewachsener Ablagerungen zu erlahmen drohte und deshalb erforderliche Maßnahmen, z. B. der Bau von Neuanlagen, ergriffen werden mußten. Wuchsen die Anbauflächen über das Niveau der Wasserauslässe in den Bauwerken des Dammes hinaus, so war das erforderliche Gefälle zum Bewässerungsfeld hin nicht mehr gegeben, die Fließgeschwindigkeit reduzierte sich, das System wurde in zunehmendem Maße uneffizient oder gar blockiert.

An solchen Wendepunkten war man gezwungen, die Auslaßbauwerke zu erhöhen, entweder künstlich oder dadurch, daß der Standort gewechselt wurde. Andererseits kamen aber auch die Kanalsysteme selbst zum Erliegen, mußten auch sie in größeren Zeitintervallen neu angelegt werden, wobei Verteilerbauten, Wehre und Ablenkeinrichtungen neu gebaut wurden. Wir können diese Etappen, in denen ein bestimmtes angelegtes System betriebsfähig war, als Oasenhorizont bezeichnen. Sie stellen für uns unbekannte Größen dar, insofern als sie von allen nachfolgenden Anlagen überdeckt wurden und nicht mehr sichtbar sind. Lediglich die randlichen Zonen, die durch Erosionstäler aufgerissen sind, gewähren auf kleinem Raum Einblick in die innere Struktur und den Aufbau der Sedimentformationen. Die hier gewonnenen Erkenntnisse beziehen sich aber mehr oder minder auf stratigraphische Beobachtungen und geben in keiner Weise Aufschluß über die Situation der Horizontalausdehnung. Mitunter werden in freigespülten Regentälern Reste von Bauwerken früherer Epochen sichtbar, kleinere Verteileranlagen, die zwar als Bauwerk beurteilt werden können, nicht aber in Verbindung mit den ihnen zugeordneten Systemen.

Diese Erkenntnis also, daß alle übereinanderliegenden Bewässerungssysteme bis auf das letzte auf der Oasenoberfläche sichtbare nicht zugänglich sind und praktisch auch nicht ausgegraben werden können, hat das Forschungskonzept maßgeblich bestimmt, hat es einerseits eingeengt, andererseits aber zwangsläufig auch auf ein realistisches Maß reduziert und die Möglichkeiten dargelegt, die sich dem Forscher bieten. Eine flächendeckende Bestandsaufnahme aller historischen Bewässerungshorizonte, das muß noch einmal betont werden, war schlechthin nicht zu verwirklichen.

Der dieserart verschlossenen genetischen Entwicklung der Irrigationssysteme gegenüber stand die Oberfläche der Oasen in voller Ausdehnung zur Verfügung. Sie bildete eine geschlossene Einheit, eine homogene anthropomorphe Kulturlandschaft. Bis auf die wiederum durch fluviale Erosion gestörten Randzonen bot das gesamte Oberflächenniveau alle Einrichtungen, die zur antiken Wasserwirtschaft gehörten. Besonders die Nordoase war zum damaligen Zeitpunkt so gut wie unberührt, wie man der Luftkarte (ABADY I, Luftbildmosaik 1 : 30 000) entnehmen kann. Auf der Südoase war es durch Rekultivierung der alten Anbauflächen bereits zu Beginn der 70er Jahre zu Einbußen gekommen. Hier zeigt das Luftbild (Befliegung von 1971) größere Flächeneinheiten, deren Topographie bereits modern verändert ist. So wichen wir mit unseren Arbeiten vornehmlich auf die Nordoase aus.

Durch äolische Erosion an den Oberflächen treten viele Bestandteile des Irrigationssystems noch deutlicher hervor, als dies unter normalen Umständen der Fall gewesen wäre. Besonders Erdwälle, Kanalstrukturen, Pflugspuren u. a. zeichneten sich deutlich an der Oberfläche ab. Archäologisch betrachtet bieten die Oasenoberflächen natürlich nur die jüngste Schicht, nur das allerletzte Stadium der Bewässerungskultur, die letzte Betriebsphase im Gesamtablauf. Und zeitlich gesehen ist dies – zumindest was die Nordoase betrifft – die Epoche unmittelbar vor dem letzten katastrophalen Dammbbruch, auf die dann keine Wiederbelebung der Systeme mehr folgte.

Auf der Südoase liegen die Dinge etwas anders. Hier wurde aus Gründen, die nicht immer klar ersichtlich sind, die Bewässerung schon früher eingestellt, so daß die Oberfläche ein historisch älteres Niveau in der Geschichte der Bewässerung von Mārib widerspiegelt als die der Nordoase.

Dadurch, daß die Oberfläche der Nordoase zwar die letzte Betriebsphase, dafür aber ein vollkommen geschlossenes System darstellte, erschien sie uns dazu prädestiniert, als Forschungsgegenstand insbesondere für die wassertechnische Funktionsbestimmung und die Landwirtschaft zu dienen. Mit anderen Worten haben wir die Akzentverteilung folgendermaßen vorgenommen, wobei uns die natürlichen Gegebenheiten im Bereich des Wādī Dana zu Hilfe kamen:

Die Forschungsproblematik wurde in eine *horizontale Untersuchungsebene* und in eine *vertikale* aufgliedert. In der horizontalen wurden vorrangig die Funktionsweisen und verschiedenen Komponenten des Systems, die technischen Einrichtungen und Bestandteile untersucht, also die Hydraulik und das bewässerungstechnische Werk entschlüsselt. Es war zugleich die einzige Möglichkeit, Zusammenhänge aufzudecken und das System in ganzer Ausdehnung zu begreifen. Darüber hinaus boten sich hier als sichtbare Zeugen der antiken Landwirtschaft Feldeinteilungen, Pflugspuren, Baumreste und Bodeneinschlüsse, die über die Anbautechniken und die gebräuchlichen Nutzpflanzen Auskunft gaben.

Aber nicht nur Relikte des rein technologischen Spektrums wies die Oasenoberfläche auf, sie stellte gleichzeitig, wenn auch in verhältnismäßig bescheidenem Umfange, archäologisches Material: kleinere Siedlungen, die in enger Verbindung mit der Wasserwirtschaft zu sehen sind, Grabhügel und Spolien, seien es Inschriften oder skulptierte Teile, die man in den spätzeitlichen Wasserbauten wiederverwendet hat.

Zur *vertikalen Forschungsebene* zählt die eigentliche historische Wertung des Ganzen. Dadurch, daß die Hauptbauwerke des Systems in Verbindung mit den jeweiligen Staudämmen frei zugänglich sind oder durch Ausgrabungen wiederzugewinnen waren, lassen sich hier die großen Entwicklungsstufen aufzeigen und der ganze geschichtliche Werdegang nachvollziehen. Die in enger und unlösbarer Korrespondenz mit den Bewässerungs- und Anbaugebieten stehenden Auslaßbauwerke der jeweiligen Staudämme können in ihrer baugeschichtlichen und funktionstechnischen Entwicklung fast lückenlos nachgewiesen werden. Der technische Fortschritt, der in den Anlagen erkennbar wird, ist jedoch in erster Linie an den Großbauwerken abzulesen, wobei Ruinen in den freiliegenden Randzonen der Oasen das Bild ergänzen.

Zusammenfassend und sehr verallgemeinernd können wir also sagen, daß eine flächig orientierte horizontale Forschungsebene überwiegend den technologischen und naturwissenschaftlichen Untersuchungen vorbehalten war, während die Vertikalebene der historisch-archäologischen Forschung diente. Diese Orientierung im methodischen Vorgehen hat letztendlich dann auch den Weg gewiesen. Die Konzentration auf beide wesentlichen Aspekte gewährleistete, wie wir im nachhinein feststellen konnten, abgerundete und klar überschaubare Resultate.

Bei den Datierungsversuchen ist im Hauptabschnitt der Forschungen methodisch in neue Richtungen vorgestoßen worden, wobei es zu einer besonders engen Verknüpfung von Archäologie und Geomorphologie kam. Es sind neue Verfahrensweisen vom Geologen entwickelt worden, die – wie sich zeigen wird – unter Umständen richtungweisend für die gesamte Altertumsforschung Südarabiens sein können. Wesentlich war dabei, daß alle Komponenten der Zeitbestimmung integriert wurden. Im einzelnen werden die hier angesprochenen Verfahrensweisen im nächsten Band von W. Wagner beschrieben. Abgesehen von der <sup>14</sup>C-Methode bedarf es bei den übrigen naturwissenschaftlichen Datierungsverfahren der „Aufhängung“ an historisch gesicherte Festpunkte. Von dort ausgehend läßt sich ein Gerüst größerer Intervalle schaffen, mit dem im Falle der Wasserbauwerks- und Sedimentbestimmung bis weit in die Frühzeit zurückgegangen werden kann. Eine mit kleinen Zeiträumen operierende Datierung ist damit jedoch freilich noch nicht erreicht.

*Ingrid Hehmeyer*

## Der Bewässerungslandbau auf der antiken Oase von Mārib

### 1. Das Forschungsvorhaben „Antike Technologie – Die sabäische Wasserwirtschaft von Mārib“

#### 1.1 GESAMTKONZEPTION

Einer der Hauptarbeitsbereiche der Zweigstelle Şan‘ā<sup>3</sup> des Deutschen Archäologischen Instituts ist die Erforschung von Entstehung und Entwicklung der sabäischen Kultur mit Schwerpunkt der Arbeiten im (Teil-)Bereich der antiken Technologie: Die Bewässerungsanlagen der Sabäer in Mārib bilden einerseits – für sich genommen – eines der beeindruckendsten Beispiele antiker Ingenieurkunst, andererseits schuf die Bewässerungswirtschaft die lebenserhaltende Grundlage, auf der sich die antike Kultur entwickelte, wobei jedoch beide Bereiche nur als Folge intakter gegenseitiger Wechselwirkungen zur Blüte gelangen konnten und so nicht isoliert, sondern in enger Verbindung miteinander zu behandeln sind.

Daher ist das 1980 begonnene Forschungsvorhaben „Antike Technologie – Die sabäische Wasserwirtschaft von Mārib“ im Rahmen der Erforschung des sabäischen Kulturkreises zu sehen, was sich auch in seiner besonderen Konzeption zeigt. Die Bearbeitung dieses Themas konnte nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit von Altertumswissenschaften mit Natur- und Ingenieurwissenschaften zu befriedigenden Ergebnissen führen, wobei allerdings der Schwerpunkt auf den letztgenannten Disziplinen lag – eine in der Altertumsforschung an sich ungewöhnliche Arbeitsweise, die sich aber aus der speziellen Forschungsthematik zwangsläufig ergab.

Im natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereich, dessen Mitarbeiterin die Verfasserin von 1984 bis 1986 war, mußten zunächst die natürlichen Rahmenbedingungen analysiert werden, von denen die Funktion und Entwicklung der sabäischen Bewässerungswirtschaft maßgeblich beeinflußt wurden. Dazu gehören insbesondere Klima, Topographie und Geologie im eigentlichen Untersuchungsgebiet Mārib<sup>1</sup> sowie im Einzugsgebiet des Wādī Dana und der kleinen Seitenwadis al-Masil und al-Ġufaina, die das für die Bewässerung zur Verfügung stehende WASSERDARGBOT bestimmten, die aber auch das Ausmaß der Sedimentfracht in den Wadiabflüssen und daher der SEDIMENTATION auf den mit diesem Wasser bewässerten Oasenflächen entscheidend beeinflußt haben.

Wasserdargebot und Sedimentation sind in ihrer fördernden wie in ihrer hemmenden Wirkung auf die Entwicklung der sabäischen Bewässerungswirtschaft zu sehen:

– Das Wasserdargebot mittlerer Jahre schuf die Voraussetzung für die Bewässerung auf der Oase und bestimmte Art und Ausdehnung der Kulturen; das Dargebot extremer Jahre führte dagegen – bei extremem Niedrigwasser – mehr oder weniger zur Vernichtung der Kulturen oder – bei extremem

1 Für Mārib liegt eine solche Untersuchung, allerdings mit Schwerpunkt auf geologischen Fragestellungen, bei U. Brunner, Die Erforschung der antiken Oase

von Mārib mit Hilfe geomorphologischer Untersuchungsmethoden, ABADY II (1983) 7ff. vor.

Hochwasser – zu Beschädigung bzw. Zerstörung der Bewässerungsbauwerke und infolgedessen ebenfalls zur Vernichtung der Kulturen.

- In der natürlichen Sedimentation ist die Basis für den Beginn der Bewirtschaftung auf der Oase zu sehen, und in der bewässerungsbedingten Sedimentation im Verlauf der Entwicklung liegt die durch ständige Neuzufuhr fruchtbarer Sedimentmaterials geschaffene Voraussetzung für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit über Jahrtausende; mit der Sedimentation war jedoch die stetige Erhöhung der Oase gegenüber dem Wadi verbunden, d. h., die notwendigerweise im Wadi bzw. am Wadiufer gelegenen Großbauwerke des Wasserfassungssystems einschließlich der sich anschließenden Haupt- (Zuleitungs-)kanäle mußten in größeren zeitlichen Abständen zur Anhebung des Wasserspiegels wadiaufwärts verlegt oder aber – bei Beibehaltung des Standortes – insgesamt aufgestockt werden, um weiterhin mit freiem Wasserspiegelgefälle in das Verteilungssystem einspeisen zu können.

Das Funktionssystem der sabäischen Bewässerungswirtschaft ist folglich nicht als ein feststehendes System anzusehen. Im Verlauf der ingenieurwissenschaftlichen Forschungsarbeiten stellte sich dann auch heraus, daß die Überreste der verschiedenen Großbauwerke zur Wasserfassung mit den sich anschließenden Hauptkanälen sechs Betriebsperioden dokumentieren, die sich auf das gesamte Funktionssystem beziehen, d. h. auch auf das Verteilungssystem, welches das Bewässerungswasser vom Hauptverteiler über das nachgeordnete Kanalnetz (Kanäle zweiter bis vierter Ordnung) mit seinen Durchlaßbauwerken bis auf die Feldflächen leitete.

In der Analyse und Funktionsdeutung der einzelnen Systemelemente sowie der weitestmöglichen hydraulisch-funktionellen Rekonstruktion des Funktionssystems als Gesamtheit in Abhängigkeit von den seine Entwicklung maßgeblich beeinflussenden naturräumlichen Bedingungen (Wasserdargebot, Sedimentation) lag der Schwerpunkt der INGENIEURWISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN. Ergänzend waren insbesondere bei der Rekonstruktion der den einzelnen Betriebsperioden zuzuordnenden Hauptkanäle, die sich in den Bewässerungssedimenten weitgehend verfolgen lassen und aus deren Verlauf u. a. auf lage- und höhenmäßige Einordnung unbekannter, aber vermuteter Großbauwerke geschlossen werden kann, SEDIMENTOLOGISCHE ARBEITEN erforderlich. Diese erstreckten sich auch auf die Bestimmung der während der einzelnen Phasen abgelagerten Sedimente, da die den Beginn einer Betriebsperiode kennzeichnenden, gegenüber dem Ende der vorangehenden Periode deutlich sich unterscheidenden Ablagerungsbedingungen zu gut sichtbaren Veränderungen in den Sedimentprofilen führten. Zusammen mit den Messungen der Höhendifferenzen zwischen den hydraulisch wirksamen Elementen der verschiedenen Großbauwerke dienten diese Untersuchungen zur Bestimmung der relativen Dauer der einzelnen Betriebsperioden.

Die zunächst relative Chronologie war schließlich in den historischen Rahmen einzuordnen und an datierbare historische Ereignisse anzubinden, um auf diese Weise die absolute Datierung der Betriebsperioden zu ermöglichen.

Da auf diese Betriebsperioden I bis VI in den folgenden Kapiteln häufig zurückgegriffen wird, sollen sie hier kurz benannt werden<sup>2</sup> (vgl. auch Taf. 1). Das Funktionssystem ist dabei nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich unterteilt in die Bereiche „Südoase“ (S) und „Nordoase“ (N), da diese in den frühen Phasen funktionell unabhängig voneinander waren und erst in den späteren Betriebsperioden durch die Vollabsperrung des Wadis und die damit verbundene gleichzeitige Wasserfassung für Nord-

2 Zu den folgenden Ausführungen vgl. die unpublizierte Studie von H. Radermacher – I. Hehmer – W. Piwonka – M. Schaloske – B. Tischbein – W. Wagner, Antike Technologie – Die Wasserkulturen der Sabäerhauptstadt Märüb. Forschungsbericht der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Untersuchungen (1987) 95 ff. sowie Abb. D 4–1. Die Bauwerksbezeichnungen

und -numerierungen ergaben sich in der vorliegenden Form im Verlauf der Forschungsarbeiten. Es ist zu beachten, daß in dieser Studie anstelle des Begriffes „Betriebsperiode“ der Begriff „Betriebsphase“ verwendet wird und entsprechend anstelle von „Betriebsphase“ der Begriff „Betriebsperiode“.

und Südoase funktionelle Abhängigkeiten zwischen den beiden Bereichen geschaffen wurden, die allerdings weiterhin über völlig getrennte nachgeordnete Verteilungssysteme verfügten.

Es ist zu beachten, daß diese Betriebsperioden I bis VI lediglich die durch Überreste von Großbauwerken zur Wasserfassung dokumentierten und anhand dieser im Rahmen des Forschungsvorhabens untersuchten Perioden darstellen, daß aber bereits das älteste bekannte Bauwerk S6 aufgrund seiner Dimensionen und seiner baulichen Gestaltung nur als Ergebnis einer langen zugrundeliegenden Entwicklung angesehen werden kann.

Die hier dargestellte Chronologie ist nicht als endgültig anzusehen; nachfolgende Grabungen des DAI werden sicherlich Korrekturen erforderlich machen.

*Betriebsperiode VI (etwa 2400 bis 1830 v. Chr.):*

Bewässerung großer Teile der Südoase mit dem im Wādī Dana, etwa 2 km südöstlich des Wadiaustritts aus der Felsenge in Überresten erhaltenen Bauwerk S6<sup>3</sup>; ein entsprechendes, Teile der Nordoase bewässerndes Bauwerk wird postuliert.

*Betriebsperiode V (etwa 1830 bis 1500 v. Chr.):*

Bewässerung der Südoase mit dem wie S6, nur auf höherem Niveau als dieses auf den anstehenden Kalkfelsen gegründeten Bauwerk S5<sup>4</sup>, großer Teile der Nordoase mit dem etwa 1,5 km wadiaufwärts gelegenen Bauwerk N4<sup>5</sup>. Von beiden Bauwerken sind Überreste erhalten, deren eindeutige Zuordnung jedoch erst nach einer weiteren, vom DAI geplanten Grabung möglich sein wird.

*Betriebsperiode IV (etwa 1500 bis 940 v. Chr.):*

Bewässerung der Südoase mit dem Bauwerk S4, von dem auf den unteren, etwa 150 m östlich des späteren Südbaus (S1/2) gelegenen Teilen des Ġabal Balaq al-Ausaṭ-Felsmassivs umfangreiche Felsarbeiten zeugen und das eine Vollabspernung des Wadis zur Voraussetzung hatte; die Nordoase wurde mit einem am nördlichen Ende des postulierten Dammes gelegenen Bauwerk N3' bewässert, von dem zwar keine Bauwerksüberreste vorhanden sind, das sich aber anhand der Analyse von Sedimentprofilen nachweisen läßt.

*Betriebsperiode III (etwa 940 bis 510 v. Chr.):*

Vollabspernung des Wādī Dana an dessen Austritt aus dem Kalkgebirge; Bewässerung der Südoase mit dem auf dem Felsmassiv, unmittelbar unterhalb des späteren Südbaus (S1/2) in umfangreichen Felsarbeiten dokumentierten Bauwerk S3 als südlichem Abschluß des Dammes; das der Bewässerung der Nordoase dienende, baulich und funktionell korrespondierende Bauwerk N3 als nördlichem Abschluß des Dammes ist nicht anhand von Bauwerksüberresten, sondern anhand der in den Sedimenten erhaltenen Profile des von ihm wegführenden Hauptkanals lage- und höhenmäßig einzuordnen.

*Betriebsperiode II (etwa 510 bis 50 v. Chr.):*

Vollabspernung des Wādī Dana (s. o.); Bewässerung der Südoase mit dem als unterem Bauwerksbereich des Südbaus bis heute sehr gut erhaltenen Bauwerk S2, dessen Errichtung von seinen Erbauern

3 Bei W. Herberg, Baukomplex B im Wādī Dana, ABADY III (1986) 33 ff. als „Bau B1“ bezeichnet.

4 Bei Herberg, ebd. 33 ff. als „Bau B2“ bezeichnet.

5 Bei J. Schmidt, Die älteren Baulagen der Wasserwirtschaft im Wādī Dana, ABADY I (1982) 80 f. als „Bau A“ bezeichnet.

inschriftlich festgehalten wurde<sup>6</sup> und somit datierbar ist; Bewässerung der Nordoase mit dem Bauwerk N2, das sich durch Abarbeitungen im anstehenden Kalkgestein des unteren Bereichs des Ġabal Balaq al-Qibli sowie durch in den Sedimenten erhaltene Profile des zugehörigen Hauptkanals identifizieren läßt.

*Betriebsperiode I (etwa 50 v. Chr. bis 630 n. Chr.):*

Vollabspernung des Wādī Dana durch den bis heute in Überresten erhaltenen gestickten Erddamm; Bewässerung der Südoase mit dem lediglich durch Aufstockung der hydraulisch wirksamen Elemente von S2 entstandenen, bis heute sehr gut erhaltenen Südbau S1, allerdings nicht während der gesamten Betriebsperiode, da der Auslaß im Südbau zeitweise verschlossen und die Bewässerung der Südoase somit unterbrochen war; Bewässerung der Nordoase mit dem ebenfalls bis heute erhaltenen Nordbau N1, im Verlauf dieser Betriebsperiode wurde die Bewässerung der nordöstlichen Bereiche der Nordoase durch das etwa 2,7 km nordöstlich von N1 im Wādī al-Ġufaina neu errichtete Bauwerk al-Mabnā (vgl. Taf. 2) übernommen, so daß seitdem auf der Nordoase zwei getrennte Verteilungssysteme bestanden.

Da der Erhaltungszustand der Bauwerke dieser Betriebsperiode I sehr gut ist und zudem ein direkter Zusammenhang mit den Sedimenten der Oasenoberfläche besteht, werden viele der das Funktionssystem in Einzelheiten untersuchenden Fragestellungen anhand der Überreste dieser letzten Betriebsperiode behandelt.

An dieser Stelle kann lediglich ein ÜBERBLICK über die Arbeiten des Forschungsvorhabens „Antike Technologie“ gegeben werden, in Einzelfragen des natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereichs muß auf den Forschungsbericht von Radermacher et al. 1987 verwiesen werden, ebenso auf die in der Reihe „Archäologische Berichte aus dem Yemen“ (ABADY) veröffentlichten Forschungsarbeiten des Deutschen Archäologischen Instituts seit 1978 in Mārib; diese dienten vielfach als Grundlage der eigenen Arbeiten. In der Reihe ABADY werden auch die natur- und ingenieurwissenschaftlichen Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Antike Technologie“ veröffentlicht werden, die Ergebnisse aus dem altertumswissenschaftlichen Bereich sind als ABADY III (1986) und ABADY IV (1987) erschienen.

## 1.2 PROBLEMSTELLUNG UND METHODISCHE VORGEHENSWEISE DER VORLIEGENDEN ARBEIT

Die Erforschung des sabäischen Bewässerungslandbaus auf der Oase von Mārib war ursprünglich nicht als eigenständiger Arbeitsbereich des Forschungsvorhabens vorgesehen. Schon bald nach Beginn der Forschungen stellte sich jedoch heraus, daß die Beantwortung zentraler Fragestellungen der einzelnen Arbeitsbereiche nicht ohne Kenntnisse der landwirtschaftlichen Strukturen in Mārib auskam. Damit erwies sich für das Verständnis des Funktionssystems der antiken Bewässerungswirtschaft sowie zur Überprüfung von Hypothesen und (Zwischen-)Ergebnissen die detaillierte Untersuchung des Bewässerungslandbaus als unerläßlich. Diese bot sich um so mehr an, als der Erforschung des Bewässerungslandbaus als einer der wirtschaftlichen Grundlagen der sabäischen Kultur für das Verständnis von deren Entstehung und Entwicklung auch ein erheblicher Eigenwert zukommt.

1984 wurde daher als eigenständiger Bereich der Bewässerungslandbau in die bisherigen Arbeiten integriert, so daß die Verfasserin als für diesen Bereich zuständige Mitarbeiterin an dem im Rahmen des

6 CIH 623, übersetzt und datiert bei H. v. Wissmann, Die Geschichte von Saba<sup>3</sup> II. Das Großreich der Sabäer bis zu seinem Ende im frühen 4. Jh. v. Chr.,

402. SB Wien (1982) 257–261 und CIH 622, übersetzt und datiert ebd. 266–269.

Forschungsvorhabens durchgeführten zweiten Feldaufenthalt in Märib (Nov. 1984 bis Febr. 1985) zwecks eigener Felduntersuchungen teilnehmen konnte.

Die Eigenständigkeit dieses Bereichs bedeutet allerdings keinesfalls, daß die Erforschung des Bewässerungslandbaus unabhängig von den sonstigen Arbeitsbereichen erfolgen könnte, es bestehen vielmehr enge gegenseitige Beziehungen. So wie die Untersuchung des Bewässerungslandbaus in vielerlei Hinsicht als Grundlage für die sonstigen Arbeitsbereiche dient, so sind in anderer Hinsicht deren Ergebnisse als Grundlage für die Erforschung des Bewässerungslandbaus von Bedeutung. Innerhalb des Forschungsvorhabens mußten daher die Arbeiten, um diesen äußerst komplexen Zusammenhängen gerecht zu werden, stets in Abstimmung des Vorgehens erfolgen.

Der Bewässerungslandbau wurde nach Umfang und Verfahren der Durchführung entscheidend durch das zur Bewässerung genutzte natürliche Wasserdargebot bestimmt, d. h. den zweimal jährlich während der beiden Regenzeiten im Einzugsgebiet im – ansonsten trockenen – Wādi Dana auftretenden Wasserabfluß. Auffälligste Zeugen dieser sich während der historischen Entwicklung verändernden Nutzungsverfahren des periodischen Abflusses sind die Bewässerungsbauwerke, sowohl die im Wadi bzw. am Wadiufer gelegenen Großbauwerke des Wasserfassungssystems als auch die auf der Oase gelegenen Verteiler- und Durchlaßbauwerke des Wasserverteilungssystems. Sabäische Inschriften enthalten häufig wichtige Informationen oder lassen Rückschlüsse zu auf Einzelheiten, die die antike Bewässerung, Landbewirtschaftung und die Kulturpflanzen betreffen. Deren unmittelbare Spuren sind sowohl anhand der in den Sedimenten erhaltenen Strukturen und Überreste als auch in den zahlreichen Oberflächenformen auf der Oase zu verfolgen. Die Einzelergebnisse aus den verschiedenen Beobachtungen und Untersuchungen führen in Kombination – auch mit Ergebnissen aus den anderen Arbeitsbereichen des Forschungsvorhabens<sup>7</sup> – zur weiterführenden Berechnung, Überprüfung und Beurteilung spezieller Fragestellungen bis zur Simulation des Bewässerungsbetriebes und Analyse der sich aus dem Vorangehenden ergebenden Hinweise auf dessen organisatorisch-rechtliche Aspekte. Als sehr hilfreich in Einzelfragen erweisen sich die sehr alte bäuerliche Tradition und starke Kontinuität in der yemenitischen Landwirtschaft, die u. a. als Folge der bis in die sechziger Jahre andauernden völligen Abgeschlossenheit des Landes anzusehen sind, so daß sich viele Charakteristika der traditionellen bäuerlichen Kultur bis heute erhalten haben<sup>8</sup>. Die Ergebnisse früher Feldforschungen können daher ebenso wie die Beobachtungen auch heute noch gebräuchlicher Praktiken im Bewässerungslandbau vielfach als Ergänzung oder zur Überprüfung vermuteter Größen und Zusammenhänge herangezogen werden.

7 Diese werden im folgenden – als solche gekennzeichnet – an den entsprechenden Stellen angeführt.

8 Vgl. z. B. D. Rethwil – W. Brandes, Vorschläge zur Weiterführung des Projektes „Landwirtschaftsprogramm Al Boun, Jemenitische Arabische Republik“. Durchführbarkeitsstudie, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (1979) 9. 21. 62 ff.; H. Kopp, Agrargeographie der Arabischen Republik Jemen. Landnutzung und agrarsoziale Verhältnisse in einem islamisch-orientalischen Entwicklungsland

mit alter bäuerlicher Kultur, II. Sonderband Erlanger Geographische Arbeiten (1981) 23 f. 49. 61 ff. 96. 106; W. Achtnich – A. Bartelink – K. Foljanti – H. De Haen – M. Schulz – J. H. Weniger, Evaluierung der bisherigen Aktivitäten des Projekts „Landwirtschaftsprogramm Al Boun, Jemenitische Arabische Republik“ für den Zeitraum Juni 1977 bis August 1982 und Vorschläge für eine Fortsetzung der deutschen Leistungen (1983) 1 f. 13.



## 2. Oberflächenformen

Im Gegensatz zu den Randbereichen der antiken Oase, die durch Rinnenerosion, also unter Einfluß des Wassers, tief zerklüftet sind, besitzt die Nordoase in ihren zentralen Bereichen mit vorherrschendem Windabtrag eine vergleichsweise homogene Oberfläche, von der nur hier und dort Durchlaßbauwerke oder Sedimentstotzen aufragen. Aus dieser Oberfläche hat der Wind als vorwiegend gestaltende Kraft die Unterschiede in der Beschaffenheit des Sediments reliefartig herausmodelliert, so daß Strukturen sichtbar werden, die u. a. Aussagen über die landwirtschaftliche Bearbeitung und die angebauten Kulturen sowie den Zusammenhang Bewässerung/Bewirtschaftung zulassen.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß diese durch fortschreitende Erosion herausgearbeiteten Strukturen zwar langfristig, aber dennoch nur vorübergehend auf der Oberfläche der Oase erkennbar sind, da die Erosionsvorgänge bis in die Gegenwart andauern.

Im folgenden werden diese Oberflächenformen beschrieben und ihre Bedeutung für die antike Landbewirtschaftung dargestellt, wobei – um den Zusammenhang der Darstellung zu erhalten – an wenigen Stellen die Betrachtung der Oasenoberfläche und der sich auf ihr zeigenden Strukturen durch sedimentologische Beobachtungen ergänzt wird.

Dabei ist es nicht Sinn und Zweck der vorliegenden Arbeit, eine Untersuchung aller Oberflächenformen und ihrer Genese vorzulegen, wie sie sich bereits bei Brunner<sup>9</sup> findet, dessen Arbeit vielmehr als Grundlage für die eigenen Untersuchungen unter speziell landwirtschaftlichen Fragestellungen diente.

### 2.1 KANALSTRUKTUREN

Kanalstrukturen bestehen aus linkem und rechtem Kanaldamm sowie den eigentlichen Kanalsedimenten aus dem Sohlenbereich des Kanals (Abb. 1). Bei den von der Oasenoberfläche aufragenden Kanalresten handelt es sich meist um die durch Kalkanreicherung deutlich helleren und verwitterungsbeständigeren Sohlensedimente, die ungestört geschichtet vorliegen (vgl. Taf. 4 a).

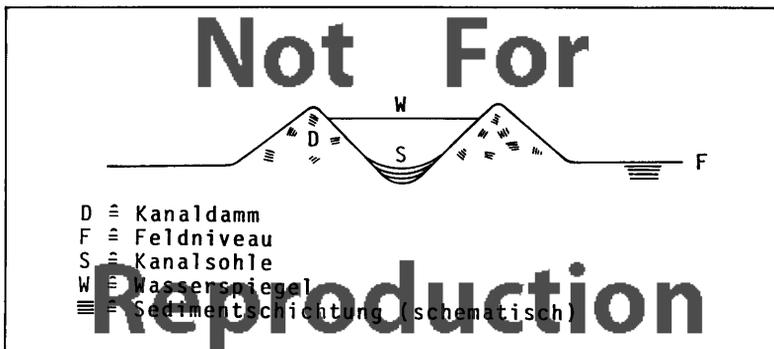


Abb. 1: Schematischer Schnitt durch eine Kanalstruktur

In der Regel wurden die Kanäle in die vorhandenen Bewässerungssedimente leicht eingegraben<sup>10</sup> und seitlich von Kanaldämmen begrenzt, die aus dem Material der umliegenden Bewässerungssedimente aufgeschüttet wurden. Dies dokumentieren die vielen Bruchstücke aus feingeschichtetem Sediment, die in ungeordneter Lagerung in den Dämmen zu sehen sind, wo diese entweder durch flächenhafte Erosion auf der Oasenoberfläche horizontal oder durch Erosionsrinnen im Profil angeschnitten sind (Taf. 4 b).

Da sich diese künstlich geschütteten und zudem das Feldniveau überragenden Dämme als gegenüber Winderosion deutlich anfälliger erwiesen als die geschichteten Sedimente der Kanalsohle<sup>11</sup>, sind bei fortschreitendem Windabtrag die ehemaligen Kanaldämme schließlich stärker erniedrigt worden als die durch die Bewässerung zusätzlich aufsedimentierte Kanalsohle: Es hat eine Reliefumkehr stattgefunden<sup>12</sup> (vgl. auch Taf. 4 c). Dadurch bildeten die ehemaligen Kanaldämme ideale Rinnen für das nach einem der sehr seltenen lokalen Regenfälle abfließende Oberflächenwasser, so daß Erosionsrinnen stets zunächst an leicht ausräumbaren Stellen wie diesen entstanden<sup>13</sup>.

Die beschriebenen Vorgänge dauern bis in die Gegenwart an.

Die geschichteten Sedimente der ehemaligen Kanalsohle resultieren aus der Bewässerung mit sedimenthaltigem Wasser: Nach jeder Wasserführung im Kanal gelangten die festen Bestandteile der verbliebenen Restwassermenge, die nicht oberirdisch abfloß, sondern in den Untergrund versickerte, zur Ablagerung<sup>14</sup>, wobei eine Sortierung der Schweb- und Sinkstoffe nach Korngröße und Dichte stattfand<sup>15</sup>, so daß eine sog. gradierte Schicht entstand, die nach Abtrocknung von einer charakteristischen tonig-schluffigen Kruste mit zusätzlichen Kalkanreicherungen abgeschlossen wurde. Diese verhinderte eine nachfolgende Erosion.

Die Ausbildung einer einzelnen, auf diese Art leicht zu identifizierenden Schicht entspricht so einem einmaligen Versickerungsvorgang mit langsamer Sedimentation nach vollständiger Beruhigung des Fließvorgangs und Abtrocknung der Sedimente, bevor die nächste Beschickung des Kanals mit Wasser erfolgte; bei rascher Ablagerung wäre das Sediment unsortiert geblieben, bei Beschickung des Kanals mit Wasser im noch feuchten Zustand der obersten Sedimentschicht wäre diese aufgewirbelt worden. Die Bewässerung mit dem sedimenthaltigen Wasser verursachte die Aufsedimentierung der gesamten Oasenoberfläche, wobei sich das Niveau der Kanäle langsamer erhöhte als das der Feldflächen. Dadurch wurde von Zeit zu Zeit eine Angleichung des Wasserspiegels im Kanal an das inzwischen erhöhte Feldniveau notwendig, um die Bewässerung der Feldflächen aus den Kanälen aufrechtzuerhalten. Dies konnte zunächst durch Erhöhung der Kanaldämme geschehen; im weiteren Verlauf erfolgte dann offensichtlich die seitliche Verlegung der Kanäle unter Beibehaltung eines Kanaldammes, so daß die neue Sohle in das Feld gelegt und ein neuer Kanaldamm – ebenfalls auf Feldniveau – errichtet wurde: Die älteren der im westlichen Bereich der Nordoase in den Erosionsrinnen kartierten

- |   |   |
|---|---|
| <p>10 Lediglich die Kanäle K3 des Gufaina-Systems und KS1 zur Südoase weichen von diesem Prinzip ab; sie wurden unmittelbar auf die Oasenbasis gegründet.</p> <p>11 Schon M. Gerig (Beiträge zur Erforschung der antiken und mittelalterlichen Oase von Märib, ABADY I [1982] 40. 47) bemerkte, daß Kanaldämme – abgesehen von den Hauptkanaldämmen mit Steinabdeckung – selten erhalten sind und dann in der Regel in schlechtem Zustand. Auch bei R. Schoch (Wasserbauten auf der Nordoase, ABADY I [1982] 30 f.) ergibt sich aus dem Zusammenhang, daß es sich bei den beobachteten Überresten der Kanaldämme eher um Einzelfälle handeln muß.</p> <p>12 Brunner a. O. 35.</p> | <p>13 Eine sehr detaillierte Darstellung der unterschiedlichen Erosionsvorgänge findet sich bei Brunner, ebd. 35 ff.</p> <p>14 Das Ausmaß der Sedimentation während des Bewässerungsvorgangs ist geringer. Eine Untersuchung der unterschiedlichen Sedimentationsvorgänge im Kanalnetz findet sich bei Radermacher et al. a. O. 667 f.</p> <p>15 Die Sedimentation folgt dem Stokes'schen Gesetz, nach dem die Sinkgeschwindigkeit eines Teilchens im wesentlichen abhängig ist von seinem Durchmesser sowie der Differenz zwischen seiner Dichte und der Dichte des Wassers (H. Bernhardt in: H. Bretschneider – K. Lecher – M. Schmidt [Hrsg.], Taschenbuch der Wasserwirtschaft<sup>6</sup> [1982] 791).</p> |
|---|---|

Kanäle folgen dem im Luftbild erkennbaren orthogonalen Netz, das das jüngste Kanalsystem nachzeichnet, sind aber seitlich versetzt. Dieser Vorgang wurde bereits von Brunner<sup>16</sup> beschrieben.

Im folgenden wurden die Kanaldämme nach der seitlichen Verlegung wiederum zunächst erhöht und dann erneut seitlich verlegt, was in diesem Fall zurück in die ursprüngliche Kanaltrasse erfolgen konnte.

Dies erklärt die Beibehaltung der Lage vieler Kanäle über Jahrhunderte, wie sie in den Erosionsrinnen vielfach beobachtet werden konnte und die sich auch aus der im Luftbild aufgrund der Reliefunterschiede erkennbaren mehrfach parallelen Linienführung der Kanalstrukturen ergibt (vgl. Taf. 3 a). Erst nach offensichtlich endgültiger Stilllegung einzelner Kanäle oder Kanalabschnitte wurden diese bisweilen in die ackerbauliche Nutzung einbezogen. Dies dokumentieren bearbeitete Schichten mit Wurzelresten<sup>17</sup>, die konkordant auf den Kanalsedimenten liegen.

## 2.2 FELDWÄLLE

Mit Ausnahme der unmittelbar an einen Kanal angrenzenden und somit durch einen Kanaldamm begrenzten Feldränder wurden die einzelnen Bewässerungsflächen von Feldwällen umgeben.

Bei dem überwiegenden Teil dieser Feldwälle im Niveau der heutigen Oasenoberfläche hat ebenfalls eine Reliefumkehr analog derjenigen der Kanaldämme stattgefunden (Taf. 4 c); der Standort der Wälle ist heute an einer bis mehrere Meter breiten und etwa 10 cm tiefen, über größere Strecken zu verfolgenden Eintiefung zu erkennen. Die Ursache für die Reliefumkehr ist auch in diesem Fall in der leichteren Erodierbarkeit der aus den umgebenden Bewässerungssedimenten künstlich geschütteten Wälle zu sehen.

Die unterschiedlichen Dimensionen der Feldwälle sind im Zusammenhang mit den langfristigen Anbaumaßnahmen von Bedeutung, sie werden daher im einzelnen in Kap. 3.1.2 behandelt.

## 2.3 ABGRENZUNG DER ANTIKEN FELDER

Bei Betrachtung des Luftbildes der antiken Oase fällt das rechteckige Muster der Oasenoberfläche auf (vgl. z. B. Taf. 2). Dieses entsteht nun dadurch, daß sich die Erosion weitgehend an die ehemaligen Kanal- und Feldwallstrukturen hält, wodurch das Bild der „rectangular erosion“<sup>18</sup> mit deutlich erkennbarem Kanal- und Feldernetz entsteht. Für die einzelnen Felder kann so eine durchschnittliche Größe von 1 bis 2 ha abgelesen werden.

## 2.4 PFLUGSPUREN

Pflugspuren dokumentieren die ackerbauliche Nutzung der Oase. Sie sind durch parallel verlaufende Furchen im Bewässerungssediment gekennzeichnet. Der Abstand der Pflugfurchen beträgt etwa 30 bis 35 cm.

Es muß auf der Oase von Märib sorgfältig unterschieden werden zwischen antiken, d. h. sabäischen, sowie rezenten und möglicherweise mittelalterlichen Pflugspuren. Alle drei Formen zeigen die gleiche

16 Brunner a. O. 38.

17 Dazu im einzelnen Kap. 5.1.2.

18 R. le Baron Bowen in: Archaeological Discoveries in

South Arabia, hrsg. von R. le Baron Bowen - F. P. Albright (1958) 53.

Ausprägung, ein Indiz dafür, daß mit einem Pflug, wie er auch heute noch im Yemen verwendet wird, bereits in der antiken Zeit gearbeitet wurde<sup>19</sup>.

Die Pflugspuren lassen sich dann eindeutig als aus der sabäischen Zeit stammend bezeichnen, wenn sie partiell von Bewässerungssedimenten überlagert werden (Taf. 4 d). Dagegen wurden an anderen Stellen der Oase Pflugspuren gefunden, die sich von einer breiten Erosionsrinne aus den sanft geneigten Hang der umstehenden Sedimentreste hinaufziehen oder die dem Verlauf einer Erosionsrinne folgen (Taf. 5 a), d. h., in diesem Fall hat die Bodenbearbeitung stattgefunden, als die Erosion die Oasenlandschaft bereits stark umgeformt hatte. Diese Pflugspuren stammen somit eindeutig aus späteren Jahrhunderten.

Besonderheiten in der Lage aufeinanderfolgender Pflughorizonte lassen Rückschlüsse auf Einzelheiten der Bodenbearbeitung zu und werden daher in Kap. 3.2.2 behandelt.

## 2.5 ERDRINGE UND ERDSTOTZEN<sup>20</sup>

Erdringe bilden die am häufigsten anzutreffende Oberflächenform. Sie können vereinzelt und gehäuft zu mehreren oder vielen vorkommen, in regelmäßiger und unregelmäßiger Anordnung zueinander. Ein Erdring besteht in seiner typischen Ausprägung aus einem kreisförmigen, hellen Zentrum (Durchmesser zwischen 15 und 60 cm), einem ca. 10 bis 30 cm breiten inneren, häufig dunkleren, und einem ca. 10 bis 50 cm breiten äußeren Ring (vgl. Taf. 5 b). Letzterer ist nicht in allen Fällen deutlich sichtbar ausgeprägt.

Während der Felduntersuchungen wurden 70 Erdringe vermessen, wobei nur solche berücksichtigt wurden, bei denen die Zwei- bzw. Dreiteilung deutlich erhalten war. Gesetzmäßigkeiten konnten dabei nicht festgestellt werden, lediglich für den Durchmesser des Zentrums ergab sich ein Häufigkeitsmaximum zwischen 40 und 50 cm.

Der äußere Ring fällt durch unregelmäßige Lage kleinerer Bodenfragmente auf. Die Oberfläche des inneren Ringes liegt in der Regel etwas tiefer als äußerer Ring und kreisförmiges Zentrum. Seine – im Vergleich zu diesen – deutlich feinere Körnung mit erhöhtem Ton- und Schluffgehalt beruht offenbar auf Schlämmprozessen und ist auch als Ursache für die häufig zu beobachtenden feinen Trockenrisse in seiner Oberfläche anzusehen.

Bei einigen Erdringen ragen Holzreste aus der äußeren Zone des kreisförmigen Zentrums (Taf. 5 c). Durch Aufgraben zeigte sich, daß sich die Holzreste in die Tiefe fortsetzen. Dies dürfte ein überzeugendes Indiz dafür sein, daß das kreisförmige Zentrum der Erdringe den ehemaligen Stamm eines Baumes dokumentiert.

Eine Besonderheit sei hier noch beschrieben. Auf der Nordoase in der Nähe des Bauwerks al-Mabnā fallen einige Erdringe auf, bei denen der äußere Rand des kreisförmigen Zentrums, aus dem sonst an einigen Standorten die Holzreste ragen, aus rötlichem Material besteht, das die gleiche Beschaffenheit wie gebrannter Ton aufweist (vgl. Taf. 5 d). Gräbt man unter dem rötlichen Ring das Zentrum des Erdringes auf, so findet man sich in die Tiefe fortsetzende Holzkohleablagerungen, die in ihrer seitlichen Ausdehnung auf das Zentrum des Erdringes beschränkt sind.

Offenbar haben an dieser Stelle Bäume gestanden, deren Baumstümpfe man nach dem Fällen abgebrannt hat, wobei sich in unmittelbarer Nähe des brennenden Stammrestes das tonige Sediment in Form von „gebranntem Ton“ ausbildete.

Neben den in der Oasenoberfläche liegenden Erdringen ragen meist etwa 0,5 m hohe Erdstotzen aus

19 Dazu im einzelnen Kap. 3.2.2.

20 Deren Auftreten in Marib wurde zuerst von Gerig (a. O. 41. 48) beschrieben.

der Oasenoberfläche, die in typischer Ausprägung auf ihrer Stotzen-Oberfläche einen Erdring besitzen (vgl. Taf. 6 a).

Ihre geomorphologische Entstehung konnte auf einem Feld der Südoase beobachtet werden. Dort befinden sich in einer Reihe liegend im vorderen Teil des Feldes Erdringe, die im hinteren Teil des Feldes durch Winderosion immer deutlicher aus der Oberfläche herauspräpariert werden und sich schließlich als Erdstotzen über die Oasenoberfläche erheben.

Die Erdstotzen haben somit offensichtlich den gleichen Ursprung wie die Erdringe: Sie dokumentieren den ehemaligen Standort eines Baumes, befinden sich nur in einem Stadium fortgeschrittener Erosion und sind daher aus der Oasenoberfläche deutlich herauspräpariert. Dies wird dadurch möglich, daß zum einen die Erdstotzen durch den Erdring auf ihrer Oberfläche, der erosionsbeständiger als das umgebende Oasensediment ist, vor vollständiger Ausblasung relativ geschützt sind und daß zum anderen das durch Erosion freigelegte Niveau ein anderes ist: Der Erdstotzen entspricht nicht dem Stammbereich des ehemaligen Baumes, „sondern dem Wurzelbereich, der durch die intensivere Bewässerung stärker verfestigt wurde“<sup>21</sup> und daher erosionsbeständiger ist. Ein weiteres Indiz dafür bilden die vielen sekundär verfüllten Wurzelröhren<sup>22</sup>, die sich in den Erdstotzen finden.

Ursprung und Entstehung von Erdringen bzw. Erdstotzen lassen sich in Einzelheiten anhand eines Vergleichs mit rezenten Baumkulturen beschreiben, wie dies bereits in ähnlicher Art bei Brunner<sup>23</sup> geschehen ist. In der Deutung der drei verschiedenen Zonen muß Brunner im folgenden jedoch widersprochen werden.

In Bewässerungsgebieten wird ein Baum häufig in eine kleine Mulde gepflanzt, die dem Einstau von Wasser dient und zu diesem Zweck noch mit einem niedrigen Erdwall umgeben ist (vgl. Taf. 11 a). Der äußere Ring entspricht diesem Erdwall, was durch die in dieser Zone unregelmäßig liegenden Bodenfragmente bestätigt wird. Daß in diesem Fall keine Reliefumkehr analog den Kanaldämmen und Feldwällen stattgefunden hat, läßt sich durch zusätzliche Verfestigung dieser Wallstrukturen bei flächenhaftem Überstau eines Baumgartens bis über die Muldenwälle erklären, ein Verfahren, das auf der antiken Oase beim Anbau von Dauerkulturen mit der Muldenbewässerung vermutlich abwechselte<sup>24</sup> und das auch Brunners fälschliche Deutung dieser Zone als durch Bewässerung verfestigte Sedimente erklärt. Der innere Ring entspricht – analog seiner Feinkörnigkeit sowie dem Vorhandensein feiner Trockenrisse – den durch Wassereinstau verschlammten und verfestigten Sedimenten mit zusätzlich eingeschwemmtem feinkörnigem Material der Erdwälle. Daß dieser innere Ring, wie von Brunner beschrieben, der „Rinden- bzw. Bastzone“ des Baumes entspricht, muß von daher abgelehnt werden. Diese würde auch nicht eine Mächtigkeit erreichen, die der Ausbildung des inneren Rings in voller Breite entspräche. Der die häufig dunklere Farbe hervorrufende erhöhte Humusgehalt dürfte dagegen seine eigentliche Ursache in der Ausbildung einer den Stamm umgebenden, relativ dicken faserigen Schicht haben, wie sie bei einigen Palmenarten von den Basen der bereits abgestorbenen Blätter gebildet wird<sup>25</sup>, die botanisch aber nicht als „Rinden- bzw. Bastzone“ zu bezeichnen ist.

Diese faserige Schicht hätte sich demnach an der Grenze zwischen kreisförmigem Zentrum und innerem Ring befunden. Bei fortschreitender Einsedimentierung der Stämme wäre sie als Pflanzenrückstand humifiziert worden. Die Huminstoffe, erkennbar an ihrer dunklen Farbe, wären – unter Einfluß des Bewässerungswassers – in den inneren Ring verteilt worden und würden so dessen häufig dunkle Färbung hervorrufen.

21 Brunner a. O. 31.

22 Dazu im einzelnen Kap. 5.1.2.

23 Brunner a. O. 30.

24 Dazu im einzelnen Kap. 6.3, c.

25 G. G. Bolhuis in: P. v. Blanckenburg – H.-D. Cremer (Hrsg.), Handbuch der Landwirtschaft und Ernäh-

rung in den Entwicklungsländern II (1971) 449; FAO Plant Production and Protection Paper 35, Date Production and Protection. With special reference to North Africa and the Near East (1982) 37; vgl. auch Kap. 6.3, a.

Eine andere Ursache für die Dunkelfärbung könnte allerdings auch eine in die den Stamm umgebende Mulde ausgebrachte organische Düngung sein<sup>26</sup>.

Das Zentrum des Erdrings dokumentiert schließlich den ehemaligen Baumstamm; die von Gerig<sup>27</sup> geäußerte Vermutung, es könne sich bei Erdringen bzw. -stotzen auch um die Überreste ehemaliger Sträucher handeln, erweist sich wegen deren fehlender Stammbildung (basitone Verzweigung) als falsch. Da bei Vorhandensein von Holzresten nur die äußere Zone des kreisförmigen Zentrums röhrenartig in die Tiefe als Holz erhalten ist, scheint es sich um solche Baumarten zu handeln, bei denen das Kernholz nicht durch Einlagerung von Gerbstoffen und deren Derivaten konserviert wird, eine Erscheinung, die bei einigen Hölzern auftritt und dazu führt, daß die Stämme im Alter häufig durch Pilzbefall hohl werden<sup>28</sup>.

Auf mehreren Feldern der antiken Oase konnte das gleichzeitige Auftreten von Erdringen bzw. Erdstotzen und Pflugspuren beobachtet werden. Dies spricht nur in dem Fall für eine Doppelnutzung des Feldes als Baumgarten mit Unterkulturen, wenn die Oberflächenformen tatsächlich aus demselben Bearbeitungsniveau stammen. Gerade bei Auftreten von Erdstotzen ist die Entscheidung nur dann eindeutig, wenn die Pflugspuren, wie bei Brunner<sup>29</sup> beschrieben, den aufsitzenden Erdstotzen ausweichen (Taf. 6 b): Dann nämlich stand an dieser Stelle bereits während des Pflügens ein Baum, und das Feld wurde gleichzeitig für den Anbau von Dauerkulturen und zum Ackerbau genutzt. Ziehen die Pflugspuren jedoch unter den Erdstotzen geradlinig hindurch, so bedeutet dies, daß sie vor Anpflanzung des Baumes entstanden sind, d. h. aus einem früheren Niveau stammen.

26 Dazu im einzelnen Kap. 6.3, b.

27 Gerig a. O. 48.

28 E. Strasburger, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen<sup>31</sup>, begr. von E. Strasburger – F. Noll – H. Schenck –

A. F. W. Schimper, neubearb. von D. v. Denffer – F. Ehrendorfer – K. Mägdefrau – H. Ziegler (1978) 165 f.

29 Brunner a. O. 33.

### 3. Die Anbaumaßnahmen

Die Untersuchung der in den Sedimenten erhaltenen Strukturen und Überreste im Zusammenhang mit den Ergebnissen, die bei der Analyse der durch die Landbewirtschaftung in der Antike hinterlassenen Oberflächenformen erzielt wurden, ermöglicht (u. a.) Aussagen über die allgemeinen Maßnahmen der regelmäßigen Nutzung des Standortes Märib zum Anbau von Kulturpflanzen sowie über die langfristigen Maßnahmen, welche die Bedingungen für diesen Anbau schufen<sup>30</sup>.

Dabei beruhen die Sedimentuntersuchungen im wesentlichen auf der Beobachtung von Profilen, die durch Rinnenerosion freigelegt sind, d. h., die mehr oder weniger zufällig Strukturen und Überreste erkennen lassen; eine großflächige systematische Untersuchung ist meist nicht möglich. Manche Zusammenhänge sind daher auch lediglich anhand des Vergleichs mit heute noch gebräuchlichen Anbaumethoden in Gebieten mit traditionellem Bewässerungslandbau zu klären, wobei allgemeine Studien oder solche spezieller Art, denen mit Märib vergleichbare natürliche Rahmenbedingungen zugrunde liegen, bevorzugt werden.

Die folgenden Ausführungen dienen der Formulierung allgemeingültiger Aussagen, auf denen weiterführende Untersuchungen späterer Kapitel aufbauen werden. Daher finden sich kulturartsspezifische Einzelheiten, wozu auch die Erntemaßnahmen gerechnet werden, in Kap. 6, das diese sehr speziellen Fragestellungen im Rahmen der Erläuterung des Anbaus ausgewählter Kulturpflanzen an Beispielen behandelt.

Die Bewässerung bedarf aufgrund der Komplexität ihrer Entwicklung im Laufe von Jahrtausenden und ihrer zentralen Bedeutung für den antiken Bewässerungslandbau einer eingehenden Untersuchung; sie wird deshalb nicht an dieser Stelle, sondern in dem nachfolgenden eigenständigen Kapitel 4 erörtert.

#### 3.1 LANGFRISTIGE MASSNAHMEN

Als langfristige Maßnahme werden hier solche Arbeiten behandelt, die die Bedingungen für den regelmäßigen Anbau von Kulturpflanzen schufen.

##### 3.1.1 Neulandgewinnung an den Randbereichen der Oase

Der im Laufe von Jahrtausenden durch das Wādī Dana abgelagerte natürliche Schwemmfächer dürfte – zumindest auf Teilflächen – über eine für die Anfänge des Bewässerungslandbaus ausreichende Sedimenttiefe verfügt haben.

Bei den nachfolgenden Ausführungen geht es daher lediglich um die während der Betriebszeit des antiken Bewässerungssystems an den jeweiligen Randbereichen der Oase praktizierten Methoden der Neulandgewinnung zur Ausdehnung der bestehenden Kulturlfläche.

30 Aussagen zu dem Themenkomplex der angebauten Kulturpflanzen finden sich in Kap. 5.

a) *Nordoase*

Einen ersten Anhaltspunkt für die Bestimmung der Methoden der Neulandgewinnung boten im Luftbild (Taf. 3 b) gerastert erscheinende Flächen, die sich am nordwestlichen Rand der Nordoase am Fuß des Ġabal Balaq al-Qibli entlangziehen. Bei der Begehung der Flächen waren regelmäßig angelegte, niedrige, aus Lavabrocken aufgeworfene Wälle auf dem Geröll erkennbar, die jeweils etwa rechteckige Becken umschließen (vgl. Taf. 6 c)<sup>31</sup>.

Einige der Becken wiesen trotz Erosion noch Sedimentreste auf. Die Vermutung liegt nahe, daß diese durch die Lavawälle begrenzten Becken – analog den durch Feldwälle begrenzten Feldern – der Rückhaltung von (Bewässerungs-)Wasser und insbesondere der mitgeführten Sedimentfracht dienten, wodurch nach und nach die Geröllflächen aufsedimentierten. Die Flächen hätten somit der Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf der Oase gedient.

Diese Annahme wird dadurch bestätigt, daß die gleiche Anordnung auch in älteren Bereichen der Nordoase – z. B. nordwestlich des Hauptkanals (s. Taf. 2) – gefunden wurde, wo durch Erosion Teile des Netzes aus Lavawällen unter meterdicken Sedimentresten freigelegt sind und beobachtet werden konnte, wie sich die Sedimentschichten an die Lavawälle anschmiegen bzw. diese schließlich vollständig einsedimentiert haben (vgl. Taf. 6 d)<sup>32</sup>, so daß eine größere, zusammenhängende Kulturlfläche entstand.

Ein weiteres Indiz liefern ebenfalls aus Lavabrocken aufgeworfene Dämme und Kanäle, die sowohl Wasser des Wādi al-Ġufaina als auch das Abfließwasser kleinerer Wadis aus dem Gebirge auf diese randlich gelegenen Geröllflächen geleitet haben. Damit war der als Voraussetzung für alle weiteren Maßnahmen anzusehende Anschluß an das Bewässerungsnetz gegeben.

Es ist nicht möglich, den Zeitraum zu bestimmen, der zwischen der – in jedem Fall sehr arbeitsaufwendigen – Errichtung der Lavawälle sowie der Kanäle zur Wasseraufleitung und der ersten landwirtschaftlichen Nutzung dieser Flächen lag; Brunner<sup>33</sup>, der das Verfahren der Neuanlage von Kulturlflächen ähnlich beschrieben hat, unterschätzte mit der Angabe „nach einigen Jahren“ den Zeitraum der Aufsedimentierung ganz offensichtlich. Legt man die durchschnittliche Sedimentationsrate auf der antiken Oase bei Saylbewässerung von etwa 6 mm pro Jahr zugrunde<sup>34</sup> und eine notwendige Sedimenttiefe von etwa 30 cm zum ersten Anbau von Kulturpflanzen<sup>35</sup>, dann ist der errechnete Zeitraum sicher schon bedeutend länger als die Dauer einer Generation zur Zeit der Sabäer. Die Sedimentationsrate auf diesen Flächen ist aber aus zwei Gründen mit dem obigen Wert vermutlich sogar zu hoch angesetzt:

– Falls nicht aufgrund besonderer Umstände die Flächenausdehnung möglichst rasch erfolgen mußte, wurden die der Neulandgewinnung dienenden Flächen bei der Verteilung des Sayl auf der Oase wahrscheinlich nachrangig berücksichtigt, da die Wasserversorgung der regulären Anbauflächen grundsätzlich wichtiger war; sie erhielten damit nicht zwangsläufig bei jedem Sayl Wasser.

31 Gerig (a. O. 40) bezeichnet diese Wälle als Feldbegrenzungen, ohne jedoch eine nähere Deutung zu geben.

32 Die von H. Kopp (Al-Qāsim. Wirtschafts- und sozialgeographische Strukturen und Entwicklungsprozesse in einem Dorf des yemenitischen Hochlandes, 31. Bh. zum TAVO Reihe B [1977] 24. 29) aufgrund von Beobachtungen in einem Dorf des yemenitischen Hochlandes geäußerte Vermutung, bei der Erstanlage von Terrassen fänden möglicherweise gezielte Bodenverlagerungen statt, indem Feinmaterial auch aus größerer Entfernung mit Eseln auf die anzulegenden Fel-

der geschafft würde, kann wegen der deutlichen Ausbildung der Sedimentschichten an den Lavawällen auf diese antiken Felder nicht übertragen werden.

33 Brunner a. O. 39.

34 Radermacher et al. a. O. 702; der Begriff der „Saylbewässerung“ wird im einzelnen in Kap. 4.2 erläutert.

35 Y. Kedar, GJ, 1957, 185; der Anbau konnte dabei nur unter regelmäßiger Zusatzbewässerung erfolgen, da das Wasserspeichervermögen von 30 cm Boden über dem anstehenden Gestein oder Geröll für einen einmaligen Einstau der Flächen in jedem Fall zu gering gewesen wäre.

- Die kleinen Wadis, deren Abflußwasser auf diese Randflächen geleitet wurde, führen nur in größeren Abständen Wasser, keinesfalls mit der gleichen Häufigkeit wie das Wādī Dana. Die unter großem Arbeitsaufwand und höchstens in Erwartung der Resultate für die nachfolgenden Generationen erfolgte Herrichtung der Flächen zur Neulandgewinnung auf der Nordoase kann damit als Hinweis für langfristige Planung und Ausbau des Bewässerungsnetzes, möglicherweise auf Veranlassung staatlicher Stellen, verstanden werden.

#### b) Südoase

Da die Hänge des Ġabal Balaq al-Ausaṭ in sanfter Neigung gegen die bewirtschafteten Flächen der Südoase hin auslaufen, bot es sich offenbar an, das Wasser auf den am Hangfuß gelegenen Feldern jeweils bis an den Rand des Gebirges zu stauen, wodurch sich die Flächen im Laufe der Jahrzehnte und Jahrhunderte sehr allmählich den Hang hinauf – d. h. in südlicher Richtung – ausdehnten. Somit ergab sich eine gewisse Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche lediglich infolge der Weiterentwicklung des Bewässerungssystems: Mit der Aufeinanderfolge der einzelnen Betriebsperioden, welche jeweils eine Anhebung des Wasserspiegels bedeutete (vgl. Kap. 1.1), wurde es nach und nach möglich, mit freiem Wasserspiegelgefälle das Wasser bis an diese randlichen Bereiche zu stauen. Ähnlich aufwendige Anlagen zur Neulandgewinnung wie auf der Nordoase wurden auf der Südoase nicht gefunden, wobei allerdings einschränkend hinzuzufügen ist, daß im östlichen Bereich aufgrund der dort fortschreitenden Rekultivierung keine Untersuchungen durchgeführt werden konnten.

### 3.1.2 Aufschüttung von Feldwällen

Im Anschluß an die auf diese Art erfolgte Neuanlage größerer zusammenhängender Kulturflächen auf der Oase wurden durch Aufschüttung von Feldwällen aus dem umgebenden Bewässerungssediment einzelne Felder angelegt. Dies muß in trockenem Zustand geschehen sein, da ansonsten die kleineren Bodenfragmente aus feingeschichteten Sedimentlagen (vgl. Taf. 4 b) nicht in der vorhandenen Deutlichkeit erhalten wären.

Feldwälle wurden in zwei verschiedenen Dimensionen errichtet. Neben den von Brunner<sup>36</sup> angegebenen und durch eigene Beobachtungen bestätigten Dimensionen – die Basisbreite beträgt etwa 2 m bei einer Höhe von etwa 1 m – wurden während der Feldarbeiten 1984/85 an mehreren Stellen der Nordoase durch Erosionsrinnen im Profil angeschnittene Feldwälle beobachtet, die sich durch sehr geringe Neigungswinkel auszeichnen: Bei einer Basisbreite von über 4 m und einer Höhe von etwa 80 cm beträgt der Neigungswinkel etwa 20° (Taf. 7 a und 7 b sowie Abb. 5).

Im Zusammenhang mit den letztgenannten Dimensionen erklärt sich die zunächst relativ groß erscheinende durchschnittliche Parzellengröße von 1 bis 2 ha (Kap. 2.3): Bei engerer Parzellierung würden die durch die Feldwälle verursachten Flächenverluste zu groß.

Da der Anschnitt vollständiger Feldwallprofile durch Erosion einerseits die Voraussetzung für die genaue Vermessung der Dimensionen bildet, andererseits aber während der Felduntersuchungen zu den selteneren Beobachtungen gehörte, ist eine Zuordnung dieser beiden Feldwalltypen etwa zu bestimmten Gebieten ihres jeweils überwiegenden Vorkommens auf der antiken Oase nicht möglich. Brunners Vermutung, es lägen zwei weitere Feldwalltypen vor, erwies sich als falsch. Die von ihm angegebenen größeren Feldwälle, deren Höhe bis zu 2 m betragen soll, die Basisbreite 6 m, ergeben als solche insbesondere auch im Zusammenhang mit den auf der antiken Oase praktizierten Bewässe-

runzungsmethoden<sup>37</sup> in diesen Dimensionen keinen Sinn. Möglicherweise hatten sie eine andere Funktion, wie dies auch für den von Brunner erwähnten Wall bei Dār as-Sawdā<sup>38</sup> zutrifft, bei dem es sich ebenfalls um keinen Feldwall im eigentlichen Sinn handeln dürfte, sondern eher um einen Randwall zur Abgrenzung der Bewässerungsflächen gegen die sich nach Nordosten anschließenden Geröllflächen.

Strukturen auf der Oasenoberfläche, deren Ursache Brunner in Feldwällen sehr kleiner Dimensionen vermutete<sup>38</sup>, entstanden offensichtlich durch andere Ursachen; als solche können aufgrund eigener Beobachtungen Erdbebenrisse angesehen werden<sup>39</sup>. Brunners Begründung für die notwendigerweise kleinen Dimensionen der von ihm vermuteten Feldwälle, diese niedrigen Wälle seien „nach der Bewässerung“ zur „Abgrenzung der Parzellen“ aufgeschüttet worden, „wie dies auch heute noch üblich ist“, bleibt unklar, da jegliche Notwendigkeit für eine solche Maßnahme, zumal *nach* der Bewässerung, fehlt, weshalb auch deren Üblichkeit zweifelhaft erscheint.

## 3.2 BODENBEARBEITUNG

### 3.2.1 Vorbemerkungen

Die Bodenbearbeitung auf der antiken Oase erweist sich aus zwei Gründen in Einzelheiten als schwierig zu klären:

- a) Regelmäßige Bearbeitung der Felder – z. B. an Ackerbaustandorten – zerstört jegliche Sedimentschichtung, so daß außer der Tatsache der offensichtlichen Bearbeitung an sich keine weiteren Feststellungen getroffen werden können.
- b) An vielen Standorten der Oase finden sich Profile mit einer deutlichen Schichtung der Sedimente oft über mehrere Meter. Hier kann folglich während eines langen Zeitraums keine Bearbeitung stattgefunden haben, was ebenfalls in Einzelheiten zu keiner Aussage führt.

Für die Nutzung dieser letztgenannten Standorte bestehen zwei verschiedene Möglichkeiten:

- Entweder es befanden sich hier Dauerkultur-Anbaugelände, was sich durch die an manchen dieser Stellen gehäuften Funde von sekundär verfüllten Wurzelröhren oder armdicken Wurzelresten<sup>40</sup> belegen läßt,
- oder aber an diesen Standorten lagen Becken, die offensichtlich eingestaut wurden, ohne daß eine anschließende Bewirtschaftung stattgefunden hätte: An einigen der genannten Stellen lassen sich in den über Meter geschichteten Sedimentbänken keinerlei Nachweise für einen Bewuchs mit Pflanzen finden.

In Jahren mit mittlerem Wasserdargebot kann es sich dabei kaum um Einleitung überschüssigen Wassers gehandelt haben, da die Bilanzierung von Wasserdargebot und Wasserbedarf für Mittelwasser bei gleichzeitigem Betrieb von Nord- und Südoase keinen Wasserüberschuß ergibt<sup>41</sup>. Dagegen wäre denkbar, daß diese Becken zum Auffangen von überschüssigem Wasser bei Hochwasserereignissen gedient haben; da die erodierende Kraft des Wassers bekannt war, wurde das einmal im Bewässerungssystem befindliche überschüssige Wasser in Becken geleitet, wo es versickerte, ohne

37 Dazu im einzelnen Kap. 4.3.2.

38 Dazu auch Brunner a. O. 101 sowie Taf. 11 b.

39 Radermacher et al. a. O. 38 ff.

40 Dazu im einzelnen Kap. 5.1.2.

41 Vgl. Kap. 7.4.3: Lediglich in den Betriebsphasen 2 und 3 der letzten Betriebsperiode I – also bei verschlosse-

nem Südbau – traten in Jahren mit mittlerem Dargebot deutliche Wasserüberschüsse auf der Nordoase auf. Dieser Zustand stellte jedoch gegenüber der Gesamtdauer des Betriebs von Nord- und Südoase eine vergleichsweise kurze Ausnahmesituation dar.

Schaden anzurichten. Zudem hätten diese Becken während eines begrenzten Zeitraums möglicherweise als eine Art Wasserreservoir genutzt werden können.

### 3.2.2 Pflügen

Im Anschluß an die Aufschüttung der Feldwälle wurde zunächst eine Grundbodenbearbeitung des Feldes zur Bodenlockerung mit dem Pflug durchgeführt, und zwar unabhängig davon, ob ein Anbau von saisonalen oder die Anpflanzung von Dauerkulturen folgte<sup>42</sup>; im Verlauf der regelmäßigen landwirtschaftlichen Nutzung des Feldes fand diese Maßnahme dann – abhängig von der angebauten Kultur – in mehr oder weniger langen zeitlichen Abständen statt (s. u.). Der Boden wurde vor der Bewässerung, d. h. in Erwartung des Sayl, gepflügt, da kleine Bodenfragmente aus feingeschichteten Sedimentlagen in der Pflugspur erhalten sind (Taf. 7 d und Abb. 2), die in der vorhandenen Deutlichkeit nur beim Pflügen des Bodens in trockenem Zustand entstanden sein können. Diese Reihenfolge ist insofern sinnvoll, als das Auftreten des Sayl bezüglich Zeitpunkt und Menge ungewiß war, das Eindringen des Wassers in den ausgetrockneten, harten Boden auf diese Art aber erleichtert wurde.

Der von den Sabäern eingesetzte Pflug entsprach offensichtlich dem noch heute im Yemen gebräuchlichen, von Arbeitstieren gezogenen hölzernen Haken-Ritzpflug (vgl. Taf. 7 c):

- Die gleiche Ausprägung rezenter und antiker Pflugspuren als Oberflächenform wurde bereits in Kap. 2.4 festgestellt;
- Dequin<sup>43</sup> weist ausdrücklich auf die Übereinstimmung des heute gebräuchlichen hölzernen Haken-Ritzpfluges mit der auf einer Stele in der Pariser Sammlung der französischen „Académie des Inscriptions et Belles-Lettres“ befindlichen Darstellung eines altsüdarabischen Pfluges hin<sup>44</sup>;
- der hölzerne Haken-Ritzpflug reißt den Boden in einer Furche bis zu 15 cm tief auf, ohne ihn zu wenden (was im Hinblick auf das aride Klima auch nicht sinnvoll wäre)<sup>45</sup>. Diese Arbeitsweise beim Pflügen entspricht genau der Arbeitsweise des von den Sabäern benutzten Pfluges, der den Boden 10 bis 15 cm tief in der Furche bei einem Abstand der Pflugfurchen von etwa 30 bis 35 cm aufreißt.

Die genannten Werte lassen sich mit großer Genauigkeit bestimmen, weil Pflugspuren nicht nur als Oberflächenform, sondern in einigen Sedimentwänden (z. B. Taf. 7 d, Abb. 2 und 5) auch im Profil zu erkennen sind: Zwischen geschichteten (unbearbeiteten) Sedimentpaketen fallen geritzte Furchen mit kleineren Bodenfragmenten in ungeordneter Lagerung auf. Es handelt sich um Pflugspuren, deren Abstand zueinander so groß gehalten wurde, daß zwischen jeweils zweien ungestört geschichtete Sedimentpakete stehengeblieben sind.

Diese Beobachtungen belegen allerdings auch, daß – zumindest im Dauerkulturanbau, denn um einen solchen Standort handelt es sich im vorliegenden Fall – nicht vor jeder Bewässerung gepflügt wurde, daß noch nicht einmal ein oberflächliches Hacken des Bodens regelmäßig stattfand, was das Einsickern des Wassers in den Boden erleichtert hätte: Jede im Verlauf der den folgenden Zentimetern Bewässerungssediment entsprechenden Jahre durchgeführte Bodenbearbeitung hätte die in den geschichteten Sedimenten ausgebildete Struktur zerstört.

Anhaltspunkte für die relative Häufigkeit und Art der Durchführung der Bodenbearbeitung lassen sich

42 Zur Differenzierung der Standorte nach Ackerbau und Anbau von Dauerkulturen anhand von Pflanzenüberresten vgl. Kap. 5.1 und 5.3.

43 H. Dequin, Arabische Republik Jemen. Wirtschaftsgeographie eines Entwicklungslandes (1976) 130.

44 Es handelt sich um die Grabstele CIH 706; eine

Abbildung findet sich im Corpus Inscriptionum Semiticarum. Pars Quarta. Tomus III. Tabulae (1930) Taf. 45 (freundl. Mitteilung von Prof. Dr. W. W. Müller).

45 S. Fn. 43.

auch aus Besonderheiten in der Lage von Pflughorizonten zueinander gewinnen, wo diese gehäuft auftreten und voneinander unterscheidbar erodiert sind.

- Auf einigen Feldern der Nord- und Südoase mit zumindest zeitweisem Dauerkulturanbau können aufeinanderfolgende Pflughorizonte (1 bis 3, vgl. Abb. 2) beobachtet werden, die als unterschiedliche Bearbeitungsniveaus treppenartig erodiert sind. Der Höhenunterschied von einem Niveau zum nächsten beträgt 10 bis 15 cm, d. h., es ist an diesen Standorten offensichtlich eine Grundbodenbearbeitung nur in einem solchen zeitlichen Abstand durchgeführt worden, der einer Sedimentschichtenbank von 10 bis 15 cm Mächtigkeit entspricht.

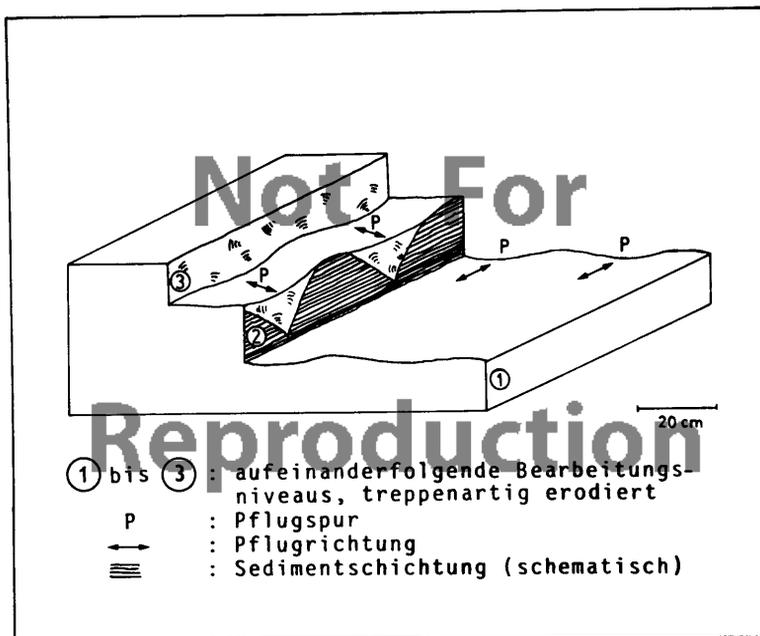


Abb. 2: Treppenartige Erosion aufeinanderfolgender Bearbeitungsniveaus

Die im Bewässerungslandbau grundsätzlich wichtige Bodenlockerung durch Pflügen, die eine gute Wasseraufnahme und -speicherung im Boden zum Ziel hat, scheint somit bei Anbau von Dauerkulturen auf der antiken Oase lediglich in größeren zeitlichen Abständen durchgeführt worden zu sein<sup>46</sup>.

- Auf einem Feld der Nordoase mit ehemals ackerbaulicher Nutzung zeichnen rechtwinklig zueinander verlaufende Pflugschichten ein gut sichtbares Netz auf die Feldoberfläche (Taf. 8 a). Die Pflugschichten der einen Richtung können nicht als deutlich über denen der anderen Richtung liegend ausgemacht werden, somit kann der zeitliche Abstand zwischen beiden Bearbeitungen nur kurz gewesen sein.

Möglicherweise stammen die Pflugschichten aus aufeinanderfolgenden Jahren, was den Ansprüchen,

46 Eine mögliche Begründung ergibt sich in Kap. 6.3, b.

die regelmäßiger Ackerbau an die Bodenbearbeitung im Bewässerungslandbau stellt, entsprechen würde.

- Bemerkenswert ist ferner, daß im letztgenannten Fall bei der nachfolgenden Bodenbearbeitung nicht in gleicher Richtung, sondern rechtwinklig zur vorherigen gearbeitet wurde. Auch im erstgenannten Fall kann in den in größeren Abständen aufeinanderfolgenden Pflughorizonten festgestellt werden, daß bei dem folgenden Pflügen jeweils nicht parallel zu den alten Furchen gearbeitet wurde, da das Profil (vgl. Abb. 2) einen Anschnitt der Pflughorizonte in unterschiedlichen Winkeln zur jeweils vorangehenden Pflugrichtung zeigt. Diese Arbeitsweise ist im Vergleich zu einer gleichbleibenden Pflugfurche von Vorteil für die Bodenstruktur sowie die Wachstumsbedingungen der Kulturpflanzen, insbesondere das Wurzelwachstum, weshalb die yemenitischen Bauern auch heute bei der Bodenbearbeitung quer zu den alten Furchen pflügen.

### 3.3 DÜNGUNG

Bei einer Bewässerung, die auf der Ausnutzung des Sayl beruht, führt jeder Bewässerungsvorgang zu einer periodischen Neuzufuhr und Ablagerung von nährstoffreichen Sedimenten auf dem Feld. Die Nährstoffversorgung des Bodens ist so selbst bei regelmäßiger ackerbaulicher Nutzung gewährleistet. Dennoch läßt sich aufgrund sedimentologischer Beobachtungen in einzelnen Bodenhorizonten feststellen, daß auf der antiken Oase von Zeit zu Zeit zwei Maßnahmen durchgeführt wurden, die – zumindest als Nebeneffekt – zur Düngung des Bodens beigetragen haben; die (vorgetäuschte) Stärke der Horizonte (vgl. z. B. Taf. 8 b) sowie die Seltenheit der Beobachtung haben dabei dieselbe Ursache: Durch die mit der Bodenbearbeitung erfolgende Einarbeitung sowie jede sich unmittelbar anschließende Bodenbearbeitung wurde diese Struktur zerstört oder ihre Deutlichkeit stark verwischt.

- Nicht nur zur Beseitigung der Baumstümpfe im Dauerkulturanbau (Kap. 2.5), sondern zum Teil auch flächenhaft auf den Feldern wurden die Vegetationsrückstände abgebrannt, ein Vorgang, der sich in Form eines bis mehrere Zentimeter mächtigen Aschehorizontes in den Sedimenten dokumentiert (vgl. Taf. 8 b). Diese Maßnahme diente wahrscheinlich in erster Linie der Beseitigung der Vegetationsrückstände, und die gleichzeitig entstehenden leicht verfügbaren Nährstoffe in Form der Asche besaßen lediglich als Nebeneffekt eine gewisse Düngewirkung. Möglich ist auch das gezielte stellenweise Einarbeiten von Asche, z. B. aus dem Hausbrand.
- Die gleiche Struktur, anstatt Asche jedoch aus organischer Substanz bestehend und so ein auffällig dunkleres Band in den Sedimenten bildend, fand sich an einigen Standorten der Nord- und Südoase (vgl. Taf. 9 d). Hier scheint es sich um die Rückstände einer organischen Düngung zu handeln, denkbar sind organische Abfälle, Mulchen sowie Tierdung, wobei allerdings zu beachten ist, daß letzterer seit alter Zeit in erster Linie als Brennmaterial Verwendung findet.

Eine von Zeit zu Zeit durchgeführte organische Düngung wäre unter den herrschenden Bewirtschaftungs- und klimatischen Verhältnissen äußerst sinnvoll gewesen:

Hohe Temperaturen und Bodenbearbeitung begünstigen einen raschen Abbau von organischer Substanz, der unter den Bedingungen des Bewässerungslandbaus jeweils nach der Trockenzeit, die sich vorübergehend hemmend auf die Aktivität der Bodenlebewesen und damit auf deren zersetzende Tätigkeit auswirkt, mit erneuter Durchfeuchtung des Bodens sehr stark gefördert wird. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff in den Bewässerungssedimenten ist folglich sehr gering, Brunner<sup>47</sup> gibt einen durchschnittlichen Wert von 0,2% an.

47 Brunner a. O. 20.

Negative Folgen eines niedrigen Gehaltes an organischer Substanz sind relativ geringe Sorptions- und Wasserkapazität, möglicherweise Probleme mit der Strukturstabilität und Erosionsresistenz sowie eine Verringerung des Bodenlebens<sup>48</sup>. Durch eine organische Düngung hätten diese negativen Auswirkungen zumindest gemildert werden können.

Das stellenweise Einarbeiten von Dung oder Asche beobachteten auch Dequin<sup>49</sup> und Kopp<sup>50</sup> im heutigen Yemen.

### 3.4 AUSSAAT UND SAATGUT

Bei Benutzung des einfachen Haken-Ritzpfluges wurde das Saatgut nach dem Pflügen in die Furche gelegt, diese anschließend mit dem Fuß zugestrichen und die Saat so bedeckt. Eine solche Arbeitsweise läßt die Aussaat vor und nach der Bewässerung zu.

Möglicherweise war jedoch auch in der Antike der sog. Säpflug schon in Gebrauch, der sich durch ein an dem Pflug angebrachtes Särohr auszeichnet, das die Aussaat in einem Arbeitsgang mit dem Pflügen ermöglicht: Neben dem Gespannführer läuft eine zweite Arbeitskraft, die das Saatgut durch das Särohr in die Furche gleiten läßt. Bei Benutzung dieses Säpfluges konnte die Aussaat somit nur vor der Bewässerung erfolgen.

In beiden Fällen entsprach der Abstand der Pflugfurchen dem Reihenabstand im Ackerbau (vgl. Taf. 10 a).

Eine weitere mögliche Arbeitsweise im Bewässerungslandbau der Antike nennt Arnon<sup>51</sup>, die Direktsaat ohne jegliches vorherige Pflügen nach der Bewässerung, was auch Glaser anlässlich seiner Yemenreise Ende des 19. Jh. in Märüb beobachtete<sup>52</sup>. Als generell praktiziertes Verfahren scheidet diese Möglichkeit aufgrund der vorgefundenen Indizien für die Bodenbearbeitung (Kap. 3.2.2) aus, als neben anderen praktiziertes Verfahren würde diese Arbeitsweise jedoch auch für Ackerbaustandorte die oben beschriebene, auf manchen Feldern der antiken Oase beobachtete Bodenbearbeitung lediglich in längeren zeitlichen Abständen erklären.

Das Saatgut wurde vermutlich vor der Ernte durch gezielte Auslese – d. h. nach dem Phänotyp – gewonnen, ein Verfahren, das bis heute im Yemen praktiziert wird<sup>53</sup>. Es entspricht einer positiven Masenauslese, die nach und nach zur Verbesserung der angebauten Landsorten führt. Diese zeichnen sich infolge genotypischer Inhomogenität durch gute Anpassungsfähigkeit an die ökologischen Standortbedingungen ihres Verbreitungsgebietes und damit im allgemeinen durch sichere Erträge aus.

### 3.5 PFLEGE

Zu den auf der antiken Oase durchgeführten Pflegemaßnahmen können lediglich einige allgemeine Überlegungen geäußert werden, da es für diese Arbeiten keinerlei konkrete Hinweise aufgrund von Überresten oder erkennbaren Strukturen gibt.

Ohnehin käme als gezielt durchgeführte Pflegemaßnahme nur die Unkrautbeseitigung in Frage. Ob die Sabäer ihre Felder unkrautfrei hielten, möglicherweise um – wie Kopp<sup>54</sup> von seinen Beobachtungen

48 A. Finck in: P. v. Blanckenburg – H.-D. Cremer (Hrsg.), *Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern II* (1971) 115.

49 Dequin a. O. 138.

50 Kopp, *Agrargeographie* 119.

51 I. Arnon, *Crop Production in Dry Regions* (1972) 119.

52 E. Glaser, *Eduard Glasers Reise nach Märüb*, hrsg. von D. H. v. Müller – N. Rhodokanakis, *Sammlung Eduard Glaser I* (1913) 19.

53 Vgl. auch Kopp, *Agrargeographie* 115.

54 Kopp, ebd. 116.

aus den 70er Jahren im Yemen berichtet – das Unkraut als Viehfutter weiterzuverwenden, oder ob sie im Gegenteil erkannt hatten, daß Unkrautbedeckung im Hinblick auf Erosionsschutz bzw. daß Unkraut als Mulch im Hinblick auf die Reduktion der Evaporation, Ergänzung des Nährstoffkreislaufes sowie Begünstigung von Bodenleben und Humusbildung von Vorteil war<sup>55</sup>, ist nicht zu entscheiden. Als Hinweis u. a. auch auf das Mulchen können möglicherweise die Überreste organischer Düngung in den Sedimenten (Kap. 3.3) gedeutet werden.

Gezielte Pflanzenschutzmaßnahmen konnten in der damaligen Zeit kaum durchgeführt werden. Im allgemeinen dürften sich die Vielfalt des Anbausystems mit seinen Mischkulturen<sup>56</sup> sowie der Anbau der an die ökologischen Standortbedingungen gut angepaßten Landsorten (Kap. 3.4) negativ auf die Vermehrungsmöglichkeiten von Krankheitserregern ausgewirkt haben. Unter ungünstigen Umständen, z. B. bei ungünstigen Witterungsverläufen, konnte es aber von Zeit zu Zeit zu Massenvermehrungen von Schädlingen kommen, was z. T. verheerende Folgen hatte – man denke etwa an den im Alten Testament für das Land Ägypten zur Pharaonenzeit beschriebenen Einfall von Heuschreckenschwärmen<sup>57</sup>.

Ereignisse dieser Art waren den Sabäern durchaus bekannt. Dies zeigt sich beispielsweise in der Widmungsinschrift Ja 567<sup>58</sup> an den sabäischen Reichsgott Almaqah: Der Setzer der Inschrift nennt im Rahmen seiner Bitte um Bewahrung vor vielfältigen Übeln in Zeile 27 ausdrücklich die Insektenplage; in Ja 610<sup>59</sup> dankt der Setzer der Inschrift in Zeile 7–9 dem Gott für Schutz vor Heuschrecken und allen (anderen) Insektenplagen. Auf einem wahrscheinlich aus Märib stammenden Räucheraltar findet sich die Inschrift RES 4230, in welcher der Gott ʿAṭtar gebeten wird, von den Feldern „Insektenplage, Schaden, Hagel, Frost und Feinde fernzuhalten“<sup>60</sup>.

55 Eine ausführliche Erläuterung dieser positiven Unkrautwirkungen findet sich bei K. Egger in: H. Elsenhans (Hrsg.), *Agrarreform in der Dritten Welt* (1979) 233 ff.

56 Dazu im einzelnen Kap. 6.2 und 6.3.

57 AT, 2. Mose 10, 4 ff.

58 Übersetzt und kommentiert bei W.W. Müller, *Altsüdarabische Inschriften*, in: O. Kaiser (Hrsg.), *Texte aus*

*der Umwelt des Alten Testaments II* (1986) 150–152; zur Analyse der inschriftlichen Belege s. Kap. 4.1, b. Übersetzt und kommentiert bei A. Jamme, *Sabaeen Inscriptions from Maḥram Bilqis (Märib)*, AFSM Publication III (1962) 107 f.

60 Frdl. Mitteilung von Prof. Dr. W.W. Müller, von dem auch die Übersetzung der Inschrift stammt.



## 4. Die Bewässerung auf der antiken Oase – Das Verfahren der Wasserrfassung und das Bewässerungsverfahren

### 4.1 VORBEMERKUNGEN

a) Die Lebensvorgänge der Pflanze finden in wäßriger Phase statt. Eine ausreichende Wasserversorgung der Kulturpflanze bildet damit die Grundlage jeglicher Stoffproduktion.

In den Trockengebieten der Erde ist das Wasser ertragsbegrenzender Faktor für die Landwirtschaft, und – abgesehen von den Gebieten, in denen Trockenfeldbau noch möglich ist – können Kulturpflanzen lediglich unter den Bedingungen des Bewässerungslandbaus angebaut werden. Dabei wird versucht, durch Fassung, Speicherung, Ableitung und/oder Hebung das natürliche Wasserdargebot den Wasseransprüchen der Kulturpflanzen anzugleichen.

Das Bewässerungswasser stammt entweder aus dem Grundwasser oder dem Oberflächenwasser. Dieses speist fließende und stehende Gewässer; letztere können natürlich oder künstlich angelegt sein. Einen Überblick über die in den Trockengebieten zur Bewässerung genutzten Gewässer gibt die folgende Abbildung:

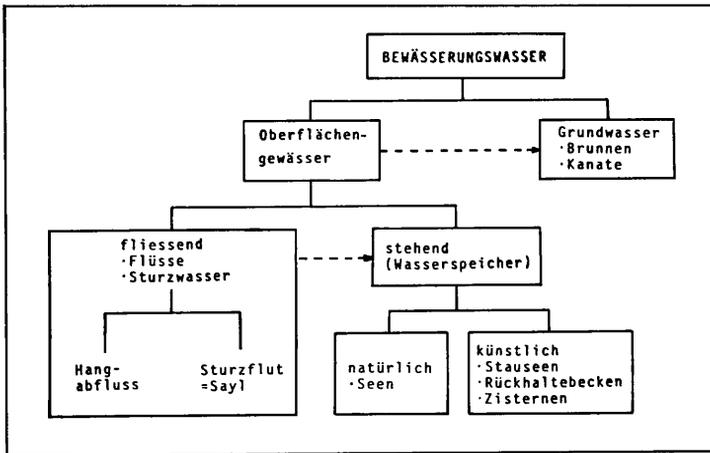


Abb. 3: Einteilung des Bewässerungswassers nach seiner Herkunft

Die antike Oase Mārib liegt am Austritt des Wādī Dana aus dem südarabischen Hochland in das Becken der innerarabischen Wüste. Als Wadi wird ein Tal bezeichnet, das nur in direktem Zusammenhang mit Niederschlägen, also während der Regenzeit im Einzugsgebiet, Wasser führt und ansonsten trockenliegt; der periodisch auftretende Abfluß heißt *Sayl*.

Das Wādī Dana entwässert ein Einzugsgebiet von etwa 8 200 km<sup>2</sup> (abflußrelevanter Teil)<sup>61</sup> mit weitgehend aridem bis semiaridem Klima. In diesem Klimabereich ist das Niederschlagsverhalten nach Wolff<sup>62</sup> gekennzeichnet durch

61 Radermacher et al. a. O. 53 ff.

62 P. Wolff, Der Tropenlandwirt Bh. 5, 1974, 21.

- geringe Gesamtniederschlagsmenge,
- hohe Niederschlagsintensitäten,
- ungünstige Verteilung des Niederschlages im Jahresverlauf,
- große Variabilität des Gesamtniederschlages von Jahr zu Jahr,
- Auftreten von über mehrere Jahre andauernden Dürreperioden.

Für das Abflußverhalten ergeben sich damit die folgenden Charakteristika<sup>63</sup>:

- periodisches Auftreten von Abflüssen mit hoher zeitlicher und mengenmäßiger Variabilität,
- hohe Spitzen und relativ geringes Volumen der Abflußganglinien.

Im Einzugsgebiet des Wādī Dana sind im langjährigen Mittel zwei Regenzeiten im Jahr zu verzeichnen, während derer das Wadi Wasser führt, und zwar – wiederum im langjährigen Mittel – etwa 20 Tage im Frühjahr (April) und etwa 30 Tage im (Hoch-)Sommer (zwischen Mitte Juli und Mitte August)<sup>64</sup>, wobei jedoch von Jahr zu Jahr die oben genannten sehr großen Schwankungen auftreten.

Diese beiden Jahreszeiten werden auch in zahlreichen sabäischen Inschriften<sup>65</sup> als die üblichen Bewässerungszeiten auf der antiken Oase genannt:

Jenseits des Durchbruchs des Wādī al-Masīl durch den Ġabal Balaq – das Wadi heißt in diesem Bereich Wādī al-Falaġ – liegen an den südöstlichen Berghängen mehrere flach gelagerte, relativ glatte Felsflächen, auf denen eine Vielzahl von Inschriften eingemeißelt ist<sup>66</sup>. Unter den auf einer der Felsplatten eingetragenen Inschriften des sog. „Großen Komplexes“ sowie einer in Stil und Alter zu diesem gehörigen, an der gegenüberliegenden Felswand liegenden Dreiergruppe<sup>67</sup> findet sich allein in neun Inschriften<sup>68</sup> die Angabe, daß der Gott ʿAttar die Oase von Mārib „in (den Regenzeiten des) Hochsommers und Frühjahrs getränkt“ hat<sup>69</sup>. Die gleiche Angabe weisen weitere Inschriften der benachbarten Felsflächen, aber auch anderer Standorte der antiken Oase auf<sup>70</sup>.

Die Nutzung des periodisch anfallenden Wasserdargebots als Bewässerungswasser bestimmte den Bewässerungsbetrieb in entscheidender Form; wichtigste Aufgabe war die Fassung, Verteilung und Feldaufleitung des Wassers, die so schnell und so effektiv wie möglich zu erfolgen hatte.

Die Art und Weise, in der diese Aufgabe durch das antike Bewässerungssystem in Mārib erfüllt wurde, soll im folgenden in zwei Schritten beschrieben werden: Zunächst wird das Verfahren der Wasserfassung (einschließlich Zuleitung in das Kanalsystem, allg. Wasserfassungsebene) und sodann das Bewässerungsverfahren (also die Feldebene) dargestellt. Abschließend werden beide Komponenten zu einer für die antike Oase in Mārib gültigen Definition der Bewässerung kombiniert.

b) Um in weitestmöglicher Form die Darstellung der für das antike Bewässerungssystem Mārib gültigen Bedingungen und Praktiken zu vervollständigen, bietet sich – wie auch in einigen der folgenden Kapitel – die Heranziehung der sabäischen Inschriften mit jeweiligem thematischen Bezug an. Diese besitzen zwar den großen Vorteil, für sich genommen als schriftliche Quellen Informationen aus der antiken Zeit in unverfälschter Form zu enthalten, ihre Analyse ist jedoch durch die folgenden Punkte sehr erschwert:

- Die *Lesung* und *Übersetzung* der sabäischen Inschriften ist mit Schwierigkeiten verbunden, so daß zahlreiche Texte bis heute lediglich lückenhaft interpretiert werden konnten.

63 Radermacher et al. a. O. 68.

64 Ebd. 83 f.

65 Zur Analyse der inschriftlichen Belege s. im einzelnen unter b).

66 Wissmann, Die Geschichte von Saba<sup>3</sup> II 285.

67 GI 1707, 1701 und 1701a (Wissmann, Die Geschichte von Saba<sup>3</sup> II 285).

68 GI 1780/2, 5-6; GI 1689 a/2; GI 1778; GI 1691b/3; GI 1764/4; GI 1759b/5; GI 1779/9-10, übersetzt und kom-

mentiert bei Wissmann, ebd. 95-126; GI 1701/2-4 und GI 1701a/2-3, übersetzt und kommentiert bei Wissmann, ebd. 113-118.

69 Ebd. 86 f. 96 (Fn. 52).

70 Vgl. auch C111 540/55, 58, übersetzt und kommentiert bei A. K. Irvine, A Survey of Old South Arabian Lexical Materials Connected with Irrigation Techniques (1962) 243 ff.

- Die Interpretation vieler in den Inschriften genannter Begriffe ist abhängig sowohl vom *inhaltlichen Zusammenhang* der Inschrift als auch von ihrer *Herkunft*, dies gilt in besonderer Weise für die Bewässerungsinschriften. Unterschiedliche geographische Herkunft, beispielsweise aus einem Gebiet, das über einen permanenten Wasserlauf verfügt im Gegensatz zu einem solchen Gebiet, wo nur ein periodischer Wasserabfluß auftritt, hat eine völlig andere Nutzung des Wassers zur Folge und damit verschiedene Interpretationen der Bewässerungstermini.

Die zur Darstellung spezieller Fragestellungen – so z. B. der folgenden Ausführungen – herangezogenen Inschriften müssen daher im Raum Märib lokalisiert sein. Bei eher allgemeinen Fragestellungen können dagegen auch die nicht lokalisierbaren oder die nicht im Raum Märib lokalisierten sabäischen Inschriften zum Vergleich herangezogen werden.

- Dies gilt entsprechend für die *Datierungsmöglichkeiten* der Inschriften, da die Erläuterung einiger spezieller Zusammenhänge neben der räumlichen auch eine zeitliche Einordnung der zitierten Inschriften verlangt.
  - In der vorliegenden Arbeit kann lediglich auf *bereits in Übersetzung vorliegendes Inschriftenmaterial* zurückgegriffen werden, wobei erschwerend hinzukommt, daß ein großer Teil der älteren Übersetzungen, beispielsweise die ausführlichen Arbeiten von Rhodokanakis<sup>71</sup>, aber auch die sehr viel später erschienenen Übersetzungen von Irvine und Jamme, aus heutiger Sicht in vielen Fällen überholt sind<sup>72</sup>, eine derart umfangreiche Zusammenstellung von Inschriften in neuerer Übersetzung aber nicht vorliegt.
  - Die Analyse der Inschriften erfolgt *aus naturwissenschaftlicher Sicht* unter der o. g. Zielsetzung. Sie stellt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, sondern muß im Gegenteil auf exemplarische Fälle mit jeweiligem thematischem Bezug beschränkt bleiben, da aufgrund des Fehlens eigener epigraphischer Kenntnisse das – zwangsläufig unbefriedigend ausfallende – Ergebnis nicht den mit einer vollständigeren Auswertung verbundenen immensen Arbeitsaufwand rechtfertigen würde.
- Aus den genannten Punkten ergibt sich bezüglich der weiteren Vorgehensweise, daß sich die Auswertung der Inschriften insbesondere auf die letzte von Wissmann erschienene Arbeit<sup>73</sup> stützt, daneben liegen einige von Müller neu übersetzte Inschriften mit thematischem Bezug zu der vorliegenden Arbeit vor. Die im folgenden angeführten älteren Übersetzungen wurden im Rahmen der der Nicht-Epigraphikerin zur Verfügung stehenden Mittel anhand des ‚Sabaic Dictionary‘<sup>74</sup> auf die Richtigkeit der zitierten Begriffe hin überprüft.

## 4.2 DAS VERFAHREN DER WASSERFASSUNG

Der in Überresten erhaltene antike Damm in Märib stellt das auch nach heutigen technischen Maßstäben nahezu perfekte Endprodukt einer langen Entwicklung dar, die durch systemimmanente Ursachen (Sedimentation und Wasserdargebot, vgl. Kap. 1.1) notwendig und durch das im Laufe der Zeit erlangte technologische Wissen möglich wurde. Um ein umfassendes Bild von dem sabäischen Bewässerungssystem zu erhalten, soll im folgenden nicht nur die Funktionsweise dieses Erdproduktes beschrieben, sondern auch dessen Entstehung nachgezeichnet, das Verfahren der Wasserfassung also in seiner historischen Entwicklung dargestellt werden.

71 Insbesondere N. Rhodokanakis, 26. Anz. Kaiserl. Akad. Wiss. phil.-hist., 1916, 173–198; ders., Studien zur Lexikographie und Grammatik des Altsüdarabischen II, 185/3 SB Wien (1918); ders., Katabanische Texte zur Bodenwirtschaft, 194/2 SB Wien (1923); ders., Katabanische Texte zur Bodenwirtschaft (zweite Folge), 198/2 SB Wien (1923).

72 Auf diese vom heutigen Forschungsstand für den Epigraphiker sichtbaren Mängel wies mich freundlicherweise Prof. Dr. W. W. Müller hin.

73 Wissmann, Die Geschichte von Saba<sup>2</sup> II (1982).

74 A. F. L. Beeston – M. A. Ghul – W. W. Müller – J. Ryckmans, Sabaic Dictionary/Dictionnaire Sabéen (1982).

Mit der historischen Entwicklung von Verfahren der Wasserfassung, die dem antiken System in Märib zumindest in Grundzügen vergleichbar sind, haben sich vor allem zwei Autoren befaßt, Bowen im Rahmen seiner Forschungen in Südarabien mit der „Saylbewässerung“, Evenari im Zusammenhang mit der Erforschung der antiken Wüstenlandwirtschaft in der Negev-Wüste allgemeiner mit der „Sturzwasserbewässerung“ (vgl. Abb. 3). Beide Darstellungen sollen kurz vorgestellt werden, weil sie jeweils in Teilbereichen mit den in Märib nachweislich vorhandenen Entwicklungsphasen übereinstimmen.

#### 4.2.1 Entwicklung der „Sturzwasserbewässerung“

Evenari<sup>75</sup> geht bei seiner Darstellung von der Verwendung des „Sturzwassers“ aus, d. h. des nach Regenfällen von den umliegenden Bergen und Hügeln oberflächlich abfließenden Wassers, das entweder

- als Hangabfluß durch Wälle, Gräben und Kanäle an den Hängen aufgefangen und von dort direkt auf die tiefer gelegenen Felder geleitet wird oder aber
- sich in Wadis sammelt und dort eine sog. Sturzflut (= Sayl) verursacht; aus dem Wadi kann dieses Wasser abgeleitet und dann ebenfalls durch Kanäle auf die Felder geleitet werden.

Die Landwirtschaft ist dabei auf die Wadis und deren Flutebenen beschränkt, also auf jene Gebiete, in denen es Schwemmlandböden gibt, die über eine ausreichende Tiefe verfügen, um genug Sturzwasser für die nachfolgende Trockenzeit zu speichern.

Das Verfahren der Wasserfassung, das auf der Nutzung des Sturzwassers beruht, wird von Evenari als „Sturzwasserbewässerung“ bezeichnet.

Drei verschiedene Methoden bzw. Entwicklungsphasen werden unterschieden:

a) Die einfachste und älteste Methode der Wasserfassung bestand in einer Terrassierung der kleinen (Seiten-)Wadis mit relativ geringem Abfluß durch Mauern, die das Wadi von Ufer zu Ufer durchqueren. Nach einem Regen entsprechender Dauer und Intensität floß Sturzwasser die umgebenden Hänge herab in das Wadi und verursachte dort eine Sturzflut. Jede Terrassenmauer staute - entsprechend ihrer Höhe - einen Teil des Flutwassers, das an Ort und Stelle im Schwemmlandboden der Terrassenstufe versickerte und so die Grundlage für den Anbau von Kulturpflanzen auf jeder einzelnen Terrassenstufe schuf. Überschüssiges Flutwasser, das durch die Terrassenmauer vorgegebener Höhe nicht mehr gestaut werden konnte, strömte über diese hinweg auf die nächst tiefer gelegene Terrasse usw.

b) Die zweite Entwicklungsphase bildeten die Sturzwasser-Farmen, die aus zwei Teilen bestanden: den in Senken gelegenen terrassierten Feldern und dem zugehörigen Wassereinzugsgebiet, d. h. dem umgebenden, hügeligen Gelände, dessen Sturzwasser als Hangabfluß durch Wälle, Gräben und Kanäle von den Hängen auf die tiefer gelegenen Felder geleitet wurde. Lag die Farm in der Nähe eines kleinen Wadis, so wurde auch dessen Sturzwasser (= Sturzflut) auf die Farmflächen geleitet; in diesem Fall besaß das Wadi quasi die Funktion eines zusätzlichen Kanals.

Die Proportion Wassereinzugsgebiet zu Anbaufläche lag immer in der gleichen Größenordnung und schwankte lediglich zwischen 20 : 1 und 30 : 1, d. h., jeder ha landwirtschaftliche Nutzfläche erhielt das Sturzwasser von 20 bis 30 ha Ödland.

Die Weiterleitung von überschüssigem Wasser erfolgte durch treppenförmig gebaute Überlaufbauwerke zur nächst tiefer gelegenen Terrasse.

75 M. Evenari, Die Umschau in Wissenschaft und Technik 15/16, 1964, 465 f.; ders. in: M. Lindner (Hrsg.), Petra und das Königreich der Nabatäer<sup>4</sup> (1983) 134 ff.; ders., Bild der Wissenschaft 21/9, 1984, 92 ff.; M. Eve-

nari - L. Shanan - N. Tadmor, The Negev. The Challenge of a Desert (1971) 95 ff.; M. Evenari - U. Nessler - A. Rogel - O. Schenk, Der Tropenlandwirt 76, 1975, 12 ff.

c) Den Abschluß der Entwicklung bildeten die Ableitungssysteme; sie stellten die technisch am weitesten entwickelten und hinsichtlich der bewirtschafteten Fläche ausgedehntesten Systeme der antiken Wüstenlandwirtschaft im Negev dar. Ihre Dimensionen indizieren, daß sie nur von einer zentralen Organisation betrieben werden konnten, und somit deutet nicht allein ihre technische Perfektion darauf hin, daß sie am Ende einer langen Entwicklungsgeschichte standen.

Die landwirtschaftliche Nutzfläche lag bei diesen Systemen im Gebiet der ursprünglichen Flutebene entlang den Ufern großer, breiter Wadis. In dem Wadibett selbst war die Strömung des Flutwassers zu groß, als daß es durch Terrassierung direkt hätte genutzt werden können. Um dennoch die beträchtlichen Abflüsse auszunutzen, wurden nach und nach immer kompliziertere Bauten konstruiert, große Ableitungssysteme, die einen Teil des Flutwassers abzweigten und in Kanäle leiteten. Diese führten zu den ebenfalls terrasierten Feldern, welche entlang den Ufern des Wadis oberhalb des Wadibettes lagen. Durch Überlaufbauwerke gelangte das Wasser von einer Terrassenstufe zur nächst tiefer gelegenen.

Bei der Entwicklung der Ableitungssysteme unterscheidet Evenari wiederum drei Phasen, von denen aber lediglich die zweite ein Ableitungssystem im eigentlichen Sinne darstellt:

- c.1) Das älteste System, Phase 1, bestand in der unmittelbaren Wasserverteilung in den weiten Flutebenen zu einer Zeit, als die Wadis noch in flachen Senken in der ursprünglichen Flutebene flossen. Einfache Erddämme wurden errichtet, um einen Teil des Flutwassers auf die grob terrasierte Flutebene abzulenken<sup>76</sup> und dort zu verteilen. Damit wurde gleichzeitig die Ablagerung von Sedimenten auf den bewässerten Flächen gefördert, das Terrassenniveau erhöhte sich nach und nach.
- c.2) Durch Naturereignisse, d. h. Hochwasserabflüsse, wurden die Dämme von Zeit zu Zeit zerstört. Denkbar ist auch, daß die Bewohner aus politischen Gründen, z. B. Kriegen, das Gebiet verließen, was zur Aufgabe und schließlich ebenfalls zur Zerstörung der Dämme durch die Fluten führte. So konnte sich das Wadi in die abgelagerten Sedimente einschneiden, was bei Kontinuität der Vorgänge im Laufe der Zeit zu einer immer stärkeren Eintiefung des Wadibettes gegenüber den absedimentierten Uferflächen führte, so daß nachfolgende Siedler mit einem völlig neuen Problem konfrontiert waren: Das Flutwasser floß nicht länger in einer flachen Senke, sondern in einem schmalen Bett, deutlich unterhalb der eigentlichen Ebene. Um das Wasser dennoch nutzen zu können, mußte es angehoben werden, d. h., das neue System stützte sich auf ein Ableitungssystem, das gleichzeitig der Anhebung des Wasserspiegels diente und von dem aus Kanäle das Wasser zu den Terrassen leiteten.

Auch in diesem Fall erhöhten sich die Terrassen weiterhin kontinuierlich wegen des Sedimentationsprozesses, und neue Ableitungssysteme mußten schließlich wadiaufwärts auf höherem Niveau errichtet werden, um weiterhin mit freiem Wasserspiegelgefälle in das Verteilungssystem einspeisen zu können, weshalb Phase 2 wiederum aus mehreren Entwicklungsschritten bestand. Gleichzeitig waren die Siedler gezwungen, die wachsenden Terrassen gegen das Wadi abzustützen.

Zu dieser ständigen Konfrontation mit dem Problem der Erosion und Sedimentation kamen Naturkatastrophen wie z. B. Hochwasserereignisse, die Zerstörungen auch im System verursachten. Insgesamt bedeutete der riesige Aufwand an Baumaßnahmen für die Bewohner eine erhebliche Belastung,

- c.3) was dazu führte, daß – vermutlich zu einem Zeitpunkt, als wiederum aus einem der genannten Gründe umfangreiche Bauarbeiten erforderlich waren – dieses System der Wasserfassung in das

76 Die einfachen und kleiner dimensionierten Ableitungsdämme werden auch im folgenden als Ablenk-dämme bezeichnet. Sie hatten nach Gerig (a. O. 39)

lediglich die Funktion, das fließende Wasser in die gewünschte Richtung zu leiten.

der Sturzwasser-Farm, wie bereits unter b) beschrieben, umgewandelt wurde, was u. a. mit einer deutlichen Reduzierung der bewirtschafteten Fläche verbunden war: Phase 3.

#### 4.2.2 Entwicklung der „Saylbewässerung“

Bowens Ausführungen<sup>77</sup> basieren auf der Verwendung des die sonst trockenen Wadis nach einem Regen füllenden Abflußwassers, d. h. auf der Verwendung des periodisch auftretenden „Sayl“. Methoden der Wasserfassung, die sich auf die Nutzung dieses Wassers beschränken, faßt er unter dem Oberbegriff „Saylbewässerung“ zusammen.

- a) Als früheste und gleichzeitig einfachste Methode in der Entwicklung wurde in den unteren, niederen Bereichen der Wadis nach einem Sayl direkt in das abgetrocknete Wadibett gesät (vgl. Abb. 4).
- b) Die folgende Entwicklungsphase der Saylbewässerung bestand in der Errichtung eines einfachen Erddammes quer durch ein schmales, wenig Wasser führendes Wadi, um den Sayl und die von ihm mitgeführten Sedimente gezielt aufzufangen. Nach Abtrocknung des Schlamms wurde gesät. Erst in dieser Phase ist der eigentliche Beginn des Bewässerungslandbaus durch gezielte Maßnahmen zu sehen!
- c) Die Entwicklung größerer und komplizierterer Saylbewässerungs-Anlagen war danach nur noch eine Frage der Zeit und das Ergebnis des natürlichen Wachstums des anfänglichen Systems: Als Folge des ein (schmales) Wadi vollständig absperrenden Dammes kam es in dessen wasserseitigem Bereich zur Aufsedimentierung, so daß der Damm erhöht werden mußte, bis der Sayl schließlich die Höhe der Uferbereiche des ursprünglichen Wadis erreichte. Bei weiterer Erhöhung des Dammes überflutete der Sayl nach und nach die seitlich des Wadis gelegenen Uferflächen, die nun in die Bewirtschaftung einbezogen werden konnten (vgl. Abb. 4).

#### 4.2.3 Historische Entwicklung des Verfahrens der Wasserfassung in Märüb

- 1) Bei einem Vergleich der Darstellungen von Bowen und Evenari leuchtet ein, daß Bowens Entwicklungsphase a) – die Wassernutzung direkt im Wadibett nach einem Sayl – den Ausgangspunkt aller folgenden Entwicklungen bildet, also auch der Darstellung Evenaris voranzustellen ist; dies galt sicherlich auch für die Anfänge des Bewässerungslandbaus im Raum Märüb. Sie bedeutet jedoch noch keine gezielte Methode der Wasserfassung.
- 2) Bowens Entwicklungsphase b) entspricht grundsätzlich Evenaris Entwicklungsphase a). Beide gelten nur für die kleinen (Seiten-)Wadis, deren relativ geringe Abflüsse leicht zu handhaben sind. Für das viel größere Wādī Dana kamen solch einfache Konstruktionen zur Absperrung des gesamten Wadis nicht in Frage.
- 3) Systeme, wie Evenari sie in seiner Entwicklungsphase b) beschreibt, die auf der direkten Nutzung des Hangabflusses beruhen, können in Märüb aus klimatischen Gründen nicht existiert haben: Märüb liegt im ariden Klimabereich und erhält – laut Aussage der Einheimischen – oft über Jahre hinweg keine nennenswerten Niederschläge.
- 4) Die der Wasserfassung und -verteilung auf die weite Flutebene dienenden Ablenkungssysteme – Entwicklungsphase c.1) bei Evenari – lassen sich für die antike Oase inschriftlich nachweisen. Betracht-

<sup>77</sup> Bowen a. O. 43. 86.

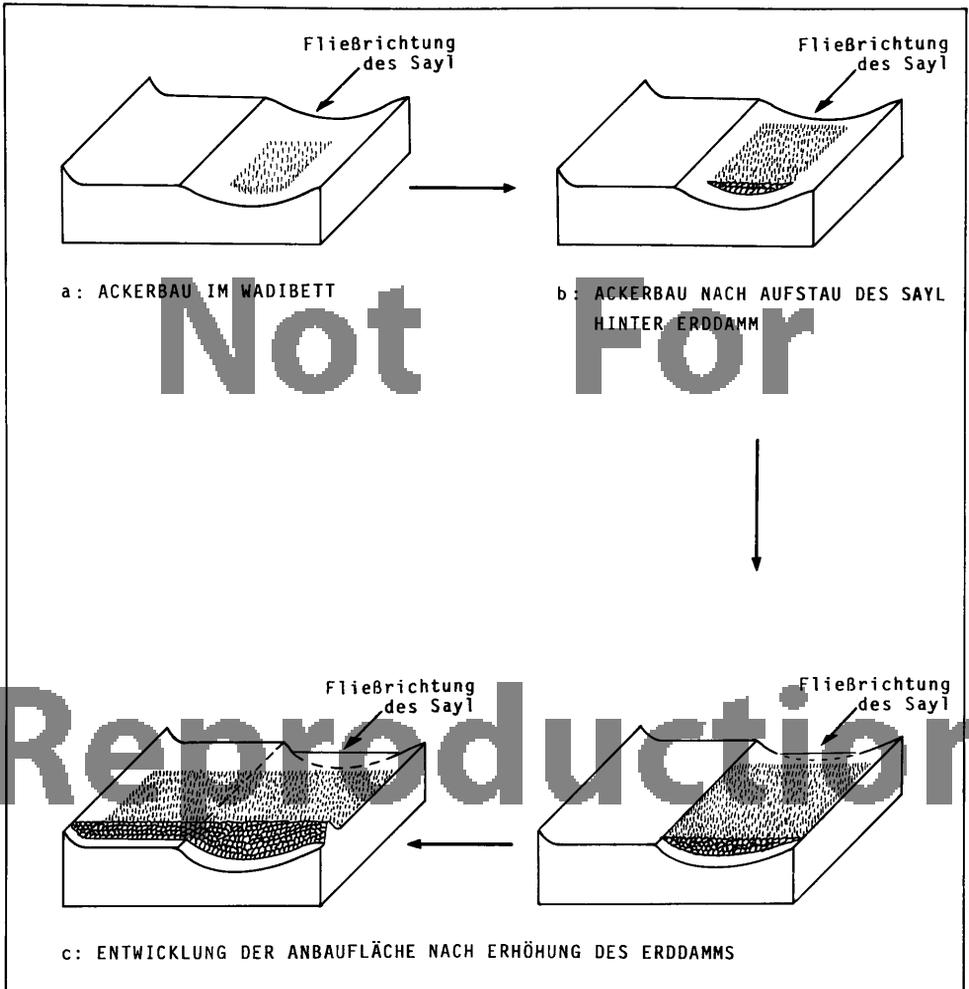


Abb. 4: Entwicklungsphasen der Saylbewässerung

tet man die geographische Lage der Oase, so fällt auf, daß sie an der Stelle liegt, wo sich das Wādī Dana aus der Kalk-Felsenge des südarabischen Hochlandes in das innerarabische Wüstenbecken ergießt, d. h. im Gebiet der den natürlichen Schwemmfächer bildenden Flutebene des Wādī Dana. In mehreren Inschriften ist die Rede von den (unten) am Wadi gelegenen Feldern, die von den Sabäern bewässert und landwirtschaftlich genutzt wurden<sup>78</sup>. Dies geschah mittels einfacher ins Wadi geschobener

78 Z. B. Ja 555/3 in Jamme a. O. 18 f.; vgl. dazu Beeston et al. a. O. II: „br“ wird übersetzt (u. a.) als „wadi-side cultivation“, womit „die (unten) am Wadi gelegenen

Felder“ gemeint sind (frdl. mdl. Mitteilung von Prof. Dr. W. W. Müller).

Erddämme, die einen Teil des Sayl unmittelbar auf die am Wadi gelegenen Flächen ablenkten: Der Setzer der Inschrift CIH 375 = Ja 550 nennt in Z.1 am Schluß der Aufzählung seines Besitzes ausdrücklich den – im Gegensatz zu den zuvor aufgezählten Palmgärten – durch Ablenkdamme bewässerten Palmgarten Radman auf der Südoase<sup>79</sup>.

Zu beachten ist allerdings, daß die zitierte Inschrift etwa aus dem Jahr 500 v. Chr. stammt<sup>80</sup> und daß die im Text zuvor aufgezählten Palmgärten bewässert wurden „durch Öffnen (der Schleusen)“, „nämlich des am Austritt des Wadi Adhanat in die Oase von Märīb erbauten Staudammes“. Somit repräsentiert die Wasserfassung mittels der beschriebenen Ablenkdamme zwar vermutlich eine sehr frühe Entwicklungsphase, wurde aber auch in späteren Jahrhunderten, trotz Vollabsperzung des Wadis, in begrenztem Umfang beibehalten, offensichtlich um in Jahren mit entsprechend reichlichem Wasserdargebot das über die im Bereich der Vollabsperzung liegenden Hochwasserentlastungen zurück ins Wadi geleitete Wasser auf diese Art noch zur Bewässerung der am Unterlauf des Wadis gelegenen Felder zu nutzen<sup>81</sup>.

Übrigens kann das gleiche System auch heute an den Uferbereichen des Wādī Dana beobachtet werden (vgl. z. B. Taf. 10 a).

5) Die Entwicklungsphase c.2) (Evenari) entstand aus c.1) aufgrund fortschreitender Erosion einerseits, kontinuierlicher Sedimentation andererseits und erforderte nun zur Anhebung des Wasserspiegels die Errichtung eines Ableitungssystems erheblich größerer Dimensionen bzw. technischer Perfektion als in der vorangegangenen Phase. Überreste typischer Ableitungssysteme dieser Entwicklungsphase sind in den im Wādī Dana gelegenen Bauwerken S6 (zur Südoase, Betriebsperiode VI) und N4 (zur Nordoase, Betriebsperiode V) zu sehen (vgl. Kap. 1.1 und Taf. 1). Das Ableitungssystem bestand aus einem quer zur Fließrichtung bis in den Bereich des Stromstrichs in das Wadi gebauten Erddamm, an dessen Kopf oder Wurzel das Ableitungs(=Auslaß-)Bauwerk aus massivem Stein angebaut war; an dieses schloß sich der zur Bewässerungsfläche führende Ableitungskanal an<sup>82</sup>. Dieses sog. Bühnenprinzip führte zur Konzentrierung der Wasserführung und zu einem partiellen Anstau des Sayl und damit zum Gewinn an Höhe.

Das ständige Problem – fortschreitende Sedimentation, verbunden mit einer stetigen Niveauerhöhung der Feldflächen – erforderte im Laufe der Zeit die Verlegung der Ableitungssysteme wadiaufwärts, auf höheres Niveau. In den oben erwähnten Bauwerken S6 und N4 ist der jeweils letzte Entwicklungsschritt dieser Ableitungssysteme zur Nord- und Südoase zu sehen, ihre Vorläuferbauwerke sind

79 Übersetzt und kommentiert bei W. W. Müller, *Altsüdarabische und frühnordarabische Inschriften*, in: O. Kaiser (Hrsg.), *Texte aus der Umwelt des Alten Testaments I* (1982–1985) 660–662; Müller übersetzt „Dammlleitungskanäle“, womit einfache Erddämme der oben beschriebenen Art gemeint sind, die im Yemen auch heute noch an vielen Wadis zur Wasserfassung errichtet werden (frdl. mdl. Mitteilung von Prof. Dr. W. W. Müller), d. h. nach obiger Definition (Kap. 4.2.1) Ablenkdamme. Vgl. dazu auch GI 1701/2–4, übersetzt und kommentiert bei Wissmann, *Die Geschichte von Saba*<sup>3</sup> II 87. 114–117: „... als <sup>6</sup>A[ī]ta[r] tränkte (...) (in) Aḡanat von YHWR bis HMR<sup>m</sup> und die ganze Niederung ...“ sowie der Kommentar (116f.): „Es kann in diesem Fall nur die ‚Niederung‘ des Unterlaufs des Wadi Aḡanat bedeuten, die Landstreifen beiderseits

des Aḡanat unterhalb von Maryab im Umkreis von al-Hisma und Ġiḡwat Āl Ġarādān, wo man das Wasser für die eingedeichten Felder nur unmittelbar dem Hochwasserbett des Aḡanat entnimmt, durch Erddämme, die in dieses Bett hineingebaut werden.“ Desgleichen z. B. GI 1779/9, übersetzt und kommentiert bei Wissmann ebd. 124–126, und GI 1762/4, übersetzt ebd. 134–136.

80 Jamme a. O. 389; die in Fn. 79 angeführten Inschriften GI 1701, 1779 und 1762 stammen aus dem 8. und 7. Jh. v. Chr. (Wissmann), *Die Geschichte von Saba*<sup>3</sup> II 90).

81 Dazu im einzelnen Kap. 7.3.1, a.

82 Vgl. Radermacher et al. a. O., Abb. C 2–1; zu Einzelheiten vgl. 211 ff. (N4) bzw. 236 ff. (S6). Eine detaillierte Darstellung der Anlage S6 unter der Bezeichnung „Bau B 1“ liegt bei Herberg a. O. 33 ff. vor.

wadiabwärts zu vermuten, wurden bisher jedoch nicht gefunden, u. U. weil die zu ihrer Errichtung verwendeten Steine bei der Errichtung des Nachfolgebauwerks als Spolien dienten.

Vom Bau solcher Ableitungssysteme berichtet auch RES 3946. In Z. 5–6 heißt es: „Und er baute im (Wadi) Ađanat den Grundbau [Fundamente, Unterbauten] TFŠ und seine Staustufe in der Richtung nach Yasrān; und er baute den Grundbau von YLT und seine Staustufe in der Richtung nach Abyan. Und er baute ZRB und MLKN für Yasrān, und er baute und errichtete die Bauobjekte von Yasrān und Abyan in deren Mitte“, d. h. im Wadibett. Der Setzer der Inschrift fährt fort (Z. 6–8) mit dem Bericht seines Erwerbs großer Abschnitte der Südoase „einschließlich der Wehre des Teiles von Yasrān, der unmittelbar vom Hochwasserbett her bewässert wurde“<sup>83</sup>.

Wissmann folgerte, daß die Bewässerungsanlagen für die Nord- und die Südoase zur Zeit dieser Inschrift – sie stammt aus dem frühen 7. Jh. v. Chr.<sup>84</sup> – noch getrennt voneinander waren<sup>85</sup>. Zu dieser Zeit existierte aber bereits seit Jahrhunderten eine Vollabsperzung des Wadis (vgl. Kap. 1.1 und s. u.), so daß in der zitierten Inschrift wiederum nur – analog 4) – die Beibehaltung der Wasserfassung durch die beschriebenen Ableitungssysteme in begrenztem Umfang auch nach Vollabsperzung des Wādī Dana zum Ausdruck kommen kann.

6) Das im Laufe der Entwicklung des Bewässerungssystems erlangte technologische Wissen ermöglichte schließlich die Errichtung eines das gesamte Wādī absperrenden Dammes, unter den spezifischen geographischen Bedingungen in Mārib im Ergebnis Bownes Entwicklungsphase c) analog. Dabei ist jedoch zu beachten, daß auf der antiken Oase, beginnend mit der Entwicklung der unter 5) beschriebenen Ableitungssysteme, der Sayl nicht mehr unmittelbar genutzt wurde, sondern daß zwischen Wasserdargebot bzw. Wasserfassung und Feldaufleitung ein *steuerbares Kanalsystem* zur Verteilung des Wassers bestand!

In dem Auslaßbauwerk S4<sup>86</sup> (Betriebsperiode IV) als Überrest der ersten gesicherten Vollabsperzung des Wādī Dana sowie schließlich dem bis heute in Überresten erhaltenen gestickten Absperrdamm der Betriebsperiode I ist für die antike Oase diese Entwicklungsphase dokumentiert; sie schuf durch die mit der Vollabsperzung des Wadis verbundene gleichzeitige Wasserfassung für Nord- und Südoase funktionelle Abhängigkeiten zwischen den beiden Bereichen.

Der Absperrdamm diente dem Zweck der Wasserspiegelerhöhung, um mit dem so erzeugten Gefälle das Wasser durch in den Damm integrierte Auslaßbauwerke und sich daran anschließende Kanäle auf die nach und nach stark aufsedimentierten Feldflächen der Nord- und Südoase beiderseits des ursprünglichen Wadibettes leiten zu können. Eine Speicherfunktion hatte der Absperrdamm also nicht; die Auslaßbauwerke besaßen damit strenggenommen Ableitungsfunktion und können daher auch als Ableitungsbauwerke bezeichnet werden, die Vollabsperzung somit insgesamt als weiterentwickeltes Ableitungssystem.

Es sei hier noch einmal auf die Gleichzeitigkeit dieser Konstruktionen und wadiabwärts beibehaltener älterer Methoden aus früheren Entwicklungsphasen hingewiesen, die zumindest für die frühen Betriebsperioden mit Vollabsperzung inschriftlich belegt sind (s. o.).

7) Evenaris Entwicklungsphase c.3) scheidet aus den gleichen Gründen aus, die bereits unter 3) zur Entwicklungsphase b) genannt wurden.

8) Zusammenfassend lassen sich für die historische Entwicklung des Verfahrens der Wasserfassung auf der antiken Oase Mārib folgende Entwicklungsphasen feststellen:

83 (Teilw.) übersetzt und kommentiert bei Wissmann, Die Geschichte von Saba<sup>3</sup> II 161–163.

84 Ebd. 153 f.

85 Desgleichen W. W. Müller, Notiz zu ʿbyn am Bau B, ABADY III (1986) 58.

86 Zu Einzelheiten vgl. Radermacher et al. a. O. 232 ff.

- a) Ablenkung eines Teils des Sayl mittels einfacher, ins Wadi geschobener Erddämme (Ablenk-dämme) und unmittelbare Verteilung des Wassers in der Flutebene des Wadis;
- b) Errichtung großer Ableitungssysteme mit Erddamm, Ableitungsbauwerk und sich anschließendem Ableitungskanal, um den Wasserspiegel bis über das inzwischen durch Sedimentation deutlich erhöhte Feldniveau beiderseits des Wadis anzuheben;
- c) Vollabspernung des Wadis mittels eines Absperrdammes, Ableitung des Wassers über integrierte Auslaß(= Ableitungs-)Bauwerke und Verteilung des Wassers durch ein steuerbares Kanalsystem.

#### 4.2.4 Definition des Verfahrens der Wasserfassung

1) Die Art des Wasserdargebots – d. h. der aus Niederschlag im Einzugsgebiet bzw. Abfluß resultierenden Wassermenge, die innerhalb eines bestimmten Gebietes zur Deckung des jahreszeitlichen Wasserverbrauchs zur Verfügung steht – bestimmt in entscheidender Weise das Verfahren der Wasserfassung. In die von Evenari bzw. Bowen angegebene Bezeichnung des dargestellten Verfahrens der Wasserfassung geht daher jeweils die Bezeichnung des zur Bewässerung genutzten Wassers ein.

„Sturzwasserbewässerung“ (Evenari) basiert auf der Nutzung des Sturzwassers, d. h. des nach Regenfällen von dem die Bewässerungsflächen umgebenden hängigen Gelände oberflächlich abfließenden Wassers. Bei einem Einzugsgebiet von 8200 km<sup>2</sup> (Wādī Dāna) müßte dieser Begriff sehr weit gefaßt werden, um doch nur teilweise Gültigkeit zu besitzen: Eine direkte Ableitung des Hangabflusses auf tiefer gelegene Felder scheidet aus den bereits oben genannten klimatischen Gründen aus, lediglich die Wadisturzfluten (= Sayl) wurden in Mārib zur Bewässerung genutzt.

Die „Saylbewässerung“ (Bowen) beruht dagegen auf der Nutzung des periodisch auftretenden Sayl und trifft damit präzise die für Mārib gültigen Bedingungen von seiten des Wasserdargebots. Bei Verwendung dieses Begriffs im folgenden muß aber berücksichtigt werden, daß seine Bedeutung im Sinne von Bowen eine Erweiterung erfährt, d. h. nicht nur die *unmittelbare* Nutzung des Sayl zur Bewässerung wird nachfolgend als Saylbewässerung bezeichnet, sondern auch die *mittelbare* Nutzung bei Zwischenschaltung eines *steuerbaren Kanalsystems* zwischen Wasserdargebot bzw. Wasserfassung und Feldaufleitung.

2) Anhand der historischen Entwicklung wurde das Verfahren der Wasserfassung dargestellt; auf dieser Ebene kann die Bezeichnung „Saylbewässerung“ nun zu einer vorläufigen Definition spezifiziert werden: Da das Wasser aus dem von einem großen Einzugsgebiet gespeisten Wadi während der durch Bauwerksüberreste dokumentierten und anhand dieser im Rahmen des Forschungsvorhabens untersuchten Betriebsperioden I bis VI mit Hilfe der beschriebenen, sich im Laufe der Zeit weiterentwickelnden Ableitungssysteme und einem mehr oder weniger verzweigten Kanalsystem bezogen wurde, spricht man zutreffender von einem *„Ableitungsverfahren als spezieller Form der Saylbewässerung“*. Die für diese Systeme als Vorläufermethode anzusehende Wasserfassung mittels einfacher Ablenk-dämme wurde während der Betriebsperioden I bis VI lediglich auf randlich gelegenen und offensichtlich nur in Jahren mit entsprechend reichlichem Wasserdargebot bewirtschafteten Flächen beibehalten.

Über das auf der Feldebene praktizierte Bewässerungsverfahren trifft diese Definition keine Aussage.

### 4.3 DAS BEWÄSSERUNGSVERFAHREN

Die in dem antiken Bewässerungssystem selbst inbegriffene Ursache für die Vorläufigkeit jeder Entwicklungsphase – fortschreitende Sedimentation, verbunden mit einer stetigen Niveauerhöhung der

Oase gegenüber dem Wadi und damit gegenüber dem Wasserspiegel des Sayl – führte zur zwangsläufigen Weiterentwicklung des Verfahrens der Wasserfassung, berührte die Prinzipien des Bewässerungsverfahrens jedoch nicht, da die – vorübergehende – Lösung des Problems lediglich auf der Ebene der Wasserfassung erfolgen konnte.

Die Anforderungen an das Bewässerungsverfahren erfuhren im Laufe der Oasenentwicklung keine grundsätzlichen Änderungen, was damit zusammenhing, daß die Nutzung des nur periodisch anfallenden, im voraus zeitlich und mengenmäßig nicht abschätzbaren Wasserdargebots für ackerbauliche Zwecke die Möglichkeiten der Bewässerung auf Feldebene zu allen Zeiten stark einschränkte:

- Während der zeitlich eng begrenzten Periode des Sayl mußte so viel Wasser auf die Felder geleitet werden, daß der Boden ausreichend Feuchtigkeit für die folgende Vegetationsperiode speichern konnte, was nur möglich war durch Überstauung der Flächen mit beträchtlichen Wassermengen.
- Die Ungewißheit über die im voraus nicht abschätzbare Menge des zur Verfügung stehenden Wassers hatte die Tendenz zur Folge, die Anzahl der erforderlichen Bewässerungsgaben zu verringern und dadurch die jeweils aufgebrauchte Wassermenge zu erhöhen, was dazu führte, daß die Bewässerung auf Feldebene am sinnvollsten in einem einmaligen Überstauvorgang erfolgte.

Somit stellen die während der letzten Entwicklungsphase des Bewässerungssystems praktizierten Bewässerungsmethoden – im Gegensatz zu den Methoden der Wasserfassung – keine zwingend notwendigen Weiterentwicklungen von Vorläufermethoden dar, die historische Entwicklung besteht in erster Linie in der Perfektionierung technischer Einzelheiten<sup>87</sup>, so daß sich eine detaillierte Darstellung von Entwicklungsphasen erübrigt. Die bei den oben genannten Einschränkungen in Frage kommenden Methoden der Überstaubewässerung sollen daher kurz definiert werden, bevor ihre mögliche Anwendung in Märib diskutiert wird.

#### 4.3.1 Definition der Überstaubewässerung

Die Überstaubewässerung stellt das älteste Bewässerungsverfahren dar und wird seit Jahrtausenden typischerweise in den Flußtalooasen praktiziert, deren gesamter Landbau auf der periodisch mit Einsetzen der Regenzeit im Einzugsgebiet wiederkehrenden Flutwasserzufuhr beruht. Sie besteht in einer Verteilung des abgeleiteten periodisch auftretenden Fluthochwassers auf eine mehr oder weniger ebene Landfläche, nach deren einmaliger gründlicher Überstauung der Anbau landwirtschaftlicher Kulturen erfolgt.

Nach Art der Verteilung und Aufleitung des Wassers unterscheidet Achtnich drei Methoden<sup>88</sup>:

a) Die *wilde Überflutung* stellt die einfachste Methode der Überstaubewässerung dar, die einer nur geringfügigen Herrichtung der zu bewässernden Flächen bedarf und sich häufig in Wüstengebieten in den Flutebenen der Wadis findet. Die Flutwelle wird durch einfache Dämme auf die von Natur aus weitgehend ebenen Flächen abgelenkt<sup>89</sup>, auf welchen sich das Wasser der natürlichen Oberflächengestalt, d. h. dem Gefälle folgend mehr oder weniger gleichmäßig verteilt.

87 Daran hat sich übrigens bis heute nichts geändert: Kopp (Agrargeographie 113) hat bei seinen Forschungen während der siebziger Jahre im Yemen – trotz der Beobachtung vielfältiger Methoden der Wassergewinnung für Bewässerungszwecke – als auch heute noch einzig praktiziertes Bewässerungsverfahren die Überstaubewässerung festgestellt, mit lediglich regional unterschiedlichen Methoden.

88 W. Achtnich, Bewässerungslandbau (1980) 307 ff. Die

von Achtnich als vierte Methode genannte Sturzwasserbewässerung gehört – wie schon die Bezeichnung selbst angibt – zu den Methoden der Wasserfassung und wurde bereits behandelt.

89 Wie Achtnich (a. O. 308) selbst bemerkt, bestehen in der Regel keine besonderen Vorrichtungen zur Hebung des Wassers, nach obiger Definition (Kap. 4.2.1) entsprechen die Dämme also Ablenk- und nicht Ableitungsdämmen.

Damit ist die wilde Überflutung als Bewässerungsmethode sehr eng mit der entsprechenden Methode der Wasserfassung durch einfache Ablenkdämme verknüpft.

b) Als Kennzeichen für den *geregeltten Flächenüberstau* gilt, daß sich das Wasser während des größten Teils der Zeit, die zur Versickerung in den Boden erforderlich ist, nicht mehr fließend bewegt, sondern zur Ruhe gekommen ist. Dies setzt voraus, daß einerseits in verhältnismäßig kurzer Zeit eine große Wassermenge aufgebracht wird, daß andererseits die Bewässerungsfläche nahezu horizontal und außerdem eben ist, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Wassers sowie des sich ablagernden Schlammes zu erreichen. Den Geländebeziehungen entsprechend wird daher die Gesamtfläche mittels Erdwällen in Einzelflächen unterteilt, deren Beschickung mit Wasser in der Regel nacheinander erfolgt:

Die gesamte aufzubringende Wassermenge wird in relativ kurzer Zeit auf das jeweilige Feld geleitet, überstaut dieses also zunächst in erheblicher Höhe. Die Versickerung setzt zwar mit beginnender Feldaufleitung ein, findet jedoch in der Hauptsache erst nach Beendigung des nur wenig Zeit beanspruchenden Aufleitungsorganges statt.

c) Die *Staurieselung* unterscheidet sich vom *geregeltten Flächenüberstau* durch die aufgrund einer leichten Neigung der Bewässerungsflächen während des Bewässerungsvorgangs anhaltende Wasserbewegung.

Die baulichen Anlagen beider Methoden sind ähnlich, so daß durch geringfügige Veränderungen – Verminderung des Wasserzuflusses und Offenlassen der Auslaßbauwerke – Überstauflächen bei geringer Neigung in der Regel auch berieselt werden können. Die Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung hängt entscheidend von der Gestaltung der Bodenoberfläche ab. Nicht Einzelflächen, sondern aus mehreren Teilflächen bestehende Bewässerungseinheiten werden in einem Turnus mit Wasser beschickt:

Die gesamte aufzubringende Wassermenge wird bei vergleichsweise geringem Wasserzufluß in die Bewässerungseinheit geleitet, dort bei anhaltender Wasserbewegung und relativ niedriger Wasserhöhe – bis ca. 20 cm und damit aber deutlich höher als bei einem reinen Rieselfahren – mittels Feldüberleitungs-Bauwerken von Feld zu Feld verteilt und das Restwasser durch Auslaßbauwerke abgeführt. Damit beansprucht der Vorgang der Feldaufleitung bei Zufuhr der gleichen Gesamtwassermenge, verglichen mit *geregelttem Flächenüberstau*, sehr viel mehr Zeit, da die Versickerung während des Aufleitungsorganges stattfindet.

#### 4.3.2 Das Bewässerungsverfahren in Märib

1) *Wilde Überflutung*, die traditionelle Bewässerungsmethode in den Flutebenen der Wadis, stellt die Methode einer sehr frühen Entwicklungsphase der Bewässerung auf der antiken Oase dar, als die Wasserfassung aus dem Wadi mittels einfacher Dämme erfolgte, die einen Teil des Sayl unmittelbar auf die (unten) am Wadi gelegenen Felder ablenkten (Kap. 4.2.3). Der natürlichen Oberflächengestalt folgend, verteilte sich das Wasser über die Ebene, die möglicherweise – zumindest bei fortschreitender Entwicklung dieses Systems – grob terrassiert war<sup>90</sup>.

Die Bewässerung der (unten) am Wadi gelegenen Felder wurde bis in die späten Entwicklungsphasen der Oase beibehalten, auf der Ebene der Wasserfassung mittels Ablenkdämmen (Kap. 4.2.3), auf der Feldebene möglicherweise zum Teil durch wilde Überflutung: Die landwirtschaftliche Nutzung solcher Flächen, die während langer Zeiträume lediglich in Jahren erfolgte, die aufgrund eines überdurch-

90 Der Anbau direkt im Wadibett nach Abfluß und ohne gezielte Verteilung des Sayl kann von seiten des

Bewässerungsverfahrens als einfachste Form der wilden Überflutung bezeichnet werden.

schnittlichen Wasserdargebots die Bewässerung möglich und lohnend erscheinen ließen, rechtfertigte auf diesen Flächen nicht die Anlage komplizierter Systeme, sondern lediglich den geringfügigen Aufwand an Herrichtung und Unterhalt, der die Methode der wilden Überflutung auszeichnet. Auf das Fehlen jeglicher befestigten Bauwerke sowie die Lage der Felder unmittelbar unten am Wadi ist es zurückzuführen, daß Überreste nicht erhalten sind.

2) Das verzweigte Kanalsystem mit seinen zahlreichen Durchlaßbauwerken, das bis in die jüngste Vergangenheit auf der Oasenoberfläche bzw. in den Sedimenten deutlich erhalten war, ließ dagegen eine steuerbare und gezielte Bewässerung zu.

Folgende Beobachtungen sprechen dabei für eine Anwendung des *geregelten Flächenüberstaus*:

- Die Kanalauslässe auf die Felder besitzen in der Regel hohe Durchlaßkapazitäten<sup>91</sup>, die nur einen Sinn ergeben bei Anwendung des *geregelten Flächenüberstaus*.
- Die Feldwälle besaßen meist eine durchschnittliche Höhe von 1 m (Kap. 3.1.2); Feldwälle, die niedriger als 80 cm waren, konnten an keiner Stelle der antiken Oase beobachtet werden. Aufschüttung der Wälle in dieser Höhe ist jedoch ebenfalls nur sinnvoll bei Anwendung des *geregelten Flächenüberstaus*, nicht dagegen bei *Staurieselung*.
- In einigen Erosionsrinnen können die künstlich geschütteten Feldwälle im Profil mit den sich beiderseits unmittelbar anschließenden feingeschichteten Sedimentlagen beobachtet werden (unmittelbar an dem Feldwall wurde nicht gepflügt, um dessen Stabilität nicht zu gefährden, die Schichtung der Bewässerungssedimente in diesem Randbereich ist daher meist gut erhalten). Die Sedimentschichten ziehen sich an den Wällen durchschnittlich etwa 60 cm hoch und lassen daher auf eine Überstauung der Felder in dieser Höhe schließen. Dieser (Mittel-)Wert wird auch durch die von Brunner<sup>92</sup> gemessenen Werte von 50 bis 75 cm bestätigt<sup>93</sup>.
- Die Art des Wasserdargebots und die damit verbundene Notwendigkeit der schnellen Wasserverteilung und Feldaufleitung sprechen schließlich ebenfalls für den *geregelten Flächenüberstau* als die wahrscheinlichere Bewässerungsmethode.

3) Dennoch gibt es auch Hinweise auf die gelegentliche Anwendung der *Staurieselung*:

- *Feldüberleitungsbauwerke*<sup>94</sup> können nur im Zusammenhang mit einer *Feld-zu-Feld-Bewässerung*, d. h. einer *Staurieselung*, eine Funktion besessen haben. Das vergleichsweise seltene Vorkommen dieser Bauwerke läßt jedoch vermuten, daß es sich bei der *Staurieselung* um eine eher selten praktizierte Bewässerungsmethode handelt.
- Aus dem unter 2) beschriebenen Verlauf von Sedimentschichten an Feldwällen im Profil konnte in wenigen Fällen auch analog auf geringere Einstauhöhen geschlossen werden, die für eine *Staurieselung* als Bewässerungsmethode sprechen, da die vorgefundenen Werte im Falle des *geregelten Flächenüberstaus* für einen nachfolgenden Anbau zu geringe aufgeleitete Wassermengen zur Folge gehabt hätten (zu Einzelheiten s. u.).

Trotz dieser Funde fehlen andere Elemente des *Staurieselsystems*. Auslaßbauwerke mit sich anschließenden Kanälen zur Abführung des Restwassers aus einer Bewässerungseinheit konnten auf der anti-

91 Radermacher et al. a. O. 346 ff.

92 Brunner a. O. 39.

93 Für die im Raum Mārib heute mittels des *geregelten Flächenüberstaus* aus dem Sayl bewässerten Felder am Wādī Dana gibt Electrowatt Engineering Services Ltd. (Marib Dam and Irrigation Project, Yemen Arab Republic [1978] 20) als maximale Überstauhöhe etwa 1 m an, weist aber darauf hin, daß der Durchschnitts-

wert in jedem Fall niedriger liegt. Die zweimal jährliche Überstauung mit Saylwasser in der oben angegebenen Höhe verhinderte die Versalzung des Oberbodens, eines der größten Probleme im heutigen nichttraditionellen Bewässerungslandbau.

94 Zu Einzelheiten vgl. Radermacher et al. a. O. 349 f. 360.

ken Oase nicht gefunden werden. Geht man davon aus, daß diese tatsächlich nicht existiert haben, dann erfolgte nur die Wasseraufleitung nach der Methode der Staurieselung, eine Abführung des Restwassers fand offenbar nicht statt<sup>95</sup>, so daß auf den hinteren Teilflächen einer Bewässerungseinheit die im vorderen Bereich praktizierte Staurieselung immer mehr zum geregelten Flächenüberstau wurde. Die Methode ist daher exakter als *modifizierte Staurieselung* zu bezeichnen.

4) Welche Gründe die Wahl der Bewässerungsmethode auf der antiken Oase – geregelter Flächenüberstau oder modifizierte Staurieselung – beeinflussten, konnte nicht eindeutig geklärt werden. Aus Beobachtungen während der Feldkampagne 1984/85 am nordwestlichen Rand der Nordoase ergibt sich lediglich, daß beide Methoden nebeneinander praktiziert wurden:

Nahe dem Bauwerk al-Mabnā ist durch Rinnenerosion ein Feldwall im Profil mit den sich beiderseits anschließenden Feldsedimenten angeschnitten (Taf. 7 a und 7 b sowie Abb. 5). Die Höhe des Feldwalls beträgt etwa 80 cm bei einer Basisbreite von etwa 4,20 m. Auffällig ist die deutliche Gliederung des auf dem linken, besser erhaltenen Feldanschluß sedimentierten Bodenmaterials in vier voneinander verschiedene Sedimentbänke.

a) In der untersten Sedimentbank mit einer Mächtigkeit von etwa 20 cm lassen sich die einzelnen Sedimentschichten den Feldwall hinauf bis zu dessen Krone verfolgen. Die untersten Sedimentschichten dieser Bank liegen direkt über einem offensichtlich bei Neuanlage des Feldes gepflügten Horizont, da die Pflugspuren bis unmittelbar an den Fuß des Feldwalls führen.

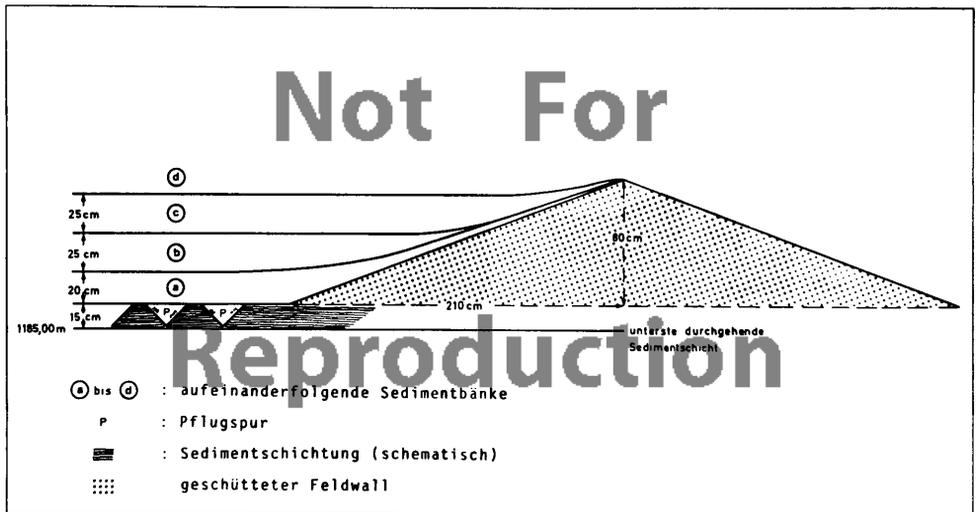


Abb. 5: Feldwall mit linkem Feldanschluß

b) Es folgt eine etwa 25 cm mächtige Sedimentbank, deren einzelne Sedimentschichten sich nicht dem Feldwall bis zur verbliebenen Endhöhe anschmiegen, sondern jeweils in gleicher Höhe an dem Feldwall auskeilen, wenige Zentimeter über der zu dieser Bank gehörenden letzten Sedimentschicht.

<sup>95</sup> Kopp (Agrargeographie 113) weist darauf hin, daß bis heute die Entwässerung im Yemen unbekannt ist.

- c) In der dritten, wiederum etwa 25 cm mächtigen Bank ziehen sich die einzelnen Sedimentschichten – analog der untersten Bank – jeweils bis zur Krone den Feldwall hinauf.
- d) In der obersten Bank ziehen die Sedimentschichten schließlich über den Feldwall hinweg und setzen sich auf dem jenseits gelegenen, mittlerweile ebenfalls aufsedimentierten Feld fort.

In allen Sedimentbänken finden sich Wurzelröhren ähnlicher Dicke (bis fingerdick); die Sedimentbänke liegen jeweils ungestört geschichtet vor, d. h., nach dem ersten Pflügen bei Neuanlage des Feldes hat keine weitere Bodenbearbeitung stattgefunden.

Der von einer Sedimentbank zur nächsten auftretende Wechsel im Verlauf der jeweiligen Sedimentschichten läßt sich nur durch Änderung der Bewässerungsmethode erklären.

Zu a): In der untersten Sedimentbank – entsprechend den ersten Jahren der Bewirtschaftung des Feldes – ist anhand des Verlaufs der Sedimentschichten festzustellen, daß das Feld zur Bewässerung offensichtlich jeweils bis zur Krone des Feldwalls – ohne Freibord! – eingestaut wurde, d. h. mit der maximal möglichen und auch realisierten Einstauhöhe. Während eines Zeitraums, der Sedimenten von 20 cm Mächtigkeit entspricht, wurde das Feld auf diese Art bewässert, durch zunehmende Aufsedimentierung nahm die Einstauhöhe dabei von 80 auf 60 cm ab. Einstauhöhen dieser Größenordnung sprechen für die Methode des geregelten Flächenüberstaus. Die Überstauhöhen von 80 bis 60 cm entsprechenden, im Boden gespeicherten Wassermengen sind für den Anbau von Ackerbaukulturen während der folgenden Vegetationsperiode ausreichend, wie auch auf rezent bewirtschafteten Flächen am Wadirand in der Nähe von Qaryat al-Musallil beobachtet werden konnte, wo die gleiche Methode heute noch zur Bewässerung angewendet wird.

Zu b): Für die zweite Sedimentbank kommt anhand des Verlaufs der Sedimentschichten nur ein Staurieselverfahren in Frage: Die Ursache dafür, daß nicht die maximal mögliche Einstauhöhe bis zur verbliebenen Endhöhe des Feldwalls realisiert wurde, sondern statt dessen die einzelnen Sedimentschichten alle in gleicher Höhe, etwa 30 cm unterhalb der Krone des Feldwalls, auskeilen, ist in einer nachträglich in den Feldwall eingelassenen Sohlschwelle eines Feldüberleitungs-Bauwerkes zu sehen, welches das Wasser in ein in der Bewässerungseinheit hinter dem hier beschriebenen Feld gelegenes Becken weiterleitete.

Die zunehmende Aufsedimentierung des Feldes führte dann dazu, daß die anfängliche Einstauhöhe von etwa 30 cm nach und nach immer geringer wurde. Von vornherein wäre die Einstauhöhe für einen geregelten Flächenüberstau sehr gering und nach relativ kurzer Zeit der Aufsedimentierung in jedem Fall zu gering gewesen, so daß nur eine Staurieselung in Frage kam: Bei feststehender Einstauhöhe kann mit der Staurieselung – im Vergleich zum geregelten Flächenüberstau – durch Verlängerung der Applikationszeit die Infiltrationsrate, d. i. die vom Boden unter den gegebenen Bedingungen je Flächeneinheit aufgenommene maximale Wassermenge, erhöht werden.

Bei fortschreitender Aufsedimentierung war schließlich aufgrund der bestehenden Überleitungsschwelle nur noch eine sehr geringe Einstauhöhe von wenigen Zentimetern möglich, was eine erneute Veränderung im Bewässerungssystem notwendig machte:

Zu c): Die bestehende Feldüberleitung wurde verschlossen und das Feld wieder bis zur Krone des Feldwalls eingestaut. Als Bewässerungsmethode kommen anhand des Verlaufs der Sedimentschichten der geregelte Flächenüberstau oder die Staurieselung in Betracht, wobei in diesem Fall wiederum die geringe verbliebene Einstauhöhe von etwa 35 bis 10 cm (bei zunehmender Aufsedimentierung) für die Staurieselung spricht.

Zu d): Nach Aufsedimentierung des Feldes bis wenige Zentimeter unter die Krone des Feldwalls wurde dieser nicht erhöht, sondern Bewässerung und Bewirtschaftung erfolgten nun offensichtlich für die beiden diesseits und jenseits des Feldwalls gelegenen Felder gemeinsam, was

durch den Verlauf der Sedimentschichten dokumentiert ist. Voraussetzung dafür bildete die Neuerrichtung eines beide – oder mehrere – Felder gemeinsam umgebenden Feldwalls. Der Übergang vom geregelten Flächenüberstau zur Staurieselung könnte demnach im vorliegenden Fall in der bei zunehmender Aufsedimentierung der Feldflächen abnehmenden Einstauhöhe begründet sein. Eine Kulturabhängigkeit konnte nicht festgestellt werden.

Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß aufgrund der Sedimentfracht des Bewässerungswassers jeder Bewässerungsvorgang auch auf der Feldfläche eindeutig durch Ablagerung einer Sedimentschicht dokumentiert ist. In den durch Rinnen- und anschließende Winderosion freigelegten Oasenprofilen sind Sedimentschichten erkennbar, sofern sie nicht durch nachfolgende Bodenbearbeitung oder andere natürliche und künstliche Einwirkungen zerstört wurden. Als eindeutiges Unterscheidungskriterium für den geregelten Flächenüberstau und die Staurieselung könnte also die Vermessung jeweils einer solchen Sedimentschicht über längere Strecken, d. h. in der Horizontale, dienen: Bei Feststellung einer geringen Neigung der Schicht wäre die Ablagerung unter den Bedingungen der Staurieselung erfolgt, die völlig horizontale Ausbildung wäre dagegen nur bei geregeltem Flächenüberstau möglich gewesen.

Eine solche exakte Vermessung konnte aber aus zwei Gründen unter den Feldbedingungen in Märib nicht durchgeführt werden:

Erstens sind zwar grundsätzlich in zahlreichen Erosionsrinnen deutlich geschichtete Sedimentprofile erhalten, die einzelnen Schichten lassen sich aber horizontal i. d. R. nur über kurze Strecken verfolgen. Außerdem weist auch die Feinschichtung dieser Profile immer wieder kleine Unregelmäßigkeiten und Beschädigungen auf.

Zweitens läßt sich aufgrund der Lage der Profile in den Erosionsrinnen, d. h. in den tieferen Bereichen der Oase, die jeweilige, durch die Sedimentschichtung ausgewiesene Feldfläche nicht ihrem zugehörigen Feldauslaß- und möglicherweise Feldüberleitungsbauwerk zuordnen, wie dies einzig für die auf der Oasenoberfläche erhaltenen Überreste der letzten Betriebsperiode möglich ist (vgl. Kap. 1.1). Da allein die Lage dieser Bauwerke die Fließrichtung des Wassers bestimmte und somit den Punkt, nach dem sich die Neigung der Fläche bei der Staurieselung orientierte, bildet eine solche Zuordnung aber die Voraussetzung für jede Aussage betreffs eines möglicherweise durch Nivellierung festgestellten Gefälles.

Damit konnte das Kriterium Gefälle zur Unterscheidung der beiden Bewässerungsmethoden nicht ausgewertet werden.

### 4.3.3 Definition des Bewässerungsverfahrens

Die Bewässerung auf der antiken Oase läßt als einzig praktikables Verfahren lediglich eine Überstaubewässerung zu, da allein diese die speziellen Bedingungen von seiten des Wasserdargebots – periodisches Auftreten des Sayl, dessen Dauer und Menge im voraus nicht abschätzbar waren – bewältigen konnte. Die angewandten Methoden der Überstaubewässerung unterschieden sich durch die Art der Verteilung und Aufleitung des Wassers.

Zusammenfassend läßt sich das Bewässerungsverfahren daher als „*Überstaubewässerung*“ definieren, „*die hauptsächlich die Methode des geregelten Flächenüberstaus praktizierte und daneben gelegentlich nach der Methode der modifizierten Staurieselung erfolgte*“.

Die als älteste Bewässerungsmethode anzuschende wilde Überflutung wurde vermutlich während der im Rahmen des Forschungsvorhabens anhand von Überresten untersuchten Betriebsperioden I bis VI lediglich auf randlich gelegenen und nur in Jahren mit überdurchschnittlichem Wasserdargebot bewirtschafteten Flächen beibehalten.

#### 4.4 ABSCHLIESSENDE DEFINITION DER AUF DER ANTIKEN OASE PRAKTIZIERTEN BEWÄSSERUNG

Die auf der antiken Oase praktizierte Bewässerung wird abschließend unter Berücksichtigung der Wassereffizienz- sowie der Feldebene definiert als „*Ableitungsverfahren als spezielle Form der Saylbewässerung zur Wassereffizienz, verbunden mit einer Überstaubewässerung auf Feldebene, die hauptsächlich die Methode des geregelten Flächenüberstaus praktizierte und daneben gelegentlich nach der Methode der modifizierten Staurieselung erfolgte*“.

#### 4.5 BRUNNEN- UND ZISTERNENBEWÄSSERUNG

Abgesehen von der Nutzung fließenden Oberflächenwassers wurde auf der antiken Oase nach zwei weiteren Verfahren Wasser zu Bewässerungszwecken genutzt, es handelt sich um die Brunnen- und die Zisternenbewässerung.

Im Rahmen der systematischen Erfassung der Bewässerungsbauwerke wurden mehrere mit Steinquadern ausgekleidete antike Brunnen gefunden<sup>96</sup> (vgl. Taf. 10 b). Einer von diesen – im westlichen Teil der Nordoase gelegen – führt bis heute Wasser<sup>97</sup> und wird von den Beduinen regelmäßig genutzt; auf der Südoase fanden sich die vermutlichen Überreste einer Zisterne, der verputzte<sup>98</sup> Boden eines größeren Wasserbehälters.

Es ist anzunehmen, daß das Brunnen- und Zisternenwasser ursprünglich zur ganzjährigen Wasserversorgung von Mensch und Vieh diente, aufgrund der mit der Nutzung des Sayl verbundenen Schwierigkeiten und Unsicherheiten (Kap. 4.1, a) liegt jedoch die Vermutung nahe, daß in beschränktem Umfang – die Brunnendichte ist relativ gering – eine Zusatzbewässerung solcher landwirtschaftlicher Kulturen mittels Brunnen- bzw. Zisternenwasser durchgeführt wurde, die ihren Wasserbedarf nicht durch eine einmalige Bewässerung aus dem Sayl in der Vegetationsperiode decken konnten oder für die – bei Anbau von Dauerkulturen – der Zeitraum zwischen zwei Sayls zu lang war.

Diese Annahme bestätigt sich in den sabäischen Inschriften, in denen es zahlreiche Begriffe gibt, die in den Kontext der Brunnen- und Zisternenbewässerung gehören.

In der Grenzinschrift CIH 570 aus der Gegend von Märīb<sup>99</sup> wird in Z. 4 eine Zisterne genannt, zusammen mit ihrem Wasserverteiler sowie ihrem „Dammleitungskanal“; mit letzterem ist nach obiger Definition ein Ablenkdamme gemeint<sup>100</sup>. Die Erwähnung solcher der Zisterne zugehörigen Bewässerungsvorrichtungen läßt nur den Schluß zu, daß die Zisterne durch den Ablenkdamme aus dem Sayl gespeist<sup>101</sup> und das gespeicherte Wasser mittels des eigens dafür vorgesehenen Wasserverteilers zur Bewässerung benutzt wurde. Wie aus dem ersten Teil der Inschrift hervorgeht, handelt es sich bei den zu bewässernden Kulturen offensichtlich um Palmgärten.

96 Zur Lokalisierung im Westteil der Nordoase vgl. auch Radermacher et al. a. O. Abb. C 3-1.

97 Irvine (a. O. 86) führt die Ähnlichkeit der heutigen und der antiken Methoden in Brunnenbau und Brunnenbewässerung darauf zurück, daß viele der antiken südarabischen Brunnen bis heute Wasser führen und diese so den Brunnenbauern nach wie vor als Vorlage dienen.

98 Auf die Voraussetzung der Erfindung des Mörtels für den Bau von Zisternen in der Antike weist Kopp (Agrargeographie 112) hin. Mörtel wurde von den Sabäern zumindest während der letzten zwei Be-

triebsperioden regelmäßig bei der Errichtung von Bewässerungsbauwerken verwendet.

99 Übersetzt und kommentiert bei Müller, Altsüdarabische Dokumente, in: O. Kaiser (Hrsg.), Texte aus der Umwelt des Alten Testaments I (1982-1985) 276 f. S. Fn. 79.

101 Somit lag also bei den Zisternen auf der antiken Oase keine unmittelbare Speicherung von Niederschlagswasser vor, sondern lediglich die mittelbare Speicherung der im Einzugsgebiet des Wādi Dana fallenden Niederschläge, welche den Sayl verursachten.

Über die Art der Ausführung und den Zweck des Brunnenbaus geben z. B. die sabäischen Inschriften RES 4085, RES 4198 und CIH 399 = Hal 174 aus Nimrān Auskunft<sup>102</sup>. Die beiden erstgenannten Inschriften handeln (u. a.) vom Bau an dem Brunnen RWY<sup>m</sup>, in der letztgenannten Inschrift heißt es dazu in Z. 2-3: „... hat gegraben und mit Steinen ausgekleidet seinen Brunnen RWY<sup>m</sup> in seinem Palmgarten M<sup>o</sup>TM[<sup>m</sup>]...“. Dies beschreibt den Bau eines Brunnens auf die gleiche Art, wie sie auf der Oase von Mārib ausgeführt wurde, was anhand der Funde der antiken Brunnen (vgl. Taf. 10 b) bestätigt wird. Anders als der Brunnen RWY<sup>m</sup> in Nimrān wurden die Brunnen in Mārib aber nicht aus dem Grundwasserstrom eines ständig fließenden Wasserlaufs gespeist, sondern aus dem Grundwasserstrom des Wādī Dana<sup>103</sup>. Daher konnte es während längere Zeit andauernder Trockenperioden vorkommen, daß der Grundwasserspiegel stark absank und die Brunnen austrockneten. Dies wird in der Inschrift Ja 735<sup>104</sup> aus Mārib sehr eindrücklich beschrieben (Z. 5-7): Nachdem während drei Regenzeiten in Folge, d. h. eineinhalb Jahre lang, der Sayl ausgeblieben war, waren die Felder verdorrt und die Brunnen ausgetrocknet.

Die Verwendung des Brunnenwassers zur Bewässerung von Palmgärten – analog der Verwendung des Zisternenwassers – dürfte allgemein üblich bzw. notwendig<sup>105</sup> gewesen sein. An einigen der antiken Brunnen weisen die Randsteine tiefe Schleifspuren auf (vgl. Taf. 10 b), die nur durch den ständigen Gebrauch an immer derselben Stelle entstanden sein können, etwa durch Wasserförderanlagen, die zu Bewässerungszwecken betrieben wurden; kleine Wassermengen, z. B. Trinkwasser, wurden wahrscheinlich von Hand geschöpft.

Die Wasserförderung aus den Brunnen erfolgte vermutlich ähnlich wie bei den seit alter Zeit in den Hochebenen des Yemen gebräuchlichen Schöpfbrunnen mit Ledersäcken<sup>106</sup> (Abb. 6). Diese Ledersäcke bilden zur Hälfte ein weites Gefäß und laufen danach in einen längeren Schlauch aus. Das Gefäßoberteil, das an einen Holzrahmen montiert und so offengehalten wird, ist, wie auch das Schlauchende, an einem Seil befestigt. Das Tragseil des Oberteils läuft über eine über der Mitte des Brunnens (bzw. der Zisterne) an einem Gestell angebrachte, das Zugseil des Schlauchteils über eine tiefere, nach der Zugrichtung vorgezogene Rolle, unter der sich die Abflußrinne in (oder direkt) das Sammelbecken für das geförderte Wasser befindet. Die beiden Seile sind in der Länge so abgestimmt, daß nach dem Herausheben des vollen Wassersackes der untere Schlauchteil über seine Rolle gezogen und dadurch der gesamte Ledersack gestreckt wird, so daß das geschöpfte Wasser in die unter der Rolle befindliche Rinne bzw. das Becken auslaufen kann. Beim Herunterlassen des leeren Sackes wird das Schlauchende durch die untere Leine bis zum Holzrahmen des Gefäßes hochgezogen, wodurch verhindert wird, daß nach dem Wasserschöpfen beim Hochziehen Wasser auslaufen kann. Das Füllen des Ledersackes

102 (Teilw.) übersetzt und kommentiert bei H. v. Wissmann, in: H. Temporini – W. Haase (Hrsg.), *Aufstieg und Niedergang der Römischen Welt II* 9/1 (1976) 396-405. Nimrān, eine sabäische Siedlung, liegt in dem einzigen von einem ständig fließenden Wasserlauf (Ḡhayl) durchflossenen Oasengebiet Südaraubiens im ehemaligen, zur Zeit der genannten Inschriften von Saba<sup>3</sup> unterworfenen und abhängigen Staatsgebiet von Ma<sup>3</sup>in; dies dürfte die Vergleichbarkeit von Ausführung und Zweck des Brunnenbaus mit den Verhältnissen in Mārib aber nicht beeinträchtigen.

103 Das auf der antiken Oase praktizierte Bewässerungsverfahren, die Überstaubewässerung, begünstigte die Anreicherung des Grundwassers.

104 Übersetzt und kommentiert bei W. W. Müller, *Altsüd-*

arabische Rituale und Beschwörungen, in: O. Kaiser (Hrsg.), *Texte aus der Umwelt des Alten Testaments II/3* (1988) 450 ff.

105 Zu dem relativ hohen Wasserverbrauch von Palmen, der durch die alleinige Bewässerung aus dem Sayl nicht gedeckt werden konnte, siehe im einzelnen Kap. 6.3.

106 Der genähte „(lederne) Wasserkübel“ scheint auch zur Zeit des yemenitischen Geographen al-Hamdani (10. Jh. n. Chr.) häufig im Yemen vorgekommen zu sein, wie aus seiner eher nebensächlichen Erwähnung in völlig anderem Zusammenhang als der Bewässerung hervorgeht (L. Forrer, *Südarabien nach al-Hamdani's „Beschreibung der Arabischen Halbinsel“*, 27/3 Abh. für die Kunde des Morgenlandes [1942] 33 f.).

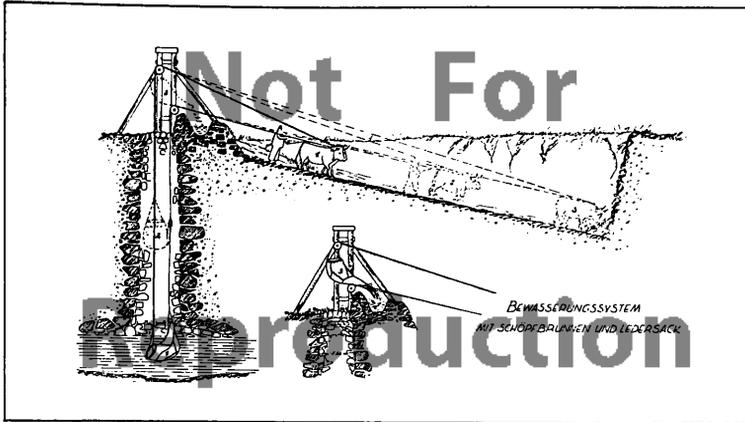


Abb. 6: Schöpfbrunnen mit Ledersack

geschieht, sobald dieser den Wasserspiegel erreicht hat, durch einen Ruck an dem Tragseil des Oberteils.

Die Hubarbeit zum Heraufholen des gefüllten Ledersackes wird entweder von Menschen oder von Zugtieren geleistet. Häufig ist zur Erleichterung der Schöpfarbeit vor dem Brunnen eine Rampe in den Boden gegraben, deren Länge der Brunnentiefe entspricht, so daß es beim Hochziehen des gefüllten Sackes bergab und beim Herunterlassen des leeren Sackes bergauf geht<sup>107</sup>.

Die Förderleistung des Schöpfbrunnens ist abhängig von der Tiefe des Grundwasserstandes und der Größe des Schöpfesackes; bis zu 10 m Brunnentiefe beträgt sie etwa 8 m<sup>3</sup>/h, läßt sich jedoch verdoppeln durch den Einsatz eines zweiten Gespannes<sup>108</sup>.

Da sich die genaue Bauweise und die ehemalige Tiefe der Zisternen nicht rekonstruieren lassen, bleibt auch die Art der hier praktizierten Wasserförderung unklar. Bei größerer Tiefe hätte die Wasserförderung ähnlich wie bei den Brunnen erfolgen können, bei geringer Tiefe wären sicher weniger aufwendige Methoden angewandt worden. Als solche kommen beispielsweise Methoden nach Art des Schaduf in Frage. Dieses stellt eine sehr einfache Anlage zur Wasserförderung bei geringen Förderhöhen dar, die schon in vorchristlicher Zeit in Mesopotamien betrieben wurde: Eine lange Stange, die als Hebel dient, ist so um einen Drehpunkt gelagert, daß das an dem längeren Hebelarm befestigte Schöpfgefäß in gefülltem Zustand durch ein am kürzeren Hebelarm angebrachtes Gegengewicht (einen Stein o. ä.) auf das gewünschte Niveau gehoben wird<sup>109</sup>.

In jedem Fall war nur eine relativ geringe Förderleistung zu erreichen, was ebenfalls darauf hindeutet, daß die Nutzung des Brunnen- und Zisternenwassers für die landwirtschaftlichen Kulturen lediglich als Zusatzbewässerung diente. Die geringe Förderleistung hatte auch Konsequenzen für die Verteilung des Wassers, die in Kap. 6.3, c anhand eines Beispiels im einzelnen erläutert werden.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die Nutzung von Brunnen- und Zisternenwasser zur Bewäs-

107 C. Rathjens - H. v. Wissmann, Rathjens-v. Wissmannsche Südarabien-Reise III, 40. Abh. aus dem Gebiet der Auslandskunde (1934) 115 f.; F. Christiansen-Weniger, Berichte über Landwirtschaft N. F. 37/3, 1959, 697; ders., Wasser und Nahrung I/II, 1961, 73.

108 Achtnich, Bewässerungslanbau 230.

109 Ebd. 223 ff.; hier findet sich auch die Darstellung weiterer einfacher Methoden zur Wasserförderung.

serung einiger spezieller Kulturen nur eine relative Unabhängigkeit von der mit Schwierigkeiten und Unsicherheiten verbundenen Nutzung des Sayl schuf, da die Speisung der Brunnen und Zisternen mittelbar aus dem Sayl erfolgte.

## 5. Die Kulturpflanzen der antiken Oase

Ein Schwerpunkt der landwirtschaftlichen Untersuchungen besteht in der Bestimmung der auf der antiken Oase angebauten Kulturpflanzen. Diese nehmen zum einen eine bedeutende Stellung für das Verständnis des wasserwirtschaftlichen Funktionssystems ein, da sie aufgrund ihres spezifischen Wasserbedarfs sowohl die auf der Oase praktizierte Bewässerung hinsichtlich Bewässerungsgabe und -häufigkeit beeinflussten als auch über die Bilanzierung von Wasserdargebot und Wasserbedarf den Umfang der Anbaufläche mitbestimmten. Zum anderen schufen die auf der Oase angebauten landwirtschaftlichen Kulturen die Grundlage für die Ernährung der Bevölkerung von Märib; als wichtiger Umschlagplatz an der Weihrauchstraße hatte Märib außerdem für die Versorgung der Karawanen Nahrungsmittel bereitzustellen.

Zur Bestimmung der Kulturarten werden zunächst die als Oberflächenformen und in den Sedimenten erhaltenen Strukturen und Überreste ehemaliger Kulturpflanzen, sodann das inschriftlich vorliegende Material ausgewertet. Aus der Zusammenführung der jeweiligen Erkenntnisse läßt sich dann abschließend eine Reihe von relativ gesicherten Ergebnissen formulieren.

### 5.1 ERHALTENE STRUKTUREN UND ÜBERRESTE EHEMALIGER KULTURPFLANZEN

#### 5.1.1 Pflanzenabdrücke

An einigen Stellen der antiken Oase fanden sich Pflanzenabdrücke zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Sedimentschichten, die sich, ohne zu zerbrechen, vorsichtig gegeneinander verschieben und aufklappen ließen. Dabei waren sowohl Halmstrukturen in ihrem typischen Aufbau mit Nodien und Internodien erkennbar (vgl. Taf. 8 c) als auch Blattstrukturen, die gefiederte Blätter zeigten.

Diese Strukturen entstanden infolge der Bewässerung mit sedimenthaltigem Wasser: Nach Überstauung des Feldes versickerte das Wasser, die mitgeführten Sedimente lagerten sich auf dem Feld ab und umhüllten so auch alle während des Bewässerungsvorgangs am Boden befindlichen Pflanzenteile, nach Abtrocknung der Sedimente in Form einer festen Kruste (vgl. Kap. 2.1). Die Oxidation des (abgestorbenen) Gewebes hinterließ dann die Hohlstruktur, d. h. den zwischen den Sedimentschichten erhaltenen Abdruck der ehemaligen Pflanzenteile.

Diese lassen den Anbau von Poaceen sowie Leguminosen (Hülsenfrüchtlern) auf der antiken Oase vermuten; in beiden Familien gibt es zahlreiche Arten, die der menschlichen Ernährung dienen oder die als Futterpflanzen in der Viehwirtschaft genutzt werden.

#### 5.1.2 Wurzelreste

Häufig anzutreffende Hinweise auf ehemalige Pflanzenstandorte liefern die in den Sedimenten erhaltenen Wurzelreste sehr unterschiedlicher Ausprägung.

##### *a) Wurzelröhrchen*

Bei vorsichtigem Auseinanderbrechen fanden sich in vielen Sedimentpaketen sehr feine Röhrchen von weniger als 1 mm Durchmesser. Sie fielen im Sediment zunächst durch ihre helle Farbe auf, zerfielen

an der Luft jedoch sehr schnell. Diese Strukturen wurden von Brunner<sup>110</sup> als Wurzelröhrchen gedeutet, charakteristische Bildungen des Löß bzw. lößähnlicher Böden, die mit einem Kalkhäutchen umgebene und somit in gewissem Umfang stabilisierte Teile ehemaliger feiner Haarwurzeln darstellen (zu Einzelheiten der Entstehung vgl. b).

Die Kulturpflanzen des Acker-, Garten- und Feldfutterbaus hinterlassen solche Haarwurzeln.

### b) Sekundär verfüllte Wurzelröhren

Sekundär verfüllte Wurzelröhren<sup>111</sup> gehörten zu den auffälligsten und im Oasesediment häufig anzutreffenden Kleinstrukturen. Es handelt sich um meist etwa 1 bis 2 cm dicke, sehr gleichmäßig geformte, leicht geschwungene Röhren, die sich vom umgebenden Sediment deutlich unterscheiden. Ihre Entstehung beschrieb Glennie<sup>112</sup> aufgrund von Beobachtungen in Sandwüsten. Da das Vorkommen jedoch, wie sich z. B. anhand der Funde in Märib bestätigt, nicht auf diese Gebiete beschränkt ist – und auch nicht auf „vereinzelte, leicht sandige Schichten und Linsen“ in den Bewässerungssedimenten<sup>113</sup> –, müssen im folgenden einige von Glennies Äußerungen verallgemeinert werden. Im übrigen konnten während der Feldkampagne 1984/85 die Überreste der einzelnen Entstehungsstadien beobachtet werden.

Sekundär verfüllte Wurzelröhren entstehen, wie die oben beschriebenen feinen Wurzelröhrchen, nach Absterben der Wurzeln. Da die ursprüngliche Wurzel unmittelbar umhüllenden Bodenteilchen durch Kalk und andere Salze, die aus dem Bewässerungswasser stammen, verkittet sind, entsteht nach Oxidation des Gewebes eine röhrenartige Struktur, die innen hohl ist (vgl. Taf. 9 a).

Diese hohlen Strukturen treten sehr viel seltener auf als die durch Weiterentwicklung entstandene Form:

Ist nämlich das Bodenmaterial der darüberliegenden Schicht rieselfähig, so wird der Hohlraum sekundär mit diesem nachrieselnden Sedimentmaterial verfüllt. Auf diese Weise kommt es z. B. in einem mergeligen Horizont zu einem deutlich erkennbaren Unterschied zwischen dem stark verfestigten umgebenden Bodenmaterial und der aus anderem – rieselfähigem! – Sedimentmaterial bestehenden sekundär verfüllten Wurzelröhre (Taf. 8 d); in einem sandigen Horizont kann es vorkommen, daß sich der Sand leicht um die sekundär verfüllte Wurzelröhre entfernen läßt und diese als von der Farbe und der Feinheit des Füllungsmaterials her eindeutig zur darüberliegenden Bodenschicht gehörig identifiziert werden kann (Taf. 9 b).

Diese Weiterentwicklung durch sekundäre Verfüllung ist bei den feinen Wurzelröhrchen aufgrund deren zu geringen Hohlraumdurchmessers nicht möglich.

Durch Präparierung der Wurzelröhren bot sich das Bild des für Monocotyledonen typischen homorhizen Wurzelsystems, bei dem die Hauptwurzel (Primärwurzel) nach frühzeitigem Absterben durch ein sproßbürtiges Wurzelsystem mit morphologisch gleichwertigen, bogenförmig im Boden hinablaufenden Nebenwurzeln ersetzt wird<sup>114</sup>. In den durch Erosion freigelegten Bereichen, wo sekundär ver-

113 Brunner a. O. 26.

114 Strasburger a. O. 184; bei den Monocotyledonen spricht man daher genau genommen von sekundärer Homorhizie im Gegensatz zu den primär homorhizen Pteridophyten, bei denen die Primärwurzel bereits seitlich angelegt und von vornherein durch sproßbürtige Wurzeln ergänzt wird (W. Nultsch, Allgemeine Botanik<sup>6</sup> [1977] 190 f.).

113 Brunner a. O. 26.

114 Strasburger a. O. 184; bei den Monocotyledonen spricht man daher genau genommen von sekundärer Homorhizie im Gegensatz zu den primär homorhizen Pteridophyten, bei denen die Primärwurzel bereits seitlich angelegt und von vornherein durch sproßbürtige Wurzeln ergänzt wird (W. Nultsch, Allgemeine Botanik<sup>6</sup> [1977] 190 f.).

füllte Wurzelröhren stark gehäuft auftraten, ließ sich ein Eindruck von dem ehemaligen Hauptwurzelbereich einer monocotylen Pflanze gewinnen.

c) *Größere, ungleichmäßig geformte Wurzelreste*

In einigen Sedimentwänden wurden Wurzelreste mit erheblich größerem Durchmesser (bis etwa 15 cm) entdeckt. Auch diese waren in der Regel sekundär verfüllt, unterschieden sich von den Wurzelröhren jedoch – abgesehen von der Größe – durch das Fehlen der gleichmäßigen, röhrenförmigen Struktur (vgl. Taf. 9 c). Sie zeigten allorhizen Aufbau, d. h., Haupt- und Seitenwurzeln waren von verschiedener morphologischer Wertigkeit.

Allorhize Bewurzelung ist typisch für Dicotyledonen und Gymnospermen<sup>115</sup>. Grundsätzlich gilt für die Entstehung dieser Wurzelreste das unter b) Gesagte. Da sich jedoch bei Dicotyledonen und Gymnospermen das sekundäre Dickenwachstum auch auf die Wurzel erstreckt<sup>116</sup>, ist diese zur Holzbildung befähigt; entsprechend waren in wenigen Fällen Holzreste erhalten.

### 5.1.3 Oberflächenformen

Die bisherige Beschreibung der in den Sedimenten gefundenen Strukturen und Überreste ehemaliger Kulturpflanzen ist zu ergänzen, indem diese noch einmal im Zusammenhang mit den von den Kulturpflanzen hinterlassenen Oberflächenformen betrachtet werden.

Es wurde in Kap. 2.5 bereits darauf hingewiesen, daß Erdringe und -stotzen den ehemaligen Standort von Bäumen dokumentieren, wobei das Zentrum des Erdrings dem Stamm entspricht.

Spezifizieren läßt sich diese Aussage, wenn in den Erdstotzen bzw. in den den Erdring umgebenden Sedimenten Wurzelreste gefunden werden. Ein Erdring bzw. -stotzen in Verbindung mit sekundär verfüllten Wurzelröhren bezeichnet den ehemaligen Standort eines Baumes mit homorhizem Wurzelsystem, d. h. eines monocotylen Baumes; in Verbindung mit größeren, ungleichmäßig geformten Wurzelresten handelt es sich dagegen um ehemalige Standorte dicotyler Bäume oder von Gymnospermen mit allorhizem Wurzelsystem.

Die Ausprägung der Erdringe in sehr unterschiedlicher Größe wäre dann dadurch verursacht, daß verschiedene Pflanzenarten die gleiche Oberflächenform ausbilden, allerdings in verschiedener Größe<sup>117</sup>. Da der Durchmesser des Erdringzentrums ein Häufigkeitsmaximum zwischen 40 und 50 cm aufweist (Kap. 2.5), kann dieses Maß vermutlich dem Stammdurchmesser einer bestimmten Baumart zugeordnet werden, die häufig angebaut wurde. Abweichungen im Stammdurchmesser durch den Anschnitt der Stämme in unterschiedlichen Erosionsniveaus bei sich zur Krone hin verjüngenden Baumstämmen (also nicht bei Monocotyledonen, s. u.) sind dabei unter Berücksichtigung des Lebensalters der Bäume und der in dieser Zeit möglichen Höhe der Einsedimentierung des Stammes nur in geringem Ausmaß zu erwarten.

Leider brachten die Untersuchungen der vorgefundenen Holzreste am Münchener Institut für Holzforschung wegen mangelnden Vergleichsmaterials keine Ergebnisse, so daß eine Bestimmung der Baumarten anhand der Holzreste nicht erfolgen kann<sup>118</sup>.

115 Strasburger a. O. 185.

116 Ebd. 184.

117 Diese Vermutung äußerte bereits Brunner (a. O. 28).

118 Vgl. dazu auch das Ergebnis der von Brunner (a. O.

133 f.) vorgenommenen Holzartenbestimmung, bei der als eigentliche Kulturpflanze lediglich eine Palmenart bestimmt werden konnte.

## 5.2 AUSWERTUNG DES INSCHRIFTLICH VORLIEGENDEN MATERIALS

Die anhand der beschriebenen Beobachtungen und Funde gewonnenen allgemeinen Erkenntnisse über die ehemaligen Kulturpflanzen der antiken Oase ermöglichen für sich genommen keine konkrete Bestimmung einzelner angebauter Kulturarten und bedürfen daher der Ergänzung durch die Auswertung des inschriftlich vorliegenden Materials, das die einzig verlässliche schriftliche Quelle der zu sabäischer Zeit vorherrschenden Verhältnisse darstellt. Auf die Schwierigkeiten, die mit dessen Analyse verbunden sind, wurde bereits hingewiesen (Kap. 4.1, b), daher ergab sich in einigen Punkten die Notwendigkeit, diese Auswertung durch entsprechende Angaben aus früheren Felduntersuchungen zu vervollständigen, wobei aber folgendes zu beachten ist:

- Die Ergebnisse jüngerer Felduntersuchungen im Yemen bzw. speziell im Raum Märib können für die vorliegende Thematik nur eingeschränkt Gültigkeit besitzen. Seit Aufgabe der ehemaligen Bewässerungsflächen der Oase sind fast eineinhalb Jahrtausende vergangen, und beispielsweise aus Gründen der Wasserverfügbarkeit und Ausbreitung der Kulturarten können diese im Raum Märib heute zum Teil nicht mehr die gleichen sein wie zu sabäischer Zeit. So wachsen z. B. die in der Antike weitverbreiteten Dattelpalmen in Märib nur noch vereinzelt in unmittelbarer Nähe der wenigen Wasserstellen, wohingegen der mittlerweile im Yemen recht verbreitete Mais in diesem Gebiet eine sehr junge Kulturpflanze ist, die außerhalb ihrer Heimat, dem amerikanischen Kontinent, erst seit wenigen Jahrhunderten angebaut wird.
- Die älteren Darstellungen haben häufig legendären Charakter und sind nur sehr eingeschränkt zu verwerten. Unter den frühen Felduntersuchungen ist insbesondere die „Beschreibung der Arabischen Halbinsel“ des yemenitischen Geographen al-Hamdānī (gest. 945/46 n. Chr.) zu nennen, dessen Buch von Forrer ins Deutsche übersetzt und mit ausführlichen, für den Leser äußerst nützlichen Kommentaren versehen wurde. Bezüglich der den Raum Märib betreffenden Angaben von Kulturpflanzen gilt aber tendenziell das bereits zuvor Gesagte – immerhin waren zur Zeit al-Hamdānīs etwa dreihundert Jahre seit Aufgabe der Oase vergangen. Daneben findet sich eine Fülle von Angaben, die auf andere Orte im Yemen bezogen sind oder für das Land allgemein Gültigkeit besitzen, deren Verwendbarkeit aber durch eine Reihe widersprüchlicher Angaben und die teilweise ausschließliche Wiedergabe (traditioneller) arabischer Bezeichnungen von Kulturpflanzen, bei denen Forrer eine botanische Bestimmung offenbar nicht möglich war, sehr erschwert ist. Al-Hamdānīs unter geographischen Gesichtspunkten geschriebenes Werk kann daher für die Bearbeitung der vorliegenden Thematik ebenfalls nur ergänzend herangezogen werden.

### a) Getreide

Getreidekulturen sind in den Inschriften allgemein, d. h. unter einem Sammelbegriff<sup>119</sup>, oder speziell unter Nennung der einzelnen Arten aufgeführt. Als solche werden für die antike Oase Weizen und Gerste<sup>120</sup> genannt, beide finden sich auch in der Dambruchinschrift CIH 540<sup>121</sup>, die den Wiederaufbau des Dammes nach dessen zweimaligem Brechen in den Jahren 449 und 450 n. Chr. schildert, auf

119 Z. B. Ja 615/18, übersetzt und kommentiert bei Jamme a. O. 112 f., und Ja 627/5, übersetzt und kommentiert bei Jamme a. O. 125 f., in Verbindung mit Beeston et al. a. O. 89 („<sup>3</sup>mr-n<sup>3</sup>mrt“); es gibt daneben weitere Sammelbegriffe, vgl. z. B. Beeston et al. a. O. 65 („hbb“), 150 („lmr“).

120 Z. B. Ja 670/26 f., übersetzt und kommentiert bei

Jamme a. O. 175 f.; Weizen und Gerste werden auch in der Inschrift Iryani 28 §2 als Getreidearten genannt, welche auf den Ländereien der Stifter der Inschrift wachsen (frdl. Mitteilung von Prof. Dr. W. W. Müller); vgl. auch al-Hamdānīs Aufzählung der im Yemen angebauten Weizenvarietäten (Forrer a. O. 265. 267).

121 S. Fn. 70.

der jeweiligen Verpflegungsliste der Bauarbeiter (in Z. 40 u. 87). Daneben wird dort (Z. 39 u. 87) eine dritte Getreideart genannt, von der bereits Glaser annahm, es handele sich um die Hirseart „durra“<sup>122</sup>, d. h. Varietäten von Sorghum bicolor<sup>123</sup>. Diese Übersetzung scheint zwar aus epigraphischer Sicht bis heute nicht zweifelsfrei zu sein<sup>124</sup>, berücksichtigt man aber, daß Sorghum eine sehr alte Kulturpflanze ist, die schon vor etwa 5000 Jahren in Äthiopien kultiviert wurde<sup>125</sup> und aufgrund der engen Verbindungen, die zwischen Äthiopien und Südarabien im Altertum bestanden, sicherlich auch im Yemen seit sehr langer Zeit angebaut wird, dann erscheint aus landwirtschaftlicher Sicht die Erwähnung von Sorghum im Zusammenhang der Inschrift plausibel.

Dementsprechend bestätigt auch al-Hamdāni den Anbau von Sorghum im Raum Mārib für das 10. Jh. n. Chr.<sup>126</sup>. Seinen Angaben ist außerdem zu entnehmen, daß im Yemen mehrere Sorghum-Varietäten kultiviert wurden<sup>127</sup>. Bedenkt man schließlich, daß Sorghum bis heute die bei weitem bedeutendste Getreideart im Yemen ist<sup>128</sup>, ihr Anbau dort also Kontinuität aufweist<sup>129</sup>, so kann wohl als gesichert davon ausgegangen werden, daß Sorghum auch von den Sabäern als wichtiges Getreide genutzt wurde. Aus dem Kontext der oben zitierten Zeilen 39 und 87 der Inschrift CIH 540 geht hervor, daß die fragliche Frucht in beiden Fällen zu Mehl vermahlen ist, es sich bei ihr also offensichtlich – wie bei den anderen im Kontext aufgezählten und zu Mehl vermahlenden Früchten Weizen, Gerste und Datteln (s. u.) – um eine stärkereiche Frucht zur Herstellung von Brot handelt. Die übliche Form der Verarbeitung von Sorghum zu Fladenbrot<sup>130</sup> würde damit übereinstimmen.

#### b) Palmen

Die wahrscheinlich am häufigsten in den sabäischen Inschriften erwähnten Kulturen sind die Palmen<sup>131</sup>, die in den oft mit Eigennamen bezeichneten Palmgärten erzeugten Datteln bildeten ein Hauptnahrungsmittel, dessen vielfältige Nutzung wahrscheinlich auf dem Anbau unterschiedlicher Dattelsorten beruhte<sup>132</sup>:

– Zu Mehl vermahlen<sup>133</sup> dienten Datteln – entweder allein oder vermischt mit Getreidemehl<sup>134</sup> – zur Herstellung einer Art Brot, eine bei Wüstenbewohnern übliche Form der Nutzung der stärkehaltigen, mehlig-trockene Früchte liefernden Dattelsorten<sup>135</sup>.

122 Glaser a. O. 145 f. (Z. 39 und 87). 143.

123 Kopp, Agrargeographie 97.

124 Vgl. Beeston et al. a. O. 49 („gddt“).

125 J. Doorenbos – A. H. Kassam, Yield Response to Water, 33. FAO Irrigation and Drainage Paper (1979) 134.

126 Forrer a. O. 268.

127 Ebd. 267.

128 A. al-Hubaishi – K. Müller-Hohenstein, An Introduction to the Vegetation of Yemen. Ecological basis, floristic composition, human influence (1984) 34; das Statistische Bundesamt (Länderbericht Jemen, Arabische Republik [1985] 32) gibt an, daß auf etwa drei Viertel der landwirtschaftlichen Fläche im Yemen Sorghum angebaut wird.

129 Auch unter den von Glaser (a. O. 30) anlässlich seiner Yemenreise Ende des 19. Jh. festgestellten Kulturarten im Raum Mārib befindet sich *durra*.

130 Vgl. dazu auch Forrer a. O. 238.

131 Es sei hier lediglich auf die zuvor bereits behandelten

Inschriften CIH 375 = Ja 550 (s. Fn. 79) und CIH 570 (s. Fn. 99) aus der Gegend von Mārib verwiesen. In der erstgenannten Inschrift werden allein im Gebiet des Wādī *Dana* ein Dutzend Palmgärten namentlich aufgezählt.

132 Wie unterschiedlich einige der im Südarabien des 10. Jhs. n. Chr. angebauten Dattelsorten waren, wird von al-Hamdāni sehr anschaulich dargestellt (Forrer a. O. 270). G. Schweizer (in: H. Blume, Saudi-Arabien. Natur, Geschichte, Mensch und Wirtschaft [1976] 215) nennt als Basis der traditionellen Landwirtschaft in den saudi-arabischen Oasen Al Hasa und Qatif die Kultur von fast 40 verschiedenen Sorten der Dattelpalme.

133 CIH 540 (s. Fn. 70), Z. 39–41, 86–88.

134 So möglicherweise in den in Fn. 133 zitierten Zeilen.

135 W. Franke, Nutzpflanzenkunde. Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen (1976) 268.

- Zum Rohverzehr<sup>136</sup> als Obst wurden andere Sorten verwendet, bei denen die Stärke zur Reifezeit in Zucker umgewandelt wird; aufgrund des hohen Zuckergehaltes findet beim Trocknen der Früchte quasi eine Selbstkonservierung statt, sie sind daher lange haltbar<sup>137</sup>.
- Aus den Früchten wurde ein zuckerreicher Sirup gewonnen, der sog. „Dattelhonig“<sup>138</sup>. Dieser diente vermutlich (u. a.) als eine Art Honig: Im Rahmen der Verpflegungsliste der am Wiederaufbau des 450 n. Chr. gebrochenen Dammes beteiligten Bauarbeiter wird in CIH 540/96 ein „Honig“ angeführt, zu dem Rodinson bereits anmerkte, es handle sich bei diesem nicht um Bienenhonig, sondern wohl eher um eine Art eingedickten Fruchtsirup<sup>139</sup>, und Irvine nennt als mögliche Interpretation des Begriffs den ausgepressten Saft frischer reifer Datteln<sup>140</sup>.
- Durch Vergärung dieses Sirups stellten die Sabäer ein alkoholisches Getränk her, den „Dattelwein“<sup>141</sup>.

Außerdem sei auf die mögliche Verwendung der Stämme als Bauholz hingewiesen, die auch im heutigen Yemen an vielen Orten beobachtet werden konnte, sowie der Palmblätter als Flecht- und Dachdeckungsmaterial, ihrer Fasern zur Herstellung von Stricken<sup>142</sup>.

### c) Weinbau

Neben den Palmpflanzungen gab es auf der antiken Oase ausgedehnte Weingärten<sup>143</sup>, deren Traubenproduktion vermutlich zum Rohverzehr, durch Trocknen zur Herstellung von Rosinen und wohl in erster Linie zur Weinherstellung diente.

Letztere Nutzung ist inschriftlich vermerkt. Auf den bereits erwähnten Verpflegungslisten der Dammbruchinschriften CIH 540 und CIH 541 sind wahrscheinlich zwei unterschiedliche Weinsorten genannt, die aus „GRBB“- bzw. „FSY“-Trauben hergestellt wurden<sup>144</sup>. Dieser Traubenwein scheint im Vergleich zu dem zuvor genannten Dattelwein das hauptsächliche Getränk gewesen zu sein: Der Konsum der Bauarbeiter an Traubenwein betrug im Jahr 449 n. Chr. (erster Teil der Inschrift CIH 540) 430 Kamelladungen gegenüber 200 Kamelladungen Dattelwein<sup>145</sup>, nach dem folgenden Dammbruch des Jahres 450 n. Chr. (zweiter Teil der Inschrift CIH 540) wurde ausschließlich Traubenwein geliefert, und zwar 670 Kamelladungen<sup>146</sup>.

Bemerkenswert ist ferner die Verwendung von Weinranken, -blättern und -trauben als Motiv für Ornamente auf sabäischen Reliefsteinen aus dem Raum Märib<sup>147</sup>.

136 CIH 541, (teilw.) übersetzt und kommentiert bei Irvine a. O. 291 ff., Z. 121 (im Kontext Z. 118–122: Die genannten Datteln sind ausdrücklich nicht zu Mehl vermahlen).

137 S. Fn. 135.

138 Franke a. O. 270.

139 The Encyclopaedia of Islam (1965) 1060 s. v. *Ḡhidhā* (Rodinson); so auch Beeston et al. a. O. 35: Als Übersetzung des fraglichen Wortes in CIH 540/96 „dbs“ wird „honey/inspissated fruit juice“ angeführt.

140 Irvine a. O. 290.

141 CIH 540 (s. Fn. 70), Z. 50f., in Verbindung mit Beeston et al. a. O. 89 („mzr-m“); wahrscheinlich auch CIH 541 (s. Fn. 136), Z. 130, in Verbindung mit Beeston et al. a. O. 128 („sqy“), 148 („tmr“).

142 Franke a. O. 270; Schweizer (a. O. 215) weist außerdem hin auf die „soziale Rolle, die der schattige Palm-

garten als Ort der Erholung und von Zusammenkünften darstellt“

143 Z. B. Ja 620/12, übersetzt und kommentiert bei Jamme a. O. 121f., und Ja 730/7, übersetzt und kommentiert ebd. 209.

144 CIH 540 (s. Fn. 70), Z. 47f., 93f. und CIH 541 (s. Fn. 136), Z. 128; auch al-Hamdāni (Forrer a. O. 261f.) und tausend Jahre später Rathjens und Wissmann (a. O. 121) weisen auf eine beeindruckende Vielfalt der yemenitischen Traubensorten hin.

145 CIH 540 (s. Fn. 70), Z. 46–51.

146 Z. 91–94.

147 Vgl. z. B. C. Rathjens, *Sabaica* II, 24. Mitteilungen aus dem Museum für Völkerkunde in Hamburg (1955) Photo 472–473 und Photo 474–475 (zur weiterführenden Interpretation dieses Motivs in Verbindung mit dem Fundort vgl. II. v. Wissmann – M. Höf-

#### d) Andere Obstarten

Neben der speziellen Bezeichnung von Wein- und Palmgärten gibt es im Sabäischen die allgemeine Bezeichnung „Obstgarten“<sup>148</sup>, wo offensichtlich andere als die zuvor beschriebenen Obstarten angebaut wurden. In den Inschriften finden sich dazu keine näheren Bezeichnungen, daher können hier nur die in der weiteren Umgebung Märibs von Glaser festgestellten Obstarten wiedergegeben werden: Granatapfel, Feige, Quitte und Pflaume<sup>149</sup>, ausnahmslos – wie die ebenfalls heute im Raum Märib wachsenden Pfirsiche, Aprikosen und Mandeln – sehr alte Kulturpflanzen, die auch von al-Hamdānī als für den Yemen des 10. Jhs. n. Chr. wichtige Obstkulturen verzeichnet sind<sup>150</sup>.

#### e) Gemüse-/Gartenbau, Sonderkulturen

Einige Inschriften erwähnen (Gemüse-)Gärten bzw. Gartenbaukulturen<sup>151</sup>, d. h. also eher kleinflächig angebaute Sonderkulturen. Hierzu zählen z. B. die im Altertum ein wesentliches Nahrungsmittel darstellenden Hülsenfrüchte. In einem auf einem Holzstäbchen geschriebenen sabäischen Brief, der im Universitätsmuseum Ṣan‘ā’ aufbewahrt wird, werden Erbsen und Linsen aufgezählt<sup>152</sup>. Nach al-Hamdānīs Angaben<sup>153</sup> waren Hülsenfrüchte im 10. Jh. n. Chr. im Raum Märib von großer Bedeutung, und noch heute sind insbesondere Kichererbsen, Bockshornklee, Linsen und verschiedene Bohnen neben Getreide das wichtigste Nahrungsmittel. In den Inschriften wird Gemüse allgemein in RES 3951 = GI 1571 (Z. 3)<sup>154</sup> erwähnt, Zwiebeln sind z. B. in Ja 720/9 f.<sup>155</sup> namentlich verzeichnet.

Auf dem bereits erwähnten Holzstäbchen ist schließlich noch der Sesam aufgeführt<sup>156</sup>.

Von Interesse ist in diesem Zusammenhang auch die Inschrift GI 1679 + GI 1773 a+b<sup>157</sup> wegen des in Z. 9/10 erwähnten „Gefilde[s] von Ḥanzalān“, eine Bezeichnung, die zwar als Eigenname aufzufassen ist, wörtlich aber „Koloquithengefilde“ bedeutet<sup>158</sup>. Bei der Koloquinte (*Citrullus colocynthis*) handelt es sich um eine in den Wüstengebieten von Nordafrika, Südarabien und Vorderasien heimische Cucurbitacee<sup>159</sup>, deren Frucht schon von den arabischen Ärzten der Antike aufgrund ihres Gehaltes an Bitterstoffen als Droge verwendet wurde; daneben dient sie bis heute in einigen Gebieten zur Bereitung eines „Teers“, der aufgrund seines üblen Geruchs von den Kameltreibern zum Beschmieren der Wasserschläuche benutzt wird, um die Tiere von dem Genuß des Wassers abzuschrecken. Die Öl und Eiweiß enthaltenden Samenkerne dienen seit alter Zeit einigen Wüstenstämmen als wertvolles Nahrungsmittel, häufig werden sie mit Honig und Datteln zubereitet<sup>160</sup>.

Auch die Blätter der Koloquinte fanden offenbar Verwendung: Im Alten Testament werden sie unter

ner, Beiträge zur historischen Geographie des vorislamischen Südarabien, Abh. Akademie Wissenschaften und Literatur [1952] 248 f.).

148 Beeston et al. a. O. 50 („gnt/ʿgnn“).

149 Glaser a. O. 30.

150 Vgl. z. B. Forrer a. O. 256. 262 f.

151 Z. B. Ja 574/6, übersetzt bei Jamme a. O. 60 f., und Ja 650/6, übersetzt und kommentiert ebd. 153 f., in Verbindung mit Beeston et al. a. O. 50 („GNW/GNY“).

152 „<sup>c</sup>tr“ = yemenitisch-arabisch „<sup>c</sup>atar“ (Erbsen), „<sup>c</sup>blsn“ = yemenitisch-arabisch „<sup>c</sup>bilsin“ (Linsen), s. Y. M. <sup>c</sup>Abdallah, Al-Yaman al-ḡadīd 15/6, 1986, 11 (frdl. Mitteilung von Prof. Dr. W. W. Müller).

153 Forrer a. O. 268.

154 Übersetzt und kommentiert bei Müller, Altsüdarabische Dokumente 271–273 (diese Inschrift stammt

aus Ṣirwāḥ, der westsüdwestlich von Märib gelegenen ehemaligen Hauptstadt des Sabäerreichs).

155 Übersetzt und kommentiert bei Jamme a. O. 203 f.

156 „gḡln“ = yemenitisch-arabisch „ḡulḡilān/ḡilḡilān“ (Sesam) (s. Fn. 152).

157 Übersetzt und kommentiert bei Wissmann, Die Geschichte von Saba<sup>3</sup> II 243–247. 89, und bei Müller, Altsüdarabische Dokumente 270.

158 Frdl. Mitteilung von Prof. Dr. W. W. Müller.

159 A. Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde II (1892) 425.

160 Prof. Dr. W. W. Müller merkte dazu an, daß seines Wissens die Koloquinte im Yemen nur officinell verwendet wird und selbst die Beduinen die Kerne dieser Pflanze nach dem Zeugnis der altarabischen Dichtung nur in Notzeiten gegessen haben.

den Ornamenten des Salomonischen Tempels erwähnt. Betrachtet man die Morphologie der Pflanze, die an krautigen, gebogenen Stengeln langgestielte, buchtig-fiederspaltige Blätter trägt und in deren Achseln die Blüten sowie kurze Ranken, so leuchtet die ornamentale Eignung unmittelbar ein<sup>161</sup>. Abschließend sei aber darauf hingewiesen, daß als Koloquinthe umgangssprachlich bisweilen auch *Citrullus vulgaris* bezeichnet wird, d. i. die Wassermelone<sup>162</sup>. Aufgrund des Fehlens von Bitterstoffen und dank ihres hohen Wassergehaltes sind die Früchte in den Ländern der heißen Klimate ein sehr beliebtes Nahrungsmittel, weshalb die Pflanze sich schon frühzeitig von Zentralafrika aus verbreitete<sup>163</sup>. Gemäß al-Hamdānis Angaben wurde sie in Mārib zur Zeit des 10. Jhs. n. Chr. kultiviert<sup>164</sup>. Als auf der antiken Oase angebaute Kulturart käme *Citrullus vulgaris* somit grundsätzlich ebenfalls in Betracht.

### f) Weiden, Viehfutter

Für den sabäischen Landwirt war die Viehhaltung ursprünglich eine notwendige Ergänzung zum Ackerbau, da er auf Arbeitstiere (Großvieh) für die Feldarbeit, z. B. zum Pflügen, und für Transportaufgaben angewiesen war. Auch in den bereits mehrfach zitierten Dambruchinschriften CIH 540 und CIH 541 finden sich Auflistungen der für den Wiederaufbau des Dammes benötigten Arbeits- und Transporttiere (Großvieh), daneben sind auf den Verpflegungslisten der Bauarbeiter Schlachttiere angeführt (Groß- und Kleinvieh)<sup>165</sup>.

Die offenbar ausgedehnten Viehbestände der Sabäer benötigten Futter und Weiden. Anhand der Inschrift Ja 735/15 erläutert Müller<sup>166</sup>, als solche habe „das gebirgige Umland der Oase von Mārib“ gedient, wohin das Kleinvieh zur Weide getrieben wurde, d. h., die Sabäer hielten das Kleinvieh in extensiver Weidewirtschaft. Wahrscheinlich wurden außerdem – insbesondere während der Trockenzeit – die abgeernteten und die brachliegenden Felder beweidet, was auch heute im Yemen regelmäßig geschieht<sup>167</sup>.

Als Futter für die Großviehhaltung konnten die Nebenprodukte des Ackerbaus verwendet werden. So ist bis heute Sorghumstroh ein wichtiges Futtermittel, das gebündelt und mit ein wenig Grünfütter umwickelt dem Vieh ins Maul geschoben wird, eine sehr zeitaufwendige Fütterungsmethode<sup>168</sup>. Zumindest in geringem Umfang dürfte daneben Feldfutter zur Erzeugung von Grün- (und möglicherweise Trocken-)Futter angebaut worden sein. Glaser beobachtete in Mārib die Aussaat speziell von Futterpflanzen für das Vieh<sup>169</sup>.

Als weitere wichtige Futterquelle ist schließlich das Schneiteln zu nennen, d. h. das im Abstand weniger Jahre radikale Schneiden der Zweige von sog. Futterbäumen zur Verfütterung an das Vieh. Diese Art der Futtergewinnung, insbesondere von den auch im Raum Mārib vorkommenden verschiedenen *Acacia*-Arten und *Ziziphus spina-christi* (s. u.), ist bis heute in den Trockengebieten des Yemen sehr verbreitet<sup>170</sup>. Die Blätter der *Acacia*-Arten werden auch als Grünfütter zum Umwickeln der zur Verfütterung bestimmten Strohbindel verwendet.

Auf die mögliche Verfütterung von Unkraut wurde in Kap. 3.5 hingewiesen.

161 Eine Zusammenfassung der hier genannten Verwendungszwecke einschließlich Literaturangaben findet sich in A. Tschirch, *Handbuch der Pharmakognosie* (1917) 1606–1611. Dort wird die Koloquinthe auch als Produkt der nabatäischen Landwirtschaft erwähnt.

162 Auf diesen Sachverhalt wies mich freundlicherweise Prof. Dr. W. Franke vom Institut für Landwirtschaftliche Botanik der Universität Bonn hin.

163 Franke a. O. 263.

164 Forrer a. O. 268.

165 CIH 540 (s. Fn. 70), Z. 32–35, 41–51, 88–94 und CIH 541 (s. Fn. 136), Z. 122–128.

166 S. Fn. 104.

167 Kopp, *Al-Qasim* 23. 28; vgl. auch Arnon a. O. 98.

168 Kopp, *Al-Qasim* 32; vgl. auch T. Bent – M. V. A. Bent, *Southern Arabia* (1900) 118.

169 Glaser a. O. 30.

170 Al-Hubaishi – Müller-Hohenstein a. O. 36.

g) *‘ilb-Baum*

Der *‘ilb*-Baum, *Ziziphus spina-christi*, auch Christusdorn genannt, dessen Anbau auf der antiken Oase inschriftlich z. B. in RES 852 = CIH 611 (Z. 6)<sup>171</sup> belegt ist, war für die Sabäer eine bedeutende Kulturpflanze mit vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten, für die es zwar im einzelnen keine inschriftlichen Belege gibt, die aber im wesentlichen die gleichen wie heute gewesen sein dürften:

- Der Baum liefert süßlich schmeckende, kleinen Holzäpfeln ähnelnde Früchte, die im Arabischen „daum“ genannt werden<sup>172</sup>.
- Die pulverisierten Blätter werden als eine Art Seife verwendet<sup>173</sup>.
- *Ziziphus spina-christi* ist bis heute einer der wichtigsten Futterbäume zum Schneiteln<sup>174</sup> (s. o.); da die Zweige des Baumes ansonsten insbesondere von Kamelen sehr gern abgefressen werden, wird der Baum auch „Kameldorn“ genannt<sup>175</sup>.
- Daneben dient *Ziziphus spina-christi* zur Erzeugung von Nutzholz und wird nach wie vor im ariden Ost-Yemen zu diesem Zweck angebaut und bewässert<sup>176</sup>. Da Nutzholz auch in antiker Zeit im Raum Mārib knapp war, dürfte diese letztgenannte Nutzung bei den Sabäern ebenfalls von entscheidender Bedeutung gewesen sein.

h) *bān-Baum*

Abschließend sei hier noch die in Z. 4 der sabäischen Inschrift R 3958<sup>177</sup> namentlich verzeichnete Sonderkultur „bān“, *Moringa aptera*, erwähnt. Dieser Baum, die „arabische Öl-Moringe“ oder „Echter Benußbaum“ aus der Familie der Moringaceae, ist ein für den Wüstenrand Arabiens charakteristischer Baum. Er liefert in bohnenartigen Kapseln haselnußgroße Samen, aus denen das Ben- oder Behen-Öl gepreßt wird. Im Altertum bildete dieses Öl eine der wichtigsten Grundlagen für die Herstellung von Salben, welche bei Hautkrankheiten angewendet wurden. Bis heute verwenden es die Araber zum Ein fetten feiner Maschinentile (z. B. Uhren)<sup>178</sup>. Daß das Behen-Öl bereits zur Zeit der Sabäer Bedeutung erlangt hatte, geht auch aus einer weiteren Inschrift hervor, in der zweitausend bān-Bäume erwähnt werden<sup>179</sup>.

171 Übersetzt und kommentiert bei Müller, *Altsüdarabische Dokumente* 277 f.; ein weiterer Beleg findet sich in R 3958/4, übersetzt und kommentiert bei Irvine a. O. 148–155, in Verbindung mit Beeston et al. a. O. 15 („‘ilb“).

172 Bent – Bent a. O. 109; Glaser a. O. 30; A. Grohmann, *Südarabien als Wirtschaftsgebiet Teil I* (1922) 108.

173 Bent – Bent a. O. 109.

174 Al-Hubaishi Müller-Hohenstein a. O. 36. 184; bei dem von Kopp (Al-Qāsim 32) angeführten Futterbaum dürfte es sich aufgrund der arabischen Bezeichnungen ebenfalls um *Ziziphus spina-christi* handeln und nicht um *Acacia*.

175 Bent – Bent a. O. 109.

176 Al-Hubaishi – Müller-Hohenstein a. O. 91 f. 184; Kopp, *Agrargeographie* 219.

177 S. Fn. 171, in Verbindung mit Beeston et al. a. O. 33 („<sup>3</sup>bwn“).

178 O. Warburg, *Die Pflanzenwelt II: Dicotyledonen* (1916) 86 f.; N. Rhodokanakis, *Zur altsüdarabischen Epigraphik und Archäologie I*, *WZKM* 38, 1931, 181 f.

179 Vgl. W. W. Müller, *Marburger Studien zur Germanistik* 8, 1986, 104, Anm. 49.

### 5.3 ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG

Anhand der vorangehenden Untersuchungen läßt sich nun zusammenfassend feststellen:

1) Die inschriftliche Erwähnung von Getreide im allgemeinen, Weizen, Gerste und vermutlich Sorghum im besonderen<sup>180</sup>, bestätigt die auf den Funden von Wurzelröhrchen als Überreste ehemaliger Haarwurzeln (Kap. 5.1.2, a) und insbesondere von Halmabdrücken (Kap. 5.1.1) basierende Vermutung des Anbaus von Poaceen.

Aus den auf der antiken Oase vergleichsweise seltenen Funden von Poaceenüberresten darf nicht auf die relative Seltenheit deren tatsächlichen Anbaus geschlossen werden, da dieser mit regelmäßigem Pflügen verbunden war (Kap. 3.2.2). Dadurch wurden die zur Identifizierung notwendigen Kleinstrukturen zerstört.

2) Es wurde bereits in Kap. 5.1.2, b darauf hingewiesen, daß die sekundär verfüllten Wurzelröhren, auffällige und im Oasensediment häufig anzutreffende Kleinstrukturen, nach Absterben des homorhizen Wurzelsystems von Monocotyledonen entstehen. Unter den inschriftlich genannten Baumarten gehört in diese Angiospermenklasse pflanzen-systematisch einzig die – häufig erwähnte – (Dattel-)Palme.

Bei gleichzeitigem Auftreten von Erdringen bzw. -stotzen und sekundär verfüllten Wurzelröhren im umgebenden Sediment bestätigt sich deren Anbau als Ursache der vorhandenen Pflanzenüberreste auch insofern, als das durch Messungen ermittelte Häufigkeitsmaximum für den Durchmesser des kreisförmigen Erdringzentrums von 40 bis 50 cm (Kap. 2.5) mit dem Wert für den Stammdurchmesser von Dattelpalmen (meist 40 bis 65 cm)<sup>181</sup> in etwa übereinstimmt. Da Palmen als Monocotyledonen aufgrund des fehlenden sekundären Dickenwachstums einen schlanken, über die gesamte Länge annähernd gleich dicken Stamm besitzen<sup>182</sup>, spielt der Anschnitt des Stammes in unterschiedlichen Erosionsniveaus – trotz des erheblichen Alters, das diese Bäume erreichen können, und damit trotz der während dieser Zeit zu erwartenden relativ starken Einsedimentierung der Stämme – für die Größe des Durchmessers keine Rolle.

Im Gegensatz zu dem unter 1) Gesagten kann nicht nur hier, sondern allgemein bei Dauerkulturen aus der Häufigkeit des Auftretens der von ihnen hinterlassenen Pflanzenüberreste auf die relative Häufigkeit ihres Anbaus auf der antiken Oase geschlossen werden, da Dauerkulturen selbst bei Anbau von Unterkulturen<sup>183</sup> in ihrem Hauptwurzelbereich nicht gepflügt wurden (vgl. auch Taf. 6 b), weshalb die Indizien für ihren Anbau also grundsätzlich erhalten blieben.

3) Das unter 2) Gesagte gilt sinngemäß für den Anbau dicotyler Bäume und Sträucher<sup>184</sup>, d. h. für den in den Inschriften verzeichneten Anbau von Wein, anderen Obstbäumen als den Dattelpalmen sowie für den Anbau des 'ilb- und des bān-Baumes: Nach dem Absterben ihres allorhizen Wurzelsystems entstehen größere, ungleichmäßig geformte Wurzelreste unterschiedlicher Ausprägung, z. T. unter Erhalt von Holzresten (Kap. 5.1.2, c).

Auch hier könnte bei Auftreten dieser Wurzelreste im die Erdringe bzw. -stotzen umgebenden Sediment anhand des Durchmessers des kreisförmigen Erdringzentrums eine genauere Zuordnung zu einer bestimmten Baumart erfolgen – Sträucher können wegen fehlender Stammbildung nicht zu einer

180 Weizen, Gerste und Sorghum bilden bis heute die im Raum Märib zur Selbstversorgung angebauten Getreidearten (Kopp, Agrargeographie 219 ff.).

181 Dazu im einzelnen Kap. 6.3, das speziell den Anbau der Dattelpalme behandelt.

182 Strasburger a. O. 155.

183 Dazu im einzelnen Kap. 6.3.

184 Für den Anbau von Bäumen der Unterabteilung Gymnospermae auf der antiken Oase gibt es keine Anhaltspunkte.

deutlichen Ausprägung von Erdringen führen –, wenn Wurzelreste dieser Art häufiger aufzufinden wären. Aus der Seltenheit der Funde, die eine solche Zuordnung nicht gestatten, kann hier auf im Vergleich zu den Dattelpalmen relativ seltenen Anbau geschlossen werden.

4) Der inschriftlich belegte Gemüse- und Gartenbau bildet – neben Getreidebau – eine weitere Ursache der als Überreste ehemaliger Haarwurzeln erhaltenen Wurzelröhrchen (Kap. 5.1.2, a). Auch einige der Abdrücke gefiederter Blätter (Kap. 5.1.1) dürften auf den Gemüse- und Gartenbau, nämlich den Anbau von Hülsenfrüchten, zurückzuführen sein.

5) Dies gilt entsprechend für die Pflanzen des Feldfutterbaus: Sie hinterließen ebenfalls Haarwurzeln, die als Wurzelröhrchen erhalten sein können, und die Abdrücke von Halmstrukturen und gefiederten Blättern lassen sich auch als Überreste des Anbaus von Futterpflanzen deuten, im ersten Fall als Indiz für Futtergräser, im zweiten Fall für Futterleguminosen.

Abschließend sei auf die überraschend starke Ähnlichkeit hingewiesen zwischen diesen für die antike Oase festgestellten Kulturen und den von Kopp<sup>185</sup> in der zweiten Hälfte der 70er Jahre kartierten Kulturen in dem zu dieser Zeit noch nahezu vollständig auf traditionelle Weise bewirtschafteten Gebiet um Husūn, das sich unmittelbar nordöstlich an die antike Nordoase anschließt.

185 Kopp, Agrargeographie Anlage 26.



## 6. Der Anbau ausgewählter Kulturpflanzen

Von der antiken Oase Märib sind keine pflanzenbaulichen Daten wie z. B. Wasserbedarf, Bestandesdichten, Vegetationsdauer oder Erträge angebaute Kulturpflanzen überliefert. Im Rahmen der Analyse des antiken Bewässerungslandbaus und zum Verständnis des wasserwirtschaftlichen Funktionssystems erweist sich deren Abschätzung aber als unerlässlich. Daher wird im folgenden exemplarisch für ausgewählte Kulturpflanzen, eine saisonale und eine Dauerkultur, nach einer kurzen Beschreibung relevanter botanischer Merkmale zunächst zum Vergleich der Anbau dieser Kulturen in Regionen dargestellt, die bezüglich Klima, Bodenbeschaffenheit, traditioneller Anbaumethoden und Bewässerung weitgehend den Verhältnissen in Märib entsprechen<sup>186</sup>. Basierend auf dieser Vorkenntnis können sodann aus den für Märib gültigen natürlichen Rahmenbedingungen und den auf der Oasenoberfläche und in den Sedimenten vorgefundenen Strukturen und Überresten die Bedingungen und Grundlagen für den Anbau der jeweiligen Kultur auf der antiken Oase sowie die speziellen Anbau- und Bewässerungsmaßnahmen abgeleitet werden<sup>187</sup>.

Die bereits von Kopp<sup>188</sup> anlässlich seiner ähnliche Fragestellungen im heutigen Yemen betreffenden Arbeiten geäußerten Vorbehalte und Schwierigkeiten besitzen für die folgenden Ausführungen in gleichem Maße Gültigkeit: Viele der in der Literatur angegebenen Vergleichsdaten gelten „nur stark generalisierend für eng begrenzte Regionen unter jeweils ganz bestimmten – leider fast nie erwähnten – Voraussetzungen“.

### 6.1 ABSCHÄTZUNG VON VEGETATIONSZEIT UND AUSSAATZEITPUNKT

Die Aussaat bzw. der Vegetationsbeginn auf der antiken Oase von Märib war in entscheidender Weise abhängig vom Eintreffen des Sayl, auf dessen (u. a.) starke zeitliche Variabilität bereits in Kap. 4.1, hingewiesen wurde. Im langjährigen Mittel war im Frühjahr ein etwa 20tägiger Sayl während des Monats April, im (Hoch-)Sommer ein etwa 30tägiger Sayl von Mitte Juli bis Mitte August zu erwarten<sup>189</sup>, der durchschnittliche Zeitraum zwischen Eintreffen des Frühjahrs- und des (Hoch-)Sommersayl betrug damit etwa 100 Tage.

Es ist unwahrscheinlich, daß die zwischen den so festgelegten Aussaatterminen der saisonalen Kulturen liegende Vegetationszeit individuell durch Verschiebungen im Bewässerungsturnus verändert werden konnte. Zum einen verlangte der Bewässerungsbetrieb auf der antiken Oase eine straffe Organisation, u. a. weil das Oasengebiet für eine nach individuellen Bedürfnissen ausgerichtete Wasserverteilung zu ausgedehnt war – das bedeutet z. B. die einheitliche Bewässerung von jeweils einer durch einen Kanalabschnitt versorgten Organisationseinheit –, zum anderen hing die Priorität der Feldauflei-

186 Auf diese weitgehende Entsprechung ist insofern sorgfältig zu achten, als beispielsweise die Erträge der gleichen Kultur unter Bedingungen des Regenfeldbaus nicht mit denen des Bewässerungslandbaus zu vergleichen sind.

187 Eine vergleichbare Arbeitsweise, wie sie D. Cocquerillat (Palmeriaies et Cultures de l'Eanna d'Uruk [559-520], 8. Ausgrabungen der DFG in Uruk-Warka [1968]) in ihrem hochinteressanten Werk über die babylonischen Kulturen in Uruk während des 6. Jhs.

v. Chr. vorlegte und auf das mich Prof. Dr. J. Schmidt vom DAI Şan<sup>ā</sup>3 freundlicherweise aufmerksam machte, ist nicht möglich: Cocquerillat stützt sich in vielen Fragen des Kulturpflanzenanbaus auf die diesbezüglich sehr detaillierten babylonischen Keilschrifttexte; in den sabäischen Inschriften sind dagegen bedauerlicherweise bezüglich dieser speziellen Fragestellungen keine Informationen enthalten.

188 Kopp, Agrargeographie 116 ff. 150 ff.

189 Radermacher et al. a. O. 83 f.

tung offensichtlich von der Lage relativ zum Hauptverteiler ab, d. h., die in der Nähe des Hauptverteilers gelegenen Felder wurden in der Regel vor den weiter entfernten Flächen eingestaut<sup>190</sup>.

Zwischen Frühjahrs- und (Hoch-)Sommerbewässerung standen den saisonalen Kulturen somit etwa 100 Tage von der Aussaat bis zur Reife und Ernte zur Verfügung. Diese relativ kurze Vegetationszeit war nur für den Anbau schnellwüchsiger Kulturarten als Sommerfrucht ausreichend, andernfalls wäre die Feldfläche für einen zweiten Anbau im (Hoch-)Sommer nicht nutzbar gewesen.

Nach der (Hoch-)Sommerbewässerung betrug die potentielle Vegetationszeit über 200 Tage, so daß nun der Anbau von Kulturarten mit längeren Entwicklungszeiten als Winterfrucht möglich war. Während dieses Zeitraums dürfte das im Boden gespeicherte pflanzenverfügbare Wasser allerdings als limitierender Faktor gewirkt haben.

Die genannten Abflußperioden des Sayl waren entsprechend als Bewässerungszeiten auch für den Anbau von Dauerkulturen von entscheidender Bedeutung.

## 6.2 ANBAU VON SAISONALEN KULTUREN, BEISPIEL: SORGHUMHIRSE

Sorghumhirse, deren Anbau auf der antiken Oase wohl als gesichert angesehen werden kann (Kap. 5.2, a), ist eine der ältesten und für die Subsistenzwirtschaft wichtigsten Kulturpflanzen und wird hier beispielhaft für den Anbau saisonaler Kulturen beschrieben. Anders als bei der in Kap. 6.3 behandelten Dattelpalme können spezielle Sorghumstandorte für die antike Oase nicht bestimmt werden, sondern nur allgemein Getreidebaustandorte; daher ist es nicht möglich, die von den Sabäern praktizierten Anbau- und Bewässerungsmaßnahmen, die anhand von auf der Oasenoberfläche und in den Sedimenten erhaltenen Strukturen und Überresten gedeutet wurden (Kap. 3.2 bis 3.5 und Kap. 4.3.2), im Hinblick auf den Anbau von Sorghum zu spezifizieren, sondern sie besitzen für den Getreidebau allgemein Gültigkeit.

### a) Allgemeines

Sorghumhirse, die schon vor etwa 5000 Jahren in Äthiopien kultiviert wurde und auch im Yemen seit langer Zeit angebaut wird, verfügt über eine Reihe von Eigenschaften, die ihr gute Dürre-resistenz verleihen:

- Sorghumhirse kann sehr flexibel auf Bewässerungsgaben unterschiedlicher Höhe reagieren. Sie besitzt ein ausgedehntes Wurzelsystem, das sie in Abhängigkeit von der Tiefe der Bodendurchfeuchtung mehr als 2 m tief entwickeln kann, und erschließt sich so den Wasservorrat tieferer Bodenschichten.
- Eine verhältnismäßig dicke, wachsbeschichtete Cuticula sowie kleine Spaltöffnungen befähigen die Pflanze zu einer wirksamen Kontrolle der Transpiration und beachtlichen Widerstandskraft gegen Austrocknung.
- Bei langanhaltender Dürre geht die Pflanze in eine Art Trockenstarre (Dormanz) über und nimmt das Wachstum erst nach erneuter Wasserzufuhr unbeschadet wieder auf<sup>191</sup>.

190 Dazu im einzelnen Kap. 8, a und b.

191 Achnich a. O. 467; Doorenbos - Kassam a. O. 135.

b) *Vergleichsmöglichkeiten*

Anlässlich seiner Felduntersuchungen im Yemen während der 70er Jahre hat sich Kopp ausführlich mit den Anbaumaßnahmen in Sorghumkulturen befaßt, was sich aufgrund der Bedeutung von Sorghum als wichtigstem Brotgetreide auch im heutigen Yemen zwangsläufig ergab. Nach seinen Angaben<sup>192</sup> erfolgte die Aussaat dieser auch kleinräumig in zahlreichen Varietäten mit jeweils recht unterschiedlichen Eigenschaften und Ansprüchen angebaute Kultur als Furchen- oder Nestsaat – in letzterem Fall entlang der Furchen – mit dem Säpflug, d. h. in einem Arbeitsgang mit dem Pflügen, oder, bei Verwendung des einfachen Haken-Ritzpfluges, nach der Bodenbearbeitung. Häufig werden gleichzeitig oder nach dem Auflaufen zusätzlich Leguminosen gesät, was durch die Fähigkeit der mit diesen in Symbiose lebenden Knöllchenbakterien, den Luftstickstoff zu binden, zur Stickstoffanreicherung im Boden und damit zu verbesserten Wachstumsbedingungen für die Folgefrucht führt.

Nach dem Auflaufen werden die jeweils schwächsten Halme mehrmals ausgedünnt, so daß schließlich drei bis sechs Halme in einem Nest stehenbleiben, um sich später gegenseitig Halt zu geben – Sorghum wird bis zu 3 m hoch. Die ausgedünnten Pflanzen dienen ebenso als Viehfutter wie die etwa ab der Milchreife nach und nach von unten her abgepflückten Blätter oder in extrem trockenen Jahren die Kulturpflanze selbst.

Vor der Ernte werden die besten Rispen als Saatgut für die folgende Einsaat ausgewählt, sodann zur Ernte die Halme abgebrochen und die reifen Rispen abgeschnitten. Diese werden auf dem Dreschplatz zu Haufen aufgeschichtet und mit einfachen Holzstöcken ausgedroschen. Anschließend wird das Dreschgut gegen den Wind geworfelt und so gereinigt. Das Stroh dient als Viehfutter, die trockenen Stoppeln werden ausgerissen und als Brennmaterial verwendet.

Nach al-Hamdānī wurde die Sorghumhirse im Yemen des 10. Jhs. n. Chr. in Getreidespeichern gelagert, die in die Erde gegraben waren, und soll auf diese Weise sehr lange haltbar gewesen sein<sup>193</sup>. Auf die Verhältnisse von Märīb in etwa übertragbare Vergleichsdaten aus dem Sorghumhirseanbau liegen aus der südlichen saudi-arabischen Tihama vor<sup>194</sup>, einem Gebiet unweit der Nordgrenze des Yemen, das auch heute noch überwiegend in traditioneller Weise bewirtschaftet wird. Die Bewässerung erfolgt durch Ableitung des während der Regenzeit im Gebirge auftretenden Wadihochwassers, des Sayl, auf die Kulturlflächen, die mit etwa 400 bis 600 mm Wasser überstaut werden.

Das unregelmäßige Auftreten von Abflußereignissen sehr unterschiedlichen Volumens hat zur Folge, daß diese Wassermenge nicht immer als eine einzelne Gabe auf die Feldflächen geleitet werden kann. Oftmals müssen die Felder mehrfach mit kleineren Wassergaben überstaut werden, bis der Boden die für eine Vegetationsperiode erforderliche Wassermenge erhalten hat. Erst danach erfolgt die Aussaat. Hauptanbaufrucht ist die Sorghumhirse, die mit einer Bestandesdichte von etwa 200 000 Pflanzen pro ha bei einem Reihenabstand von etwa 30 cm angebaut wird. Die Gesamtvegetationszeit beträgt 90 bis 100 Tage, der Kornertrag liegt zwischen 700 bis 1000 kg/ha.

Die FAO<sup>195</sup> gibt für den Sorghumhirseanbau bei Überstauabewässerung eine Gesamtvegetationszeit von 90 Tagen an; bei einer pflanzenverfügbaren Wassermenge von 300 mm<sup>196</sup> beträgt der Kornertrag etwa 800 kg/ha<sup>197</sup>.

192 Kopp, Agrargeographie 113. 118 f. 98. Dazu auch ders., Al-Qāsim 30 f.; es werden hier lediglich die allgemeinen Maßnahmen wiedergegeben, die unter den in Märīb herrschenden klimatischen Bedingungen Gültigkeit besitzen.

193 Forrer a. O. 179 f.

194 E. Wildenhahn, DVWK Bulletin 9, 1985, 119 ff.

195 Doorenbos – Kassam a. O. 136.

196 Unter Zugrundelegung eines Feldaufleitungswirkungsgrades von 85 %, wie er für die antike Oase von Märīb bestimmt wurde (s. Fn. 200), entspricht dieser Nettowert einer Überstauhöhe von etwa 350 mm.

197 Weitere Angaben zur Ertragshöhe finden sich bei Kopp (Agrargeographie 150 ff.), der allerdings die bei der Ertragsermittlung auftretenden Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten betont. Aufgrund unterschied-

c) *Anbau von Sorghumhirse auf der antiken Oase von Märib*

Es stellt sich nun die Frage, in welcher Weise die Bedingungen für den Anbau auf der antiken Oase erfüllt waren, in welchen der vorgefundenen Strukturen und Überreste auf der Oasenoberfläche und in den Sedimenten sich dieser bestätigen könnte, d. h. schließlich, welche von den Sabäern im Sorghumanbau praktizierten Maßnahmen sich daraus ableiten lassen.

- Aufgrund ihrer kurzen Vegetationszeit kommt die Hirse nicht nur als Winterfrucht in Betracht, sondern kann auch als Sommerfrucht angebaut werden. Electrowatt<sup>198</sup> gibt Sorghumhirse sogar als unter den Bedingungen der Saylbewässerung einzig mögliche Sommerfrucht im Raum Märib an.
- Die nutzbare Feldkapazität für das Oasensediment in Märib beträgt etwa 18 %<sup>199</sup>, gleichbedeutend mit einer Speicherung von knapp 400 mm pflanzenverfügbarem Wasser in den obersten beiden Metern Boden, die von Sorghumhirse bei dem praktizierten Bewässerungsverfahren gut durchwurzelt werden. Diese Wassermenge ist im Hirseanbau ausreichend für eine Vegetationsperiode (vgl. b) und kann - bei Berücksichtigung eines Feldaufleitungswirkungsgrades von etwa 85 %<sup>200</sup> - ohne weiteres als einmalige Gabe auf der Feldfläche eingestaut werden; der durchschnittliche Wert von 60 cm für die Überstauhöhe auf der antiken Oase (vgl. Kap. 4.3.2) liegt sogar etwas höher, was sich aber durchaus positiv auf die Sorghumkulturen ausgewirkt haben dürfte.

Mit deutlichen Verlusten durch Evaporation nach der Bewässerung braucht nicht gerechnet zu werden, da lößartige Böden - zu denen auch das Oasensediment zu rechnen ist - an der Interphase Boden/Atmosphäre eine nahezu undurchlässige Verschlammungskruste bilden<sup>201</sup>.

- In Erwartung des Sayl wurde das Feld mit dem hölzernen Haken-Ritzpflug gepflügt (vgl. Kap. 3.2.2); bei Verwendung des Särohres (Kap. 3.4) erfolgte die Aussaat in einem Arbeitsgang mit dem Pflügen - und somit vor der Bewässerung -, bei Verwendung des einfachen Haken-Ritzpfluges entsprechend in einem zweiten Arbeitsgang nach der Bodenbearbeitung. Diese letztgenannte Arbeitsweise läßt die Aussaat auch nach der Bewässerung zu; für die zeitliche Abfolge von Aussaat und Bewässerung auf der antiken Oase gibt es keine Hinweise, so daß eine Entscheidung zugunsten einer der beiden Möglichkeiten nicht getroffen werden kann.

Der Pflugfurchenabstand auf der Oase liegt durchschnittlich bei etwa 30 bis 35 cm (Kap. 3.2.2) und ist - da die Aussaat in die Pflugfurchen erfolgte (vgl. Taf. 10 a) - gleichbedeutend mit dem Reihenabstand; er entspricht dem von Wildenhahn angegebenen Wert im Sorghumanbau (vgl. b).

Genauere Angaben über die Bestandesdichte auf den antiken Feldern lassen sich leider im nachhinein nicht machen. Lediglich im Vergleich zu rezent rekultivierten Ackerbauflächen am Wadiufer, die mit einmaligem Überstau bewässert werden, liegt die Vermutung nahe, daß die antiken Felder eine ähnlich lockere Bestandesdichte aufwiesen (vgl. auch Taf. 10 a).

Die in der Regel mit Abnahme der Bestandesdichte zunehmenden Wasserverluste durch Evaporation spielen bei den vorliegenden Bodenverhältnissen aus obengenannten Gründen keine wesentliche Rolle.

- Zu Einzelheiten der Anbaumaßnahmen, wie sie beispielsweise Kopp beschreibt, sowie den angegebenen Vergleichswerten für den Kornertrag lassen sich keine bestätigenden oder gegenteiligen Belege anführen; aufgrund der vielfach geäußerten Ansicht, die sehr alte bäuerliche Tradition und

licher Witterungsbedingungen und Schädlingsbefalls weisen die Erträge außerdem von Jahr zu Jahr starke Schwankungen auf - die vom Statistischen Bundesamt (a. O. 32 f.) für die Jahre 1979 bis 1983 im Yemen angegebenen Hektarerträge von Sorghum schwanken beispielsweise um den Faktor 4 -, Verluste bei Ernte, Drusch, Worfeln, Transport und Lagerung verringern

zusätzlich die effektiv verfügbare Erntemenge (Kopp, Al-Qäsim 31).

198 Electrowatt a. O. 34 f.

199 Radermacher et al. a. O. 556.

200 Radermacher et al. a. O. 399.

201 M. Evenari, Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft 10/1, 1975, 112.

starke Kontinuität in der yemenitischen Landwirtschaft habe viele Charakteristika der traditionellen bäuerlichen Kultur bis heute erhalten (vgl. z. B. Kap. 1.2), werden sie als in Grundzügen auch zu sabäischer Zeit gültig angesehen.

### 6.3 ANBAU VON DAUERKULTUREN, BEISPIEL: DATTELPALME

Als Beispiel für den Anbau von Dauerkulturen sei hier die Dattelpalme beschrieben, deren Anbau in Märib inschriftlich belegt ist (Kap. 5.2, b) und anhand erhaltener Oberflächenformen und Wurzelreste bestimmten Standorten auf der antiken Oase zugeordnet werden kann. Dadurch ist es möglich, Aussagen zu Einzelheiten der Anbau- und Bewässerungsmaßnahmen zu treffen, was zunächst eine nähere botanische Beschreibung der Pflanze erfordert.

#### a) Allgemeines<sup>202</sup>

Die Dattelpalme wurde nachweislich bereits vor 5000 Jahren in Mesopotamien kultiviert. Sie gehört zu den Monocotyledonen und verfügt damit über ein homorhizes Wurzelsystem, das als dichtes Netz morphologisch gleichwertiger und über die gesamte Länge etwa gleich starker sproßbürtiger Wurzeln ohne sekundäres Dickenwachstum ausgeprägt ist (vgl. Taf. 10 c).

Auch die Erstarkung des Stammes beschränkt sich auf das primäre Dickenwachstum, nach dessen Abschluß der Stammdurchmesser von der Basis bis zur Spitze etwa gleich ist und sich bei fortschreitendem Längenwachstum nicht mehr verändert. Er beträgt in der Regel zwischen 40 und 65 cm, kann aber bei besonders günstigen Wachstumsbedingungen auch etwa 90 cm Dicke erreichen. Das Stammgewebe ist besonders an der Stammbasis stark lignifiziert. Die mit dieser Verholzung verbundene erhöhte mechanische Festigkeit ist erforderlich, weil die Dattelpalme bei ihrem relativ geringen Stammdurchmesser eine Höhe von über 20 m erreichen kann.

Der Stamm wird umgeben von den Basen der bereits abgestorbenen und abgeschlagenen Blätter, ein botanisches Merkmal, das die Dattelpalme von der Mehrzahl anderer Palmen unterscheidet<sup>203</sup>. Diese werden vom Vegetationskegel an der Spitze des Stammes gebildet, zwischen 10 und 35 in jedem Jahr, und besitzen eine Lebensdauer von 3 bis 7 Jahren. Die Anzahl der Blätter, die sich gleichzeitig in dem Blattschopf an der Stammspitze befindet, variiert von 30 bis 140.

Der Blattgrund ist stark verbreitert und umhüllt als Blattscheide den Stamm. Mit zunehmendem Alter bildet diese kräftige Fasern aus, so daß schließlich ein rauhes, festes Fasergewebe den Stamm umgibt und sich bis in die unteren Bereiche des Blattes fortsetzt.

Die Dattelpalme ist eine diözische Pflanze. Im Alter von durchschnittlich 5 Jahren nach Pflanzung (als Schößling) entwickeln sich die ersten Blütenstände. Natürlicherweise erfolgt die Bestäubung durch den Wind, die künstliche Bestäubung von Hand zur Erhöhung der Ertragssicherheit ist jedoch schon im späten dritten Jahrtausend v. Chr. in Mesopotamien dokumentiert<sup>204</sup>. Ihre Anfänge liegen sicher bedeutend früher.

Nach der Befruchtung reifen innerhalb von etwa 5 Monaten die Fruchtknoten zu einsamigen Beeren heran.

Die Vermehrung erfolgt durch Sämlinge oder Schößlinge. Sämlingsvermehrung ist mit dem Nachteil verbunden, daß die Sämlinge heterozygot sind, erst 10 bis 15 Jahre nach Aussaat zu fruchten beginnen

202 Vgl. hierzu insbesondere FAO a. O. 35 ff.

203 Bolhuis a. O. 449.

204 V. Scheil, RAssyr 10, 1913, 1 ff.

und daß etwa 50 % der Pflanzen männlich sind. Daher wird der vegetativen Vermehrung durch Schößlinge, die von der Stammbasis abgeschlagen werden, in der Regel der Vorzug gegeben.

Dattelpalmen können ein Alter von etwa 150 Jahren erreichen; da der Ertrag aber nach Überschreiten des ersten Jahrhunderts deutlich sinkt und bei fortschreitendem Längenwachstum der Bäume schließlich in keinem Verhältnis mehr zum erforderlichen Arbeitsaufwand für Pflege- und Erntearbeiten steht, werden sie häufig früher gefällt.

Die Dattelpalme zeichnet sich insgesamt durch gute Anpassungsfähigkeit an extreme Standortbedingungen aus, sie erträgt Temperaturen über + 50 °C und bis zu – 15 °C, geringste Luftfeuchtigkeit und hohe Salzgehalte im Boden, benötigt aber viel Wasser<sup>205</sup>.

### b) Vergleichsmöglichkeiten

Der Anbau von Dattelpalmen in den arabischen Ländern weist häufig sehr lange Traditionen auf (s. u.), so daß die traditionellen Anbaumaßnahmen durchaus zum Vergleich mit dem Dattelanbau auf der antiken Oase in Märib herangezogen werden können.

Sehr aufschlußreich sind in diesem Zusammenhang die von dem saudiarabischen Lehrer Amin bin Hasan Hulwani Al-Madani im Jahre 1886 verfaßten sechs Regeln für den Dattelanbau<sup>206</sup>, die sich ausdrücklich auf den traditionellen Anbau stützen und die im folgenden beschriebenen Anbaumaßnahmen bestätigen.

Eine Bodenbearbeitung wird normalerweise in Dattelpalmenkulturen selten durchgeführt, Pflügen sollte außerdem zur Vermeidung von Wurzelbeschädigungen unterbleiben und erfolgt lediglich dann, wenn in jungen, noch nicht geschlossenen Dattelpflanzungen oder in älteren bei entsprechend größerem Reihenabstand Unterkulturen angebaut werden, z. B. Getreide, Gemüse, Futterpflanzen<sup>207</sup> (vgl. Taf. 11 b).

Unter den extremen klimatischen Verhältnissen genießen die Kulturpflanzen als Unterkultur einen mikroklimatisch günstigeren Lebensraum in teilweisem Schatten und Windschutz und dadurch verbesserte Assimilationsbedingungen, da die Transpiration vermindert ist. Somit wird das zur Verfügung stehende Wasser durch die Unterkulturen besser ausgenutzt. Auf das Wachstum der Dattelpalmen wirkt sich der Anbau von Unterkulturen normalerweise positiv aus, da deren Wurzeln und sonstige Pflanzenrückstände die Bodenstruktur verbessern; allgemein trägt der Anbau von Mischkulturen zur langfristigen Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei. Daneben verringert sich für den Landwirt durch die vielseitigere Produktion das Anbaurisiko, während sich der Flächenertrag in der Regel erhöht. Der Gesamtverbrauch an Wasser steigt durch den Anbau von Unterkulturen nicht zwangsläufig: Eine junge Dattelpflanzung mit Alfalfa als Unterkultur hat den gleichen Wasserverbrauch wie eine geschlossene Dattelpflanzung ohne Unterkultur<sup>208</sup>.

Bisweilen werden die Dattelpalmen auch zu ausgesprochenem „Stockwerkbau“ genutzt, d. h., neben den Unterkulturen und den Dattelpalmen werden in einem mittleren Anbaustockwerk Obstbäume – Granatapfel, Feigen, Weinreben u. a. – angebaut<sup>209</sup>. Vereinzelter Anbau von Dattelpalmen als Schattenbäume findet sich z. B. an den Feldrainen<sup>210</sup>.

Häufig erfolgt eine organische Düngung der Dattelpalmen mit Tierdung. Dieser wird in der Regel in eine Mulde um den Stamm ausgebracht<sup>211</sup>. Zur Vermeidung von Wurzelbeschädigungen wird der Dünger nicht eingegraben, u. U. leichtes Einarbeiten und anschließende Bewässerung haben sich dagegen als vorteilhaft erwiesen<sup>212</sup>.

205 Achtnich a. O. 529 f.

206 Ins Englische übersetzt in FAO a. O. 251 ff.

207 Bolhuis a. O. 451 f.

208 FAO a. O. 119.

209 Schweizer a. O. 217. 220.

210 Kopp, Agrargeographie 194.

211 FAO a. O. 106.

212 Bolhuis a. O. 452.

Pflegemaßnahmen werden mit Ausnahme des Entfernens der abgestorbenen Blätter kaum durchgeführt.

Dattelpalmen besitzen einen hohen Wasserbedarf, daher kann auf ganzjährige Bewässerung nur bei hoch anstehendem Grundwasser verzichtet werden, das für die bis 6 m tief wurzelnde Pflanze erreichbar ist. Ein arabisches Sprichwort besagt, daß die Dattelpalme dann am besten gedeiht, wenn sie „mit den Füßen im Wasser und dem Kopf in der brennenden Sonne“ steht<sup>213</sup>.

Die Angaben über den Wasserbedarf differieren sehr stark, als Durchschnittswert gelten bei einer Bestandesdichte von 100 bis 120 Palmen/ha etwa 24 000 m<sup>3</sup> pro ha und Jahr ( $\approx$  2400 mm)<sup>214</sup>, bei häufigerer Bewässerung während des Frühjahrs und Sommers und entsprechend selteneren Wassergaben während der Erntezeit und des Winters; die Palmen können jedoch schon mit wesentlich geringeren Wassergaben wachsen. Wichtig bei der Bewässerung ist die ausreichende Durchfeuchtung des Bodens in den obersten zwei Metern. Von Zeit zu Zeit sollte der Wasservorrat in den tieferen Bodenschichten aufgefüllt werden<sup>215</sup>.

Der Ertrag liegt bei 5 bis 50 kg pro Palme und Jahr, bei guter Pflege werden bei einzelnen Palmen bis zu 100 kg erreicht<sup>216</sup>.

### c) Anbau von Dattelpalmen auf der antiken Oase von Mārib

Auch hier stellt sich wiederum die Frage nach den Grundlagen für den Anbau auf der antiken Oase sowie nach den erhaltenen Strukturen und Überresten, die diesen dokumentieren bzw. Anhaltspunkte für die praktizierten Maßnahmen geben.

- Das regenarme, lufttrockene Klima im Raum Mārib ist für den Anbau von Dattelpalmen besonders günstig<sup>217</sup>.
- Als ursächlich für die Entstehung der Oberflächenformen Erdringe und Erdstotzen sowie der sekundär verfüllten Wurzelröhren im Sediment wurden bereits in Kap. 5.3 die Dattelpalmen erkannt, deren homorhizes Wurzelsystem (Taf. 10 c) den häufig im Sediment der antiken Oase vorkommenden sekundär verfüllten Wurzelröhren (vgl. Kap. 5.1.2, b) sehr stark gleicht; auch der Stammdurchmesser von meist 40 bis 65 cm stimmt mit dem durch Messungen ermittelten Häufigkeitsmaximum für den Durchmesser des kreisförmigen Erdringzentrums von 40 bis 50 cm (Kap. 2.5) in etwa überein.
- Die an den Erdstotzen häufig feststellbare Sedimentschichtung bestätigt, daß auch in den sabäischen Dattelgärten eine Bodenbearbeitung zumindest im Hauptwurzelbereich sehr selten durchgeführt wurde.
- Die Dattelpalmen wurden überwiegend in regelmäßig angepflanzten Gärten kultiviert: Erdringe und Erdstotzen treten meist gehäuft, in rechteckiger Anordnung zueinander auf<sup>218</sup>; die Pflanzweite der Bäume, gemessen als Abstand der Erdringe, betrug etwa 9 bis 12 m und entspricht damit der üblichen Pflanzweite im Dattelanbau (vgl. b).

In diesen Dattelgärten wurden zum Teil Unterkulturen angebaut, was durch das auf mehreren Feldern der antiken Oase beobachtete gleichzeitige Auftreten von Erdringen bzw. Erdstotzen und Pflugsuren im selben Bearbeitungsniveau (vgl. Kap. 2.5) dokumentiert ist.

213 Ebenda 450.

214 Evenari et al., The Negev 122; FAO a. O. 119 ff.

215 Achtnich a. O. 532.

216 FAO a. O. 244; bezüglich der Angaben zur Ertrags-  
höhe gilt das bereits oben Gesagte (s. Fn. 197).

217 Wissmann, Die Geschichte von Saba<sup>3</sup> II 42.

218 Die durch gehäuftes Auftreten von Erdstotzen entstehenden und selbst im Luftbild erkennbaren Strukturen bezeichnete Gerig (a. O. 41. 48) als „Punktfelder“.

Vereinzelte wurden Dattelpalmen entlang der Kanalränder angepflanzt, was auch Brunner<sup>219</sup> bereits feststellte. Hier fanden die Palmen im Vergleich zu anderen Standorten aufgrund des erhöhten Wasserangebots verbesserte Wachstumsbedingungen, insbesondere wenn die Kanäle während längerer Zeiträume Wasser führten. Andererseits reduzierten die Palmen durch ihren Schattenwurf die Verdunstung des Kanalwassers.

Die Baumreihen dürften zudem die Geschwindigkeit des Windes auf der Oase verringert und dadurch in gewissem Umfang sowohl die Evapotranspiration der Feldkulturen als auch die Winderosion reduziert haben.

- Die häufig auftretende Dunkelfärbung des inneren Ringes der Erdringe wird durch organische Rückstände hervorgerufen. Diese lassen sich auf zweierlei Weise erklären (vgl. Kap. 2.5): Entweder beruhen sie auf der Zersetzung der den Stamm umgebenden Basen der bereits abgestorbenen Blätter – es wurde bereits unter a) darauf hingewiesen, daß der mit Blattresten bedeckte Stamm ein botanisches Merkmal der Dattelpalme darstellt, das sie von der Mehrzahl anderer Palmen unterscheidet –, oder aber sie dokumentieren eine in die den Stamm umgebende Mulde ausgebrachte organische Düngung (vgl. b).
- Der sehr hohe Wasserbedarf der Dattelpalme muß zwangsläufig eine andere Art der Wasserversorgung als bei den Ackerbaukulturen zur Folge gehabt haben. Grundwasser war für die Dattelpalmen infolge der bewässerungsbedingten Aufsedimentierung nur in den Anfängen der Oasenbewirtschaftung erreichbar, und da die zweimal pro Jahr auftretenden Abflußperioden zu kurz bzw. die Zwischenräume, während derer das Wadi trockenfällt, zu lang sind, um die hohen Wasseransprüche der Dattelpalme zu decken, scheidet die ausschließliche Sayl-Bewässerung der Dattelgärten aus. Dennoch hat eine Sayl-Bewässerung während der Abflußperioden im Frühjahr und (Hoch-)Sommer stattgefunden. Diese erfolgte – wie bei den Ackerbaukulturen – als geregelter Flächenüberstau, wofür es auf am Westrand der Südoase gelegenen Flächen (vgl. Abb. 7), die aufgrund von Oberflächenformen und sekundär verfüllten Wurzelröhren im Sediment als Palmengärten identifiziert werden konnten, deutliche Indizien gibt; hier ist die Erosion während der Jahrhunderte seit Aufgabe der Oase so gleichmäßig und gering gewesen, daß die vorhandenen Oberflächenformen und die in den wenigen Erosionsrinnen sichtbaren Strukturen – Erdringe und -stotzen, Kanäle, Feldwälle, Wurzelröhren – untereinander sowie mit den erhaltenen Verteilerbauwerken in direkten Zusammenhang gebracht werden können.

Die auf der Oasenoberfläche vorgefundenen Feldwallstrukturen entsprechen in ihren Dimensionen (vgl. Kap. 3.1.2) und damit auch der möglichen Überstauhöhe den auf der Oase üblichen Werten. Dies trifft ebenfalls auf die sich in das Kanal- und Feldwallnetz einfügenden Bewässerungsbauwerke zu, so daß ihre Funktion als Feldauslaß zum Zweck des Flächenüberstaus gedeutet werden kann. Es wird nun im folgenden angenommen, daß, anders als bei den Ackerbaukulturen, die Dattelpflanzen nicht nur jeweils einmal während des Frühjahrs- und (Hoch-)Sommersayl bewässert wurden, sondern daß aus dem deutlich wasserreicheren (Hoch-)Sommersayl zwei Wassergaben erfolgten. Diese Annahme scheint aus zwei Gründen gerechtfertigt: Zum einen wurde – unter Zugrundelegung des durchschnittlichen Wertes von etwa 60 cm für die Überstauhöhe (vgl. Kap. 4.3.2) und unter Berücksichtigung der nutzbaren Feldkapazität von 18 %<sup>220</sup> sowie des Feldaufleitungswirkungsgrades von 85 %<sup>221</sup> – durch die zweimalige (Hoch-)Sommerbewässerung der Wasservorrat der obersten knapp 6 m Boden aufgefüllt, der von den tiefwurzelnden Palmen (vgl. b) voll erreichbar war, erhöhte Wasserverluste traten also nicht auf; zum anderen war die Zusatzbewässerung aus Brunnen

219 Brunner a. O. 36f.  
220 S. Fn. 199.

221 S. Fn. 200.

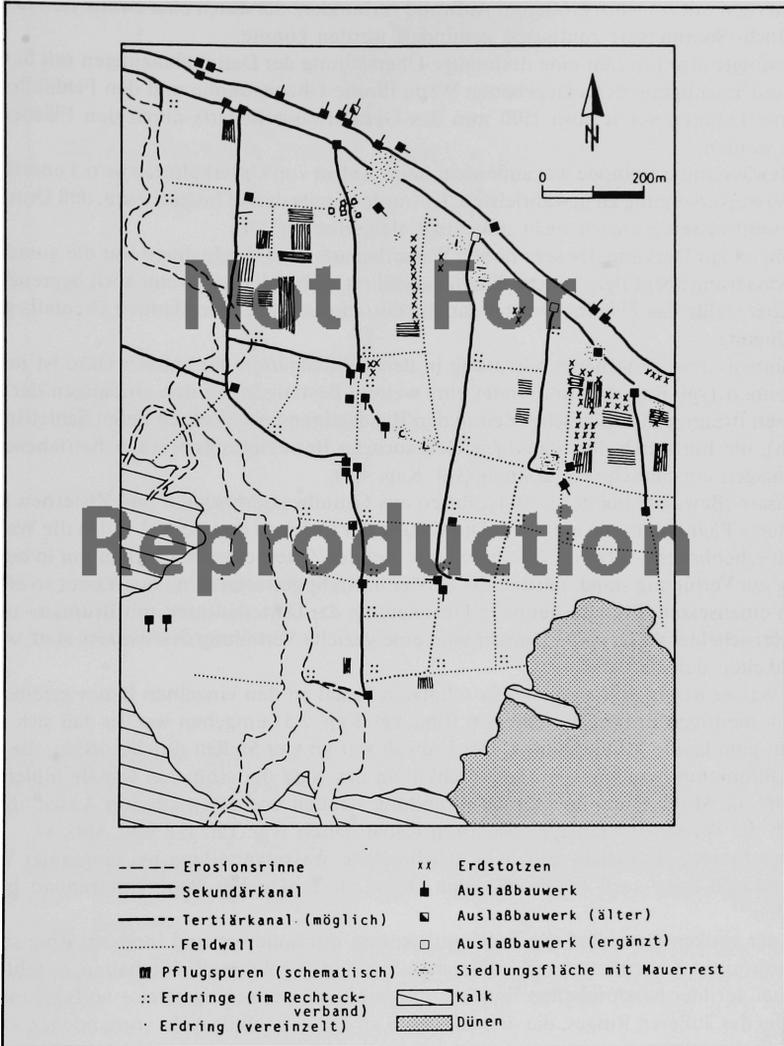


Abb. 7: Detailkartierung von Oberflächenformen am Westrand der Südoase (zur Lage des Ausschnitts vgl. Taf. 2-D)

und Zisternen mit *erheblich* größerem Aufwand verbunden, der durch eine zweite Bewässerung aus dem (Hoch-)Sommersayl zumindest gemindert werden konnte.

Damit erfolgte also pro Jahr eine dreimalige Überstauung der Dattelpflanzungen mit Sayl-Wasser; unter Berücksichtigung der angegebenen Werte für die Überstauhöhe und den Feldaufleitungswirkungsgrad konnten somit etwa 1500 mm des Gesamtwasserbedarfs durch den Flächenüberstau gedeckt werden.

Diese Bewässerungsmethode war außerdem beim Anbau von Unterkulturen (s. o.) unerlässlich, um deren Wasserversorgung zu gewährleisten. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß Unterkulturen den Gesamtwasserverbrauch nicht unbedingt steigerten (vgl. b).

- Ausreichend zur Deckung des sehr hohen Wasserbedarfs der Dattelpalmen war die ausschließliche Saylbewässerung aber folglich nicht. Einen ganzjährig vorhandenen – wenn auch begrenzten – Wasserspeicher stellte das Zisternenwasser dar, die Grundwasserbrunnen standen ebenfalls ganzjährig zur Verfügung.

Die Brunnen- bzw. Zisternenbewässerung in den Palmengärten der antiken Oase ist inschriftlich dokumentiert (vgl. Kap. 4.5) und findet eine weitere Bestätigung in den an einigen der bis heute erhaltenen Brunnen aus sabäischer Zeit in den Randsteinen festgestellten tiefen Schleifspuren (vgl. Taf. 10 b), die nur durch den ständigen Gebrauch zu Bewässerungszwecken betriebener Wasserförderanlagen entstanden sein können (vgl. Kap. 4.5).

Die (Zusatz-)Bewässerung der Dattelpflanzen aus Grundwasserbrunnen und Zisternen klärt auch ein weiteres Phänomen: die auffällige Dreiteilung der Erdringe (vgl. Kap. 2.5). Da die Wasserförderung mit erheblichem Aufwand verbunden war und das Zisternenwasser zudem nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stand, dürften die Sabäer bestrebt gewesen sein, das Wasser so effektiv wie möglich einzusetzen. Eine flächenhafte Überstauung der Dattelpflanzen mit Brunnen- und Zisternenwasser scheidet daher aus. Vielmehr fand eine gezielte Verteilung des Wassers statt, wofür zwei Möglichkeiten denkbar sind.

- 1) Das Wasser wurde durch einen sehr schmalen Kanal an den einzelnen Baum geleitet, der von einem niedrigen Erdwall (≙ äußerem Ring, vgl. Kap. 2.5) umgeben war, so daß sich um jeden Baum eine kleine Mulde befand. Der Erdwall war an vier Stellen durchbrochen, die Ein- bzw. Auslaßfunktion besaßen und den Anschluß an das Netz der schmalen Kanäle bildeten, durch welche die Mulden miteinander in Verbindung standen und die wiederum Anschluß an einen durch die Wasserförderanlage gespeisten Kanal hatten (vgl. Taf. 11 c und Abb. 8).

Dieses System ermöglicht eine sehr gleichmäßige Wasserverteilung bei langsamer Wasseraufleitung und kann auch heute an vielen Orten im Yemen bei Dauerkulturanbau beobachtet werden<sup>222</sup>

Auf der antiken Oase sind die Erdringstrukturen mit äußerem und innerem Ring sowie dem kreisförmigen Zentrum zwar an zahlreichen Standorten sehr deutlich erhalten, es fehlen jedoch die bei der hier beschriebenen Bewässerungsmethode notwendigerweise vorhandenen Durchbrüche des äußeren Ringes, die den Anschluß an die – ebenfalls nicht vorhandenen – schmalen Kanäle darstellten.

- 2) Daher erscheint die einfache Muldenbewässerung ohne Anschluß an ein Kanalsystem (vgl. auch Taf. 11 a) als wahrscheinlichere Methode der Nutzung des Brunnen- und Zisternenwassers, setzt allerdings noch größeren Arbeitsaufwand voraus, da die Verteilung des Wassers – d. h. der Transport – von Lasttieren und die „Aufleitung“ in die Mulde von Hand erfolgen mußte. Allerdings

<sup>222</sup> Vgl. auch Rathjens Wissmann a. O. 115f.

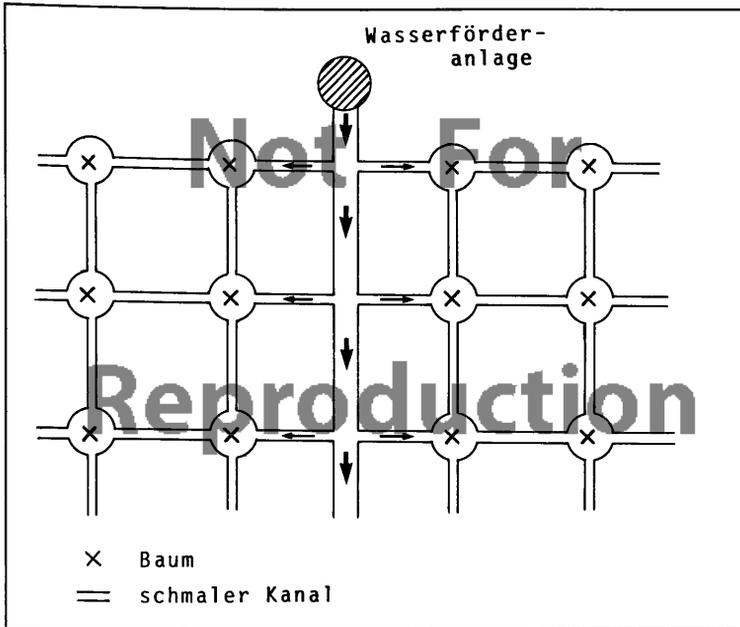


Abb. 8: Schema zur Wasserverteilung bei Muldenbewässerung mit Anschluß an ein Kanalsystem

werden dabei Wasserverluste vermieden, wie sie zwangsläufig bei einem aus Erdkanälen bestehenden Verteilungssystem auftreten und die sich bei langsamer Wasserverteilung – die Wasserförderanlagen wurden von Zugtieren oder Menschen betrieben – und besonders bei der Nutzung begrenzter Wasservorräte (Zisternen) sehr empfindlich bemerkbar machen.

Eine Muldenbewässerung, „die wahrscheinlich von Hand bewerkstelligt wurde“, vermutet auch Jashemski<sup>223</sup> bei der Deutung der „Somberos“ – die nichts anderes darstellen als Erdringe – in den Gärten Pompejis.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß – im Gegensatz zu dem direkt zur Bewässerung genutzten Saylwasser – das aus Brunnen und Zisternen geförderte Wasser, abgesehen von geringsten Schwebstoffmengen, keine Sedimentfracht enthielt; bei dem Zisternenwasser handelte es sich zwar um Saylwasser, die Sedimentfracht hatte sich jedoch vor Förderung des Wassers längst am Grund der Zisternen abgesetzt; das aus Brunnen geförderte Grundwasser enthielt ebenfalls keine Sedimentfracht. Der Bewässerungsvorgang mittels Brunnen- und Zisternenwasser ist damit nicht durch die Ausbildung von Sedimentschichten dokumentiert!

- Hatten die Dattelpalmen das Alter überschritten, in dem der Ertrag deutlich nachläßt, dann wurden die Bäume gefällt – die Stämme konnten als Bauholz weiterverwendet werden – und die Baum-

stümpfe abgebrannt. Dies hinterließ am äußeren Rand des kreisförmigen Erdringzentrums einen Ring aus rötlichem Material mit der Beschaffenheit von gebranntem Ton und darunter Holzkohleablagerungen (vgl. Kap. 2.5 und Taf. 5 d).

- Das Fällen konnte auch eine ganz andere Ursache haben: Nach Grohmann<sup>224</sup> herrscht in Südarabien bis heute der Brauch, die Dattelpalmen bei Stammesfehden gegenseitig durch Umhacken der Bäume zu vernichten.

## 6.4 ZUSAMMENFASSENDER BEURTEILUNG

Die anhand der ausführlichen Darstellung des Anbaus einer saisonalen Kultur und einer Dauerkultur gewonnenen Erkenntnisse lassen sich mit einigen Modifizierungen und Annahmen auf die anderen angebaute Kulturarten übertragen, so daß auf diese Weise allgemeingültige Aussagen bezüglich einiger im folgenden bedeutsamer Anbaudaten für die antike Oase getroffen werden können.

Sorghumhirse gilt im Vergleich zu anderen Getreidearten zwar als besonders genügsam, der Wasserverbrauch ist jedoch nicht wesentlich geringer, so daß der durchschnittliche Wert für die Überstauhöhe auf der antiken Oase von etwa 60 cm (Kap. 4.3.2) dem Wasserbedarf der saisonalen Kulturen angemessen gewesen sein dürfte.

Dattelpalmen haben einen im Vergleich zu anderen Dauerkulturen ungewöhnlich hohen Wasserbedarf. Der oben angegebene Wert von 2400 mm gilt allgemein als etwa fünfmal so hoch wie der anderer unter den herrschenden klimatischen Bedingungen angebaute Obstbäume<sup>225</sup>. Im Vergleich zu den sekundär verfüllten Wurzelröhren wurden die größeren, ungleichmäßig geformten Wurzelreste viel seltener beobachtet (vgl. Kap. 5.3), d. h., daß der Anbau anderer Obstarten gegenüber dem Palmenanbau deutlich zurücktrat, es wird mit einem Anteil von etwa 10 % gerechnet. Damit ergibt sich als in die folgenden Berechnungen eingehender Mittelwert für den Wasserverbrauch der Dauerkulturen ein Wert von etwa 2200 mm pro Jahr. Legt man auch hier wieder den durchschnittlichen Wert für die Überstauhöhe von 60 cm zugrunde, dann konnten die Dauerkulturen – unter Berücksichtigung eines Feldaufleitungswirkungsgrades von 85 % – bei dreimaliger Überstauung pro Jahr etwa 1500 mm des Gesamtbedarfs aus der Saylbewässerung decken. Dauerkulturen waren damit auf eine Zusatzbewässerung aus Brunnen und Zisternen angewiesen.

Anhand von Oberflächenformen (Erdringe bzw. Erdstotzen und Pflugspuren) sowie Kleinstrukturen im Sediment (Wurzelreste unterschiedlicher Ausprägung und, soweit vorhanden, Pflanzenabdrücke) können die Bereiche der Oase, wo saisonale Kulturen angebaut wurden, von denen, die mit Dauerkulturen bestanden waren, unterschieden werden. Da aufgrund der bestehenden Situation in Märib – fortschreitende Rekultivierung der antiken Oase und damit Zerstörung der Überreste aus sabäischer Zeit – eine flächendeckende Analyse von Oberflächenformen und Kleinstrukturen nicht möglich war, können die Anteile von Dauerkulturen und saisonalen Kulturen an der Gesamtanbaufläche lediglich anhand von Teilkartierungen geschätzt werden. Auf dieser Grundlage erscheint für die Dauerkulturen ein Anteil von 20 % angemessen, so daß 80 % als Anbaufläche für saisonale Kulturen dienen<sup>226</sup>. Dabei fällt auf, daß sich die Dauerkulturstandorte eher in den Randbereichen der Oase befinden und die Ackerbauflächen in den zentralen Teilen der Oase liegen.

224 Grohmann a. O. 234.

225 Evenari et al., The Negev 122.

226 Diese Werte stimmen etwa mit den heutigen Anbauverhältnissen in den Wadiflutebenen Ost-Yemens überein (vgl. Kopp, Agrargeographie 219 ff.).

## 7. Analyse der Konsequenzen verschiedener Betriebsabläufe für den antiken Bewässerungslandbau: Bilanzierung von Wasserdargebot und Wasserbedarf

Im Mittelpunkt der Untersuchung des antiken Bewässerungslandbaus steht das Wasser als dessen Existenz ermöglichendes und begrenzendes Element, das sich einerseits – auf seiten des Wasserdargebots – als natürliche Ressource der Einflußnahme des Menschen entzieht, das andererseits jedoch – von seiten des Wasserbedarfs und damit der angebauten Kulturarten sowie des Umfangs der bewirtschafteten Fläche – eine vom Menschen vorgenommene Anpassung an das Dargebot nicht nur ermöglicht, sondern unbedingt erfordert, was zudem wegen der starken jährlichen Schwankungen des Wasserdargebots in möglichst flexibler Weise durchzuführen sein mußte.

Das Ziel des folgenden Kapitels besteht darin, Wasserdargebot und Wasserbedarf in Beziehung zueinander zu setzen, wobei als Verbindungsglied dieser Bilanzierung die hydraulischen Berechnungen an den Ableitungsbauwerken der letzten Betriebsperiode I fungieren, deren Betrieb mit Hilfe von EDV-Programmen simuliert wird. Den Berechnungen liegen dabei Ergebnisse der vorangehenden Kapitel zugrunde.

Von der Bilanzierung werden neben einer weiterführenden Betrachtung des Bewässerungsbetriebes entscheidende Hinweise für die Altersdatierung der Oase erwartet, d. h. für die Zuordnung bestimmter Teilflächen der Oase als jeweiliges Bewässerungsgebiet zu den einzelnen Betriebsphasen der Betriebsperiode I.

### 7.1 DAS WASSERDARGEBOT: DER ZUFLUSS

Die Grundlage des Bewässerungslandbaus bildete das Wasserdargebot, das repräsentiert wird durch die Jahresganglinien des Wādi Dana, die den in verschiedenen Häufigkeiten auftretenden *Zufluß* zum Stauraum wiedergeben und Aussagen über die Gesamtjahreswassermenge, deren Verteilung auf Einzelereignisse während der beiden Regenzeiten Frühjahr und (Hoch-)Sommer, den jeweiligen Zeitraum des Wasserdargebots sowie die zu erwartenden Zuflußspitzen zulassen. Diese Zuflußganglinien sind mit einem relativ großen Unsicherheitsfaktor behaftet, da ausreichende Meßergebnisse für das Wādi Dana nicht vorliegen und die Erstellung daher auf theoretischem Weg erfolgte: Mit Hilfe eines Niederschlag-Abfluß-Modells wurden Ganglinien simuliert<sup>227</sup> und anschließend überprüft anhand der Übertragung von Daten aus dem mit dem Einzugsgebiet des Wādi Dana in etwa vergleichbaren Einzugsgebiet des Wādi Nağran, für das Niederschlags- und Abflußmessungen vorliegen<sup>228</sup>.

Anhand von drei verschiedenen Jahresganglinien des Wādi Dana<sup>229</sup> soll der Betrieb der Ableitungsbauwerke der letzten Betriebsperiode I simuliert werden:

5jähriges Niedrigwasser (NW5)  $\hat{=}$  wasserarmen Jahren,

Mittelwasser (MW),

5jähriges Hochwasser (HW5)  $\hat{=}$  wasserreichen Jahren.

Die Jahresganglinie für Mittelwasser gibt die Abflußverhältnisse im Wādi Dana in – im statistischen Mittel gesehen – „normalen“ Jahren wieder. An diesem Wasserdargebot hatten sich somit der „normale“ Betrieb und Umfang der Landbewirtschaftung zu orientieren.

227 Vgl. Radermacher et al. 69 ff. (Kap. B 4.4.2).

229 Ebenda, Abb. B 4–13 und Tab. B 4–5.

228 Vgl. Radermacher et al. 89 ff. (Kap. B 4.4.3).

Dagegen dienen die Betriebs-Simulationen mit der Jahresganglinie für ein 5jähriges Niedrigwasser dazu, die Abhängigkeit der Landwirtschaft vom Wasserdargebot als begrenzendem Faktor zu verdeutlichen und möglicherweise Kerngebiete der Oase zu bestimmen, die auch in wasserarmen Jahren regelmäßig bewässert und bewirtschaftet wurden.

Die Betriebs-Simulationen mit der Jahresganglinie für ein 5jähriges Hochwasser sollen schließlich zu einer Aussage über den Umfang der potentiellen Anbaufläche führen, die nicht in jedem Jahr, sondern lediglich in wasserreichen Jahren vollständig bewässert werden konnte.

Auf die Analyse extremer Ereignisse, z. B. 10- und 20jähriges Niedrig- bzw. Hochwasser, wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bewußt verzichtet, da diese Ereignisse aufgrund ihrer Seltenheit ohne weitreichende Konsequenzen für die allgemeine Organisation der Oasenbewirtschaftung gewesen sein dürften.

## 7.2 DER WASSERABFLUSS AUF DIE NORD- UND SÜDOASE

Nicht der gesamte Zufluß zum Stauraum – repräsentiert durch die Zuflußganglinien – gelangte auch zum Abfluß auf die Oase. Die Erstellung des *Abflußganges* erfolgt mit Hilfe der Betriebs-Simulationen; dabei sind folgende sowohl naturbedingte Verluste als auch vom Menschen vorgenommene Eingriffe zu berücksichtigen:

- Der Stauraum besaß – obwohl der Absperrdamm der letzten Betriebsperiode nicht der Speicherung von Wasser diente, sondern der Wasserspiegelerhöhung, um das Wasser mit dem so erzeugten Gefälle auf die beiderseits des Wadibettes gelegenen Bewässerungsflächen leiten zu können (vgl. Kap. 4.2.3, 6) – eine gewisse *Retention*, die Auswirkungen auf den Bewässerungsbetrieb hatte: Die Abflußspitze des Sayl wurde gekappt, die Beherrschung größerer Abflüsse erleichtert und der Zeitraum des Wasserabflusses auf die Oase geringfügig verlängert.

Die Topographie und damit die Retentionswirkung des Stauraums änderten sich ständig durch Sedimentationsvorgänge sowie in unregelmäßigen zeitlichen Abständen durch Ausräumung der Sedimente als Folge von Dammbriichen. Den Simulationen liegt ein Stauraum zugrunde, der sich im Stadium bereits fortgeschrittener Aufsedimentierung befindet<sup>230</sup>.

- Den hydraulischen Berechnungen an den Ableitungsbauwerken liegt eine *maximal mögliche Wasserspiegelhöhe* von 1202,60 m ü. M. zugrunde, die sich aus der Höhe erhaltener Dammreste ergibt<sup>231</sup>.

- Die Simulationen werden mit vier verschiedenen, infolge baulicher Veränderungen im Laufe der letzten Betriebsperiode I zeitlich aufeinanderfolgenden *Betriebszuständen* für die Auslässe der Ableitungsbauwerke zur Nordoase und zur Südoase durchgeführt (1 a bis 4 a, vgl. Abb. 10 im Zusammenhang mit der Prinzipskizze Abb. 9), die während der letzten Betriebsperiode aufeinanderfolgenden *Betriebsphasen* entsprechen. Zusätzlich wird als Steuerungsmaßnahme das Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus vorgesehen, wobei der sich durch diese Maßnahme jeweils ergebende Betriebszustand (b) der Gesamtanlage während eines Jahres als konstant, d. h. zwischen Frühjahrs- und Sommersayl und insbesondere zwischen deren jeweiligen Einzelereignissen als unverändert angesehen wird.

Die hydraulisch wirksamen Schwellenhöhen der Auslaßbereiche während der jeweiligen Betriebsphasen sind im einzelnen der Abb. 10 zu entnehmen.

- Bei der Diskussion des *Südbaus* muß zusätzlich berücksichtigt werden, daß zur Zeit der Betriebsphase 1 eine als erhöhte Sohlschwelle dienende Mauer in der „Hochwasserentlastung“ AS(4)

230 Sog. „Stauraumversion 3“, vgl. Radermacher et al. <sup>1</sup> a. O. 141 ff. (Kap. C 2.2.2.3).

231 Radermacher et al. a. O. 140.

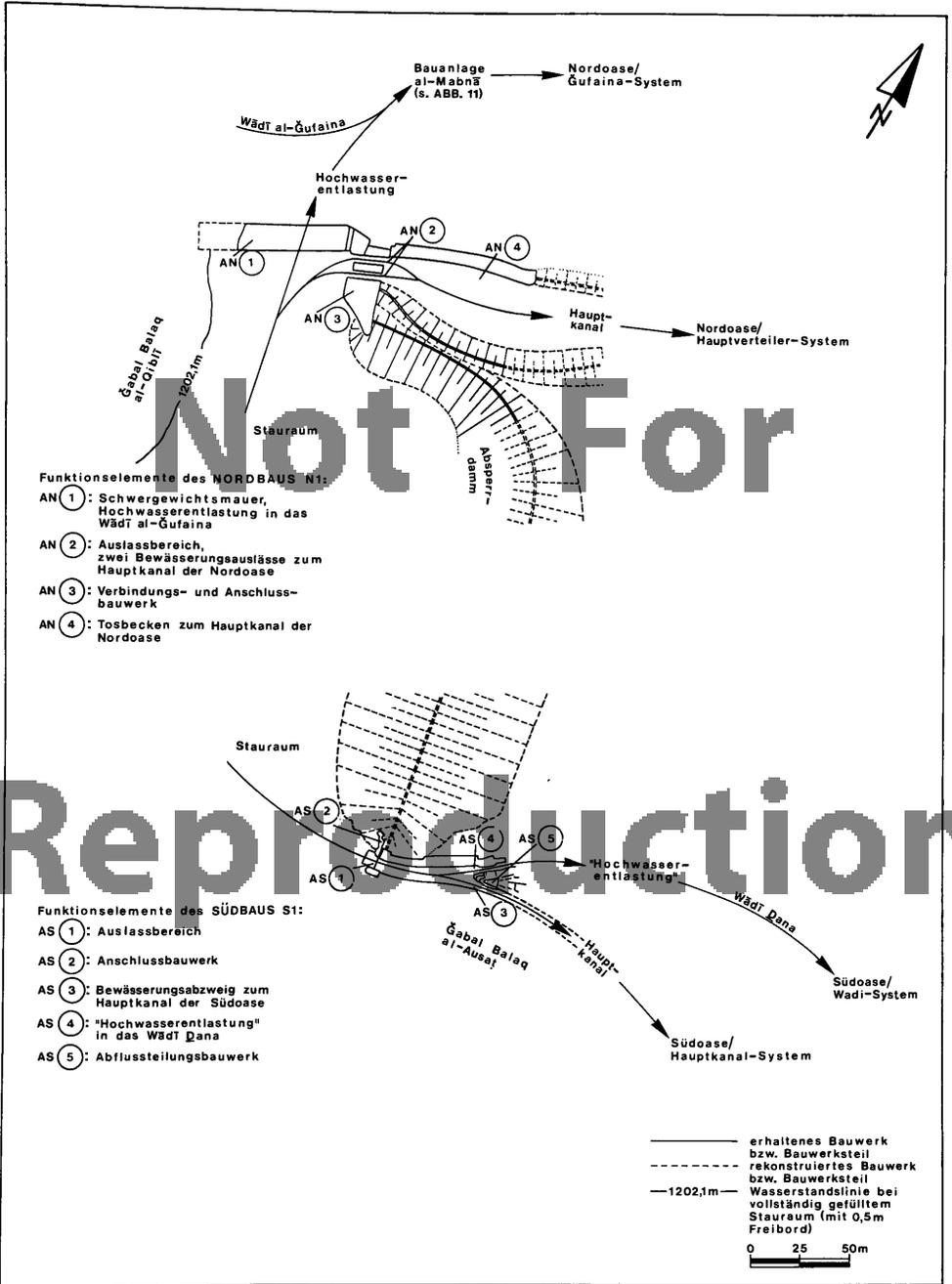


Abb. 9: Prinzipskizze Nord- und Südbau (Betriebsperiode I)

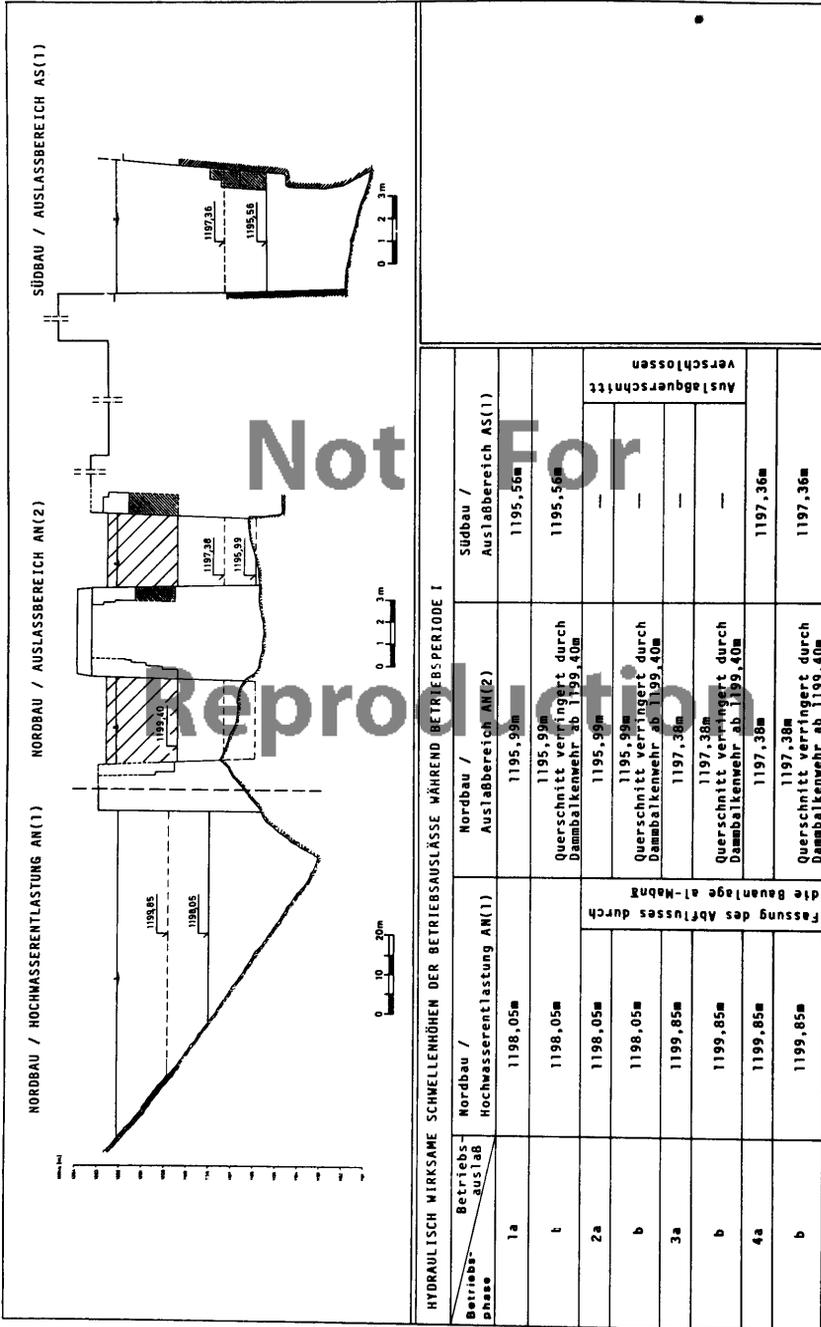


Abb. 10: Übersicht über die hydraulisch wirksamen Auslabquerschnitte während der Betriebsphasen I bis 4 der Betriebsperiode I

existierte, wodurch eine systematische Aufteilung des Abflusses in Bewässerungsabzweig AS(3) zum Hauptkanal und „Hochwasserentlastung“ AS(4) zurück ins Wādī Dana vorgenommen wurde (vgl. Abb. 9). Diese Mauer war bei der Wiederöffnung des Südbaus zu Beginn der Betriebsphase 4 offensichtlich nicht mehr vorhanden<sup>232</sup>, was zur Folge hatte, daß der gesamte Abfluß nun über die „Hochwasserentlastung“ AS(4) zurück ins Wadi floß, der Hauptkanal zur Südoase also kein Wasser mehr erhielt.

- Der Bauanlage al-Mabnā, die der Wasserableitung zum Ġufaina-System auf der Nordoase diente, wird bei den Simulationen als Betriebszustand die „Version 3“<sup>233</sup> zugeordnet (vgl. Prinzipskizze Abb. 11).

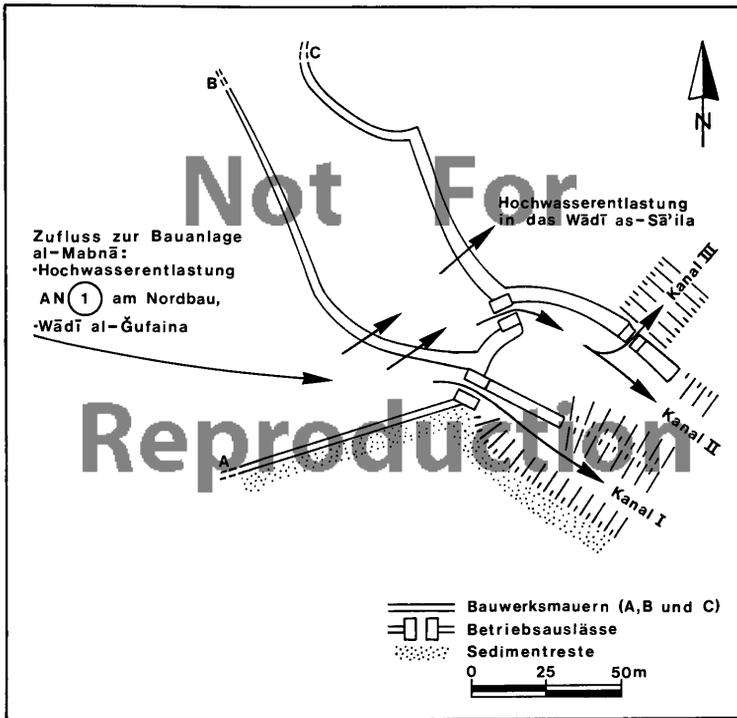


Abb. 11: Prinzipskizze der Bauanlage al-Mabnā

Die weiteren notwendigen *hydraulischen Kenndaten der Auslässe* sind den einzelnen Bauwerksbeschreibungen<sup>234</sup> zu entnehmen.

Damit ergibt sich für die Betriebs-Simulationen der folgende Programmablauf:

In Abhängigkeit der *variablen Eingangsgrößen*

- Zuflußganglinie zum Stauraum,

232 Radermacher et al. a. O. 163 ff. (Kap. C 2.2.3.3).

234 Ebd. 105 ff. (Kap. C 2.2).

233 Radermacher et al. a. O. 278 ff. (Kap. C 2.4.2.1).

- hydraulische Kenndaten der Auslässe der Ableitungsbauwerke liefert das EDV-Programm als (Zwischen-)Ergebnis
- Ganglinien für den Wasserspiegel im Stauraum,
- die Abflußganglinien der Betriebsauslässe zu den einzelnen Teilsystemen der Oase,
- Abflußsummen und Dauer der Abflüsse für die einzelnen Teilsysteme im jeweiligen Bewässerungszeitraum (Frühjahr/Hochsommer/Jahr)

bei folgender *Vorgehensweise*:

Für möglichst kleine Zeitintervalle ( $t = 1 \text{ h}$  wird als ausreichend betrachtet) wird die durch den Zufluß bedingte Änderung des Wasserspiegels im Stauraum anhand der Speicherkennlinie interpoliert. Dieser ermittelte Wasserspiegel führt entsprechend den Schlüsselkurven der Auslässe zu einem bestimmten Abfluß, wodurch wiederum ein neuer Wasserspiegel erzeugt wird. Iterativ lassen sich so für jeden Zeitpunkt  $T$  Wasserspiegel und Abfluß berechnen und aufzeichnen.

Der auf diese Weise ermittelte Gang des Abflusses an den Betriebsauslässen gibt – dem Zuflußgang analog – ein Abflußverhalten wieder, das durch eine Verteilung des Abflusses auf die Oase auf mehrere kurze Ereignisse charakterisiert ist, deren Dauer zudem für die einzelnen Teilsysteme der Oase nicht gleich ist, da sich die hydraulisch wirksamen Auslaßschwellen der diese Teilsysteme mit Wasser versorgenden Ableitungsbauwerke in ihren jeweiligen Höhen unterscheiden (vgl. Abb. 10).

Die mit diesen Abflußganglinien durchgeführte Bilanzierung (Kap. 7.4) muß den Gesamtwirkungsgrad des Bewässerungssystems berücksichtigen, der etwa 25% beträgt<sup>235</sup>. Bei diesem Wert handelt es sich um einen abgeschätzten Mittelwert, der sowohl für die aus dem – mehr oder weniger – verzweigten Kanalsystem als auch für die einige Kilometer unterhalb des Absperrdammes mittels Ablenkdammen bzw. Ableitungssystemen (vgl. Kap. 7.3.1, a) bewässerten Flächen gilt.

### 7.3 DER WASSERBEDARF

Der Bewässerungswasserbedarf der antiken Oase wurde unter den gegebenen örtlichen Verhältnissen im wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt:

- 1) den Umfang der Anbaufläche sowie
- 2) die angebauten Kulturarten, d. h. deren spezifischen Wasserbedarf.

Da bei der Bilanzierung lediglich mit Durchschnittswerten gerechnet werden kann, sind an dieser Stelle einige zusätzliche Annahmen bzw. Verallgemeinerungen zu treffen.

#### 7.3.1 Der Umfang der Anbaufläche

a) Die antike Oase war während der letzten Betriebsperiode I in vier Teilsysteme untergliedert, deren Wasserversorgung über eigene Zuleitungssysteme erfolgte, die weitgehend unabhängig voneinander waren (vgl. Abb. 9 bis 11 und insbesondere Taf. 12):

Auf der *Nordoase* lassen sich das Hauptverteiler-System und das Ġufaina-System unterscheiden. Während das Hauptverteiler-System über Nordbau, Hauptkanal und Hauptverteiler mit Wasser versorgt wurde, erhielt das Ġufaina-System sein Wasser von der Bauanlage al-Mabnā aus, die wiederum von der Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau bzw. dem Wādī al-Ġufaina<sup>236</sup> gespeist wurde (vgl. Abb. 11). Die Grenze zwischen beiden Systemen (Linie B, vgl. Taf. 12) läßt sich sowohl im Luftbild als

235 Radermacher et al. a. O. 409.

236 Dessen Zufluß ist mit  $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  in Jahren mit mittlerem Dargebot (vgl. Radermacher et al. a. O. 88)

gegenüber dem Zufluß von der Hochwasserentlastung am Nordbau so gering, daß er bei der nachfolgenden Bilanzierung vernachlässigt werden kann.

auch im Gelände deutlich verfolgen, im Luftbild ist eine auffällige Drehung der erkennbaren Kanalstrukturen im nordöstlichen Bereich der Nordoase sichtbar, im Gelände fallen vor allem eine Terrassenstufe mit einem Höhenunterschied von 3 bis 4 m sowie Unterschiede im abgelagerten Bewässerungssediment auf<sup>237</sup>. Die Abgrenzung der beiden Systeme wird von dem südlichen der von al-Mabnā ausgehenden Hauptkanäle gebildet, der auf die Stadtmauer von Mārib zuläuft. In der Nähe der Stadt gab es möglicherweise eine engere Vernetzung beider Systeme<sup>238</sup>.

Die Untergliederung der *Südoase* in zwei getrennte Teilsysteme kann nicht in der gleichen Deutlichkeit nachvollzogen werden, erfolgte aber nach dem gleichen Prinzip wie auf der Nordoase, d. h. durch die am Südbau vorgenommene, dem Auslaßbereich AS(1) nachgeordnete systematische Aufteilung des Abflusses zu etwa gleichen Teilen in Bewässerungsabzweig AS(3) zum Hauptkanal und „Hochwasserentlastung“ AS(4) zurück ins Wādī Dana<sup>239</sup> (vgl. Abb. 9).

Durch Bewässerungsabzweig AS(3) und nachfolgenden Hauptkanal konnte damit – während der Betriebsphase I, vgl. Abb. 10 – lediglich ein Teilbereich der Südoase mit Wasser versorgt werden. Der Verlauf des Hauptkanals weist darauf hin, daß der westliche, im folgenden auch als Hauptkanal-System bezeichnete Bereich der Südoase von diesem aus bewässert wurde. Die vermutliche Begrenzung nach Nordosten beruht auf einer im Luftbild erkennbaren Grabenstruktur (Linie D, vgl. Taf. 12), hervorgerufen durch eine auch im Gelände auffällige Terrassenstufe mit deutlichem Höhenunterschied.

Das über die sog. „Hochwasserentlastung“ AS(4) am Südbau zurück ins Wādī fließende Wasser ist jedoch ebenfalls der Südoase zuzuordnen, da dieses Wasser offensichtlich nicht ungenutzt blieb:

- Die Sedimente im östlichen Bereich der Südoase zeigen auf ihrer Oberfläche das rechteckige Netz der ehemaligen Kanal- und Feldwallstrukturen, das nur durch systematische Bewässerung und Bewirtschaftung entstanden sein kann.
- Zumindest während der letzten Betriebsperiode I kann die Bewässerung des östlichen Bereichs nicht vom Hauptkanal aus erfolgt sein, da zum einen dieser sich nicht über den westlichen Bereich der Südoase hinaus fortsetzt und da zum anderen durch die am Südbau vorgenommene Aufteilung des Abflusses (Betriebsphase I) nur etwa dessen Hälfte in den Hauptkanal abgezweigt wurde, was in jedem Fall nicht ausreichte, um die gesamte Südoase oder zumindest doch deren größeren Teil zu bewässern<sup>240</sup>.

Die Vermutung liegt nahe, daß das über die „Hochwasserentlastung“ AS(4) zurück ins Wādī geleitete Wasser zur Bewässerung des östlichen Bereichs der Südoase diente und einige Kilometer unterhalb des Südbaus mittels einfacher Erddämme oder möglicherweise mittels eines etwa gegenüber der antiken Stadt Mārib auf dem Kalkriegel im Wādī vermuteten Ableitungsbauwerks<sup>241</sup> aus dem Wādī auf diesen südlichen, im folgenden auch als Wādī-System bezeichneten Bereich abgeleitet wurde<sup>242</sup>.

Für die Richtigkeit dieser Vermutung spricht erstens, daß der *gleichzeitige* Betrieb von großem Damm und unterhalb von diesem ins Wādī geschobenen Erddämmen bzw. im Wādī errichteten Ableitungssystemen zur Ableitung des Wassers für ältere Betriebsperioden inschriftlich belegt ist (vgl. Kap. 4.2.3, 4 und 5), und zweitens, daß nur bei diesem gleichzeitigen Betrieb auch während der Betriebsperiode I die beschriebene systematische Aufteilung des Abflusses am Südbau (Betriebsphase I) bzw. die Ableitung des gesamten am Südbau auftretenden Abflusses zurück ins Wādī (Betriebsphase 4) einen Sinn erhalten.

Die Gesamtfläche der vier Teilsysteme, die allerdings zumindest während der letzten Betriebsperiode I nie gleichzeitig bewässert wurden, betrug<sup>243</sup>:

237 Vgl. Radermacher et al. a. O. 294 ff. (Kap. C 2.4.5).

238 S. Fn. 237.

239 Zu Einzelheiten vgl. Radermacher et al. a. O. 177 f.

240 Vgl. auch Radermacher et al. a. O. 254 ff. (Kap. C 2.3.7).

241 Vgl. auch Radermacher et al. a. O. 264 f.

242 Für den westlichen Bereich würde ein solches Verfahren auch wegen der insgesamt gegenüber dem Wādī zu hohen Lage von vornherein ausscheiden.

243 Für die Flächengrößen gilt eine Genauigkeit von  $\pm 5\%$  (Nordoase/Hauptverteiler-System),  $\pm 3\%$  (Nordoase/Gufaina-System) bzw.  $\pm 10\%$  (Südoase).

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Nordoase/Hauptverteiler-System | : 1800 ha   |
| Nordoase/Ġufaina-System        | : 1355 ha (einschl. der Fläche bei Dār as-Sawdā )   |
| Südoase/Hauptkanal-System      | : 1465 ha (westlicher Bereich; ohne die am Wadiufer gelegenen nordwestlichen Terrassen <sup>244</sup> ) |
| Südoase/Wadi-System            | : 2550 ha (östlicher Bereich)   |

b) Bezüglich des *westlichen Bereichs der Südoase* muß ferner bedacht werden, daß die als erhöhte Sohl-schwelle dienende Mauer in der „Hochwasserentlastung“ AS(4) des Südbaus bei dessen erneuter Öffnung zu Beginn der Betriebsphase 4 entfernt war, so daß der Bewässerungsabzweig AS(3) zum Hauptkanal nun kein Wasser mehr erhielt, sondern der gesamte Abfluß über die „Hochwasserentlastung“ AS(4) zurück ins Wadi floß und damit zur Bewässerung des östlichen Bereichs diente<sup>245</sup>. Bewässerung und Bewirtschaftung des westlichen Bereichs wurden folglich zu Ende der Betriebsphase 1 eingestellt.

c) Geländeuntersuchungen am Nordrand der Nordoase ergaben, daß das *Ġufaina-System* während der Betriebsphase 1 der letzten Betriebsperiode noch nicht existierte, eine Bewässerung vom Hauptverteiler der Nordoase aus aber schon nicht mehr erfolgte<sup>246</sup>. Erst mit Fertigstellung des Bauwerks al-Mabnā (Beginn der Betriebsphase 2) wurde das über die Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau ins Wādī al-Ġufaina fließende Wasser zur Bewässerung des Ġufaina-Systems genutzt.

d) Sowohl im Hauptverteiler-System auf der Nordoase als auch auf der Südoase lassen sich anhand morphologischer Merkmale mit vermutlich unterschiedlicher Priorität bewässerte *Teilflächen* abgrenzen (vgl. Taf. 12).

Über die Nordoase verläuft von NW nach SO eine deutlich zu verfolgende Stufe (Linie A, vgl. Taf. 12), die im Hauptverteiler-System die westliche, zwischen Wādī Dana und Wādī al-Ġufaina gelegene höchste Terrassenstufe begrenzt. Deren Fläche beträgt ca. 1000 ha.

Aufgrund einer im Luftbild erkennbaren Drehung der Kanalstrukturen sowie einer im Gelände auffallenden Terrassenstufe mit deutlichem Höhenunterschied (Linie C, vgl. Taf. 12) läßt sich der westliche Bereich der Südoase in zwei Teilflächen untergliedern, deren Größe 465 ha (d. i. die am weitesten westlich gelegene Teilfläche 1) bzw. 1000 ha (d. i. die sich nach Osten anschließende Teilfläche 2) beträgt. Im Luftbild ist weiterhin eine fächerartige Aufgliederung der Teilfläche 2 um den Vulkan Ġabal Hamm herum festzustellen, offenbar durch dessen Form bedingt.

Im östlichen Bereich grenzt sich von der Teilfläche 3 (1080 ha) dann wiederum aufgrund einer Drehung der Kanalstrukturen die am weitesten östlich gelegene Teilfläche 4 (1470 ha) ab (Linie E, vgl. Taf. 12)<sup>247</sup>. Bei diesen beiden Teilflächen 3 und 4 ist schließlich deren möglicherweise unterschiedliche Priorität zur Zeit der frühesten bzw. spätesten Betriebsphase zu berücksichtigen:

- Für die Betriebsphase 1, deren Beginn im ersten Jahrhundert v. Chr. liegt (Kap. 7.4.3, d), wird davon ausgegangen, daß – aufgrund der Lage der beiden bedeutenden sabäischen Heiligtümer al-‘Amā’id und Maḥram Bilqīs in der an das Hauptkanal-System angrenzenden Teilfläche 3 – diese auch in der Wasserversorgung bevorzugt war, zumal die Tempel heute von großen Erdstotzen-Flächen umgeben sind, d. h. ehemals von ausgedehnten Baumgärten umstanden waren.
- In der Betriebsphase 4 bestand diese Priorität wahrscheinlich nicht mehr: Ende des vierten Jahrhunderts n. Chr. trat der Monotheismus an die Stelle der ehemaligen Gottheiten Südarabiens –

244 Deren Bewässerung wurde mit dem Ende der Betriebsperiode II eingestellt (Radermacher et al. a. O. 725). Sie sind in Taf. 12 schraffiert.

245 Radermacher et al. a. O. 163 ff. (Kap. C 2.2.3.3).

246 Vgl. Radermacher et al. a. O. 746.

247 Auf das in diesem Bereich der Südoase auffällig anders ausgerichtete Feldwall- und Kanalnetz wies bereits Brunner (a. O. 72) hin.

Mitte des fünften Jahrhunderts n. Chr. herrschte im Yemen das Judentum vor, nach 525, d. h. zur Zeit der Abessinienherrschaft, war das Christentum Staatsreligion<sup>248</sup> –, und die Tempel verloren ihre Funktion<sup>249</sup>.

Bei der Unterteilung der Südoase muß beachtet werden, daß die antike Oasenoberfläche hier nicht annähernd so gut erhalten ist wie auf der Nordoase und während der Feldkampagne 1984/85 nur im westlichen Bereich systematisch gearbeitet werden konnte, die Abgrenzungen daher mit größeren Unsicherheiten und Ungenauigkeiten verbunden sind.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß über die gleichzeitige Bewässerung der einzelnen Teilflächen aus Hauptkanal und/oder Wadi an dieser Stelle noch *keine* Aussage getroffen werden kann, daß die diesbezüglichen Überlegungen lediglich zur Eingabe unterschiedlicher Flächengrößen bei der Bilanzierung führen, die mit den in Kap. 7.3.2 genannten kulturartspezifischen und notwendigerweise auf die eingegebene Fläche bezogenen Vorgaben belegt sind. Die für den Bewässerungsbetrieb bei Berücksichtigung aller genannten Vorgaben möglichen bzw. plausibelsten Lösungen der gleichzeitigen Bewässerung von Teilflächen nicht nur auf der Südoase, sondern auch auf der Nordoase für jeweils eine bestimmte Betriebsphase zu finden ist dagegen eines der Ziele und erwarteten Ergebnisse der Bilanzierung.

e) Die *potentielle Anbaufläche* ergibt sich aus der jeweiligen Gesamtläche unter Berücksichtigung des Flächenbedarfs von Siedlungen, Kanälen, Feldwällen usw., der bei etwa 12,5 % der Gesamtläche liegt<sup>250</sup>.

### 7.3.2 Der spezifische Wasserbedarf der angebauten Kulturen

a) Die Kulturpflanzen werden anhand ihres grundsätzlich voneinander verschiedenen Anbaus, der für den Bewässerungsbetrieb nachhaltige Folgen zeigte, in die beiden Gruppen Dauerkulturen und saisonale Kulturen unterteilt.

b) Der aus dem Sayl gedeckte mittlere Wasserbedarf der Dauerkulturen wird mit 1500 mm/Jahr angenommen, der mittlere Wasserbedarf der saisonalen Kulturen mit 500 mm/Vegetationszeit (vgl. Kap. 6.4). Die Bilanzierung wird also mit diesem Wertepaar für den Wasserbedarf durchgeführt.

c) Der aus dem Sayl gedeckte mittlere jährliche Wasserbedarf der Dauerkulturen wurde während der beiden Bewässerungsperioden im Frühjahr und Hochsommer zugeführt. Die Verteilung des Wassers auf diese Zeiträume erfolgt dabei entsprechend der Anzahl der einzelnen Abflußereignisse der Jahresganglinie und damit entsprechend der Aufteilung der Jahresabflußsumme<sup>251</sup>, d. h., 3/8 des aus dem Sayl gedeckten jährlichen Wasserbedarfs werden als im Frühjahr, 5/8 als im Hochsommer zugeführt angenommen<sup>252</sup>.

248 Glaser a. O. 152; dies schlägt sich sehr deutlich z. B. in der Inschrift CIH 541 nieder (als G1 618+555+553+556 = Dammprisma II übersetzt und kommentiert bei Glaser a. O. 148 ff., s. auch Fn. 136): In den Zeilen 1 bis 3 wird die christliche Dreieinigkeit angerufen, sodann berichtet die Inschrift u. a. (Z. 66 f.) von der Einweihung einer christlichen Kirche in Märüb durch den König unmittelbar vor Beginn der Wiederaufbauarbeiten am Damm nach dem Dambruch des Jahres 542 n. Chr., da man sich offenbar des Wohlwollens des christlichen Gottes während der Wiederaufbauarbeiten versichern wollte.

249 Wissmann, Geschichte des Sabäerreichs und der Feldzug des Aelius Gallus 439.

250 Radermacher et al. a. O. 372 f. (Kap. C 3.5.2).

251 Vgl. Radermacher et al. a. O. Abb. B 4–13.

252 Im Rahmen der Rechengenauigkeiten entspricht dies der in Kap. 6.3, c geäußerten Annahme, daß der Frühjahrssayl zur einmaligen, der Hochsommersayl dagegen zur zweimaligen Überstauung der Dauerkulturen diene, d. h. aus dem Frühjahrssayl ein Drittel und aus dem Hochsommersayl zwei Drittel des Wasserbedarfs gedeckt wurden.

Bei den saisonalen Kulturen muß der mittlere Wasserbedarf zu jeder Aussaat gedeckt werden, daher wird sich der unterschiedliche Abfluß des Frühjahrs- bzw. Hochsommersayl hier in einem unterschiedlichen Umfang der Anbaufläche zu den beiden Bewässerungsperioden bemerkbar machen (vgl. Kap. 7.4.3).

d) Der Anteil der Gesamtanbaufläche der Oase bzw. eines jeden der vier Teilsysteme, auf dem Dauerkulturen angebaut wurden, wird anhand der Felduntersuchungen 1984/85 mit 20% angenommen, so daß 80% als potentielle Anbaufläche für saisonale Kulturen zur Verfügung standen (vgl. Kap. 6.4).

e) Da somit ein fester Anteil von 20% der gesamten Anbaufläche ganzjährig – mit Dauerkulturen – bestanden war, wird weiterhin angenommen, daß dieser Anteil bei der Bewässerung in gewisser Weise vorrangig berücksichtigt wurde, was auch insofern plausibel erscheint, als die Dauerkulturen ebenfalls Grundnahrungsmittel lieferten (vgl. Kap. 5.2, b): Während der beiden Bewässerungsperioden im Frühjahr und Hochsommer wurden somit zunächst die Dauerkulturflächen bewässert, die Menge des dann verbleibenden Wassers bestimmte den Umfang der Flächen, auf denen im Frühjahr bzw. Hochsommer saisonale Kulturen angebaut wurden.

Eine Anpassung an das wechselnde Dargebot ist also bei Vorgabe einer bestimmten Teilfläche lediglich über den Umfang der mit saisonalen Kulturen bebauten Flächen möglich.

## 7.4 ERGEBNISSE DER BILANZIERUNG

Wird nun der Abfluß auf die vier Teilsysteme der Oase in Bezug zum jeweiligen Wasserbedarf gesetzt, so erhält man unter Berücksichtigung der oben genannten Faktoren eine theoretische Bewässerungsfläche (in ha), deren Größe sich bei der an den Vorgaben orientierten Wasserverteilung ergibt und die als maßgeblicher Wert für die folgende Darstellung der Ergebnisse der Bilanzierung dient. Jede Einzelheit quantitativ zu würdigen ist dabei wenig sinnvoll, da – aufgrund der getroffenen Annahmen und Verallgemeinerungen – der Genauigkeitsanspruch für eine derart detaillierte Analyse als nicht ausreichend angesehen werden muß. Folgerungen für die Gesamtanalyse sind dagegen aus den wesentlichen Tendenzen der Einzelergebnisse zu gewinnen.

Im folgenden werden die verschiedenen Ergebnisse zusammengefaßt und ihre Bedeutung für das antike Funktionssystem erläutert.

### 7.4.1 Wirkungsgrad der Bauanlage al-Mabnā

Der Wirkungsgrad der Bauanlage al-Mabnā errechnet sich aus dem Verhältnis zwischen dem zur Bewässerung im Ġufaina-System nutzbaren Wasserabfluß und dem Zufluß zur Bauanlage.

- In *wasserarmen* Jahren konnte die Bauanlage al-Mabnā stets den gesamten von der Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau kommenden Zufluß in das Ġufaina-System leiten.
- In Jahren mit *mittlerem Dargebot* ist der Wirkungsgrad in der Betriebsphase 2 geringer als in der Betriebsphase 3:

Bei niedriger Schwergewichtsmauer AN(1), die eher überströmt wurde, und gleichzeitig großem hydraulisch wirksamem Querschnitt (Betriebsphase 2, vgl. Abb. 10) war die Zuflußspitze von der Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau relativ hoch. Die Bauanlage al-Mabnā konnte aber nur bei einem Zufluß bis zu etwa 90 m<sup>3</sup>/s das gesamte Wasser in das Ġufaina-System leiten, bei größerem Zufluß schaltete sich die Hochwasserentlastung der Bauanlage ein, d. h., Mauer C wurde überströmt und das Wasser in das Wādī as-Sā'ila abgegeben (vgl. Abb. 11)<sup>253</sup>. Dies geschah in der

253 Vgl. Radermacher et al. a. O. 283 ff. (Kap. C 2.4.2.2,

insbes. „Version 3“); in Analogie zur „Hochwasser-

Tab. 1: Wirkungsgrad der Bauanlage al-Mabnā [%] für die einzelnen Betriebsphasen bei verschiedenen Zuflüssen

| Betriebs-<br>phase \ Wasser-<br>zufluß | NQ <sub>0,2</sub><br>(für NW 5) | MQ<br>(für MW) | HQ <sub>0,2</sub><br>(für HW 5) |
|--|---------------------------------|----------------|---------------------------------|
| 2 a                                    | 100                             | 87             | 53                              |
| b                                      | 100                             | 85             | 50                              |
|  |                                 | } 86           | } 52                            |
| 3 a                                    | 100                             | 95             | 59                              |
| b                                      | 100                             | 92             | 56                              |
|  |                                 | } 94           | } 58                            |
| 4 a                                    | 100                             | 100            | 69                              |
| b                                      | 100                             | 100            | 64                              |
|  |                                 | } 100          | } 67                            |

Betriebsphase 2 häufiger bzw. länger als in der Betriebsphase 3, während der bei erhöhter Schwerkheitsmauer AN(1), die erst später überströmte wurde, und dementsprechend deutlich kleinerem hydraulisch wirksamem Querschnitt niedrigere Zuflußspitzen von der Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau zu bewältigen waren.

Die geringfügig unterschiedlichen Wirkungsgrade zwischen den jeweiligen Versionen a und b ergeben sich aufgrund des durch Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus erhöhten Wasserstandes im Stauraum, der auch eine leichte Erhöhung der Zuflußspitzen zur Folge hatte.

Nach erneuter Öffnung des Südbaus in der Betriebsphase 4 sanken die auftretenden Spitzenwasserstände an den Auslaßbauwerken, wodurch die im Wādī al-Ġufaina auftretenden Zuflußspitzen so niedrig wurden, daß die Bauanlage al-Mabnā nun wieder den gesamten von der Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau kommenden Zufluß in das Ġufaina-System leiten konnte.

- In *wasserreichen* Jahren gilt für die Wirkungsgrade der einzelnen Betriebszustände tendenziell das gleiche wie in Jahren mit mittlerem Dargebot; aufgrund der viel höheren Zuflußspitzen liegen die Wirkungsgrade in wasserreichen Jahren aber deutlich niedriger.

Insgesamt betrachtet zeigt sich somit bei der Bauanlage al-Mabnā eine starke Abhängigkeit des Wirkungsgrades von den bei unterschiedlichem Wasserdargebot (NW5 bis HW5) auftretenden verschiedenen Zuflüssen (NQ<sub>0,2</sub> bis HQ<sub>0,2</sub>) zur Bauanlage, die die Einflüsse der baulichen Veränderungen am Nord- und Südbau erwartungsgemäß deutlich übertrifft.

#### 7.4.2 Einfluß der Steuerung des Auslaßbereiches AN(2) im Nordbau

Bei ungesteuerten Betriebsauslässen erfolgt die Verteilung des Wassers ausschließlich aufgrund deren hydraulischer Kennlinien. Dagegen dient eine Steuerung der Betriebsauslässe im Idealfall einer Anpassung der Wasserverteilung an den Bedarf.

Die Steuerungsmaßnahmen an den großen Ableitungsbauwerken in Märīb beschränkten sich auf das Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus (Version b, vgl. Abb. 10), wodurch bei Einlegen der Balken von der Nutbasis bis zum maximal möglichen Wasserspiegel von

entlastung“ des Südbaus wäre auch hier denkbar, daß dieses Wasser weiter unterhalb im Wādī as-Sāʿīla

durch Erddämme wieder abgelenkt und somit - zumindest teilweise - doch noch genutzt wurde.

1202,60 m unterströmte Wehre entstanden<sup>254</sup>. Dies zeigte bei unterschiedlichem Dargebot auch unterschiedliche Auswirkungen auf die Wasserverteilung (vgl. Tab. 2):

Tab. 2: Ergebnisse der Bilanzierung: Größe der bewässerbaren Fläche [ha] für die einzelnen Betriebsphasen bei unterschiedlichem Wasserdargebot

| FRÜHJAHR<br>Wasser-<br>dargebot<br>Betriebs-<br>phase |  | NORDOASE:<br>Hauptverteiler-<br>System<br>(1800ha ± 5%) |      |      |     |      |      | Gufaina-System<br>(1355ha ± 3%) |    |     | SÜDOASE:<br>Hauptkanal-System<br>(Teilfl.1+2)<br>(1465ha ± 10%) |     |     |      |      |     |      |      |     | Wadi-System<br>(Teilfl.3)<br>(1080ha ± 10%) |      |    | (Teilfl.4)<br>(1470ha ± 10%) |  |  | (Teilfl.3+4)<br>(2550ha ± 10%) |  |  |
|---|--|---|------|------|-----|------|------|---------------------------------|----|-----|---|-----|-----|------|------|-----|------|------|-----|---|------|----|------------------------------|--|--|--------------------------------|--|--|
|   |  | NW5   | NW   | NW5  | NW5 | NW   | NW5  | NW5                             | NW | NW5 | NW5   | NW  | NW5 | NW   | NW5  | NW5 | NW   | NW5  | NW  | NW5   | NW5  | NW | NW5                          |  |  |                                |  |  |
| 1a  |  | 617   | 1034 | 1726 |     |      |      |                                 |    | 318 | 559   | 929 | 399 | 657  | 1094 |     |      |      |     |   |      |    |                              |  |  |                                |  |  |
| b   |  | 617   | 1034 | 1490 |     |      |      |                                 |    | 318 | 559   | 942 | 399 | 657  | 1109 |     |      |      |     |   |      |    |                              |  |  |                                |  |  |
| 2a  |  | 961   | 1509 | 2526 | 504 | 1534 | 2428 |                                 |    |     |   |     |     |      |      |     |      |      |     |   |      |    |                              |  |  |                                |  |  |
| b   |  | 961   | 1467 | 2153 | 504 | 1539 | 2491 |                                 |    |     |   |     |     |      |      |     |      |      |     |   |      |    |                              |  |  |                                |  |  |
| 3a  |  | 1310  | 2176 | 3358 | 79  | 973  | 2180 |                                 |    |     |   |     |     |      |      |     |      |      |     |   |      |    |                              |  |  |                                |  |  |
| b   |  | 1283  | 1980 | 2803 | 101 | 1117 | 2368 |                                 |    |     |   |     |     |      |      |     |      |      |     |   |      |    |                              |  |  |                                |  |  |
| 4a  |  | 760   | 1478 | 2433 | 5   | 486  | 1760 |                                 |    |     |   |     | 636 | 1224 | 2006 | 626 | 1214 | 1996 | 599 | 1187  | 1969 |    |                              |  |  |                                |  |  |
| b   |  | 749   | 1345 | 2002 | 8   | 574  | 1873 |                                 |    |     |   |     | 643 | 1267 | 2094 | 633 | 1257 | 2084 | 606 | 1230  | 2057 |    |                              |  |  |                                |  |  |

## SOMMER

|    |  |      |      |      |     |      |      |     |     |      |     |     |      |      |      |     |      |      |     |      |      |  |  |  |
|----|--|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|--|--|--|
| 1a |  | 803  | 1496 | 2646 |     |      |      | 340 | 737 | 1334 | 530 | 955 | 1676 |      |      |     |      |      |     |      |      |  |  |  |
| b  |  | 803  | 1496 | 2236 |     |      |      | 340 | 737 | 1358 | 530 | 955 | 1702 |      |      |     |      |      |     |      |      |  |  |  |
| 2a |  | 1370 | 2282 | 3947 | 676 | 2439 | 3894 |     |     |      |     |     |      |      |      |     |      |      |     |      |      |  |  |  |
| b  |  | 1370 | 2227 | 3319 | 676 | 2447 | 3998 |     |     |      |     |     |      |      |      |     |      |      |     |      |      |  |  |  |
| 3a |  | 1978 | 3409 | 5351 | 73  | 1473 | 3489 |     |     |      |     |     |      |      |      |     |      |      |     |      |      |  |  |  |
| b  |  | 1937 | 3077 | 4415 | 94  | 1743 | 3802 |     |     |      |     |     |      |      |      |     |      |      |     |      |      |  |  |  |
| 4a |  | 1032 | 2245 | 3822 | 8   | 644  | 2792 |     |     |      |     |     | 921  | 1914 | 3204 | 853 | 1846 | 3136 | 665 | 1658 | 2948 |  |  |  |
| b  |  | 1015 | 2018 | 3095 | 11  | 788  | 2977 |     |     |      |     |     | 932  | 1988 | 3354 | 864 | 1920 | 3285 | 676 | 1732 | 3097 |  |  |  |

- In *wasserarmen* Jahren blieb das Einlegen von Dammbalken ohne Folgen für die Wasserverteilung, da die auftretenden Wasserstände an den Auslaßbauwerken niedriger als die Unterkante der unterströmten Wehre im Auslaßbereich AN(2) waren bzw. diese gerade erreichten.
- In Jahren mit *mittlerem Dargebot* wirkte sich die Steuerung nach Erhöhung der Schwellen im Nordbau, d. h. in den Betriebsphasen 3 und 4 (vgl. Abb. 10), mit leicht positiver Tendenz auf den Umfang der Bewässerungsfläche im Gufaina-System aus, das so von dem durch Einlegen der Dammbalken erhöhten Wasserstand am Nordbau profitierte.  
Für die Südoase (Betriebsphase 4) blieb die Steuerung im Rahmen der oben genannten Genauigkeiten ohne Folgen.
- In *wasserreichen* Jahren zeigten sich deutlichere Auswirkungen, aber wiederum nur auf der Nordoase, da die Steuerung für die Südoase im Rahmen der genannten Genauigkeiten auch jetzt keine nennenswerten Folgen hatte:  
In der Betriebsphase 2 diente das Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus offenbar dem Hochwasserschutz des Hauptverteiler-Systems, da sich aufgrund der kleineren

254 Vgl. Radermacher et al. a. O. 118 ff. (Kap. C 2.2.1.2).

Auslaßquerschnitte AN(2) die Abflußspitzen im Hauptkanal verringerten, was die Gefahr von Beschädigungen in diesem Bereich und damit im sich anschließenden Verteilungssystem verminderte. Wirkungsvoll war dies allerdings nur, wenn – wie in der vorliegenden Betriebsphase 2 – das über die Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau zusätzlich abgeleitete Wasser nicht – bzw. nur ein sehr geringer Anteil – in das Ğufaina-System eingespeist wurde, dort also nicht die Schäden verursachen konnte, die im Hauptverteiler-System verhindert werden sollten, sondern statt dessen über die Hochwasserentlastung von al-Mabnā (Mauer C) ins Wādī as-Sā'ila abgeführt wurde (vgl. Abb. 11).

Nach den Schwellenerhöhungen am Nordbau in der Betriebsphase 3 war dies aber nur noch eingeschränkt der Fall, d. h., von dem über die Hochwasserentlastung AN(1) am Nordbau ins Wādī al-Ğufaina geleiteten Wasser wurde aufgrund des geringeren Zuflusses sowie der niedrigeren Zuflußspitzen ein größerer Teil über die Bauanlage al-Mabnā ins Ğufaina-System eingespeist. Da aber in der vorliegenden Betriebsphase 3 das Hauptverteiler-System grundsätzlich bevorzugt mit Wasser versorgt wurde, al-Mabnā dadurch von vornherein weniger Wasser erhielt, entsprach die nun insgesamt in das Ğufaina-System eingespeiste Wassermenge im Ergebnis etwa derjenigen der Betriebsphase 2.

Ein deutlich verbesserter Hochwasserschutz der Nordoase wurde erst mit Wiederöffnung des Südbaus (Betriebsphase 4) erreicht.

Dem Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus kommt insgesamt also in „normalen“ Jahren keine große Bedeutung für die Wasserverteilung zu, daher erübrigt sich eine weitere Aufschlüsselung der Steuerungsmöglichkeiten, z. B. Veränderung des Steuerungszustandes zwischen Frühjahrs- und Sommersayl oder sogar zwischen deren einzelnen Abflußspitzen.

Die eigentliche Intention der Steuerung und damit Ursache für den Einbau der Nutung in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus lag offenbar im Hochwasserschutz der Nordoase begründet und dürfte für extreme Ereignisse, z. B. 10- oder 20jähriges Hochwasser, noch deutlichere Auswirkungen gezeigt haben als für das hier berechnete 5jährige Hochwasser, zumal in diesen Fällen die Zuflußspitzen ohnehin so hoch waren, daß sie weitgehend über die Hochwasserentlastung von al-Mabnā (Mauer C) ins Wādī as-Sā'ila abgeführt wurden, weshalb auch das Ğufaina-System vor Zerstörungen im wesentlichen geschützt war.

Insgesamt dürfte damit der durch Einlegen der Dammbalken erzielte Nutzen vor dem gleichzeitig aufgrund der Erhöhung des Wasserstandes im Stauraum gestiegenen Dambruchrisiko eindeutig den Vorrang besessen haben.

Eine Steuerung in der eigentlichen Bedeutung des Begriffs, d. h. zum Zweck einer Anpassung der Wasserverteilung an den Bedarf, liegt in diesem speziellen Fall also nicht vor.

### 7.4.3 Zuordnung möglicher Bewässerungsflächen zu den Betriebsphasen der Betriebsperiode I

Den einzelnen Betriebsphasen 1 bis 4 der Betriebsperiode I werden nun die möglichen Bewässerungsflächen auf Nord- und Südoase zugeordnet. Zu den folgenden Ausführungen vgl. Tab. 2, Tab. 3 sowie Abb. 10.

#### a) Nordoase

##### *Hauptverteiler-System*

Bei geöffnetem Südbau und niedrigen Schwellen im Auslaßbereich AN(2) sowie der Hochwasserentlastung AN(1) des Nordbaus (Betriebsphase 1) konnte das Hauptverteiler-System lediglich in wasserreichen Jahren sowohl im Frühjahr- als auch im (Hoch-)Sommer insgesamt bewässert werden. Mit

Tab. 3: Zuordnung möglicher Bewässerungsflächen zu den Betriebsphasen der Betriebsperiode I in Abhängigkeit von Wasserdargebot (NWS, MW, HWS) und Jahreszeit (Fj, S)

| Betriebsphase | Fläche | Nordoase:                            |  | Ġufaina-System<br>ges.=1355ha | Südoase:   |  |                           |                             |
|---------------|--------|--------------------------------------|--|-------------------------------|--|--|---------------------------|-----------------------------|
|               |        | Hauptverteiler-System<br>ges.=1800ha | davon (zusätzlich) große Terrasse=1000ha |                               | Hauptkanal-System<br>(Teilfl.1+2)<br>ges.=1465ha | Wadi-System<br>(Teilfl.3)<br>ges.=1080ha | (Teilfl.4)<br>ges.=1470ha | (Teilfl.3+4)<br>ges.=2550ha |
| 1 a           |        | HWS / Fj,S                           | MW / Fj,S                                |                               | HWS / S  | HWS / Fj,S                               |                           |                             |
| 1 b           |        | HWS / S                              | MW / Fj,S<br>HWS / Fj                    |                               | HWS / S  | HWS / Fj,S                               |                           |                             |
| 2 a           |        | MW / S<br>HWS / Fj,S                 | HWS / Fj,S<br>MW / Fj                    | MW / Fj,S<br>HWS / Fj,S       |  |  |                           |                             |
| 2 b           |        | MW / S<br>HWS / Fj,S                 | MWS / Fj,S<br>MW / Fj                    | MW / Fj,S<br>HWS / Fj,S       |  |  |                           |                             |
| 3 a           |        | NWS / S<br>MW / Fj,S<br>HWS / Fj,S   | MWS / Fj                                 | MW / S<br>HWS / Fj,S          |  |  |                           |                             |
| 3 b           |        | NWS / S<br>MW / Fj,S<br>HWS / Fj,S   | MWS / Fj                                 | MW / S<br>HWS / Fj,S          |  |  |                           |                             |
| 4 a           |        | MW / S<br>HWS / Fj,S                 | MWS / S<br>MW / Fj                       | HWS / Fj,S                    | MW / Fj,S<br>HWS / Fj,S                          | MW / S<br>HWS / Fj,S                     | HWS / S                   |                             |
| 4 b           |        | MW / S<br>HWS / Fj,S                 | HWS / S<br>MW / Fj                       | HWS / Fj,S                    | MW / Fj,S<br>HWS / Fj,S                          | MW / S<br>HWS / Fj,S                     | HWS / S                   |                             |

Verschluß des Südbaus (Betriebsphase 2) wurde die Bewässerung des gesamten Hauptverteiler-Systems bereits in Sommern mit mittlerem Dargebot möglich und nach Erhöhung der Schwellen (Betriebsphase 3) auch auf das Frühjahr und sogar wasserarme Sommer ausgedehnt. Lediglich im wasserarmen Frühjahr konnte somit nicht die gesamte Fläche bewässert werden.

In dieser Betriebsphase 3 ist für das Hauptverteiler-System der Zustand zu sehen, der die ausgedehntesten Möglichkeiten zu seiner Bewässerung beinhaltete und schon in Jahren mit mittlerem Dargebot auf dem gesamten mit saisonalen Kulturen bebauten Anteil der Fläche zwei Ernten pro Jahr erlaubte. Mit der Öffnung des Südbaus in der vierten Betriebsphase wurden diese wiederum auf die bereits zu Betriebsphase 2 genannten Möglichkeiten reduziert.

Die große Terrasse im Westen des Hauptverteiler-Systems (vgl. Taf. 12) konnte bei verschlossenem Südbau (Betriebsphase 3 und 4) auch in wasserarmen Jahren zweimal - im Frühjahr und im Sommer - vollständig bewässert werden, bei geöffnetem Südbau und niedrigen Schwellen (Betriebsphase 1) mit Einschränkungen in wasserarmen Jahren, in der letzten - vierten - Betriebsphase nach Erhöhung der Schwellen mit Einschränkungen lediglich im wasserarmen Frühjahr.

*Ġufaina-System*

Die Bewässerung des Ġufaina-Systems begann in der letzten Betriebsperiode I erst mit Fertigstellung des Bauwerks al-Mabnä, also zu Beginn der Betriebsphase 2 (vgl. Kap. 7.3.1, c).

Diese stellt hier gleichzeitig die Phase mit den ausgedehntesten Möglichkeiten zur Bewässerung dar, während der in Jahren mit mittlerem Dargebot die gesamte Fläche zweimal, im Frühjahr und im Sommer, bewässert werden konnte. Mit Erhöhung der Schwellen im Nordbau (Betriebsphase 3), die sich im hydraulisch wirksamen Querschnitt der Hochwasserentlastung AN(1) ins Wādī al-Ġufaina stärker bemerkbar machte als im Auslaßbereich AN(2) zum Hauptkanal, kam es – abgesehen von wasserreichen Jahren – zu einer Beschränkung der vollständigen Bewässerung auf die Sommer mit mittlerem Dargebot, und bei Öffnung des Südbaus in der letzten Betriebsphase konnte das gesamte Ġufaina-System schließlich nur noch während der wasserreichen Jahre vom Bauwerk al-Mabnā aus mit Wasser versorgt werden.

In wasserarmen Jahren war dies übrigens während keiner Betriebsphase möglich.

Die für die nahe der Stadt Mārib gelegenen Gebiete mögliche Verbindung zum Bewässerungsnetz des Hauptverteiler-Systems (vgl. Kap. 7.3.1, a) würde die aufgezeigten Tendenzen für das Ġufaina-System unter der Voraussetzung abschwächen, daß aus dem Hauptverteiler-System gegebenenfalls überschüssiges Wasser in dieses eingespeist worden wäre.

#### *b) Südoase*

##### *Hauptkanal-System*

Während der Betriebsphase 1, als der am Südbau auftretende Abfluß systematisch in Bewässerungsabzweig AS(3) zum Hauptkanal und „Hochwasserentlastung“ AS(4) zurück ins Wādī Dana aufgeteilt wurde, konnte durch den Hauptkanal die ihm zugeordnete potentielle Bewässerungsfläche – d. h. der westliche Bereich der Südoase, Teilfläche 1 und 2 – lediglich in wasserreichen Sommern insgesamt bewässert werden. Damit waren auf dem mit saisonalen Kulturen bebauten Anteil der Gesamtfläche noch nicht einmal in wasserreichen Jahren zwei Ernten zu erzielen. Selbst die Teilfläche 1 von nur 465 ha erhielt erst in Jahren mit mittlerem Dargebot genügend Wasser zur zweimaligen vollständigen Bewässerung, wobei das Wasser dann im Sommer für weitere ca. 300 ha auf der Teilfläche 2 ausreichte. Mit dem Verschluß des Südbaus zu Beginn der Betriebsphase 2 endete die Bewirtschaftung dieses Gebietes, da bei verschlossenem Südbau keine Bewässerung der Südoase stattfinden konnte und bei dessen erneuter Öffnung zu Beginn der Betriebsphase 4 der Bewässerungsabzweig AS(3) zum Hauptkanal kein Wasser mehr erhielt (vgl. Kap. 7.3.1, b).

##### *Wadi-System*

Betrachtet man die in der Betriebsphase 1 bei Ableitung des Abflusses aus dem Wadi mittels Erddämmen oder möglicherweise mittels eines etwa gegenüber der antiken Stadt Mārib im Wadi vermuteten Ableitungsbauwerks bewässerbare Fläche (vgl. Kap. 7.3.1, a), so reichte das Wasser zur Bewässerung des gesamten östlichen Bereichs der Südoase nicht aus. In dieser frühen Betriebsphase besaß die Teilfläche 3 aufgrund der dortigen Lage zweier bedeutender sabäischer Tempel Priorität in der Wasserversorgung (vgl. Kap. 7.3.1, d). Dennoch konnte diese Teilfläche nur in wasserreichen Jahren zweimal vollständig bewässert werden; im wasserreichen Sommer wäre zudem genügend Wasser angefallen, um weitere ca. 600 ha auf der am weitesten östlich gelegenen Teilfläche 4 zu bewässern.

Während der folgenden Betriebsphasen 2 und 3 war der Südbau verschlossen. Nach seiner erneuten Öffnung zu Beginn der Betriebsphase 4 und Entfernung der Mauer in der „Hochwasserentlastung“ AS(4) floß der gesamte Abfluß über diese „Hochwasserentlastung“ zurück ins Wādī Dana und konnte so insgesamt zur Bewässerung des östlichen Bereichs genutzt werden. Dementsprechend ist die zu dieser Zeit im Ostteil der Südoase bewässerbare Fläche nun größer, der gesamte östliche Bereich konnte jedoch lediglich in wasserreichen Sommern bewässert werden. Da eine offensichtliche Priorität der Teilfläche 3 in dieser späten Betriebsphase aus den in Kap. 7.3.1, d genannten Gründen nicht mehr

bestand, sollen die verschiedenen Möglichkeiten für die Wasserverteilung zur Zeit der Betriebsphase 4 aufgezeigt werden:

– Priorität der Teilfläche 3:

Diese hätte bereits in Jahren mit mittlerem Dargebot zweimal vollständig bewässert werden können, wobei das Wasser zur Bewässerung weiterer ca. 500 ha – im wasserreichen Frühjahr sogar ca. 1000 ha – auf der Teilfläche 4 ausgereicht hätte.

– Priorität der Teilfläche 4:

In Sommern mit mittlerem Dargebot wäre diese Teilfläche vollständig zu bewässern gewesen und zusätzlich ca. 400 ha – im wasserreichen Frühjahr ca. 600 ha – auf Teilfläche 3.

Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die *gesamte* Südoase im Gegensatz zur Nordoase nie vollständig, sondern immer nur zu Teilen bewässert werden konnte.

### *Wādī al-Masīl*

Im Gegensatz zum Wādī al-Ġufaina, dessen Wasser zwangsläufig durch die Bauanlage al-Mabnā in das Ġufaina-System geleitet wurde, läßt sich heute nicht mehr klären, ob das Wasser des Wādī al-Masīl (jährliche Abflußsumme:  $12 \times 10^6 \text{ m}^3$  in Jahren mit mittlerem Dargebot<sup>255</sup>) zu Bewässerungszwecken auf der antiken Südoase genutzt wurde. Denkbar ist, daß die randlichen Gebiete von Teilfläche 2, 3 und/oder 4 mit diesem Wasser bewässert werden konnten.

## *c) Diskussion der Ergebnisse*

### *Betriebsphase 1:*

In Jahren mit mittlerem Dargebot, wodurch der „normale“ Umfang der Landbewirtschaftung festgelegt war, konnte als einzige *geschlossene* Teilfläche auf der Nordoase lediglich die große Terrasse im Hauptverteiler-System bewässert werden. Da das Bauwerk al-Mabnā im Wādī al-Ġufaina noch nicht existierte und sich die Kronenhöhe der als Hochwasserentlastung ins Wādī al-Ġufaina dienenden Schwergewichtsmauer AN(1) am Nordbau auf niedrigem Niveau befand, flossen zu dieser Zeit am Nordbau große Wassermengen ungenutzt ab.

Auf der Südoase bestand eine wenig rationelle Verteilung des Wassers: Durch die als erhöhte Sohlschwelle dienende Mauer in der „Hochwasserentlastung“ AS(4) erfolgte eine systematische Aufteilung des Abflusses in Bewässerungsabzweig AS(3) zum Hauptkanal und „Hochwasserentlastung“ AS(4) zurück ins Wādī Dana, was aber zur Folge hatte, daß das Wasser nicht zur Bewässerung größerer geschlossener Teilflächen ausreichte, sondern daß in den beiden Teilsystemen jeweils kleinere Bewässerungsgebiete existierten.

Die Gesamtausdehnung der drei Teilsysteme, d. h. der Umfang der potentiellen Anbaufläche während der ersten Betriebsphase, ergibt sich dagegen aus dem in wasserreichen Jahren deutlich größeren Wasserdargebot, wobei im Wadi-System der Südoase zu berücksichtigen ist, daß wahrscheinlich der an die Teilfläche 3 angrenzende Bereich der Teilfläche 4 bereits in dieser Betriebsphase mit bewässert wurde.

Für wasserarme Jahre können keine abgegrenzten Kerngebiete bestimmt werden.

Dieser Zustand dürfte – da er insgesamt wenig effektiv war und dem wachsenden planerischen Können der Sabäer sicherlich nicht entsprach – eher vorläufigen Charakter gehabt haben und zog dann eine grundsätzliche Neuorganisation des Bewässerungsbetriebes nach sich:

*Betriebsphase 2:*

Mit der Fertigstellung des Bauwerks al-Mabnā wurde der Südbau verschlossen und somit das gesamte Wasser auf der Nordoase verteilt, da man sich vermutlich von der Beschränkung auf diese Fläche eine rationellere, effektivere Bewässerung versprach. Dies zeigte auch die gewünschte Wirkung, so daß nun im Sommer mit mittlerem Dargebot die gesamte Nordoase bewässert werden konnte.

Die Ursache für die relative Bevorzugung des Ġufaina-Systems gegenüber dem Hauptverteiler-System dürfte darin gelegen haben, daß das der Wasserversorgung des Ġufaina-Systems dienende Bauwerk al-Mabnā für diese Betriebsphase geplant und gebaut war und daher eine bestmögliche Wasserversorgung des Ġufaina-Systems schuf.

Im Hauptverteiler-System diente offenbar die große Terrasse als Kerngebiet in wasserarmen Jahren, dessen Wasserversorgung auch dann sichergestellt war; im Ġufaina-System fehlen für die Bestimmung eines vergleichbaren Kerngebietes jegliche Anhaltspunkte.

In wasserreichen Jahren blieb auch nach Bewässerung der gesamten Nordoase ein relativ großer Wasserüberschuß.

Die fortschreitende Aufsedimentierung der Oase machte nun die Erhöhung der hydraulisch wirkenden Schwellen am Nordbau notwendig und führte damit zur Betriebsphase 3:

*Betriebsphase 3:*

Insgesamt kam es zu einer Bevorzugung des Hauptverteiler-Systems, die sich auch in wasserarmen Jahren deutlich bemerkbar machte.

Die Betriebsphasen 2 und 3, bei denen der Südbau verschlossen war, beinhalteten trotz ihrer im Vergleich zur Betriebsphase 1 rationelleren Bewässerung aus zwei Gründen erhebliche Probleme:

- Bereits in Sommern mit mittlerem Dargebot traten enorme Mengen überschüssigen Wassers auf, die nicht – wie in der Betriebsphase 1 – lediglich ungenutzt über die Hochwasserentlastungen (AN(1) am Nordbau bzw. Mauer C an der Bauanlage al-Mabnā) abgeleitet wurden, sondern auf die Oase gelangten und in deren Randbereichen wahrscheinlich Erosionsschäden verursachten: Wie anhand von Bauwerken festgestellt werden konnte, die in die Erosionsrinnen gebaut waren, bildete die Rin- nenerosion bereits während des Bewässerungsbetriebes auf der antiken Oase ein Problem und nicht – wie ursprünglich angenommen – erst nach Aufgabe der Bewässerung.
- Bei verschlossenem Südbau erhöhte sich das Dammbuchrisiko. Ein Dambruch bedeutete aber neben dem immensen Aufwand, der mit den Wiederaufbauarbeiten verbunden war und von dem z. B. die Inschriften CIH 540<sup>256</sup> und CIH 541<sup>257</sup> berichten, das Risiko eines Totalausfalls der Ernte. Wenn der Damm zu Beginn des Frühjahrssayl brach und nicht rechtzeitig zum Sommersayl wieder aufgebaut werden konnte, bestand beispielsweise während eines Jahres keine Möglichkeit, die Nordoase zu bewässern, da es hier größere Flächen, die – wie auf der Südoase – direkt aus dem Wadi bewässert wurden, nicht gab.

Diese Gründe haben vermutlich mit dazu geführt, daß der Südbau wieder geöffnet wurde:

*Betriebsphase 4:*

Durch Entfernen der Mauer in der „Hochwasserentlastung“ AS(4) des Südbaus wurde von vornherein auf eine Bewässerung des westlichen Bereiches verzichtet, wahrscheinlich aus dem bereits zur Betriebsphase 1 genannten Grund, und lediglich im östlichen Bereich bewässert, dessen maximale Ausdehnung sich offensichtlich am Dargebot wasserreicher Jahre orientierte. Hier bietet sich nun als für den „normalen“ Bewässerungsbetrieb plausibelste Lösung aus folgenden Gründen die vorrangige Bewässerung der Teilfläche 3 an:

Gerade nach Wiederöffnung des Südbaus kann davon ausgegangen werden, daß aufgrund der Erfahrungen aus der Betriebsphase 1 und dem Bestreben nach Vermeidung der während Betriebsphase 2 und 3 aufgetretenen Fehler auf eine rationelle, effektive Bewässerung großer Wert gelegt wurde. Die rationellere Bewässerung wird durch die vorrangige Wasserversorgung der Teilfläche 3 erreicht, denn nur diese konnte in Jahren mit mittlerem Dargebot zu beiden Bewässerungszeiten vollständig bewässert und bewirtschaftet werden. Auch die größere Effektivität wird durch die vorrangige Bewässerung dieser Teilfläche 3 erreicht: Die Bewässerung der Teilfläche 4 bis in deren östlichste Bereiche erforderte den längsten Transportweg für das Wasser, was mit zusätzlichen Wasserverlusten verbunden war. Diese Teilfläche 4 diente daher offenbar als potentielle Anbaufläche, die nach vollständiger Bewässerung der Teilfläche 3 mit dem Restwasser bewässert wurde und von der ja wahrscheinlich auch in gleicher Weise bereits während der Betriebsphase 1 Teilbereiche als zusätzliche Bewässerungsflächen in wasserreichen Jahren gedient hatten; auf ihren peripheren Flächen konnte dabei nur im Abstand mehrerer Jahre eine Ernte erzielt werden.

Für wasserarme Jahre finden sich auf der Südoase keine Anhaltspunkte zur Bestimmung abgegrenzter Kerngebiete für die Bewässerung.

Auf der Nordoase ging in dieser Betriebsphase mit Wiederöffnung des Südbaus der Umfang der Bewässerungsfläche besonders im Gufaina-System deutlich zurück, dennoch ist in der Betriebsphase 4 die maximale Ausdehnung der gesamten Bewässerungsfläche auf Nord- und Südoase und daher eine bestmögliche Wasserverwertung gegeben.

#### d) Datierung der Betriebsphasen

Die Bestimmung relativer Zeitabstände auf der antiken Oase kann aus Sedimentmächtigkeiten bzw. aus Höhendifferenzen zwischen Sedimenten erfolgen, wobei als Umrechnungsfaktor die durchschnittliche jährliche Sedimentationsrate von 0,7 cm/a dient<sup>258</sup>. Zu beachten ist dabei die Lage der jeweiligen Sedimente, deren gemessene (absolute) Höhen nur dann in die zeitliche Bestimmung eingehen dürfen, wenn diese in den Kerngebieten der Teilsysteme liegen, d. h. durch *kontinuierliche* Bewässerung entstanden sind.

Zu einer absoluten Altersbestimmung auf der antiken Oase gelangt man durch Bezug der relativen Zahlen auf das Datum der endgültigen Aufgabe der Oase; dieses Ereignis ist gleichnishaft im Koran (Sure 34, 15) beschrieben und liegt damit zeitlich vor 632 n. Chr., dem Todesjahr des Propheten Mohammed.

- Auf der großen Terrasse im Hauptverteiler-System der Nordoase liegen Sedimente in einer Dicke von ca. 4,80 m, die aus der letzten Betriebsperiode I stammen<sup>259</sup>. Deren Dauer betrug somit etwa 680 Jahre. Unter Berücksichtigung des Zeitpunktes für die endgültige Aufgabe der Oase (um 630 n. Chr.) ist der Beginn der letzten Betriebsperiode etwa in die Mitte des ersten Jahrhunderts v. Chr. zu legen.
- Im westlichen Bereich der Südoase (Teilfläche 1) liegen ca. 2,20 m dicke Sedimentablagerungen, die von S1, also aus der letzten Betriebsperiode stammen<sup>260</sup>. Da dieser Bereich der Südoase lediglich während der ersten Betriebsphase bewässert wurde, läßt sich aus der vorliegenden Sedimentdicke deren Dauer als etwa 310 Jahre bestimmen.
- Die Dauer der Betriebsphase 2 errechnet sich aus der Differenz zwischen den hydraulisch wirksamen Schwellenhöhen am Auslaß AN(2) des Nordbaus der Betriebsphasen 2 und 3. Diese Erhö-

258 Radermacher et al. a. O. 695. 702.

259 Ebd. 733.

260 Radermacher et al. a. O. 725.

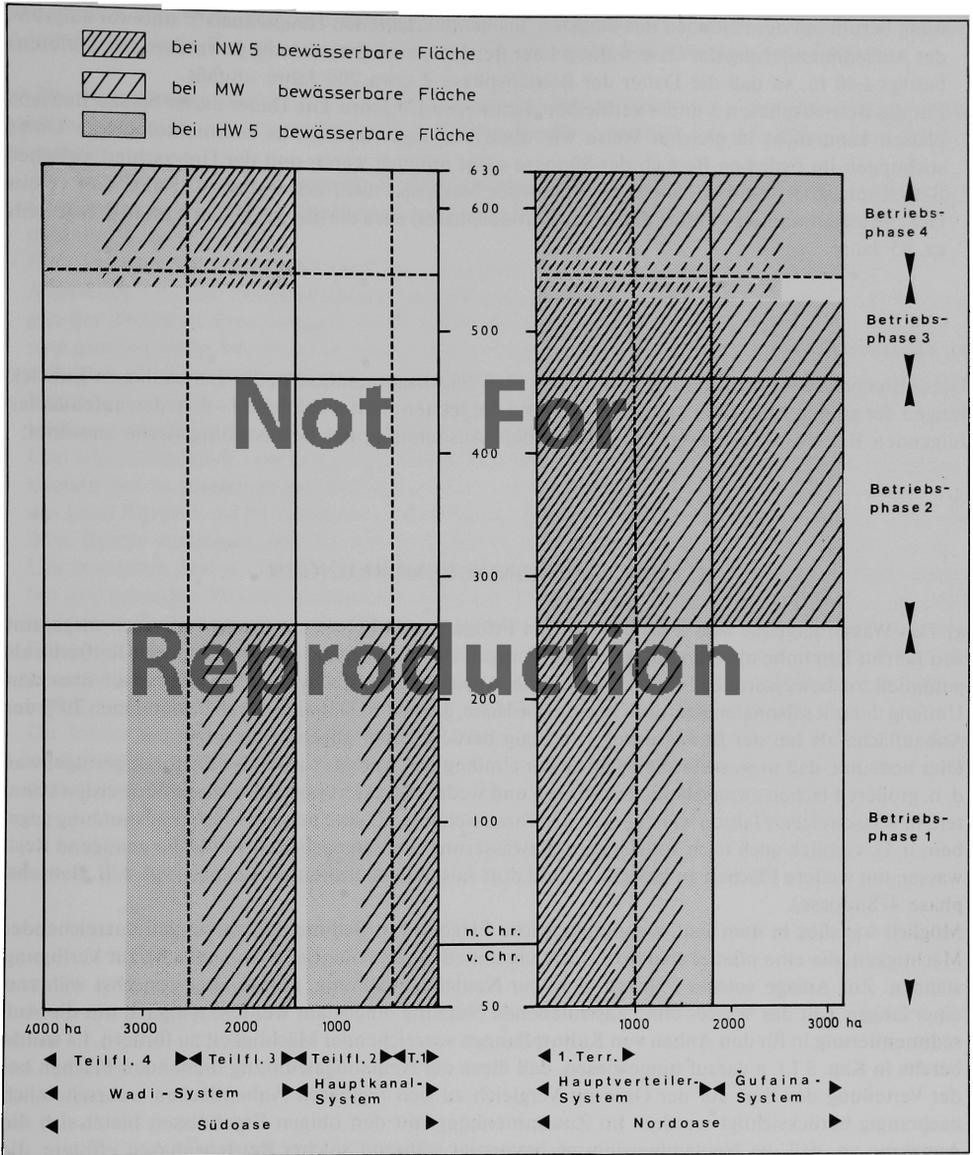


Abb. 12: Flächen- und Betriebsverhältnisse während Betriebsperiode I

- hung beruht auf dem Neubau des jüngsten, bis heute erhaltenen Hauptkanals<sup>261</sup> und war aufgrund der Aufsedimentierung der Oase während der Betriebsphase 2 notwendig geworden. Die Differenz beträgt 1,40 m, so daß die Dauer der Betriebsphase 2 etwa 200 Jahre umfaßt.
- Für die Betriebsphasen 3 und 4 verbleiben damit etwa 170 Jahre. Die Dauer dieser beiden Betriebsphasen kann nicht in gleicher Weise wie oben bestimmt werden, da sedimentologische Untersuchungen im östlichen Bereich der Südoase nicht möglich waren und der Unterschied zwischen Betriebsphase 3 und 4 in den Sedimenten der Nordoase nicht erkennbar ist. Daher soll vereinfachend angenommen werden, daß beide Betriebsphasen etwa die gleiche Dauer hatten, d. h. jeweils ca. 85 Jahre.

#### e) Zusammenfassung

Diese Ergebnisse lassen sich in der Abbildung 12, S. 93, zusammenfassen, die den baulichen Entwicklungen der großen Ableitungsbauwerke während der letzten Betriebsperiode I - d. h. den aufeinanderfolgenden Betriebsphasen 1 bis 4 - die jeweilige Ausdehnung der Bewässerungsfläche zuordnet:

### 7.5 ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

a) Das Wasserdargebot wies sowohl zwischen Frühjahrs- und Hochsommersayl als auch insgesamt von Jahr zu Jahr hohe mengenmäßige Schwankungen auf. Bei Vorgabe einer bestimmten Teilfläche als potentiell zu bewässernder Fläche erfolgte die Anpassung an das wechselnde Dargebot über den Umfang der mit saisonalen Kulturen bebauten Fläche, da die mit Dauerkulturen bestandenen 20 % der Anbaufläche als bei der Bewässerung vorrangig berücksichtigt angenommen wurden.

Dies bedeutet, daß in wasserarmen Jahren der Umfang des Anbaus saisonaler Kulturen geringer war, d. h. größere Flächen zwangsläufig brachlagen und weder bewässert noch bewirtschaftet werden konnten. In wasserreichen Jahren war dagegen die Voraussetzung für eine bessere Flächenausnutzung gegeben; u. U. verblieb auch nach vollständiger Bewässerung der vorgegebenen Teilfläche genügend Restwasser, um weitere Flächen zu bewässern und dort saisonale Kulturen anzubauen (vgl. z. B. Betriebsphase 4/Südoase).

Möglich war dies in dem Fall, wenn zusätzliche Flächen mit Sedimentablagerungen ausreichender Mächtigkeit, die eine pflanzenbauliche Nutzung zuließen, als potentielle Anbaufläche zur Verfügung standen. Zur Anlage solcher Flächen, d. h. zur Neulandgewinnung, mußte aber zunächst während einer langen Zeit das Wasser ohne anschließende Nutzung eingestaut werden, lediglich um die Aufsedimentierung in für den Anbau von Kulturpflanzen ausreichender Mächtigkeit zu fördern. Es wurde bereits in Kap. 3.1.1, a darauf hingewiesen, daß diese der Neulandgewinnung dienenden Flächen bei der Verteilung des Sayl auf der Oase im Vergleich zu den regulären Anbauflächen wahrscheinlich nachrangig berücksichtigt wurden. Im Zusammenhang mit den obigen Ergebnissen bietet sich die Annahme an, daß die Neulandgewinnung bevorzugt während solcher Betriebsphasen erfolgte, die schon in Jahren mit mittlerem Dargebot nach vollständiger Bewässerung eines Teilsystems Wasser-

261 Vgl. auch Radermacher et al. a. O. 131; das hydraulisch wirksame Sohlniveau am Beginn des Hauptkanals beträgt 1197,38 m.

überschüsse erzeugten. Während Betriebsperiode I kommt dafür im Gufaina-System der Nordoase – dort liegen die in Kap. 3.1.1, a beschriebenen Flächen – die Betriebsphase 2 in Frage.

b) Die Bilanzierung erfolgte unter der Annahme, das Wasserdargebot sei zur Bewässerung einer größtmöglichen Fläche verwendet worden. Dieses Vorgehen scheint aus den folgenden Gründen plausibel:

- Die Lage Märibs am Knotenpunkt wichtiger Handelsstraßen im alten Südarabien erforderte die Bereitstellung von Lebensmitteln nicht nur für die Bevölkerung der Stadt, sondern auch zur Versorgung der Karawanen.
- Eine Lebensmittel-Vorratswirtschaft war aus mehreren Gründen unbedingt erforderlich: Abgesehen von den mengenmäßigen Schwankungen des Wasserdargebots, die starke Schwankungen der jährlichen Erntemengen, insbesondere der saisonalen Kulturen zur Folge hatten, bestand eine grundsätzliche Unsicherheit bezüglich des Eintreffens des Sayl. Die Inschrift Ja 735<sup>262</sup> berichtet z. B. über die Auswirkungen von drei ausgefallenen Regenzeiten in Folge: Dürre, Vertrocknen der Felder und Weiden, Austrocknen der Brunnen. Die Konsequenz war Ernteausfall. Auch die relativ häufigen Dammbürche bedeuteten immer das Risiko eines Ernteausfalls. Und schließlich führte von Zeit zu Zeit das epidemieartige Auftreten von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten zu katastrophalen Ertragsverlusten – man denke etwa an den im Alten Testament für das Land Ägypten zur Pharaonenzeit geschilderten Einfall von Heuschreckenschwärmen; inschriftliche Belege bestätigen, daß die Sabäer Gefahren dieser Art durchaus kannten (vgl. Kap. 3.5). Um in solchen Zeiten nicht Hungers zu sterben, waren in Jahren mit ausreichendem Wasserdargebot und gesunden Pflanzenbeständen vorsorglich Lebensmittelvorräte anzulegen, die zudem einer laufenden Erneuerung bzw. Ergänzung bedurften, da mit bisweilen erheblichen Verlusten des Ernteguts bei der Vorratshaltung gerechnet werden mußte. Diese beruhten auf dem bis heute z. T. massenhaften Auftreten von Vorratsschädlingen, die in erster Linie unter den Nagern (z. B. Mäuse und Ratten) sowie unter den Insekten (z. B. Schaben und Kornkäfer) zu finden sind.
- Die Sabäer haben im Verlauf der letzten Betriebsperiode in der Betriebsphase 4 schließlich die Möglichkeit der effektivsten Wasserverwertung geschaffen, d. h. die Möglichkeit zur Bewässerung der mit dem vorhandenen Dargebot größtmöglichen Fläche.



## 8. Schlußbetrachtung

Die sabäische Bewässerungswirtschaft bestand während mehrerer Jahrtausende offenbar ohne grundsätzliche, das Funktionssystem insgesamt in Frage stellende Störungen. Darin liegt nicht nur eine beeindruckende technische, sondern auch eine große organisatorische Leistung der Sabäer, da das Funktionssystem – wie sich bereits in vielen Einzelheiten erwiesen hat – ein genau aufeinander abgestimmtes Zusammenwirken der einzelnen Funktionselemente erforderte.

Den Abschluß der vorliegenden Untersuchung sollen daher einige Überlegungen zu den organisatorisch-rechtlichen Aspekten des sabäischen Bewässerungslandbaus bilden. Dazu gehören insbesondere die sich in allen durch das Wasser als limitierenden Faktor geprägten Kulturen mit den Bewässerungssystemen entwickelnden, sehr genauen Regelungen für die Boden- und Wassernutzung, die aufgrund der in ariden Gebieten zwischen Wasser und Boden bestehenden Abhängigkeit – der Boden ist ohne das Wasser wertlos und umgekehrt – in enger Verbindung miteinander zu sehen sind.

### a) Staatliche Lenkung

Die Funktionsfähigkeit der sabäischen Bewässerungsanlagen, die während einer über mehrere Jahrtausende fortschreitenden Entwicklung an Größe und technischer Perfektion gewannen, konnte nur aufgrund einer zentralen Lenkung von Bau, Instandhaltung und Betrieb dieser Anlagen durch staatliche Institutionen erhalten werden.

Hinsichtlich der *Bauarbeiten* zeigt sich die Notwendigkeit einer solchen Lenkung bereits in den Dimensionen des ältesten bis heute erhaltenen Bauwerks zur Wasserfassung (S6, vgl. Kap. 1.1), dessen Bau nur in einer streng organisierten Gemeinschaftsleistung präzise geplant und ausgeführt werden konnte. Bezüglich der *Instandhaltung* ist insbesondere auf die nach einem Dambruch erforderlichen Wiederaufbauarbeiten hinzuweisen, die jeweils mit immensem Arbeitsaufwand verbunden waren und zudem notwendigerweise während eines relativ kurzen Zeitraumes zu erfolgen hatten, d. h. bis zum Eintreffen des folgenden Sayl abgeschlossen sein mußten, da dieser ansonsten die im Wadibett liegenden Dammschnitte wieder mit sich fortgerissen hätte<sup>263</sup>.

Hinsichtlich des *Betriebes* der Bewässerungsbauwerke ist die Notwendigkeit staatlicher Lenkung auf der Ebene der Wasserfassung in den vier infolge baulicher Veränderungen an den Auslässen der Ableitungsbauwerke zur Nord- und Südoase, im Laufe der letzten Betriebsperiode I zeitlich aufeinanderfolgenden Betriebszuständen 1 bis 4 (Kap. 7.2) begründet, deren hydraulische Differenziertheit die im Verlauf der Betriebsperiode I geänderten Flächenverhältnisse auf der Oase ermöglichte, wodurch bis zur Betriebsphase 4 schließlich die effektivste Wasserverwertung geschaffen wurde (vgl. Kap. 7.4.3). Ebenfalls auf dieser Ebene der Wasserfassung, allerdings zum Zweck des Hochwasserschutzes der Nordoase und damit in Abhängigkeit vom Wasserdargebot, ist auch das Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus zu sehen (vgl. Kap. 7.4.2).

Staatliche Lenkung war aber offensichtlich nicht auf die Wasserfassungsanlagen beschränkt, ihre Auswirkungen lassen sich ebenso in den Wasserverteilungsanlagen verfolgen. Hinsichtlich dieser ist

263 Außerdem wurde bereits in Kap. 7.4.3, c darauf hingewiesen, daß ein Dambruch immer das Risiko eines Ernteausfalls bedeutete, jede Verzögerung der

Wiederaufbauarbeiten somit die Gefahr eines weiteren Ernteausfalls, den es in jedem Fall zu vermeiden galt.

zunächst der Hauptverteiler der Nordoase<sup>264</sup> zu nennen, der das durch den etwa 1,2 km langen Hauptkanal vom Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus herangeführte Wasser über seine mindestens 13 (erhaltenen) Auslässe vollständig in 8 Kanäle (zweiter Ordnung) verteilte, die jeweils Teilgebiete des Hauptverteiler-Systems mit Wasser versorgten. Infolge der Steuerungsmöglichkeiten an den Auslässen auch während des Betriebes der Anlage konnte eine planmäßige Regulierung der Wasserverteilung im Hauptverteiler vorgenommen werden.

Ähnliches gilt auch für die hydraulischen Abläufe in den Durchlaßbauwerken<sup>265</sup>, die in dem diesem Hauptverteiler nachgeordneten Kanalnetz liegen und durch Veränderung ihres Öffnungszustandes während des Betriebes einer planmäßigen Regulierung der Kanalabflüsse vom Hauptverteiler bis auf die Bewässerungsflächen dienten, eine Maßnahme, die insofern sogar als notwendig anzusehen ist, als sich der Bewässerungsbetrieb aufgrund der zum Teil beträchtlichen Höhenunterschiede zwischen Kanalsohle und Durchlaßschwelle bzw. Feldniveau nicht gleichsam von selbst in Abhängigkeit von Kanalwasserstand und Gefälle regeln konnte, sondern im Gegenteil auf eine wirksame Regulierung – zwecks abschnittweisem Betrieb – angewiesen war.

Diese sehr komplexen hydraulischen Abstufungen waren nur zu realisieren bei zentralem Betrieb der Bewässerungsanlagen sowie dessen strenger Überwachung durch eine staatliche Institution ohne Rücksicht auf die Interessen einzelner. Der in Zeile 8 der Inschrift GI 1563 (+ 1564) = RES 4907 erwähnte „Bewässerungsverwalter“<sup>266</sup>, der offensichtlich für die Einhaltung der in der Inschrift festgehaltenen Bewässerungsregelung verantwortlich zeichnete, kann als Bestätigung der Existenz einer solchen Institution auf der antiken Oase gewertet werden.

Wie sich im folgenden zeigen wird, läßt sich diese staatliche Lenkung bis auf die Feldebene verfolgen.

#### b) Vorrecht des Oberliegerts

Bei der Nutzung eines periodisch anfallenden Wasserdargebots zur Bewässerung bildet ein wesentliches regelndes Element der Wasserverteilung das sog. Vorrecht des Oberliegerts<sup>267</sup>, das auch im heutigen Yemen fast überall praktiziert wird und demjenigen die bevorzugte Nutzung des Saylwassers gewährleistet, dessen Land der Wasser„quelle“ am nächsten liegt, sodann in Folge den Anliegern wadiabwärts.

Dies gilt sinngemäß für die Wasserverteilung innerhalb größerer Ableitungssysteme. Hier wird die Einhaltung dieser Regelung während des Betriebes im allgemeinen gebietsweise durch einen Aufseher überwacht, der auch für die anfallenden Bau- und Unterhaltungsarbeiten verantwortlich ist. Aufgrund der Abhängigkeit der Bewässerungsmöglichkeiten vom Wasserdargebot können in wasserarmen Jahren periphere Bereiche möglicherweise nicht bewässert werden.

Die Folgen einer in Grundzügen auf diese Art erfolgten Wasserverteilung sind auf der antiken Nordoase deutlich in der vom Hauptverteiler ausgehenden Terrassierung zu verfolgen, worin die Abhängigkeit der Priorität der Feldaufleitung von der Lage relativ zum Hauptverteiler dokumentiert ist: Die in der Nähe des Hauptverteilers gelegenen Flächen wurden in der Regel vor den weiter entfernten Flächen eingestaut, was zur Folge hatte, daß in Jahren mit geringen Abflußsummen das Wasser nicht bis auf die unteren Terrassenstufen gelangte, so daß deren Aufsedimentierung entsprechend langsamer erfolgte als auf den oberen, nahe dem Hauptverteiler gelegenen Terrassen, die auch in wasserarmen

264 Zu Einzelheiten vgl. K. Mathieu, *Der Hauptverteiler auf der Nordoase von Märüb*, ABADY III (1986) 3 ff., sowie Radermacher et al. a. O. 314 ff. (Kap. C 3.3) und 362 ff. (Kap. C 3.5.1).

265 Zu Einzelheiten vgl. Radermacher et al. a. O. 334 ff. (Kap. C 3.4.3).

266 Übersetzt bei Wissmann, *Die Geschichte von Saba* II 67 f.

267 Escher a. O. 79 f.; Kopp, *Agrargeographie* 124 f.

Jahren regelmäßig bewässert wurden. Für die letzte Betriebsperiode I wurde in Kap. 7.3.1, d bereits die große westliche, höchste Terrassenstufe als von dem restlichen Hauptverteiler-System der Nordoase aufgrund eines sowohl im Gelände als auch im Luftbild deutlich zu verfolgenden Höhenunterschiedes abgegrenzte Fläche beschrieben (vgl. auch Taf. 12), deren bevorzugte Bewässerung durch die Ergebnisse der Bilanzierung bestätigt wird (Kap. 7.4.3, a). Diese Fläche war zudem in sich wiederum längs und quer in Kleinterrassen angelegt<sup>268</sup>, worin eine - zwangsläufig - sehr genaue Anpassung des Umfangs der jeweiligen Bewässerungsfläche an das wechselnde Wasserdargebot dokumentiert ist. Im Zusammenhang mit den unter a) allgemein beschriebenen zentralen Lenkungsmaßnahmen zum Betrieb der Wasserverteilungsanlagen bedeutet diese vom Hauptverteiler ausgehende Terrassierung der Nordoase, daß in Erwartung des Sayl die Auslässe des Hauptverteilers geöffnet wurden, welche die wichtigsten Kanäle speisten; das wiederum waren diejenigen, die der Wasserversorgung der in der Nähe des Hauptverteilers gelegenen Terrassenflächen dienten. Nach deren vollständiger Bewässerung bzw. sobald abzusehen war, daß das Wasserdargebot ausreichend sein würde, konnten sodann in Folge die weiteren Auslässe geöffnet und die zunächst geöffneten wieder verschlossen werden. Dazu kam es in wasserarmen Jahren nicht, so daß die unteren Terrassen kein Wasser erhielten. Dies ist insofern als sinnvolle Maßnahme anzusehen, als gerade in wasserarmen Jahren die Vermeidung unnötiger Verluste bei der Wasserverteilung im Vordergrund stehen mußte, wozu die Konzentrierung auf wenige Auslässe bzw. Kanäle eine wichtige Maßnahme bildete. Zudem bot auch der abschnittsweise Betrieb der Kanäle gerade in wasserarmen Jahren sehr genaue Anpassungsmöglichkeiten an das Dargebot. In dieser Vorgehensweise bei der Wasserverteilung, die gleichzeitig die einheitliche Bewässerung der durch einen Kanalabschnitt versorgten Flächen<sup>269</sup> bedeutete, dürfte im übrigen eine wesentliche Ursache für die Kleinterrassierung der Oase liegen.

Zwar wurde auf diese Art die größtmögliche Effektivität in der Wasserverteilung erzielt, das Vorrecht des Oberliegiers schuf aber gerade in wasserarmen Jahren für die Unterliegenden einen sehr unbefriedigenden Zustand. Kopp<sup>270</sup> weist beispielsweise auf die im heutigen Yemen bei Wassermangel häufig stattfindenden Bestechungsversuche einflußreicher Landbesitzer hin, um eine bevorzugte Bewässerung ihres Landes - unabhängig von der jeweiligen Lage - zu gewährleisten, was in ähnlichen Situationen zur Zeit der Sabäer nicht anders gewesen sein dürfte<sup>271</sup>.

### c) Bodennutzung

Von der oben beschriebenen, allgemein festzustellenden Abhängigkeit der Priorität der Wasserverteilung von der Lage relativ zum Hauptverteiler gibt es im südöstlichen Bereich der Nordoase eine auffällige Abweichung: Hier befinden sich die am höchsten gelegenen Flächen des Hauptverteiler-Systems. Radermacher et al.<sup>272</sup> wiesen bereits darauf hin, daß in diesem Bereich eine größere sabäische Siedlung lag, deren erhaltene Überreste sich deutlich von denen anderer Siedlungen auf der antiken Oase unterscheiden. In der besonderen Bedeutung dieser Siedlung könnte die Ursache für die bevorzugte Bewässerung der sie umgebenden Flächen liegen, die möglicherweise als Eigentum des Staates bzw. einer staatlichen Institution bei der Wasserverteilung Priorität besaßen; diese wiederum ist in den Seditmenthöhen dokumentiert, welche hier - und nicht in unmittelbarer Nähe des Hauptverteilers - die höchsten Werte für die gesamte Nordoase aufweisen.

268 Zu Einzelheiten vgl. Radermacher et al. a. O. 734 ff.

269 Radermacher et al. (a. O. 376) geben als Größe dieser einheitlich bewässerten Flächen maximal 15 ha an.

270 Kopp, Agrargeographie 125.

271 Die Wasserverteilung könnte in wasserarmen Jahren möglicherweise auch unter gewissen Zusatzregelun-

gen erfolgt sein. Escher (a. O. 80) beschreibt speziell für die Wādī Mawr-Region die heutige Regelung, daß in solchen Jahren einige Flächen nur im Frühjahr, andere nur im Sommer bewässert werden.

272 Radermacher et al. a. O. 369 f.

Ohnehin lag infolge der beschriebenen, insbesondere den Betrieb der Bewässerungsanlagen betreffenden staatlichen Lenkung die Vermutung nahe, daß das Bewässerungssystem der Sabäer insgesamt genossenschaftlich organisiert war. Diese Annahme erwies sich jedoch als falsch. Wie aus einigen Inschriften hervorgeht, kannten die Sabäer durchaus Privatbesitz<sup>273</sup>. Allerdings war der private Charakter sehr wahrscheinlich auf den Besitz bewässerbaren Bodens sowie der zugehörigen Bewässerungsrechte beschränkt. Die *Viehweiden* im gebirgigen Umland der Oase (vgl. Kap. 5.2, f) wurden gemeinschaftlich genutzt, wie dies auch heute noch geschieht. *Neulandgewinnungsmaßnahmen* wurden bereits in Kap. 3.1.1, a aufgrund des erforderlichen hohen Arbeitseinsatzes bei in absehbarer Zeit ausbleibenden Resultaten als Hinweis auf zentrale Planung und gemeinschaftlichen Ausbau des Bewässerungsnetzes durch bzw. auf Veranlassung staatlicher Institutionen verstanden. Der anhand von Oberflächenformen sowie Kleinstrukturen im Sediment festgestellte bevorzugte Anbau von Dauerkulturen in den Randbereichen der Oase, von saisonalen Kulturen in den zentralen Teilen (vgl. Kap. 6.4) könnte die Folge einer zumindest in gewissem Umfang vorgenommenen staatlichen *Anbauplanung* gewesen sein. Und schließlich sei darauf hingewiesen, daß auch eine zentrale *Erfassung der Ernte* durch den Staat erfolgte, die in der „Schätzung, Aufteilung und Beschlagnahme der Feldfrucht“ bestand<sup>274</sup>. Folgt man Rhodokanakis' Ausführungen zu der vorliegenden Thematik<sup>275</sup>, dann ist mit dieser Aufzählung die nach Schätzung der zu erwartenden Erträge der Feldfrüchte (auf dem Halm vor der Ernte) vorzunehmende (einverständliche) Aufteilung sowie die Beschlagnahme des abzuführenden Teils der Ernte gemeint. Bei diesem handelte es sich um den weitaus größeren Teil, da dem Bauern von seiner Ernte lediglich die ihm und seiner Familie zustehende Lebensmittelration sowie das Saatgut für die folgende Aussaat verblieben. Damit war dem einzelnen Bauern das Verfügungsrecht über seine Ernte entzogen. Wenn auch der beschlagnahmte und in öffentliche Speicher eingelagerte Anteil sicherlich zunächst zur Versorgung der staatlichen Organe diente, so bot die geschilderte Vorgehensweise unter dem herrschenden ariden Klima mit grundsätzlicher Unsicherheit bezüglich des Wasserdargebots auch eine vergleichsweise gerechte Möglichkeit zur Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln; dies galt insbesondere für wasserarme Jahre, wenn infolge der Wasserverteilung gemäß dem Vorrecht des Oberliegiers die Unterliegenden über keine Bewässerungsmöglichkeiten verfügten und auf eine (rationierte) Weiterverteilung der eingelagerten Lebensmittel angewiesen waren.

#### d) Aufgabe der Oase

Diese derart ausgedehnte zentrale Organisation der Bewässerungswirtschaft durch staatliche Institutionen bis in Einzelheiten hat sich im Laufe der Jahrtausende mit Ausdehnung des Bewässerungssystems entwickelt und verlangte eine sehr stabile soziale Struktur mit einer starken Zentralgewalt. Unter den wechselnden Machtverhältnissen in der Spätzeit der altsüdarabischen Reiche war diese Voraussetzung für den reibungslosen Funktionsablauf der Bewässerungswirtschaft einschließlich ihrer komplexen Infrastruktur nicht mehr gegeben.

Eine wesentliche Ursache für die endgültige Aufgabe der Oase, deren Anlaß vermutlich ein erneuter

273 Vgl. z. B. Ja 541, übersetzt und kommentiert bei M. Höfner, *Inschriften aus Sirwāh, Iḡaulan* (II. Teil), 304. SB Wien (1976) 15 f., sowie C111 570 (s. Fn. 99) und RES 852 = C111 611 (s. Fn. 171).

274 Höfner a. O. 18 f., Kommentar zu Z. 3 der Inschrift G1 1571 = RES 3951; vgl. auch Müller, *Altsüdarabische Dokumente* 271–273.

275 Rhodokanakis, *Ḳatabanische Texte zur Bodenwirt-*

*schaft* 58. 70–105; um in Grundzügen die oben genannten Begriffe zu erläutern, muß hier – trotz der in Kap. 4.1, b geäußerten Einwände – auf diese Arbeit zurückgegriffen werden, da es Erläuterungen neueren Datums zu der vorliegenden Thematik nicht gibt. Im übrigen sei darauf hingewiesen, daß sich Höfners Wiedergabe der fraglichen Begriffe nicht von derjenigen Rhodokanakis' unterscheidet.

Dammbruch war, dürfte somit im Zerfall des politischen Gefüges liegen. Im technologischen Bereich sind die Ursachen nicht zu suchen, da die Weiterexistenz des Funktionssystems von dieser Seite aus aufgrund der reichhaltigen technologischen Erfahrung der Sabäer zu keiner Zeit insgesamt in Frage gestellt war. Ebenso scheiden etwaige nachhaltige Störungen des ökologischen Gleichgewichts als Ursache für die Aufgabe und den Verfall der Oase aus, die vorliegende Untersuchung hat vielmehr in zahlreichen Beispielen gezeigt, daß der sabäische Bewässerungslandbau in gerade auch im Vergleich zu heutigen Bewässerungssystemen vorbildlicher Weise auf langfristigen Erhalt von Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit angelegt und den spezifischen ökologischen Bedingungen im Raum Marib sehr gut angepaßt war.



## 9. Zusammenfassung

a) Die vorliegende Untersuchung des Bewässerungslandbaus auf der antiken Oase von Märüb geht zunächst von den auf der Oasenoberfläche sichtbaren Strukturen aus, die aufgrund von Unterschieden in der Beschaffenheit des Sediments seit Aufgabe der Oase durch Erosionsvorgänge entstanden sind. Kanal- und Feldwallstrukturen ziehen sich so als noch heute gut sichtbares Netz über die Oase und grenzen die ehemaligen Felder in einer Größe von 1 bis 2 ha ab. Auf einigen von diesen sind die Relikte ehemaliger Bewirtschaftung erhalten, und anhand der Differenzierung von einerseits Pflugspuren, andererseits Erdringen und -stotzen lassen sich ackerbaulich genutzte von Dauerkultur-Flächen unterscheiden.

b) Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen werden die in den Sedimenten erhaltenen Strukturen und Überreste zur Bestimmung der auf der antiken Oase praktizierten Anbaumaßnahmen untersucht.

Als langfristige Maßnahme werden zunächst die bei ausreichendem Wasserdargebot praktizierten Methoden der Neulandgewinnung zur Ausdehnung der bestehenden Kulturläche auf Nord- und Südoase dargestellt. Auf der Südoase, die in sanfter Neigung gegen die Hänge des Ġabal Balaq hin ausläuft, konnte das Wasser jeweils bis an den Hang gestaut werden, woraus sich eine gewisse Ausdehnung der Kulturläche sehr allmählich den Hang hinauf ergab. Die Anwendung dieses recht einfachen Verfahrens war auf der Nordoase nicht möglich; statt dessen legte man dort auf den randlich gelegenen Geröllflächen ein regelmäßiges Netz niedriger, aus Lavabrocken aufgeworfener Wälle an, die etwa rechteckige Becken umschlossen. Diese wurden in wasserreichen Jahren zwecks Aufsedimentierung eingestaut, bis sich Sedimente ausreichender Mächtigkeit für eine erste landwirtschaftliche Nutzung akkumuliert hatten, ein sowohl langwieriger als auch arbeitsaufwendiger Prozeß.

Waren auf diese Art größere, zusammenhängende Kulturlächen entstanden, so erfolgte die Anlage einzelner Felder durch Aufschüttung von Feldwällen, die in zwei verschiedenen Dimensionen errichtet wurden, welche sich in den Neigungswinkeln unterschieden. Damit waren die Bedingungen für den regelmäßigen Anbau von Kulturpflanzen geschaffen.

Die von nun an – in Abhängigkeit von der angebauten Kultur – mehr oder weniger häufig vorgenommene Bodenbearbeitung wurde mit dem hölzernen Haken-Ritzpflug durchgeführt, der den Boden vor der Bewässerung 10 bis 15 cm tief in der Furche aufriß, wobei jeweils quer zu den alten Furchen gepflügt wurde. In Dauerkulturen fand diese Arbeit mit deutlich längeren zeitlichen Abständen als bei Ackerbau statt.

Durch die bei jedem Bewässerungsvorgang einsetzende Ablagerung von Sedimenten auf den Feldflächen war die Nährstoffversorgung des Bodens grundsätzlich gewährleistet; das Abbrennen von Vegetationsrückständen dürfte daher lediglich als Nebeneffekt eine gewisse Düngewirkung auf den Boden ausgeübt haben. Der Gehalt des Bodens an organischer Substanz war dagegen unter den herrschenden Bewirtschaftungs- und klimatischen Verhältnissen sehr gering, und so ist die von Zeit zu Zeit vorgenommene Ausbringung organischen Materials als äußerst sinnvoll zu bewerten. Die Einarbeitung erfolgte bei der Bodenbearbeitung.

Die Aussaat konnte – bei Benutzung des einfachen Haken-Ritzpfluges – nach dem Pflügen erfolgen oder – bei Anbringung eines Särohres an den Pflug – in einem Arbeitsgang mit dem Pflügen, in beiden Fällen aber in die Pflugfurche. Daneben ist die Direktsaat ohne vorherige Bodenbearbeitung denkbar. Das Saatgut wurde durch gezielte Auslese vor der Ernte gewonnen.

Da Pflanzenschutzmaßnahmen in der damaligen Zeit kaum durchgeführt werden konnten, kommt als

einzig gezielte Pflegemaßnahme die Unkrautbeseitigung in Frage, für die es jedoch keinerlei konkrete Anhaltspunkte gibt.

c) Auf der antiken Oase konnten Kulturpflanzen lediglich unter den Bedingungen des Bewässerungslandbaus angebaut werden. Die geographische Lage der Oase am Austritt des Wādī Dana aus der Kalkfelsenge des südarabischen Hochlandes in das Becken der innerarabischen Wüste schuf die – ausschließliche – Möglichkeit, den periodisch im Wadi auftretenden Abfluß, den Sayl, zur Bewässerung zu nutzen.

Das Verfahren der Wasserfassung erfuhr im Laufe von Jahrtausenden tiefgreifende Veränderungen und Weiterentwicklungen, die anhand des Vergleichs mit der historischen Entwicklung anderer antiker Bewässerungssysteme nachgezeichnet werden können. In Märib begann die historische Entwicklung des Verfahrens der Wasserfassung mit dem Bau einfacher Ablenkdämme; während der durch Bauwerksüberreste dokumentierten und anhand dieser im Rahmen des Forschungsvorhabens untersuchten Betriebsperioden I bis VI setzte sich die Entwicklung über die Errichtung größerer Ableitungssysteme bis zur Vollabsperrung des Wadis mittels eines Absperrdammes und Ableitung des Sayl über integrierte Auslaß(= Ableitungs-)Bauwerke fort. Damit kann das Verfahren der Wasserfassung insgesamt als „Ableitungsverfahren als spezielle Form der Saylbewässerung“ definiert werden.

Die Ursache für die Vorläufigkeit jeder Entwicklungsphase auf seiten der Wasserfassung – fortschreitende Sedimentation, verbunden mit einer stetigen Niveauerhöhung der Oase gegenüber dem Wadi und damit gegenüber dem Wasserspiegel des Sayl – berührte das Bewässerungsverfahren nicht. Dieses wurde durch die Nutzung des nur periodisch anfallenden, im voraus zeitlich und mengenmäßig nicht abschätzbaren Wasserdargebots in seinen Möglichkeiten stark eingeschränkt, so daß lediglich die Methoden der Überstaubewässerung praktiziert werden konnten.

Die wilde Überflutung fand vermutlich während der Betriebsperioden I bis VI lediglich auf randlich gelegenen und nur in Jahren mit überdurchschnittlichem Wasserdargebot bewirtschafteten Flächen Anwendung. Auf der Oase bildete dagegen der geregelte Flächenüberstau mit durchschnittlichen Überstauhöhen von etwa 60 cm die hauptsächliche Methode; in einigen Fällen lassen der im Profil erkennbare spezielle Verlauf von Sedimentschichten an Feldwällen sowie das Auftreten von Feldüberleitungsbauwerken auf eine modifizierte Staurieselung schließen. Das Bewässerungsverfahren kann daher als „Überstaubewässerung“ definiert werden, „die hauptsächlich die Methode des geregelten Flächenüberstaus praktizierte“ und daneben gelegentlich nach der Methode der modifizierten Staurieselung erfolgte.

Als Zusatzbewässerung solcher Kulturen, die ihren Wasserbedarf nicht durch eine einmalige Bewässerung aus dem Sayl in der Vegetationsperiode decken konnten oder für die – bei Anbau von Dauerkulturen – der Zeitraum zwischen zwei Sayls zu lang war, diente die Bewässerung aus Brunnen und Zisternen.

d) Hinweise auf die Art der angebauten Kulturpflanzen finden sich in deren als Oberflächenformen und in den Sedimenten erhaltenen Strukturen und Überresten. Die unterschiedliche Ausprägung der Wurzelreste läßt einerseits, hinsichtlich der feinen Wurzelröhrchen, auf Acker-, Garten- und Feldfutterbau schließen, was sich auch anhand von Pflanzenabdrücken bestätigt, andererseits können die größeren Wurzelreste, insbesondere im Zusammenhang mit Oberflächenformen wie Erdringen und -stotzen, als Überreste monocotylar bzw. dicotylar Bäume gedeutet werden.

Konkrete Angaben der angebauten Kulturarten werden anhand der Auswertung des inschriftlich vorliegenden Materials gewonnen. Getreide, speziell Weizen, Gerste und Sorghum, spielte neben den vielfältig genutzten Datteln eine bedeutende Rolle als Nahrungsmittel, zusätzlich wurden in Wein-, Obst- und Gemüseärten Produkte für die menschliche Ernährung erzeugt. Die bei deren Anbau anfallenden Nebenprodukte konnten zusammen mit den Erzeugnissen des Feldfutterbaus in der

Großviehhaltung als Viehfutter verwendet werden, das Kleinvieh hielten die Sabäer in extensiver Weidewirtschaft. Eine weitere wichtige Futterquelle bildete das Schneiteln, wozu *Ziziphus spina-christi* angebaut wurde, der daneben (u. a.) zur Erzeugung von Nutzholz diente. Zu Medizinalzwecken wurden *Moringa aptera* und die Koloquinthe kultiviert.

e) Die exemplarische Darstellung des Anbaus einer saisonalen Kultur (Sorghumhirse) und einer Dauerkultur (Dattelpalme) dient der Herleitung allgemeingültiger Anbaudaten für die antike Oase. Da von der Oase selbst keine pflanzenbaulichen Daten der Kulturen überliefert sind, erfolgt diese Darstellung nach Abschätzung von Vegetationszeit und Aussaatzeitpunkt unter Berücksichtigung relevanter botanischer Merkmale der Kulturpflanzen sowie unter Zuhilfenahme des Anbauvergleichs. Basierend auf dieser Vorkenntnis werden sodann aus den für Märüb gültigen natürlichen Rahmenbedingungen und den auf der Oasenoberfläche und in den Sedimenten vorgefundenen Strukturen und Überresten die Bedingungen und Grundlagen für den Anbau der jeweiligen Kultur auf der antiken Oase sowie die speziellen Anbau- und Bewässerungsmaßnahmen abgeleitet.

Die dabei gewonnenen Erkenntnisse lassen sich mit einigen Modifizierungen und Annahmen auf die anderen angebauten Kulturarten übertragen, so daß auf diese Weise allgemeingültige Aussagen über den durchschnittlichen Wasserbedarf auf der Oase und die Möglichkeiten zu dessen Deckung sowie das ungefähre Anbauverhältnis von saisonalen zu Dauerkulturen getroffen werden können.

Für saisonale Kulturen ergibt sich ein Anteil an der gesamten Anbaufläche von 80 %, deren mittlerer Wasserbedarf von 500 mm unter Berücksichtigung eines Feldaufleitungswirkungsgrades von ca. 85 % durch einmalige Überstauung in Höhe von 600 mm/Vegetationszeit gedeckt wurde.

Die verbleibenden 20 % der Fläche dienten dem Anbau von Dauerkulturen. Mit durchschnittlich 2200 mm/Jahr lag deren Wasserbedarf zu hoch, um vollständig aus dem Sayl gedeckt zu werden. Legt man den durchschnittlichen Wert für die Überstauhöhe auf der antiken Oase von 600 mm zugrunde und geht man von einer – aufgrund des hohen Wasserbedarfs – dreimaligen Überstauung der Dauerkulturen pro Jahr aus, dann konnten – wiederum unter Berücksichtigung des Feldaufleitungswirkungsgrades – etwa 1500 mm des Gesamtbedarfs aus dem Sayl gedeckt werden. Dauerkulturen waren damit auf eine Zusatzbewässerung aus Brunnen und Zisternen angewiesen.

f) Zur weiterführenden Beurteilung des Bewässerungsbetriebes dient die Bilanzierung von Wasserdargebot und Wasserbedarf der antiken Oase für die letzte Betriebsperiode I, wobei als Verbindungsglied die hydraulischen Berechnungen an den Ableitungsbauwerken dieser Betriebsperiode fungieren, deren Betrieb sich mit Hilfe von EDV-Programmen simulieren läßt.

Das Wasserdargebot wird dabei repräsentiert durch die Jahresganglinien des Wādī Dana, die den in verschiedenen Häufigkeiten auftretenden Zufluß zum Stauraum wiedergeben. Anhand der Jahresganglinien für 5jähriges Niedrigwasser ( $\hat{=}$  wasserarmen Jahren), Mittelwasser und 5jähriges Hochwasser ( $\hat{=}$  wasserreichen Jahren) wird der Betrieb der Ableitungsbauwerke simuliert, um sowohl Aussagen über den normalen Umfang der Landbewirtschaftung zu erhalten als auch die Abhängigkeit der Landwirtschaft vom Wasserdargebot als begrenzendem Faktor zu verdeutlichen (wasserarme Jahre) sowie die potentiellen Möglichkeiten in wasserreichen Jahren aufzuzeigen.

Nicht der gesamte Zufluß zum Stauraum gelangte auch zum Abfluß auf die Oase. Zur Erstellung des Abflußganges, die mit Hilfe der Betriebssimulationen erfolgt, sind daher sowohl naturbedingte Verluste durch Stauraumretention als auch vom Menschen vorgenommene Eingriffe zu berücksichtigen: Die Simulationen werden mit den vier infolge baulicher Veränderungen an den Ausläßen der Ableitungsbauwerke zur Nord- und Südoase, im Laufe der letzten Betriebsperiode zeitlich aufeinanderfolgenden Betriebsphasen 1 bis 4 durchgeführt; zusätzlich wird als Steuerungsmaßnahme das Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich des Nordbaus vorgesehen.

Der Bewässerungswasserbedarf der antiken Oase wurde unter den gegebenen örtlichen Verhältnissen

im wesentlichen bestimmt durch den Umfang der Anbaufläche sowie die angebauten Kulturarten, d. h. deren spezifischen Wasserbedarf.

Während der letzten Betriebsperiode I war die Oase in vier Teilsysteme untergliedert: auf der Nordoase das Hauptverteiler- und das Ġufaina-System, auf der Südoase das Hauptkanal- und das Wadi-System. Zu berücksichtigen ist, daß diese vier Systeme während Betriebsperiode I nie gleichzeitig bewässert wurden, sondern in Abhängigkeit von baulichen Maßnahmen an Nord- und Südbau und der Bauanlage al-Mabnā. Die einzelnen Teilsysteme lassen sich nochmals in Teilflächen untergliedern, die möglicherweise unterschiedliche Priorität bei der Wasserversorgung besaßen.

Es wird angenommen, daß die mit Dauerkulturen bestandenen 20 % der Anbaufläche bei der Bewässerung vorrangig berücksichtigt wurden und daß deren aus dem Sayl gedeckter mittlerer jährlicher Wasserbedarf entsprechend der Aufteilung der Jahresabflußsumme auf die beiden Bewässerungsperioden im Frühjahr und Hochsommer zugeführt wurde. Eine Anpassung an das wechselnde Dargebot war somit lediglich über den jeweiligen Umfang der mit saisonalen Kulturen bebauten Flächen möglich. Der unter den genannten Vorgaben resultierende Abfluß auf die vier Teilsysteme der Oase wird in Bezug zum jeweiligen Wasserbedarf gesetzt; man erhält so unter Berücksichtigung der Gesamteffektivität des Bewässerungssystems eine theoretische Bewässerungsfläche, die als maßgeblicher Wert für die Darstellung der Ergebnisse der Bilanzierung dient. Diese betreffen im wesentlichen die folgenden Fragestellungen:

- Wirkungsgrad der Bauanlage al-Mabnā:  
Erwartungsgemäß zeigt sich eine in der baulichen Konstruktion von al-Mabnā begründete starke Abhängigkeit des Wirkungsgrades von den bei unterschiedlichem Wasserdargebot auftretenden verschiedenen Zuflüssen zur Bauanlage, die die Einflüsse von baulichen Veränderungen an Nord- und Südbau deutlich übertrifft.
- Einfluß der Steuerung des Auslaßbereiches AN(2) im Nordbau:  
Die Intention für das Einlegen von Dammbalken in den Auslaßbereich AN(2) des Nordbaus lag offensichtlich im Hochwasserschutz der Nordoase begründet.
- Zuordnung möglicher Bewässerungsflächen zu den Betriebsphasen der Betriebsperiode I:  
Die Bilanzierung ermöglicht für jedes der vier Teilsysteme auf Nord- und Südoase eine Aussage über den Umfang der während der aufeinanderfolgenden Betriebsphasen 1 bis 4 bewässerbaren Fläche. Dabei ist eine Unterscheidung möglich zwischen den Anbauflächen, die im Rahmen der vorgenommenen Untersuchung regelmäßig zweimal pro Jahr bewässert und auf deren mit saisonalen Kulturen bebautem Anteil somit zwei Ernten pro Jahr erzielt werden konnten, und den eher peripheren Flächen, die nur im Abstand mehrerer Jahre eine Ernte erlaubten.  
Aufgrund von Sedimentmächtigkeiten bzw. Höhendifferenzen zwischen Sedimenten, die bestimmten Bauwerkszuständen zuzuordnen sind, läßt sich die Dauer der einzelnen Betriebsphasen errechnen, so daß schließlich unter Bezug dieser relativen Zahlen auf das Datum der endgültigen Aufgabe der Oase die jeweilige Ausdehnung der Bewässerungsfläche in ihrer zeitlichen Entwicklung während Betriebsperiode I dargestellt werden kann.

g) Den Abschluß der Untersuchung bilden einige Überlegungen zu den organisatorisch-rechtlichen Aspekten des sabäischen Bewässerungslandbaus.

Bau, Instandhaltung und Betrieb der im Verlauf der langen Entwicklung an Größe und technischer Perfektion gewinnenden Bewässerungsanlagen erforderten eine zentrale Lenkung durch staatliche Institutionen; ohne diese wären insbesondere die sehr komplexen hydraulischen Abstufungen sowohl an den Wasserfassungs- als auch an den Wasserverteilungsanlagen nicht zu realisieren gewesen. Im einzelnen wurde die Wasserverteilung gemäß dem Vorrecht des Oberliegigers vorgenommen, was in der vom Hauptverteiler ausgehenden Terrassierung der Nordoase dokumentiert ist.

Hinsichtlich der Bodennutzung auf der antiken Oase ist festzustellen, daß lediglich der Besitz bewäs-

serbaren Bodens sowie der zugehörigen Bewässerungsrechte privaten Charakter haben konnte. Die Nutzung der Viehweiden und die Neulandgewinnung erfolgten gemeinschaftlich, letztere auf Veranlassung staatlicher Institutionen. Diese nahmen auch die zentrale Erfassung der Ernte vor und führten möglicherweise in gewissem Umfang eine Anbauplanung durch.

Insgesamt betrachtet stellt die sabäische Bewässerungswirtschaft somit neben der beeindruckenden technischen auch eine große organisatorische Leistung der Sabäer über Jahrtausende dar, die erst mit dem Zerfall des politischen Gefüges des Sabäerreichs nicht mehr erbracht werden konnte. Dies dürfte die tiefer liegende Ursache für die Aufgabe und den Verfall der Oase gewesen sein.

## Literaturverzeichnis

- ACHTNICH, W. Bewässerungslandbau, Stuttgart 1980.
- ACHTNICH, W., BARTELINK, A., FOLJANTI, K., DE HAEN, H., SCHULZ, M. und WENIGER, J. H. Evaluierung der bisherigen Aktivitäten des Projekts „Landwirtschaftsprogramm Al Boun, Jemenitische Arabische Republik“ für den Zeitraum Juni 1977 bis August 1982 und Vorschläge für eine Fortsetzung der deutschen Leistungen. Im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ, Eschborn), Göttingen 1983.
- AL-HUBAISHI, A. and MÜLLER-HOHENSTEIN, K. An Introduction to the Vegetation of Yemen. Ecological basis, floristic composition, human influence, Eschborn 1984.
- ARNON, I. Crop Production in Dry Regions, London 1972.
- BEESTON, A. F. L., GHUL, M. A., MÜLLER, W. W. and RYCKMANS, J. Sabaic Dictionary/Dictionnaire Sabéen, Louvain/Beyrouth 1982.
- BENT, T. and BENT, M. V. A. Southern Arabia, London 1900.
- BERNHARDT, H. Wasseraufbereitung, in: Taschenbuch der Wasserwirtschaft<sup>6</sup>, hrsg. v. H. Bretschneider, K. Lecher und M. Schmidt, S. 789–815, Hamburg/Berlin 1982.
- DIE BIBEL, hrsg. v. Kirchenrat des Kantons Zürich, Stuttgart 1972.
- BOLHUIS, G. G. Dattelpalme, in: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Bd. 2, hrsg. v. P. v. Blanckenburg und H.-D. Cremer, S. 448–453, Stuttgart 1971.
- BOWEN, R. le Baron Irrigation in Ancient Qatabân (Beihân), in: Archaeological Discoveries in South Arabia, edited by R. le Baron Bowen and F. P. Albright, S. 43–132, Baltimore 1958.
- BRUNNER, U. Die Erforschung der antiken Oase von Märib mit Hilfe geomorphologischer Untersuchungsmethoden, Archäologische Berichte aus dem Yemen, Bd. II, Mainz 1983.
- STATISTISCHES BUNDESAMT Länderbericht Jemen, Arabische Republik, Wiesbaden 1985.
- CHRISTIANSEN-WENIGER, F. Die Landwirtschaft von Jemen, in: Berichte über Landwirtschaft N. F. Bd. 37, H. 3, 1959, S. 681–708.
- CHRISTIANSEN-WENIGER, F. Alte Methoden der Wassergewinnung für Bewässerungszwecke im Nahen und Mittleren Osten unter besonderer Berücksichtigung der Kanate, in: Wasser und Nahrung I/II 1961, S. 28–31, 73–84.
- CHRISTIANSEN-WENIGER, F. Bodenbearbeitung, in: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Bd. 2, hrsg. v. P. v. Blanckenburg und H.-D. Cremer, S. 126–142, Stuttgart 1971.
- COCQUERILLAT, D. Palmeraies et Cultures de l'Eanna d'Uruk (559–520), Ausgrabungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Uruk-Warka, Bd. 8, Berlin 1968.
- DEQUIN, H. Arabische Republik Jemen. Wirtschaftsgeographie eines Entwicklungslandes, Riyadh 1976.
- DOORENBOS, J. and KASSAM, A. H. Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome 1979.
- EGGER, K. Ökologie als Produktivkraft. Erfahrungen bei „Ecofarming“ in Ostafrika, in: Agrarreform in der Dritten Welt, hrsg. v. H. Elsenhans, S. 217–254, Frankfurt (Main)/New York 1979.
- ELECTROWATT ENGINEERING SERVICES LTD. Marib Dam and Irrigation Project, Yemen Arab Republik, Main Report, Zürich 1978.

- ESCHER, H. A. Wirtschafts- und sozialgeographische Untersuchungen in der Wādī Mawr-Region (Arabische Republik Jemen), Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe B (Geisteswissenschaften), Nr. 23, Wiesbaden 1976.
- EVENARI, M. Die Wüste Negev soll wieder fruchtbar gemacht werden, in: Die Umschau in Wissenschaft und Technik H. 15/16, 1964, S. 463-466, 481-485.
- EVENARI, M. Wassereinsparung aus bodenkundlicher und pflanzenphysiologischer Sicht, in: Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft 10. Jg., H. 1, 1975, S. 111-131.
- EVENARI, M. Die Nabatäer im Negev, in: Petra und das Königreich der Nabatäer<sup>4</sup>, hrsg. v. M. Lindner, S. 118-138, München/Bad Windsheim 1983.
- EVENARI, M. Bewässerung wie zu Salomos Zeiten. Die Wüste blüht, in: Bild der Wissenschaft 21. Jg., H. 9, 1984, S. 90-102.
- EVENARI, M., SHANAN, L. and TADMOR, N. The Negev. The Challenge of a Desert, Cambridge (Massachusetts) 1971.
- EVENARI, M., NESSLER, U., ROGEL, A. und SCHENK, O. Antike Technik im Dienste der Landwirtschaft in ariden Gebieten, in: Der Tropenlandwirt 76. Jg., 1975, S. 11-21.
- FAO PLANT PRODUCTION AND PROTECTION PAPER 35 Date Production and Protection. With special reference to North Africa and the Near East, Rome 1982.
- FINCK, A., Fruchtbarkeit tropischer Böden, in: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Bd. 2, hrsg. v. P. v. Blanckenburg und H.-D. Cremer, S. 99-125, Stuttgart 1971.
- FORRER, L. Südarabien nach al-Hamdānī's „Beschreibung der Arabischen Halbinsel“, in: Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes, Bd. 27, Nr. 3, Leipzig 1942.
- FRANKE, W. Nutzpflanzenkunde. Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen, Stuttgart 1976.
- GERIG, M. Beiträge zur Erforschung der antiken und mittelalterlichen Oase von Mārib, in: Archäologische Berichte aus dem Yemen, Bd. I, hrsg. v. J. Schmidt, S. 33-55, Mainz 1982.
- GLASER, E. Eduard Glasers Reise nach Mārib, hrsg. v. D. H. v. Müller und N. Rhodokanakis, Sammlung Eduard Glaser I, Wien 1913.
- GLENNIE, K. W. Desert Sedimentary Environments, Developments in Sedimentology, Bd. 14, Amsterdam/London/New York 1970.
- GROHMANN, A. Südarabien als Wirtschaftsgebiet Teil I, Osten und Orient, I. Reihe Forschungen, 4. Bd., Wien 1922.
- HERBERG, W. Baukomplex B im Wādī Dana, in: Archäologische Berichte aus dem Yemen, Bd. III, hrsg. v. J. Schmidt, S. 33-57, Mainz 1986.
- HÖFNER, M. Inschriften aus Širwāḥ, Ḥaulān (II. Teil). Mit einem Anhang von Walter W. Müller, Sammlung Eduard Glaser XII, in: Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., phil.-hist. Kl., 304. Bd., 5. Abh., Wien 1976.
- IRVINE, A. K. A Survey of Old South Arabian Lexical Materials Connected with Irrigation Techniques, Diss. Univ. of Oxford 1962.
- JAMME, A. Sabaean Inscriptions from Maḥram Bilqīs (Mārib), Publications of the American Foundation for the Study of Man III, Baltimore 1962.
- JASHEMSKI, W. F. Forschungen und Entdeckungen in den Gärten Pompejis, in: Antike Welt 8. Jg., 1977, S. 2-16.

- KEDAR, Y. Water and Soil from the Desert: Some Ancient Agricultural Achievements in the Central Negev, in: *Geographical Journal* 1957, S. 179-187.
- KOPP, H. Al-Qāsim. Wirtschafts- und sozialgeographische Strukturen und Entwicklungsprozesse in einem Dorf des jemenitischen Hochlandes, Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe B (Geisteswissenschaften), Nr. 31, Wiesbaden 1977.
- KOPP, H. Agrargeographie der Arabischen Republik Jemen. Landnutzung und agrarsoziale Verhältnisse in einem islamisch-orientalischen Entwicklungsland mit alter bäuerlicher Kultur, Erlanger Geographische Arbeiten, Sonderband II, Erlangen 1981.
- DER KORAN, aus dem Arabischen übertragen von Max Henning, Stuttgart 1982.
- MATHIEU, K. Der Hauptverteiler auf der Nordoase von Mārib, in: *Archäologische Berichte aus dem Yemen*, Bd. III, hrsg. v. J. Schmidt, S. 3-20, Mainz 1986.
- MEYER, A. *Wissenschaftliche Drogenkunde*, Bd. 2, Berlin 1892.
- MÜLLER, W. W. Altsüdarabische und frühnordarabische Inschriften, in: *Texte aus der Umwelt des Alten Testaments*, hrsg. v. O. Kaiser, Bd. I: Rechts- und Wirtschaftsurkunden. Historisch-chronologische Texte, S. 651-668, Gütersloh 1982-85.
- MÜLLER, W. W. Altsüdarabische Dokumente, in: *Texte aus der Umwelt des Alten Testaments*, hrsg. v. O. Kaiser, Bd. I: Rechts- und Wirtschaftsurkunden. Historisch-chronologische Texte, S. 268-282, Gütersloh 1982-85.
- MÜLLER, W. W. Altsüdarabische Inschriften, in: *Texte aus der Umwelt des Alten Testaments*, hrsg. v. O. Kaiser, Bd. II: Religiöse Texte, Lfg. 1: Deutungen der Zukunft in Briefen, Orakeln und Omina, S. 149-157, Gütersloh 1986.
- MÜLLER, W. W. Notiz zu 'byn am Bau B, in: *Archäologische Berichte aus dem Yemen*, Bd. III, hrsg. v. J. Schmidt, S. 57 f., Mainz 1986.
- MÜLLER, W. W. Arabische Einflüsse auf die deutsche Sprache, in: *Mediterrane Kulturen und ihre Ausstrahlung auf das Deutsche = Marburger Studien zur Germanistik* 8, S. 84-116, Marburg 1986.
- MÜLLER, W. W. Altsüdarabische Rituale und Beschwörungen, in: *Texte aus der Umwelt des Alten Testaments*, hrsg. v. O. Kaiser, Bd. II: Religiöse Texte, Lfg. 3: Rituale und Beschwörungen II, S. 438-452, Gütersloh 1988.
- NULTSCH, W. *Allgemeine Botanik*<sup>6</sup>, Stuttgart 1977.
- RADERMACHER, H., HEHMEYER, I., PIWONKA, W., SCHALOSKE, M., TISCHBEIN, B. und WAGNER, W. *Antike Technologie - Die Wasserkulturen der Sabäerhauptstadt Mārib*. Forschungsbericht der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Untersuchungen, Bonn 1987 (unveröffentlicht).
- RATHJENS, C. Sabaeica. Bericht über die archäologischen Ergebnisse seiner zweiten, dritten und vierten Reise nach Südarabien, II. Teil: Die unlokalisierten Funde, Mitteilungen aus dem Museum für Völkerkunde in Hamburg XXIV, Hamburg 1955.
- RATHJENS, C. und WISSMANN, H. v. Rathjens-v. Wissmannsche Südarabien-Reise, Bd. 3: *Landeskundliche Ergebnisse*, Hamburgische Universität, Abhandlungen aus dem Gebiet der Auslandskunde, Bd. 40; Reihe B, Völkerkunde, Kulturgeschichte und Sprachen, Bd. 20, Hamburg 1934.
- RETHWILM, D. und BRANDES, W. Vorschläge zur Weiterführung des Projektes „Landwirtschaftsprogramm Al Boun, Jemenitische Arabische Republik“. Durchführbarkeitsstudie, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn 1979.
- RHODOKANAKIS, N. Die Bodenwirtschaft im alten Südarabien, in: *Anz. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss., phil.-hist. Kl.* Jg. 53, Nr. 26, 1916, S. 173-198.

- RHODOKANAKIS, N. Studien zur Lexikographie und Grammatik des Altsüdarabischen II, in: Sitzungsber. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss., phil.-hist. Kl., 185. Bd., 3. Abh., Wien 1918.
- RHODOKANAKIS, N. Ḳatabanische Texte zur Bodenwirtschaft, in: Sitzungsber. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss., phil.-hist. Kl., 194. Bd., 2. Abh., Wien 1923.
- RHODOKANAKIS, N. Ḳatabanische Texte zur Bodenwirtschaft (zweite Folge), in: Sitzungsber. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss., phil.-hist. Kl., 198. Bd., 2. Abh., Wien 1923.
- RHODOKANAKIS, N. Zur altsüdarabischen Epigraphik und Archäologie I, in: Wiener Zeitschrift für die Kunde des Morgenlandes 38, 1931, S. 167–182.
- RODINSON, M. Ghidhā<sup>3</sup>, in: The Encyclopaedia of Islam, New Edition, edited by B. Lewis, C. Pellat and J. Schacht, S. 1057–1072, Leiden/London 1965.
- SCHEIL, V. De l'exploitation des dattiers dans l'ancienne Babylonie, in: Revue d'Assyriologie 10, 1913, S. 1–9.
- SCHMIDT, J.: Die älteren Bauanlagen der Wasserwirtschaft im Wādī Dana, in: Archäologische Berichte aus dem Yemen, Bd. I, hrsg. v. J. Schmidt, S. 20–25, Mainz 1982.
- SCHOCH, R. Wasserbauten auf der Nordoase, in: Archäologische Berichte aus dem Yemen, Bd. I, hrsg. v. J. Schmidt, S. 25–33, Mainz 1982.
- SCHWEIZER, G. Traditionelle Lebens- und Wirtschaftsformen im Wandel, in: Saudi-Arabien. Natur, Geschichte, Mensch und Wirtschaft, hrsg. v. H. Blume, S. 184–252, Tübingen/Basel 1976.
- STRASBURGER, E. Lehrbuch der Botanik für Hochschulen<sup>31</sup>, begr. v. E. Strasburger, F. Noll, H. Schenck und A. F. W. Schimper, neubearb. von D. v. Denffer, F. Ehrendorfer, K. Mägdefrau und H. Ziegler, Stuttgart/New York 1978.
- TSCHIRCH, A. Handbuch der Pharmakognosie, Leipzig 1917.
- WARBURG, O. Die Pflanzenwelt, Bd. 2: Dicotyledonen. Vielfrüchtler (Polycarpicae) bis Kaktusartige Gewächse (Cactales), Leipzig/Wien 1916.
- WILDENHAHN, E. Traditional Irrigation Systems in the Southwest of Saudi Arabia, in: DVWK Bulletin 9: Traditional Irrigation Schemes and Potential for their Improvement, Irrigation Symposium Kongress Wasser Berlin 85, S. 119–134, Hamburg/Berlin 1985.
- WISSMANN, H. v. Die Geschichte des Sabäerreichs und der Feldzug des Aelius Gallus, in: Aufstieg und Niedergang der Römischen Welt, hrsg. v. H. Temporini und W. Haase, II. Principat, 9. Bd., 1. Halbbd., S. 308–544, Berlin/New York 1976.
- WISSMANN, H. v. Die Geschichte von Saba<sup>3</sup> II. Das Großreich der Sabäer bis zu seinem Ende im frühen 4. Jh. v. Chr., hrsg. von W. W. Müller, Sitzungsber. d. Österr. Akad. d. Wiss., phil.-hist. Kl., 402. Bd., Wien 1982.
- WISSMANN, H. v. und HÖFNER, M. Beiträge zur historischen Geographie des vorislamischen Südarabien, in: Abh. d. Akad. d. Wiss. u. d. Lit. geistes- u. sozialwiss. Kl., Jg. 1952, H. 4, S. 219–385.
- WOLFF, P. Wasserhaushaltsprobleme in Trockengebieten, in: Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 5, 1974, S. 19–34.

## Abbildungsnachweis

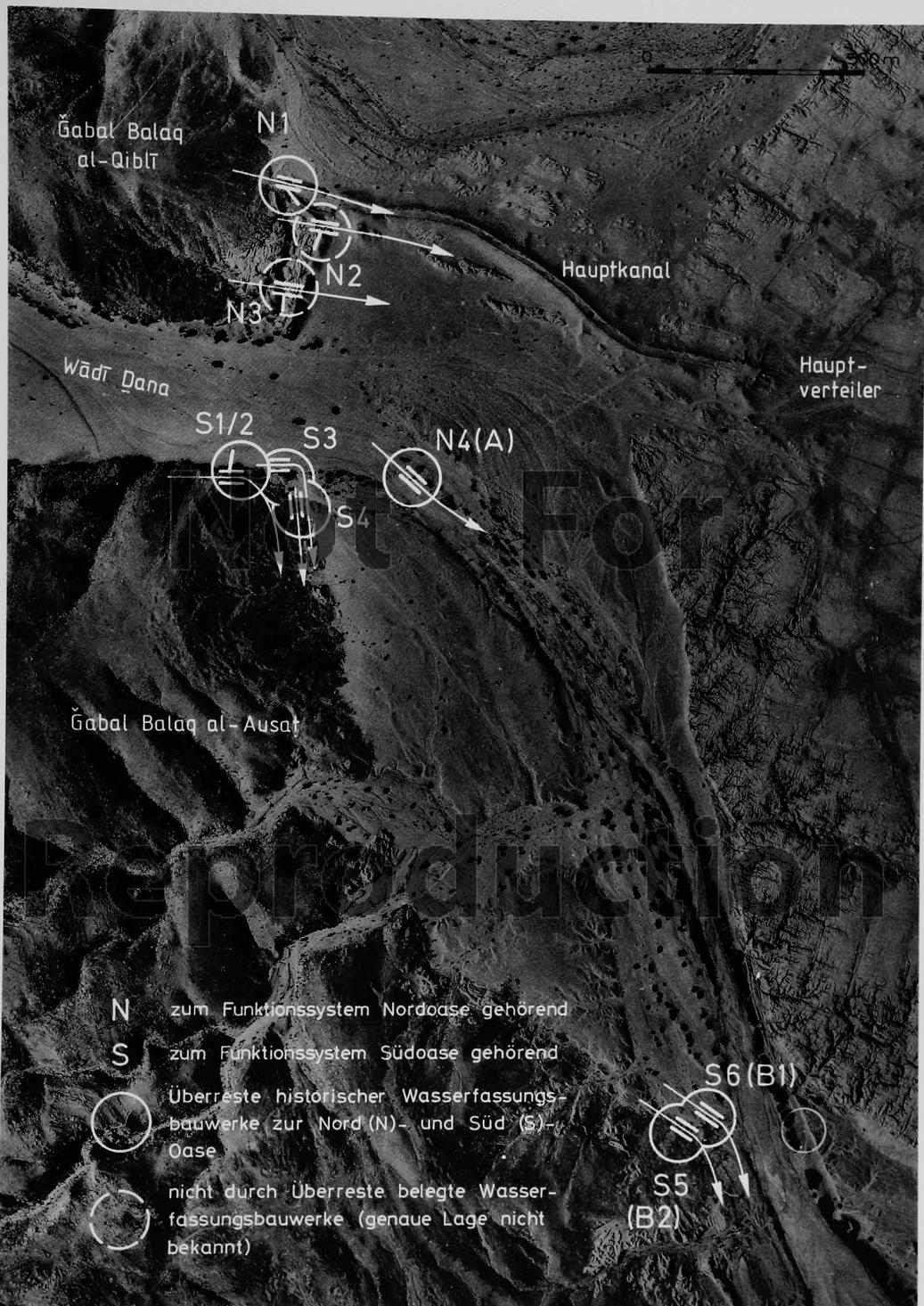
- Abb. 6: aus F. Christiansen-Weniger, Wasser und Nahrung I/II, 1961, 28
- Abb. 7: vervollständigt nach U. Brunner, Die Erforschung der antiken Oase von Märib mit Hilfe geomorphologischer Untersuchungsmethoden, ABADY II (1983) Abb. 31
- Abb. 9: nach H. Radermacher et al., Antike Technologie - Die Wasserkulturen der Sabäerhauptstadt Märib (1987) (unveröffentlicht) Anlage A 11
- Abb. 11: Rekonstruktionsversion 3, nach H. Radermacher et al. a. O. Abb. C2-56

## Tafelnachweis

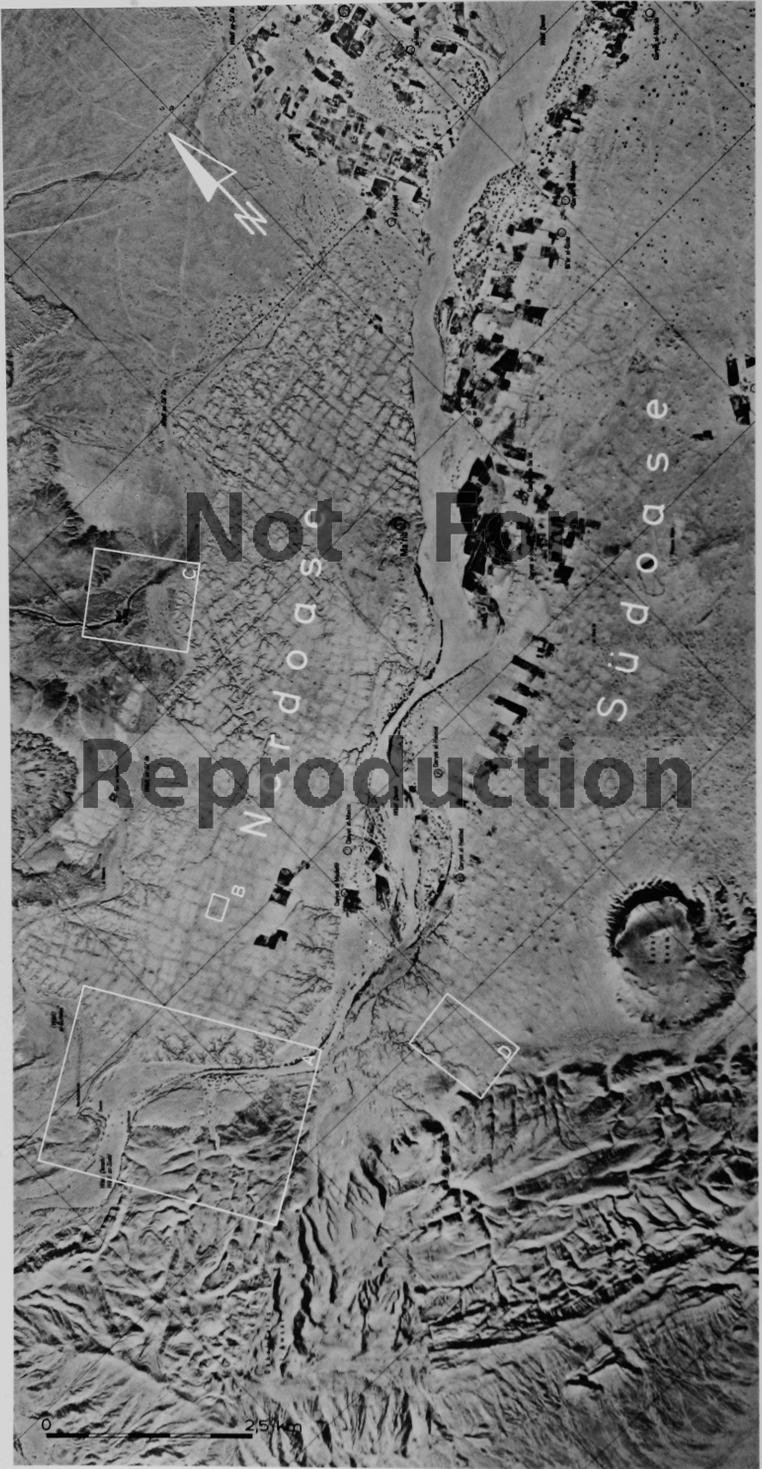
- Taf. 1: nach H. Radermacher et al., Antike Technologie - Die Wasserkulturen der Sabäerhauptstadt Märib (1987) (unveröffentlicht) Abb. C2-2
- Taf. 7c: aus F. Christiansen-Weniger in: P. v. Blanckenburg - H.-D. Cremer (Hrsg.), Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern II (1971) 129
- Taf. 10c: aus FAO Plant Production and Protection Paper 35, Date Production and Protection (1982) 100

Tafeln 1-12





Übersicht über die Lage der Großbauwerke zur Wasserfassung am Wādī Dana (zur Lage des Ausschnittes vgl. Taf. 2-A)



Luftbildübersicht der Nord- und Südoase sowie der verwendeten Luftbildausschnitte (A: Taf. 1; B: Taf. 3a; C: Taf. 3b; D: Abb. 7)

a. Kanalstrukturen (1 und 2) auf der Nordoase im Luftbild (zur Lage des Ausschnitts vgl. Taf. 2-B). Bei den hell erscheinenden Strukturen handelt es sich um die verwitterungsbeständigeren und daher das Oasensediment überragenden Sohlensedimente der beiden durch seitliche Verlegung entstandenen, parallelen Kanalsohlen. Die dazu parallel liegenden, im Vergleich dunkleren Strukturen dokumentieren den Verlauf der aufgrund der Reliefumkehr gegenüber der Kanalsohle leicht eingetieften ehemaligen Kanal-dämme. (Der Abstand zwischen den Punkten 1 und 2 beträgt ca. 220 m.)



b. Neulandgewinnung nördlich des Wādī al-Alīb (zur Lage des Ausschnitts vgl. Taf. 2-C)





a. Kanalarrest im Profil auf der Südoase (aus den Sohlensedimenten bestehend)



b. Detail eines Kanaldammes im Profil mit Bodenfragmenten in ungeordneter Lagerung



c. Relieffurche bei einem Feldwall



d. Antike Pflugspuren, partiell von Bewässerungssedimenten überlagert



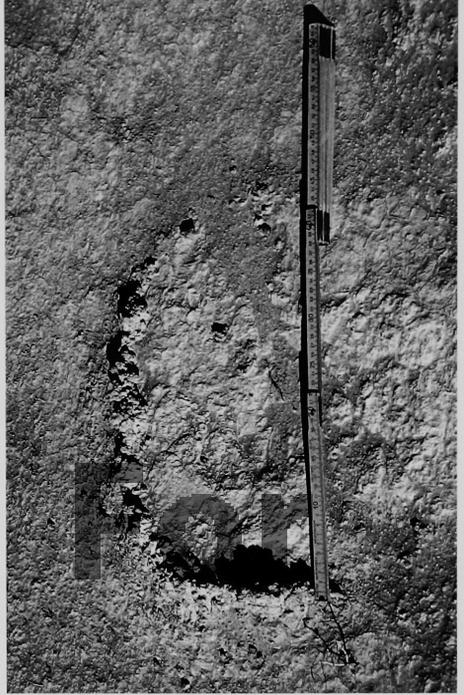
a. Pflugsuren in einer breiten Erosionsrinne. Auf den im Schatten liegenden Sedimenten ist deutlich sichtbar, daß die Pflugsuren dem Verlauf der Erosionsrinne folgen



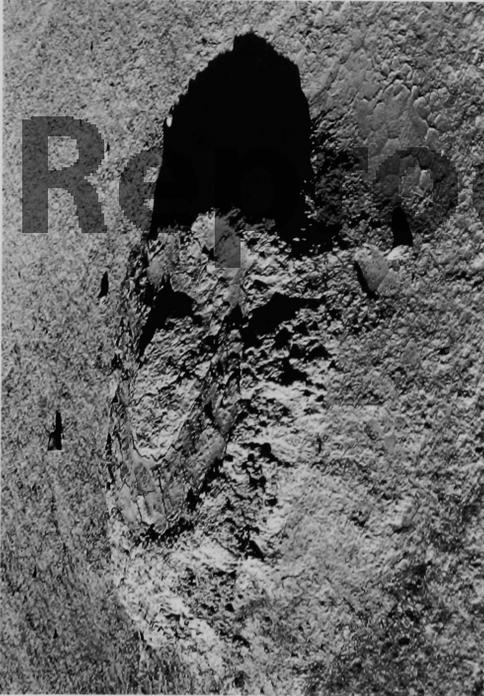
c. Erdring mit Holzresten



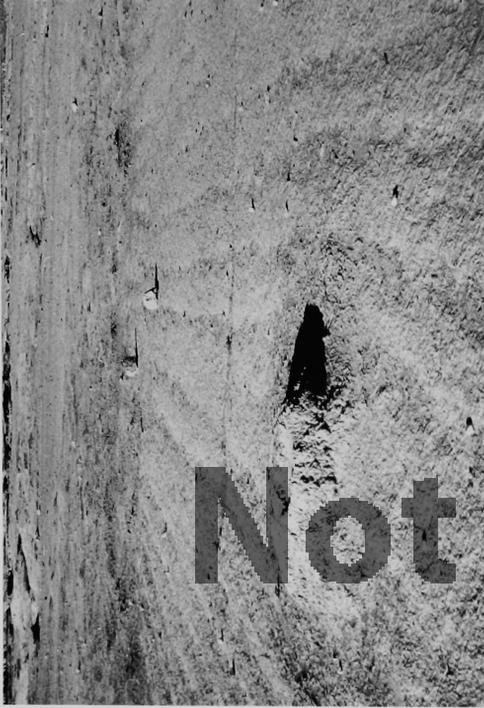
b. Erdring



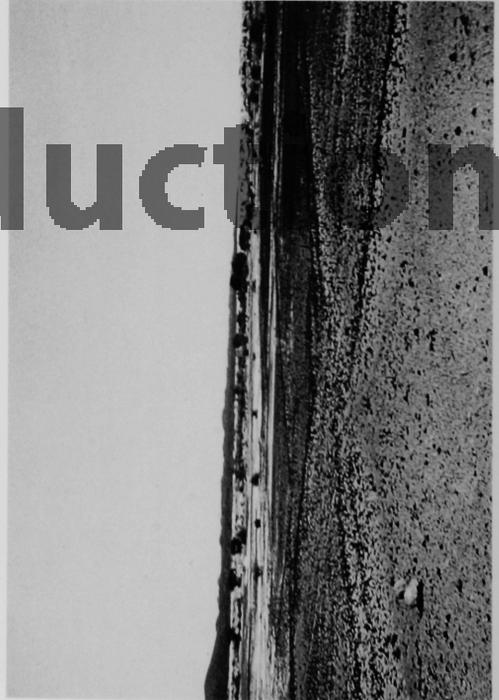
d. Erdring mit Tonrand



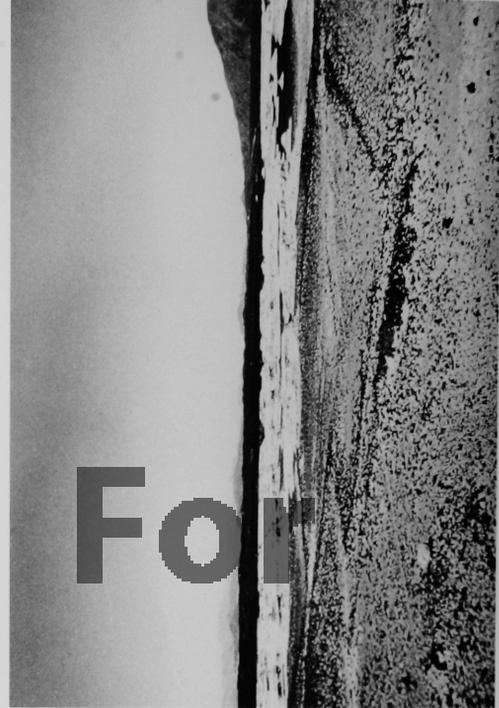
a. Erdstotzen (mit Erdring auf der Stotzenoberfläche)



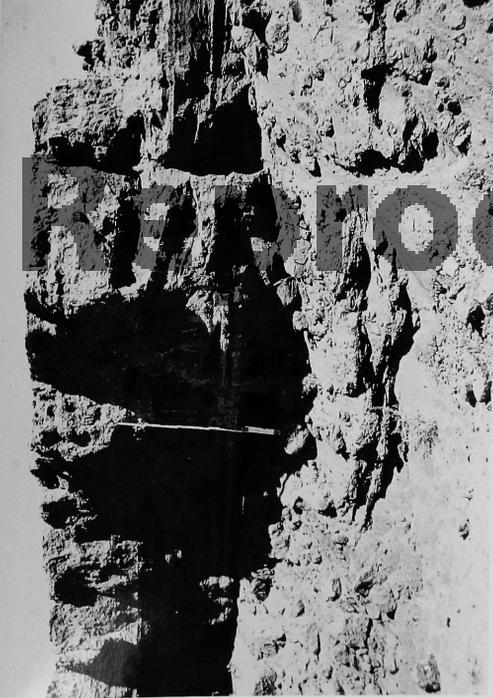
b. Erdstotzen mit ihm ausweichenden Pflugspuren



c. Regelmäßiges Netz aus Lavawällen



d. Lavawälle, im Hintergrund vollständig eingesedimentiert



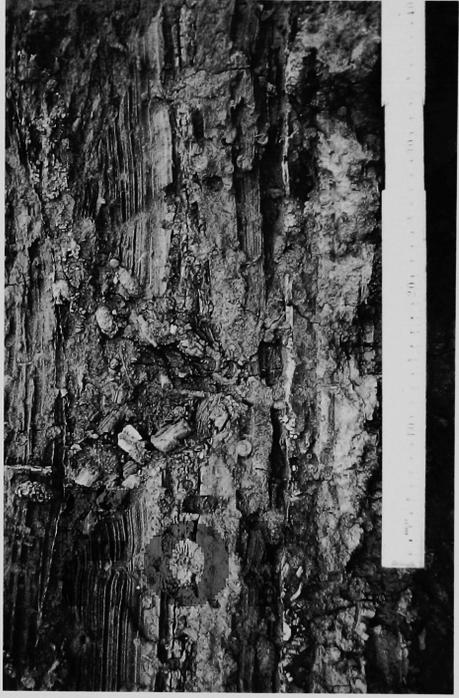
a. Feldwall mit rechts- und linksseitig anschließenden Felddanschlüssen (Gesamtansicht)



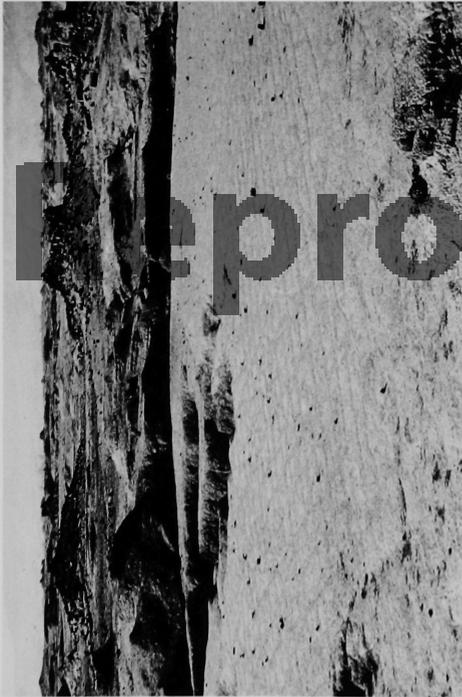
b. Linke Seite des Feldwalls (vgl. Taf. 7a) mit Felddanschluß



c. Yemenitischer Haken-Ritzpflug



d. Pflugspar im Profil (rechts und links geschichtete Sedimentpakete)



a. Feld mit rechtwinklig zueinander verlaufenden Pflugsuren



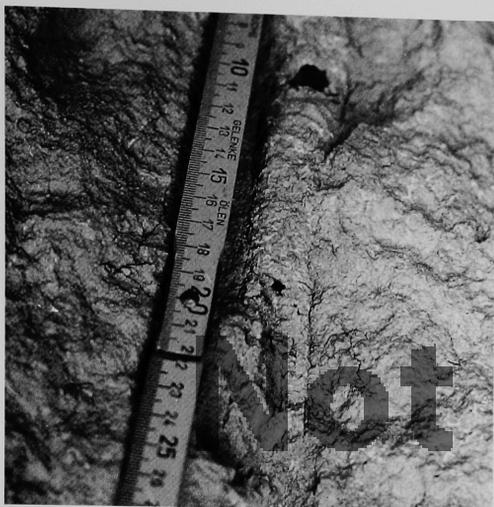
c. Abbrücke von Halmstrukturen auf einer Sedimentschicht



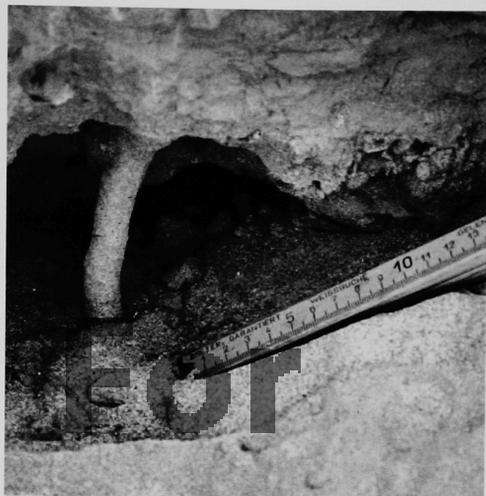
b. Aschehorizont in Sedimentstotzen



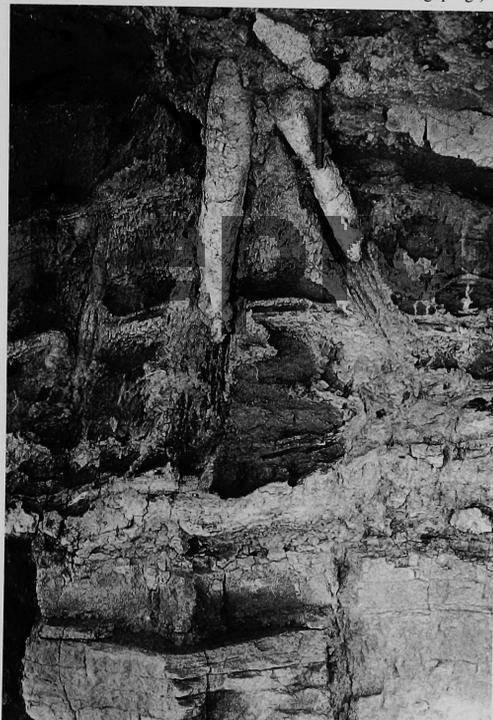
d. Sekundär verfüllte Wurzelröhren in mergeliger Bodenschicht (am linken unteren Bildrand ist die äußere, ver kittete Schicht der sekundär verfüllten Wurzelröhre zerstört, wodurch die Unterschiedlichkeit des Materials von umgebendem Boden und sekundärer Verfüllung gut erkennbar wird)



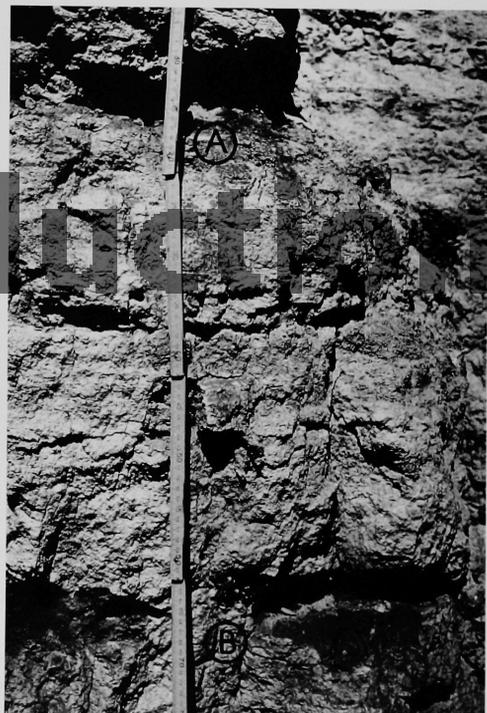
a. Wurzelröhre mit verklebter Wand, innen hohl (die verklebte Wand ist im vorliegenden Fall besonders dick ausgeprägt)



b. Sekundär verfüllte Wurzelröhre in Sandschicht



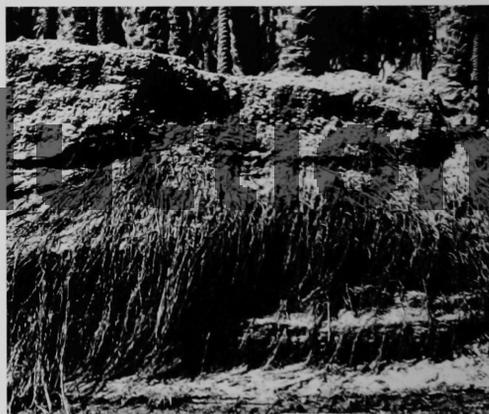
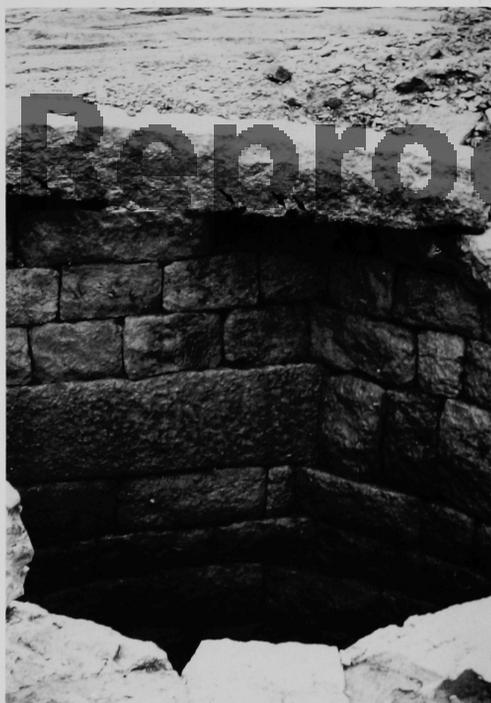
c. Ungleichmäßig geformte Wurzelreste in Sedimentwand



d. Überreste einer organischen Düngung (im Sediment sind deutlich die zwei übereinanderliegenden dunklen Horizonte A und B erkennbar)



a. Getreidefeld bei Qaryat al-Musallil (die helle sandige Struktur am linken oberen Bildrand ist ein ins Wadi geschobener Ablenkdam) )



c. Nach Abfluß von Sturzwasser freigelegtes Wurzelnetz von Dattelpalmen

b. Sabäischer Brunnen auf der Südoase. Der oberste Stein quer über dem Brunnenrand ist ein umgedreht liegender ehemaliger Randstein, der einige tiefe Schleifspuren aufweist (siehe Pfeile)



a. In einem Obstgarten im rekultivierten Teil der Südoase



b. Anbau von Gerste in einer Dattelpflanzung in Ägypten



c. Orangenanbau bei Muldenbewässerung mit Anschluß an ein Kanalsystem im rekultivierten Teil der Südoase

A - E: Grenzlinien zwischen Teilsystemen mit weitgehend voneinander unabhängiger Wasser-  
versorgung bzw. zwischen deren mit unterschiedlicher Priorität bewässerten Teil-  
flächen  
1 - 4: Teilflächen der Südoase  
///////: nordwestliche Terrassen des Hauptkanal-Systems/Südoase, die während Betriebsperio-  
de I nicht bewässert wurden  
Rasterabstand = 2,5 km



Überblick über die Funktionssysteme auf der antiken Oase während Betriebsperiode I











