

# NACHRICHTEN DER SUDANARCHÄOLOGISCHEN GESELLSCHAFT ZU BERLIN E.V.

PAWEL WOLF

## BEMERKUNGEN ZUM SCHUTZ DER DENKMÄLER VON MUSAWWARAT ES SUFRA VOR WIND- UND SANDEROSION

### TEIL II: MÖGLICHKEITEN DES SCHUTZES

#### I. EINLEITUNG

Der erste Teil dieses Beitrages untersuchte die Zerstörungsformen und die ihnen unterliegenden Mechanismen der Wind- und Sanderosion in Musawwarat es Sufra (Wolf 1995). Er sollte veranschaulichen, daß die Erosionsprozesse in Abhängigkeit verschiedener Faktoren auf unterschiedliche Weise in Musawwarat wirken: als Korrasion durch Staubwind und – vor allem an der Westseite des Wadi – als Korrasion durch Sandpartikel mit erheblich stärkerer Zerstörungskraft. Außerdem fördert die Akkumulation von Sanddünen an den Bauwerken einen weiteren sehr aggressiven Zerstörungsprozeß: die Salzdruckverwitterung (s. Wolf 1995: 13 u. Anm. 4). Der wirksamste Schutz der Tempel wäre daher ihre Umbauung und Überdachung, verbunden mit einer zumindest partiellen Entsalzung des antiken Baumaterials. Die auf diese Weise zu schaffenden konstanteren Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse eignen sich am besten dazu, auch dem Faktor Salzdruckverwitterung entgegenzuwirken. Jedoch sind für ein derartiges Vorhaben nicht nur die gigantischen Kosten kaum realisierbar. Auch der kulturhistorisch-denkmalflegerische Aspekt der Eingliederung solcher Schutzbauwerke in das Gesamterscheinungsbild des Altertümerplatzes wäre zu diskutieren – eine Diskussion, die über den Rahmen dieses Arbeitspapiers hinausgeht. Dennoch sollte sie keinesfalls außerhalb zukünftiger Träume bleiben. Als architektonisches Großprojekt der Postmoderne wäre diese Variante durchaus architekturwettbewerbsreif, obwohl sie gegenwärtig mangels Tourismus potentiellen Investoren kaum lukrativ erschei-

nen dürfte. Im vorliegenden Beitrag sollen daher zwei schlichtere Schutzmaßnahmen vorgestellt werden: Der Windschutz als Mittel gegen die Korrasion des Staubwindes und der Sandschutz als Vorkehrung gegen den äolischen Sandtransport in der Nähe der Denkmäler und die durch ihn verursachte Erosion und Sandakkumulation an den Bauwerken.<sup>1)</sup>

Ausgehend von den topographischen Verhältnissen in Musawwarat (s. Wolf 1995: 16 – 17) dürften auf der Ostseite des Wadi, am Apedemak-Tempel und am Tempel II A, Windschutzpflanzungen ausreichend sein (s. Kap. 2). Auf der Westseite des Wadi, wo wesentlich mehr Sand in Bewegung ist, wird man die Pflanzungen durch Maßnahmen zum Sandschutz ergänzen müssen. Beispielsweise durch Temenosmauern oder Sandschutzpalisaden, die den Sand stoppen oder umleiten, ihn also gar nicht erst in die Nähe der Denkmäler gelangen lassen (s. Kap. 3).

1) Das im Folgenden Zusammengetragene beruht auf zahlreichen Gesprächen mit Fachleuten unterschiedlicher Arbeitsgebiete. Ihnen allen möchte ich an dieser Stelle herzlich danken, insbesondere den Mitarbeitern des Forestry Departments Shendi; Omer M. Kheir und E. M. Abdel Rahman (Geologen); H. Kehl (Ökologe); A. Schmidt (Botaniker); K. Jensen und U. Nedermair (Pumpenexperten, DED); A. Grüb (Ethnologe); M. Rieck (Solarenergetiker); T. Mills und O. Kaaper (Dakhla Oasis Project) und nicht zuletzt Sheikh Mohammed Ahmed ed Dali und den Hassaniya von Musawwarat es Sufra. Die im Frühjahr 1995 eingeleiteten Schutzmaßnahmen werden innerhalb des Berichtes über die Grabungen des Instituts für Sudanarchäologie erläutert.

## 2. BAUM- UND STRAUCHPFLANZUNGEN ALS WINDSCHUTZ

Windschutzmaßnahmen beruhigen die Windgeschwindigkeiten in der Umgebung der Denkmäler und lassen durch Suspension aufgefliegene Staubpartikel (vgl. Wolf 1995: 15) wieder an den Boden sinken – wenigstens aber verringern sie deren kinetische Energie. Gleichzeitig stoppen sie durch Saltation bewegte Sande am Rande der Windschutzzone, obgleich sie diese Sande nicht gänzlich aufhalten können. Vor allem zu letzterem Zwecke werden Baum- und Strauchpflanzungen als Schutz von Agrarflächen und Siedlungen vielerorts im Nordsudan angelegt. Als bevorzugte Pflanze verwendet man den Meskit-Strauch, der eine Höhe von mehreren Metern erreicht.

In Musawarat wären kreisförmige, allseitig windberuhigte Zonen schaffende Pflanzungen um die zu schützenden Bauwerke denkbar. Der Ökonomie und den spezifischen Windverhältnissen des Ortes Rechnung tragend, müßten auch Pflanzungen in Form eines Schutzschildes im Luv der Tempel zum Nordost-Passat eine ausreichende Wirkung erzielen (vgl. Wolf 1995: 14 – 15 und 17 Nr. 1). Um die Winddurchlässigkeit der Pflanzungen zu verringern, sollte man abwechselnd Bäume und Sträucher bzw. baumartige Sträucher in einem Abstand von etwa 1,5 – 2 m untereinander pflanzen. Die Distanz zwischen Bauwerk und Pflanzung muß ausreichend sein, um Schäden durch Wurzelwachstum an den Fundamenten der Bauwerke auszuschließen.<sup>2)</sup> Je größer der Radius, desto schwächer ist andererseits die Windberuhigung. Als optimal wurde uns von Forstexperten eine Distanz von etwa 15 – 50 m genannt. Bei dieser Entfernung gelangen jedoch die gefährlichen Sande verhältnismäßig nahe an die Denkmäler heran. Eine Versandung der Bauwerke mit allen ihren Gefahren (z.B. der Förderung der Salzdruckverwitterung; vgl. Wolf 1995: 12 – 13) wäre dabei nicht auszuschließen. Daher sollte man dort, wo – wie an der Westseite des Wadi – viel Sand transportiert wird, Windschutzmaßnahmen mit Vorkehrungen des Sandschutzes kombinieren (Kap. 3).

<sup>2)</sup> Außerdem dürfen Pflanzengruben und -wurzeln, Bewässerungseinrichtungen oder die durch die Bewässerung hervorgerufene Durchfeuchtung des Bodens keinen Schaden an archäologischen Objekten anrichten.

Eine Windschutzpflanzung dürfte das Erscheinungsbild des Altertümerplatzes kaum beeinträchtigen, zumal man davon ausgehen kann, daß dieses Bild den antiken Verhältnissen sogar eher entspricht. Es sind uns unterschiedliche Pflanzenarten vorgeschlagen worden, wobei unter den Fachleuten natürlicherweise keine Einstimmigkeit herrscht. Das Spektrum reicht von Akazie und Meskit bis zu Eukalyptus und Tamarisken. Wollen wir jedoch nicht das Eingehen der Pflanzung riskieren, müssen sich die Pflanzen in die lokale Ökosphäre einfügen. Einige der damit verbundenen Probleme seien im Folgenden angesprochen.

Um Pflanzen mit ausreichender Klimaresistenz auszuwählen, benötigen wir langjährige lokale, absolute Klimadaten (Maxima, Minima und Variabilität der Luft- und Bodentemperaturen, der Niederschläge und der Verdunstung). Nicht eine solcher Datenreihen liegt aus Musawarat vor. Der im Gebiet dominierende Sandstein der Nubischen Serie enthält einen hohen Anteil wasserlöslicher Salze. Entsprechend versalzen sind Grundwasser und Boden. Das verlangt von den Pflanzen eine hohe Salztoleranz. In Frage kommen also nur im Gebiet heimische Arten oder Arten, die mit mehrjährigem Erfolg unter vergleichbaren Bedingungen angesiedelt wurden.

Eine ökologische Grundregel besagt, daß man für die Auswahl geeigneter Pflanzen diejenigen Arten untersuchen muß, die von Natur aus im Gebiet wachsen. Was aber, wenn – wie beispielsweise in der näheren Umgebung des Ape-demak-Tempels – sprichwörtlich „kaum ein Grashalm wächst“? Im gründungstechnischen Gutachten für den Wiederaufbau des Tempels (Hintze et al. 1993: 341) wurde festgestellt, daß der schluffige Sand in seiner Umgebung bei Wüstentemperaturen (etwa 50° C Bodentemperatur) nur unbedeutende Mengen an Porenwasser bindet. Um sein natürliches Porenvolumen bis zu einem Meter Tiefe mit Wasser zu füllen, sind etwa 220 mm Niederschlag notwendig. Das mittlere jährliche Niederschlagsmaximum beträgt aber weniger als 150 mm, das monatliche Maximum in der Regenzeit etwa 40 – 60 mm (Juli, August). Selbst wenn die monatlichen Regenmengen an einem einzigen Tage niedergingen, würden sie den Boden nicht mehr als 25 cm tief durchfeuchten. Nach den Angaben Vietes über die Verteilung der Niederschläge im Juli-September 1959 (Vieta 1961: 13 – 14) regnete es nur an 2 – 9 Tagen pro Monat – mit tägli-

chen Niederschlagsmengen zwischen 5 und 29 mm. Tatsächlich wird der Boden noch weniger durchfeuchtet: Wie bei einem völlig ausgetrockneten Schwamm, der das erste Wasser nicht aufsaugt, sondern abperlen läßt, verhält sich der ausgetrocknete Wüstenboden, wenn gelegentlich Regen fällt. Auf dem abschüssigen Abschwemmkegel des Hafirs, auf dem der Tempel errichtet ist, fließt der größte Anteil des Regenwassers sofort zur Wadi-Sohle ab. Diese ungünstigen Wachstumsbedingungen sind wahrscheinlich der Grund für die Vegetationslosigkeit in der Umgebung des Apedemak-Tempels und verdeutlichen, wie wichtig die Auswahl der „richtigen“ Pflanzenart ist. Pflanzensoziologische, geomorphologische, geohydrologische sowie landschaftsökologische Gutachten wären notwendig, um Risiken möglichst auszuschließen. Allerdings sind solche Gutachten teurer als die Pflanzung selbst.

## 2.1 DIE BEWÄSSERUNG

„Bewässern oder nicht bewässern und wenn ja, wie bewässern?“ ist eine ebenso entscheidende Frage. Da Musawwarat 40 km vom Nil entfernt ist und keinen eigenen Brunnen besitzt, liegt der Gedanke an intensive Bewässerungsmethoden wie die Pumpbewässerung oder die Tröpfchenbewässerung nahe. Der gewollt sparsame Wasserverbrauch dieser Bewässerungsarten<sup>3)</sup> fördert aber die Versalzung der Baumgruben: Je weniger Wasser desto mehr werden wasserlösliche Salze nicht fortgeschwemmt, sondern am Rand der Baumgrube abgelagert. Wenn die Pflanzenwurzeln nach einigen Jahren diese konzentrierte Salzkruste erreichen, ist die Gefahr des Eingehens groß.

Abgesehen von den sehr hohen Kosten einer mehrjährigen wöchentlichen Wasserversorgung mit Nilwasser ist das Risiko einer Unterbrechung der Bewässerung mit ihren fatalen Folgen zu groß, als daß man diese Möglichkeit ernsthaft in Betracht ziehen könnte.

---

3) Bei der Pumpbewässerung umgibt die 50-80 cm breite Pflanzgrube ein kleiner Lehmwall. Dieses Becken nimmt das Wasser auf, welches, auf diese Weise dicht an der Pflanze gehalten, senkrecht versickert und die Baumwurzeln „in die Tiefe zieht“. Bei der Tröpfchenbewässerung leitet ein unterirdisches Rohrsystem das Wasser in etwa 40 cm Tiefe direkt in den Wurzelbereich der Pflanzen, um die Oberflächenverdunstung einzudämmen.

Wie sieht es aber mit den Brunnen in der Umgebung von Musawwarat aus? Südlich von Musawwarat ist der etwa 6 km entfernte und von den Hassaniya und Shaiqiya verwaltete Bir Ban Naqa der nächste Brunnen. Weitere 15 km in südlicher Richtung befinden sich die beiden Brunnen von Naqa am Rande des Wadi Awatib (Shaiqiya). Im Norden sind die nächsten Brunnen der Bir Ja'aliyin, nördlich des Jebel Hussein, und der Bir al Biwédá im Wadi Banat (Ja'aliyin und Ababda) etwa 20 km entfernt. Mit anderen Worten: Es ist nicht gerade Wasser im Überfluß vorhanden. Bei einem geschätzten Wasserbedarf von mehreren Dezitonnen wöchentlich wären diese Brunnen, die gerade genug Wasser für die Nomaden und ihre Tiere hergeben, hoffnungslos überfordert.

Bliebe schließlich die Neuanlage eines Brunnens in Musawwarat. Die im Wadi es Sufra lebenden Hassaniya und Shaiqiya nutzen den Bir Ban Naqa. Die Nutzung eines fremden Brunnens gehört nicht zu ihren Gewohnheiten. Da neben den Wasserstellen die vorhandenen Weideflächen wichtiger sind, würde ein neuer Brunnen – nach Meinung ihres Sheikh – die Siedlungstätigkeit der Nomaden nicht beeinflussen. Durch seine Vermittlung könnte man mit den ansässigen Hassaniya ein Abkommen treffen, das es ihnen erlaubt, den neuen Brunnen zu nutzen, und sie im Gegenzug verpflichtet, die Pflanzung gegen Entlohnung zu bewässern und zu pflegen. Ein solches Abkommen stellt wahrscheinlich kein soziologisches Problem dar.

Auch das Bohren des Brunnens ist unproblematisch. Im Gebiet der Nubischen Sandsteinformation gibt es überall Grundwasser. In Musawwarat liegt es bei 60 – 100 m Tiefe. Für den Durchmesser von Pumpe und Bohrloch ist die benötigte tägliche Fördermenge ausschlaggebend. Für unseren Zweck wurde ein Bohrlochdurchmesser von mehr als 6“ geschätzt. Kostenvoranschläge für derartige Bohrungen bewegen sich zwischen DM 19.800 und DM 22.500 (1994). Bei der erwarteten Wassertiefe muß eine zuverlässige und wartungsfreie Druckpumpe am unteren Ende des Brunnenrohrstanges installiert werden.

Als Förderenergie kommen nur Sonnen- oder Windenergie in Frage. Eine Dieselpumpe ist schon wegen der unsicheren Treibstoffversorgung keine Alternative. Windgetriebene Pumpen besitzen mechanisch bewegte Teile oberhalb der Erdoberfläche (Rotor, Lager, Kraftübertra-

gung), die durch Sand und Staub verschleifen und daher Wartung erfordern. Außerdem ist es nicht einfach, sie in das denkmalpflegerische Erscheinungsbild eines Altortümersplatzes zu integrieren. Ohne Speicherung fördert eine windgetriebene Pumpe Wasser, solange Wind weht. Das ist mehr oder weniger immer. Ein Wasserspeicher mit der Kapazität von (je nach Bewässerungsmodell) 500 – 3000 Litern und eine Abschaltvorrichtung, beispielsweise in Form eines Schwimmschalters, könnten dieses Problem lösen. Das funktioniert aber nur bei windgetriebenen Elektropumpen, wobei sich ihr Rotor im „Leerlauf“ weiterdreht – je nach Bauweise auch der Stromgenerator.

Eine Niedervolt-Druckpumpe mit fotovoltaischer Energieversorgung umgeht diese Probleme. Oberhalb der Erdoberfläche gibt es hierbei keine mechanisch bewegten Teile. Die Lebensdauer moderner Solarpaneele wird auf 20 – 50 Jahre geschätzt. Da bei unserem Fördermodell keine Elektroenergie gespeichert werden muß, fällt in der Regel kein Wartungsaufwand an. Eine fotovoltaische Anlage fügt sich auch unauffälliger in das Landschaftsbild ein. Bei diesem Bewässerungsmodell würde allein die Wasserversorgung zwischen DM 30.000 und DM 40.000 kosten.

Doch ein eigener Brunnen bringt auch Probleme. Würden wir dem Bir Ban Naqa nicht im wahrsten Sinne des Wortes „das Wasser abgraben“? Würden die Nomaden nicht dem neuen Brunnen die Schuld für eine mögliche Wasserknappheit ihrer Brunnen geben, selbst wenn dies gar nicht den Tatsachen entspräche? Und was passiert, wenn die Pumpe doch einmal ausfällt? Ein Nomade kann keine Wasserpumpen reparieren, und es ist ungewiß, ob er sich im Fall eines Pumpenschadens bemühen und ob es ihm dann auch gelingen wird, in der nächsten Stadt einen Mechaniker zu finden und nach Musawwarat zu bringen (ohne öffentliche Transportmittel und gegen nur versprochene Bezahlung), um eine Wasserpumpe – gleich welcher Bauart – zu reparieren.

Nach diesem Exkurs sollte die Antwort auf die oben gestellte Frage lauten: „Wenn möglich, nicht bewässern!“ Das klingt etwas ungewöhnlich, ist aber durchaus möglich. Entscheidend ist die Auswahl der Pflanzenart. Die in Musawwarat heimischen und für einen dauerhaften Windschutz gut geeigneten Schirmkaktizen scheiden – weil über mehrere Jahre zu

bewässern – aus der Wahl aus. Hingegen haben uns sudanesischen Forstexperten einstimmig den Meskit-Strauch für unser Vorhaben empfohlen. Meskit wird im Sudan seit Jahren mit Erfolg als Wind- und Sandschutz eingesetzt. Als typische Wüstenpflanze ist diese Strauchart ausgesprochen resistent gegen die klimatischen Verhältnisse, wächst verhältnismäßig schnell bis zur Höhe von mehreren Metern und muß – das ist hier entscheidend – nur zwei bis drei Monate nach der Pflanzung bewässert werden. Außerdem benötigen nur die jungen Setzlinge Schutz vor Ziegen und Schafen. Die älteren Pflanzen sind für diese Tiere ungenießbar.

Durch die Einsparung der Kosten für die Neuanlage eines Brunnens und unter Nutzung der Förderung der Meskit-Anpflanzung (durch kostenlose Abgabe von in Baumschulen gezogenen Meskit-Setzlingen) reduzieren sich die Kosten auf das Pflanzen, eine etwa dreimonatige Bewässerung und einen etwa ebenso langen Schutz der Jungpflanzen vor Tierfraß. Daher erscheint es vernünftig, im Vertrauen auf die Erfahrung der sudanesischen Praktiker, auf teure Gutachten zu verzichten und eine Meskit-Pflanzung ad hoc zu „riskieren“.

Zu bedenken ist dennoch, daß eine Windschutzpflanzung ein Langzeitprojekt in dem Sinne ist, daß es einige Jahre braucht, bis die Pflanzen den gewollten Schutz geben – und sie bleibt mit einem gewissen Erfolgsrisiko behaftet. Für die Windberuhigung in der näheren Umgebung der Tempel und den Schutz vor Korrosion durch Staubwind scheint die Meskit-Pflanzung aber eine sinnvolle Maßnahme zu sein.

### 3. PALISADE AUS PALMrippEN ALS SANDSCHUTZ

Das Aufhalten und Umlenken des äolischen Sandtransportes läßt sich dagegen mit wesentlich einfacheren Mitteln erreichen. Dabei nutzt man die Tatsache, daß die Sande der entsprechenden Korngrößen durch Saltation und Reptation transportiert werden, wobei die Masse des Materials nicht höher als einen Meter gehoben wird (s. Wolf 1995: 15 – 16). Um diese Sande zu stoppen, errichtet man Hindernisse in ausreichender Entfernung im Luv der zu schützenden Bauwerke. Diese „Barrikaden“ sollen nicht den Wind beruhigen, sondern die Hauptmenge des angewehten Sandes akkumulieren.

Eine Möglichkeit ist der Bau massiver Schutzmauern aus Lehmziegeln oder anderen landesüblichen Baumaterialien – ähnlich den antiken Temenosmauern altägyptischer und meroitischer Tempel. Eine ebenso einfache und preiswerte Lösung sind Palisaden aus Palmrippen oder Schilfrohr: Man setzt dafür einen etwa 15 – 30 cm hohen Lehmwall. Noch in den feuchtem Lehm steckt man mehrere Reihen etwa 1,5 – 2 m hoher Palmrippen oder Schilfrohrmatten und verflacht sie mit Draht oder Tamariskenzweigen. Eine solche Palisade bremst nur den Wind in Bodennähe. Ihre windberuhigende Wirkung ist mit der einer Windschutzpflanzung nicht zu vergleichen, dafür aber auf genau die Zone konzentriert, in der die größte Menge an Sand transportiert wird, so daß sie den Sand in ihrem Luv akkumuliert. Die Bodenoberfläche zwischen diesem künstlichen Sandhindernis und dem zu schützenden Bauwerk darf natürlich keine weiteren Deflationsquellen wie Sandrücken o.ä. aufweisen. Das setzt voraus, daß die nähere Umgebung der Tempel zunächst von Sand befreit und dann durch eine Lehm- oder Kiesschicht äolisch stabilisiert wird.

Derartige Palisaden werden von Feldbauern in den Saharagebieten seit Jahrhunderten errichtet, um die Bewegung von Sanddünen zu stoppen oder umzuleiten. Auch in der archäologischen Denkmalpflege haben sie inzwischen Einzug gehalten. Durch das von Anthony Mills geleitete Dakhla Oasis Project wird seit 1990 in Deir el Haggar (Südwestägypten) eine Palmrippenpalisade eingesetzt, um ebenfalls einen Tempel vor Sand zu schützen – nachdem eine zwei Jahre vorher angelegte Baumschutzpflanzung durch Pumpenschaden eingegangen war. Der Palisadenschutz hat sich bis heute bewährt.

Wie die Lehmziegelmauer besteht die Palmrippenpalisade aus preiswerten und landesüblichen Baumaterialien. Sie verlangt keine Bewässerung und es besteht daher keine Gefahr, daß sie „eingehen“ könnte. Allerdings sind Schilfrohr- oder Palmrippenpalisaden empfindlich gegen Nässe (Regen) und stellen leider ein Leckerbissen für Ziegen und Schafe dar. Daher erfordern sie, ebenso wie beispielsweise eine Temenosmauer aus luftgetrockneten Lehmziegeln, ständige Pflege. Sie können aber von jedem Nomaden repariert werden, da er mit der Bauweise des Flechtens und Bindens wesentlich besser vertraut ist als mit dem Mauern. Die übrigen Pflegemaßnahmen sind identisch mit denen, die auch bei einer Windschutzpflanzung anstehen:

Die akkumulierten Sanddünen müssen in gewissen Zeitintervallen fortgeräumt werden, und die Bodenoberfläche zwischen der Palisade und dem zu schützenden Bauwerk muß von Sand freigehalten werden.

Im Übrigen entspricht eine Palisade möglicherweise am ehesten den antiken Verhältnissen in Musawwarat. Die Ausgrabungen der 60er Jahre lieferten bisher keine Hinweise auf massive Temenosmauern der freistehenden Tempel. Lediglich um den Apedemak-Tempel herum fand man einen flachen, ein Oval von etwa 225 x 150 m umschließenden Umfassungswall, in dessen westlichem Brennpunkt der Tempel steht. Trug dieser Wall vielleicht eine antike Sandschutzpalisade? •

#### LITERATUR

Hintze, F. et al.: MUSAWWARAT ES SUFRA. I,1. DER LÖWENTEMPEL, Textband; Berlin 1993

Viete, G.: OBJEKT II H, GROSSER HAFIR, GEOLOGISCH-HYDROLOGISCHER BERICHT, Dok. Nr. 61 der Ausgrabungen in Musawwarat es Sufra; Berlin 1961, nicht publiziert

Wolf, P.: BEMERKUNGEN ZUM SCHUTZ DER DENKMÄLER VON MUSAWWARAT ES SUFRA VOR WIND- UND SANDEROSION, Teil I: Mechanismen und Schäden der Erosion, in: MittSAG 3: 10 – 19; Berlin 1995