

Achaimenidische Säulenbasis

Im Herbst 2010 ergab sich für Dr.-Ing. Wolfgang Schwan, einem Ingenieur im Ruhestand, die Gelegenheit an einer Ausgrabung eines achaimenidischen Palastes im südlichen Kaukasus teilzunehmen (Grabungsleiter Dr. Florian Knauss, Staatliche Antikensammlung und Glyptothek München, Knauß 2010).

Ein Ingenieur geht natürlich mit unterschiedlicheren Voraussetzungen und Fragestellungen als die etablierten Archäologen an die Auswertung der erzielten Ergebnisse heran. Von besonderem Interesse waren die nach mühevoller Ausgrabungstätigkeit im Lehmgrund in ca. vier Metern Tiefe in situ vorgefundenen Säulenbasen.



Abb.: 1. Blick nach Westen in den Raum mit vier Säulenbasen in situ. (Foto Schwan)

Schnell war klar, dass die vier Säulenbasen auf gleichem Maßbild basieren. Die Befundaufnahme der Archäologen nutzte die Erfassung der wesentlichen geometrischen Daten, die Formabbildung durch den Archäologenkamm mit Übertragung auf das 2D-Zeichenblatt sowie die Skizzierung der Beschädigungen.

Da vor Ort kein 3D-Scanner zur Verfügung stand und die Säulenbasen auch fest auf den Fußbodenniveau verbleiben mussten, war die fotografische Befundaufnahme das Hauptmittel zur Dokumentation der Säulenbasen.

Heimgekehrt reizte die Geometrie-basierte Massenproduktion der Säulenbasen den Ingenieur natürlich, mittels einer 3D-Konstruktion die Voraussetzungen für eine modellhafte Nachbildung des Palastraums zu schaffen. Das wurde 2010 in Angriff genommen.

3D-Modell

Nach sorgsamer Analyse der Fertigungsmöglichkeiten der Geometrie in Kalkstein wird diese in ein virtuelles 3D-Modell im Rechner umgesetzt. Das erfolgt in vier Schritten.

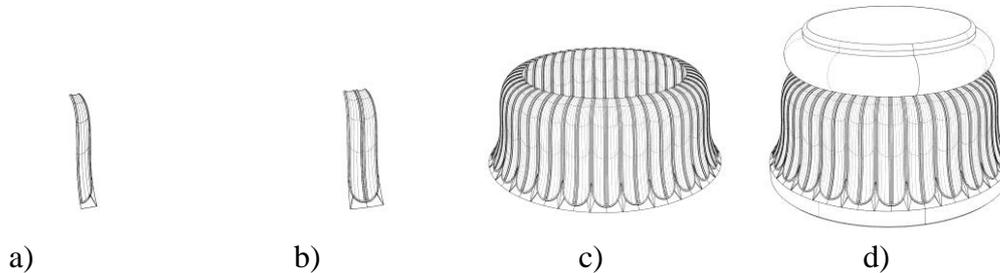


Abb.: 2 Erstellungsprozess der Säulenbasis-Geometrie

a) Grundstruktur des Halb-Blattes b) Spiegelung c) Kopieren und Rotieren d) Ergänzen der Blattstruktur zum Säulenkörper

Dabei wird der Säulenkörper unten durch die zylindrische Auflage und oben durch den aufgesetzten Kreiskörper ergänzt. Der stetige Übergang der 3D-Vektorgeometrie gelingt durch die Nutzung eines Softwareprogramms, wie es in der Automobilindustrie zur Anwendung kommt (Ich danke der Firma design + training, Frau Jeanette Dreßel für die Hilfe bei der Modellierung). Dieses Programm erzeugt sogenannte nurbs (non-uniform rational b-splines). Damit wird man in die Lage versetzt, beliebig gekrümmte Flächen im Raum zu modellieren, das ist wichtig, um die Meißelführung bei der Herstellung der Säulenbasen nachzubilden. Das entstandene Drahtmodell wird dann mit Hilfe der bekannten GPS-Daten der Grabung, dem Datum und der Uhrzeit des Vergleichsbildes zur Nachbildung der Beleuchtung gerendert (quasi angemalt), um anhand der Schattenbildung die Geometrie zu überprüfen.



Abb.: 3 Virtuelles 3D-Volumenmodell im Vergleich zur fotografischen Aufnahme (Foto Schwan)

Das nun vorhandene virtuelle 3D-Modell soll die Basis für eine reale modelltechnische Verwirklichung der Raumsituation im Maßstab 1:10 für zwei Fälle bilden:

1. Nachbildung des Grabungszustandes mit den beschädigten Säulenbasen

2. Nachempfindung der geschlossenen Raumsituation des Raumes II mit einer Raumhöhe von mehr als 6 m.

Diese Höhe folgt aus dem Durchmesser der Basisauflagefläche von 0,5 m und dem Schlankheitsgrad anderer gefundener persischer Säulen mit dem Verhältnis Durchmesser zu Höhe von 1 zu 10 bis 15.

Prototyp des realen Modells im Maßstab 1:10

Der Vorstoß zur realen Modellausformung im Maßstab 1:10, eine Reduktion von 800 mm Basendurchmesser auf 80mm, scheiterte 2010 noch an den hohen Kosten, da die feinen Strukturen der Blattspitzen nur durch Fräsen oder hochwertige Druckverfahren auszubilden waren.



Abb.: 4 Feinstruktur der Blattspitzen der konstruierten Säulenbasis

Ein erneuter Vorstoß auf der Hannover-Messe 2013 führte zu mehreren nutzbaren Angeboten mit unterschiedlichen Ausformungsverfahren.

Basis dieser Angebote bildet die 3D-Konstruktion im Maßstab 1:1 (800 mm Basisdurchmesser). Im ersten Schritt wird das Rechnermodell auf den Maßstab 1:10 verkleinert.

Als Steuerungsdatei für die einfachen dreidimensionalen Ausformungsverfahren, wie Lasersintern, 3D-Drucken usw. sind die nurbs-Flächen nicht geeignet. Zum Rapid-Prototyping muss eine Transformation in sogenannte STL-Daten (Standard-Triangulation-Language) durchgeführt werden. Wie aus dem Namen ersichtlich wird das gesamt Volumenmodell in Raumpunkte zerlegt und diese durch Dreiecke verbunden.



Abb.: 5 Transformation des 3D-Modells in STL-Daten

Das Volumen muss geschlossen (solid - also wasserdicht sein) und die Orientierung der Flächennormalen (vertex) der entstehenden Dreiecke ist nach außen gerichtet. Um Material und Ausformungszeit einzusparen, wird das geschlossen Volumen dann quasi ausgehöhlt. Hilfsprogramme erzeugen automatisch eine vorgegebene Wandstärke zur äußeren Form.

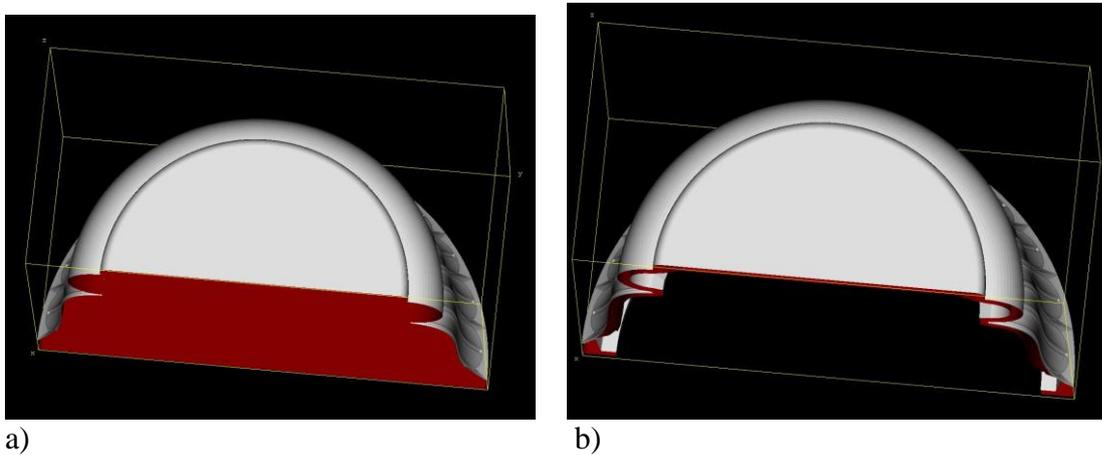


Abb.: 6 a) Prüfung des geschlossenen Volumens b) Erzeugen einer Wandstärke

Mit der gewonnenen Datei lässt sich das Ausformungsverfahren steuern, über festgelegte Schichtdicken baut man je nach Verfahren durch Drucken, Schmelzen oder Sintern die gewünscht Form auf. Die Wahl des Verfahrens und des benutzten Schichtmaterials beeinflussen die Kosten und Anmutung der Oberfläche des Modells. Untenstehend sind einige Muster gezeigt.



Abb.: 7 Beispiele für Ausformverfahren (Fotos Schwan)

Es stehen preislich gestaffelt und mit feinerer Oberflächenstruktur folgende Optionen zur Verfügung:

Option	Schichtstärke mm	Material	Farbe
Pulverdruck	0,1	Polygips infiltriert mit PU Harz	Monochrom weiß
Selektives Lasersintern SLS	0,1	PA	Monochrom weiß
Stereolithografie STL	0,1	Epoxy Harz	Glas transluzent
Harzdruck	0,03	Acryl Photopolymer	Glas transparent

Tabelle: 1 Verfahrensübersicht

Für die Modellsituation der Nachbildung des Grabungszustandes kann Pulverdruck oder SLS gewählt werden, da die Kalksteinoberfläche sich rau und verwittert darstellt. Für das Nachempfinden der Raumsituation sollte wegen des Farbauftrags eine glatte STL Oberfläche gewählt werden (3D Druck: TEUFEL Prototypen GmbH).

Nachbildung des Grabungszustandes mit den beschädigten Säulenbasen

Die beschädigten Säulenbasen der am Anfang gezeigten Abbildung lassen sich nur mit erheblichem Aufwand als Modelle durch Rapid Prototyping herstellen, da man dazu mit einem Scanner aufgenommene Punktgeometrie als STL-Datenbasis benötigen würde. Es wird der Weg über eine Abformung des Prototyps und nachfolgende Gipsabgüsse, die nachbearbeitet werden, gewählt.

Trotz Hinterschneidungen an der Form der Säulenbasis kann eine ungeteilte Silikonform abgenommen werden. Die einzelnen Schritte stellen sich wie folgt dar (Unterstützung beim Formenbau und Abguss durch die Restauratoren Olaf Herzog und Alfons Neubauer der Staatlichen Antikensammlung und Glyptothek in München) und sind auf der nächsten Seite gezeigt:

Herstellen einer Stützform aus einem Plastik-Becher. Auftragen eines Trennmittels zum besseren Herauslösen des Modells. Ankleben von Trägern aus Holz an das Modell. Aufbereiten des Silikons mit Härter. Einstreichen der Hinterschneidungen am Modell mit Silikon zur vollständigen Formausfüllung. Leicht antrocknen lassen. Einhängen des Modells in die Stützform. Zur Auftriebsvermeidung Gewicht aufsetzen. Eingießen des Silikons in den Zwischenraum von Stützform und Modell, dabei auf Blasenfreiheit achten. Aushärten der Form. Herausnehmen des Modells aus der Form.

Das Befüllen der Silikonform mit Keramin oder Gips geschieht in die vorher mit einem Trennmittel vorbereitete Form, die wieder durch den Plastik-Becher gestützt wird. In den noch weichen Gips kann eine Markierung eingetieft oder es kann eine Abgussmarke befestigt werden. Die abgegossene Säulenbasis trocknet gut durch und kann danach weiterbearbeitet werden.

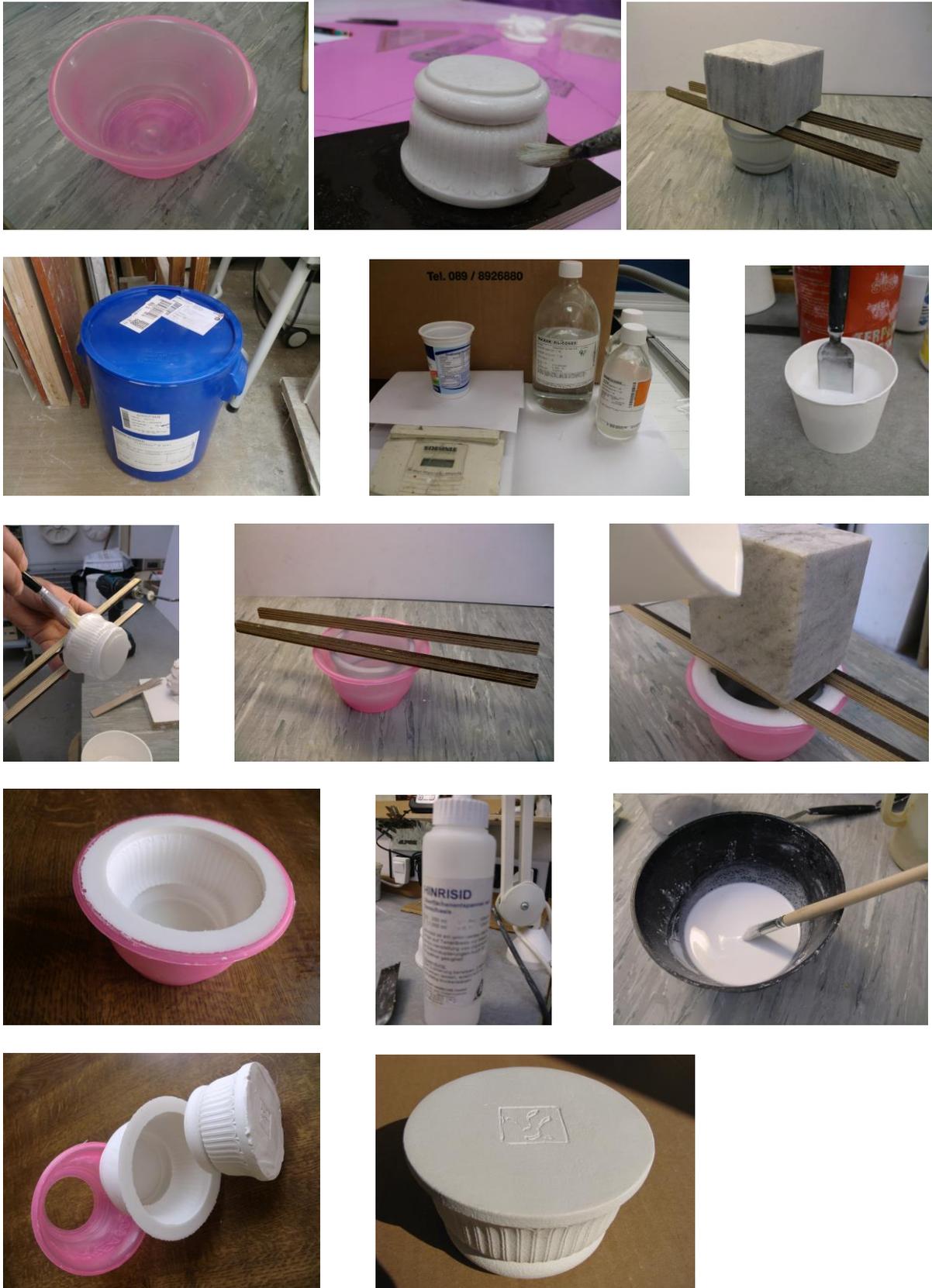


Abb.: 8 Fotoserie zur Formerzeugung und Ausformung der Gipsabgüsse (Fotos Schwan)

Die gegossenen Säulenbasen im Maßstab 1:10 werden dann mit Hammer, Stichel und Feile entsprechend den Fotografien der Originale bestoßen und beschädigt. Eine malerische Überarbeitung mit Wasserfarben vervollständigt das Bild entsprechend den Originalen.



Abb.: 9 Serie der bearbeiteten Säulenbasen des Raumes VI der Ausgrabungsstätte in Karacamirli (Fotos: Schwan)

Ein Vergleich mit einem Foto bei angenähertem Sonnenstand vermittelt einen ersten Eindruck vom Modell des Grabungszustandes.



Abb.: 10 Vergleich der Modelle im Maßstab 1:10 mit einem Foto der Grabungssituation im Sommer 2010 (Foto Schwan)

Die Nachbildung eines Kapitels zur Vervollständigung der Säule bildet den nächsten Schritt.

Literatur

Knauß 2010

Ilyas Babaev, Gundula Mehnert und Florian S. Knauß

Die achaimenidische Residenz auf dem Gurban Tepe. Ausgrabungen bei Karacamirli. 3.

Vorbericht. 2100841 AMIT Band 41/2009 Stand vom 7.6.2010