

Das silberne Unguentarium der Berliner Antikensammlung – virtuelle Formrekonstruktion mittels 3D - Technologie

The silver Unguentarium from the Collection of Classical Antiquities of Berlin (Antikensammlung) - Virtual reconstruction by means of 3D technology

Karsten Semmer
Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik
Rudower Chaussee 30, 12489 Berlin
Tel.: 030/6392-1631, semmer@gfai.de

Ulrike Stenzel
Studentin der Fachrichtung Restaurierung von archeologischen Objekten
Ährenweg 9, 12683 Berlin
ulrikestenzel@hotmail.com

Zusammenfassung

Berichtet wird über die Ergebnisse der Restaurierung eines stark deformierten, in das frühe 3. Jhd. vor Chr. datierten Unguentariums, mit der sich eine im März 2005 begonnene Diplomarbeit befasst. Bei diesem flaschenförmigen Objekt handelt es sich um ein Salbölgefäß (ca. 12 x 6 cm). Die Oberfläche ist aufwendig plastisch verziert und zeigt zusätzlich Reste einer Vergoldung. Erhalten gebliebene Funde von Unguentarien aus Edelmetall sind selten, Exemplare aus Keramik sind dagegen in großer Vielzahl bekannt [1].

Beim vorliegenden Edelmetall-Unguentarium schmälern großflächige Korrosionskrusten und in den Vordergrund tretende Alterergänzungen, sowie die stark deformierte Gestalt die wesentliche Aussage des Gefäßes. Die Restaurierung umfasste die Wiederherstellung der metallisch glänzenden Oberfläche sowie die Entfernung der alten Ergänzungsmaterialien. Die fragilen Fragmente waren neu zusammenzufügen und mittels Gewebehinterlegung zu stabilisieren. Aufgrund der großflächigen Fehlstellen wurde eine reversible Montage der Fragmente auf einem rekonstruierten Kern angefertigt, die dem Gefäß seine geschlossene Form wiedergibt, jedoch die Würde des Fragmentarischen nicht verdeckt. Aus der Auseinandersetzung über Formenrekonstruktionen mittels handwerklicher Methoden oder moderner Technik bei deformierten bzw. stark fragmentierten Gefäßen entstand die Zusammenarbeit mit der GFal (Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V.). Mittels 3D Technik erfolgte die Annäherung an die vermutete Originalform des Gefäßes.

Abstract

The diploma dissertation started in March 2005 deals with a strongly distorted Unguentarium. The vessel of about 12 x 6 cm has been presumably used as a flask for perfume or cosmetics. The object dates from the early 3th century B.C. The decorated surface is gilded.

Ceramic Unguentaria are known in large quantities, examples in precious metal are rare [1]. Corrosion concretions, into the foreground stepping old replacements and the distorted shape diminish the substantial statement of the vessel. The conservation included the uncovering of the metal surface, replacement materials were removed. The fragile fragments were glued and stabilised by an underlining of glass fibre fabric. The wide losses are now replaced by a reversible epoxy core, which completes the form of the vessel, but preserves the fragmentary condition. Co-operation with the GFal (Society for the Promotion of Applied Computer Science e.V.) has started to develop different proposals for a form reconstruction of the strongly fragmented object by 3D technology.

1. Begriffsklärung

Der lateinische Begriff Unguentarium, abgeleitet von unguentum - Salbe, ist eine Bezeichnung, die sich auf den anzunehmenden Inhalt des Gefäßes bezieht.

Je feiner der Inhalt, desto feiner ist das Material des Gefäßes.

2. Objektbeschreibung

Das flaschenförmige Silbergefäß besitzt eine ovoide Grundform, die sich nach unten verjüngt und auf einem runden, flachen Fuß ruht. Im Kontrast zum dickbauchigen Körper steht der schlanke Hals in trichterförmiger Gestalt, dessen konischer Verlauf sich zur Mündungsöffnung weitet.

2.1 Oberflächenverzierung

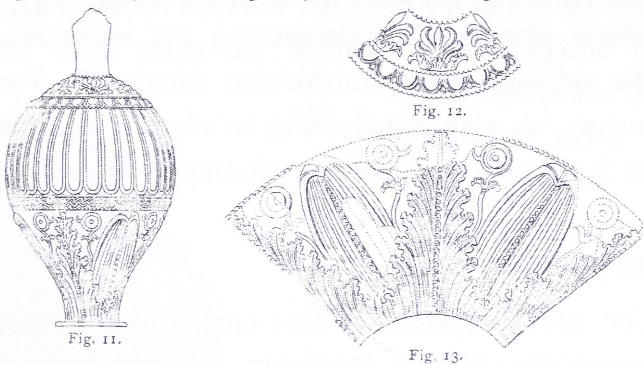


Abb.1 Stilisiertes Gefäß in vollständiger Form [3]

Auf den ersten Blick fällt die plastisch gestaltete Oberflächenverzierung [2] auf, die sich über den gesamten Gefäßkörper erstreckt. Der Mittelteil des Gefäßes wird von einem Stabzungenornament gebildet, welches oben von einem Eierstab und einem Palmettenfries begrenzt wird. Den unteren Bereich ziert ein gemischter Blattkelch.

3. Zustand des Gefäßes

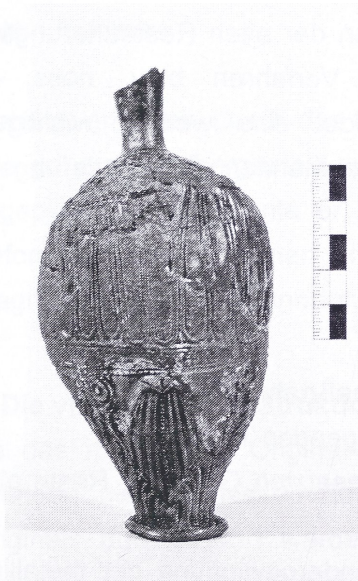


Abb.2 Vorzustand

Das Unguentarium wurde 1897 bereits rekonstruiert angekauft. Mit Hilfe von großflächigen Ergänzungen aus Gips wurden die einzelnen Fragmente zusammengesetzt. Sehr auffallend ist die deformierte Gestalt des Gefäßes. Der Gesamteindruck war vor der Restaurierung von unterschiedlich stark ausgebildeten dunklen Korrosionsschichten des Silbers und diesen farblich angepassten Ergänzungsmassen geprägt.

Der durch Alterungserscheinungen vergilbte Klebstoff markiert deutlich die Bruchkanten der einzelnen Fragmente (siehe Abb. 2) Diese Faktoren überdecken nicht nur den ehemals metallischen Charakter des Objektes, auch seine reich verzierte Oberfläche blieb weitgehend im Verborgenen.

4. Konzept der Restaurierung

Die Wahl des Materials sowie die detailgetreue Ausführung der künstlerischen Treiarbeit verdeutlichen die vermutlich schon damals dem Gefäß entgegengebrachte hohe Wertschätzung. Aufgrund des beschriebenen Zustandes konnte das Objekt bis dato nicht der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Ziel der wissenschaftlichen Bearbeitung war die Rückgewinnung der charakteristischen Aussage des Gefäßes. Im Vordergrund stand dabei die Wiedergewinnung des metallischen Glanzes. Durch die Abnahme der Korrosionskrusten wurde die plastisch gestaltete Oberfläche sichtbar. Das Gefäß konnte sich wieder in einem lebendigen Lichtspiel zwischen tiefer liegendem Hintergrund und plastisch hervorgehobenen Dekorelementen präsentieren. Mit der Annäherung an die originale Oberfläche wurde das Erkennen der Herstellungs- bzw. Gebrauchsspuren erwartet. Die zerbrechlichen Fragmente wurden neu zusammengefügt. Großflächige Fehlstellen wurden mit Hilfe des rekonstruierten Formkerns geschlossen.

Die deformierte Gestalt des Gefäßes forderte eine Auseinandersetzung mit verschiedenen Rekonstruktionsmethoden. Hierbei wurde die virtuelle Formrekonstruktion mittels 3D- Technik vertieft betrachtet. Dabei galt es zu untersuchen, ob eine Annäherung an die originale Gestalt möglich ist, da aufgrund des fragmentarischen Zustandes formgebende Informationen fehlen:

4.1 Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden

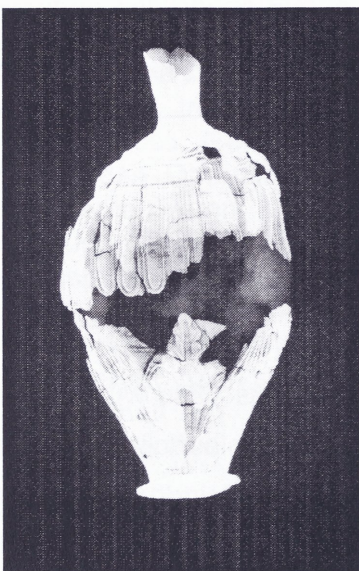


Abb.3 Röntgenbild

Die Interpretation von Röntgenaufnahmen erlaubt eine Aussage zum Erhaltungsgrad des Silbers. Weiterhin wird hierdurch der fragmentarische Zustand des gesamten Gefäßes verdeutlicht. Verdecktes Originalmaterial wird dabei lokalisiert, so dass eine sichere Entfernung der Altergänzungen erfolgen kann. Verborgene Strukturen werden sichtbar, die zur Aufklärung von technologischen Aspekten beitragen können. Das Definieren der Zusammensetzung und Eigenschaften der alten Restaurierungsmaterialien mittels instrumenteller Verfahren bzw. nass – chemischer Nachweisreaktionen bildet eine weitere wichtige Grundvoraussetzung für die anstehenden Restaurierungsmaßnahmen.

4.2 Übersicht der durchgeführten klassischen Restaurierungsmaßnahmen

Im einzelnen bestand die durchgeführte Restaurierungskette aus folgenden Teilschritten:

- Mechanische Oberflächenfreilegung des noch zusammengesetzten Gefäßes, Reste einer Oberflächenvergoldung wurden entdeckt und freigelegt.
- Chemische Reduktion mit Zinkpulver und Salzsäure - Wiedergewinnung der metallisch glänzenden Oberfläche.

- Demontage des Gefäßes mit entsprechenden Lösemitteln, Entfernen der Altrestaurierung.
- Zusammenfügen der gereinigten Fragmente unter dem Mikroskop.
- Stabilisierung mittels Glasgewebe.
- Zusammensetzen des Gefäßes auf dem rekonstruierten und farblich angepassten Formkern aus Epoxydharz, der aus der Zusammenarbeit von traditionellem Handwerk und moderner Technik entstanden war.

5. Zusammenarbeit zwischen traditionellem Handwerk und moderner Technik

Aufgrund der Sprödigkeit des Silbers war ein Zurückbiegen der deformierten Fragmente nicht zu verantworten. Das für ein Rückformen erforderliche Glühen hätte jedoch die metallographische Aussage des Gefäßes zerstört, ein Verlust der Oberflächenvergoldung wäre außerdem nicht auszuschließen gewesen. Somit war es notwendig, den deformierten Zustand der Fragmente zu belassen, jedoch mit Hilfe der noch vorhandenen Informationen einen Formkern zu konstruieren. Dieser Kern sollte die vermutete ursprüngliche Form vorgeben sowie die Funktion einer

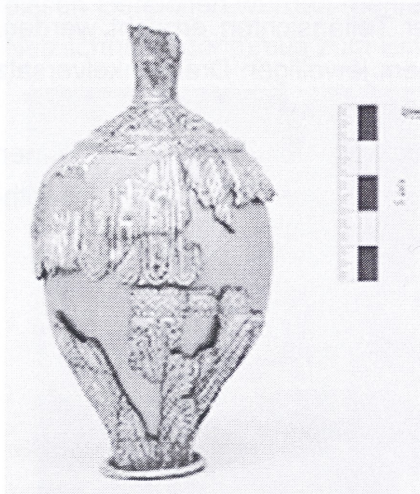


Abb.4 Endzustand

Stützkonstruktion übernehmen, auf der die zusammengesetzten Fragmente sicher zu montieren waren. Größere Fehlstellen konnten somit optisch geschlossen werden, der fragmentarische Zustand, also die Aussage des Gefäßes, blieb dabei erhalten. Der Schwerpunkt dieser Formrekonstruktion lag darin, sich soweit wie möglich an die originale Form des Gefäßes anzunähern. Mit Hilfe der 3D-Datenerfassung und virtuellen Bearbeitung mit entsprechender Software (Final Surface Studioedition) erfolgte die virtuelle Rekonstruktion am Bildschirm. Die ermittelte Konturlinie gab die Vorlage für den praktischen Teil, der Modellierung eines Formkerns aus Plastilin. Dieser wurde wiederum dem deformierten Zustand des Silbergefäßes soweit angepasst, dass nach innen gebogene Fragmente einen formschlüssigen Untergrund und somit

Stabilität erhielten. Durch das traditionelle Abformen konnte aus dem angepassten Plastilinkern ein Epoxydharzkern hergestellt werden. Dieser Kern war partiell der Deformation des Gefäßes angepasst, jedoch diente er zugleich als Verdeutlichung der ehemals vorhandenen Form. Die Deformation der einzelnen Fragmente wurde durch das Abstehen bzw. konkave Verhalten der Fragmente deutlich erkennbar.

6. Die virtuelle Rekonstruktion des Formkerns

Da das metallische Original des Unguentariums das Museum aus versicherungstechnischen Gründen nicht verlassen durfte, mußten alle Untersuchungen an einer Gipsabformung des Originals durchgeführt werden. Datenerfassung, Rekonstruktion und Auswertung konnten so innerhalb der 3D Labore der GFal Berlin durchgeführt werden.

6.1 3D Datenerfassung und Flächenrückführung

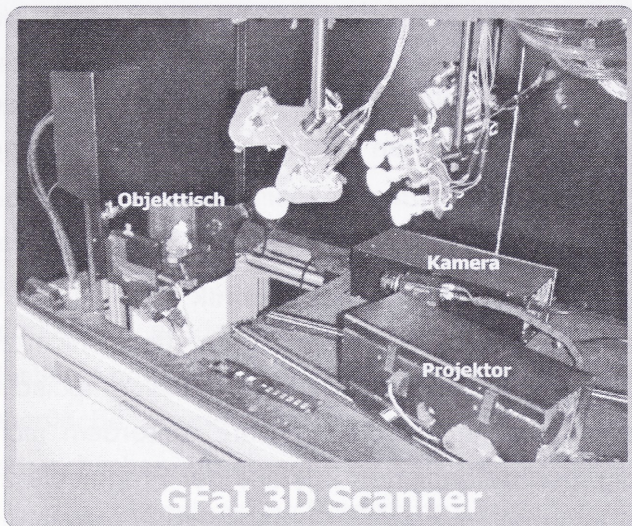


Abb. 5

Die Gipsabformung, welche als Scanvorlage dienen sollte, wurde speziell nach den Erfordernissen der 3D Datenerfassung angefertigt und präpariert. Da von dem ursprünglichen Unguentarium nur Fragmente erhalten geblieben sind, wurden die ursprünglichen Originalteile und die Ergänzungsflächen verschiedenfarbig markiert, um eine spätere Unterscheidbarkeit in den Daten zu gewährleisten.

Als Messeinrichtung stand ein stationärer schwarz-weiß 3D Scanner zur Verfügung, auf dem das Unguentarium in verschiedenen Ansichten vermessen werden konnte (Abb. 5). Seine Tiefenauflösung liegt dabei unter 0.1

mm. Der Scanner verfügt über einen gesteuerten Drehtisch mit Hub- und Schwenkvorrichtung. Über eine Achsenkalibration konnte eine erste Registrierung der Teilansichten erreicht werden. Gemessen wurden 16 verschiedene Ansichten, davon 12 mit einem jeweiligen Drehwinkelversatz von 30 Grad.

Nach der Aufnahme der Teilansichten und der Beseitigung von fehlerhaft gemessenen Punktclustern, wurden alle Ansichten teilmanuell mit einem Iterative Closest Point (ICP) Algorithmus feinregistriert, also in ein gemeinsames Koordinatensystem überführt.

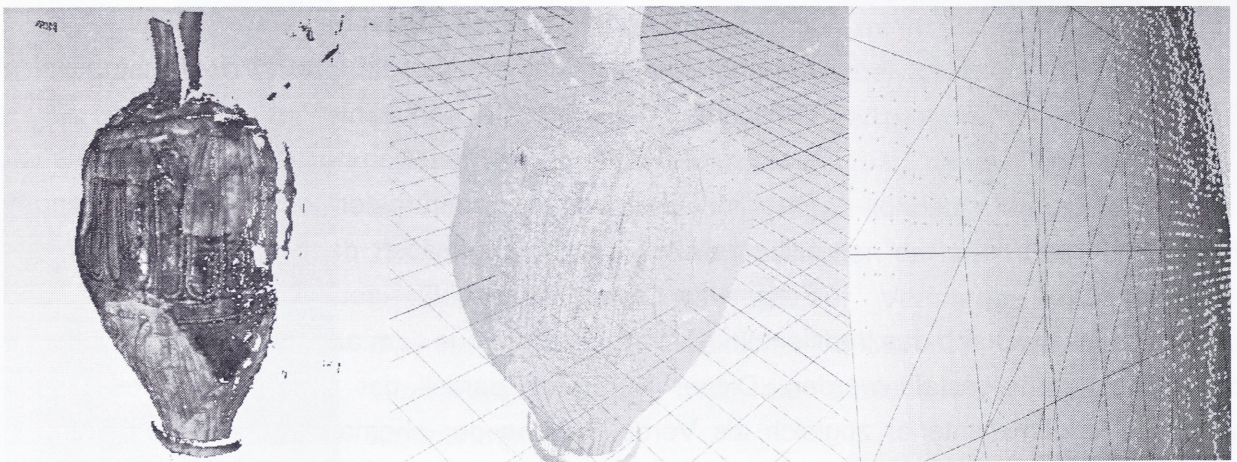


Abb. 6

gescannte Einzelansicht, (298.000 Punkte), Registrierung der Einzelansichten, Triangulationsergebnis (Dreiecksnetz)

Die Flächenrückführung erfolgte mit einem Marching Cubes Verfahren (MCA), welches aus der hochdichten Gesamtpunktwolke ein topologisch einwandfreies Dreiecks-Netz erzeugte.

Die Einzelansichten des Unguentariums tragen in den 3D Punktdaten jeweils noch eine gemessene Helligkeitsinformation (Grauwert), die aus dem zugehörigen Kamerabild übernommen wurde. Um die Grauwerte der Gesamtpunktwolke auf das Dreiecksnetz zu übertragen wurde eine Erweiterung des MCA entwickelt, der in jeder Raumzelle den maximalen Grauwert ermittelte und dem entsprechenden Dreieck zuordnete. Bei entsprechend feiner Netzauflösung konnten so Texturinformationen auf das Netz übertragen werden.

6.2 Selektion und Klassifizierung

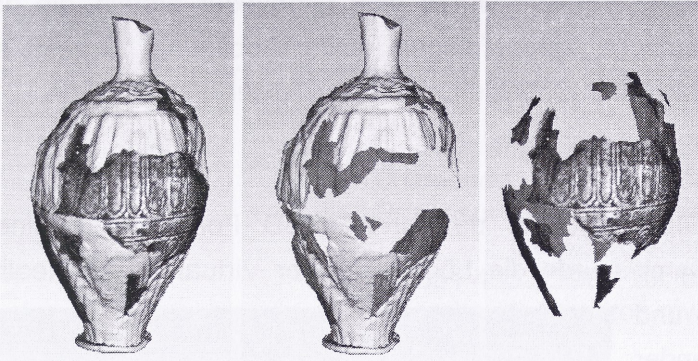


Abb. 7 Virtuelles Objekt nach der Klassifizierung

Anhand der aus den Scanaufnahmen auf das 3D Netzmodell übertragenen Grauwerte konnten nun die ursprünglichen Originalflächenanteile interaktiv selektiert und klassifiziert werden. Auf diese Weise lassen sich nun je nach Bedarf alle Gipsergänzungsflächen aus- und einblenden (Abb. 7).

6.3 Konturlinienerstellung und Rekonstruktionsversuche

Durch die starke Verformung des Unguentariums konnte nur von einigen Bereichen des Objektes angenommen werden, dass sie die ursprüngliche Außenkontur des Gefäßes repräsentieren. In diesen Bereichen wurden mehrere Schnittebenen durch das Objekt definiert, in deren Position ein Netzschnitt-Algorithmus zum Einsatz kam.

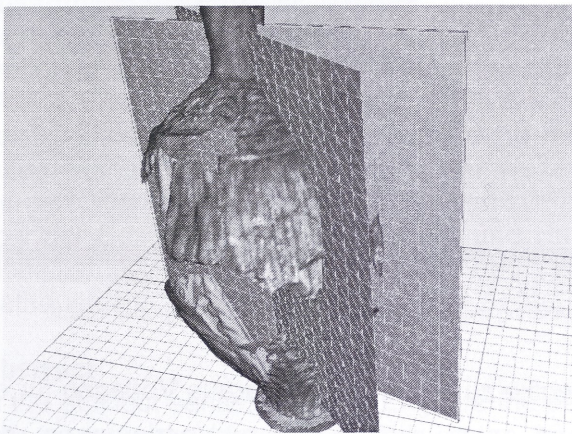
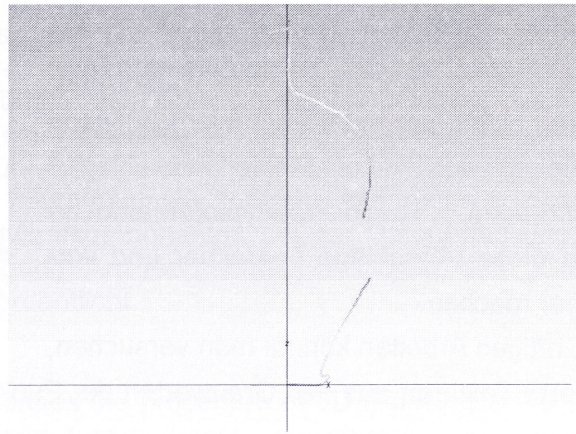


Abb. 8 Schnittebenen und resultierende Konturlinien



Die auf diesem Weg erhaltenen Schnittlinien waren oft stark fragmentiert. Durch die Anwendung von kubischen Splinekurven konnten die fehlenden Abschnitte in den Kurven C1-stetig komplettiert werden. Im weiteren Verlauf der Rekonstruktion wurden auch Abschnitte der Linien mit Linien, welche aus anderen Ebenenschnitten hervorgegangen waren, kombiniert, um eine möglichst realistischen Gesamtkonturverlauf zu erhalten. Voraussetzung für diese Vorgehensweise war die Annahme der Rotationssymmetrie des ursprünglichen Gefäßes. Um dem subjektiven Charakter einer jeden Rekonstruktion Rechnung zu tragen, wurden mehrere Vorschläge einer möglichen Ursprungsform erstellt.

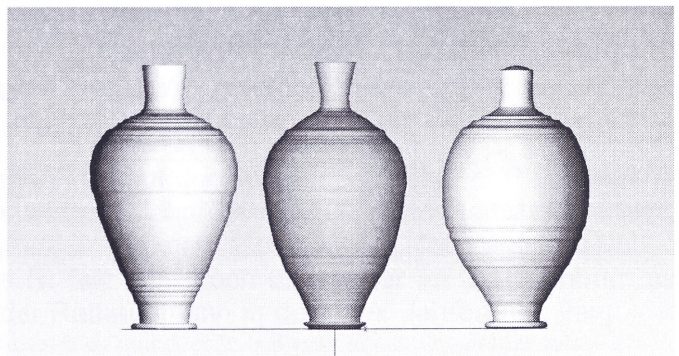


Abb. 9 Drei verschiedene Rekonstruktionsvorschläge

6.4 Texturierung

Aus Fotos vom traditionell restaurierten Unguentarium wurde eine Grobtextur erstellt, die den optischen Eindruck der metallischen Oberfläche widerspiegeln sollte. Abbildung 10 zeigt ein Rendering des virtuellen Unguentariums, das unter Einbeziehung dieser Textur erstellt wurde.

7. Rapid-Prototyping

Mittels eines 3D Printers der Firma BIBUS konnte der virtuelle 3D Formkern in einem gipsähnlichen Material erstellt werden. Damit wurde die Lücke von der Virtualität zur Realität geschlossen und traditionell erstellter und virtueller Formkern konnten direkt miteinander verglichen werden.

(Dieser Thematik wird auch ein spezieller Vortrag auf dem Workshop *3DNordOst* der GFal im Dezember 2005 gewidmet sein).

8. Resume und Ausblick

Die vorgestellte Zusammenarbeit zwischen der GFal und der Berliner Antikensammlung hat gezeigt, daß die virtuelle Rekonstruktion Möglichkeiten bietet, um mit akzeptablem Aufwand eine Vielzahl von Rekonstruktionsvorschlägen zu erzeugen. Rapid-Prototyping-Methoden können diese Vorschläge begreifbar und vergleichbar machen.

In zukünftigen Arbeiten könnte man versuchen, detaillierte Texturen aus den Grauwerten der Punktwolke zu ermitteln und daraus Vorlagen für ein Oberflächenprofil berechnen. Damit könnten dann auch die filigranen Verzierungen des Unguentariums als echte Geometrie in das Dreiecksnetz eingearbeitet und mittels 3D Printing reproduziert werden.

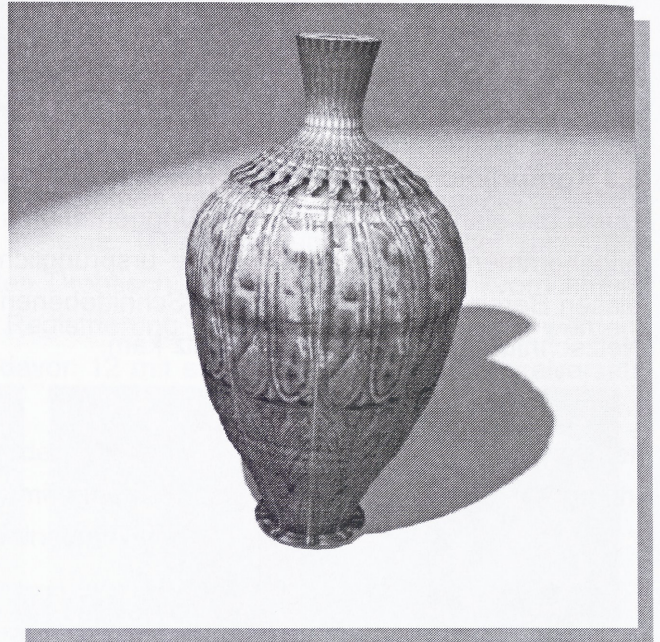


Abb. 10
Rendering des virtuellen Unguentariums mit grober Textur

Literatur :

- [1] **DOTTERWEICH 1999** : Ulrich Dotterweich, Unguentarien mit kuppelförmiger Mündung, Knidos - Studien Bd.1, Ursula Mandel (Hrsg.), Raman Özgan (Hrsg.), Wulf Raack (Hrsg.), Paderborn 1999.
- [2] **PFROMMER 1987** : Michael Pfrommer, Studien zu alexandrinischer und großgriechischer Toreutik frühhellenistischer Zeit, Berlin 1987.
- [3] **WINTER 1897** : F. Winter, Zum Hildesheimer Silberschatz, in : Archäologischer Anzeiger, Beiblatt zum Jahrbuch des Kaiserlich Deutschen Archäologischen Instituts, Bd. XII, Berlin 1897, 115 – 142.