

## OPTISCHE 3D-VERMESSUNG UND VISUALISIERUNG EINER LEBENSGROSSEN METALLFIGUR

Martin Mach, Peter Mottner, Christian Kremer und Rolf Snethlage  
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege  
Hofgraben 4  
D - 80539 München  
Telefon +49 89 2114-1  
Telefax +49 89 2114-300

### 1 Bildverarbeitung - ein modernes Arbeitsgebiet ?

Ein erhoffter Fortschritt in der Dokumentation wertvollen Kulturgutes ist der Übergang von der zweidimensionalen zur berührungslosen, dreidimensionalen Erfassung und Abbildung eines Kunstwerkes. Für den Bereich der Metallrestaurierung wurde dieser Entwicklungsschritt anhand einer lebensgroßen Plastik aus Zinkguß realisiert.

Ein Blick auf historische Vorgehensweisen belegt, daß das Grundprinzip der dreidimensionalen Bildverarbeitung im weitesten Sinne seit langem zum Standardrepertoire von Malern und Grafikern gehört. Der Wunsch nach einer gezielten Steuerung der Bildinformationen ist nichts Neues, nur das technische Instrumentarium hat sich gewaltig entwickelt.

Abb. 1 zeigt ein Beispiel einer historischen Bildmontage, heute würde man sagen einer Bildverarbeitung mit den Mitteln "Ausschneiden", "Einfügen", "Löschen" usw. Die einander ähnlichen Abbildungen zeigen beide den Blick in die Königliche Erzgießerei in München, zu einem Zeitpunkt als die Arbeiten an der großen Bronze-Bavaria in vollem Gange waren.

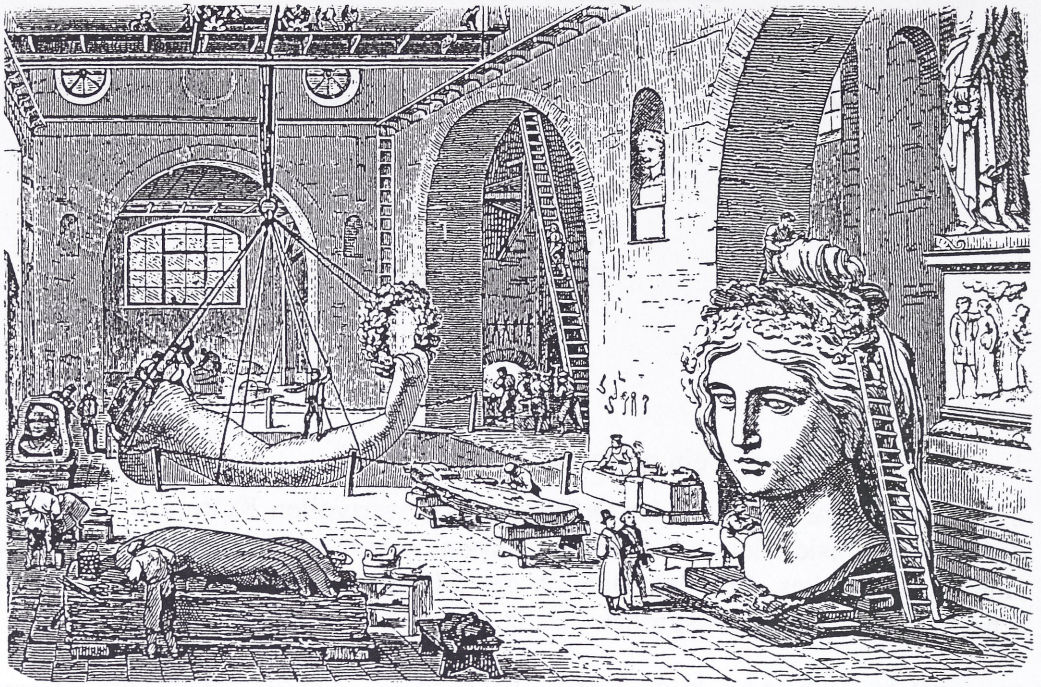
Es lag nahe, bei der auf Abb. 1 unten abgebildeten, älteren Abbildung der historischen Szene<sup>1</sup> einige als vielleicht nicht ausreichend elegant empfundene Bereiche inhaltlich und stilistisch zu überarbeiten. Die Blickrichtung und viele wesentliche Grundelemente des Originals wurden in die neue Abbildung übernommen. An der Rückseite des Formsaales war mittlerweile ein zusätzlicher Raum angebaut worden. Dieser wurde einfach in das neue Bild<sup>2</sup> eingebaut, obwohl er zum dargestellten Zeitpunkt noch gar nicht vorhanden war. Das nicht augenfällig der Monumentalfigur der Bavaria zuzuordnende Gußteil links unten im Vordergrund ließ der Bildverarbeiter bei der neuen Ansicht weg und ersetzte es durch die besser zu erkennende Hand der Bavaria. Weiterhin beschloß man, auf das herstellungstechnisch bedingte Linienmuster auf dem Arm der Bavaria und einige den Bildaufbau störende Personen zu verzichten.

Auf diese Weise entstand ein etwas geschöntes, aber in der Aussage klarer erkennbares Bild zum Herstellungsprozeß der Bavaria. Das verbesserte Bild findet sich als Standardabbildung in zahlreichen Monographien über Bronzegußtechnik, selbstverständlich ohne den Hinweis, daß es sich um eine im Detail nicht stimmige Montage handelt.

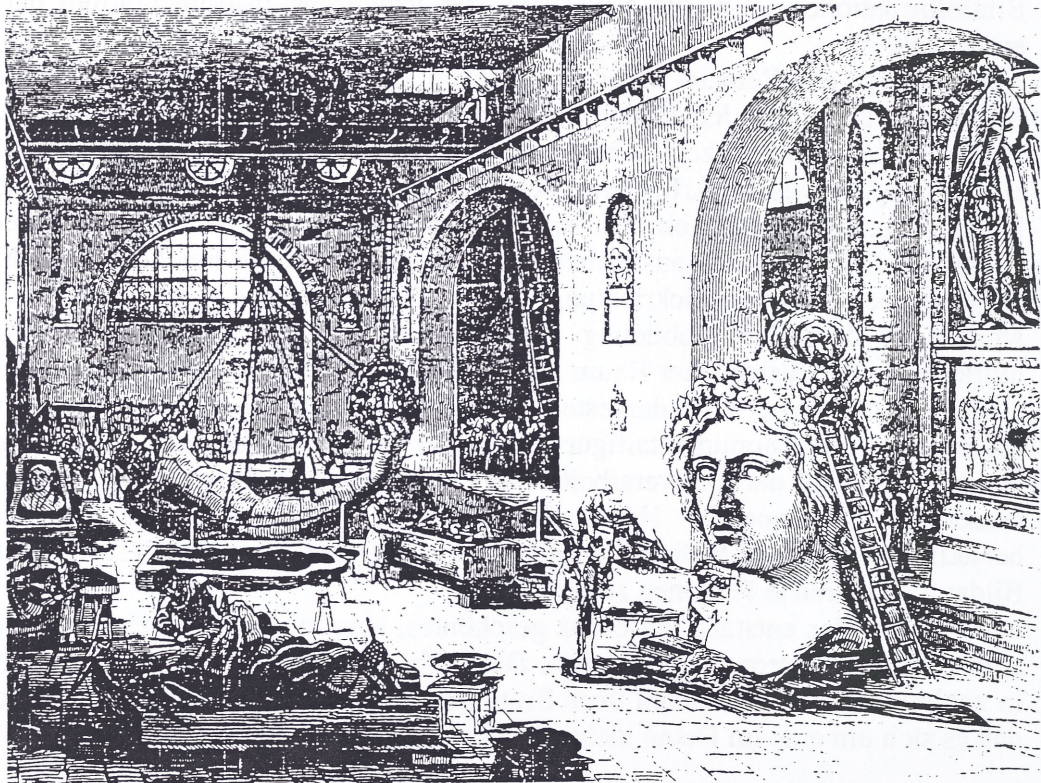
### 2 Anwendungsbeispiele der modernen zweidimensionalen Bildverarbeitung für die Denkmalpflege

Es würde zu weit führen, hier alle denkbaren Anwendungsmöglichkeiten der Bildverarbeitung für den Bereich der Denkmalpflege zu diskutieren. Anhand zweier leicht verständlicher





Königliche Erzgießerei in München, überarbeitete Abbildung (1924).



Königliche Erzgießerei in München, Originalabbildung (1845).

Abb. 1: Historische Bildverarbeitung mit einfachen Mitteln.



Anwendungen sollen hier nur typische Zielsetzungen und Arbeitsmethoden vorgestellt werden.

### 2.1 Visualisierung der Auswirkung von Restaurierungsmaßnahmen

Anhand eines Fotos von der sogenannten Aschaffenburger Tafel, eines Tafelgemäldes aus dem 13. Jahrhundert, wurden mit Hilfe der Bildverarbeitung Fehlstellen in einer quasi virtuellen Restaurierung ausgebessert, um den Einfluß von Retuschen auf die Bildwirkung sichtbar zu machen. Das Original wurde nicht angetastet<sup>3</sup>.

### 2.2 Visualisierung eines durch Restaurierung nicht mehr wiederherstellbaren Originalzustandes

Das Münchner Max-Joseph-Denkmal, ein 1835 enthülltes Denkmal aus Bronze, hat sich durch die Einwirkung unterschiedlichster Umwelteinflüsse in seinem Aussehen im Laufe der Zeit stark verändert. Es trägt die für städtische Umgebung typische schwarz-grüne Patina. Augenzeugen bei der Enthüllung des Denkmals berichten hingegen von einem "goldglänzenden" Werk<sup>4</sup>. Zur Veranschaulichung der erheblichen Veränderungen sollte deshalb das ursprüngliche Aussehen der Bronze bei der Enthüllung mit Hilfe der Computer-Bildverarbeitung bildlich dargestellt werden<sup>4</sup>.

Die Farbe der Legierung war aufgrund chemischer Analysen bekannt, sowie die Tatsache, daß das Denkmal mit blanker Oberfläche, d.h. nicht etwa künstlich patiniert, aufgestellt wurde. Auf einem historischen s/w-Foto wurden hierzu die metallischen Teile des Denkmals maskiert, farblich angepaßt und mit Hilfe eines im Computerprogramm enthaltenen Metallglanzfilters mit metallischem Aussehen versehen.

## 3 Dreidimensionale Bildverarbeitung

Die Anwendungsbeispiele im Abschnitt 2 zeigen, daß der Einsatz der zweidimensionalen Bildverarbeitung in der Praxis heute ohne weiteres möglich ist.

Die dreidimensionale Bildverarbeitung hingegen befindet sich noch in der Entwicklungsphase.

### 3.1 Vorversuche an einem Zinkgußfragment<sup>5,6</sup>

An einem Zinkgußfragment<sup>7</sup> wurden versuchsweise berührungslose Messungen mit Hilfe eines 3D-Laser-Scanners ausgeführt<sup>8</sup> (zum Meßverfahren siehe Lit. 5). Die verwertbaren Rohscan-Daten wurden im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege zu einem Gesamtmodell montiert. Abbildung 2 zeigt das auf diese Weise entstandene Drahtgittermodell. Das Modell wurde mit verschiedenen Texturen versehen. Die vom Raytracer-Programm<sup>9</sup> erzeugten Bilder eignen sich nur schlecht zur s/w-Darstellung und werden deshalb hier nur im Vortrag gezeigt.<sup>10</sup>

### 3.2 Optische Vermessung und Visualisierung einer lebensgroßen Figur<sup>6</sup>

Der "Münzpräger", eine lebensgroße allegorische Plastik, wurde vom Bildhauer Kirchmayer 1862 für das Gebäude der "Alten Münze" in München entworfen und in Zink gegossen. Die Figur wurde mit Hilfe von strukturiertem Licht vermessen<sup>11</sup>. Bei diesem berührungslosen Verfahren wird mittels eines Projektors eine Abfolge von Streifenmustern ("Gray-Code") auf die zu vermessende Figur projiziert und das reflektierte Bild von einer feststehenden Videokamera aufgenommen. Der angeschlossene Computer wertet das so entstandene Muster von hellen und dunklen Punkten aus und setzt dieses in Flächeninformation und räumliche Koordinaten um, die dann in einem weiteren Schritt in das errechnete Volumenmodell zurückgeführt werden. Die Feinheit (Auflösung) des Punkterasters ist bis in den Submillimeterbereich frei definierbar (zum Meßverfahren siehe Lit. 5,6).



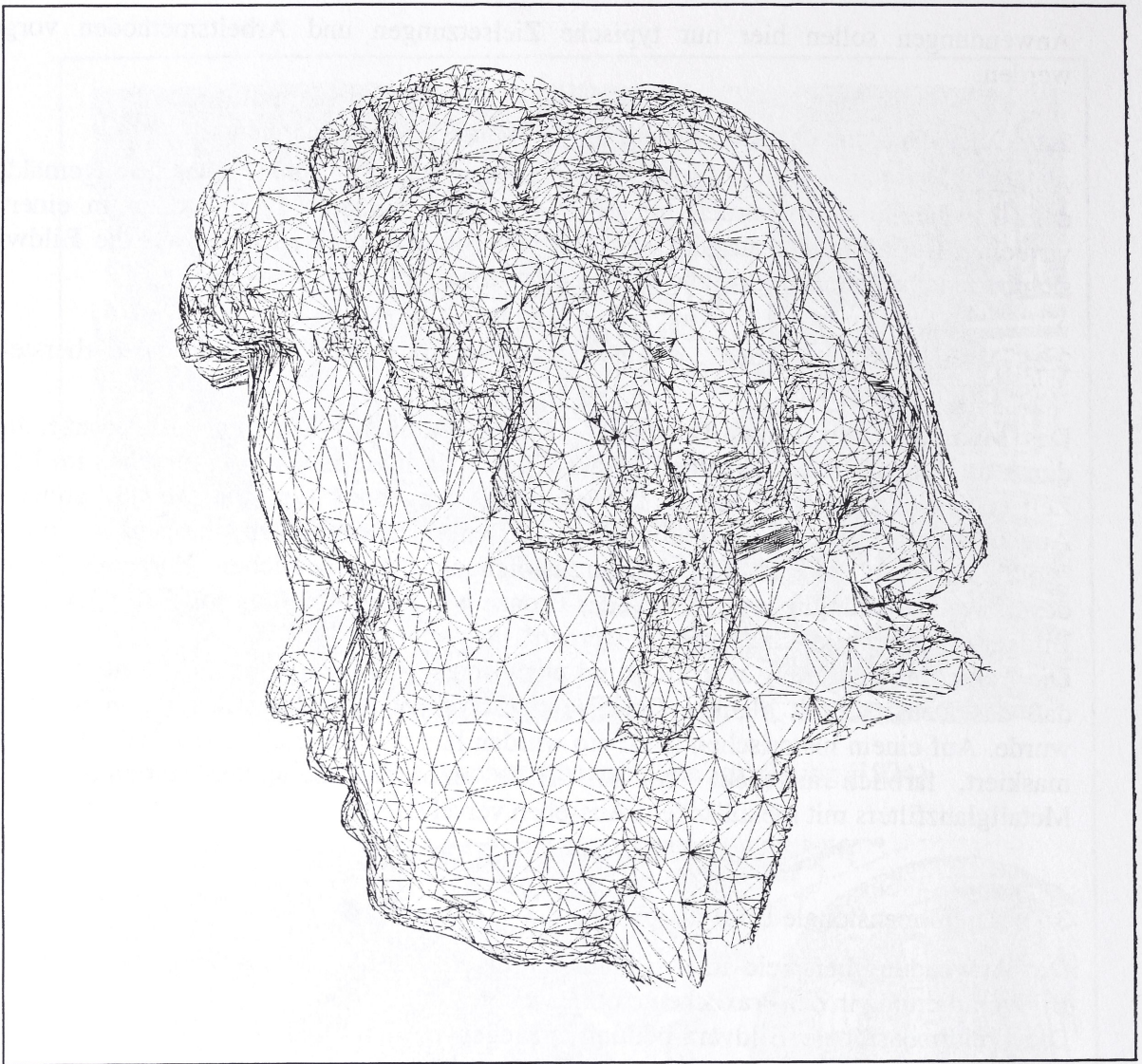


Abb 2: Drahtgittermodell eines mit dem Laserscanner vermessenen Zinkgußfragmentes.

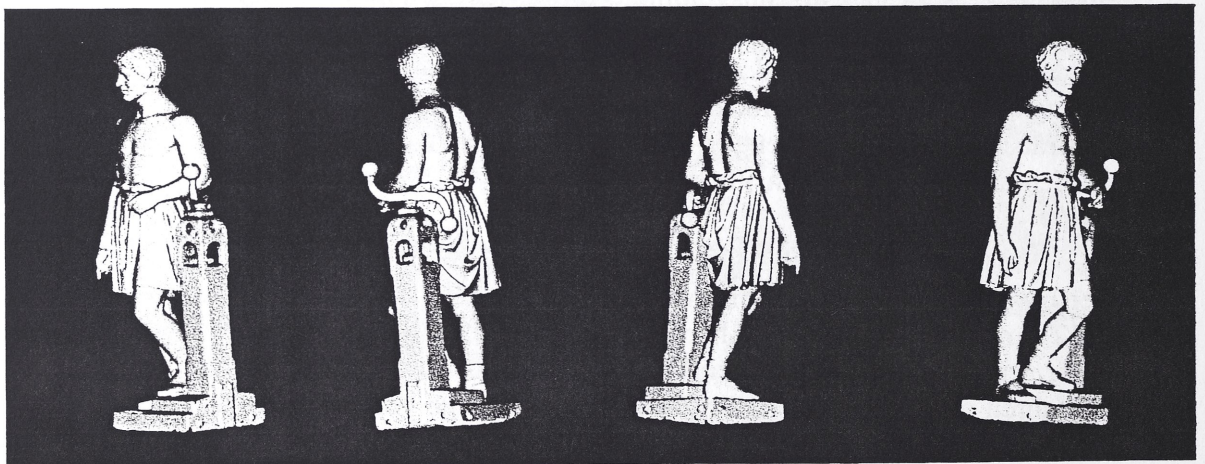


Abb. 3: Computermodell des "Münzprägers".



Die Vermessung wurde mit mobilem Gerät vor Ort in einer Restaurierungswerkstatt ausgeführt. Die Figur stand auf einem Drehgestell, so daß sie um die Hochachse gedreht werden konnte. Für die Aufnahmen von der Ober- und Unterseite mußte die Figur mit Hilfe eines Seilzugs gekippt werden. Eine Verdunkelung des Raumes war nötig.

Obwohl die Figur nur verhältnismäßig wenige Hinterschneidungen aufweist, war es erforderlich, rund 200 Teilbilder aufzunehmen. Die Einzelaufnahmen wurden zu einem Gesamtmodell kombiniert.

Der auf diese Weise entstandene Gesamtdatensatz enthält die Oberfläche der Figur einschließlich zahlreicher Unterschneidungen, wie z.B. Gewandfalten, Münzpresse mit zahlreichen Durchbrüchen, innenliegender Spindel etc. Die Abb. 3 zeigt vier Einzelbilder aus der im Vortrag gezeigten Filmsequenz, bei der die Figur eine vollständige Drehung um die y-Achse ausführt.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des Forschungsprojektes "Konservierung von Denkmälern aus Blei, Zink und Zinn" mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert (Aktenzeichen 01120).

## Literatur und Anmerkungen

- 1) Abbildung aus: Leipziger Illustrierte Zeitung, 1845.
- 2) Abbildung aus: Alexander Heilmeyer: Hundert Jahre Kgl. Erzgießerei F. von Miller in München. Kunst und Handwerk, Jahrgang 1924, S. 52.
- 3) Die Bildverarbeitung wurde von den Restauratorinnen Frau Ringer und Frau Vogt ausgeführt.
- 4) Kerstin Brendel: Der gebrochene Glanz der Bronzen. Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, Bd. 86, München 1996, S. 118 (Farbtafel II, Abb. 2) und S. 121.
- 5) Martin Mach, Christian Kremer, Peter Mottner und Rolf Snethlage: Über den Einsatz eines 3D-Laser-Scanners zur dreidimensionalen Erfassung von Denkmälern für die Bereiche Dokumentation und Restaurierung. In: 4. Internationale Konferenz: Zerstörungsfreie Untersuchungen an Kunst- und Kulturgütern. Seiten 147-154. Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berichtsband 45/1, Berlin (1994).
- 6) Peter Mottner, Martin Mach, Christian Kremer und Rolf Snethlage: Optical 3D Measurement and 3D Imaging of a Life-sized Monument. In: 5th International Conference for Study and Conservation of Works of Art, Berichtsband, Seiten 503-512. Hungarian Chemical Society, Budapest, Ungarn (1996).
- 7) Das Zinkgußfragment wurde freundlicherweise von der Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg, Potsdam-Sanssouci zur Verfügung gestellt.
- 8) Die Vermessung wurde von der Fa. Performance, Frankfurt, mit Hilfe eines Cyberware<sup>®</sup>-Scanners im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege durchgeführt.
- 9) Software: Polyray V.1.6a von Alexander Enzmann.
- 10) Zu den Abbildungen siehe Lit. 6).
- 11) Die Vermessung und Aufbereitung der Meßdaten zum Volumenmodell wurden im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege vom Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung, Darmstadt, ausgeführt.  
Die Animationssequenz wurde vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege erstellt.
- 12) H.-P. Duwe, K.-P. Gründer: Dreidimensionales Vermessen von Oberflächen mit Video-Kamera, Strukturiertem Licht und Bildauswertung. In: 4. Internationale Konferenz: Zerstörungsfreie Untersuchungen an Kunst- und Kulturgütern, Seiten 92-101. Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berichtsband 45/1, Berlin (1994).