

Hochaufgelöste 3-dimensionale Scan- und Print-Techniken in Kunst und Kultur, Archäologie und Paläontologie

High Definition 3-dimensional Scanning and Printing Technologies in Arts and Cultural Heritage, Archaeology and Palaeontology

Bernd Breuckmann
Breuckmann GmbH, Torenstr. 14, D-88709 Meersburg, Germany
Tel: +49 7532 4346 0, Fax: +49 7532 4346 50,
E-Mail: bernd.breuckmann@breuckmann.com, Internet: www.breuckmann.com

Lóránd Bereczky
National Galery, 1250 Budapest, Hungaria
Tel: +36 1 356 0049, Fax: +36 1 212 6631
E-mail: bereczky.lorand@mng.hu, Internet: www.mng.hu

Zsófia Végyvári
Tondo Bt, Hajógyári sziget 323, 1036 Budapest, Hungaria,
Tel: +36 1 202 6774, Fax: +36 1 202 6774
E-mail: vegvari@tondo.hu, Internet: www.tondo.hu

Zusammenfassung

Topometrische HighEnd 3D-Oberflächen-Scanner, die auf die Anforderungen im Bereich von Kunst und Kultur optimiert sind, ermöglichen die 3-dimensionale Digitalisierung von Objekten und Bildern mit hoher Auflösung und Genauigkeit. Gleichzeitig kann die Textur bzw. Farbe des Objektes erfasst werden, wobei eine eins-zu-eins Zuordnung von 3D-Struktur und Farbinformation gegeben ist.

Die so entstandenen digitalen Modelle können entweder in einer virtuellen Welt weiterverwendet werden, sei es zur reinen Visualisierung, zur Dokumentation bzw. Archivierung oder für wissenschaftliche Analysen genutzt werden. Außerdem können anhand der digitalen Modelle mit unterschiedlichen Rapid-Prototyping-Verfahren maßstabsgerechte und formgetreue Kopien erstellt werden. Moderne 3D-Printer ermöglichen zudem heute bereits die halb-automatische Herstellung farbiger Replika.

Der Vortrag stellt zuerst den Stand der Technik dieser Technologien vor. Anschließend wird anhand von unterschiedlichen Fallstudien das Anwendungspotential im Bereich Kunst, Kultur, Archäologie und Paläontologie aufgezeigt. Dabei sollen insbesondere auch Arbeiten zur 3D-dimensionalen virtuellen und physikalischen Rekonstruktion des Hochaltars von Kisszeben präsentiert werden.

Abstract

Topometrical high definition 3D-scanners, optimized for the requirements of arts and cultural heritage, allow the 3-dimensional digitization of art objects and paintings with high resolution and accuracy. Moreover, the texture and/or color of the object can be recorded, offering a one-to-one correspondence of 3D coordinate and color information.

The digital models recorded with these techniques may be used in the virtual reality for visualization, documentation and archiving, or for scientific analysis. Moreover, it is possible to

create scaled copies by using different rapid prototyping techniques. State of the art 3D-printers already allow a semi-automised manufacturing of colored replicas.

The presentation will start with a short overview the state of the art of these techniques. It will then demonstrate the possibilities of these techniques for arts, cultural heritage, archaeology and palaeontology by using selected applications. Especially the paper will concentrate on the workings for the virtual and physical reconstruction of the high altar of Kisszeben.

Zur hochauflösenden 3D-Digitalisierung von Objekten werden heutzutage vorzugsweise optische Triangulationssysteme eingesetzt, die entweder auf dem Prinzip des Laserscannens oder der strukturierten Beleuchtung bzw. der Streifenprojektion basieren. Letztere weisen eine Reihe von Vorteilen auf, die insbesondere bei der Erfassung von Kulturgütern von entscheidender Bedeutung sind : Hohe Genauigkeit und Auflösung, schnelle und einfache Datenerfassung, hohe Flexibilität und Mobilität. Insbesondere können topometrische 3D-Mess- und Digitalisiersysteme i.a. vor Ort im Museum oder auch im Feld eingesetzt werden.

Mit den heute verfügbaren modular aufgebauten 3D-Sensor-Systemen wie dem triTOS-3D System der Fa. Breuckmann kann eine Erfassung von 3D-Daten mit bis zu mehreren Millionen Bildpunkten innerhalb von 1 - 2 Sekunden erfolgen. Dabei können abhängig von der Sensorkonfiguration und den Erfordernissen der jeweiligen Anwendung in einer Teilaufnahme Messfelder von wenigen mm² bis zu einigen m² erfasst werden. Für die Digitalisierung kompletter Strukturen können die einzelnen Teilaufnahmen einfach anhand ihrer 3D-Geometrie zusammengesetzt werden, wobei die Anzahl der benötigten Teilaufnahmen stark von der Komplexität des jeweiligen Objektes abhängig ist.

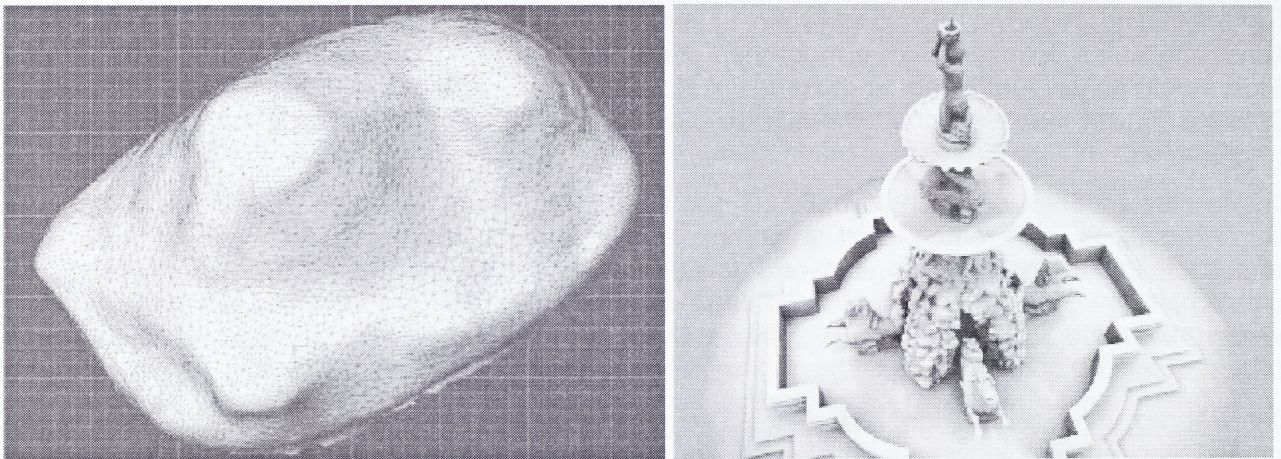


Abb. 1 (oben links) zeigt die Digitalisierung eines Mäusezahnes mit höchster Auflösung. Die Größe des dargestellten Objektes beträgt ca. 1,5 x 1 mm. Für diese Aufgabenstellung wurde ein Sensor mit einer 6.6 MPixel Kamera und einem Messfeld von ca. 50 mm Bilddiagonale verwendet. Die Digitalisierung erfolgte mit 8 Teilaufnahmen bei einer lateralen Auflösung von ca. 12 µm und einer Tiefenauflösung < 3 µm.

Abb. 2 (oben rechts) zeigt das digitale Model des Residenzbrunnens in Salzburg, welches mit einem Messfeld von ca. 1,20 m aufgenommen wurde (Fa. Linsinger). Die Höhe des Brunnens beträgt ca. 15 m, insgesamt waren ca. 3.000 Teilaufnahmen erforderlich.



In Abb. 3 ist die 3D-Struktur eines Gemäldes von Monet (private Sammlung) dargestellt. Die Datenaufnahme erfolgte mit einem Messfeld von 150 mm mit insgesamt 85 Einzelaufnahmen, wobei die laterale Auflösung ca. 100 μm beträgt. Die Größe des resultierenden Datensatzes, der neben der 3D-Struktur (Darstellung 10-fach vergrößert) auch die komplette Farbinformation enthält, beträgt ca. 1 GB.

Typische Anwendungsbeispiele für die Verwendung der digitalen Modelle im kulturellen Bereich sind:

- die quantitative Schadenskartierung an Denkmälern und Skulpturen
- die Untersuchung von Gemälden anhand von Farbe und 3D-Struktur
- die wissenschaftliche Analyse von paläontologischen und archäologischen Funden
- die Erstellung einer Identity Card von Kunstgegenständen
- die virtuelle Präsentation von Kunstwerken in Museen und im Internet
- die Herstellung von objektangepassten Transportverpackungen
- die Anfertigung von maßstabsgerechten Kopien
- die virtuelle Rekonstruktion von Kunstobjekten

Insbesondere für die letztgenannte Aufgabenstellung können moderne 3D-Print-Verfahren eingesetzt werden, die - ausgehend von einer Netzdarstellung der Objektoberfläche - eine automatische Herstellung der Replika ermöglichen. Mit heute verfügbaren Systemen können, je nach verwendeter Technik und Materialien, Auflösungen bis in den Bereich von ca. 15 μm erzielt werden. Erste 3D-Printer ermöglichen auch bereits die Anfertigung von farbigen Kopien; allerdings ist hier beim derzeitigen Stand der Technik eine manuelle Nachbearbeitung der Farbe empfehlenswert.

Die virtuelle und physikalische Rekonstruktion des Hochaltars von Kiszeben

Der Hochaltar von Kiszeben wurde in seiner ursprünglichen Form um 1460 in der Kirche von Kiszeben fertiggestellt, dann allerdings im Laufe der Jahrhunderte mehrfach umgebaut und erweitert. Der im gotischen Stil des frühen 15-ten Jahrhunderts aufgebaute 2-flügelige Altar umfasst 24 Holzpaneele und 14 in Holz geschnitzte, teils lebensgroße und zu großen Teilen vergoldete Figuren. Er stellt innen das Leben von Johannes dem Täufer dar und zeigt außen Stationen aus dem Leben von Jesus und Maria. Mit einer Höhe von ca. 8 m war er einer der größten Altarkonstruktionen des Mittelalters.

Im Zuge der Renovierung der Kirche wurde er 1890 abgebaut und im Museum of Fine Arts in Budapest in renovierter, allerdings teilweise auch modifizierter Form wieder aufgebaut. Heute befindet sich der gesamte Altar in der Ungarischen National Galerie in Budapest, wo allerdings nur Teile des Altars sowie seine wesentlichen Figuren der Öffentlichkeit zugänglich sind.

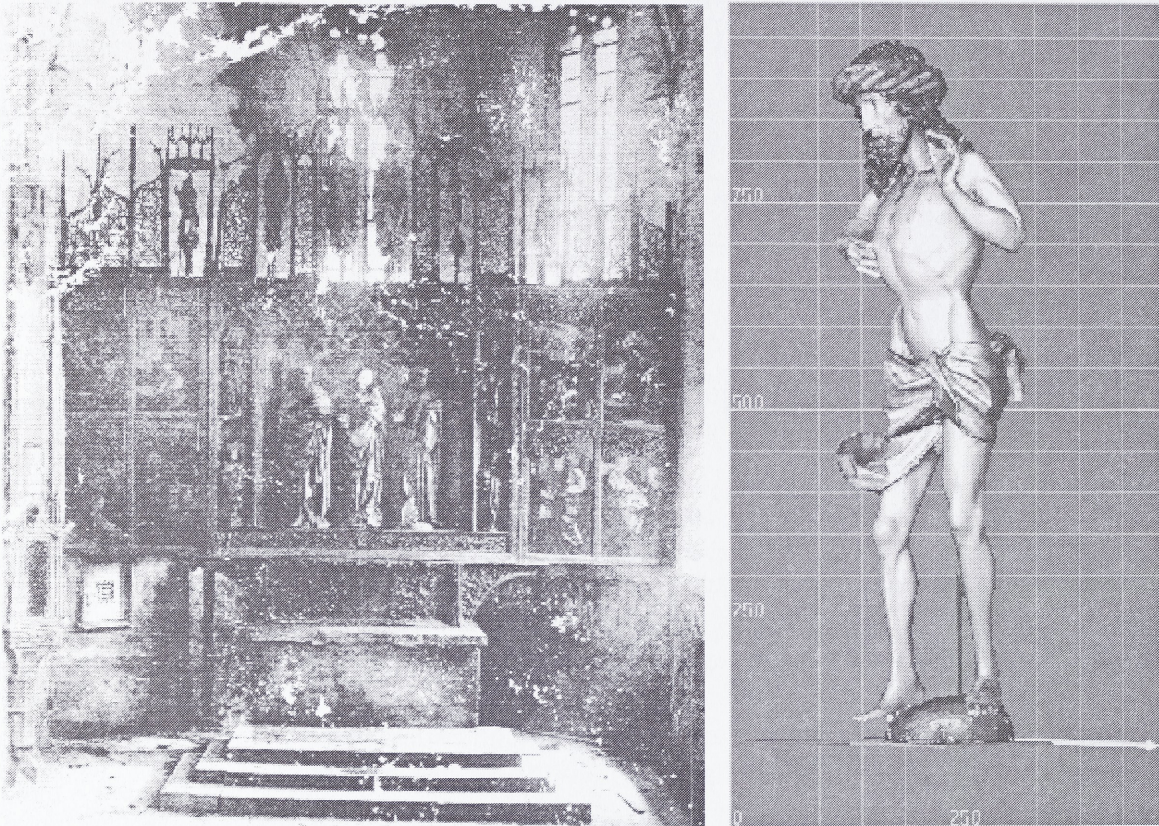


Abb. 5 zeigt links den Hochaltar in seiner ursprünglichen Form um 1880 in der Kirche von Kiszeben, rechts das digitale Modell der Jesus-Figur, die sich auf der Spitze des Altars befindet (im Bild links nicht sichtbar).

Das Projekt zur virtuellen Rekonstruktion des Altars von Kiszeben wurde von der Fa. Tondo Bt, Budapest, Ungarn, im Jahre 2006 mit Unterstützung durch die Ungarische National Galerie begonnen. Bisher konnten die folgenden Figuren des Altars mit hoher Auflösung und unter Einbeziehung der Farbtextur digitalisiert werden:

- Jesus und Johannes der Täufer
- die heilige Elisabeth und die Jungfrau Maria
- St. Katrin, St. Margit und der Heilige Johannes
- sowie Teile des Maßwerkes.



Abb. 6 zeigt oben die digitalen Modelle der Figuren Maria (links), Elisabeth (Mitte), St. Katrin (rechts). Darunter sind Ausschnitte des Gesichtes der Figur des Johannes des Täufer dargestellt. Aufgrund des S/W-Druckes kann die vorhandene Farbtextur der Statuen hier nicht wieder gegeben werden.

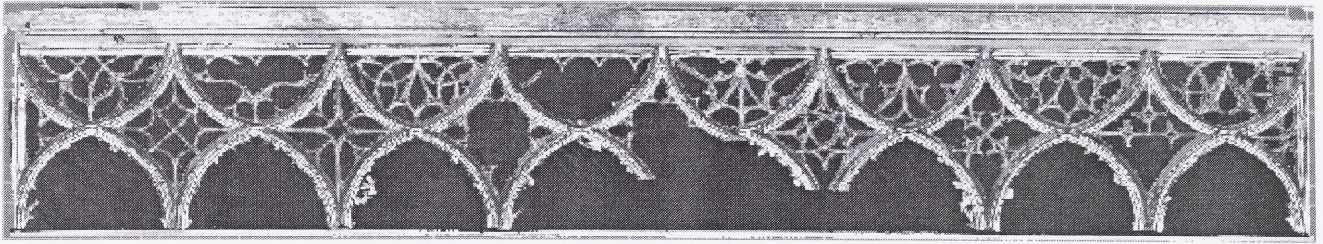


Abb. 7 zeigt das digitale Modell des Maßwerks des mittleren Flügels des Altars.

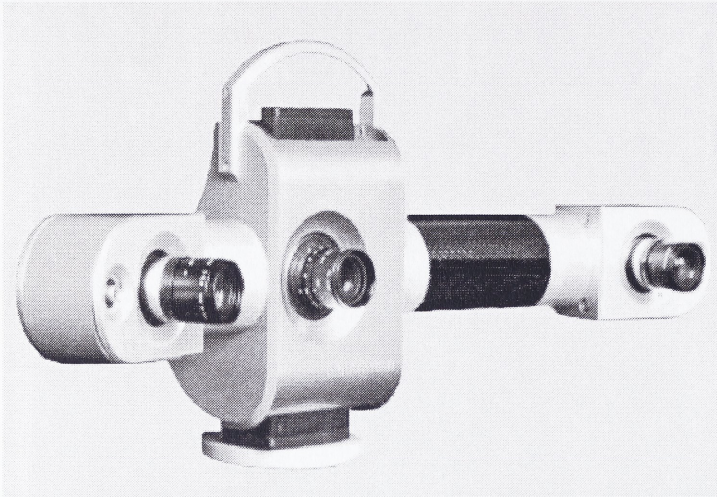


Abb. 8 : Das triTOS-3D System der Fa. Breuckmann

Zur Digitalisierung der Figuren des Hochaltars wurde das triTOS-3D System der Fa. Breuckmann GmbH eingesetzt. Das System ist mit 2 Color-CCD-Kameras mit je 1.4 MPixel ausgerüstet. Verwendet wurden 2 unterschiedliche Messbereiche mit 300 bzw. 600 mm Bilddiagonale, die eine laterale Auflösung von ca. 0.2 bzw. 0.4 mm und eine Tiefenauflösung von 20 bzw. 40 μm ermöglichen. Die Messgenauigkeit des Sensors beträgt dabei ca. 25 bzw. 50 μm . Je nach Größe und Komplexität der Figuren waren zwischen 50 und 200 Aufnahmen für deren vollständige 3-dimensionale Erfassung erforderlich.



Abb. 9 : Die Figur der St. Margit
links: Original
rechts: 3D-Print mit handgemalter Goldfarbe

Die Figur der St. Margit wurde inzwischen mittels RapidPrototyping-Techniken im Maßstab 1:5 3-dimensional rekonstruiert (siehe Abb. 9), die anderen Figuren, deren 3D-Daten bereits vorliegen, im Maßstab 1:10 - 1:20.

Für die Herstellung der Replika wurde der 3D-Drucker Design Mate CX der Fa. Contex verwendet. Er erlaubt – ausgehend von einem Datensatz, der neben den 3D-Daten auch die Farbinformation enthält - die automatische Anfertigung von farbigen 3D-Kopien; allerdings ist heute noch eine interaktive Nachbearbeitung erforderlich, um die Farbe in einer ansprechenden Qualität darzustellen.