

# CULTLAB3D: EIN MOBILES 3D-SCANNING SZENARIO FÜR MUSEEN UND GALERIEN

Constanze Fuhrmann<sup>a</sup>, Pedro Santos<sup>a</sup>, Dieter Fellner<sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> *Competence Center Digitalisierung von Kulturerbe, Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD, Deutschland, {constanze.fuhrmann|pedro.santos|dieter.fellner}@igd.fraunhofer.de;*

<sup>b</sup> *Graphisch Interaktive Systeme, TU-Darmstadt, Deutschland;*

<sup>b</sup> *Institut für ComputerGraphik & Wissensvisualisierung, TU Graz, Austria*

**KURZDARSTELLUNG:** Im Projekt *CultLab3D* werden Kulturgüter dreidimensional und in sehr hoher Qualität erfasst. Dabei geht es um die Entwicklung einer neuartigen Scan-Technologie in Form eines mobilen Digitalisierungslabors, das aus flexibel einsetzbaren Modulen für die schnelle und ökonomische Erfassung von 3D-Geometrie-, Textur- und Materialeigenschaften besteht. Dabei soll langfristig die Qualität der Daten auch wissenschaftlichen Ansprüchen genügen, die bislang Originalvorlagen erfordern. Das System soll hinsichtlich des Aufwands (u.a. Scan-Geschwindigkeit), der erzielbaren Qualität und der Kosten den Markt revolutionieren. Eine Marktreife wird für 2015 erwartet.

## 1. EINFÜHRUNG

Während die digitale Erfassung von kulturellen Artefakten in 2D heute effizient und kostengünstig möglich und bereits weit verbreitet ist, ist die 3D-Digitalisierung noch immer zeit- und kostenintensiv.

Entsprechende von uns mit Partnern durchgeführte Studien zufolge liegt der Zeitaufwand für die Umpositionierung des Erfassungsgeräts bei bis zu 85% der gesamten Akquisitionszeit, unabhängig von den dafür verwendeten Technologien (Streifenlicht- oder Laserscanner). Hinzu kommt, dass nicht alle Verfahren in der Lage sind, jedes Material zu digitalisieren. Auch darf nicht jede Technologie verwendet werden, so lässt sich z.B. durch Strahlung ionisierte Keramik im Anschluss eventuell nicht mehr datieren.

Gleichzeitig steigt der Wunsch, Museums- und Archivbestände auch in 3D zu erfassen und verschiedenen Zielgruppen zugänglich zu machen. Laut ENUMERATE, einem der Europäischen Digitalen Bibliothek (Europeana) zu arbeitendem Europäischen Forschungsprojekt, sind gerade mal 1% aller bereits digitalisierten Artefakte ‚3D-Artefakte‘[1]. Nur 34% der Museen haben bereits eine Digitalisierungsstrategie und bloß 23% eine nachhaltige Erhaltungsstrategie für ihre Digitalisate. Laut dem

Deutschen Institut für Museumsforschung warten in Deutschland allein mindestens 250 Millionen ‚3D-Artefakte‘ auf ihre Digitalisierung. Allein die Berliner Museen haben 120.000 Neuzugänge pro Jahr zu verzeichnen.

Dementsprechend gibt also enormen Handlungsbedarf, will man der Millionen von ‚3D-Artefakten‘ Herr werden und sie ökonomisch und zeitlich vertretbar digitalisieren und archivieren können.

Die vom Fraunhofer IGD entwickelte digitale Scanstraße CultLab3D soll die 3D-Digitalisierung von Kulturartefakten revolutionieren. Mit Fokus auf die Automatisierung und Beschleunigung des gesamten 3D-Prozesses werden neue photogrammetrische Scanner entwickelt und die neueste Generation von autonomen und nachgiebigen Robotern genutzt und unter Berücksichtigung der Umgebungsbeleuchtung angewendet.

## 2. STAND DER TECHNIK

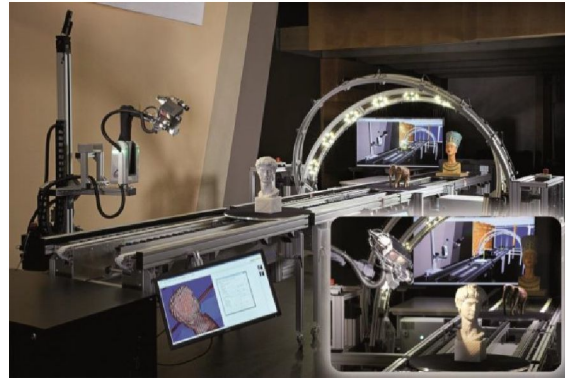
Bisherige Entwicklungen zur Digitalisierung von 3D-Artefakten verwenden verschiedene Scantechnologien für verschiedene Materialien. Ihnen allen ist allerdings bisher gemein, dass sie statische Aufbauten sind und Hinterschneidungen noch nicht automatisiert auflösen können.

Gorghi et al. [2] und Salvi et al. [3] haben Erhebungen zur 3D-Geometrie und Textur Erfassung mit Streifenlicht gemacht. Weyrich et al. [4] machte Studien zur optischen Materialakquise. Verfahren nutzen von einfachen bis sehr extremen Aufbauten zur kombinierten Erfassung von 3D-Geometrie, Textur und optischer Materialeigenschaften.

Holroyd et al. [5] bewegen einen koaxialen Aufbau aus einer Kamera und einer Lichtquelle, um ein Artefakt während ein identischer Aufbau von oben auf das Artefakt schaut. Schwartz et al. [6] führen eine hochgradig parallele Erfassung von Geometrie, Textur und optischen Materialeigenschaften mit einem „Multiview/Multilight Setup“ von 151 Consumer-Kameras und LED-Leuchten im sogenannten DOME durch. In seiner verbesserten Version [7] reduziert sich seine extreme Anzahl von Kameras auf 11 Industrievideokameras, welche sich auf einem vertikalen Viertelbogen um eine mit LED Leuchten versehenen Halbkugel drehen, in deren Mitte sich das zu digitalisierende Artefakt befindet. Damit steigt die Akquisitionszeit zwar leicht, aber die Qualität der Ergebnisse verbessert sich merklich. Koehler et al. [8] haben die ORCAM, einen voll sphärischen, dem DOME ähnelnden Aufbau konstruiert. Dieser ermöglicht, auch den Boden von Artefakten aufzunehmen, die auf einem Glasdrehsteller positioniert sind. Sieben hochauflösende Kameras und ein Projektor drehen sich für die Datenerfassung um die Kugel.

### 3. TECHNISCHER AUFBAU

Die mobile Digitalisierstraße besteht aus einem Förderband, welches das auf einem Tablet platzierte Artefakt zu zwei Scanstationen transportiert (s. Abb. 1, 2). Die erste Station (*CultArc3D*) umfasst zwei ineinander geschachtelte Aluminiumbögen, die jeweils eine komplette Hemisphäre um das Objekt nachbilden. Durch unterschiedliche Bewegungsabläufe und mittels bildbasierter Verfahren können so Geometrie, Textur und optische Materialeigenschaften von dreidimensionalen Objekten in hoher Auflösung aufgenommen werden.



*Abb. 1: Die Digitalisierstraße CultLab3D des Fraunhofer IGD ermöglicht, die Millionen vorhandenen Museumsexponate industriell, kostengünstig und schnell dreidimensional zu digitalisieren. Bildnachweis: © Fraunhofer IGD*

Während der erste Bogen aus neun Kameras besteht, sind an dem zweiten neun Tageslichtquellen befestigt. Derzeit werden 10 Mpx-Kameras verwendet, die das sichtbare Spektrum des Lichts erfassen. Perspektivisch ist jedoch vorgesehen, diese um Multispektral-Sensoren zu erweitern. Die den visuellen Bereich erfassenden Lichtquellen des inneren Bogens sollen künftig analog dazu durch Multispektral-Licht ergänzt werden, um so z.B. durch Ultraviolett-Beleuchtung weitere Details wie Spuren von Schaffensprozessen sichtbar zu machen.

Die zweite Scanstation (*CultArm3D*) besteht wahlweise aus einem Streifenlichtscanner, oder einer weiteren Kamera und einem Ringlicht wie sie am *CultArc3D* verbaut sind. Der jeweilige Sensor ist an einem Leichtbauroboterarm befestigt und erfasst ebenfalls Geometrie und Textur des Artefakts. Basierend auf den Ergebnissen der ersten Station wird hier eine iterative Scanplanung für *CultArm3D* berechnet. Noch vorhandene Hinterschneidungen im ersten 3D-Model können so durch gezieltes Anfahren fehlender Blickwinkel aufgelöst werden. Denn aufgrund der fixierten Befestigungspunkte der Sensoren von der ersten Station weist das 3D-Model noch Lücken auf, die durch eine optimierte Ansichtsplanung des zweiten Scanabschnitts geschlossen werden.



**Abb. 2:** Die Digitalisierstraße CultLab3D in der Liebieghaus Skulpturensammlung, Frankfurt. Bildnachweis: © Norbert Miguletz, Liebieghaus Skulpturensammlung

Der gesamte Erfassungsvorgang durch die zwei Scanstationen beträgt im Schnitt weniger als 10 Minuten pro Artefakt und erreicht eine Genauigkeit im Sub-Millimeter-Bereich. Das fertige 3D-Modell kann anschließend mit Metadaten z.B. zu seiner Provenienz verknüpft werden. Als weiterer Vorteil wird das Hantieren mit dem Artefakt auf dessen Umplatzierung vor und nach dem Scanprozess reduziert. Hinzu sind Objektanordnung und Datenerfassung voneinander unabhängig, was eine schnelle Prozessimplementierung ermöglicht und potenzielle Risiken für das wertvolle Objekt minimiert.

#### 4. UMSETZUNG VON FORSCHUNG IN DIE MUSEUMSPRAXIS

Gegenwärtig befindet sich die Digitalisierungs-Pipeline CultLab3D noch in der Entwicklungsphase, in der erste Praxistests mit Museumspartnern in Deutschland durchgeführt werden.

Den Auftakt bildeten erste Digitalisierungsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit der renommierten Liebieghaus Skulpturensammlung in Frankfurt im Juli 2014 (s. Abb. 2). Eine Auswahl an Objekten unterschiedlicher Größe und Materialbeschaffenheit wurden durch einen vollautomatisierten, photogrammetrischen Scanprozess in 3D digitalisiert. Der Einsatz der mobilen Pipeline vor Ort hat gezeigt, dass die dreidimensionale Erfassung in hoher Qualität innerhalb des angestrebten Zeitraums von nur wenigen Minuten unter realen Museumsbedingungen

umgesetzt werden kann. Im Schnitt wurden Artefakte mit etwa insgesamt 180 Aufnahmen und unter 10 Minuten bis runter zu 1 Minute und 20 Sekunden digitalisiert (s. Beispiel der thronenden Mutter Gottes, Abb. 3).



**Abb. 3:** Mit der CultLab3D-Technologie im photogrammetrischen Verfahren gescannte Thronende Muttergottes aus der Liebieghaus Skulpturensammlung (um 1050, unbekannt, Mittelrhein, Holz sowie Reste der originalen Farbfassung). Bildnachweis: © Fraunhofer IGD

Die größte Herausforderung bildeten dunkle und kontrastarme Objekte wie die teilvergoldete Bronzeskulptur „Apoll von Belvedere“ (1497/98) des Bildhauers Pier Jacopo Alari Bonacolsi (Abb. 4).



**Abb. 4:** Mit der CultLab3D-Technologie im photogrammetrischen Verfahren gescannter „Apollo Belvedere“ aus der Liebieghaus Skulpturensammlung (1497/98, Renaissance-Künstler Pier Jacopo Alari Bonacolsi, genannt Antico, Bronze, teilvergoldet). Bildnachweis: © Fraunhofer IGD

#### 5. ZUSAMMENFASSUNG

Die mobile Digitalisierungspipeline CultLab3D kann in einem automatisierten Prozessablauf Geometrie, Oberflächentextur sowie optische Materialeigenschaften wie Reflektion und Absorptionsverhalten erfassen, welche nicht

nur für eine photorealistische 3D-Darstellung, sondern auch für originalgetreue Repliken mittels 3D Druckprozessen in Zukunft zu verwenden sind.

*CultLab3D* bietet daher einen umfassenden, schnellen und effizienten Ansatz zur 3D-Massendigitalisierung, Klassifizierung und Annotation von Beständen in bestmöglicher Qualität. Für eine voll automatisierte End-to-End-Lösung kann es darüber hinaus mit automatisierten Speichersystemen und Hochregallager aller Art verbunden werden.

Neben der Langzeitarchivierung sind weitere Vorteile der freier Zugriff und die Verfügbarkeit von Artefakten und ihrem kunsthistorischen Kontext für Forschung und Öffentlichkeit, die Nutzung virtueller Reproduktionen in Hybrid-Ausstellungen sowie die Herstellung von physischen Kopien (u.a. zwecks Vermeidung von Schäden und Versicherungskosten). Auch können teure Leihgaben von Originalen durch die hochpräzisen 3D-Modelle ersetzt werden.

## 6. DANKSAGUNG

*CultLab3D* wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Es wurde erstmalig auf der Digital Heritage 2013 Konferenz, der bisher größten Veranstaltung zum Thema Digitales Kulturgut unter der Schirmherrschaft der UNESCO, präsentiert, wo es mit dem „2013 Digital Heritage International Congress and V-MUST.NET“- Preis für das technisch beste Exponat ausgezeichnet wurde.

Teil des Projektkonsortiums sind neben dem Fraunhofer IGD das Forschungszentrum Informatik (FZI), die Polymetric GmbH, Architectura Virtualis GmbH und Bionic Robotics GmbH sowie die Liebieghaus Skulpturensammlung und die Stiftung Preußischer Kulturbesitz.

## 7. LITERATURNACHWEIS

- [1] Webseite: <http://www.enumerate.eu/> - zuletzt besucht: 01.09.2014.
- [2] Gorthi S.S., Rastogi P., Fringe Projection Techniques: Whither we are? *Optics and Lasers in Engineering*, 48(2):133–140, 2010.
- [3] Salvi J., Fernandez S., Pribanic T., Llado X.: A state of the art in structured light patterns for surface profilometry. *Pattern Recogn.*, 43(8):2666–2680, Aug. 2010.
- [4] Weyrich T., Lawrence J., Lensch H., Rusinkiewicz S., Zickler T.: Principles of appearance acquisition and representation. In *ACM SIGGRAPH 2008 classes*, SIGGRAPH 2008, pages 80:1–80:119, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [5] Holroyd M., Lawrence J., Zickler T.: A Coaxial Optical Scanner for Synchronous Acquisition of 3D Geometry and Surface Reflectance. In *ACM TOG*, Bd. 29, Nr. 4, pp. 99:1-99:12, July 2010.
- [6] Schwartz C., Weinmann M., Ruiters R., Klein R.: Integrated High-Quality Acquisition of Geometry and Appearance for Cultural Heritage. In *Proceedings of VAST 2011*, Prato, Italy, 2011.
- [7] Schwartz C., Klein R.: Acquisition and Presentation of Virtual Surrogates for Cultural Heritage Artefacts. In *EVA 2012 Berlin*, Germany, pp. 50-57, isbn: 978-3-942709-06-4.
- [8] Kohler J., Noll T., Reis G., Stricker D.: A full-spherical device for simultaneous geometry and reflectance acquisition. In *Applications of Computer Vision (WACV)*, 2013 IEEE Workshop on , vol., no., pp.355,362, 15-17 Jan. 2013 doi: 10.1109/WACV.2013.6475040.