



3D- Grabungs- und Funddokumentation in der Archäologie

Michael Moser, Klaus Hanke, Kristóf Kovács,
Innsbruck

Kurzfassung

Seit 2007 untersucht der FWF-Spezialforschungsbereich HiMAT – History of Mining Activities in Tyrol – der Universität Innsbruck den Einfluss des Bergbaues im alpinen Raum und die dadurch entstehenden substantiellen Veränderungen für Kultur und Umwelt. An der Erforschung der Bergbaugeschichte sind zwölf Universitätsinstitute aus verschiedenen Fachbereichen der Geistes-, Natur- und Ingenieurwissenschaften, sowie internationale Experten der Universitäten Basel, Frankfurt, Tübingen und dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum beteiligt. Das Großprojekt ist auf zehn Jahre konzipiert und wird u.a. vom österreichischen Fonds zur Förderung wissenschaftlicher Forschung (FWF) sowie den Bundesländern Tirol, Salzburg und Vorarlberg sowie der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol gefördert [1].

Die Vermessung ist ein unerlässlicher Begleiter jeder archäologischen Grabung. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Archäologen und Vermessungsingenieure des SFB HiMAT versucht bewährte Methoden mit neuen Techniken der Dokumentation zu ergänzen und somit den Arbeitsablauf effizienter zu gestalten. Die berührungslose und zerstörungsfreie Datenerfassung sensibler und komplizierter Objekte ist nicht der einzige Vorteil einer dreidimensionalen und flächendeckenden Aufnahme mittels eines Laserscanners. Durch die hohe Auflösung und schnelle Datenverarbeitung moderner Geräte ist eine exakte 3D-Dokumentation mit einer hochauflösenden Texturierung realisierbar. Die Anzahl an exakt vermessenen Details erhöht sich im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren beträchtlich. Das Einsatzgebiet derartige Vermessungsgeräte ist z.B. in der Staudammüberwachung oder der Qualitätssicherung im Flugzeug- und Maschinenbau. Weitere Anwendungen mit hohem Potential finden sich aber zunehmend auch in der Archäologie und im Denkmalschutz.

Schlüsselwörter: 3D Dokumentation, Laserscan, Hochauflösende Punktwolken, Modellierung, Texturierung

Abstract

In early 2007 the special research program HiMAT – History of Mining Activities in Tyrol – was established at the University of Innsbruck. The aim of this international research is the analysis of the impact of mining activities on the environment and human society. Under the broad auspices of the research program, 12 university institutes and international experts from the Universities of Basel, Frankfurt, Tübingen and as well as the Deutschen Bergbau-Museum in Bochum, participate in a total of 14 subprojects. The project with a duration of then years is generously supported by the Austrian Science Fund as well as by the province governments of Tyrol, South Tyrol, Vorarlberg, Salzburg and the Autonomous Province of Bolzano-South Tyrol, Italy. [1].

Surveying is an important partner for every archaeological excavation. The advantage of a laser scanner is the three dimensional and comprehensive recording and the non destructive way of acquiring geometric data of sensitive and complex objects. The high resolution of modern equipment allows an accurate spatial documentation with a corresponding texturing. In comparison to conventional methods, the quantity of exact surveyed details could be increased at the same time. The typical use for these measurement systems is e.g. monitoring of dams or quality control of aircrafts and engine construction. But increasingly it is also used for archaeology and cultural heritage various applications.

Keywords: 3D documentation, Laser scanning, high resolution Point Cloud, modelling, texturing

1. Einleitung

Seit 2007 führen das Institut für Archäologien der Universität Innsbruck unter der Leitung von Gerd Goldenberg Grabungen im Gebiet Mauken/Brixlegg im Unterinntal durch [2]. In dieser Region finden sich viele Spuren spätbronzezeitlicher Bergbautätigkeiten, wie der Kupferabbau unter Tage und die notwendigen Prozesse zur Aufbereitung und zum Schmelzen der Erze.

In einem früheren Moor entdeckten die Archäologen eine gut erhaltene Anlage zur Erzauf-

bereitung (Abbildung 1). Durch den torfhaltigen Boden entstehen besonders gute Konservierungsbedingungen für organisches Material. Daher fanden sich dort nicht nur anorganische Objekte wie Rillenschlägel zur Zerkleinerung der Erze sondern auch viele hölzernen Artefakte zur weiteren Erzverarbeitung. Einer der bedeutendsten Funde ist ein gut erhaltener Holztrog sowie ein Holzmesser zur vermuteten Trennung der Erze vom tauben Gestein.



Abb. 1: In einem großangelegten Feldversuch in Mauken wurde während der Grabungskampagne 2008 über mehrere Wochen eine derartige permanente Vermessung einer archäologischen Grabung durchgeführt.

Einen weiteren spektakulären Fund entdeckten die Archäologen um Thomas Stöllner vom Deutschen Bergbau-Museum in Bochum im Sommer 2009. Sie erforschen die berühmte Montanregion um den Mitterberg bei Bischofshofen, Salzburg. Dabei handelt es sich um eines der größten bronzezeitlichen Bergbauegebiete Europas [3]. Bei ihrer letztjährigen Grabung konnten sie einen gut erhaltenen Holzkasten bergen. Diese Einrichtung diente ebenfalls zur Trennung und Waschung der Erze vom tauben Gestein.

2. Aufnahmetechnik

Für die Digitalisierung der verschiedenen Objekte kamen zwei unterschiedliche Scansysteme zum Einsatz. Die 3D Grabungsdokumentation wurde mit dem terrestrischen Laserscanner Trimble GX durchgeführt. Durch die Möglichkeit zur automatischen entfernungsabhängigen Fokussierung seines Laserpunkts eignet sich dieses Verfahren besonders für eine detailreiche Erfassung von komplexen Oberflächen. Daher konnte ein Punktabstand von 2mm und eine Genauigkeit von 3mm bei der Dokumentation der einzelnen Grabungsepochen und Grabungsschichten erreicht werden.

Mit einem Nahbereichsscanner wurden zusätzlich die Fundstücke vermessen. Der Laser Scan-Arm der Firma Faro ermöglicht eine berührungslose Digitalisierung auch von größeren Artefakten, ohne den Einsatz von störenden Passmarken am Objekt. Abhängig von den eingesetzten Komponenten erreicht das System eine Genauigkeit von wenigen Zehntelmillimetern.

Hochauflösende Aufnahmen mit einer kalibrierten Spiegelreflexkamera (Nikon D200, 10 Me-

gapixel) ermöglichen eine präzise Texturierung der berechneten Polygonnetze.

3. Modellierung

Ein bekanntes Problem ist die Auswertung der enormen Datenmengen bei hochauflösenden Digitalisierungen. Für eine Bearbeitung in einer entsprechenden Qualität reicht meistens die Prozessor- und Speicherleistung der zur Verfügung stehenden Arbeitscomputer nicht aus. Durch die kontinuierliche Entwicklung und Verbesserung der Hard- und Software wird seit Kurzem eine Berechnung von hochauflösenden Polygonmodellen möglich (Abbildung 2).

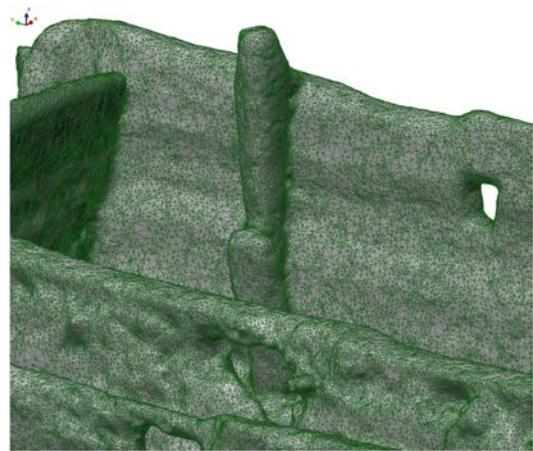


Abb. 2: Hochauflösendes Polygonnetz des bronzezeitlichen Holzkastens – Region Mitterberg

Es erschließen sich dadurch für viele Fachrichtungen neue Möglichkeiten, die den bisherigen Arbeitsablauf ergänzen oder effektiver gestalten. Infolge der detaillierten Modellierung wird eine objektivere Dokumentation von archäologischen Grabungen und Funden erst denkbar. Aus den millimetergenauen Punktwolken, bestehend aus Millionen von Einzelpunkten werden detailgetreue 3D Computermodelle berechnet. Zusätzlich erhöht eine fotorealistische Texturierung aus hochauflösenden Bildern einer kalibrierten Digitalkamera den Informationsgehalt einer 3D Dokumentation noch erheblich. Die Nützlichkeit dieser digitalen Methode wird aber erst durch nachfolgende Applikationen deutlich.

4. Datenaufbereitung

Wegen der langwierigen Konservierungsprozesse sind viele Artefakte für längere Zeit nicht zugänglich. Die Analysen der Geometrie und Textur können bei digitalen Modellen auf zwei verschiedene Varianten sofort weitergeführt werden.

Duplikate können mittels eines 3D-Plotters oder einer Fräsmaschine in unterschiedlichen Maßstäben hergestellt werden. Diese Repliken ermöglichen es die Untersuchungen oder Rekonstruktionen mit herkömmlichen Methoden durchzuführen. Natürlich eignen sie sich auch als gesuchte Ausstellungsobjekte.

Ein rein digitaler Weg ist die zweite Variante. Die hohe Auflösung der dreidimensionalen Modelle erhöht die Möglichkeiten der zerstörungsfreien Analysen erheblich und vereinfacht deren Ablauf. Für ein besseres Verständnis von komplizierten Formen können ohne große Mühen die gewünschten Ansichten, beliebig im Raum positionierte Schnitte (Abbildung 3) und Höhenschichtplänen beziehungsweise eine Abwicklung der Oberflächen erzeugt werden. Ein wesentlicher Vorteil besonders wenn die Objekte direkt nicht mehr verfügbar oder zugänglich sind.



Abb. 3: Hochauflösendes 3D Modell eines ca. 80 cm langen bronzezeitlichen Holztrogs (Datierung etwa 3000 vor heute)

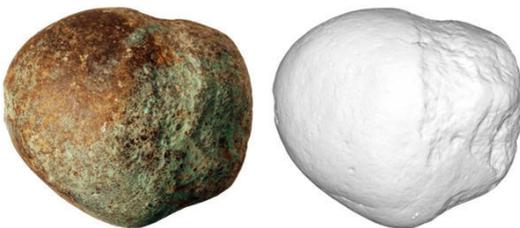


Abb. 4: Fotografische Dokumentation versus 3D Modell eines Rillenschlägels

Nicht alle äußerlichen Strukturen eines Artefaktes sind sofort visuell erkennbar. Sie sind häufig durch Oberflächentexturen verdeckt oder zu auch fein für das menschliche Auge. Durch eine Veränderung der Belichtung, monochromatische Darstellung oder vergrößerte Ansicht lassen sich

im 3D Modell noch viele verborgene Strukturen an den Objekten finden (Abbildung 4).

Das Überlagern der verschiedenen Bearbeitungsstufen und Datentypen ist ein weiterer Vorteil. Durch die Möglichkeit jede dreidimensionale Information in das digitale Modell einzufügen, erleichtert sich die gemeinsame Untersuchung der unterschiedlichen Daten wesentlich. Bei einer dreidimensionalen Dokumentation können auch mehrjährige Grabungen mit ihren jeweiligen Schnitten, Schichten und Epochen in einem Gesamtmodell zusammengefasst werden. Dies ermöglicht nicht nur eine gemeinsame Bearbeitung und Analyse der Daten, sondern auch eine Rekonstruktion der originalen Fundsituation der digitalisierten Objekte (Abbildung 5).



Abb. 5: Dreidimensionale Dokumentation mit mehreren Grabungsschichten



Abb. 6: Texturiertes 3D Modell des bronzezeitlichen Holzkastens – Region Mitterberg

Die Vorteile überwiegen auch bei digitalen Rekonstruktionen im Vergleich zu analogen Methoden. Das aufwendige und vor allem nicht zerstörungsfreie Erstellen von Abdrücken vom Originalobjekt kann sich erübrigen. Das virtuelle Zusammenfügen von Skulptur- oder Keramikfragmenten kann danach am Computer digital simuliert werden. Der kostengünstige und direkte Vergleich mehrerer Varianten unabhängig von der Größe und Gewicht der einzelnen Fragmen-

te, ist eine der wesentlichen Vorteile dieser digitalen Dokumentationsmethode.

Die Visualisierung der Modelle ist der letzte Schritt. Auf sehr anschauliche Weise können die gewonnenen Forschungsergebnisse präsentiert werden und somit ein größeres Interesse auch bei Laien bewirken. Zusätzlich sind für die gewünschten Zielgruppen alle Daten und Erkenntnisse der verschiedenen Bearbeitungsstufen jederzeit bei Bedarf über Internet oder Intranet verfügbar.

Referenzen

- [1] Hanke, K., Moser, M., Grimm-Pitzinger, A., Goldenberg, G. & Töchterle, U., 2008: Enhanced potential for the analysis of archaeological finds based on 3D modeling. In: Chen, J., Jiang, J., Maas, H.-G.: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXX-VII, Part B5. Beijing 2008. Hannover - Istanbul [u.a.]: ISPRS, 187-191
- [2] Moser, M., Hye, S., Goldenberg, G., Hanke, K., Kovac, K., 2009: Digital documentation and visualization of archaeological excavations and finds using 3D scanning technology. In Proc. ARQUEOLOGICA 2.0 (1st International Meeting on Graphic Archaeology and Informatics, Cultural Heritage and Innovation). Sevilla, Spanien, 2009

- [3] Stöllner, T. (2008): Bronzezeitliche Massenproduktion von Kupfer am Mitterberg. Archäologie in Deutschland vol. 4, pp. 32-33
- [4] Remondino, F., El-Hakim, S., 2006: Image-based 3D modelling: a review. Photogrammetric Record, 21(115), pp. 269-291
- [5] Koehl, M., Grussenmeyer, P., Landes, T., 2009: Dokumentation und Denkmalpflege- von der Kombination von Messungstechniken zum interaktiven 3D- Modell. In: Chesi/Weinold (Hrsg.) 15. Internationale Geodätische Woche Oberurgl 2009

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Michael Moser, Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation, Universität Innsbruck, Technikerstraße 13a, 6020 Innsbruck

E-Mail: michael.t.moser@uibk.ac.at

ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Klaus Hanke, Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation, Universität Innsbruck, Technikerstraße 13a, 6020 Innsbruck

E-Mail: klaus.hanke@uibk.ac.at

Dipl.-Geogr. Kristóf Kovács, Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation, Universität Innsbruck, Technikerstraße 13a, 6020 Innsbruck

E-Mail: kristof.kovacs@uibk.ac.at