

Erfahrungen beim Einsatz von TachyCAD und Photoplan auf der Grabung Münsterplatz 1+2

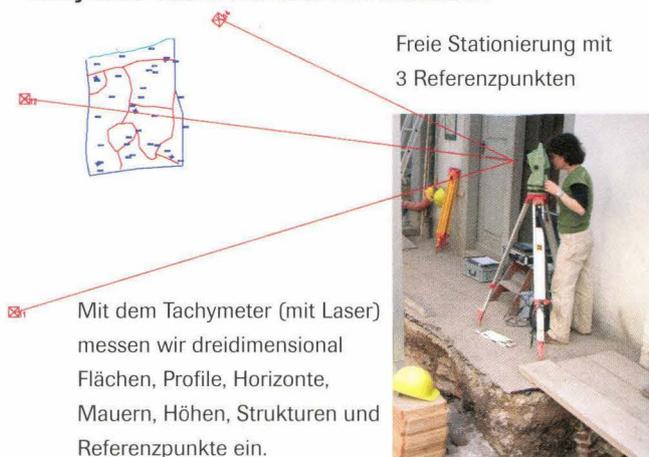
Udo Schön

<https://doi.org/10.12685/jbab.2002.97-101>
CC BY 4.0

Vom Frühjahr 2002 bis zu Beginn von 2003 untersuchten Mitarbeitende der Archäologischen Bodenforschung und der Basler Denkmalpflege die umfangreichen und gut erhaltenen Baustrukturen der spätgotischen Sankt-Johannes-Kapelle in den Liegenschaften Münsterplatz 1 und 2 auf dem Basler Münsterhügel (Grabung 2001/46; vgl. die Beiträge S. 79–96 und S. 103–108 im vorliegenden Band). Hierbei wurde ein bislang völlig unbekannter romanischer Kirchenbau aus der Zeit um 1100 entdeckt. Zudem kamen Spuren von Holzbauten und Funde keltischer sowie frühromischer Zeitstellung zum Vorschein. Aus der spätrömischen Zeit waren neben zahlreichen Funden Reste eines Steingebäudes erhalten.

Die Durchführung der Grabung im bestehenden Gebäude-Konglomerat während des Umbaus und die verschiedenen Befunde von übereinanderliegenden, in Holz- bzw. Steinbauweise errichteten Gebäuden ergaben eine äusserst unübersichtliche, komplexe Situation. Deshalb waren wir daran interessiert, bei den Untersuchungen während zweier Monate erstmalig den Einsatz von TachyCAD und Photoplan zu testen¹. Die Vorteile gegenüber der konventionellen Dokumentationsmethode erwiesen sich in dieser Zeit als so überzeugend, dass wir das neue System anschliessend während der gesamten Grabung einsetzten. Die Erfahrungen, die wir hierbei gemacht haben, wurden im Hinblick auf einen Einsatz von TachyCAD und Photoplan bei weiteren Grabungen überdacht und diskutiert.

TachyCAD ist eine AutoCAD-Applikation für die Tachymeter-Aufnahme online ins Notebook.



Technischer Ablauf beim Einsatz von TachyCAD

Auf unserer Grabung haben wir sämtliche Grundrisse (Flächengrenzen, Strukturen, Mauern, Niveaus und Referenzpunkte) mit dem Tachymeter dreidimensional eingemessen².

Hierfür wird an den Tachymeter (mit integriertem Laser-Distanzmesser) ein Notebook angeschlossen, auf dem AutoCAD läuft. Da TachyCAD in AutoCAD integriert ist, nutzen wir während der Aufnahme die gesamte Funktionalität eines echten CAD-Systems³. Bildlich gesehen ist der Tachymeter eine Maus, dank der sich der Cursor in drei Dimensionen bewegen lässt. Die gemessenen Daten (von Linien, Punkten, Höhen usw.) werden via Kabel online an das Notebook gesandt, so dass die Zeichnung direkt vor Ort entsteht.

Wenn man z. B. einen Grundriss einmessen möchte, wird der Zielpunkt-Laser des Tachymeters auf die Flächengrenze gerichtet und anschliessend fahren wir nun in Schritten von 10 bis 20 cm diese Grenze ab. Im AutoCAD wird zuvor der Zeichnungsbefehl 3D Polylinie eingegeben und auf dem Notebook erscheint sofort die gemessene Linie. Diese Flächengrenze wird im AutoCAD auf einem separaten Layer abgelegt. Danach werden die Strukturen, Höhen und Mauergrenzen eingemessen.

Tachymeter-Einsatz auf der Grabung



Vorgehensweise bei der Vermessung:

Zuerst wird ein Polygonzug⁴ auf das Grabungsgelände gelegt und danach werden Passpunkte eingemessen. Eine ausreichende Anzahl solcher Passpunkte wird an Wänden und Böden markiert. Jeder Passpunkt erhält durch TachyCAD eine eigene Nummer.

Für die dreidimensionale Einmessung ist es notwendig, dass von den Passpunkten die x-, y- und z- Werte bekannt sind.

TachyCAD bietet drei verschiedene Möglichkeiten der Stationierung:

- freie Stationierung
- Stationierung auf bekanntem Punkt
- keine Stationierung / lokales System

Wir verwenden bei unserer Arbeit ausschliesslich die freie Stationierung, da wir so unser Instrument frei im Gelände oder in den Gebäuden positionieren können und die grösste Flexibilität haben.

Nach dem Aufstellen des Gerätes wird TachyCAD/AutoCAD gestartet und wir positionieren uns anhand von 3 Referenzpunkten.

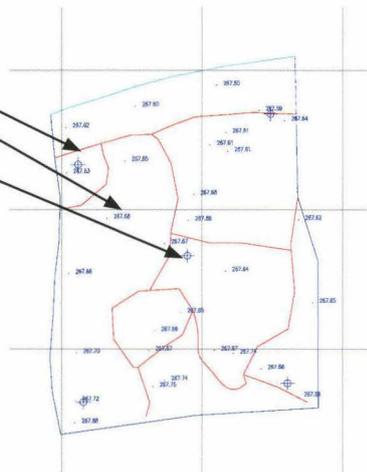
Bei der Aufnahme von Profilen und Maueransichten werden von uns die wichtigsten Horizonte, Profilgrenzen, Mauerphasen und Referenzpunkte eingemessen. Alle diese Daten werden sofort in Landeskoordinaten erfasst.

Auf das aufwändige Einrichten eines Orthogonalnetzes auf der Grabungsfläche kann ganz verzichtet werden. Das mühsame Spannen von Vermessungsschnüren gehört der Vergangenheit an. Auch das Nivellieren erledigt der Tachymeter direkt, und die Werte müssen nicht umgerechnet werden.

Arbeitsschritte:

Aufnahme von Befunden (Grundriss, Profil, Maueransicht)

- Grundrisse: Einmessen mit dem Tachymeter der Mauern, Strukturen, Flächengrenzen, Niveaus und der Referenzpunkte (für die Entzerrung).
- Profile, Maueransichten: Einmessen mit dem Tachymeter der wichtigsten Horizonte, Profilgrenzen, Mauerphasen und der Referenzpunkte (für die Entzerrung).

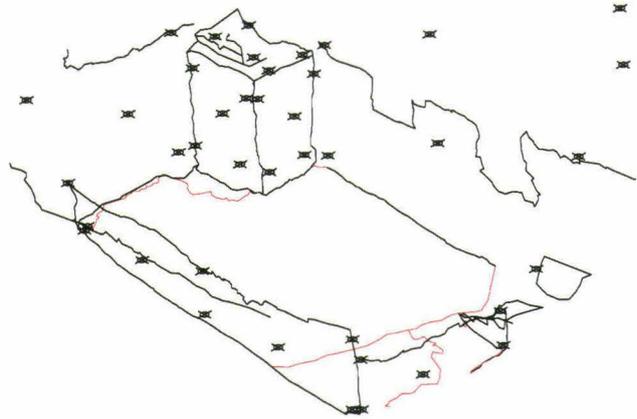


CAD und Photoplan:

Für die Ablage der gemessenen Daten wurde während der Grabung ein vereinfachtes Layersystem entwickelt. Alle wichtigen Daten (für Flächengrenzen, Strukturen, Niveaus, Mauerphasen, Profilgrenzen, Horizonte) werden auf einem eigenen Layer abgelegt. Sinnvollerweise wird pro Planum und auch für jedes Profil eine eigene Datei erzeugt. Dies ergab auf unserer Grabung ca. 640 CAD-Dateien.

Das Einmessen mit dem Tachymeter erfolgt immer direkt am Objekt. Im Idealfall ist der Vermesser auch der Zeichner, und er misst alle wichtigen Strukturen ein. Seine Beobachtungen während des Messens dienen später zur Beschreibung und Interpretation der Strukturen und Befunde. Alle Messdaten können sofort kontrolliert und Fehler rasch korrigiert werden.

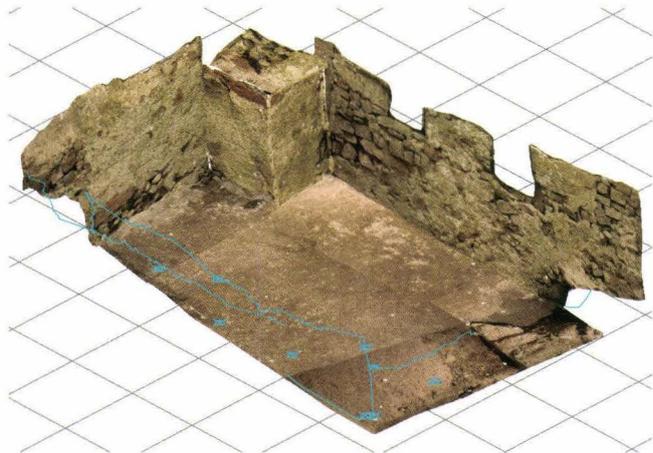
Gruftartige Vertiefung: Aufnahme mit Tachymeter («Drahtmodell»)



Als Zeichenbefehl im AutoCAD verwenden wir hauptsächlich die 3D Polylinie. Es erlaubt uns, ein eingemessenes Planum, eine Mauer oder ein Profil von allen Seiten zu betrachten.

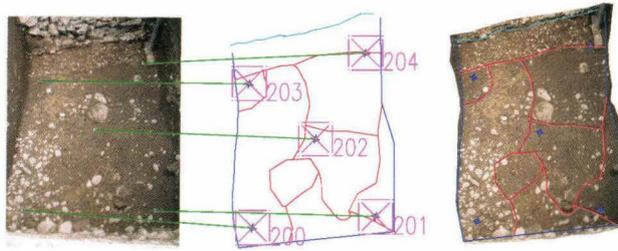
Durch das Einmessen entsteht ein «Drahtmodell», welches als Information nur die Ausdehnung, die Lage und die Daten zur räumlichen Gestalt enthält.

Gruftartige Vertiefung: Die Digitalfotos vom Mörtelboden und vom aufgehenden Mauerwerk wurden eingepasst ins «Drahtmodell».



Als wichtige Ergänzung haben wir deshalb den einzelnen Ebenen der Tachymeter-Aufnahme entzerrte Fotos zugeordnet. Für die Entzerrung der Digitalaufnahmen verwenden wir die Software Photoplan, die im nächsten Abschnitt näher beschrieben wird.

Photoplan ist eine AutoCAD-Applikation für die Entzerrung digitaler Bilder



verzerrtes Bild
Digitalkamera

5 Referenzpunkte
Tachymeter-Aufnahme

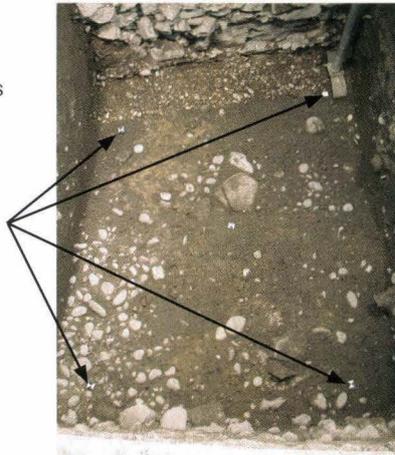
entzerrtes Bild
Photoplan

Grundrisse, Gräber, Profile und Maueransichten werden – statt sie von Hand zu zeichnen – mit einer Digitalkamera fotografiert. Photoplan ist eine Software für die massstabsgerechte Entzerrung digitaler Bilder von ebenen Objekten.

Feldaufnahme: Einsatz von Digital- und Analogkamera

Die Aufnahme mit der Digitalkamera dient nach der Entzerrung als Planersatz.

Für die Entzerrung sind mindestens 4 Referenzpunkte nötig. Deren Markierung wird mitfotografiert.



Mit Hilfe von Referenzpunkten, die zuvor mit dem Tachymeter eingemessen wurden, können wir die Entzerrung der digitalen Aufnahmen mit Photoplan unter AutoCAD durchführen. Die Ebene, in der die Referenzpunkte liegen, bezeichnen wir als Entzerrungsebene. Alle Objekte, welche auf oder sehr nahe bei dieser Ebene liegen, werden im entzerrten Bild massstabsgerecht abgebildet.

Beispiel für das Vorgehen bei der Entzerrung eines Grundrisses:

1. Öffnen der AutoCAD-Datei mit dem Planum und den dazugehörigen Referenzpunkten
2. Festlegen der Entzerrungsebene
3. Laden des zu entzerrenden Bildes
4. Identifikation und Zuordnung der entsprechenden Referenzpunkte im Bild
5. Kontrolle der Referenzpunkte auf ihre Genauigkeit
6. Start des Entzerrungsvorganges

So können wir z. B. den Grundriss einer Mauer, der höher liegt als das Planum daneben, nicht zusammen in einem Foto entzerrern. Wir müssen das Foto der Mauer der entsprechenden Ebene zuweisen und entzerrern. Im nächsten Schritt wird das Foto des tieferliegenden Planums entzerrt. Die Mauer braucht dazu mindestens 4 Referenzpunkte und das Planum ebenfalls. Für den Ausdruck können dann beide Ebenen wieder zusammen verwendet werden.

Idealerweise liegen die Referenzpunkte für ein Foto möglichst in einer Ebene und sind gleichmässig über den zu entzerrenden Bildbereich verteilt. Werden mehr als 4 Referenzpunkte verwendet, wird die Genauigkeit der Einmessung für jeden Punkt in einer Tabelle bewertet.

Das entzerrte Digitalfoto ist eher als Plangrundlage zu verstehen und ersetzt die analoge Aufnahme nicht.

Arbeitsschritte im Grabungsbüro



- Einlesen der Digitalfotos in den Desktop
- Ablage und Sortieren der Fotos
- Speichern der Tachymeter-Aufnahmen vom Notebook im Desktop
- Entzerrern der Digitalfotos mit Photoplan im AutoCAD
- Ausdruck des Planes (entzerrtes Foto und Tachymeter-Aufnahme)
- Erstellen des Deckblattes durch den Zeichner

Für den Zeichner wird eine Kombination der gemessenen Tachymeter-Daten und der entzerrten Fotos massstabsgerecht ausgedruckt. Diese Vorlage erspart das zeitaufwändige Messen mit Meter und Vermessungsschnüren und ersetzt die Handzeichnung. Der Zeichner arbeitet nun mit einem transparenten Deckblatt weiter, welches er auf den Ausdruck legt. Auf dieses Deckblatt zeichnet er z. B. die Umrisse der festgestellten Strukturen ein und notiert an Ort und Stelle seine Beobachtungen und Interpretationen. Das Deckblatt ist auch aus Archivierungsgründen notwendig, da die Haltbarkeit des Farbausdruckes langfristig nicht gewährleistet werden kann.

Eine Parzellenmauer, entzerrt mit Photoplan

Das entzerrte Foto mit Achsen und Höhenlinien dient dem Zeichner als Vorlage für die Erstellung des Deckblattes.



Durch die Integration in AutoCAD ergeben sich vielfältige Auswertungs- und Visualisierungsmöglichkeiten. Bei konventionell dokumentierten Grabungen müssen im Anschluss an die Grabung die Handzeichnungen eingescannt und abdigitalisiert werden. Daraus resultiert ein zweidimensionaler CAD-Plan.

Bei der Kombination von TachyCAD und Photoplan erfolgt dieser Vorgang mit der Einbindung der entzerrten Fotos in die AutoCAD-Zeichnung bereits laufend während der Grabung.

Ein Vorteil besteht auch darin, dass die Fotos der Plana und Profile lagerichtig in Landeskoordinaten (x-, y- und z-Koordinaten) eingepasst werden.

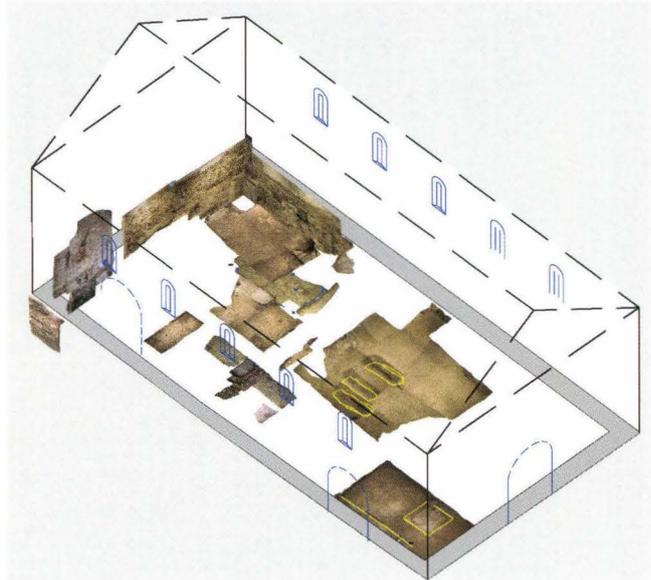
Gerade bei der Dokumentation von Gräbern ist im Vergleich zur bisherigen Praxis, bei der von Hand gezeichnet wurde, die Zeitersparnis dank dieser neuen Methode enorm.

Gräber werden mit mindestens 5 Referenzpunkten eingemessen und das Bild anschliessend mit Photoplan entzerrt. Das Resultat dient als Vorlage für den Zeichner.



Schliesslich lassen sich am Bildschirm im CAD jederzeit Profile verbinden und Kombinationen von Grundrissen mit den dazugehörigen Profilen und Maueransichten darstellen. Es ist möglich, Befunde, die sich über mehrere Flächen erstrecken, visuell darzustellen.

Dreidimensionales Modell der romanischen Kirche, darin eingeblenndet der Mörtelboden



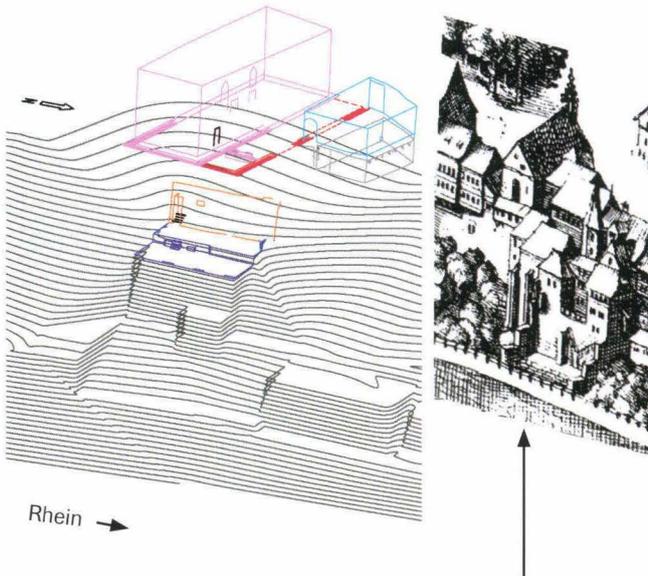
Man braucht nur die zusammengehörenden, entzerrten Fotos im AutoCAD einzublenden. Auf diese Weise lassen sich zusammenhängende Übersichten generieren, die normalerweise (bedingt durch den Grabungsvorgang, d. h. wegen des Freiliegens der verschiedenen Teilflächen zu unterschiedlichen Zeitpunkten) in Wirklichkeit nicht gleichzeitig gesehen und darum auch nicht zusammen fotografiert werden können.

Zum Personal:

Der Einsatz von TachyCAD und Photoplan brachte einige Änderungen und Umstellungen auf der Grabung mit sich. Generell braucht es mehr qualifiziertes Personal, insbesondere für die tachymetrische Aufnahme und die Weiterverarbeitung der Daten im CAD. Doch sei hier betont, dass ohne archäologisches Verständnis ein komplexer Befund am Bildschirm nicht dargestellt werden kann.

Bei der Arbeit während der Grabung erwies es sich als grosser Vorteil, dass Christian Stegmüller als zweiter Grabungstechniker den klassischen Teil der Grabungstechnik übernahm. Dies erlaubte dem Verfasser, sich auf die Abläufe im Zusammenhang mit TachyCAD und die Ausbildung der Vermesser und CAD-Bearbeiter zu konzentrieren. Das Interesse und die Bereitschaft, sich mit diesen neuen Technologien auseinander zu setzen, ist gerade bei den jüngeren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sehr gross. Nach einer Einarbeitungsphase von zwei bis drei Monaten konnten die meisten sehr selbständig mit dem System umgehen. Dauernd waren nebst dem Verfasser 2 bis 3 Mitarbeitende mit Vermessen und Entzerren beschäftigt⁵.

Die gotische Kirche und daneben der Profanbau von 1344, eingebildet in das Höhenlinienmodell des Münsterhügels (Höhenlinienmodell: Vermessungsamt Basel-Stadt).



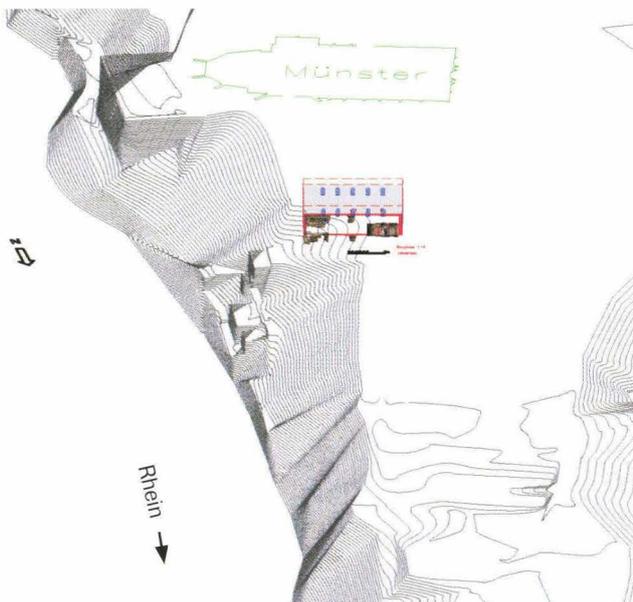
Die gotische Kirche von 1386 auf dem Merian-Plan von 1642.

Während auf der Grabung eingemessen wurde, konnten im Grabungsbüro Grundrisse und Profilaufnahmen bearbeitet werden. Insgesamt wurden über 2500 Digitalfotos entzerrt.

Fazit:

Durch den Einsatz von TachyCAD wird die ermüdende und zeitraubende Arbeit des Einmessens vereinfacht und deren

Die romanische Kirche, eingebettet ins Höhenlinienmodell des Münsterhügels (Höhenlinienmodell: Vermessungsamt Basel-Stadt).



Genauigkeit und Qualität erhöht. Die Daten werden für drei Dimensionen erfasst und die Pläne vor Ort erstellt, so dass das Ergebnis jederzeit überprüfbar ist.

TachyCAD und Photoplan bringen vor allem bei Projekten mit grosser Komplexität eindeutige Vorteile. So war es auf unserer Grabung relativ einfach, dank der mit dem beschriebenen Medium möglichen Visualisierung virtueller Realität den Überblick zu behalten (trotz der komplizierten Verhältnisse: die Reste der romanischen Kirche z.B. erstreckten sich über zwei Grundstücke). Die gewonnenen CAD-Daten konnten übrigens auch sehr schnell für verschiedenste Aufgaben, wie z.B. für 3-D-Rekonstruktionen, Präsentationen und Publikationen nutzbar gemacht werden. Die dreidimensionale Erfassung der Befunde führt zu einer neuen Betrachtungsweise und erlaubt neue Erkenntnisse. Gerade für das Darstellen von archäologischen Befunden auf dem Münsterhügel ist die Methode wegen der besonderen Topographie dort ideal.

Mit der neuen Version von TachyCAD 4 ist es möglich, einen Polygonzug mit Ausgleich zu messen⁶. Für die Modellierung unregelmässiger Oberflächen bietet diese Version die Möglichkeit zur Dreiecks-Vermaschung an. Dies erlaubt, ein Geländemodell der Grabungsfläche zu erstellen. Mit der Erweiterung für die Archäologie wurde in der neuen Version Rücksicht speziell auf unsere Bedürfnisse genommen. Enthalten sind Funktionen, welche auf die spezifischen Anforderungen bei der Grabungsdokumentation zugeschnitten sind.

Anmerkungen

- 1 Die Software TachyCAD wurde von der Messbildstelle in Dresden für die dreidimensionale Gebäudevermessung entwickelt. Die Firma Kubit aus Dresden hat die Weiterentwicklung von TachyCAD übernommen und vertreibt auch Photoplan.
- 2 An dieser Stelle möchte ich mich nochmals bei Frank Siegmund, Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Basel, für das Zur-Verfügung-Stellen des Tachymeters bedanken. Ein Dank geht auch an Hans Ritzmann von der Basler Denkmalpflege und an A. Kettner vom Vermessungsamt für ihre Unterstützung.
- 3 CAD ist die Abkürzung für Computer Aided Design.
- 4 Ein Polygonzug ist ein gebrochener Streckenzug, der das Einmessen eines Punktes von einem bekannten Punkt aus erlaubt, auch wenn die beiden Punkte nicht direkt miteinander verbunden werden können.
- 5 An dieser Stelle sei dem TachyCAD-Team Cornelia Alder, Conradin Badrutt, Sophie Stelzle und Christian Stegmüller herzlich gedankt.
- 6 Diese neue Version ist im Juli 2003 erschienen.