

CAD-gestützte Grabungsdokumentation am Beispiel einer Stadtkerngrabung

OLAF SCHRÖDER

Einleitung

»Bei der Aufnahme von ... hat der Wunsch, möglichst schnell und mühelos eine in einem bestimmten Maßstab verkleinerte Zeichnung zu erhalten, dazu geführt, mit Hilfe verschiedener Kniffe das umständliche Verfahren zu vereinfachen. Keine der mir bekannten Arbeitsweisen hat jedoch die ermüdende und zeitraubende Arbeit des Messens und Umrechnens wesentlich vereinfachen können. Ein Gerät, das gerade diese Arbeit abnähme, mit dem also selbsttätig wenigstens der verkleinerte Umriß ... gezeichnet werden könnte, würde eine nicht unerhebliche Vereinfachung des Arbeitsvorganges ermöglichen« (1938).¹

»CAD-Anwendungen sind für die archäologische Befunddokumentation ein sehr leistungsstarkes und zeitgemäßes Mittel, das mit der herkömmlichen zeichnerischen Dokumentation kaum mehr zu vergleichen ist ...« (1995)²

Die technische Entwicklung schreckt auch vor der Archäologie nicht zurück.

»Wenn die Denkmäler selbst zerstört werden sollten, hat ihre dokumentarische Darstellung ähnlichen Wert wie die beglaubigte Abschrift einer längst verschollenen Urkunde.«³

Diese Urkunde besteht zu einem wesentlichen Teil aus der Zeichendokumentation, die demnach möglichst genau, detailgetreu und vollständig zu sein hat. Dieser Anspruch steht in einem gewissen Maß der Realität entgegen, wo Grabungen und mit diesen auch die Dokumentation unter erheblichem Investitions- und damit Zeitdruck erstellt werden müssen. Dabei wird auf eine weitgehende Automatisierung verzichtet, weil vor allem die wissenschaftlich-archäologische Interpretation mit in die Zeichendokumentation einfließen muß und diese nicht automatisiert werden kann.

Die Entwicklung von Meßschieben und Zeichenrahmen, der Feldpantograph und seine Vervollkommnung und der Kartomat sind Zeugen dieser Suche nach dem Optimum bei der Erstellung der archäologischen Zeichendokumentation.⁴ Dabei finden ähnliche Diskussionen sowie deren Lösungsansätze – wie zum Beispiel beim Bauaufmaß – keine oder nur am Rande Beachtung.⁵ Selbst als die Schlagworte digital oder Daten in

1 Lucas 1938, S. 191

2 Schaich 1995, S. 252

3 Reichstein 1982, S. 83

4 dazu Eichstaedt 1985 – Köhler/Lang 1986 – Gersbach/Sickl 1993

5 Weimann 1988, S. 3 ff.

das Bewußtsein der Archäologie traten, wurden eingeschlagene Wege weitergegangen und lediglich um diese Begriffe bereichert.⁶

Spätestens seit dem Beginn der 1990er Jahre sind auch auf einigen Grabungen elektronische Tachymeter, CAD-Programme, Digitalkameras und/oder Entzerrungsprogramme zur Herstellung einfacher Orthophotos (orthogonalperspektives Bild) oder Bildpläne (digitales Bildmosaik, d. h. mehrere digitale Bilder werden zu einer Bildkarte montiert) zu beobachten, wobei als Innovationsträger insbesondere die niederländische Archäologie, Grabungsfirmen oder andere Fachbereiche anzusehen sind.⁷ Dabei liegen nach Meinung des Verfassers die Vorteile bei der Verwendung von CAD-Programmen (Computer Aided Design) und die dadurch notwendige digitale Datenaufnahme auf der Hand.⁸ Die *via antiqua* wird jedoch in der Archäologie nicht so schnell zugunsten einer unanschätzbaren Entwicklung verlassen, und so werden auch nach der Jahrtausendwende noch Schnüre und neueste Weiterentwicklungen des Feldpantographen das Bild auf Grabungen bestimmen.⁹

Die bezüglich tachymetrischer Befundaufnahme geäußerten Bedenken, »die Datenerfassung erfolgt blind, eine Kontrolle des Aufgenommenen vor Ort ist nicht möglich«¹⁰, sind dabei durchaus berechtigt. Dieses Problem und die daraus resultierenden Nachteile – die ungenügende und damit nicht zu kontrollierende Strukturierung der Meßdaten – führten sowohl in der Vermessung als auch in der Archäologie zu einer Reihe mehr oder weniger praktikabler Lösungsansätze. Hauptsächlich die Erstellung der fertigen Grafik im Kopf des Messenden und die sich daraus ergebende Strukturierung der Meßdaten über Codevergabe führten zu verschiedenen Codierungssystemen. Bei diesen werden die vom Tachymeter gemessenen und berechneten Lagedaten (X, Y, Z) mittels einfacher Zahlen- oder Buchstabencodes mit graphischen Informationen (zum Beispiel: Punkt einer Linie) und mit Sachinformationen (zum Beispiel: Gebäudepunkt im Layer Gebäude) hinterlegt, die bei der anschließenden Datenübernahme in ein CAD-Programm von diesem berücksichtigt werden. Welcher Punkt zu welchem Objekt gehört und wie dieser grafisch mit benachbarten Punkten verbunden ist (zum Beispiel: Anfangs- oder Endpunkt einer Linie), wird also bereits bei der Messung festgelegt.

Bei umfangreich strukturierten Objekten oder bei einer Vielzahl relativ gleichartiger Objekte versagt dieses System jedoch weitgehend, zumal es auch die linienhafte Aufnahme der Objekte bedingt. So gibt es auf einer Grabung nicht den Gebäudepunkt, sondern viele Punkte gehören vielen verschiedenen, an sich aber gleichartigen Objekten an (zum Beispiel Grube 1, 2, 3 ...). Hinzu kommt, daß sich diese an sich gleichartigen Objekte überschneiden, ineinander liegen oder anderweitig Bezug zueinander nehmen und dieser Bezug nicht immer zum Zeitpunkt der Aufnahme bestimmt werden kann. So wird unter Umständen die stratigraphische Abfolge sich überschneidender Gruben erst später, zum Beispiel bei der Profilaufnahme, eindeutig bestimmt; in manchen Fällen nicht einmal dann. Je komplizierter die Stratigraphie einer Grabung ist (zum Beispiel bei Stadtkerngrabungen, Kirchengrabungen u. v. m.), um so mehr trifft dies zu. Hier funktio-

6 Klonk 1991 – Klonk 1993 – Balck/Klappauf 1993

7 vgl. dazu Beex 1991 –

Kamermans/Verbruggen/Schenk 1993 – Beex

1993 – Schaich/Böhm/Meixner 1995 – Linke 1997

– Haberkorn 1996 – Papadopoulos 1998 – Nagler-

Zanier/Riedhammer 1999

8 vgl. dazu auch Beex 1991 – Schaich 1995

9 Fischer 1996 sowie Umschlagbild Archäologie in Deutschland Heft 4/1999

10 Linke 1997, S. 322

niert auch nicht die Möglichkeit der Objekterkennung und Differenzierung durch variable Abstandseingabe, wie sie beispielsweise bei ArchäoCAD Verwendung findet. Dabei wird automatisch jeder Punkt, der einen zuvor bestimmten Abstand zu benachbarten Punkten überschreitet, einem neuen Objekt zugeordnet. Punkte innerhalb der vorgegebenen Abstandsmaße gehören zum gleichen Objekt.

Diese Nachteile führen – wenn man nicht auf die Möglichkeiten der Aufnahme mit Tachymeter und der Umsetzung der Daten in einem CAD-Program ver-zichten will – zwangsläufig zu der Forderung nach einer Messung und Zeichnung online.¹¹ Die Messung und Darstellung der Ergebnisse in einer Zeichnung (zum Beispiel CAD-Programm) erfolgen zeitgleich. Dabei werden die Vorteile der Messung am Objekt und die zeitgleiche Umsetzung der Daten in eine Grafik mit den Vorteilen einer automatisierten Datenaufnahme verbunden.

Bei der Bauaufnahme ist diese Erkenntnis bereits seit einiger Zeit umgesetzt worden, wie die Beispiele CASOB von aadiplan, TachyCAD von Messbildstelle GmbH oder auch Autograph-online von Egle EDV-Service belegen.¹² Auch TRIGOMAT von HABE-Soft folgt diesem Weg.

Auf Entwicklungen in der Photogrammetrie oder bei hybriden Meßsystemen soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden.¹³

Das Konzept

Im Rahmen der Vorbereitung der Grabung Halle, Leipziger Straße-Sandberg-Hansering wurde eine notwendige Grabungszeit von 12 Monaten mit 15 Grabungsarbeitern und archäologischem Fachpersonal (ein Archäologe, ein Grabungstechniker, ein Grabungszeichner) konzipiert. Infolge der Verhandlung mit dem Investor – Deutsche Bank Gruppe/ DEBEKO Immobilien GmbH – orientierte sich die tatsächliche Grabungszeit an 5,25 Monaten bei 19 Grabungsarbeitern und verdoppeltem archäologischen Fachpersonal. Aufgrund der relativ eingeschränkten Grabungszeit bei gleicher Flächengröße, jedoch bei verstärktem Personaleinsatz, lastete der Zeitdruck im besonderem Maße auf der Dokumentation.

Neben der aus Zeitgründen notwendigen Optimierung der Dokumentation sprachen insbesondere die zu erwartenden Mauerbefunde, die steingerecht und lagegenau dokumentiert werden sollten, sowie die sich aus der Negativkartierung ergebenden, weitläufig verteilten Einzelflächen verschiedener Größe und Lage gegen die Anwendung herkömmlicher Methoden. Die Vermarkung eines Quadratrasters, die ungenaue Grobvermessung mit Messband und Nivellier oder das befundbezogene Einzelnivellement sind hierfür beispielhaft zu nennen.

Die Idee war ein weitgehend von einem Grabungsraster unabhängiges, dreidimensionales Zeichensystem. Dabei sollte die Lageinformation im Landeskoordinatensystem (Gauß-Krüger; Lagestatus 150) und die Höhenkomponente im Landeshöhensystem (Höhenstatus 160; Höhe über NN) ermittelt werden.¹⁴

11 Linke 1997 – Haberkorn 1996

12 dazu schon Korte 1988 – Koksich 1997 –
Bruschke/Koksich 1999 – Bruschke 1999

13 dazu nur beispielhaft Ladenbauer-Orel 1982 –

Hovenbitzer 1998 – Weimann 1985

14 Verwaltungsvorschriften zu den Amtlichen
Bezugssystemen (Bezugssystem Erlaß
Land Sachsen-Anhalt)

Ebenso sollten die zuvor bei der Ausgrabung in der Magdeburger Johanniskirche gewonnenen Erfahrungen bei der tachymetrischen Befundaufnahme und der im post-processing (d. h. die Auswertung erfolgt erst im Anschluß, nach der Aufnahme) erstellten Dokumentation mit Hilfe des CAD-Programmes GEOGRAF umgesetzt werden.

Als Option bestand auch die Verwendung des CAD-Programmes AutoCAD in der Version 14. Grundlage dieser Entscheidung war zum einen die Funktionalität und Offenheit dieses Programmes gegenüber anderen, eher spezialisierten CAD-Programmen, wie beispielsweise GEOGRAF oder CADdy, und zum anderen der außergewöhnlich akzeptable Preis für die Lehr- bzw. Forschungsversion.

Damit ergab sich als Konzeption die zentimetergenaue Einmessung (X, Y, Z) aller relevanten Befunde, der Topographie, der Flächen, Plana und Profile mit einem elektronischen Tachymeter. Dabei sind die Daten online im Laptop/AutoCAD in eine Grafik (Grabungsplan, Planum-, Profil- und Befundzeichnung) umzusetzen.

Die entsprechenden Landeskoordinaten sind über gleichmäßig auf der Grabung verteilte Hochpunkte zu ermitteln. Der Vorteil bei der Verwendung von Hochpunkten und der sich daraus ergebenden freien Stationierung des Tachymeters liegt einerseits in der gewonnenen Erfahrung, daß am Boden vermarktete Festpunkte – aufgrund des Baustellengeschehens – wenig Bestand haben.¹⁵ Zudem kann bei Stadtkerngrabungen oder Kirchengrabungen nicht in weiter entfernte (sichere) Flächen ausgewichen werden, wobei aber gleichzeitig immer hochliegende Objekte zur Aufnahme der Festpunkte in Sichtweite vorhanden sind. Ein weiterer Vorteil ist andererseits die Möglichkeit, den Standpunkt frei, d. h. der aufzunehmenden Fläche entsprechend optimal zu wählen. Diese Arbeitsweise bedingt spezielle Prismenaufsätze für waagrecht vermarktete Festpunkte oder reflektorlos messende Tachymeter.

Nach Beendigung der Aufnahme und Fertigstellung der Zeichnung ist diese auszuploten, um ohne zeitlichen Versatz die archäologische Nachbearbeitung (Befundansprache, Eintrag von Vermerken usw.) auf der Fläche vornehmen zu können. Auf eine manuelle Zeichendokumentation sollte weitgehend verzichtet werden.

Die Grabung

Bei dem zur Ausgrabung vorgesehenen Areal handelte es sich um eine insgesamt 3 000 m² große Baufläche am Südostrand des Stadtkerns von Halle, innerhalb der Stadterweiterung des 12. Jh. Die Fläche erstreckte sich zwischen der in diesem Bereich überlieferten Stadtbefestigung (jetzt Hansering) und der Hauptausfahrtstraße nach Leipzig (Leipziger Straße). Das ursprüngliche Areal wies dabei ein natürliches Gefälle von ca. 5 m auf.

Bebaut war die Fläche bis in die jüngste Zeit vorwiegend mit Wohnbauten aus der Gründerzeit, wobei einige ältere Baureste vermutet wurden. Infolge der zuvor durchgeführten Negativkartierung und der daraus abgeleiteten gestörten Bereiche ergaben sich mehrere Teilgrabungsflächen, die insgesamt eine Größe von 1 000 m² aufwiesen. Die durchschnittliche Mächtigkeit der befundführenden Schichten betrug 2 m.

¹⁵ So wurden bei der Grabung in und an der Magdeburger Johanniskirche insgesamt 23 Festpunkte in

und um die Kirche vermarkt, von denen zum Abschluß der Grabung noch drei vorhanden waren.

Im Ergebnis der Grabung wird eine Besiedlung des Areals bereits in der Bronzezeit vermutet. Im Hochmittelalter setzte dann eine intensivere Nutzung der Fläche ein, die vor allem seit dem 13. bis 15. Jh. zu einer kontinuierlichen Besiedlung führte. Neben Relikten der Stadtbefestigung konnten als stadarchäologisch-typische Befundzusammenhänge Hausgrundrisse, Abfall- und Latrinenschächte oder Brunnen ergraben werden.¹⁶

Die Dokumentation

Hard- und Software (Abb. 1)

Von der o. g. Konzeption ausgehend wurde folgende Hard- und Software eingesetzt: Als Tachymeter wurde ein relativ »ungenauer« Bautachymeter der Firma Leica (TCR 307) verwendet. Die Standardabweichung in der Distanzmessung (Gerätefehler der Streckenmessung) beträgt 2 mm + 2 ppm¹⁷, der Gerätefehler in der Winkelmessung 2 mgon. Diese Genauigkeit genügt den Anforderungen bei der archäologischen Dokumentation absolut. Der Vorteil dieses Gerätes besteht dabei vor allem in der Möglichkeit der Messung mit oder ohne Reflektor und in dem relativ günstigen Preis.¹⁸ In der reflektorlosen Messung liegt eine weitere Möglichkeit der Optimierung, da die Datenaufnahme und Datenweiterverarbeitung von nur einer Person durchgeführt werden kann. Die Reichweite des Tachymeters beträgt bei der Messung mit Reflektor etwa 1 000 m und bei der reflektorlosen Messung bis zu 80 m.

Als CAD-Programm wurde AutoCAD 14 und als Betriebssystem Windows 95 verwendet.

Die Applikation zur Online-Messung war TachyCAD (Messbildstelle GmbH). Hierbei handelt es sich um eine AutoCAD-Applikation –vorrangig für das Bauaufmaß–, die es ermöglicht, dreidimensionale Daten direkt in AutoCAD mit einem Tachymeter zu erfassen. Der Tachymeter funktioniert dabei wie ein beliebiges anderes AutoCAD-Eingabegerät (Mouse, Digitizer, Tastatur). Neben der Meßfunktion besitzt TachyCAD eine Vielzahl weiterer Werkzeuge, die eine schnelle und einfache Erfassung komplexer Befunde, zum Teil über vereinfachte Konstruktionen, ermöglicht.¹⁹

Die Entscheidung zugunsten von TachyCAD basierte vor allem auf der Funktionalität. So ist TachyCAD nicht die Entwicklung einer Softwarefirma, sondern eine Eigenentwicklung der Firma Messbildstelle GmbH, die sich vor allem mit der photogrammetrischen und vermessungstechnischen Aufnahme von Architektur und archäologischen Objekten beschäftigt. Die Praxisorientiertheit der Applikation ist bemerkenswert.

Bedingt nachteilig ist dabei jedoch der Umstand, daß verschiedene Funktionen ausschließlich für die Architekturaufnahme programmiert wurden. So baut sich beispielsweise zu Beginn der Messung eine »intelligente bauteilorientierte Layer- (Ebenen-)struk-

16 Vorbericht über die Grabung; siehe Martin/Petzschmann in diesem Band
17 ppm = part per million; entfernungsabhängiger Fehler hier 2 mm pro 1000 m, also insgesamt 4 mm pro km

18 So sind die bei Böhler/Heinz 1998 genannten Kosten für Vermessungsgeräte inzwischen wesentlich überholt.

19 Messbildstelle GmbH 1998: Das effektive Bauaufmaß (Informationsblatt) – Koksich 1997 – Brusckke/Koksich 1999 – Brusckke 1999



Abb. 1 Aufbau der Meßstation

tur»²⁰ auf, die für das Bauaufmaß auch geeignet ist, die jedoch zu einem großen Teil der Grabungsdokumentation erst angepaßt werden muß. Dieser aus der Spezialisierung der Programme auf das Bauaufmaß resultierende Nachteil ist bei vergleichbaren Applikationen ebenfalls gegeben. Eine speziellen archäologischen Erfordernissen angepaßte Applikation wäre wünschenswert.

Die Datenaufnahme und Weiterverarbeitung erfolgte in einem Laptop mit 1,5 GB Festplatte, 40 MB RAM, Pentium Prozessor und LCD-Display, der damit den Grundvoraussetzungen bei der Verwendung von AutoCAD 14 entspricht. Die fertiggestellten Pläne und Zeichnungen wurden auf der Grabung mittels eines A 1 Stiftplotters ausgeplottet.

Personal

Die Bedienung des Meßsystems oblag den Grabungstechnikern der Grabung, die zum Teil Vermessungskennnisse besaßen, zuvor jedoch weder mit CAD-Programmen noch

²⁰ Messbildstelle GmbH 1998: Das effektive Bauaufmaß (Informationsblatt)

mit elektronischen Vermessungsgeräten gearbeitet hatten.²¹ Sie waren vom Verfasser in die spezielle Arbeitsweise dieses Systems und in die Besonderheiten bei der Anwendung auf Grabungen einzuarbeiten.

Die intensive Einarbeitung in die Bedienung des Tachymeters, in die Arbeit mit AutoCAD und TachyCAD sowie in die sich daraus ergebende spezielle archäologische Problematik war nach etwa acht Wochen abgeschlossen. Dabei galt das Prinzip *learning by doing*.

Arbeitsweise

Ausgangspunkt für die CAD-gestützte Aufnahme der Grabungsbefunde war die Vermarktung von insgesamt 8 Festpunkten an den umliegenden Gebäuden. Zusätzlich wurden drei Bodenpunkte an sicheren Standpunkten – zum Teil außerhalb des Grabungsareals – vermarktet, um Meßarbeiten auch nach dem Abriß der Gebäude, d. h. im Rahmen der Bauarbeiten, durchführen zu können.

Im Laufe der Grabung mußten zusätzlich noch Festpunkte in den Grabungszelten vermarktet werden, da eine Stationierung der Meßstation – aus den Zelten heraus – nur unter Einbuße eines optimalen Standpunktes möglich war. Der Anschluß aller Festpunkte erfolgte an das Festpunktnetz der Stadt Halle mit den o. g. Landeskoordinaten.²² Dabei wurden die Hauptfestpunkte der Grabung vermessungstechnisch bestimmt und die Fehler aus der Mehrfachbestimmung zum Teil verteilt (Ausgleichung).

Alle weiteren, im Rahmen des Grabungsgeschehens notwendigen Festpunkte wurden unmittelbar in TachyCAD über die Funktion »neuen Paßpunkt messen« bestimmt. Daraufhin legt TachyCAD nach der Messung und nach der Abfrage der Paßpunktnummer sofort einen Paßpunkt mit der entsprechenden Signatur in die Grafik (Layer: Paßpunkte). Alle zuvor geodätisch bestimmten Paßpunkte sind als ASCII-Datei (American Standard Code for Information Interchange) in TachyCAD zusammen mit einem Paßpunktcode eingelesen worden und liegen damit ebenfalls im entsprechenden Layer und mit der entsprechenden Signatur vor.

Die Aufnahme der Grabungsbefunde erfolgte planum- oder profilbezogen in dem zuvor festgelegten Planum- oder Profillayer. Layer sind vergleichbar mit durchsichtigen dreidimensionalen Folien, die auf eine Zeichnung aufgelegt werden; sie können einzeln oder in verschiedenen Kombinationen angesehen, bearbeitet und/oder editiert werden, so daß eine beliebige Objektzusammensetzung und Bearbeitung in der Darstellung möglich ist.

Besondere Befunde, wie zum Beispiel Mauern, Gruben oder Brunnen, wurden in separaten Layern abgelegt. Die den archäologischen Erfordernissen entsprechende Layerstruktur wurde sukzessive während der Grabung entwickelt und vervollständigt.

Vor Beginn der Aufnahme wurden die aufzunehmenden Flächen durch die Archäologen und Grabungstechniker (Meßteam) im Rahmen der Befundansprache abgesprochen und angerissen. Dabei waren bereits die Befundnummern und/oder die Planum- bzw.

21 A. Diesendorf und F. Siebert

22 Verwaltungsvorschrift zur Einrichtung,

zum Nachweis und zur Erhaltung von Aufnahme-
punkten (AP-Erlaß) und Bezugssystem Erlaß LSA

Profilnummern zu vergeben, die bei der Strukturierung der Daten (Ablage in dem entsprechenden Layer) Berücksichtigung finden sollten.

Nach dem Aufbau der Meßstation und der Stationierung über die sichtbaren Festpunkte direkt in TachyCAD mit dem Befehl »Paßpunkt messen« und »Standpunkt berechnen«, führt TachyCAD eine Helmertransforma­tion mit der Anzeige der Restklaffen durch. Die Restklaffen (Fehler aus der Mehrfachbestimmung) dienen hierbei der Kontrolle der erreichten Genauigkeit und vor allem der Kontrolle, ob die richtigen Festpunkte verwendet worden sind. Der Standpunkt wird in der Zeichnung (Layer: Standpunkte) abgelegt.

Im Anschluß daran, nach Festlegung eines Layers und der entsprechenden graphischen Elemente (Farbe, Linienart), erfolgt die Aufnahme. Hierbei werden die zu messenden Objekte in eine angemessene Anzahl von Punkten und Linien zerlegt. TachyCAD nutzt dabei die Funktionen von AutoCAD und unterstützt diese lediglich mit der Funktion »Messung mit Gerät« bzw. »Dauermessung mit Gerät«.

Die Befehlsfolge zur Aufmessung einer Grube lautet beispielsweise:

L (Linie zeichnen) – AutoCAD fragt nach dem Anfangspunkt der Linie
 F5 (Messung mit Gerät) Messung – AutoCAD fragt nach einem weiteren Linienpunkt
 Ctrl. F5 (Dauermessung mit Gerät) ... bis zum Ende der Linie
 Esc (Abbruch) und ggf. S (Schließen des Objekts).

Polylinien (Objekt, das aus einem oder mehreren verbundenen Liniensegmenten besteht) oder Splines (durch Stützpunkte verlaufende binominale Interpolationskurve) können adäquat aufgemessen und gezeichnet werden.

Auf diese Weise war es im Rahmen der Grabung möglich, je nach Anzahl der notwendigen Stationierungen (Umbau der Station), am Tag bis zu 1 500 Messungen zu erzeugen. Bei einer Anzahl von vier bis fünf Punkten pro Stein oder 20 Meßpunkten pro Grube entspricht dies der Aufnahme von etwa 350 Steinen oder 75 Gruben. Diese Werte sind lediglich beispielhaft zu verstehen, da die Anzahl der Meßpunkte, die ein Objekt repräsentieren, variiert. So kann bei einer Schnellaufnahme – im Rahmen einer Notbergrung – eine annähernd runde Grube oder ein Pfostenloch mit zwei Messungen gezeichnet sein.

Die Befehlsfolge in TachyCAD lautet in diesem Fall:

KR – Zeichne einen Kreis; AutoCAD fragt nach dem Mittelpunkt des Kreises
 F5 – Messung mit Gerät
 Messung – AutoCAD fragt nach dem Radius
 F5 – Messung mit Gerät
 Messung.

Im Gegensatz dazu sind stark strukturierte Objekte in eine sehr viel höhere Anzahl Meßpunkte zu zerlegen. Die Offenheit von AutoCAD und auch von TachyCAD läßt hier jede Möglichkeit zu, so daß der jeweiligen Besonderheit entsprochen werden kann (Abb. 2 und 3).

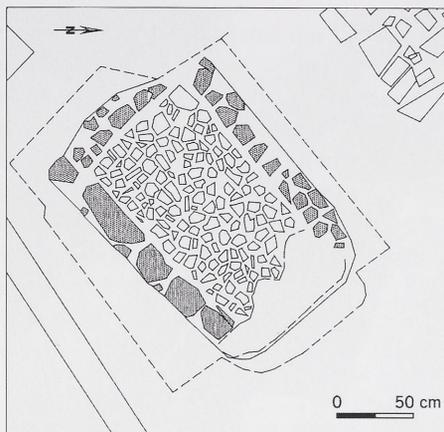


Abb. 3 Halle (Saale), kreisfreie Stadt, Leipziger Str. 18.
Latrine 546 (CAD-Dokumentation)

Abb. 2 Latrine 546 (Fotodokumentation)

Um die Vorteile von CAD-Programmen auf Stadtkerngrabungen vollständig zu nutzen, wurden die aufzunehmenden Objekte dreidimensional gemessen. So wurde von einer Grube nicht nur der Umriss im Planum, sondern nach dem Ausnehmen auch das Relief des Negativs gemessen, so daß die Grube im Bedarfsfall auch dreidimensional (Digitales Geländemodell) rekonstruiert werden kann. Gleiches gilt für Mauern oder Brunnen, wo jede Steinlage getrennt voneinander aufgemessen und in separaten Layern abgelegt wurde. Ob dies im Einzelfall notwendig ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden (Abb. 4 und 5).

Nach Beendigung der Objektaufnahme (Planum oder Profil) wurden noch Zusatzinformationen, wie beispielsweise Höhenpunkte, gemessen (TachyCAD Funktion: absolute Höhenbemaßung/Messung mit Gerät). Hier wird an die Stelle der Messung ein Höhensymbol mit der errechneten absoluten Höhe (NN) in der Zeichnung abgelegt. Zusätzlich befindet sich pro gemessenem Punkt eine Höhe in der Zeichnung, die bei Bedarf abgefragt werden kann.

Weitere Funktionen in TachyCAD, die an dieser Stelle nicht näher ausgeführt werden sollen, sind: Reflektorhöhe setzen, Ebene definieren, Linien über gemessene Abstände dreidimensional oder rechtwinklig verlängern, Linien verschneiden, Layer setzen, aktualisieren oder frieren (Objekte auf gefrorenen Layern werden nicht angezeigt, regeneriert oder geplottet) oder auch das schnelle Dehnen und Stutzen von Linien (zum Schließen von Objekten). Funktionen wie die Bemaßung von Deckenhöhen, Fenstern oder Türen sind bei archäologischen Grabungen nicht relevant.

Anschließend wurden die entsprechenden Objekte über die Layersteuerung zu einer fertigen Zeichnung zusammengestellt, ein Zeichnungsrahmen, Nordpfeil, Maßstab und Kopftext eingefügt, und die Zeichnung in einem angemessenen Maßstab ausgeplottet.



Abb. 4 Halle (Saale), kreisfreie Stadt, Leipziger Str. 18.
Keller 106 mit Brunnen (Fotodokumentation)

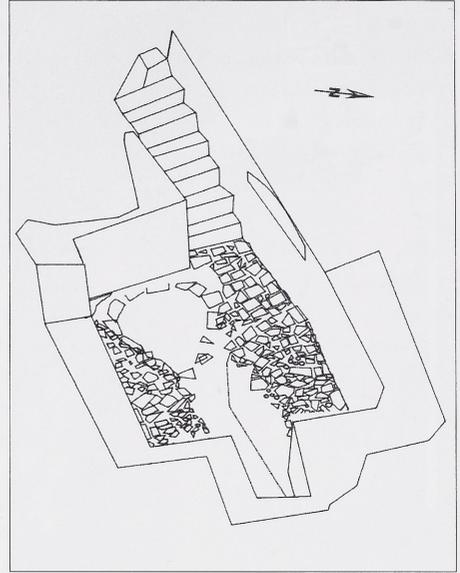


Abb. 5 Keller 106 mit Brunnen
(CAD-Dokumentation)

Der Maßstab orientierte sich dabei an der Papiergröße A3. Sowohl der Maßstab als auch die Papiergröße sind variabel.

Die fertiggestellte Zeichnung wurde im Anschluß – also noch am selben oder aber spätestens am folgenden Tag – durch einen Grabungszeichner oder durch den Archäologen auf der Fläche nachbearbeitet. Ob sich die Nachbearbeitung bis zur Anpassung der Zeichnung an archäologische Sehgewohnheiten erstrecken muß, die keine zusätzlichen Informationen beinhalten, sei einmal dahingestellt.

In regelmäßigen Abständen wurden aktualisierte Grabungspläne im Maßstab 1:100 ausgeplottet.

Die tägliche Anfertigung einer Sicherungskopie (ZIP-Diskette) gewährleistete die Datensicherheit. Somit befand sich – zusätzlich zur herkömmlichen Dokumentationsmappe mit den nachbearbeiteten analogen Zeichnungen – je eine Digitalfassung des gesamten Projektes der Grabung (AutoCAD.dwg) auf dem Laptop und auf einem externen Datenträger. Die Datei (AutoCAD.dwg) erreichte zum Abschluß der Grabung eine Größe von rund 4 MB.

Das Ergebnis

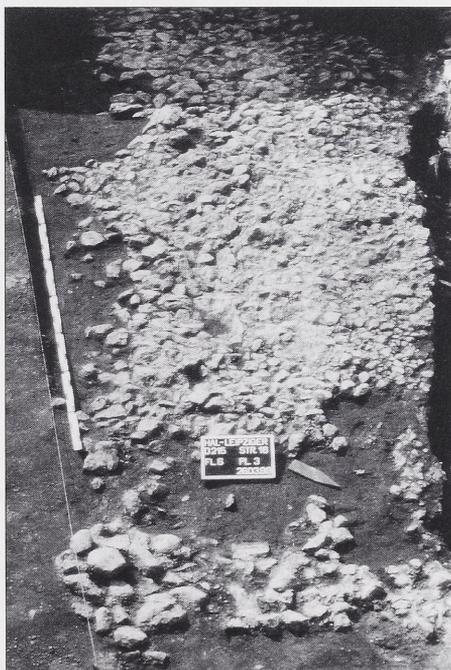
Ohne an dieser Stelle auf die verschiedenen Möglichkeiten und Probleme, die während der Grabung aufgetreten sind, detailliert eingehen zu wollen, kann abschließend festgestellt werden, daß es sich um ein effizientes Dokumentationssystem – auch für Stadtkerngrabungen – handelt. Von besonderem Vorteil ist dabei – wenn man einmal von den bereits mehrfach beschriebenen Vorteilen bei der Verwendung von CAD-Programmen

auf Grabungen absieht²³ – die Möglichkeit der dreidimensionalen Darstellung. Dies kommt jedoch erst im Zusammenhang mit der Auswertung vollständig zum Tragen.

Die gesamte Zeichendokumentation konnte in AutoCAD erstellt werden. Insgesamt wurden etwa 50000 Punkte gemessen. Lediglich zu Spitzenzeiten war es notwendig, zusätzlich zur Aufnahme in TachyCAD, codierte Daten mit einem zweiten Tachymeter aufzunehmen und diese anschließend in die TachyCAD-Zeichnung zu importieren. Durch eine bessere Koordinierung des Zeichenteams hätte dies vermieden werden können.

Weiterhin wurden bestimmte, sehr diffizile Objekte manuell – in einen vorher mit TachyCAD gemessenen Umriß – eingezeichnet, da in diesen Fällen der Aufwand der Messung (Anzahl der notwendigen Meßpunkte) nicht mehr vertretbar gewesen wäre. Beispielhaft sind in diesem Zusammenhang ein Tierknochenlager oder verschiedene kleingliedrige Pflasterhorizonte zu nennen (Abb. 6).

Abb. 6 Halle (Saale), kreisfreie Stadt, Leipziger Str. 18.
Fläche 6, Planum 3, Pflasterhorizont



Diese speziellen Problemstellungen lassen sich nach Meinung des Verfassers nur durch die Anwendung von entzerrten maßstäblichen Orthofotos lösen. Diese können über gemessene Paßpunkte anschließend in die AutoCAD Zeichnung eingefügt und geocodiert werden. Ob die Fotos dann als Pixelgrafik in der Dokumentation verbleiben, oder ob zur Weiterbearbeitung eine Vektorisierung (Digitalisierung OnScreen) erfolgen muß, kann

23 Beex 1991 – Schaich 1995

objektbezogen entschieden werden. Auf jeden Fall wird auf diesem Wege eine weitere Optimierung der Dokumentationszeit erreicht. Die Anwendung der Digitalphotographie und die Verwendung einfacher Entzerrungsprogramme auf der Grabung sind dafür Voraussetzung.

Als nachteilig erwies sich vor allem der verwendete Laptop. Zwar ist die Rechenleistung zur Aufnahme ausreichend, negativ zu bewerten ist jedoch – vor allem bei Sonneneinstrahlung – die Leistung des Displays. Die Verwendung eines Laptops mit TFT-Display scheint dringend geboten, zumal diese sog. Outdoor Notebooks weitere Vorteile wie den Schutz vor Staub und Spritzwasser aufweisen. Weiterhin genügte die Leistung der Akkus nicht den Anforderungen einer längeren Aufnahme. Dieses Problem trat auf der vorgestellten Grabung jedoch nicht auf, da an jeder Stelle eine externe Stromversorgung gewährleistet war. Die Akkus des Tachymeters entsprechen einer Tagesarbeitsleistung.

Unter Umständen kann auf die Verwendung eines reflektorlos messenden Tachymeters verzichtet werden. Diese Möglichkeit bringt lediglich bei der Verwendung von Hochpunkten oder bei der Einmessung unzugänglicher Punkte einen erheblichen Vorteil. Bei der Aufnahme von schlecht reflektierenden Materialien (zum Beispiel Erde) geht etwa jede zehnte Messung fehl. Verdeckte Punkte können nicht angemessen werden. Die Möglichkeit, die Aufnahme von nur einem Bearbeiter durchzuführen zu lassen, ist damit lediglich bei der Profilaufnahme oder beim Gebäudeinnenaufmaß effektiv gegeben.

Resümierend wurde das Ziel, die Optimierung der Dokumentationszeit, erreicht. So können durch die Tachymeteraufnahme Plana und Profile in der Hälfte bis zu einem Zehntel der bisher benötigten Zeit aufgenommen werden. Die Dauer der Aufnahme steigt dabei mit der Anzahl kleingliedriger Objekte in der Fläche (Steine, Pflaster ...).

Die Zeit- und Kostenreduzierung, die im Rahmen der Auswertung bzw. zur Erstellung publikationsfähiger Zeichnungen eintritt, findet dabei noch keine Berücksichtigung.

Summary

CAD supported excavation report – the example of an urban excavation

This paper describes the experiences that were gained with a complete tachymetric contextual recording system during the 1998/99 urban excavations in the Leipziger Straße, Halle. The graphic documentation of the archaeological context is immediately realized 'online' in the CAD program AutoCAD. The electronic tachymeter functions thereby like any AutoCAD input device (mouse, digitizer). The program used here is the AutoCAD program TachyCAD which was developed mainly for architectural recording.

The main advantage of this type of graphic archaeological documentation is the fact that the archaeological features can be recorded and visually interpreted at the same time. Further advantages lay in a more efficient documentation time, in the independence from a locally pegged surveying grid and the complete flexibility by data output (plotting).

A disadvantaged proved to be on the one hand the tachymetric recording of detailed contextual relationships – which required an adverse amount of time and labour which bore no relation to the result – and also, partly, the hardware employed.

Literaturverzeichnis

- Balck, F./Klappauf, L. 1993**
Von der Fundstelle zur Befundzeichnung – EDV-gestützte archäologische Dokumentation – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 1/1993, Mainz, S. 277–283
- Beex, W. F. M. 1991**
Computerzeichnungen in der Archäologie – Archäologische Informationen, 14/1, Bonn, S. 86–98
- Beex, W. F. M. 1993**
From Excavation drawing to archaeological playground: CAD applications for excavations – Wilcock, J./Lockyear, K., Computer Applications an Quantitative Methods in Archaeology 1993, BAR International Series 598, Oxford 1995, S. 101–108
- Böhler, W./Heinz, G. 1998**
Vermessungstechnische Methoden in der archäologischen Dokumentation – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 1/1998, Mainz, S. 51–58
- Bruschke, A. 1999**
The actual Situation of Photogrammetrie and Surveying of Monuments – Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings, Sixth International Conference STREMAH 99 – Dresden
- Bruschke, A./Kochsch, M. 1999**
Vermessung des Dresdner Hauptbahnhofs – Photogrammetrie und Bauaufmaß heute – Computer spezial 3/1999, Gütersloh, S. 14–16
- Eichstaedt, P. 1985**
Der Feldpantograph – Ein Zeichengerät für schnelle und genaue Dokumentation – Archäologische Informationen 8, Heft 1/1985, Köln, S. 76–78
- Fischer, N. 1996**
Ein neuer Umbau des Pantographen Eichstaedt – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 2/1996, Mainz, S. 308–312
- Gersbach, E./Sickl, H. 1993**
Der Kartomat 04 und 04K – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 1/1993, Mainz, S. 269–274
- Haberkorn, P. F. 1996**
Architektur- und Archäologievermessung -innovativ- mit Trigomat – Archäologie und Computer 1996, Wien 1997, S. 49–51
- Hovenbitzer, M. 1998**
Ein hybrides Meßsystem zur visuellen dreidimensionalen Koordinaten- und Formbestimmung in der Ingenieurvermessung – AVN (Allgemeine Vermessungsnachrichten) 4/98, Heidelberg
- Kamermans, H./Verbruggen, M./Schenk, J. A. 1993**
Who will make the drawing – Wilcock, J./Lockyear, K., Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1993, BAR International Series 598, Oxford 1995, S. 127–131
- Klonk, D. 1991**
Feldpanograph zur digitalen Aufnahme von Ausgrabungsbefunden – Das archäologische Jahr in Bayern 1990, Stuttgart, S. 191–193
- Klonk, D. 1993**
Der Digitalpantograph – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 1/1993, Mainz, S. 287–291
- Köhler, H. J./Lang, H. A. 1986**
Einsatz umgerüsteter Feldpantographen auf einer großflächigen Grabung – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 2/1986, Mainz, S. 126–129
- Kochsch, M. 1997**
Effektive Vermessung – AutoCAD-Magazin 7/97, Vaterstetten, S. 92
- Korte, M. H. 1988**
Neue Techniken der Bauaufnahme – Bauwelt 1988, Heft 33, Berlin, S. 1359–1369
- Ladenbauer-Orel, H. 1982**
Photogrammetrie im Dienste der Mittelalterarchäologie – AFD Beiheft 17, Beiträge zu Ur- und Frühgeschichte II, Berlin, S. 427–434
- Linke, F.-A. 1997**
Wüstungsgrabung – Tachymeter und Trigomat online – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 1/1997, Mainz, S. 320–324
- Lucas, H. 1938**
Ein Hilfsgerät zum Gefäßzeichnen – Nachrichtenblatt für Deutsche Vorzeit, 14. Jg. Heft 7, Leipzig, S. 191–194
- Nagler-Zanier, C./Riedhammer, K. 1999**
Das DFG-Projekt Geiselhöring-Süd – Archäologie am Computer – Archäologisches Nachrichtenblatt 3/1999, Berlin, S. 275–285
- Papadopoulos, S. 1998**
CAD-gestützte Dokumentation auf archäologischen Ausgrabungen – Arbeitsblätter für Restauratoren, Heft 2/1998, Mainz, S. 339–343
- Reichstein, J. 1982**
Erfassen und Dokumentieren: Wissenschaftliche und praktische Probleme im Bereich der Archäologie – Erfassen und Dokumentieren im Denkmalschutz, Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz 16, Bonn, S. 80–84
- Schaich, M. 1995**
ARCHÄOCAD – Neuentwickeltes archäologisches Informationssystem für prähistorische Siedlungsgrabungen – Vorträge zum 13. Niederbayerischen Archäologentag, Deggendorf, S. 247–256
- Schaich, M./Böhm, K./Meixner, G. 1995**
Die Ausgrabung im Baugebiet B 17 in Geiselhöring – Das archäologische Jahr in Bayern 1994, Stuttgart, S. 41–48
- Weimann, G. 1985**
Photogrammetrie und Archäologie – Rötting, H., Stadtarchäologie in Braunschweig, Forschungen der Denkmalpflege in Niedersachsen 3, Hameln, S. 179–183
- Weimann, G. 1988**
Architektur Photogrammetrie – Karlsruhe

Abbildungen

1–6 Verfasser

Anschrift

Dipl. Ing. Dipl. Rest. (FH) Olaf Schröder
Landesamt für Archäologie Sachsen-Anhalt
Richard-Wagner-Str. 9–10
D-06114 Halle (Saale)