

18.2 Anwendung der Hilfsgeräte für die zeichnerische Dokumentation

Um Zeichnungen und Pläne genauer und effizienter zu erstellen wurden vielfältige Hilfsmittel und Methoden entwickelt. Manche davon finden heute kaum noch Verwendung, andere müssen für den allgemeinen Gebrauch erst noch ausgebaut werden. Es kann hier deshalb nur der gegenwärtige Stand vorgestellt werden.

Die Auswahl eines geeigneten Verfahrens hängt in erster Linie von der Befundlage und der finanziellen Ausstattung der Grabung ab. Weitere Kriterien sind das Verhältnis der Dauer der Geländearbeit zur für die Nachbereitung verfügbaren Zeit, die Qualifikationen der Mitarbeiter und die gewünschte Form des Ergebnisses. Grabungspläne werden derzeit in der Regel in digitaler Form und als Ausdruck entgegengenommen oder publiziert. Papierzeichnungen müssen dafür nachträglich digitalisiert werden, dreidimensionale Punktwolken werden vermascht und geschnitten. Damit verbunden sind zum Teil erhebliche Nacharbeiten und ein Abgleich, beziehungsweise eine Interpretation am Originalbefund muss gewährleistet sein.

Die nachfolgende Tabelle fasst die wesentlichen derzeit üblichen Zeichenhilfen zusammen, welche anschließend kurz vorgestellt werden (vgl. Wanke 2008).

Tabelle 1: verschiedene Zeichenmethoden und ihre Anwendungsgebiete

	geeignete Befundsituation	Hardwarekosten	Schwerpunkt des Arbeitsaufwandes	primäres Ergebnis
Handzeichnung	detailarm	gering	Geländearbeit	Papierzeichnung
Zeichenrahmen	detailreich, kleinflächig	gering	Geländearbeit	Papierzeichnung
Feldpantograph	detailreich, kleinflächig	gering	Geländearbeit	Papierzeichnung
Tachymetrie	detailarm, großflächig	hoch	Gelände- und Nacharbeit	Vektordatei
Photogrammetrie	detailreich, ebene Flächen	mäßig	Nacharbeit	Pixelbild
3D-Laserscanning	detailreich, auch uneben	sehr hoch	Nacharbeit	Punktwolke
Image Matching (SfM)	detailreich, auch uneben	mäßig	Nacharbeit	Punktwolke, texturiertes 3D-Modell

18.2.1 Manuelle Hilfsgeräte

Der **Zeichenrahmen** (Messgitter) ist ein weit verbreitetes, einfaches und noch immer verwendetes Hilfsmittel bei der Handzeichnung. Es handelt sich um einen rechteckigen Rahmen von 1 m oder 2 m Seitenlänge, der in einem regelmäßigen Quadrantenraster von 10 cm Seitenlänge mit Schnur bespannt ist (Kap. 18.1.1, Abb. 1). Der Rahmen wird an Passpunkten deren Koordinaten bekannt sind über dem Befund horizontal ausgerichtet. Der



Abb. 1: Mit Schnüren abgestecktes Quadrantenraster als einfachstes Hilfsmittel bei der Handzeichnung.

Verlauf der Befundkonturen kann nun leicht von den einzelnen Quadraten auf das Millimeterpapier übertragen werden. Von Vorteil sind beidseitig bespannte Rahmen, sie erleichtern ein lotrechtes Peilen und erhöhen somit die Genauigkeit.

Die Vorteile der Zeichenrahmen sind geringe Kosten und technische Unabhängigkeit. Die Rahmen sind jedoch unhandlich und das Einfügen in einen digitalen Gesamtplan erfordert ein nachträgliches Digitalisieren der Zeichnung. Somit ist der Einsatz eines Zeichenrahmens für Detailzeichnungen zwar bei akuten Kleingrabungen mit geringem Etat oder sehr abgelegenen Projekten ohne Stromanschluss sinnvoll, jedoch grundsätzlich keine optimale und zeitgemäße Lösung.

Im Einzelfall besteht auch die Möglichkeit ein regelmäßiges Dezimeterraster mit Nägeln und Schnur direkt am Befund abzuspannen (Abb. 1). Damit kann man sich bei unerwartet auftretenden Ausnahmefunden selbst helfen.

Eine Alternative können auch parallel installierte **Messschienen** mit Millimeterteilung sein, auf denen ein Winkel über die aufzunehmenden Punkte geschoben wird. Dies ermöglicht ein exakt orthogonales (rechtwinkliges) Arbeiten und kann beispielsweise für die Zeichnung von Bestattungen verwendet werden.

Der **Feldpantograph** ist ein mechanisches Zeichengerät zum maßstäblichen Übertragen von Konturen in eine Zeichnung. Dabei wird mit einer Abtastnadel die Kontur am Original abgefahren, während gleichzeitig über eine mechanische Konstruktion die Form auf einen

Zeichenstift übertragen wird. Dazu sind einige Vorbereitungen notwendig und die Zeichnungen müssen nachbearbeitet werden.

Eine robustere, größere und deutlich schwerere Variante des Feldpantographen war der **Kartomat**. Später entwickelte halbdigitale Umbauvarianten von Pantograph und Kartomat konnten sich langfristig nicht behaupten und werden heute nur noch in Einzelfällen verwendet.

Der Einsatz von Pantographen ist besonders bei detailreichen Befunden, steingerechtem Aufmaß oder Bestattungen sinnvoll. Durch den Einsatz digitaler Zeichenmethoden verlieren sie jedoch stark an Bedeutung und die Geräte dürften kaum noch zu erwerben sein, da ihre Produktion eingestellt wurde.

18.2.2 Digitale Hilfsgeräte

Die derzeit gebräuchlichen digitalen Zeichenmethoden basieren auf elektronischer Distanzmessung (EDM), digitaler Bildbearbeitung oder einer Kombination aus beidem. Damit können sehr hohe Genauigkeiten bei verkürzter Geländearbeit erzielt werden. Jedoch ist dabei die Kenntnis der Fehlerquellen wichtig und es werden zum Teil langwierige Nacharbeiten notwendig. Eine reine Pixeldatei, wie zum Beispiel ein entzerrtes Foto, ersetzt keine Zeichnung. Ein Ausdruck soll immer am Originalbefund kontrolliert und ergänzt werden (VLA 2006, 12).

Die **Tachymeteraufnahme** (*Tachymetrie*, Kapitel 13.1.1.3) ist die derzeit wohl am häufigsten eingesetzte Methode. Sie eignet sich besonders für die großflächige, wenig detailreiche Aufnahme, beispielsweise bei prähistorischen Flächengrabungen. Ebenso ist sie aber zur Aufnahme von mehrschichtigen Grabungen oder zum nicht steingerechten Aufmaß von Baubefunden geeignet. Mit dieser Technik können vergleichsweise schnell präzise Grabungspläne digital erstellt werden, wodurch die relativ hohen Anschaffungskosten zu rechtfertigen sind. Zudem sind die Geräte bei der Grabungsvermessung, topographischen Aufnahme, Photogrammetrie oder auch zum Referenzieren von 3D-Laserscans kaum entbehrlich. Bei detailreichen Objekten wie Bestattungen oder dem steingerechten Aufmaß ist die Zeichnung mittels Tachymeter jedoch wegen dem hohen Zeitaufwand weniger geeignet.

Die Vorsilbe *tachýs* (griech. = schnell) in Tachymetrie beschreibt nur den Messvorgang und darf nicht zu oberflächlicher Eile bei der Befundaufnahme verleiten. Wie bei der Handzeichnung werden einzelne Punkte aufgemessen, die, je nach System, sofort oder im Zuge der Nacharbeit, zu einer Linie verbunden werden. Wenn bei der Geländeaufnahme zu wenige Punkte gemessen wurden, erhalten die Linien eine eckige Gestalt, die im Nachhinein nicht geschönt werden darf (Abb. 2). Als Mindeststandard sollte hier die Qualität der Handzeichnung dienen: gerundete Formen bei einer Ausgabe im Maßstab 1:20 oder 1:50.

Eine weitere Fehlerquelle sind nicht lotrecht über dem Befund gehaltene Reflektoren. Um diese Abweichung gering zu halten sollte der Reflektor möglichst tief am Befund geführt werden. Bei reflektorlosen Messgeräten besteht diese Ungenauigkeit nicht, es können aber ungewollt Objekte zwischen dem Gerät und dem Zielpunkt gemessen werden wie Blätter, Äste, Personen oder Fahrzeuge. Vorteilhaft sind Echtzeitsysteme, bei denen die gemessene Linie sofort am Monitor überprüft werden kann.

Gern übersehen werden bei der Tachymeteraufnahme kleine Details wie Einschlüsse, Tiergänge, Steine sowie befundinterne oder geologische Strukturen, die für die spätere Aus-

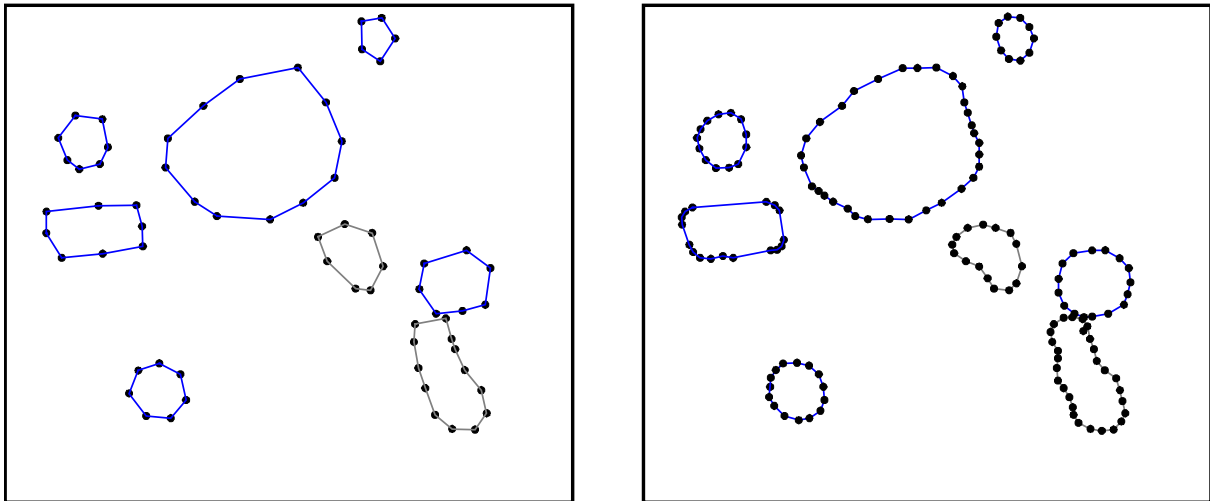


Abb. 2: Planbeispiel mit zu wenig (links) und dem Maßstab angemessener Anzahl aufgenommener Punkte (rechts).

wertung von Bedeutung sein können und deshalb in jedem Fall mit dokumentiert werden müssen. Falls von dieser Regel abgewichen werden soll, ist eine vorherige Absprache notwendig, bei der die aufzunehmenden Objekte festgelegt werden. Bei der monotonen Massenaufnahme am Tachymeter schleicht sich leicht eine Routine ein, die zu Oberflächlichkeit führen kann. Hier gilt es sich die Einmaligkeit eines jeden Befundes vor Augen zu führen, welche schon durch seine Form zum Ausdruck kommt und entsprechend zu dokumentieren ist. Tachymeterzeichnungen müssen zeitnah maßstäblich ausgedruckt und vor Ort am Befund ergänzt, kontrolliert und gegebenenfalls koloriert werden.

Unter **Photogrammetrie** versteht man eine ganze Reihe von Methoden zur Auswertung fotografischer Aufnahmen. Ergänzend zur zeichnerischen Dokumentation in der Archäologie kommt derzeit überwiegend die digitale Bildentzerrung oder Einzelbildphotogrammetrie zur Anwendung (s. Kap. 21.2, Wanke 2011). Geeignete Aufnahmeobjekte sind detailreiche Befunde wie Mauern, Pflaster und andere Stein- oder Fundkonzentrationen die annähernd in einer Ebene liegen.

Mit entsprechender Software können digitale oder nachträglich digitalisierte Fotos, auf denen Passpunkte mit bekannten Koordinaten erkennbar sind, auf eine zweidimensionale Ebene entzerrt werden. Treten einzelne Objekte aber stärker aus dieser Entzerrungsebene heraus, so können größere Ungenauigkeiten entstehen. Gute Qualitäten erzielt man durch weitgehend rechtwinklige Aufnahmen zur Entzerrungsebene und einen möglichst großen Abstand dazu, bei großer Brennweite (Abb. 3). Erste Voraussetzung ist jedoch ein qualitativ hochwertiges Foto in ausreichender Auflösung, welches gleichmäßig ausgeleuchtet, scharf, korrekt belichtet und ohne Farbstich ist (s. hierzu Kap. 18.6). Erdbefunde sind deshalb durch Putzen, Anfeuchten und gegebenenfalls vorheriges Anreißen entsprechend zu präparieren.

Es sollten mindestens 4, besser 6 Passpunkte am Rand der Aufnahme platziert werden. Diese müssen kontrastreich und in der gegebenen Auflösung deutlich sein, sollten aber dezent zurücktreten und das Bild nicht dominieren. Das Einmessen der Passpunkte erfolgt am einfachsten mit einem reflektorlosen Tachymeter. Notfalls lässt sich aber auch mit einfachen Mitteln wie Bandmaß, Schnurlot und Wasserwaage ein lokales Koordinatensystem

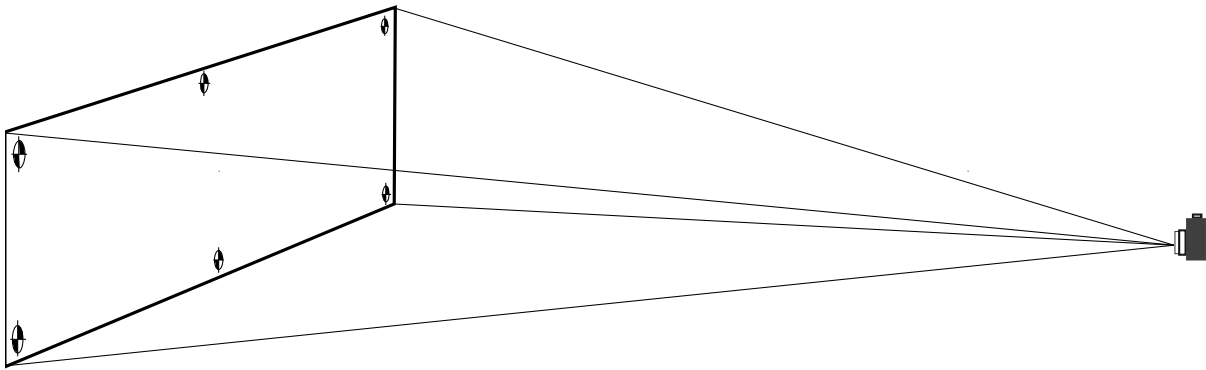


Abb. 3: Ideale Voraussetzungen bei der Bildverzerrung sind ein großer Abstand und eine orthogonale Position der Kamera.

für die Passpunkte konstruieren. Dieses Lokalsystem muss dann in ein übergeordnetes Koordinatensystem eingebunden werden (s. Kap. 14.2).

Die digitale Bildverzerrung sollte im Regelfall unmittelbar nach der Aufnahme erfolgen, um Messdaten und Bildqualität zu kontrollieren. Am Monitor der Digitalkamera ist das nicht hinreichend möglich. Zeitnah müssen auch Grenzen, Befundkonturen und wesentliche Details nachgezeichnet sowie Befundnummern und eine umfassende Zeichenblattbeschriftung (s. Kap. 18.1) ergänzt werden. Denn die Bildverzerrung dokumentiert zwar die Farbe, innere Struktur und Textur der aufgenommenen Objekte besser als eine Handzeichnung, nicht aber automatisch die Befundkonturen. Im Nachhinein ist die Interpretation der entzerrten Fotos oftmals nicht mehr möglich. Bei sehr komplexen Befundsituationen empfiehlt sich außerdem das vorherige Anfertigen von Skizzen. Der fertige Bildplan wird abschließend am Originalbefund überprüft und gegebenenfalls ergänzt.

Das **Trigomatsystem** benötigt drei auf Stativen über bekannten Punkten befestigte Messbänder. Über mechanische Längenmessung von den drei Referenzpunkten zu einem Abtaststift werden elektronisch die 3D-Koordinaten errechnet und in eine Zeichnung umgesetzt. Die Methode ist zwar genau und schnell, jedoch auch aufwändig und sie gilt mittlerweile als veraltet.

Beim terrestrischen **Laserscanning** (TLS) werden mit einem speziellen Laserabtastgerät hochgenaue, dreidimensionale und maßstäbliche Punktwolken in kurzer Zeit erzeugt. An Stelle der Objektkontur wird somit die gesamte Oberfläche eines Objektes aufgenommen. Eine Strichzeichnung entsteht daraus primär nicht, kann aber nachträglich, neben vielen anderen Bearbeitungsmöglichkeiten, erzeugt werden. Derzeit ist der Auswertungsprozess noch aufwändig, er ist aber theoretisch automatisierbar (Kern 2003). Da es sich um einen berührungslosen und weitgehend automatischen Messprozess handelt, muss im Sinne einer Grabungszeichnung ein weiterer, interpretierender Dokumentationsschritt integriert werden. Wegen der anfallenden hohen Datenmengen ist dieses Dokumentationsverfahren derzeit noch einzelnen, herausragenden Befunden vorbehalten.

Mit der Methode des **Image Matching** oder **Structure from Motion (SfM)**, einer digitalen Form der Mehrbildphotogrammetrie, können 3D-Modelle aus 2D-Bildinformationen erstellt werden. Notwendig sind mehrere Digitalfotos von unterschiedlichen Standpunkten, die sich stark überlappen. Jeder Punkt muss auf mindestens 2 Fotos erkennbar sein. Ein spezielles Messgerät wird nicht benötigt, jedoch stellt die Datenmenge hohe Ansprüche an die PC-Hardware.

Wie beim Laserscanning befindet sich der Auswertungsprozess noch in der Entwicklung und die archäologische Interpretation am Originalbefund muss anderweitig umgesetzt werden. Als ergänzende Dokumentation bieten die beiden letztgenannten Methoden heute schon hervorragende Möglichkeiten der Darstellung sehr detailreicher, unregelmäßiger und unebener Oberflächen.

Literatur:

Kern 2003: F. Kern, Automatisierte Modellierung von Bauwerksgeometrien aus 3D-Laserscanner-Daten. Dissertation, Geodätische Schriftenreihe der Technischen Universität Braunschweig, Heft 19, Braunschweig 2003.

http://www.xdesy.de/paper/fkern_dissertation.pdf

VLA 2006: Verband der Landesarchäologen in der Bundesrepublik Deutschland, Ausgrabungen und Prospektion - Durchführung und Dokumentation. Netzpublikation in der überarbeiteten Fassung 2006.

http://www.landesarchaeologen.de/fileadmin/Dokumente/Dokumente_Kommissionen/Dokumente_Grabungstechniker/grabungsstandards_april_06.pdf

Wanke 2008: T. Wanke, Ein Vergleich verschiedener Aufnahmemethoden für die Archäologische Dokumentation. In: E. I. Faulstich und A. Hahn-Weishaupt [Hrsg.], Schriften des Bundesverbands freiberuflicher Kulturwissenschaftler, Band 2, Netzpublikation.

<http://www.b-f-k.de/webpub01/cnt/wanke.htm>

Wanke 2011: T. Wanke, Bildentzerrung in der Befunddokumentation. Netzpublikationen zur Grabungstechnik Nr. 2, Jg. 2011.

http://www.landesarchaeologen.de/fileadmin/Dokumente/Dokumente_Kommissionen/Dokumente_Grabungstechniker/Netzpublikationen/Wanke_Bildentzerrung_10-2011.pdf

Andreas Kinne
Landesamt für Archäologie
Zur Wetterwarte 7
01109 Dresden
Andreas.Kinne@lfa.sachsen.de