

DISCA und DISTA – ein stereophotogrammetrisches Aufnahme- und Auswertesystem für einfache Messaufgaben

FRANK BOOCHS, Mainz

Keywords: Stereophotogrammetrie, Stereokamera, PC-gestützte 3D-Auswertung

Zusammenfassung: Ein einfaches digitales Mess- und Aufnahmesystem für die Gewinnung der dreidimensionalen Geometrie von Objekten wird vorgestellt. Es beruht auf der Nutzung herkömmlicher Digitalkameras, die zu einem stereofähigen Aufbau verbunden werden und die Gewinnung direkt nutzbarer stereoskopischer Bildpaare erlauben. Die Auswertung der Stereobilder erfolgt an einem herkömmlichen, mit einer Stereographikkarte ausgerüstetem PC und gestattet die Erfassung von Objektgeometrien, die anschließend im DXF-Format abgespeichert werden.

1. Einleitung

In allen Bereichen der Geowissenschaften und somit auch in der Denkmalpflege, Archäologie und Architektur spielt die genaue geometrische Beschreibung von Objekten eine elementare Rolle. Als Mittel zur Beschreibung der Geometrie werden heutzutage im wesentlichen digitale Objektmodelle eingesetzt, die diskrete Punktmessungen zu verschiedenen geometrischen Elementen verbinden und auf diesem Weg eine strukturierte Repräsentation des Objektes erlauben.

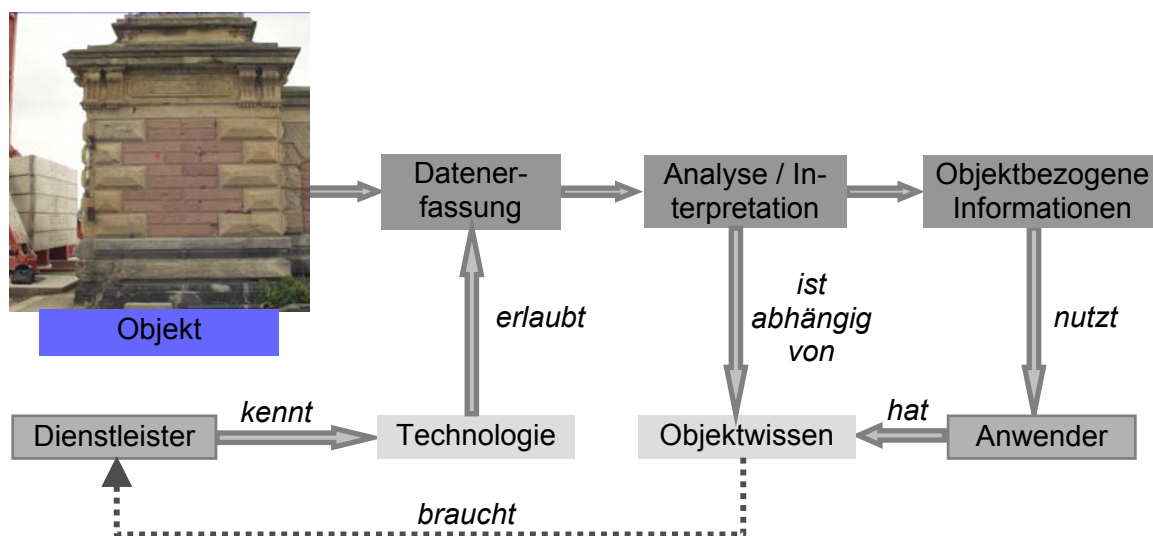


Abb. 1: Anwendungsbezogene Datengewinnung

Zum Aufbau solcher Objektmodelle sind zuverlässige Messverfahren nötig, die das zu dokumentierende Objekt im gewünschten Umfang und mit der geforderten Genauigkeit metrisch erfassen können. Neben den in der Denkmalpflege typischen Techniken wie Handaufmaß in Kombination mit geodätischen Verfahren bieten sich auch andere Methoden für die Datenerfassung wie Scanning, Photogrammetrie und Fernerkundung an.

Der Vorteil bildgestützt arbeitender Methoden wie Fernerkundung und Photogrammetrie besteht u.a. darin, dass sie berührungsfrei arbeiten, das Objekt gleichzeitig visuell dokumentieren, die Auswertung indirekt, durch Verarbeitung des aufgenommenen Bildmaterials erlauben und die Gewinnung der für die Auswertung benötigten Bilder innerhalb kürzester Zeit geschieht. Allerdings verlangt die Auswertung von metrischem Bildmaterial nach einer speziellen 3D-Mess- und Betrachtungseinrichtung. Die Besonderheit dieser Einrichtungen, ihre hohen Kosten, die zu ihrer Bedienung notwendigen Fachkenntnisse und die rein auf photogrammetrische Zwecke beschränkten Einsatzmöglichkeiten haben bisher zu einer eher untergeordneten Verwendung in der Denkmalpflege geführt.

Dank der wachsenden Leistungsfähigkeit digitaler Systeme ändert sich das Bild zunehmend, weil die Systeme nun eher leistungsfähigen Rechnern mit speziellen Auswertefunktionalitäten gleichen. Allerdings gilt auch für die hochwertigen digitalen Systeme, dass sie angesichts umfangreicher Mess- und Auswertefähigkeiten entsprechend kostspielig bleiben und ihr Einsatz im allgemeinen fundierte messtechnische Kenntnisse voraussetzt. Als Folge werden diese Systeme üblicherweise nur von geschultem Personal eingesetzt und weniger vom Nutzer der Daten (vgl. Abb. 1). Folglich entsteht die Schwierigkeit, den Messenden in der fachspezifischen Interpretation zu schulen. Dieser sollte den im Bildmaterial zu findenden visuellen Eindruck gemäß den Anforderungen des Nutzers bestmöglich bewerten und als Grundlage für die Datengewinnung benutzen können. Eigentlich setzt dies aber eine vergleichbar intensive fachliche Schulung des Auswerters voraus wie der Nutzer in der Bedienung der Messausrüstung geschult sein müsste. Vorhandene Defizite führen zu entsprechenden Risiken für die Qualität des Auswertergebnisses.

2. Datengewinnung mit Photogrammetrie

Die photogrammetrische Datengewinnung teilt sich in die Bildgewinnung vor Ort und die spätere Auswertung des Bildmaterials im Labor auf. Unterstellt, die am Objekt aufgenommenen Bilder enthalten die interessierenden Objekteinhalte in der erforderlichen Weise, so führen unterschiedliche Wege zum Auswerteresultat (vgl. Abb.2). Prinzipielles Unterscheidungskriterium sind die Dimensionalität des Ergebnisses und die Beschreibungsform des Objektes. Dies drückt sich nicht nur in einem mehr oder weniger an räumlicher Information, sondern auch in entsprechendem Mehr- oder Minderaufwand für die Auswertung bzw. die dafür benötigte Ausrüstung aus.

Der einfachere und auch sehr viel leichter vom Anwender zu beschreitende Weg führt zur 2D-Auswertung. Hierbei wird jedes Messbild individuell einer vorbereitenden projektiven Transformation unterzogen, so dass die durch die Kameraperspektive zwangsläufigen Bildverzerrungen beseitigt sind und das damit entstehende Bild eine geometrisch korrekte, in dem gewählten Maßstab ausgedrückte Abbildung des Objektes darstellt. Diese 2D-Abbildung kann für sich genommen schon ein abschließendes Ergebnis sein oder es wird als Grundlage für eine vom Anwender vorzunehmende Extraktion charakteristischer Objektdetails benutzt. Die so gewonnenen Daten könnten beispielsweise in ein Informationssystem einfließen. Dieses Vorgehen unterliegt allerdings einer wesentlichen Beschränkung: es setzt voraus, dass das Objekt hinreichend genau durch eine Ebene beschrieben werden kann. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, bedarf es für die Umbildung eines zusätzlichen digitalen Objektmodelles, das messtechnisch (z.B. mittels Scanning) oder durch Photogrammetrie (Matching, interaktive 3D-Messung) gewonnen werden muss.

Der direkte und nicht mit Vorbedingungen behaftete Weg zu einer geometrisch korrekten Beschreibung des Objektes führt nur über die 3D-Erfassung. Zwei oder mehr Bildern erlauben eben rein unter Nutzung des aufgenommenen Bildmaterials, alle denkbaren Geometrien eines Objektes zu rekonstruieren. Als Strategien stehen hier die Bildtriangulation oder die Stereo-

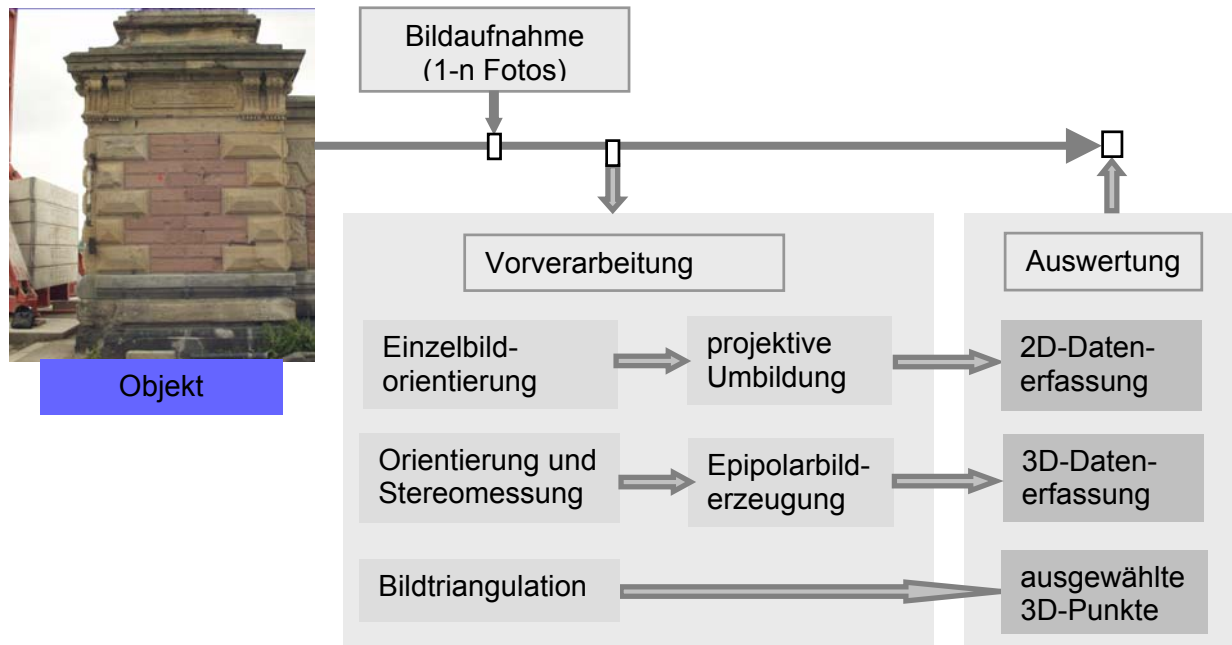


Abb. 2: Anwendungsbezogene Datengewinnung mit Photogrammetrie

auswertung zur Verfügung. Erstere setzt individuell in den Bildern gemessene Bildstrahlen für eine simultane Triangulation ein, letztgenannte baut auf das räumliche Wahrnehmungsvermögen des Menschen und gibt ihm die nötige Technik an die Hand, in Stereomodellen räumlich beobachten und messen zu können. Der Auswerteprozess besteht dann aus interaktiven Messoperationen, die, gestützt auf einer Interpretation des Wahrgenommenen und dem dazu gehörenden Objektwissen, die Extraktion der für die charakteristische Beschreibung des Objektes wichtigen Details erlauben. Die Qualität des Ergebnisses hängt damit von der Beherrschung der Ausrüstung aber auch ganz entscheidend von der Interpretation ab. Insofern wäre die Auswertung sinnvollerweise von dem mit den Besonderheiten des zu erfassenden Objektes vertrauten Anwender vorzunehmen. Dies wird jedoch durch die Komplexität der erforderlichen 3D-Messausrüstung, die nötigen Fachkenntnisse im Zuge der Vorbereitungen und durch die erforderlichen Investitionen oftmals verhindert.

3. Datengewinnung mit einer einfachen Aufnahme- und Auswerteeinrichtung

Eine einfache Einrichtung muss sich durch Einfachheit im Aufbau, in der Bedienung und auch in Bezug auf die Investitionen auszeichnen. Entsprechend ist das Konzept gewählt (vgl. Abb.3):

- eine Stereokamera für die Bildaufnahme
- ein 3D-fähiger PC als Auswerteeinrichtung
- einfache Messfunktionen für die 3D-Datenerfassung

Die Stereokamera dient primär zur Vereinfachung der Arbeitsabläufe, weil sie mit mechanischen Elementen direkt die Voraussetzung für eine räumliche Datenerfassung schafft und damit der vorbereitende Aufwand reduziert wird. Das Ergebnis einer Stereoaufnahme ist ein direkt nutzbares Stereomodell. Das Konzept der Stereokamera hat eine lange Geschichte und wurde schon vor Jahrzehnten für die Photogrammetrie genutzt. Im Gegensatz zu älteren Sy-

stemen arbeitet heute eine Stereokamera mit digitalen Sensoren. Damit entstehen nicht nur Kostenvorteile beim Aufnahmesystem, sondern auch der Weg für eine digitale Weiterverarbeitung ist direkt gebnet.

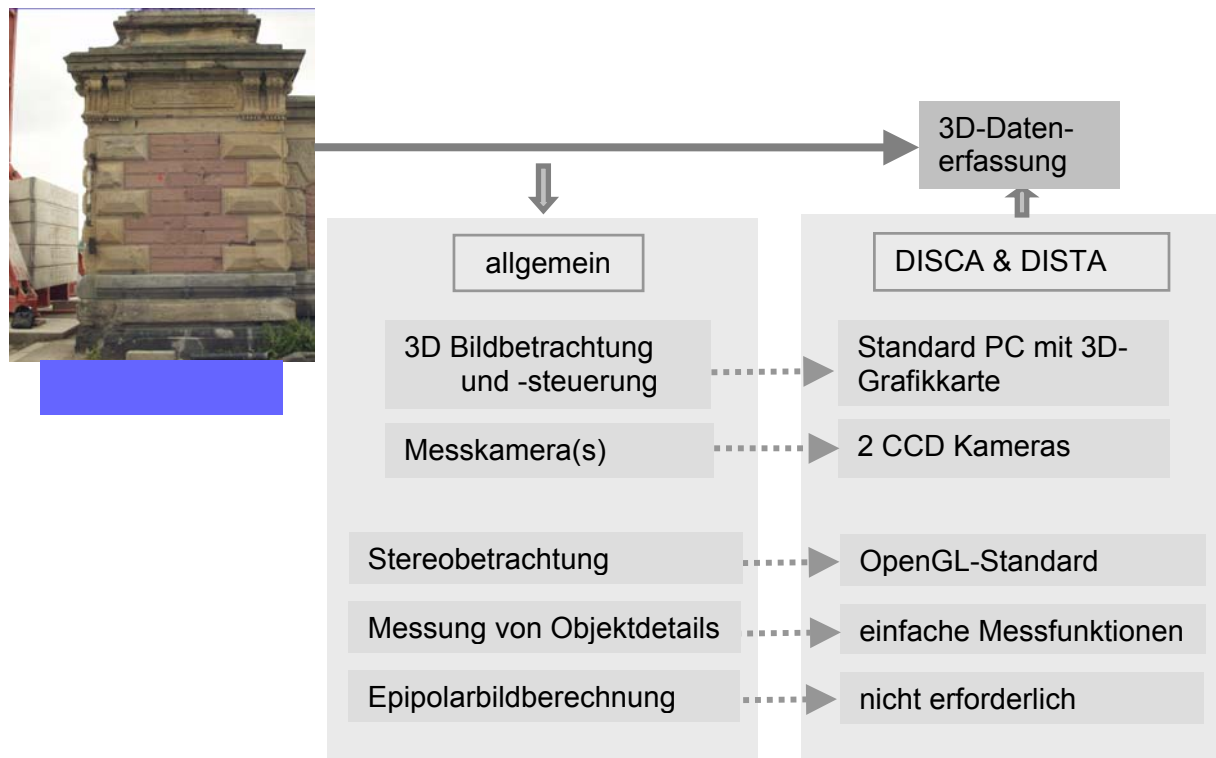


Abb. 3: Anforderungen für ein 3D-Erfassungssystem

Diese Weiterverarbeitung geschieht in einem herkömmlichen PC, der lediglich in Bezug auf die Stereofähigkeit besondere Anforderungen erfüllen muss. Allerdings sind diese Anforderungen leicht zu erfüllen, da angesichts der rasanten Entwicklung im Bereich der Computergraphik selbst für Personal Computer leistungsfähige Einrichtungen zur 3D-Betrachtung zu moderaten Kosten zur Verfügung stehen. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, unter Verwendung von verbreiteter PC-Hard- und Software auch die räumliche Betrachtung digitaler photographischer Bilddaten zu erreichen.

Als letzter technologischer Baustein ist geeignete Software erforderlich, die einerseits die Kontrollfunktionen für die PC-Hardware übernimmt und für eine ergonomische und leistungsfähige räumliche Betrachtung des Bildmaterials sorgt und andererseits die für den Anwender unverzichtbaren Mess- und Auswertefunktionen bereitstellt. Sinnvollerweise greift diese Software in Bezug auf die Bildsteuerung und 3D-Betrachtung auf vorhandene Werkzeuge aus dem Grafikumfeld zurück, um den Entwicklungsaufwand überschaubar zu gestalten.

3.1 Merkmale der Stereokamera

Das Konzept der Stereokamera ist durch Stabilität und Flexibilität geprägt (vgl. Abb. 4). Die Stabilität muss in einem Umfang gewährleistet sein, dass die auf der Basis montierten Kameras für den gesamten Aufnahmezeitraum in ihrer geometrischen Beziehung unverändert bleiben. Die Stabilität darf aber nicht zu unhandlichen Gewichten führen, weshalb entsprechend leichte Materialien (Kohlefaser) verwendet werden oder bei durchschnittlichen Genauigkeitsanforderungen auch Leichtbaukonstruktionen zur Verwendung kommen.

Flexibilität ist durch die Verwendbarkeit der meisten handelsüblichen CCD-Kameras gegeben. Die mit digitalen Kameras zu erreichenden Genauigkeiten reichen für viele interaktive Messaufgaben aus und besitzen auch Spielraum für höhere Ansprüche. Zu beachten ist natürlich, dass verlässliche Informationen über den inneren geometrischen Aufbau der Kameras gegeben sind und Vorkehrungen wie das Abschalten des Autofokus getroffen wurden.

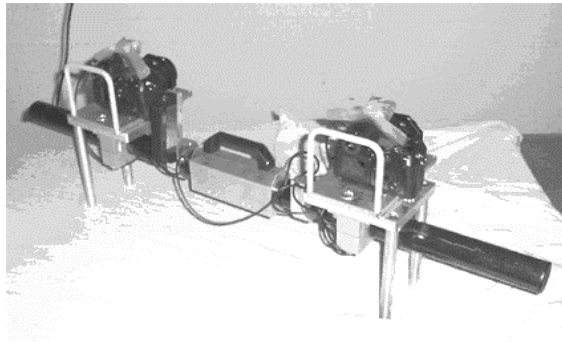


Abb. 4: Stereo-Prototyp



Genauigkeitstests haben gezeigt, dass auch für einfache Kameras mit Festbrennweite Resultate im Subpixelbereich zu erreichen sind und sie damit für interaktive Messprozesse geeignet sind.

Genauigkeitstests haben gezeigt, dass auch für einfache Kameras mit Festbrennweite Resultate im Subpixelbereich zu erreichen sind und sie damit für interaktive Messprozesse geeignet sind.

zu erreichen sind und sie damit für interaktive Messprozesse geeignet sind.

3.2 Merkmale der Auswerteeinrichtung

Hier wird auf leistungsfähige und den aktuellen Standards folgende Graphikhardware zurückgegriffen und auf standardisierte Software gesetzt /DAVIES (1993), TIFF (2003)/. Die Entwicklungen folgen objektorientierten Prinzipien, die zusammen mit einem modularen Konzept u.a. eine einfache Integration bereits vorhandener Bausteine erlauben. So setzt beispielsweise die gesamte graphische Benutzerführung auf der frei verfügbaren wxWindows Software auf /WXWINDOWS (2003)/. Ein weiteres wichtiges Merkmal der Entwicklung ist die Plattformunabhängigkeit, die eine Installation auf so unterschiedlichen Computerwelten wie der von WINDOWS und UNIX erlaubt /BOOCHS (2000, 2001)/.

In Bezug auf die Bedienung werden Merkmale unterstützt, die von einem ergonomischen und flexiblen System zu erwarten sind:

- Digitale Bilder beliebiger Größe
- S/W oder Farbbilder
- Betrachtung bei fester Messmarke und beweglichem Bild
- pyramidenunterstützter Zoom
- unbegrenztes Roaming
- Bildtrennung nach Zeit- oder Anaglyphenverfahren

Dagegen ist die Auswertefunktionalität auf die wichtigsten Messungstypen beschränkt, die im Zusammenhang mit einfachen Arbeiten benötigt werden. Die mit Attributen zu versehenen Größen umfassen derzeit:

- Einzelpunkt
- Höhenunterschied
- Raumstrecke
- Kreis, Ellipse
- Polygon

3.3 Praktischer Einsatz

Der praktische Einsatz umfasst einige wenige vorbereitende Schritte am Objekt und die Datenerfassung am fertigen Stereomodell (vgl. Abb. 5). Am Objekt ist neben der Aufnahme des oder der Stereobildpaare die Messung von mindestens einer Kontrollstrecke nötig oder sinnvoll. Unverzichtbar ist diese Streckenmessung, sofern die exakte Länge der aktuell eingestellten Basis nicht als bekannt angenommen werden kann. Die Messung empfiehlt sich aber generell, um den Auswertemaßstab prüfen zu können.

Das aufgenommene Bildmaterial kann anschließend unmittelbar räumlich betrachtet und ausgewertet werden. Voraussetzung für die Datenerfassung ist die Kenntnis der inneren Orientierung der beiden Kameras. Ansonsten sind bei Beschränkung auf ein einzelnes Modell keine weiteren Vorbereitungen erforderlich. Angesichts der Beschränkung auf eine überschaubare

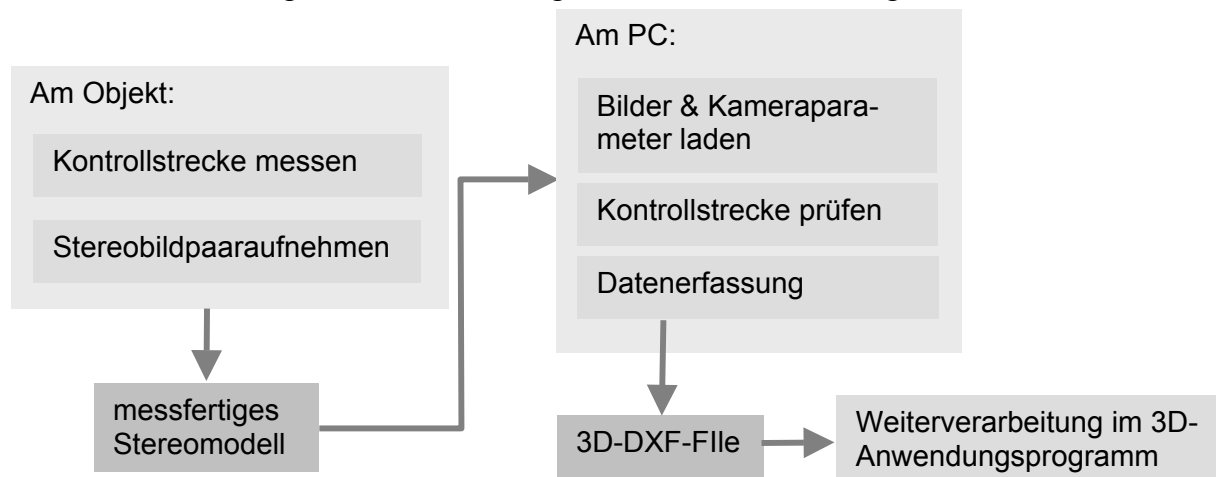


Abb. 5: Praktischer Einsatz

Anzahl von Messfunktionen ist auch ohne lange Einarbeitung sofortiges Messen möglich. Als Ergebnis entstehen attributierte 3D-Geometrien, die als DXF-Daten ausgegeben werden und damit in alle verbreiteten weiterverarbeitenden Programme überführt werden können.

4. Fazit

Das vorgestellte System aus Stereokamera und 3D-fähigem PC mit entsprechender Bediensoftware erlaubt auf einfache Weise, die räumliche Geometrie beliebiger Objekte zu gewinnen. Die Einfachheit des Systems zielt darauf ab, im Prinzip jedem Anwender ein Messwerkzeug an die Hand geben zu können, das er ohne aufwändige Vorbereitungen und ohne tiefgreifende Kenntnisse der Messtechnik einsetzen kann. Der Nutzen für den Anwender ergibt sich aus dem Umstand, dass er eigener Verantwortung die Datenerfassung vornehmen kann und damit eine bestmögliche, an seinem eigenen Objektwissen orientierte Interpretation sichergestellt wird.

Wichtige Merkmale des Systems sind:

- die Ausrüstung stellt direkt stereofähiges Bildmaterial bereit
- es können auch preiswerte Standard CCD-Kameras eingesetzt werden
- das System ist konfigurierbar (Basislängen ca. 0.5-1.5m)
- es bedarf keiner sehr teuren Spezialhardware
- der Einsatz verlangt keine besonderen Spezialkenntnisse

Natürlich ist die Auswertesoftware auch in der Lage, anderes Stereobildmaterial zu verarbeiten. Die Einfachheit des Ganzen kommt aber primär in der Kombination aus Stereokamera und Auswertetool zum Tragen.

5. Literatur

BOOCHS F., GEHRHOFF A., NEIFER M. , 2000: An object-oriented stereo system for 3D-measurements, Int. Soc. Phot. & RS, Vol. 33, No.5.

BOOCHS, F., MÜLLER, H., NEIFER, M., 2001: DISTA - a portable software solution for 3D-compilation of photogrammetric image blocks, SPIE, Vol 4298

DAVIS T., NEIDER J., WOO M., 1993: OpenGL Programming Guide, Addison-Wesley, New York.

DISTA, 2004: www.dista.fh-mainz.de

TIFF, 2004: www.libtiff.org, 2003

WXWINDOWS, 2003: www.wxWindows.org, 2003

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Frank Boochs

Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik, Fachhochschule Mainz, Holzstr. 36 , 55116 Mainz

Tel.: +49-6131-2859-672, Fax: +49-6131-2859-699

e-mail: boochs@geoinform.fh-mainz.de