

<b>Zeitschrift:</b>	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
<b>Band:</b>	93 (1995)
<b>Heft:</b>	7
<b>Artikel:</b>	Digitale Nahbereichsphotogrammetrie mit dem System PHOCAD : dreidimensionale Dokumentation beliebiger Objekte
<b>Autor:</b>	Benning, W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-235175">https://doi.org/10.5169/seals-235175</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Digitale Nahbereichsphotogrammetrie mit dem System PHOCAD

## Dreidimensionale Dokumentation beliebiger Objekte

W. Benning

Im industriellen Anlagenbau, in der Leitungsdokumentation, in der Denkmalpflege, für die Dokumentation von Verkehrsunfällen oder die allgemeine Schadensdokumentation sind dreidimensionale Objektvermessungen erforderlich. Die digitale Nahbereichsphotogrammetrie ermöglicht hier die berührungslose Vermessung und digitale Speicherung in einer 3D-CAD-Umgebung. Das Auswertesystem PHOCAD leistet dies und wird im folgenden dargestellt.

*Pour la construction d'installations industrielles, le cadastre souterrain, la protection des monuments, la documentation d'accidents de la circulation ou la documentation générale de sinistres on a besoin de recourir à la mensuration tridimensionnelle des objets. La photogrammétrie digitale en zone rapprochée permet alors la mensuration sans repères et la mémorisation digitale dans un environnement DAO-3D. Ce procédé est possible à l'aide du système PHOCAD qui est décrit ci-après.*

La misurazione tridimensionale degli oggetti è ormai diventata indispensabile nella costruzione industriale di impianti, nella documentazione di condotte, nella cura di monumenti nazionali e nella documentazione di incidenti. La fotogrammetria ravvicinata digitalizzata permette la misurazione senza contatto e la memorizzazione digitale in un ambito CAD 3D. Qui di seguito si presenta il sistema di valutazione PHOCAD e i suoi pregi.

### 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Die Photogrammetrie bietet von Haus aus die punktweise, linien- und flächenhafte Vermessung dreidimensionaler Objekte. Analog oder digital gespeicherte Photos bzw. Videoaufnahmen bilden die Datenbasis als umfassende Informationsquelle. Die Vorteile der dreidimensionalen photogrammetrischen Objekterfassung und -auswertung liegen auf der Hand. Als Stichworte seien genannt: berührungsloses Messen (z.B. für die Erfassung unzugänglicher Objekte), kurze Messzeiten (z.B. für die Vermessung von Industrieanlagen oder Verkehrsunfällen im laufenden Betrieb), die hohe flächendeckende Informationsdichte der Bilder (welche im Büroinnendienst mit beliebiger Detaillierung graphisch ausgewertet werden können), minimaler Messungsaufwand vor Ort bei gleichzeitig dreidimensionaler Erfassung des Objektes sowie die konstant fehlerunanfällige Speicherung der Daten auf digitaler Basis mit der Möglichkeit, die graphische Detaillierung der Auswertung nach zeitlichem und inhaltlichem Bedarf und Erfordernissen ausführen zu können. Einen deutlichen Entwicklungsschub

sowie praktische Bedeutung für den alltäglichen Einsatz erfuhr die Nahbereichsphotogrammetrie erst mit der Erstellung komplexer, EDV-unterstützter Auswertesysteme. Eine erste Verfahrenslösung mit konsequenter graphischer Auswertung und Bemassung der Rasterbilder auf dem PC-gesteuerten Bildschirm (Benning und Effkemann 1992) stellt das Programmsystem PHIDIAS (Photogrammetrisch-interaktives-digitales Auswerte-System) dar, welches die vollständig dreidimensionale Auswertung aus den beliebig vielen digitalen Rasterbildern am Bildschirm und unter low-cost-hardware ermöglicht. Im folgenden sollen die Basiskomponenten dieses Systems und Anwendungsbeispiele vorgestellt werden. Insbesondere soll jedoch ein weiterentwickeltes, neues Programmsystem mit dem Acronym PHOCAD (Photogrammetrie im Computer-Aided Design) vorgestellt werden, welches in seinem graphischen Teil auf dem weltweit verbreiteten CAD-Paket MicroStation von der Firma Intergraph basiert. Unsere Entscheidung für die Integration der digitalen photogrammetrischen Funktionen ins MicroStation gründet sich unter anderem auf die Leistungsfähigkeit und Offenheit dieses CAD-Systems.

### 2. Die Systemkomponenten

Das Auswertesystem PHOCAD setzt auf digitalen Bilddaten auf. Dementsprechend sind folgende Dateninputschnittstellen realisiert:

- Scannen von photographischen Aufnahmen (Papiervergrößerungen) mit Scannern der Auflösung von ca. 400 dpi, welches eine relative Abtastgenauigkeit von etwa 1:4000 garantiert, 8–12 µm im Bild.
- Einlesen der Daten von Photo-CD, d.h. die Filme (Negative oder Diapositive) werden ohne Umweg über die Papiervergrößerung direkt von hochwertigen Filmscannern mit einer Auflösung von 12 µm digitalisiert und standardisiert auf Photo-CD gespeichert.
- Direkte Übertragung der Daten aus der digitalen Kamera, z.B. Kodak DCS 420, d.h. es entfällt die Filmentwicklung. Nachteilig wirkt sich hier die im Verhältnis zum Kleinbildfilm kleine Sensorfläche aus. Man erhält also einen sehr kleinen Öffnungswinkel, der durch extrem weitwinkelige Objektive ausgeglichen werden muss. Bei der Kodak DCS 420 mit einem Preis von ca. 24 000 DM hat der CCD-Sensor eine Auflösung von 1524 x 1012 Pixeln. Höhere Auflösungen sind mittlerweile zu entsprechend höheren Preisen verfügbar.
- Einlesen der mittels Videokamera aufgezeichneten Bilder. Die in handelsüblichen Videokameras verwendeten CCD-Sensoren liefern derzeit die geringste Auflösung der hier genannten Verfahrenslösungen und sind daher auf Genauigkeitsanforderungen  $\geq 1:1000$  zu beschränken. Dennoch reicht diese Objektgenauigkeit für viele Dokumentationszwecke aus.

Hierbei ist zu betonen, dass die Photos zum Objekt freihändig geschossen werden können, da die zur Verfügung stehende Software diese Einzelbilder quasi vollautomatisch gegenseitig orientiert sowie in ein einheitliches, gemeinsames Koordinatensystem transformiert.

Die photogrammetrische Auswertung kann (ausser auf Workstations) komplett auf einem Personal-Computer ablaufen:

- mit 80486-Prozessor und mindestens 8 MByte RAM, CD-Laufwerk,
- mit einer Gigabyte-Festplatte, um Bildverbände bis zu 100 Bildern simultan verarbeiten zu können,
- mit einer 24-bit-Farbgroßgraphikkarte für TrueColour-Darstellung und entsprechendem Bildschirm ( $\geq 19\text{-Zoll}$ ).

Die gesamte Hardware von z.B. der Réseau-Kamera über CD-Einlesemedium und PC, also die Grundausrüstung für die Aufnahme der Daten und deren Auswertung bis zur 3D-CAD-Zeichnung ist heute für weniger als 15 000 DM am Markt zu

# Partie rédactionnelle

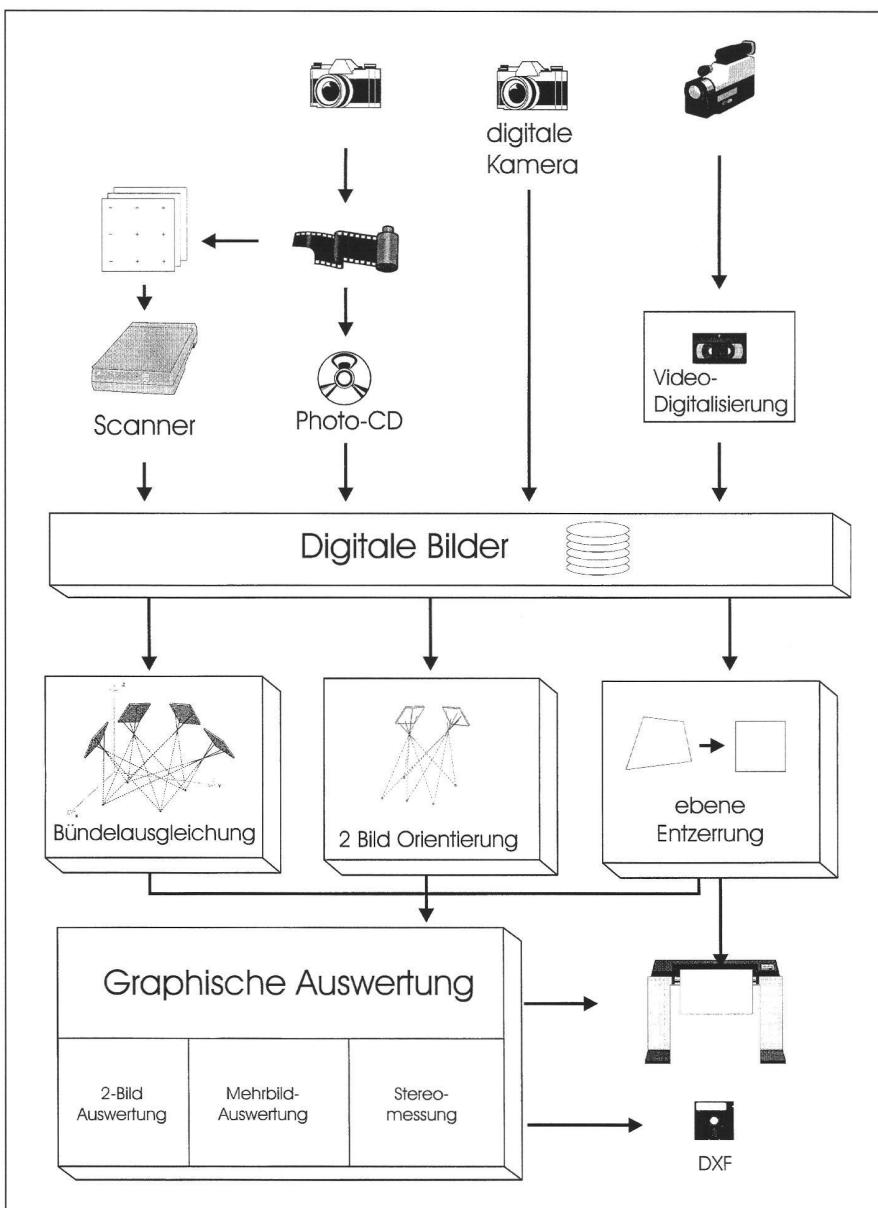


Abb. 1: Systemkomponenten und Verfahrensablauf.

haben, womit Genauigkeiten bis in den Subzentimeterbereich im endgültigen Ergebnis erreichbar sind.

### 3. Verfahrensablauf der Auswertung

Das Ziel der photogrammetrischen Auswertung sind CAD-Zeichnungen des zu vermessenden Objektes in frei wählbarem Massstab, von Perspektiven, Ansichten oder beliebigen Schnitten. Dabei läuft die Auswertung der auf Festplatte gespeicherten Bilder unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche ab:

- die relative und absolute Orientierung der Bilder und Beschaffung von Näherungskoordinaten,
- die Bündelausgleichung des gesamten Bildverbandes,
- die graphische Bearbeitung von je zwei bis zu acht benachbarten Bildern in

einem einheitlichen, dreidimensionalen Koordinatensystem, und – last but not least –

- die Bereitstellung der CAD-Ergebnisse in maschinenlesbarem Schnittstellenformat für die einfache Übertragung in CAD-Systeme z.B. anderer Fachdisziplinen.

Zur Bildmessung werden die gescannten bzw. die bei der Aufnahme digital gespeicherten Bilder als Rasterdaten von der Festplatte zur Präsentation am Bildschirm geladen. Zur Bestimmung des Bildkoordinatensystems reicht es bei Einsatz einer Amateurkamera, die Bildecken jedes Bildes mit Hilfe eines Fadenkreuzes zu messen. Hierzu können Bildausschnitte beliebig vergrößert werden. Die Parameter der inneren Orientierung des Bildes sind dann in der Ausgleichung als Unbekannte formuliert und werden somit aus der Redundanz bestimmt. Sind dagegen Réseaux-

meras verwendet worden, erübrigert sich diese Messung. Der Auswerter hat dann lediglich zwei Réseauxkreuze einzumesen, worauf die Messung der übrigen Réseauxkreuze vollautomatisch abläuft. Lediglich in Fällen schwacher Grauwertkontraste wird der Auswerter zur interaktiven Unterstützung aufgefordert. Mit Hilfe einer Réseautransformation werden dann automatisiert unregelmäßige Fehlereinflüsse wie Filmunebenheit, Filmverzug oder Abtastfehler des Scanners berechnet und für die positionsunabhängige Punktbestimmung berücksichtigt. Die automatische Ansteuerung der Réseauxkreuze erfolgt mit einer lokalen Messgenauigkeit von 0,1 Pixeln.

Daran schliesst sich die Messung von identischen Pass- und Verknüpfungspunkten in den einzelnen, benachbarten Bildern an. Diese Punkte dienen der Orientierung des Bildverbandes sowie insbesondere der Simultankalibrierung der möglicherweise unterschiedlichen Kameras. In der Bündelausgleichung zur Bestimmung der inneren und äusseren Orientierung der Bilder sind Hypothesentests eingebaut, die uns unterstützen, eventuell fehlerhafte Punktmessungen oder Punktverwechslungen zügig aufzudecken.

#### 3.1 Zur Bündelausgleichung im System PHOCAD

Das im System PHOCAD integrierte Bündelausgleichungsprogramm stellt eine Neuentwicklung dar, die von Haus aus den Leistungsumfang des Systems CAP (Hinksen 1989) umfasst. Demzufolge ermöglicht es die simultane Ausgleichung photogrammetrischer Daten (Bildkoordinaten, Orientierungsparameter und Kalibrierungsdaten) und geodätischer Messungselemente wie Koordinatendifferenzen, Schrägstrecken, Höhenunterschiede, Horizontalstrecken und Horizontalrichtungssätze. Damit wird die örtliche Aufnahmemethodik flexibilisiert, so dass nur diejenigen massstabsbestimmenden Strecken und die die Orientierung stützenden Richtungen zu messen sind, die am Objekt leicht zugänglich sind. In der Regel wird es ausreichen, wenige Strecken in zueinander senkrechten Richtungen am Objekt zu messen. Für hohe Genauigkeitsanforderungen im Subzentimeterbereich wird man jedoch per freier Stationierung markante, sichere, zielorientierte Punkte am Objekt tachymetrisch festlegen.

Die Besonderheit der neuen Bündelausgleichungskomponente liegt darin, dass nunmehr auch identische Geraden als Messungselemente zugelassen sind (Schwermann 1994). Das heisst, in das System der Verbesserungsgleichungen sind die Parameter für räumliche Geraden als Funktion der Unbekannten integriert. Der Vorteil dieses Funktionalmodells wird

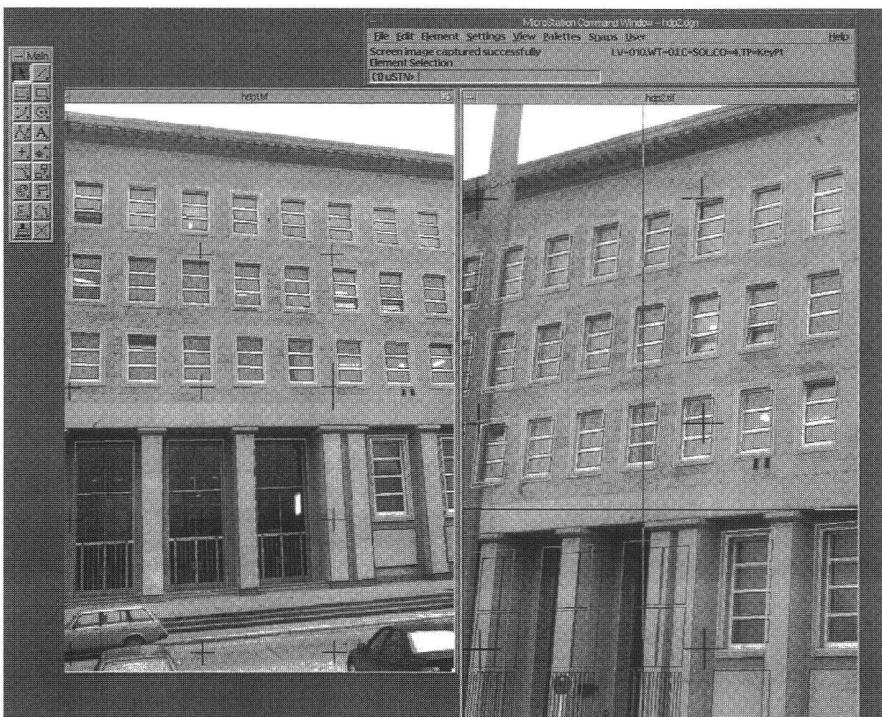


Abb. 2: Graphisches Editieren am Bildschirm.

sofort ersichtlich, wenn man das Faktum akzeptiert, dass der einzelne Punkt, also die Punktvermessung, nur den diskreten Sonderfall in Verfolgung einer Geraden darstellt. Das Verfahren der geradengestützten Bildorientierung unterteilt den gesamten Orientierungsprozess in eine Grob- und eine Feinorientierung. Zunächst werden die extrahierten Geraden als primäre Beobachtungen eingesetzt und daraus die erste Schätzung der Orientierungsparameter abgeleitet. Aus diesen Ergebnissen ergeben sich mit Hilfe des Förstner-Operators eine zunehmende Anzahl identischer Punktkoordinaten, welche dann zusätzlich als Messungsgrößen in den Orientierungsprozess eingeführt werden, zumal mit der konventionellen punktgestützten Bildorientierung eine höhere Genauigkeit erreichbar ist. Der iterative Orientierungsprozess unterliegt dabei einer Regewichtung der Beobachtungen mit zunehmendem Gewicht für die Punktbeobachtungen. Da die ausgleichstechnische Bündelorientierung statistische Tests zur Fehlersuche enthält, können grobe Daten- oder Zuordnungsfehler entsprechend bereinigt werden. Die wiederholte Ausgleichung der derart regewichteten Punkt- und Linienbeobachtungen liefert schlussendlich hochgenaue Orientierungsergebnisse als Basis für die abschließende graphische Bearbeitung (Vektorisierung) der Rasterbilder. Um nun aber die manuelle, interaktive Arbeit im Orientierungsprozess weiter zu automatisieren, werden zur Zeit die Algorithmen der automatisierten Kantenextraktion aus digitalen Bildern (Schickler 1992; Benning und Effkemann 1992a) in das System PHOCAD integriert. Dann wird für viele

Anwendungen und Objekte mit ausreichender Kontrastbildung der geraden Linien in den Grauwertbildern die Arbeit der Pass- und Verknüpfungspunktmessung in den digitalen Bildern wegfallen. Damit wird ein fehlersensitiver und zeitaufwendiger Bereich der anwendergestützten Auswertung automatisiert. Nochmals sei erwähnt, dass die endgültige Orientierung der Bilder auch bei freihändiger, völlig freier Aufnahmenanordnung, d.h. ohne tachymetrische Passpunktbestimmung gelingt, wenn eine günstige Anzahl und Verteilung sowie die sichere Zuordnung einiger identer Verknüpfungspunkte oder gerader Linien in den Einzelbildern vorliegen.

Die endgültigen Orientierungsparameter stehen nach Ablauf der Bündelausglei-

chung zur Verfügung, um die graphische Detailauswertung der digitalen Bilder (Vektorisierung über Punkte, Linien und Kurven) im endgültigen, dreidimensionalen Objektkoordinatensystem durchführen zu können.

### 3.2 Die graphische Auswertung am Bildschirm auf MicroStation-Basis

Das CAD-System MicroStation eignet sich wegen seiner leistungsfähigen und offenen Programmierschnittstellen hervorragend für die Erstellung von branchenspezifischen Applikationen. Verschiedenste Applikationen wie z.B. Photogrammetrie, Kartographie, Architektur, Anlagenplanung usw. haben Zugriff auf sämtliche CAD-Funktionen. Für den Anwender bietet dies den Vorteil, dass er die gesamten, fachlich auch unterschiedlichen Arbeitsschritte wie z.B. Bestandsaufnahme, Planung, Konstruktion und Visualisierung unter einer einheitlichen graphischen Benutzeroberfläche (OSF/Motif oder Windows) ausführen kann. Der Datenaustausch zwischen verschiedenen Anwendungen wird so auf ein Minimum reduziert. Für die photogrammetrische Auswertung können in maximal acht Fenstern digitale Bilder angezeigt werden. Die Messung erfolgt mit dem Fadenkreuz je nach Zoomstufe entweder direkt in den Bildern oder in einem Lupenfenster mit fester Vergrößerung. Bei Messung in vielen Bildern empfiehlt sich hier der Einsatz von zwei hochauflösenden Monitoren. Ist der Bildverband orientiert, ist eine dreidimensionale Punktbestimmung auf drei verschiedenen Arten möglich:

#### *Mehrbildmessung:*

Ein diskreter Punkt wird in mehreren Bildern gemessen und die endgültigen 3D-Koordinaten ergeben sich durch ausgleichenden räumlichen Vorwärtsschnitt.

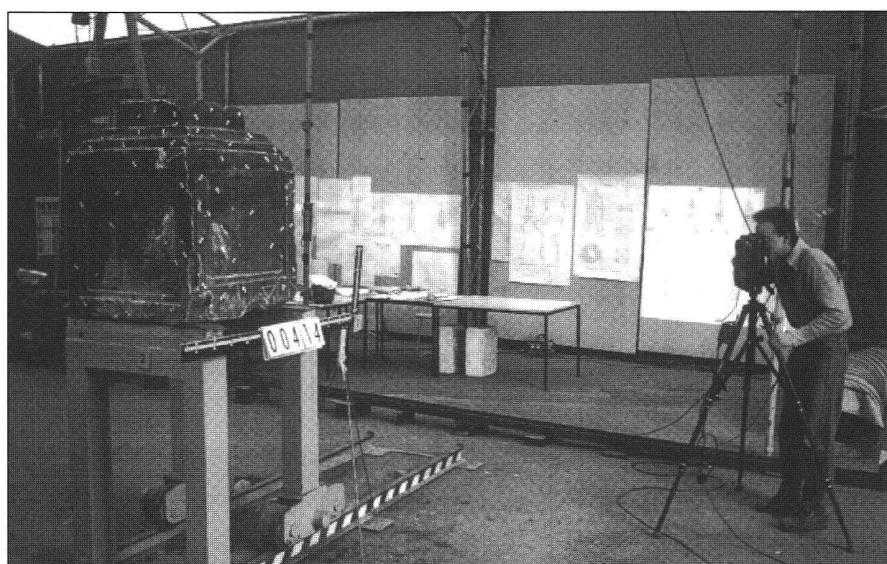


Abb. 3a: Aufnahmesystem «Dresdner Frauenkirche».

# Partie rédactionnelle

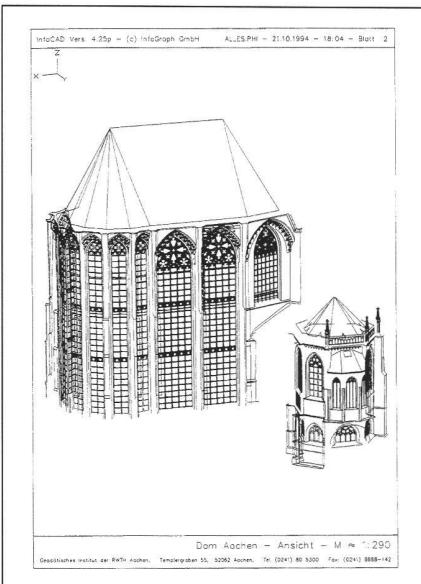


Abb. 3b: Dom zu Aachen: 3D-Ansicht.

## Ebenenauswertung:

Für die Auswertung ebener Flächen kann die Lage der Ebene über mindestens drei Punkte im Raum festgelegt werden, so dass nur noch in einem Bild ausgewertet werden muss. Beim Zeichnen von Linien ohne markante Eckpunkte wie Kreisbögen und Splines ist das die einfachste Methode.

## Stereomessung:

Wenn gekrümmte Linien und Oberflächen nicht in einer Ebene liegen bzw. z.B. Skulpturen, Unfallszenarien etc. zu vermessen sind, kann man ein Stereoskopialpaar mit einem Stereoskop (z.B. das DVP der Firma Leica) auswerten, das vor den Bildschirm geklappt wird.

Die Zeichnung wird den digitalen Bildern überlagert (Superimposition), so dass der Anwender stets die Korrektheit und Vollständigkeit der Vektorisierung direkt am Bildschirm visuell überprüfen kann. Zusammengefasst bedeutet dies für den Anwender eine permanente und konsequente Online-Kontrolle über das detaillierte Ergebnis des graphischen Editierens am Bildschirm. Selbstverständlich ist in der MicroStation-Umgebung die Kompletierung durch Konstruktionselemente oder Bemassungen beliebig möglich. Alle übrigen features des CAD-Paketes MicroStation, die hier für photogrammetrische Zwecke genutzt werden, sind der entsprechenden Nutzer-Literatur zu entnehmen. Also stehen für weitere Zeichnungsbearbeitung alle MicroStation-Funktionen einschließlich Datenbankanbindung zu Oracle, Informix und dBase zur Verfügung.

## 4. Anwendungsbeispiele

Mit dem System PHIDIAS (Benning und Effkemann 1992, 1992a) wurden die aus

der Entrümmerung der Frauenkirche in Dresden gewonnenen Blocksteine von der IVD mbH Dresden vermessen. Hierzu wurden ca. 10 000 Einzelsteine mit Messingplatte numeriert, auf einem Notebook verbal erfasst und dann mittels Hubstapler auf einer stationären Vermessungsplattform abgelegt und mittels dreier fest zueinander positionierten und orientierten digitalen Kameras vom Typ Kodak DCS 200 aufgenommen (vgl. Abb. 3a). Die Bildaufnahme mit Hilfe der digitalen Kameras erfolgte in Sekundenschwelle, wobei alle sechs Seiten der Blocksteine photographisch aufgenommen wurden. Der Einsatz digitaler Messkammern ermöglicht den direkten Datenfluss (über Netzwerk) von der Baustelle auf die PC-Arbeitsplätze im Innendienst. Dort findet die bei konstanter Aufnahmegerometrie schematisiert ablaufende Orientierung der jeweiligen Bildverbände automatisiert ab, so dass die graphische Auswertung (Vektorisierung der Begrenzungslinien) der Blocksteine im direkten Datenfluss im Büro stattfinden kann. Das schlussendliche Ergebnis aus Vektorgraphik und zugehörigen Rasterbildern wurde dann auf Photo-CD permanent gespeichert und liegt damit zur weiteren Verwendung im Puzzlespiel der Rekonstruktion des gesamten Gesteinsaufbaus maschinenlesbar vor. Aufgrund des hohen Automatisierungsgrades konnte die Entrümmerung einschließlich der Gesteinsvermessung in knapp zwei Jahren abgeschlossen werden.

## Der Aachener Dom

Eine von der Bundes-Umwelt-Stiftung geförderte Aufgabe ist es, den Aachener Dom in seiner komplexen Struktur kom-

plett dreidimensional zu vermessen. Gefragt sind seitens der Dombauleitung Ansichts- und Schnittzeichnungen für die Unterhaltung des Domes und als Grundlagen für anstehende Restaurationsarbeiten. Das Gebäude hat einschließlich der Annexbauten eine Ausdehnung von 60 x 50 x 60 m. Die photographischen Aufnahmen, teilweise unter Zuhilfenahme eines Baukrans, wurden an insgesamt drei Arbeitstagen mit einer Kleinbildkamera des Typs Nikon F-601 mit Réseau und Objektiven mit 20-mm-, 28-mm- und 50-mm-Brennweite gemacht. Insgesamt sind ca. 1000 Bilder aufgenommen worden. Eine tachymetrische Passpunktvermessung mit ca. 50 Passpunkten wurde zur Steigerung der Genauigkeit durchgeführt. Das Ergebnis der graphischen Auswertungen der Gebäudeoberfläche liegt zwischenzeitlich mit einer Genauigkeit von 1 bis 3 cm vor (vgl. Abb. 3b). Skulpturen und Figuren wurden derweil mittels stereoskopischer Betrachtung zweier Bilder am Bildschirm entwickelt und gezeichnet. Hier kommt das von Leica vertriebene Stereo-System DVP (Digital Video Plotter) zum Einsatz.

## Haus der Parlamentarier (Berlin)

Bei diesem Projekt besteht die Aufgabe darin, einen Bestandsplan zu erstellen und die bereits durchgeführte Innenraumvermessung über die identischen Fensteröffnungen in unsere graphischen Ergebnisse (vgl. Abb. 2 und 4) einzupassen. Die Grundfläche des Hauses der Parlamentarier beträgt ca. 300 x 100 m, worin sieben Innenhöfe enthalten sind. Die gesamte Fassadenlänge beträgt ca. 1400 m mit insgesamt fünf bis sechs Geschossen. Die

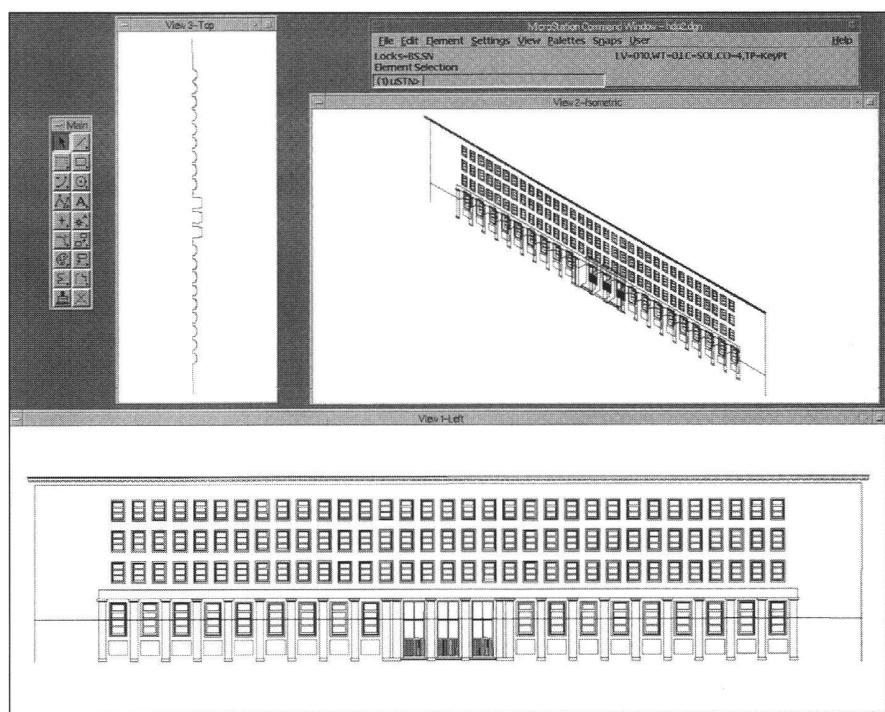


Abb. 4: Graphische Ergebnisse mit Grundriss, Seitenansicht und Frontalschnitt.

photographischen Aufnahmen konnten mit einer Kleinbild-Réseukamera Nikon F-601 und 28-mm-Objektiv bei insgesamt 300 Photographien an einem Tag abgeschlossen werden. Eine Passpunktvermessung fand nicht statt. Es wurden lediglich Streckenmessungen am Gebäude durchgeführt sowie Näherungskoordinaten aus einer bestehenden Grundrisszeichnung entnommen und in die Ausgleichung eingeführt. Die erreichte Genauigkeit der graphischen Ergebnisse beträgt am Objekt 1 bis 4 cm, abhängig von der Höhe der jeweiligen Geschosse. Die graphische Auswertung betrug ca. ein Mann-Monat. Abbildung 5 zeigt eine perspektivische Gesamtansicht der erhaltenen Ergebnisse.

## Ingenieurprojekte

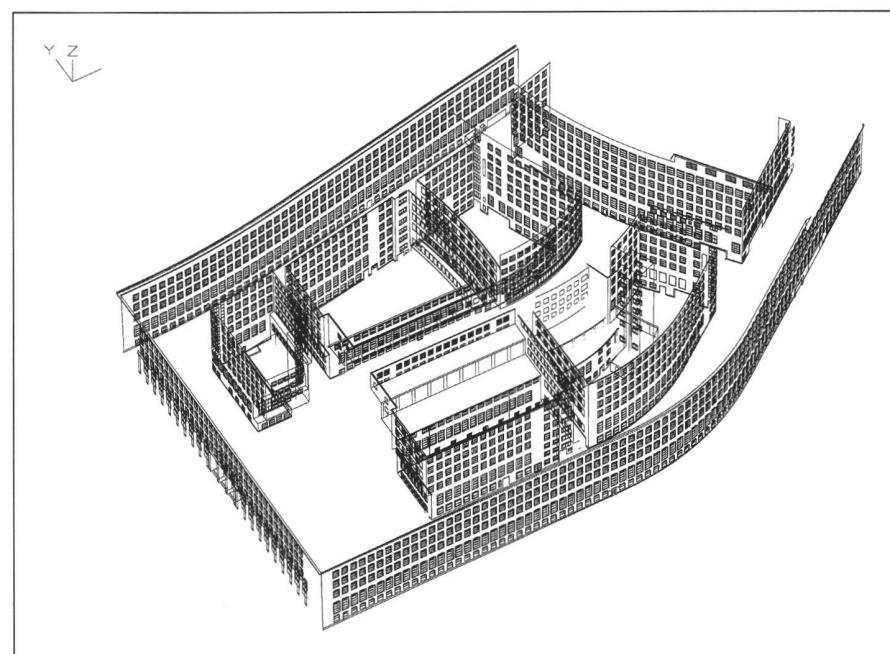
Im Innenausbau von Häusern interessiert für eventuelle Schadensfälle die ausmessbare Lage von Fußbodenheizungsrohren. Diese können durch Baufachkräfte mittels Schrägaufnahmen photographiert werden. Die Einbildungszerrung in ein massstäbliches Orthophoto, welches mit Zentimetergenauigkeit bemessen werden kann, liefert eine wertvolle und leicht zu interpretierende Dokumentation (vgl. Abb. 5a und 5b).

Der identische Auswertevorgang ist erforderlich, um Unfallszenarien vor Ort schnell, berührungslos und mit voller Informationsdichte aufzunehmen und für eine quantitative Beweisführung zu speichern (vgl. Abb. 6a und 6b).

Abbildung 7 schliesslich zeigt das Ergebnis einer Rohrleitungsdokumentation, hier noch ohne Bemassung, die jedoch problemlos erledigt werden kann.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Neue Techniken auf dem Wege von der digitalen Photographie hin zur digitalen Nahbereichsphotogrammetrie werden vorgestellt. Insbesondere soll deutlich werden, dass mit der bereits heute ver-



**Abb. 5: Gesamtansicht des graphischen Outputs für das Haus der Parlamentarier.**

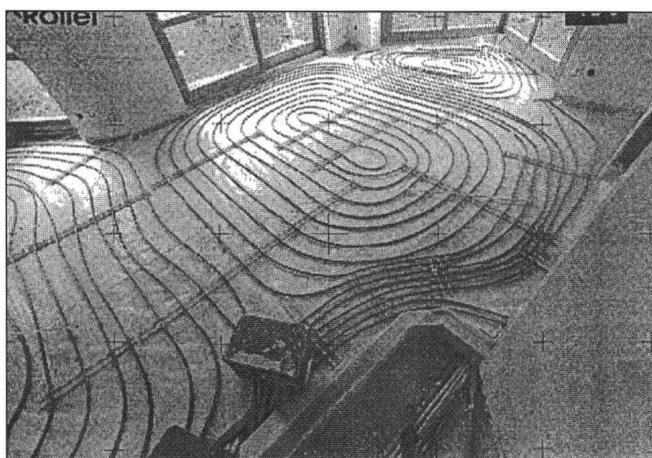
fügbarer Hardware neue Anwendungsfelder erschlossen werden. Genauigkeitssteigerungen im Bereich der digitalen Aufnahme durch Erhöhung der Sensorsrauflösung bei gleichzeitiger Senkung der Hardwarekosten sowohl für die digitale Kamera als auch für den aussendienstfähigen Rechner sind für die allernächste Zukunft zu erwarten. Dann gewinnen die Methoden und Anwendungsmöglichkeiten der digitalen Nahbereichsphotogrammetrie weiter an Bedeutung.

Von Seiten der Softwareentwicklung gilt es, die enormen Vorteile des direkten, digitalen Datenflusses von der Aufnahme bis zur Speicherung dreidimensionaler Punkt-, Linien- und Objektinformationen operationell zu unterstützen. Das hier neu vorgestellte Auswertesystem PHOCAD wird diesen Anforderungen gerecht. Der digitale Datenfluss ist realisiert.

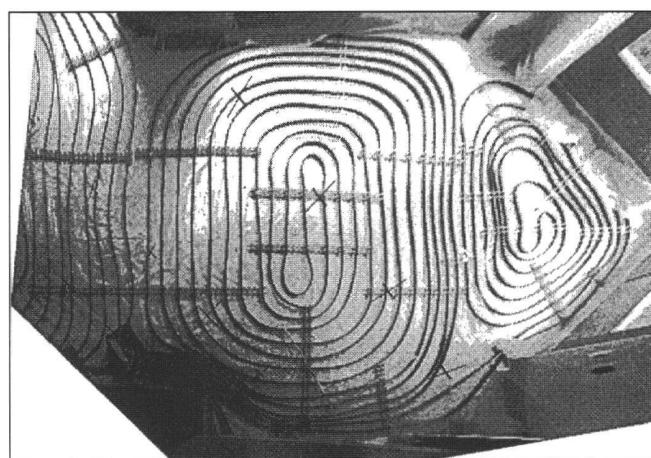
Für die Bündelausgleichung des Bildverbandes ist ein völlig neues Programmsy-

stem konzipiert und realisiert worden, welches erstmalig gerade Linien (Kanten) als Beobachtungen zulässt. Hiermit wird das Orientierungsproblem in Richtung Automatisierung (Nutzung der automatischen Kantenextraktion) erweitert. Das Kernproblem der terrestrischen Nahbereichsphotogrammetrie bleibt zunächst die graphische Auswertung der Rasterbilder. Diese wird im Auswertesystem PHOCAD in das mächtige CAD-Paket MicroStation von Intergraph integriert.

Für viele Anwendungen von Nichtphotogrammetern liefern allein schon die digitalen Rasterbilder den erwünschten Dokumentationseffekt. Zur Unterstützung dieses Zwecks ist in das System PHOCAD die Entzerrung von Raster-Einzelbildern zu Orthophotos implementiert. Die pixelweise Transformation des Rasterbildes und seine Präsentation auf dem Bildschirm bzw. dem Plot liefern dem Nutzer nicht nur eine erklärfreie Darstellung



**Abb. 5a: Schrägaufnahme Fußbodenheizung.**



**Abb. 5b: Fußbodenheizung nach Entzerrung.**

# Partie rédactionnelle

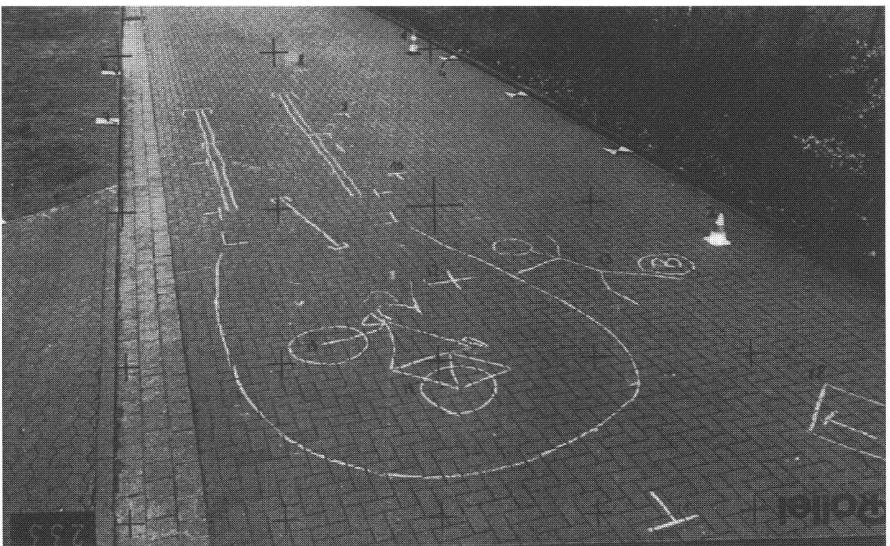


Abb. 6a: Aufnahme eines Unfalls.

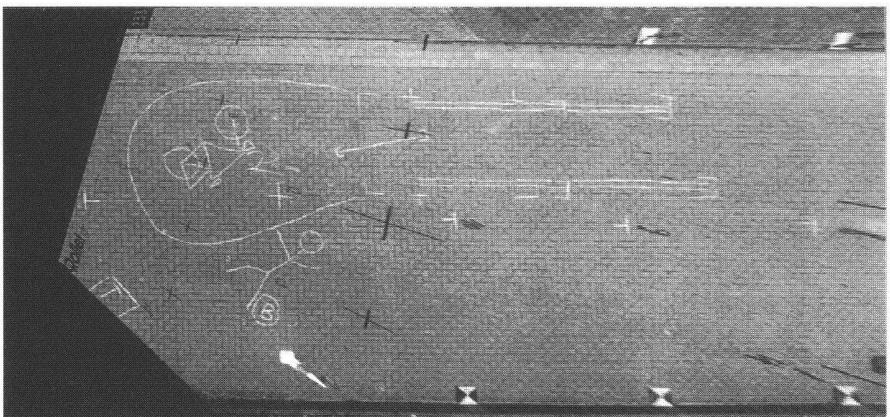


Abb. 6b: Massstäbliches Rasterbild.

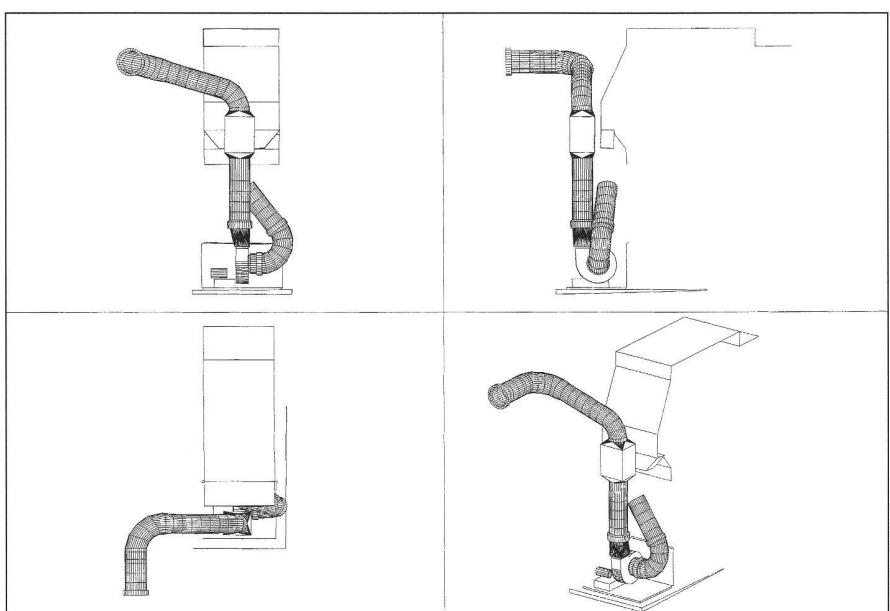


Abb. 7: 3D-Perspektiven eines Rohrleitungssystems.

und leichte Interpretation des Bildinhaltes, sondern nach erfolgtem Plot des Orthophotos können beliebige konstruktive, massstäbliche Strecken und sonstige geometrischen Zusammenhänge entnommen werden. Damit eröffnet sich ein weites Anwendungsspektrum der Nahbereichphotogrammetrie für z.B. Architekten (für die Planung im Bestand), Bauingenieure (für Beweissicherungsmassnahmen), Polizei und Kriminalistik (für die Dokumentation und Beweisführung in Unfallszenarien), die Denkmalpflege oder für Maschinenbauer.

In dieser Arbeit werden unter anderem klassische Aufgaben der Architektur- und Bauaufnahme beispielhaft dargestellt. Es ist hervorzuheben, dass weder die dreidimensionale Vermessung des topologisch höchst anspruchsvollen Aachener Doms, der zwischenzeitlich nahezu 1200 Jahren der Bauentwicklung unterliegt, mit einer anderen Messmethode zeit- und kosten-günstiger möglich wäre, noch die dreidimensionale Bauaufnahme des Berliner «Hauses der Parlamentarier», welches sich über eine Fläche von ca. 300 x 100 m ausdehnt, mit einem anderen Aufnahme-verfahren vergleichsweise zeitgleich hätte ausgeführt werden können.

## Literatur:

Benning, W. und Effkemann, Ch. (1992): Zur digitalen Nahbereichsphotogrammetrie – das Programmsystem PHIDIAS, FORUM, Zeitschr. des BDVI, Jg. 18, S. 282–293, Bacht-Verlag Essen.

Benning, W. und Effkemann, Ch. (1992a): Von der digitalen Phototechnik zur digitalen Nahbereichsphotogrammetrie, Entwicklungstendenzen und Anwendungen mit dem System PHIDIAS. Vermessung und Raumordnung, VR 54, S. 420–427, Dümmler-Verlag Bonn.

Hinsken, L. (1989): CAP, ein Programm zur kombinierten Bündelausgleichung auf Personal-Computern. Bildmessung und Luftbildwesen, BuL 57, S. 92–95, Wichmann-Verlag Karlsruhe.

Schickler, W. (1992): Merkmalsextraktion für Messaufgaben in der digitalen Photogrammetrie. Zeitschr. für Photogrammetrie und Fernerkundung, ZPF 60, S. 107–116, Wichmann-Verlag Karlsruhe.

Schwermann, R. (1994): Automatic image orientation and object reconstruction using straight lines in close range photogrammetry. ISPRS-Proceedings of the Commission V – Symposium «Close range techniques and machine vision», pp. 349–356, Melbourne.

## Adresse des Verfassers:

Prof. Dr. Wilhelm Benning  
Geodätisches Institut der RWTH Aachen  
Templergraben 55  
D-52062 Aachen