

Digitale Photogrammetrie am PC – Neue Ansätze für die Ausbildung

WILFRIED LINDER

Zusammenfassung: Es wird ein photogrammetrisches Auswertesystem vorgestellt, welches im besonderen Hinblick auf Anwender aus Geowissenschaften entwickelt wurde und auf jedem handelsüblichen PC betrieben werden kann. Die Kombination aus einfach zu bedienender Software, einem Arbeitsbuch mit durchgerechneten Beispielen und einem Internet-Tutorium bietet auch Anfängern einen schnellen und ermutigenden Einstieg in die Thematik.

1. Problemstellung

Bedenkt man die vielfältigen Möglichkeiten der Photogrammetrie zur Erfassung räumlicher Daten, so erscheint es erstaunlich, wie wenige der potentiellen Anwender in verschiedensten Fachbereichen und Berufen diese Techniken bislang nutzen. Und das selbst in den Industrienationen – von Ländern der sogenannten Dritten Welt ganz zu schweigen. Aus der Sicht des Autors gibt es hierfür verschiedene Gründe. Zunächst einmal gilt die Photogrammetrie immer noch als kompliziert und teuer, es wird als Voraussetzung für gute Ergebnisse das Vorhandensein erheblichen Fachwissens vermutet, und schließlich dürfte es viele potentielle Anwender geben, die schlicht noch nie etwas von den mächtigen Möglichkeiten dieser Technik gehört haben.

Nun gab es in der Vergangenheit ja in der Tat erhebliche Hemmnisse für den Einsatz photogrammetrischer Auswertetechniken – insbesondere waren die benötigten Geräte sehr teuer und erforderten zum Teil erhebliche Einarbeitungszeit und solides Fachwissen. Vorurteile tun ihr übriges: „Photogrammetrie ist kompliziert, nicht nachvollziehbar, und nur Experten können reproduzierbare Ergebnisse erzielen“, wie WIGGENHAGEN & RAGUSE (2003) häufig vorgetragene Kritikpunkte bzw. Vorbehalte zusammenfassen. Andererseits bieten heute jedoch Standard-PCs ein enormes Leistungsspektrum, und Scanner für die Übernahme von Bildmaterial (Film bzw. Papier) ebenso wie Digitalkameras sind weit verbreitet und preiswert.

2. Konzept

Um die Photogrammetrie einer breiteren Schicht von Nutzern nahe zu bringen, wurde ein Komplettpaket aus Software und Unterrichtsmaterialien entwickelt (Abb. 1). Das Programmsystem besteht aus drei Komponenten, einem Basisprogramm zur Verarbeitung räumlicher Daten vorzugsweise auf Rasterbasis (LISA BASIS), einer neu entwickelten digitalen Stereo-Arbeitsstation für alle photogrammetrischen Standardanwendungen (LISA FOTO) sowie dem Bündelblock-Ausgleichsprogramm BLUH (JACOBSEN 2003) der Universität Hannover. Damit steht ein leistungsfähiges Softwarepaket zur Verfügung, das auf jedem handelsüblichen PC betrieben werden kann. Das Bildmaterial kann z.B. von einer Digitalkamera stammen oder mittels Standard-Flachbettscannern übernommen werden. Einzige „Spezialhardware“ ist eine einfache Rot-Grün-Brille zur Stereobetrachtung nach dem Anaglyphenverfahren (allerdings können auch Shutterbrillen eingesetzt werden) und eine 3-Tasten-Maus zur ergonomischen Steuerung der Funktionen im Stereobetrieb. Der Vertrieb von Software und Updates erfolgt ausschließlich via Internet und ist daher problemlos fast weltweit möglich.

Das zum System gehörende Buch „Digital Photogrammetry – Theory and Applications“ (LINDER 2003) enthält eine Einführung in die Theorie sowie einige im Schwierigkeitsgrad aufeinander aufbauende Tutorien. Die Software, die Übungsdatensätze sowie die wichtigsten

Zwischenergebnisse befinden sich auf der dem Buch beiliegenden CD-ROM. Die Kombination aus Buch, Programm und Beispieldaten ist gut für ein Selbststudium geeignet und folgt dem motivierenden Ansatz „Learning by doing“. Im Rahmen einer vom Autor mitbetreuten Dissertation wird derzeit als weitere Komponente ein Internet-Tutorium zur digitalen Photogrammetrie entwickelt, welches interessierten Nutzern kostenfrei zur Verfügung steht.

Die Grundfunktionen, die eine sogenannte *Digitale Photogrammetrische Arbeitsstation* (DPAS) beinhalten muss, sind in Abb. 2 wiedergegeben, welche die Prozesskette von der Bildaufnahme bis hin zu verschiedenen Endprodukten verdeutlicht (vgl. HEIPKE 1995, WALKER & PETRIE 1996, SCHENK 1999, PLUGERS 2000):

- Import der digitalen Bilder (von Digitalkamera oder Scanner)
- Möglichkeit der Kalibrierung von Digitalkamera bzw. Scanner
- Bestimmen der inneren Orientierung bei Bildern von analogen Kameras
- Bestimmen der äußeren Orientierung, entweder direkt über Passpunktmessung (räumlicher Rückwärtsschnitt) oder indirekt über Bildkoordinatenmessung (ATM, manuell oder automatisch) und anschließender Blockausgleichung
- Modelldefinition mit Korrektur der y-Parallaxen
- Ableiten von Oberflächenmodellen durch Bildkorrelation (matching)
- Erzeugen von Orthobildern und Mosaiken
- Aufnahme von Vektordaten (Punkte, Linien, Flächen) durch Digitalisieren im Stereomodell, ggf. mit angekoppeltem DGM, oder im orientierten Einzelbild oder im Orthobild.

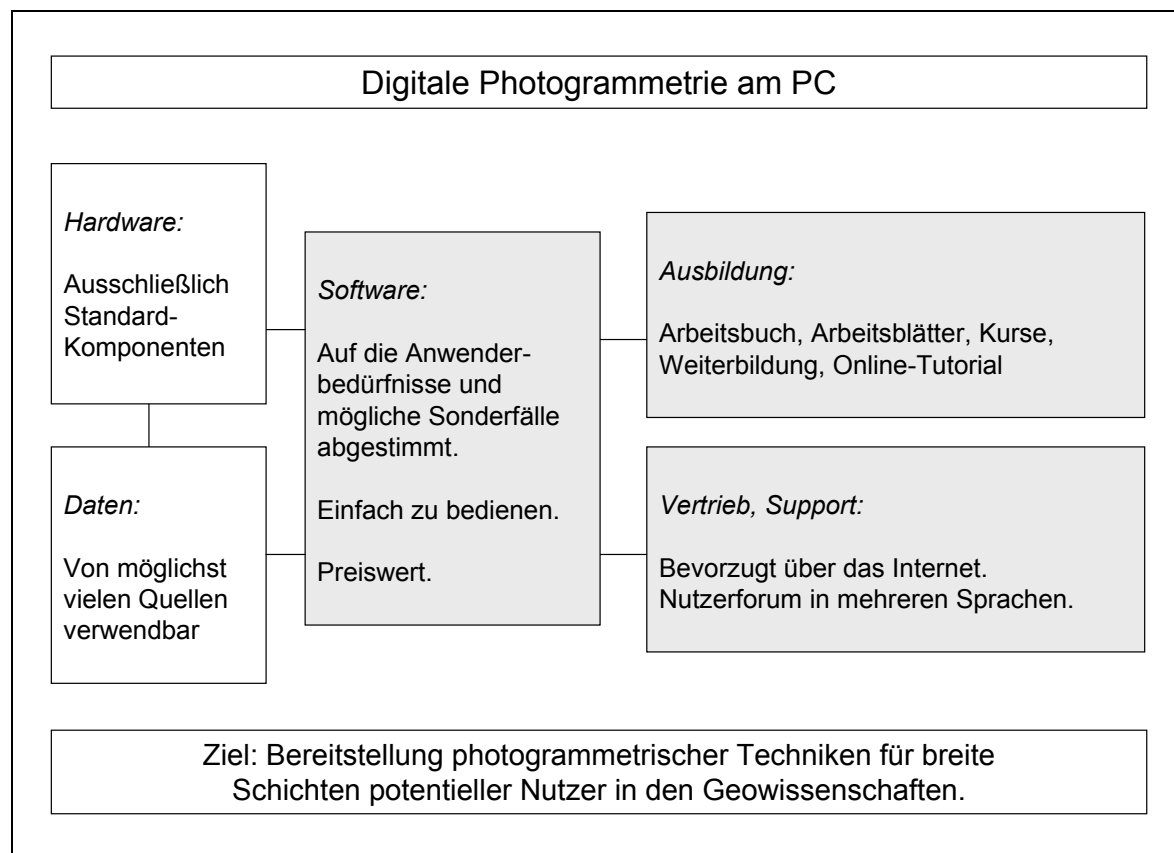


Abb. 1: Gliederung des vorgestellten Systems zur digitalen Photogrammetrie. Die grau hinterlegten Felder zeigen die Arbeitsschwerpunkte.

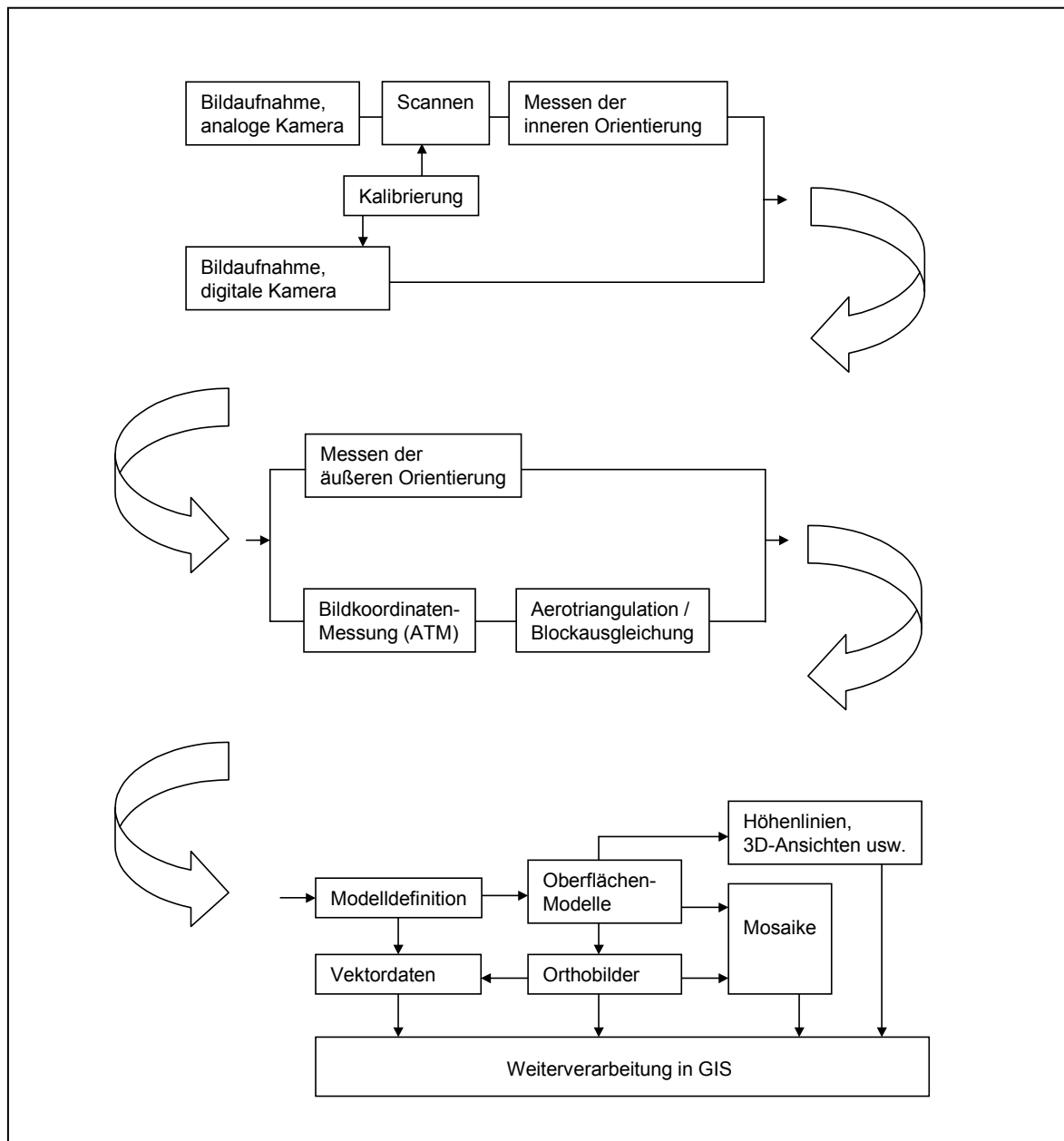


Abb. 2: Typischer Arbeitsablauf (Prozesskette) in der digitalen Photogrammetrie. Die Endprodukte (Vektordaten, Orthobilder usw.) können dann z.B. in ein GIS übernommen werden.

3. Ziele

Bei der Entwicklung der Software wurden folgende Ziele verfolgt:

Entwicklung eines preiswerten und leistungsstarken Programms, welches sich durch leichte Bedienbarkeit, hohe Fehlertoleranz, Automatik dort wo sinnvoll, eine klare und logische Menüführung, eine gute Online-Hilfe sowie aussagekräftige Fehlermeldungen auszeichnet. Die Software sollte alle heute üblichen Standardfunktionen beinhalten (Kap. 2), daneben aber auch mit diversen Sonderfällen bzw. Problemen zurechtkommen. Dabei wurden auf algorithmischer Seite keinerlei Kompromisse gemacht – jeder neue, bessere Rechner, jeder bessere Scanner, jedes bessere Bildmaterial führt zu besseren Ergebnissen, und sind die finanziellen Möglichkeiten für eine wirklich gute Hardware irgendwann einmal vorhanden, lassen sich wirklich hochwertige Ergebnisse erzielen.

In Anlehnung an die Terminologie der analytischen Photogrammetrie könnte dabei auch der Begriff „Digitale Photogrammetrie 2. Ordnung“ verwendet werden. Damit aber kein falscher Eindruck entsteht: Es geht *nicht* um *Photogrammetrie zweiter Klasse*! Im Gegenteil: Um die vielfältigen Probleme, die beim Einsatz relativ einfacher Hardware bzw. ungünstiger Ausgangslage bezüglich des Datenmaterials entstehen können, zu handhaben und dennoch zu überzeugenden Ergebnissen zu gelangen, sind teils recht aufwendige Verfahren entwickelt worden. Zu den Zielen dieser Arbeit gehörte, aus einem Minimum an (technischem) Aufwand ein Maximum an Qualität zu gewinnen getreu dem Motto „Wenig ist mehr als gar nichts!“.

Für die Ausbildung wurden gut aufbereitete Beispiele bzw. Unterrichtspakete (Tutorien) entwickelt, die so weitgehend wie möglich auch zum Selbststudium geeignet sind. Diese wurden in semesterbegleitenden Veranstaltungen ebenso wie in Kompaktkursen erprobt und die dort gemachten Erfahrungen wiederum in die Tutorien eingearbeitet. Ferner konnten Erfahrungen mit dem Training von Ausbildern gesammelt werden, die dann als Multiplikatoren ihr vertieftes Wissen vor Ort weitergeben sollen. Eine Maßgabe dabei war immer „Soviel Theorie wie nötig, so wenig wie möglich“, um gerade Anfängern die Scheu vor dieser doch recht komplexen Thematik zu nehmen und sie andererseits durch schnelle erste Erfolge und faszinierende Ergebnisse für vertiefende Theorie zu motivieren.

4. Ein Beispiel

Anhand eines kleinen Beispiels aus dem Nahbereich soll die Verwendbarkeit des vorgestellten Systems auch unter erschwerten Bedingungen verdeutlicht werden. Ein Fahrzeugmodell (Abb. 3) wurde aus zwei Positionen mit einer handelsüblichen Digitalkamera mit Varioobjektiv (Rollei dp 3210) aufgenommen. Für diese nicht-kalibrierte Kamera lagen kaum Informationen vor – insbesondere waren die Brennweite, die Pixelgröße des Chips, die Lage des Bildhauptpunktes sowie die Objektivverzeichnung unbekannt.

Aus den Angaben zur Chipgröße (Auflösung 2048 x 1536 Pixel, Diagonale $1 / 2,7^{\circ}$) konnte zunächst die Pixelgröße zu ca. $2,5 \mu\text{m}$ bestimmt werden. Die Aufnahmen erfolgten bei leicht konvergent angeordneten Kamerapositionen in der Weitwinkeleinstellung ($f = 5,7 \text{ mm}$) mit abgeschaltetem Autofocus, der Bildhauptpunkt wurde mit (0, 0) angenommen.

Als Passpunkte wurden die Ecken der Aluminiumprofile verwendet, so dass 6 gut verteilte räumliche Passpunkte vorlagen, womit die äußeren Orientierungen der beiden Bilder sicher ermittelt werden konnten mit Standardabweichungen der Restfehler an den Passpunkten von ca. $5 \mu\text{m}$ entsprechend rund 2 Pixel. Mit Hilfe einiger manuell gemessener, gut über das Modell verteilter Punkte ließen sich die verbleibenden y-Parallaxen auf weniger als ein Pixel minimieren.

Im so vorbereiteten Stereomodell können nun beliebige Objektpunkte dreidimensional gemessen und registriert werden. Als Beispiel zeigt Abb. 4 einen Teil der aufgenommenen Konturen der Fahrzeugfront. Die Punkte sind als einfache ASCII-Datei (x, y, z) abgelegt und können beispielsweise zur Weiterverarbeitung in Grafik- oder CAD-Programmen in das Format DXF exportiert werden.



Abb. 3: Das Fahrzeugmodell. Die Ecken der beiden Aluminiumprofile wurden als Passpunkte verwendet.

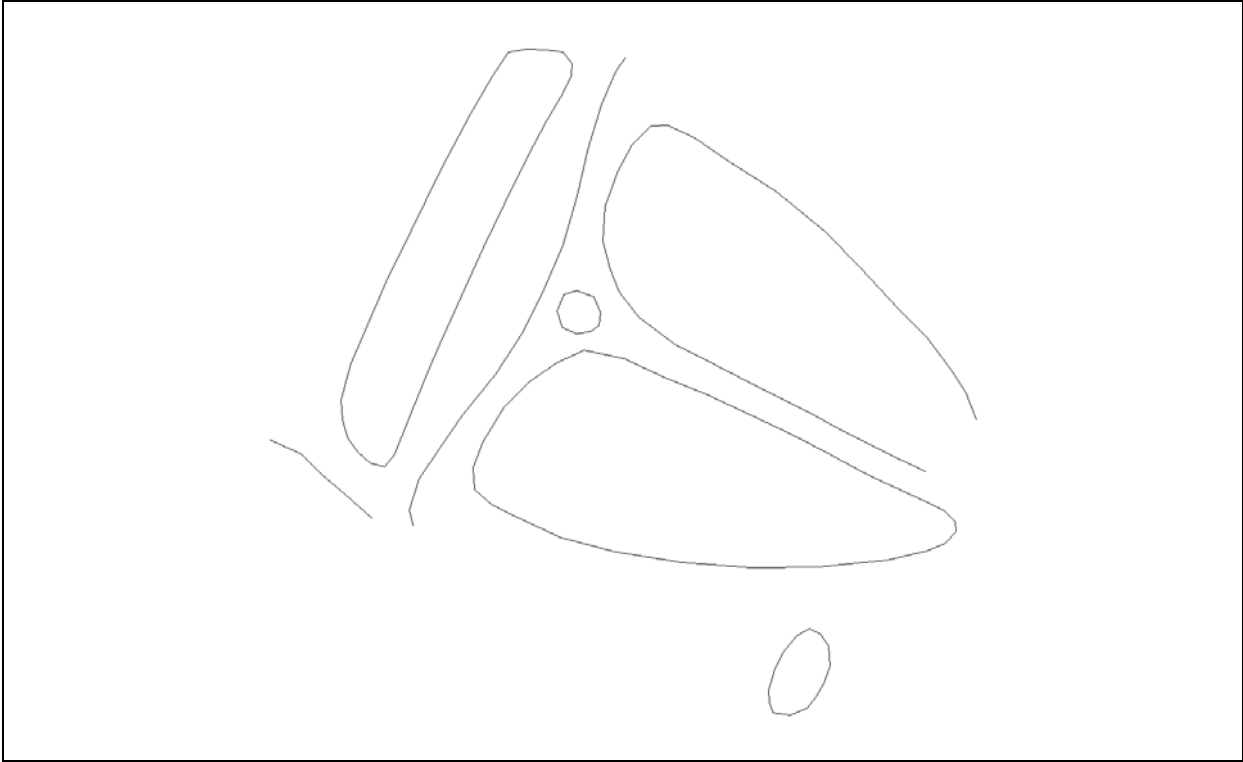


Abb. 4: Digitalisierte Konturen, Aufsicht.

5. Adressen

Testversionen der vorgestellten Software sind zum freien Herunterladen verfügbar unter <http://www.ipi.uni-hannover.de/lisa/>. Das von Frau U. Günther entwickelte Internet-Tutorium findet sich unter <http://www.khk.uni-duesseldorf.de/digigramm/>.

6. Literatur

- HEIPKE C., (1995): Digitale photogrammetrische Arbeitsstationen. Habilitation. DGK-C 450, München, 111 S.
- JACOBSEN, K. (2003): Programmbeschreibung BLUH. Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI), Universität Hannover.
- LINDER, W. (2003): Digital Photogrammetry – Theory and Applications. Heidelberg, Berlin, New York, 189 S und CD-ROM.
- PLUGERS, P. (2000): Product Survey on Digital Photogrammetric Workstations. GIM International, Vol. 7, S. 76-81.
- SCHENK, T. (1999): Digital Photogrammetry, Volume I. Terra Science, Laurelville, 428 S.
- WALKER, A.S. & PETRIE, G. (1996): Digital Photogrammetric Workstations 1992-96. ISPRS congress Vienna. IAPRS, Vol. XXXI, Teil B2, S. 384 – 395.
- WIGGENHAGEN, M. & RAGUSE, K. (2003): Entwicklung von Kenngrößen zur Qualitätsbeurteilung optischer Prozessketten. PFG, H. 2, S. 125-134.