

Überlegungen zur Software-Zertifizierung in der Nahbereichsphotogrammetrie

HEIDI HASTEDT¹, THOMAS LUHMANN¹, JÜRGEN PEIPE² & WERNER TECKLENBURG¹

Zusammenfassung: In diesem Beitrag werden Überlegungen zur Software-Zertifizierung in der Nahbereichsphotogrammetrie vorgestellt. Zunächst werden erste Erfahrungen bei der Auswahl geeigneter Datensätze, deren Parametrisierung und Generierung erläutert. Zudem werden die Ergebnisse der Verifikation dieser Daten präsentiert. Über die Auswertung einer im Januar 2007 durchgeführten Fragebogenaktion zur Akzeptanz der Idee einer Software-Zertifizierung sowie zur Datenbereitstellung und deren Ablauf wird berichtet. Der Beitrag soll als Grundlage einer Diskussion zum Thema Software-Zertifizierung in der Nahbereichsphotogrammetrie dienen.

1 Einleitung

Eine Vielzahl von Software-Paketen zur Bündelausgleichung für Anwendungen im Nahbereich ist heutzutage auf dem Markt erhältlich. Jeder Systemhersteller implementiert seine Algorithmen auf unterschiedliche Weise und mit unterschiedlichen Methoden in ein komplexes Softwarepaket. Je nach Programm stehen dem Anwender unterschiedliche Eingriffsmöglichkeiten und Systemeinstellungen zur Verfügung, die zu unterschiedlichen Resultaten führen können. Die Ergebnisse für den 3D-Objektraum beispielsweise können anhand kalibrierter Solllängen zwar auf ihre absolute Genauigkeit hin getestet werden, eine vollständige Überprüfung des funktionalen Modells ist damit jedoch nicht unbedingt verbunden. Eine Zertifizierung der Software-Pakete ist daher für Nutzer, aber auch für Systemhersteller von Bedeutung und kann einen Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz der photogrammetrischen Messtechnik leisten.

Zum Vergleich von Kalibrier- und Objektraumergebnissen, die mit verschiedenen Bündelausgleichungsprogrammen erhalten wurden, liegen bereits einige Untersuchungen vor (PEIPE & TECKLENBURG 2006; REMONDINO & FRASER 2006; LUHMANN et al. 2006). Die in diesem Beitrag vorgestellten Überlegungen sollen unterschiedliche Anstrengungen vereinen und zu einer Zertifizierungsgrundlage mit dem Ziel allgemeiner Akzeptanz führen. Zunächst werden fehlerfreie Datensätze und deren Verarbeitung vorgestellt. Weiterhin werden die Ergebnisse der Auswertung eines Fragebogens zum Thema Software-Zertifizierung, der im Januar 2007 bei den Oldenburger 3D Tagen ausgegeben wurde, mitgeteilt (siehe HASTEDT et al. 2007).

¹ Heidi Hastedt, Thomas Luhmann, Werner Tecklenburg:
Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven, Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik, Ofener Str. 16/19, D-26121 Oldenburg

² Jürgen Peipe: Universität der Bundeswehr München, Institut für Photogrammetrie und Kartographie, Werner-Heisenberg-Weg 39, D-85577 Neubiberg

2 Entwurf der Grunddatensätze

Zur Generierung fehlerfreier Datensätze sind im Wesentlichen zwei Wege denkbar: Die vollständige synthetische Erzeugung oder die Simulation eines Datensatzes, der auf einem realen Datensatz basiert (EL-HAKIM et al. 2003, HASTEDT et al. 2005). Vorteil des letzteren Verfahrens ist die Möglichkeit, Aspekte realer Situationen berücksichtigen zu können, die bei rein synthetischen Daten nicht miteinbezogen werden könnten.

Als Beobachtungen sind die Bildkoordinaten Grundlage für jede Bündelausgleichung. Hinzu kommen bekannte oder genäherte Informationen für die innere und äußere Orientierung der Kamera, Informationen über den Objektraum sowie eventuell Passinformationen. Basierend auf realen Datensätzen von Kamera-Kalibrierungen werden fehlerfreie Datensätze gebildet und untersucht.

Bei diesem Verfahren der Datengenerierung (Abb. 1) werden die äußeren und inneren Orientierungen sowie die Objektpunkte als feste Informationen angenommen. Die zugehörigen fehlerfreien Bildkoordinaten werden, abhängig von ihrer realen Sichtbarkeit in den einzelnen Bildern, die aus der realen Bildkoordinatendatei ableitbar ist, aus den Solldaten berechnet. Der Datengenerierung liegen die Kollinearitätsbedingungen zu Grunde (LUHMANN 2003). Die innere Orientierung der Kamera wird mit c , x_0' , y_0' und Bildfehler beschreibenden Funktionen eingeführt (Parameter A1, A2, A3 für die radial-symmetrische Verzeichnung (balancierte Form), Parameter B1, B2 für die tangentielle Verzeichnung).

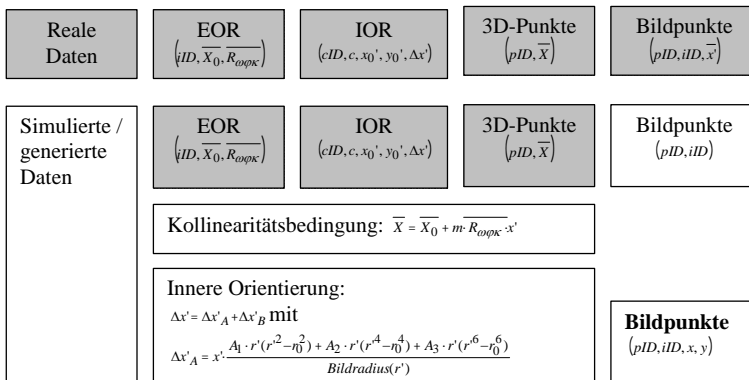


Abb. 1: Datengenerierung aus realen Datensätzen

In einem nächsten Schritt können Variationen der Grunddatensätze eingeführt werden (z.B. mit instabiler innerer Orientierung, Messunsicherheiten, groben Fehlern...; HASTEDT et al. 2004).

2.1 3D-Datensatz

Grundlage bildet hier ein Kalibrierungsdatensatz an einem Prüfkörper nach VDI 2634, aufgenommen mit einer Nikon D2X und einem 24mm Objektiv. Das Datenbündel umfasst 90 Bilder, die an verschiedenen Standpunkten, in unterschiedlichen Aufnahmehöhen und mit variierender Kamerawälzung erzeugt wurden. Dem Datensatz liegen reale Parameter für die innere Orientierung zu Grunde; er umfasst 164 dreidimensionale Objektpunkte. Hieraus wurde ein fehlerfreier Datensatz erzeugt.

Abb. 2 zeigt den 3D-Datensatz in verschiedenen Ansichten. Die obere Abbildung zeigt eine Seitenansicht, in der die gewählten Aufnahmehöhen deutlich werden. Die linke der unteren Abbildungen zeigt eine Draufsicht zur Veranschaulichung der Aufnahmestandpunkte im Verhältnis zu den Objektpunkten. Die roten Elemente stellen in beiden Darstellungen die Aufnahmepositionen, die gelben die vorhandenen Bildstrahlen sowie die blauen Elemente die Objektpunkte dar. Die rechte untere Abbildung zeigt nochmals die relative Lage der Aufnahmepositionen zum Objektraum.

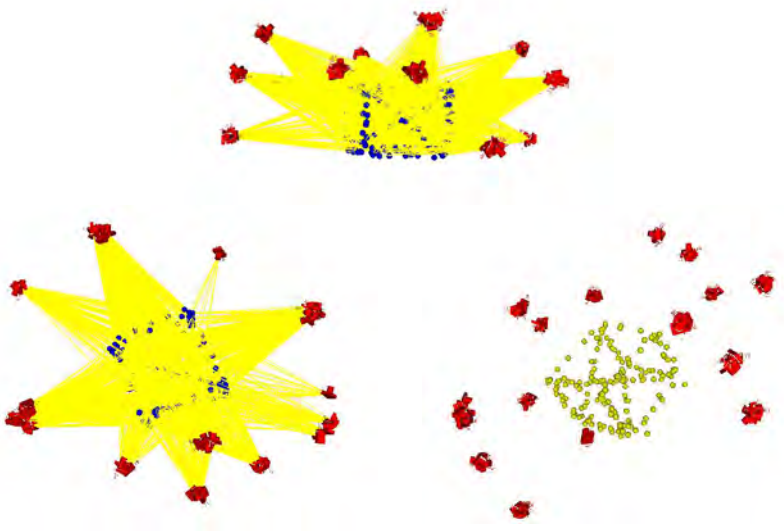


Abb. 2: 3D-Datensatz als Rundum-Verband in verschiedenen Ansichten

Der simulierte fehlerfreie Datensatz wurde mit einem kommerziellen Bündelausgleichungsprogramm getestet. Die Ergebnisse zeigten keine Änderungen gegenüber den Ausgangsdaten. Das Simulationsprogramm wie auch die Bündelausgleichung arbeiten also korrekt und können als überprüft angesehen werden.

2.2 2D-Datensatz

Auch für diesen Datensatz dienten Kalibrierungsmessungen an einem 2D-Prüfkörper mit einer Nikon D2X und einem 24mm Objektiv als Berechnungsgrundlage. 22 Aufnahmen wurden hergestellt, in verschiedenen Standpunkten und mit variierender Kamerawälzung. Der Prüfkörper enthält 72 Objektpunkte. Wiederum wurde ein fehlerfreier Datensatz erzeugt.

Abb. 3 zeigt den 2D-Datensatz in verschiedenen Ansichten. Die roten Elemente stellen die Aufnahmepositionen, die gelben die vorhandenen Bildstrahlen und die blauen die Objektpunkte dar. Die obere Abbildung zeigt eine Seitenansicht inklusive der Bildstrahlen. Die unteren Abbildungen veranschaulichen die relative Lage der Aufnahmepositionen zum Objektpunktfeld.

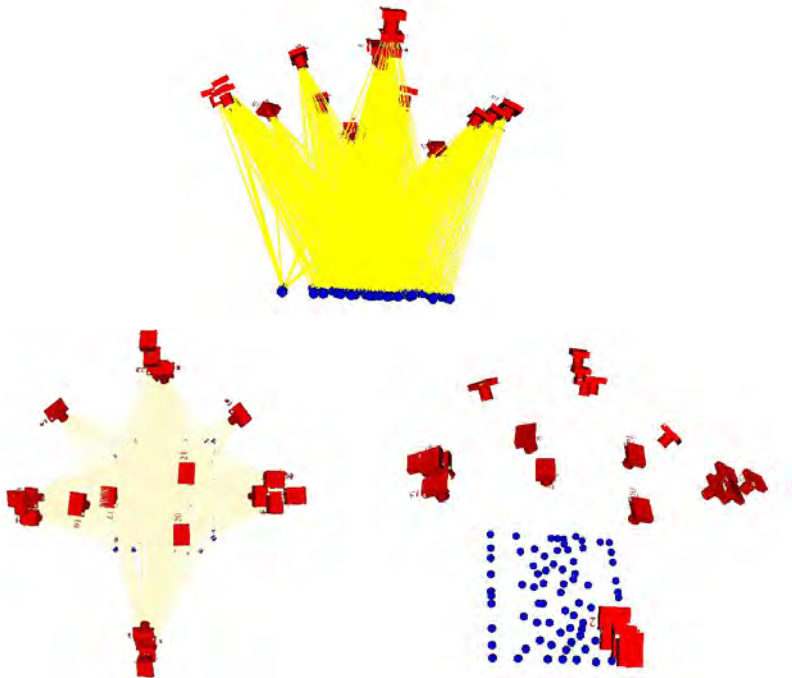


Abb. 3: 2D-Datensatz als Rundum-Verband in verschiedenen Ansichten

Auch der 2D-Datensatz wurde durch Bündelausgleichung überprüft. Ergebnisse und Ausgangsdaten stimmten überein.

3 Fragebogen und Diskussionen

Grundsätzlich sollten mit dem Fragebogen Bedarf und Interesse für eine Bereitstellung von Daten zur Zertifizierung ermittelt werden. Als Ergebnis der Fragebogenaktion und einer Reihe von Gesprächen mit Software-Herstellern und -Nutzern ergaben sich folgende Diskussionspunkte:

1. Sollen überhaupt 2D und 3D Datensätze für eine Überprüfung der Software zur Verfügung gestellt werden? Diese Frage wurde zumeist bejaht.
2. Aufnahmekonfigurationen entstehen je nach Anwendung in unterschiedlicher Form. Eine Reduzierung des Datenmaterials kann zu großen Abweichungen und Ungenauigkeiten führen. Grobe Fehler sowie minimale Schnittbedingungen werden unterschiedlich in der Ausgleichungssoftware behandelt und können ein Gesamtergebnis signifikant verändern. Welche Szenarien sind signifikant und bedürfen einer Überprüfung? Die Rückmeldungen aus dem Fragebogen ergeben diesbezüglich keine einheitliche Aussage. Verschiedene Konfigurationen und Berücksichtigungen grober Fehler werden jedoch mehrheitlich als notwendig angesehen.
3. Die Parametersätze der Bündelausgleichung erfordern ein wissentliches Handeln. Passinformationen wie Passpunkte und Maßstäbe müssen berücksichtigt werden. Auch hierbei ist alles stark abhängig vom Anwendungsfall. Viele Bündelausgleichungsprogramme verfügen über Routinen zur Fehlerelimination, die automatisch oder manuell und sowohl mit als auch ohne Reaktivierung vermeintlicher Fehler arbeiten. Aus all diesen Eingriffsmöglichkeiten für den Nutzer können sich große Unterschiede in den Resultaten ergeben. Können und müssen all diese Möglichkeiten geprüft werden? Die Diskussion in ergab, dass vor allem ein Augenmerk auf Systemmaßstäbe und Algorithmen zur Fehlerbehandlung geworfen werden soll.
4. Der funktionale Ansatz der inneren Orientierung kann unterschiedlich sein. Je nach Form der verwendeten Kamera und Optiken wirken sich die Parameter unterschiedlich stark auf die Auswertung und die Genauigkeit des Ergebnisses aus. Für die Bereitstellung von Datensätzen zur Überprüfung von Software müssen daher die Ansätze definiert werden, um eine passende Datengenerierung zu gewährleisten. Entgegen den momentanen Überlegungen soll laut Fragebogenteilnehmer die Berücksichtigung von Affinität und Scherung zur Datensatzbereitstellung erfolgen. Diesbezüglich besteht weiterer Diskussionsbedarf. Gegebenenfalls müssen mehrere fehlerfreie Datensätze jeweils unter Berücksichtigung verschiedener funktionaler Ansätze bereitgestellt werden.
5. Die Diskussion, welche Daten zuerst für die Verifizierung zur Verfügung gestellt werden sollten, führte zum Ergebnis, dass zunächst einmal fehlerfreie Datensätze, basierend auf einem vorgegebenen funktionalen Modell zur Verfügung gestellt werden sollten, um das grundsätzliche Funktionieren der Software prüfen zu können.
6. Weiterhin ist es denkbar, für eine Verifizierung „fehlerbehaftete“ Datensätze zu entwerfen und über den Rückfluss ausgeglichener Objektpunkte Längenmessabweichungen zu bestimmen. Für dieses Verfahren muss berücksichtigt werden, ob alle Näherungswerte für die Ausgleichung oder lediglich Beobachtungen und Passinformationen bereitgestellt

werden. Bereits die Näherungswertberechnung kann eine fehlerhafte Ausgleichung verursachen und den Objektraum deformieren. Aus der Diskussion zu diesem Punkt kann derzeit keine einheitliche Aussage formuliert werden.

4 Literaturverzeichnis

- EL-HAKIM, S.F., BERARDIN, J.-A. & F. BLAIS, 2003: Critical Factors and Configurations for Practical Image-Based 3D Modeling. Proceedings Optical 3-D Measurement Techniques VI (Hrsg. A. Grün & H. Kahmen), Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich, S. 159-167
- HASTEDT, H., LUHMANN, T. & TECKLENBURG, W., 2004: Bestimmung von Einflussgrößen in der Nahbereichsphotogrammetrie mittels Monte-Carlo-Simulation, Publikationen der DGPF, Band 13, S. 359-366
- HASTEDT, H., LUHMANN, T. & W. TECKLENBURG, 2005: Simulationsbasiertes Systemdesign für die optische Messtechnik nach VDI/VDE 2634. Publ. DGPF, Bd. 14 (Hrsg.: E. Seyfert), Potsdam, S. 319-326
- HASTEDT, H., PEIPE, J., & TECKLENBURG, W., 2007; Entwurf von Datensätzen zur Software-zertifizierung in der Nahbereichsphotogrammetrie. Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik - Oldenburger 3D-Tage 2006 (Hrsg.: T. Luhmann & Ch. Müller), Wichmann, Heidelberg
- LUHMANN, T. (2003): Nahbereichsphotogrammetrie. Wichmann, Heidelberg, 586 S.
- LUHMANN, T., PEIPE, J. & W. TECKLENBURG, 2006: Zertifizierung von Software zur Bündelausgleichung in der Nahbereichsphotogrammetrie. Publ. DGPF, Bd. 15 (Hrsg.: E. Seyfert), Potsdam, S. 141-145
- PEIPE, J. & W. TECKLENBURG, 2006: Vergleich von Softwaretools zur Kamerakalibrierung. Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik - Oldenburger 3D-Tage 2006 (Hrsg.: T. Luhmann & Ch. Müller), Wichmann, Heidelberg, S. 106-111
- REMONDINO, F. & C. FRASER, 2006: Digital Camera Calibration Methods: Considerations and Comparisons. Proceedings ISPRS Com. V Symposium, Dresden, S. 266 - 272