

Publikationen der Deutschen  
Gesellschaft für Photogrammetrie,  
Fernerkundung und Geoinformation e.V.



**Band 19**

**2010**



**Vorträge  
Dreiländertagung  
30. Wissenschaftlich-Technische  
Jahrestagung der DGPF**

1. – 3. Juli 2010  
Wien

*100 Jahre ISPRS – 100 Jahre internationale Zusammenarbeit*

# Neue Digitalkameras mit erhöhter Stabilität?

J. PEIPE<sup>1</sup>, H.-J. PRZYBILLA<sup>2</sup>, H. HASTEDT<sup>3</sup> & D. RIEKE-ZAPP<sup>4</sup>

*Zusammenfassung: Für den Moment der Belichtung gültige Daten der inneren Orientierung einer Kamera sind bekanntlich Voraussetzung für eine unverzerrte Rekonstruktion photogrammetrischer Aufnahmestrahlenbündel. Kritisch ist die mechanische Stabilität der eingesetzten Kamera zu sehen. Generell kann man vermuten, dass bei Kameras mit möglichst wenig beweglichen Teilen günstige Voraussetzungen für eine hohe geometrische Genauigkeit der Objektrekonstruktion vorliegen.*

*Im Beitrag werden Testmessungen mit neuen Digitalkameras mit Festbrennweite beschrieben. Besonders hinzuweisen ist auf das Ricoh GXR-Kamerasystem, bei dem Objektiv und Sensor in einem Aufnahmemodul fest zusammengefügt sind.*

## 1 Einleitung

Präzise photogrammetrische Objektbestimmung ist möglich, wenn die innere Geometrie der Aufnahmekamera im Moment der Belichtung bekannt ist und zur Rekonstruktion unverzerrter Strahlenbündel verwendet werden kann. Dies bedeutet üblicherweise, dass aktuelle Werte für die Elemente der inneren Orientierung vorliegen (Kamerakonstante, Lage des Hauptpunktes im Bildkoordinatensystem, Bildfehler beschreibende und eventuell weitere Parameter (Objektivverzeichnung etc.)). Es ist vorteilhaft, wenn diese Daten über einen gewissen Zeitraum stabil erhalten bleiben. Die heutzutage bei photogrammetrischen Messungen eingesetzten Kameras werden jedoch für beliebige Nutzer entworfen und hergestellt, nicht aber mit Rücksicht auf photogrammetrische Stabilitätsanforderungen – mit wenigen Ausnahmen. Instabilitäten treten an verschiedenen Stellen eines Aufnahmesystems auf, z. B. an den Verbindungen des Kamerakörpers mit dem Objektiv und dem Sensor. Auch das Gewicht des Objektivs bzw. eines Blitzgerätes kann die Position des Projektionszentrums verändern, wenn die Kamera gewälzt, d. h. in verschiedenen Lagen gebraucht wird. Zur Ermittlung bzw. Verhinderung von Instabilitäten werden rechnerische Verfahren und auch Möglichkeiten der mechanischen Stabilisierung durch Verschrauben und/oder Verkleben der Kamerateile angewendet (MAAS 1999, TECKLENBURG et al. 2001, RIEKE-ZAPP et al. 2009).

Die in diesem Bericht vorgestellten Kameras bieten von ihrer Konstruktion her gute Voraussetzungen für eine stabile innere Geometrie. Es handelt sich zum einen um die Sigma DP1 (inzwischen weiterentwickelt zu den Versionen DP1s, DP2 und DP2s), eine kompakte Digitalkamera mit Festbrennweite, manuellen Einstellmöglichkeiten und ohne Bildstabilisator. Der dreischichtige Foveon X3 CMOS Sensor der Kamera nimmt pro Pixel alle drei Farben direkt auf und sorgt für hervorragende Auflösung, Dynamik und Farbdarstellung. Als zweites wird das Wechselmodul-Kamerasystem Ricoh GXR untersucht. Hier bilden Objektiv und Sensor samt Bildprozessor eine Einheit (Aufnahmemodul), die über einen Schiebe-

1) Jürgen Peipe, UniBw München, INF4, W.-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Germany, E-Mail: [j-k.peipe@unibw-muenchen.de](mailto:j-k.peipe@unibw-muenchen.de)

2) Heinz-Jürgen Przybilla, Hochschule Bochum, Labor für Photogrammetrie, Lennerhofstr. 140, 44801 Bochum, Germany, E-Mail: [heinz-juergen.przybilla@hs-bochum.de](mailto:heinz-juergen.przybilla@hs-bochum.de)

3) Heidi Hastedt, Jade Hochschule, Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik, Ofener Strasse 16, 26121 Oldenburg, E-Mail: [heidi.hastedt@hs-woe.de](mailto:heidi.hastedt@hs-woe.de)

4) Dirk Rieke-Zapp, University of Bern, Institute of Geological Sciences, Baltzerstrasse 1+3, 3012 Bern, Schweiz, E-Mail: [zapp@geo.unibe.ch](mailto:zapp@geo.unibe.ch)

anschluss mit dem Kamerakörper verbunden werden kann. Eignung und Genauigkeit der beiden Kameras bei photogrammetrischen Messungen werden an Testkörpern ermittelt.

## 2 Sigma-Kameras DP1/DP2

Parallel zur klassischen SLR-Kamera SD14 (PEIPE et al. 2007) wurde von der Fa. Sigma in den letzten Jahren ein kompaktes, relativ leichtes Kamerasystem mit Festbrennweite entwickelt, die DP1 – und als Folgeversion die DP2. Beide Kameras weisen einen 20.7 mm \* 13.8 mm großen Foveon X3 CMOS Sensor mit 4.7 MPixel pro Farbkanal (2652 \* 1768 Pixel) auf. Die Brennweite des Objektivs beträgt bei der DP1 16.6 mm (entsprechend 28 mm Kleinbild), bei der DP2 24.2 mm (41 mm Kleinbild).

Bei einer Kamera mit Festbrennweite kann man mit erhöhter Stabilität rechnen, da kein Objektivwechsel vorgenommen wird. Andererseits ist im Fall der DP1/DP2 Misstrauen angebracht: Das Objektiv wird nämlich beim Einschalten aus dem Kamerakörper herausgefahren und beim Ausschalten wieder hinein. Eine solche Bewegung kann zu einer Instabilität des Projektionszentrums im Bildraum führen. Dies wurde durch Kalibrierungen über einen längeren Zeitraum verifiziert. Kalibrierungen im Laufe eines Jahres (n=13) resultierten in einem Versatz der Hauptpunktage von  $\pm 9$  Pixeln für die Sigma DP1, bei einer Pixelgröße von 0.0078 mm. Die Sigma DP2 wurde über drei Monate (n=7) hinweg beobachtet. Der Versatz der Hauptpunktage lag in diesem Zeitraum bei  $\pm 4$  Pixeln. Die Kameras sind daher für Messanwendungen mit höheren Genauigkeitsansprüchen weniger geeignet. Erfolgreich eingesetzt werden sie jedoch z. B. bei Anwendungen in der Geologie (RIEKE-ZAPP et al. 2010) und in UAVs, bei denen es vor allem auf die Kompaktheit und auf das geringe Gewicht der Kamera ankommt.

## 3 Digitalkamera Ricoh GXR

### 3.1 Technische Spezifikationen

Die Ricoh GXR wird vom Hersteller als "kompaktes und vielseitiges Wechselmodul-Kamerasystem" angeboten (Abb. 1; RICOH 2010). Dies bedeutet, dass die Kamera aus zwei Teilen besteht, einem Basisgehäuse und via Schiebeanschluss austauschbaren Aufnahmemodulen mit jeweils einem Objektiv, Bildsensor und Bildprozessor. Der Kamerakörper enthält Akku, SD-Speicherkarte, Display, Blitz und Bedienungselemente. Als Vorteile dieser Konstruktion werden die kompakte Bauweise, die optimale Anpassung von Objektiv, Filterung und Sensor z. B. zur Vermeidung von Farbrauschen und Moiré-Effekten sowie der perfekte Staubschutz innerhalb des geschlossenen Aufnahmemoduls genannt. Aus photogrammetrischer Sicht ist ein solches Aufnahmemodul, in dem Objektiv und Sensor zueinander fest installiert sind, natürlich aus Stabilitätsgründen vorteilhaft.

Das getestete Aufnahmemodul mit der Bezeichnung A12 weist ein 33 mm Objektiv (entsprechend 50 mm Kleinbild) und einen 23.6 mm \* 15.7 mm großen CMOS Sensor mit ca. 12.3 Mio effektiven Pixeln (4288 \* 2848) auf. Andere Objektiv-Sensor-Kombinationen sind in Planung; das zweite, bereits vorhandene Modul (S10 mit Zoom-Objektiv) ist für photogrammetrische Zwecke kaum geeignet.



Abb. 1: Ricoh GXR Wechselmodul-Kamerasystem (Quelle: [www.letsgodigital.org](http://www.letsgodigital.org))

### 3.2 Photogrammetrische Messungen

Die Kamera wurde nach Maßgabe der VDI/VDE Richtlinie 2634, Blatt 1 (VDI/VDE 2002) getestet. Hierfür stand ein würfelförmiger Prüfkörper bei der Fa. AXIOS 3D Services in Oldenburg zur Verfügung. Für den Vergleich mit den kalibrierten Messlinien des Prüfkörpers wurden die Koordinaten aller Objektpunkte mit der Bündelausgleichungssoftware AICON 3D Studio und ergänzend mit dem Programm FiBun (mit bildvarianter innerer Orientierung; TECKLENBURG et al. 2001) berechnet.

Zunächst wurde die Bündelausgleichung mit dem 3D Studio durchgeführt, wobei die Kamerakonstante  $c$ , die Lage des Hauptpunktes  $x_H$ ,  $y_H$  und die Verzeichnungsparameter  $A_1, A_2, A_3$  für die radial-symmetrische und  $B_1, B_2$  für die tangentielle Verzeichnung simultan (und bildinvariant) mitbestimmt wurden. Die Längenmessabweichungen aus der Differenz der photogrammetrisch berechneten und der kalibrierten Strecken am Prüfkörper zeigt Abb. 2. Es ist zu erkennen, dass die meisten Abweichungen im Bereich von ca.  $\pm 110 \mu\text{m}$  liegen, mit zwei Ausreißern bei knapp  $-200 \mu\text{m}$  an zwei langen Strecken. Im weiteren Verlauf gelang es nicht, durch Variation der Parameter der inneren Orientierung, vor allem durch ihre bildvariante Bestimmung, das Ergebnis zu verbessern, d. h. die Längenmessabweichungen zu verringern. Dies kann auch als Hinweis auf eine gewisse Stabilität der Kamera gedeutet werden. Dennoch ist abschließend festzustellen, dass die GXR trotz ihrer für Photogrammeter attraktiven Konstruktion bei diesen ersten Genauigkeitstests nur mittelmäßige Ergebnisse im Objektraum liefern konnte – dies im Vergleich zu digitalen SLR Kameras wie z.B. der Nikon D2X (RIEKE-ZAPP et al. 2009).

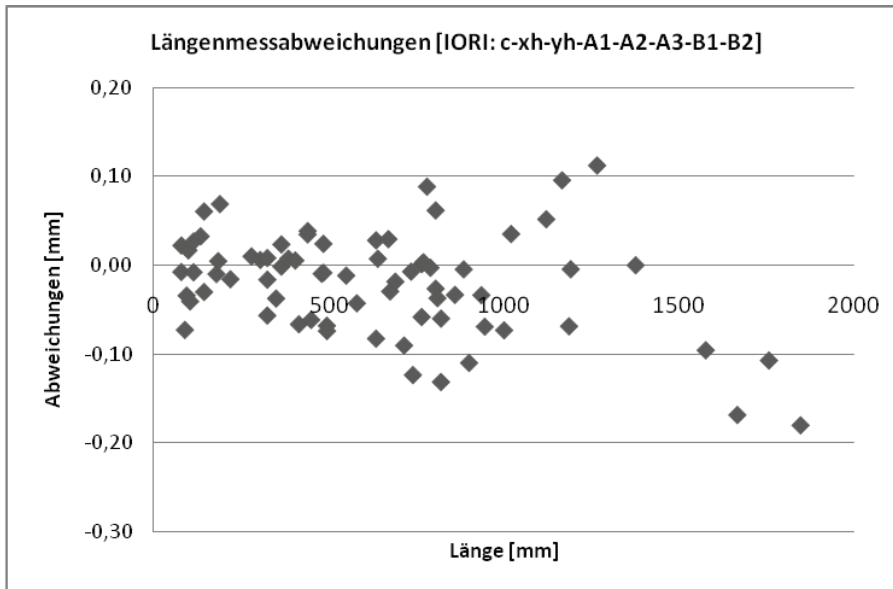


Abb. 2: Ricoh GXR – Längenmessabweichungen (bildinvarianter Ansatz der Inneren Orientierung)

## 4 Literaturverzeichnis

LETSGODIGITAL.ORG, 2010: <http://www.letsgodigital.org/de/23814/ricoh-gxr/>, Seitenzugriff: 25. Mai 2010

MAAS, H.G., 1999: Ein Ansatz zur Selbstkalibrierung von Kameras mit instabiler innerer Orientierung. Publikationen der DGPF, Band 7, S. 47-53

PEIPE, J., RIEKE-ZAPP, D. & TECKLENBURG, W., 2007: Genauigkeitsuntersuchung von Kameras mit Foveon-Farbsensoren. Vorträge 27. Wiss.-Techn. Jahrestagung der DGPF, Publikationen der DGPF, Bd. 16 (Hrsg. E. Seyfert), Muttentz/Schweiz, 2007, S. 453-456

RICOH, 2010: [www.ricoh.com](http://www.ricoh.com), Seitenzugriff: 04. Juni 2010

RIEKE-ZAPP, D., TECKLENBURG, W., PEIPE, J., HASTEDT, H. & HAIG, C., 2009: Evaluation of the geometric stability and the accuracy potential of digital cameras – Comparing mechanical stabilisation versus parametrisation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 64/3, S. 248-258

RIEKE-ZAPP, D.H., BOMMER-DENSS, B. & ERNST, D., 2010: Small format digital photogrammetry for applications in the earth sciences. ISPRS Symposium Newcastle, Commission V, WG V/6, im Druck

TECKLENBURG, W., LUHMANN, T. & HASTEDT, H., 2001: Camera modelling with image-variant parameters and finite elements. In: Optical 3-D Measurement Techniques V (Hrsg. A. Grün & H. Kahmen), Wichmann, Heidelberg, S. 328-335

VDI/VDE, 2002: VDI/VDE Richtlinie 2634, Blatt 1 "Optische 3D-Messsysteme – Bildgebende Systeme mit punktförmiger Antastung". Beuth Verlag, Berlin, 10 S.