

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

Genauigkeitsaspekte bei der Oberflächenerfassung mit dem System PhotoModeler Scanner

HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA¹ & JÜRGEN PEIPE²

Zusammenfassung: Das Softwaremodul PhotoModeler Scanner (PMS) ist seit einiger Zeit als Aufsatz für das etablierte Photogrammetrie-System PhotoModeler verfügbar. Durch Dense Surface Modeling (DSM) erweitert es die punkt- und linienhaften Auswertemöglichkeiten der PhotoModeler Basissoftware hinsichtlich der Generierung von flächenhaften/räumlichen Punktwolken. Hierzu werden Verfahren der Photogrammetrie und des Computer Vision Stereo-Matchings eingesetzt. Die kostengünstige Software stellt darüber hinaus Funktionalitäten zur Verfügung, die eine Weiterverarbeitung der Punktwolken bis hin zu einem oberflächenvermaschten 3D-Modell erlauben.

Im Beitrag wird über Untersuchungen bezüglich der Anforderungen an das System und der Optimierung der Systemparameter berichtet und es werden die Ergebnisse an Beispielen erläutert. In Anlehnung an die Richtlinie VDI/VDE 2634 erfolgt abschließend ein Genauigkeitstest sowie ein Vergleich mit den Ergebnissen eines Streifenprojektionssystems.

1 Einleitung

Verfahren zur 3D-Oberflächenvermessung haben in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Terrestrisches Laserscanning für die großräumige Objekterfassung ist ebenso unverzichtbar wie die Nutzung von Streifenprojektionssystemen und Linienscannern bei der Erfassung kleinformatiger Objekte. Auch photogrammetrische Ansätze können erfolgreich eingesetzt werden (close-range photo-based 3D scanning; REMONDINO & EL-HAKIM 2006, LUHMANN et al. 2008). Als ein Beispiel hierfür soll im Folgenden das Softwaremodul PhotoModeler Scanner (RSI 2010) beschrieben werden.

2 PhotoModeler Scanner

Die Software PhotoModeler (PM) ist seit vielen Jahren im Markt positioniert. Sie zeichnet sich aus durch Flexibilität in der Anwendung, umfangreiche Funktionalitäten, Erzeugung punkt- und linienhafter Auswertergebnisse sowie die Option zur Oberflächentexturierung, bei gleichzeitig niedrigen Beschaffungskosten. Das seit einiger Zeit erhältliche Modul PhotoModeler Scanner (PMS) erweitert die Auswertemöglichkeiten durch die Generierung von räumlichen Punktwolken und setzt dabei als Plugin auf die vorhandene Funktionalität von PM auf. Der Prozess des „Dense Surface Modeling“ (DSM) basiert auf Verfahren der Photogrammetrie (Bildorientierung) und des Computer Vision Stereo-Matching, ohne dass der Hersteller (EOS Systems Inc, Vertrieb in Deutschland durch RSI GmbH, RSI 2010) hierzu nähere Informationen verfügbar macht.

1) Heinz-Jürgen Przybilla, Hochschule Bochum, Labor für Photogrammetrie, Lennershofstr. 140, 44801 Bochum, Deutschland, E-Mail: heinz-juergen.przybilla@hs-bochum.de

2) Jürgen Peipe, UniBw München, INF4, W.-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Deutschland, E-Mail: j-k.peipe@unibw-muenchen.de

Die Software enthält Module zur Bildtriangulation, zum Punktwolken-Matching sowie zur Generierung und Weiterverarbeitung von 3D-Oberflächenmodellen. Als Hardware kommen beliebige digitale Kameras (DSLR) zum Einsatz, deren Parameter der inneren Orientierung durch Kalibrierung vorab ermittelt werden.

Vorgaben an die Oberflächeneigenschaften bestehen insofern, dass ungleichmäßige Strukturen bzw. Texturen (Wände, Steine, Holz, etc.) vorhanden sein sollten, da homogene Oberflächen (Metall, Glas, etc.) eine Erfassung erschweren bzw. sie unmöglich machen. In diesen Fällen müssen Messobjekte für die Aufnahme oberflächenbehandelt werden (z. B. durch Aufbringen einer Textur).

2.1 Systemparameter und Anforderungen

Für die Generierung von Punktwolken mittels Stereo-Matching macht der Hersteller Vorgaben für die Aufnahmekonfiguration. Fotos sind parallel oder annähernd parallel zu erfassen (Konvergenzwinkel von max. 30°), bei möglichst gleichem Bildmaßstab und Einhaltung eines Basisverhältnisses von 0.1-0.5.

Der Suchraum des DSM-Algorithmus ist durch zu definierende Objektebenen festzulegen. Alternativ wird eine Ebene vom Programm – mehr oder weniger willkürlich – vermittelnd durch die für die Bildorientierung genutzten Targets gelegt. Durch Vorgabe von Umringen kann der Suchraum auf lokale Bildbereiche eingegrenzt werden. Nach Definition einer Sampling-Rate wird das Matching ausgeführt.

„Advanced Parameter“ dienen der Steigerung der Korrelationsgenauigkeit (subpixel, super sampling factor, matching region radius) und nehmen Einfluss auf das Matching bei Vorliegen wenig kooperativer Texturen (texture type – zur Verbesserung der Texturerkennung mit dem Nebeneffekt einer Erhöhung der Anzahl der Störpixel). Alle „advanced Parameter“ führen zu einer deutlichen Verlängerung der Rechenzeiten.

2.2 Basisverhältnis und Konvergenzwinkel

Im Rahmen verschiedener Untersuchungen (PRZYBILLA et al. 2010) wurden die Herstellerempfehlungen zur Aufnahmekonfiguration geprüft. Eine Testfläche wurde zu diesem Zweck mit unterschiedlichen Konvergenzwinkeln und Basisverhältnissen erfasst. Die Anzahl der in diesen Fällen tatsächlich gematchten Punkte und die Datenhomogenität (Punkte innerhalb einer definierten Ebene) wurden festgestellt. Die geometrische Qualität der Punktwolke variiert dabei über ein breites Spektrum nur in geringem Umfang und weist eine hohe Güte auf.

2.3 Oberfläche und Textur

Um den Einfluss der Oberflächengestalt sowie der Textur zu ermitteln, wurden verschiedene Testobjekte in die Untersuchungen einbezogen (PRZYBILLA et al. 2010). So zeigen die Ergebnisse der Erfassung eines „Böhler-Sterns“ (BÖHLER et al. 2003; Abb. 1) die signifikante Abhängigkeit des Matchings von der Textur. Der grau gefärbte Testkörper im linken Bildteil zeigt eine diffuse Punktwolke, die keine Konturen erkennen lässt und über erhebliches Messrauschen verfügt. Bei dem mit einem Zufallsmuster ausgestatteten Testkörper im rechten Bildteil sind Abbildungen der zwei räumlichen Ebenen deutlich erkennbar, ebenso die Begrenzungen des Sterns.

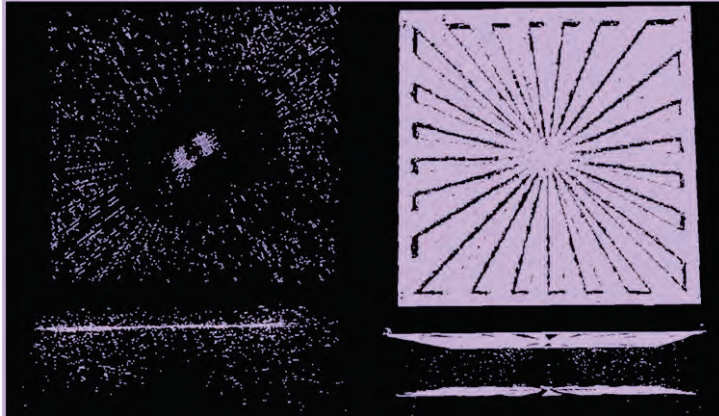


Abb. 1: Böhler-Stern (links: homogen grau , rechts: mit Textur)

3 Prüfung in Anlehnung an VDI/VDE 2634

Die Ableitung von Kenngrößen stellt eine etablierte Vorgehensweise zur Prüfung und Abnahme optischer 3D-Messsysteme dar. Mit der Richtlinie VDI/VDE 2634, Blatt 1 bis 3, ist ein Regelwerk verfügbar, das geeignet ist, bildgebende Systeme mit punkt- oder flächenhafter Antastung zu prüfen (VDI/VDE 2002 und 2008).

Die strengen Anforderungen an die Auslegung der Prüfkörper stellen „im Alltag“ ein gewisses Hindernis bei der Umsetzung der Richtlinie dar und sind oftmals nur mit erheblichem finanziellen Aufwand zu realisieren. Dies gilt umso mehr, wenn das zu prüfende Messsystem in einer extrem günstigen Preiskategorie angesiedelt ist. Aus diesem Grunde wurde für die vorliegenden Untersuchungen ein preiswerter Prüfkörper aus Standardbauteilen (Edelstahlprofile und Präzisionskugeln für Kugellager) konzipiert. Zur Verbesserung der Messbarkeit wurden die Kugeln mit einem Kalkspray behandelt und Zufallsmuster mit schwarzem Toner erzeugt (Abb. 2).

Kugelförmige Prüfkörper eignen sich auf Grund ihrer geometrischen Eigenschaften bei Systemen mit flächenhafter Antastung in besonderer Weise. Sie werden daher in der Regel für die Ermittlung von Kenngrößen wie Antastabweichung und Kugelabstandsabweichung genutzt.

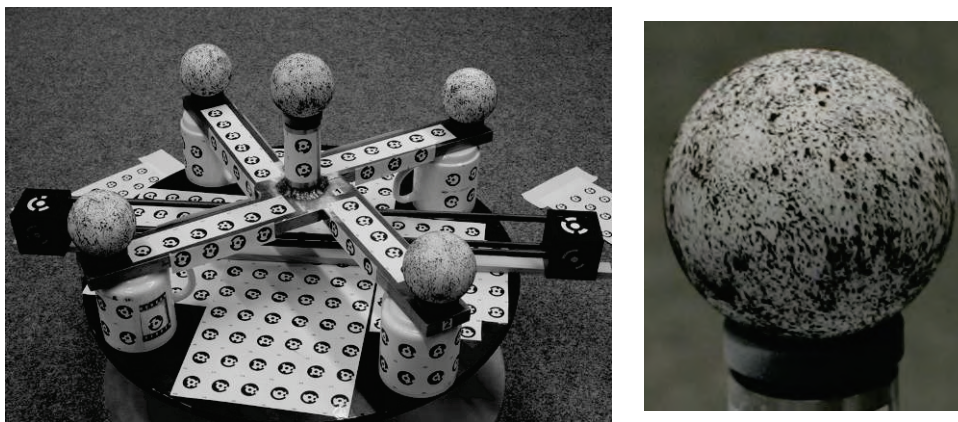


Abb. 2: Prüfkörper aus Präzisionskugeln mit aufgebrachtener Textur

Die Sollmaße des Prüfkörpers wurden mit einem Lasertracker (API 2010) erfasst, so dass Sollwerte für die Kugelradien und Abstände der Kugelzentren vorlagen ($\sigma < 10 \mu\text{m}$). Abb. 3 (li.) zeigt die Aufnahmesituation als Rundum-Verband mit vier Stereo-Bildpaaren und weiteren Einzelaufnahmen, die der Stützung dienen. Vergleichende Untersuchungen erfolgten mit dem Streifenprojektor Breuckmann TriTOS, ausgestattet mit einer hochauflösenden 6 MPixel Kamera. Für die Prüfung in Anlehnung an VDI/VDE 2634, Blatt 2, wurde eine Aufnahmekonfiguration verwendet, die eine komplette Abbildung des Prüfkörpers in einem Einzelscan ermöglicht (Basis 35 cm, FOV 67.5 cm, Aufnahmedistanz 104 cm, Messtiefe 30 cm). Um den Anforderungen der VDI/VDE 2634, Blatt 3, Rechnung zu tragen (Erfassung des Prüfkörpers über mehrere Einzelsichten) wurden insgesamt acht Einzelscans erstellt und mittels ICP-Algorithmus verknüpft (Abb. 3 re.)

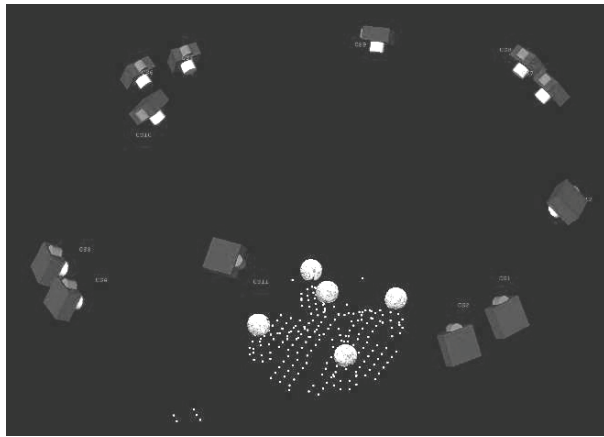


Abb. 3: Aufnahmekonfiguration PMS (li.), Breuckmann TriTOS (re.)

Die Kenngröße Antastabweichung PS (Differenz aus gemessenem und kalibriertem Kugeldurchmesser), ermittelt in jeweils zwei unabhängigen Messreihen, ist in den Abb. 4-5 dargestellt.

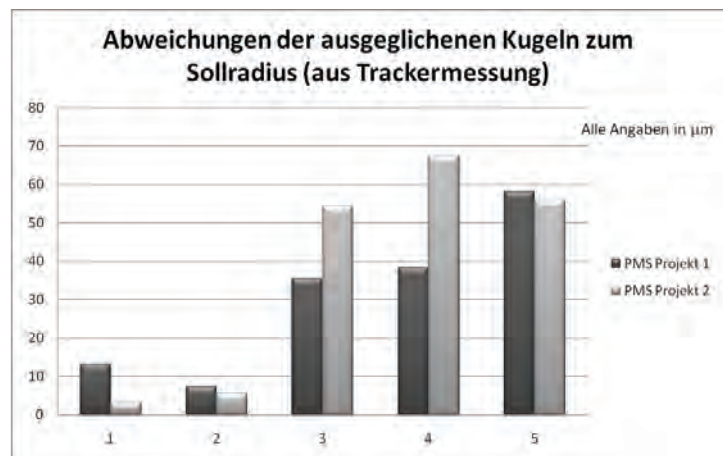
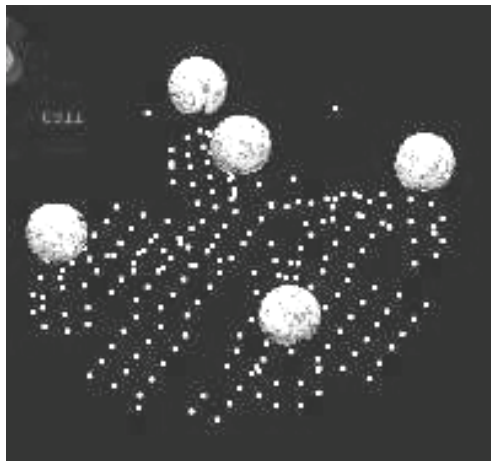


Abb. 4: PMS – Punktwolke aus 4 Stereobildaufnahmen (li.); Antastabweichung PS [μm] (re.)

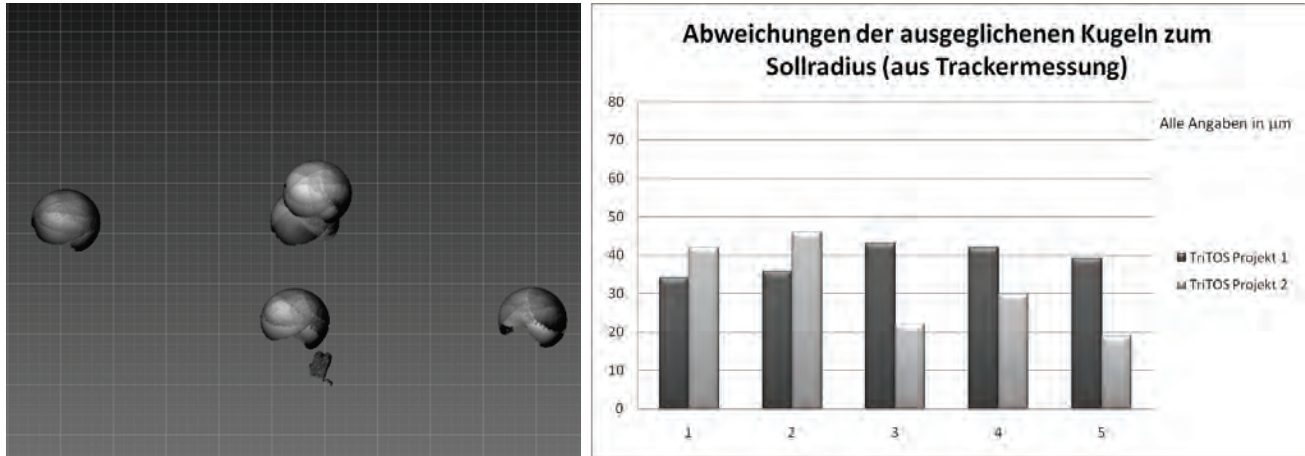


Abb. 5: TriTOS – Punktwolke aus 8 fusionierten Einzelansichten (li.); Antastabweichung PS [μm] (re.)

Die Abb. 6-7 geben die Kenngröße Antastabweichung PF (Form; Spanne der radialen Abstände der Messpunkte von einer berechneten Ausgleichskugel) wieder.

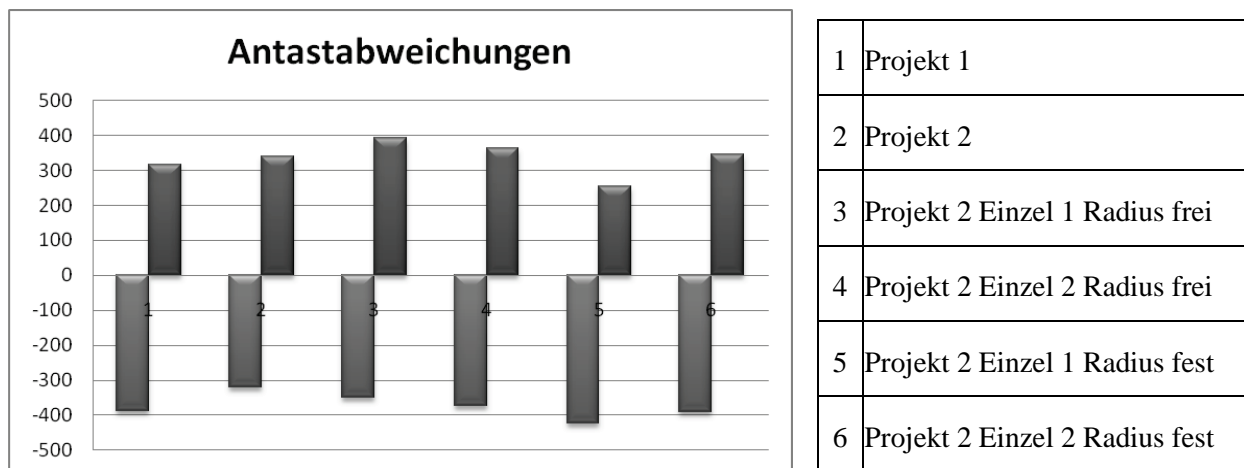


Abb. 6: PMS – Antastabweichung PF [μm] (die Nummern 1 und 2 beziehen sich auf die Aufnahmekonfiguration gemäß Abb. 3 (li), die Nummern 3 bis 6 auf die Auswertung jeweils eines einzelnen Stereobildpaares)

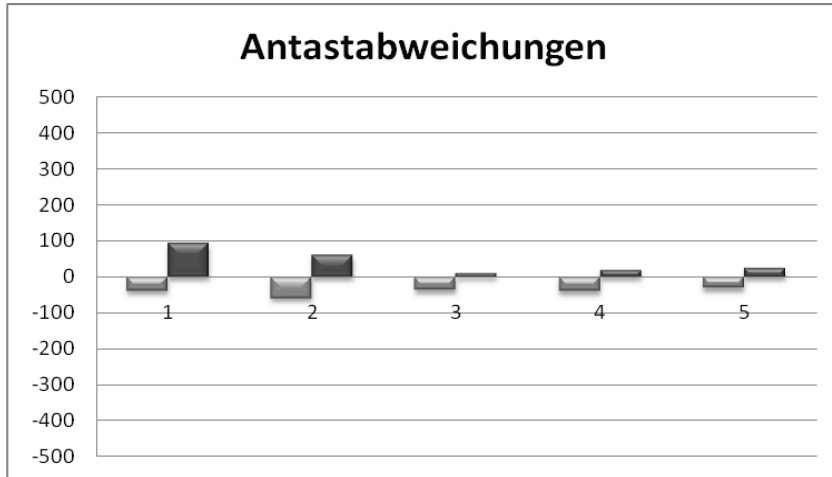


Abb. 7: TriTOS – Antastabweichung PF [μm]

Die Kugelabstandsabweichung SD (Abb. 8-9) ergibt sich aus der Differenz zwischen dem gemessenen Wert und dem kalibrierten Wert eines Abstandes zweier Kugelmittelpunkte.

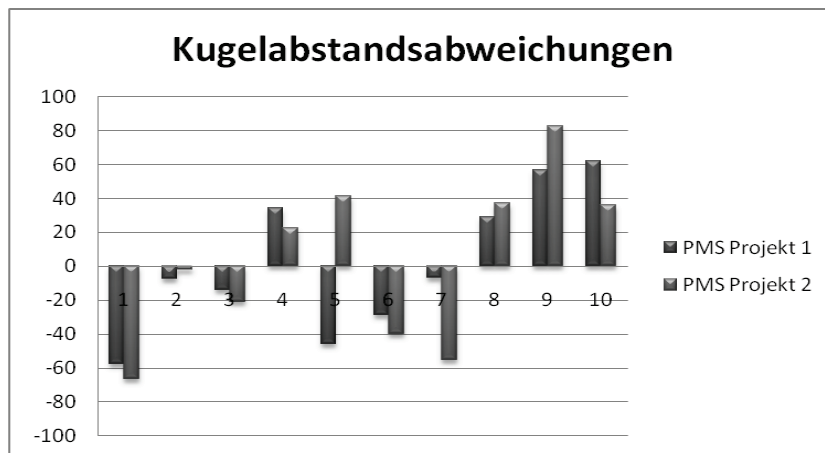


Abb. 8: PMS – Kugelabstandsabweichung SD [μm]

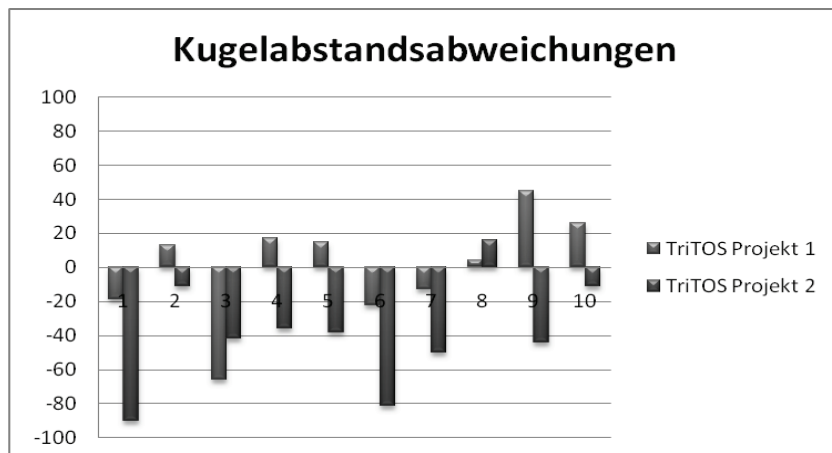


Abb. 9: TriTOS – Kugelabstandsabweichung SD [μm]

4 Resümee

Erste Untersuchungen des Systems PhotoModeler Scanner haben gezeigt, dass dieses Software-Modul ein durchaus brauchbares Hilfsmittel zur Generierung von 3-D Objektoberflächen durch foto-basiertes Scannen darstellt. Zu achten ist vor allem auf eine geeignete Aufnahmekonfiguration samt Bildorientierung sowie auf ausreichende Textur am Objekt. Wichtige Vorteile des PMS sind die relativ geringen Anschaffungskosten von Kamera und Software gegenüber anderen optischen 3D-Messsystemen (Laserscanner, Streifenprojektionssystem etc.), die hohe Mobilität und das geringe Gewicht der Ausrüstung, die kurze Zeit für die Aufnahme vor Ort und der variable Messbereich zur Erfassung unterschiedlich großer Objekte.

Im Vergleich zu den Ergebnissen, die mit einem Streifenprojektionssystem an einem Prüfkörper erzielt wurden, erwies sich der PMS vor allem bei der Ermittlung der Form der Prüfkörper-Kugeln als unterlegen. Insgesamt zeigen die Genauigkeitsuntersuchungen aber eine für viele Anwendungen ausreichende, wenn auch nicht höchste Qualität auf.

5 Literaturverzeichnis

- API, 2010: Systeminformationen API Omnitrac, www.apisensor.de/omnitrac.html, Seitenzugriff: Mai 2010
- BÖHLER, W., BORDAS VICENT, M. & MARBS, A., 2003: Investigating Laser Scanner Accuracy. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part 5/C15, S. 696-701
- LUHMANN, T., BETHMANN, F., HERD, B. & OHM, J., 2008: Comparison and Verification of Optical 3-D Surface Measurement Systems. International Archives for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 37, Part 5B, Beijing, S. 51-56
- PRZYBILLA, H.-J., PEIPE, J. & JUNGHANS, O., 2010: Untersuchungen zur photogrammetrischen Erfassung von Punktwolken mit dem System PhotoModeler Scanner. In: 9. Oldenburger 3D-Tage, ISBN 978-3-87907-494-5, S. 106-113
- Remondino, F. & El-Hakim, S., 2006: Image-Based 3D Modeling. Photogrammetric Record, Vol. 21 Issue 115, S. 269-291
- RSI, 2010: Informationen zum System PhotoModeler und PhotoModeler Scanner. www.rsi-gmbh.de/public/de/prod/soft/photomod_scanner.html, Seitenzugriff: Mai 2010
- VDI/VDE, 2002: Optische 3D-Messsysteme – Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung. VDI/VDE-Richtlinie 2634 Blatt 2, Stand 8.2002, Beuth Verlag, Berlin, 11 S.
- VDI/VDE, 2008: Optische 3D-Messsysteme – Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung in mehreren Einzelansichten. VDI/VDE-Richtlinie 2634 Blatt 3, Stand 12.2008, Beuth Verlag, Berlin, 11 S.