

Projektion von Speckle-Mustern zur 3D Formvermessung



Martin Schaffer, Marcus Große, Richard Kowarschik - martin.schaffer@uni-jena.de
 P20@111. Tagung (DGaO 2010) - Institut für Angewandte Optik, FSU Jena, Fröbelstieg 1, 07743 Jena

Einleitung

- › Ziele klassischer 3D-Rekonstruktionen: dichte Punktwolken hoher Genauigkeit, in kurzer Zeit aufgenommen und rekonstruiert ([1])
- › höhere Messrate durch Reduktion der Projektionszeit und benötigten Bildanzahl
 - › z.Zt. maximale Projektionsraten: 60Hz/180Hz (ohne Farbrad) bei DLP-Projektoren
- › Hochgeschwindigkeitsprojektionssystem auf Basis laserinduzierter Speckles
 - › Messfrequenz im Echtzeitbereich (40 dichte 3D Rekonstruktionen pro Sekunde)
 - › Projektionsrate für die strukturierte Beleuchtung von 500Hz

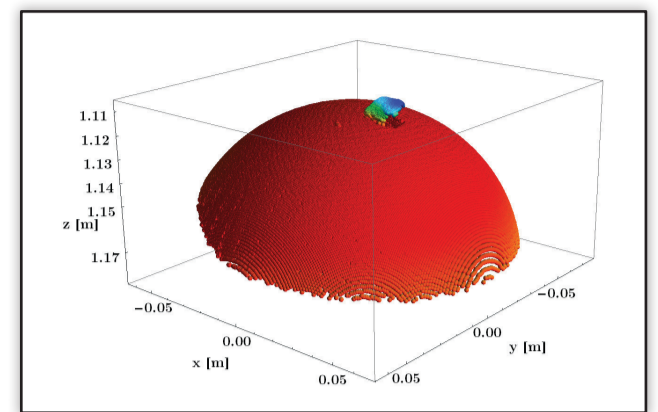


Abb. 4: Rekonstruierte Kugel mit Defekt

Aufbau

Ein Laserbündel wird durch eine Linse auf eine Streuscheibe fokussiert (Abb. 1). Das durch die Streuscheibe erzeugte objektive Specklefeld breitet sich durch eine zweite Linse weiter aus und bildet eine Struktur auf der Objektoberfläche. Durch Verstellung der Streuscheibe mit einem Schrittmotor können verschiedene Specklemuster generiert werden, die mit einem Stereophotogrammetrieaufbau registriert werden.

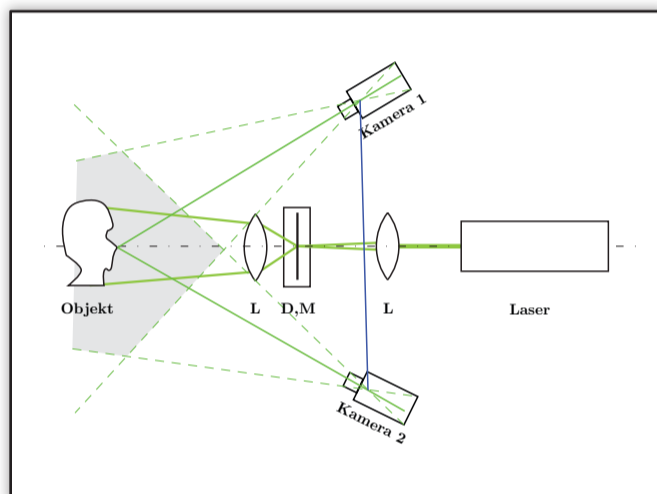


Abb. 1: Stereophotogrammetrieaufbau mit Speckle-Projektionssystem

Anstatt die räumliche Umgebung der Bilder zur Korrelation heranzuziehen, nutzen wir die zeitliche Umgebung eines Pixels für die Korrelation ([2]). Durch den statistischen Charakter der projizierten Muster können beliebige Musterfolgen zur Rekonstruktion verwendet werden, so dass aus 13 Musterbildern theoretisch zwei 3D-Rekonstruktionen errechnet werden können (1-12, 2-13). Dieses Sliding-Window-Verfahren (Werte in Tab.1 mit * gekennzeichnet) wird angewandt.

Das Speckle-Projektionssystem wird mit einem DLP-System unter Projektion statistisch band-begrenzter Muster ([2]) vergleichend dargestellt.

Ausblick

Auf Grundlage der hohen Projektionsgeschwindigkeit können schnell und genau dreidimensionale Aufnahmen erstellt werden. Der Vergleich zur Streifenprojektion für ein entsprechendes Messvolumen ist in Tabelle 1 aufgeführt.

In der Zukunft soll mit Hilfe von GPU-Beschleunigung die z.Zt. aufwendigere und damit zeitintensivere Auswertung parallelisiert werden, um neben der hohen Aufnahmezeit eine hohe Rekonstruktionsrate zu ermöglichen. Neue Verstellsysteme für größere Projektionsraten werden getestet. Die Rundumvermessung mit einer Laserquelle soll umgesetzt werden.

Ergebnisse

Die Messgenauigkeit beider Projektionssysteme (Speckle = blau, DLP = rot) ist in Abb. 2 dargestellt. Die Streuung der Punkte um eine gemessene Ebene im Raum wurde für verschiedene Sequenzlängen bestimmt. Des Weiteren wurde die Ebene mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt. Specklemuster sorgen für eine ungenauere Rekonstruktion. Betrachtet man Abbildung 3, zeigt sich, dass auf Grund der geringeren Messzeit von 58ms für 12 Musterbilder im Vergleich zu 800ms Objekte höherer Geschwindigkeit gemessen werden können (23mm/s zu 2,5mm/s). Weitere qualitative Vorteile sind:

- › größere Schärfentiefe
- › Universalität, Strahlteilung/-führung für Rundumvermessung
- › keine Helligkeitsschwabung von Aufnahmezeit mit Farbradrotation
- › keine Moiré-Artefakte in 3D-Rekonstruktionen infolge diskreter, projizierter Matrizen (höhere Punktdichte)
- › Vermessung räumlich getrennter, farbiger Objekte
- › hohe 3D-Aufnahmerate, speziell durch Sliding-Window
 - › größere Projektionsraten möglich

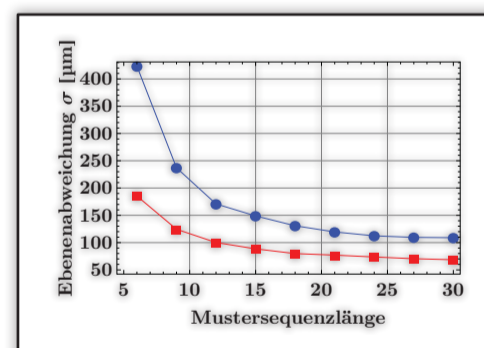


Abb. 2: Ebenenabweichung für verschiedene Sequenzlängen

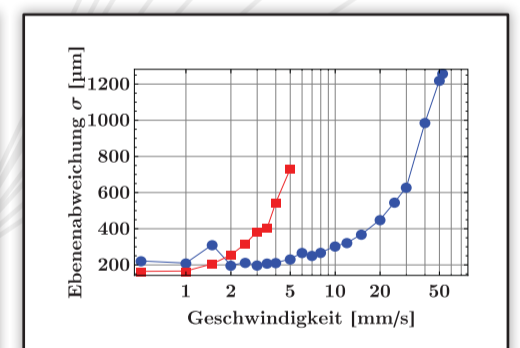


Abb. 3: Ebenenabweichung für verschiedene Geschwindigkeiten der Ebene

	DLP	Speckle	Streifenproj.
Musterrate	30fps	207fps	120fps
Projektor	DLP	Laser	DLP
σ_{Ebene} [μm]	100	170	100-220
3D daten/s	2,5	17(52*)	40
3D rekon./s	1 (CPU)	1 (CPU)	40 (GPU)
Messzeit [ms]	805	59	25
Bildanzahl	12	12	3

Tab. 1: Vergleich verschiedener 3D-Vermessungssysteme