



seit 1558

Gewinnung von Farbinformationen bei der 3D-Objektvermessung mit strukturierter Beleuchtung

B. Harendt, M. Große, R. Kowarschik

Friedrich-Schiller-Universität Jena · Institut für Angewandte Optik
Fröbelstieg 1, 07743 Jena · bastian.harendt@uni-jena.de

Aufbau

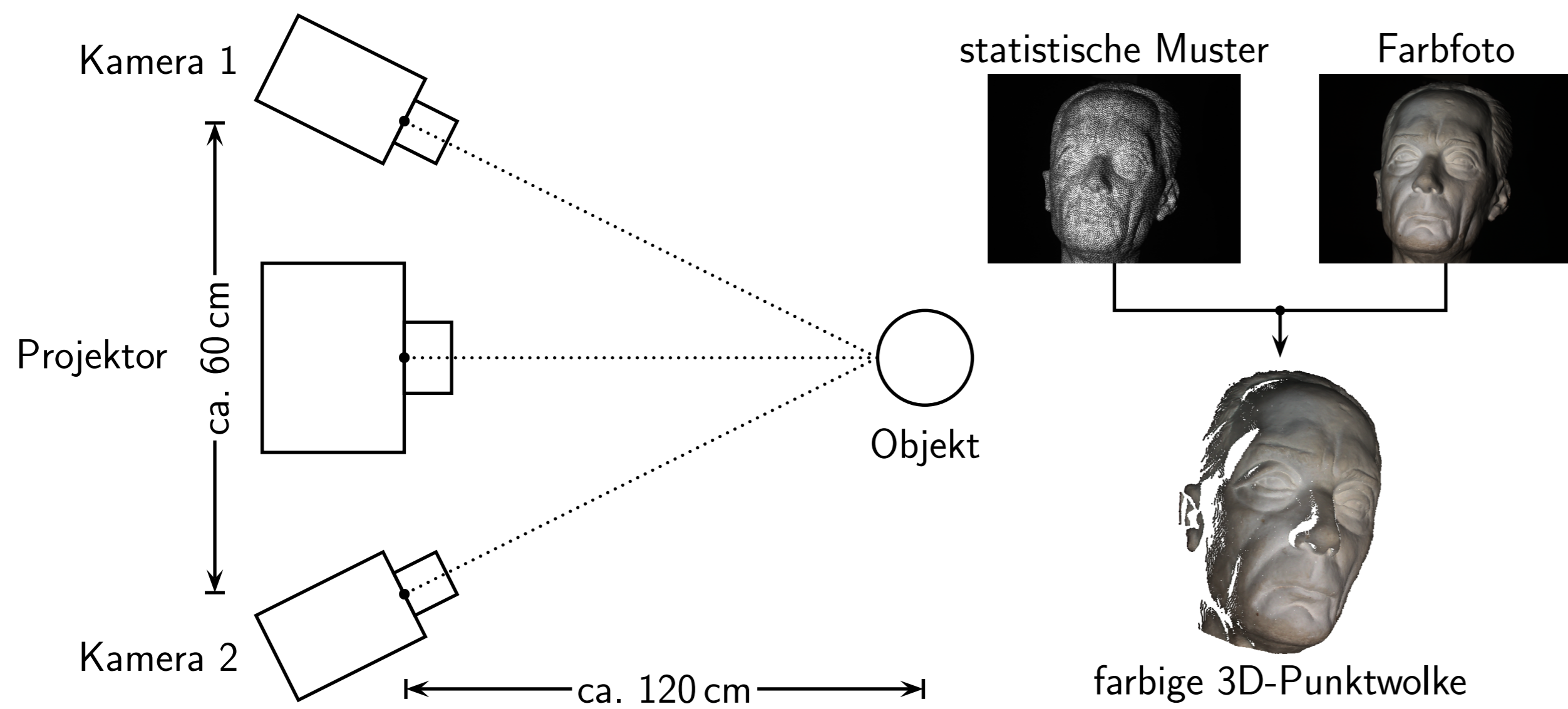


Abbildung: Schematischer Versuchsaufbau und -ablauf

Zur Erfassung räumlicher Informationen wird ein Stereokameraaufbau verwendet. Die Bilder der beiden Kameras werden dabei über statistische Muster, die von einem DLP-Projektor projiziert werden, korreliert [1].

Probleme beim Erfassen von Körperfarben

Körperfarben sind nicht eindeutig, sondern werden unter anderem von den folgenden Faktoren beeinflusst:

- Abhängig von Beobachtungs- und Beleuchtungsrichtung treten durch spiegelnde Reflexion Glanzlichter auf.
- Abhängig von der Beleuchtungsrichtung kommt es bei flachem Lichteinfall zu Abschattungen.

⇒ **Ziel ist die Messung von Körperfarben unabhängig von Beobachtungs- und Beleuchtungsrichtung.** Dazu sollen Glanzlichter unterdrückt und Abschattungen korrigiert werden.

Unterdrückung von Glanzlichtern

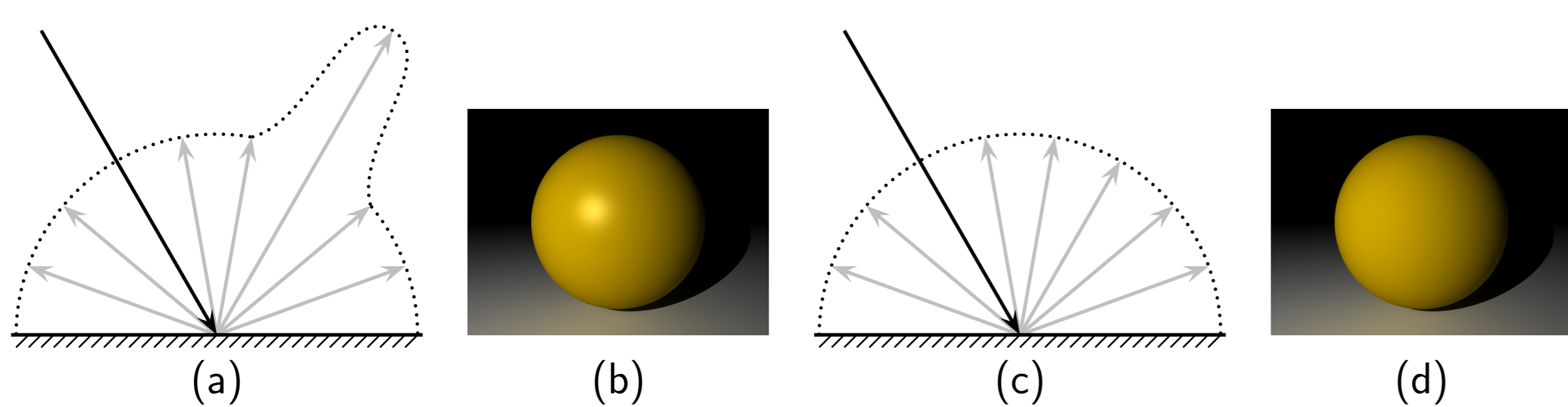


Abbildung: Reflexionsverteilung bei spiegelnder und diffuser Reflexion (a) sowie bei rein diffuser Reflexion (c). Simulierte Kugeln mit spiegelnd und diffus reflektierender Oberfläche (b) sowie mit rein diffus reflektierender Oberfläche (d).

Der spiegelnde Anteil der Reflexion lässt sich durch Polarisatoren vor der Lichtquelle (Projektor) und den Kameras bei geeigneter Stellung der Polarisatoren zueinander nahezu vollständig eliminieren [2].

Der verbliebene, rein diffuse Anteil des Lichts ist unabhängig von der Beobachtungsrichtung.

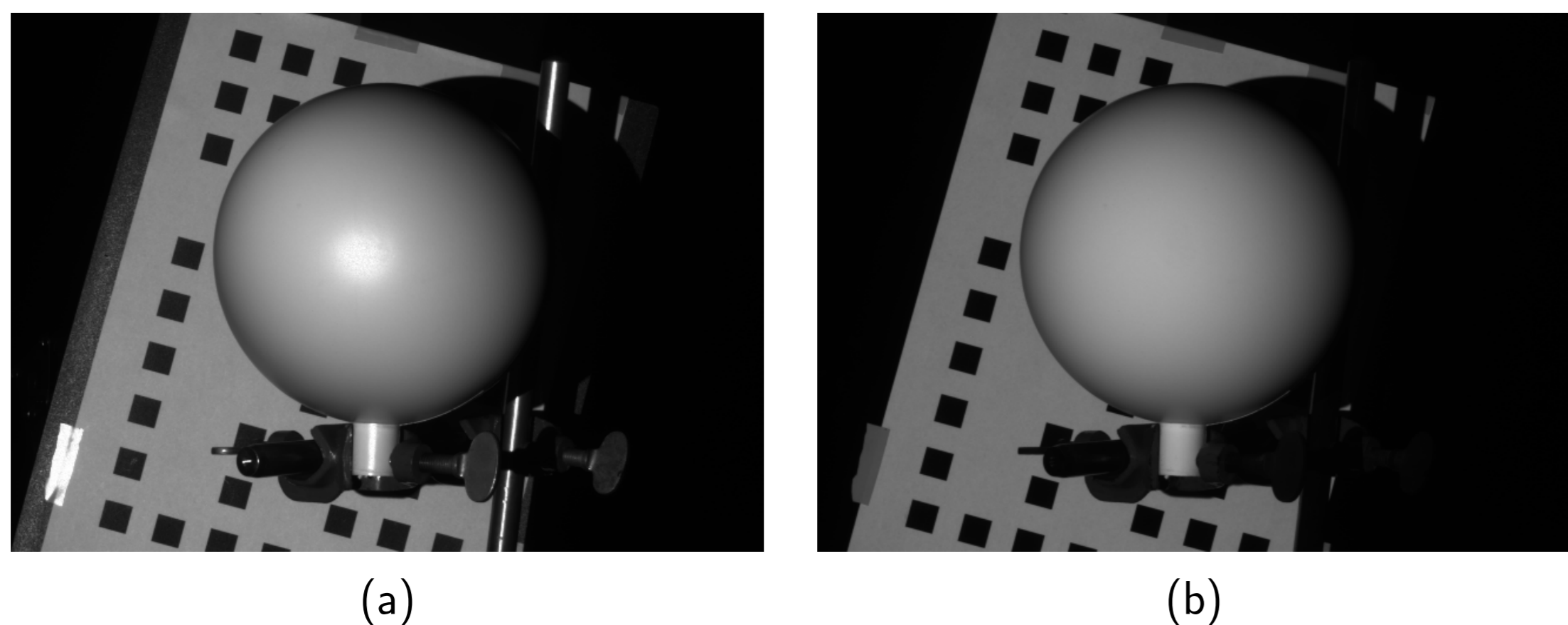


Abbildung: Fotos einer Szene, aufgenommen mit Polarisatoren vor Kamera und Projektor in „paralleler“ (a) und „gekreuzter“ Stellung (b).

Damit alle Glanzlichter gleichzeitig entfernt werden können, müssen Beleuchtung und Beobachtung nahezu aus der gleichen Richtung erfolgen.

Korrektur von Abschattungen

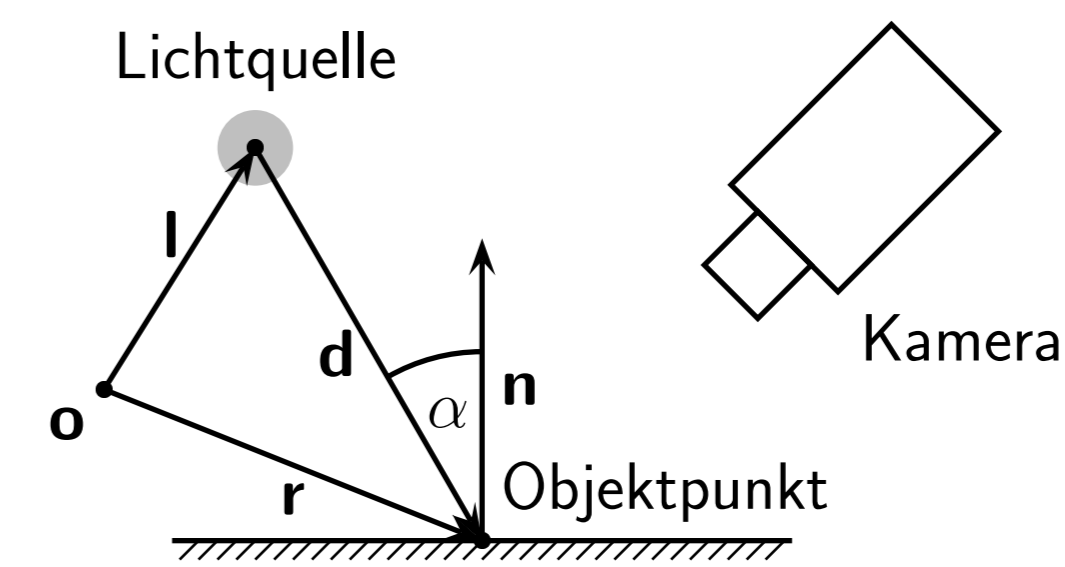


Abbildung: Abhängigkeit eines Farbwerts von der Einfallrichtung des Lichts.

Ein in der Kamera zum Objektpunkt \mathbf{r} registrierter Farbwert g hängt ab vom Winkel α zwischen der Einfallrichtung des Lichts \mathbf{d} und dem entsprechenden Normalenvektor \mathbf{n} :

$$g(\mathbf{r}) = g_0(\mathbf{r}) \cdot \cos(\alpha(\mathbf{r})) \quad (1)$$

Zur Berechnung der normalisierten Farbwerte $g_0(\mathbf{r})$ aller Punkte müssen zusätzlich zu den bereits bekannten Ortsvektoren \mathbf{r} und Farbwerten $g(\mathbf{r})$ folgende Parameter bestimmt werden:

1. Die Normalenvektoren der Oberfläche $\mathbf{n}(\mathbf{r})$ zu jedem Objektpunkt der Punktwolke.
2. Die Position der als punktförmig angenommenen Lichtquelle \mathbf{l} .

Bestimmung von Normalenvektoren

Normalenvektorenbestimmung nach Mitra et al. [3]:

- Bestimmung der Nachbarpunkte zu jedem Punkt.
- Anpassung der Größe der Nachbarschaftsumgebung für jeden Punkt abhängig von Rauschen, Punktdichte und Krümmung der Oberfläche.

⇒ Normalenvektoren durch Ebenenfit der Nachbarpunkte.

Bestimmung der Lichtquellenposition

Ansatz 1: Aufnahme eines homogen gefärbten Objektes:

$$\Rightarrow g_0(\mathbf{r}) = g_0 = \text{const.}$$

Gleichung 1 ergibt mit allen Punkten der Punktwolke ein nicht-lineares Gleichungssystem, dessen Lösung g_0 und \mathbf{l} enthält.

Ansatz 2: Es wird die Rotationssymmetrie bei der Beleuchtung einer homogen gefärbten Kugel ausgenutzt. Die entsprechende Symmetrieachse kann aus den Farbwerten und Raumkoordinaten der Punktwolke bestimmt werden. Nimmt man mehrere Kugeln auf, so ergibt der Schnittpunkt aller Symmetrieachsen die Position der Lichtquelle \mathbf{l} .

Ergebnisse

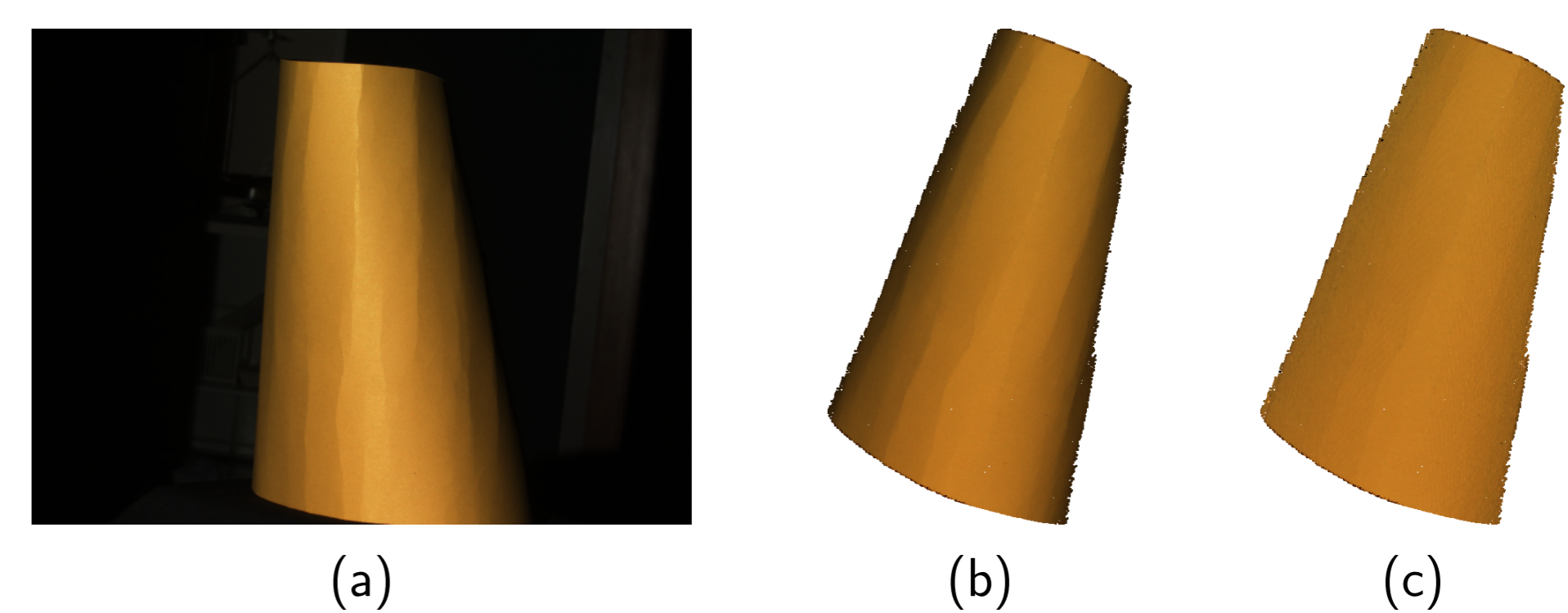


Abbildung: Foto eines einfarbigen Testobjektes ohne Unterdrückung von Glanzlichtern und Korrektur von Abschattungen (a). Rekonstruktion mit entfernten Glanzlichtern sowie ohne (b) bzw. mit (c) korrigierten Abschattungen.

Sowohl das Testobjekt als auch seine normalisierte Rekonstruktion sind homogen gefärbt. Die Farbe der Rekonstruktion ist damit nicht mehr von Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung abhängig.

[1] A. Wiegmann, H. Wagner & R. Kowarschik, „Human face measurement by projecting bandlimited random patterns,“ *Optics Express* **14**, 7692–7698 (2006).
 [2] S. K. Nayar, X.-S. Fang, & T. Boult, „Separation of reflection components using color and polarization,“ *Int. J. Comput. Vis.* **21**, 163–186 (1997).
 [3] N. J. Mitra, A. Nguyen & L. Guibas, „Estimating surface normals in noisy point cloud data,“ *Int. J. Comput. Geom. Appl.* **14**, 261–276 (2004).