



Integrieren statt positionieren

Kollimierte Auflichtbeleuchtung durch das telezentrische Beobachtungsobjektiv – eine Herausforderung an die Systemauslegung

Durch die Integration einer koaxialen Auflichtbeleuchtung in das Objektiv spart man Bauraum und Kosten für die zusätzliche Beleuchtungseinheit. Zudem ermöglicht die Bauform der telezentrischen Objektivs eine parallele kollimierte Beleuchtung, was bestimmte Messaufgaben, wie z. B. die Detektion von Oberflächendefekten, vereinfacht.

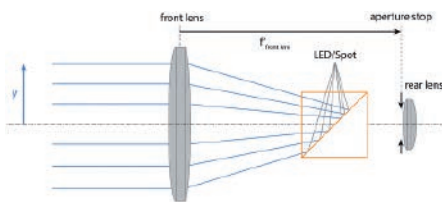


Abb. 1: Kollimierte Auflichtbeleuchtung durch Integration im telezentrischen Objektiv

Um Bauraum und Kosten zu reduzieren, bietet es sich an, eine Auflichtbeleuchtung durch das Objektiv zu realisieren, anstatt eine zusätzliche Baugruppe vor der Optik zu positionieren. Das Prinzip der Einkopplung ist vergleichsweise einfach. Über einen Strahlteiler wird eine LED oder eine Spotbeleuchtung in den Strahlengang eingebracht und über die Frontbaugruppe des telezentrischen Objektivs kollimiert. Dadurch entsteht eine kollimierte Auflichtbeleuchtung (s. Abb. 1). Die beleuchtete Fläche entspricht dabei der freien Öffnung der Frontlinse des Objektivs im definierten Arbeitsabstand.

Die Vorteile einer kollimierten gegenüber einer diffusen Auflichtbeleuchtung sind die bessere Detektion der Oberflächenbeschaffenheit sowie die gleichförmige Beleuchtung von Strukturen mit Tiefenausdehnung. Die Herausforderung beim richtigen Einsatz dieses Prinzips ist die Abhängigkeit der Beleuchtungsperformance von der Art und Beschaffenheit der Strahleinkopplung. Eine unpolarisierte Strahlteilung (z. B. Strahlteilerwürfel oder Pellicle) bietet eine weitgehende Unabhängigkeit von den unterschiedlichen Einfallswinkeln auf die Teilerfläche und von unterschiedlichen Wellenlängen. Im Regel-

fall wird die Strahlteilung als 50:50 Teiler realisiert.

Nachteil der unpolarisierten Strahlteilung ist die Tatsache, dass Rückreflexe innerhalb des Objektivs nicht herausgefiltert werden. Insbesondere der zentrale Reflex der Frontbaugruppe entlang der optischen Achse wird nicht eliminiert und lässt damit einen Spot in der Mitte des Bildfeldes entstehen. Da ein stark reflektierendes Objektiv (z. B. Metallbeschichtung, polierte Oberflächen) mit relativ geringer Lichtleistung ausreichend beleuchtet werden kann, ist in diesem Fall der Nachteil des zentralen Störreflexes relativ gering und unter Umständen akzeptabel. Im Gegensatz dazu benötigt eine matte, diffus streuende Oberfläche des Prüfobjektes (z. B. gefräste Oberfläche, raue Papier- oder Kunststoffoberfläche) eine hohe Lichtleistung, wodurch der Spot eine Messung oder Detektion im Bildfeldzentrum unmöglich macht und gegebenenfalls durch Überstrahlung auch Randbereiche beeinflusst (s. Abb. 2).

Auswahl der Strahleinkopplung von Beginn an berücksichtigen

Zur Vermeidung des zentralen Rückreflexes ist auch eine Filterung über eine polarisier-

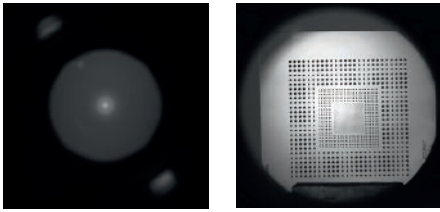


Abb. 2: Störeffekte bei Verwendung eines unpolarisierten Strahlteilers bei mattem (l.) und spiegelndem Target (r.)

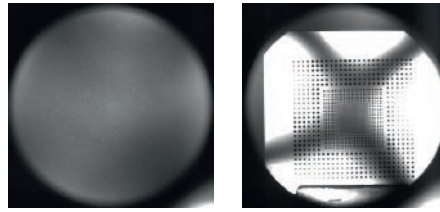


Abb. 3: Störeffekte bei Verwendung eines polarisierten Strahlteilers bei mattem (l.) und spiegelndem Target (r.)

te Strahleinkopplung realisierbar. Der dazu eingebaute polarisierende Strahlteiler transmittiert die senkrecht einfallenden Anteile und reflektiert im 90° Winkel die parallelen Anteile. Indem bereits vor Eintritt in den Strahlteiler ein Polarisationsfilter in den Beleuchtungsstrahlengang eingebracht wird, werden die zentralen Rückreflexe der Frontbaugruppe wieder zur Lichtquelle zurück reflektiert und gelangen nicht zum Sensor.

Die Strahlteilerfläche kann dabei keine konstante Teilung der Polarisation für den gesamten Wellenlängenbereich und alle Einfallswinkel gewährleisten. Insbesondere bei großen telezentrischen Objektiven mit Frontlinsendurchmesser > 60 mm und damit großen Einfallswinkeln auf der Strahlteilerfläche kommt es zu einer inhomogenen Ausleuchtung über das gesamte Bildfeld, hauptsächlich im Bereich der Feldränder.

Entgegengesetzt zu der Performance bei unpolarisierter Strahlteilung werden diffus streuende Objektoberflächen gleichmäßiger, dafür aber stark reflektierende Oberflächen mit extremen Intensitätsschwankungen abgebildet (s. Abb. 3). Bei kleinem Objektdurchmesser, z. B. bei einer 2-fach vergrößernden telezentrischen Optik für Sensorgröße 1" (16 mm Diagonale), sind die Effekte je nach Spezifikation vernachlässigbar gering. Je größer das Objektfeld (field of view) und je höher die Anforderungen an die Beleuchtungshomogenität, desto wichtiger ist es, dass bereits bei der Systemauslegung auf die Art der Strahleinkopplung geachtet wird.

Zudem ist zu beachten, dass bestimmte Messaufgaben aus der Polarisation des Lichtes Messwerte generieren (z. B. polarisationssensitive Kameras, Messung von Materialspannungen). Hier muss eine polarisierte Strahleinkopplung ausgeschlossen werden.

Eine Möglichkeit zum Ausgleich der Beleuchtungsinhomogenität bei polarisierter Strahleinkopplung bieten planparallele Phasenverzögerungsplatten. Zum einen $\lambda/2$ -Platten („lambda halbe“ bzw. „half wave“), die die lineare Polarisations Ebene drehen, zum anderen $\lambda/4$ -Platten („lambda viertel“ oder „quarter wave“), die die Polarisationsart ändern. Damit wird zum einen die Lichtintensität deutlich erhöht und zum anderen die Beleuchtungshomogenität deutlich verbessert (s. Abb. 4).

Erfahrungsgemäß muss die Verzögerungsplatte nicht wellenlängenspezifisch gewählt werden, um eine ausreichende Beleuchtungshomogenität zu realisieren. Der Einfluss von Wellenlängen- und Winkelabhängigkeit der polarisierten Strahlteilerfläche liegt deutlich höher.

Für eine Breitbandbeleuchtung (Einkopplung einer weißen Lichtquelle) ist eine polarisierende Strahleinkopplung aufgrund der Wellenlängenabhängigkeit des Strahlteilers nur bei geringen Anforderungen an die Beleuchtungshomogenität empfohlen. Ein Strahlteiler, der über das gesamte visuelle Spektrum und einen großen Winkelbereich optimiert ist, ist technisch nicht möglich. Eine Optimierung der Strahlteiler für bestimmte Wellenlängen- und Winkelbe-

reiche ist nur bei sehr großen Stückzahlen wirtschaftlich sinnvoll.

Flexibilität durch modularen Aufbau

Um einen großen Anwendungsbereich abzudecken und auch kleinen Projekten die verschiedenen Möglichkeiten zu bieten, ist ein modularer Aufbau empfehlenswert, der von Sill Optics zu Jahresbeginn eingeführt wurde. Als Standardversion werden die im Katalog gelisteten Objektive mit polarisiertem Strahlteiler ohne Verzögerungsplatte angeboten, wie es für die Beleuchtung eines matten/diffus reflektierenden Prüfobjektes empfohlen ist.

Dazu ist ein unpolarisierter Strahlteiler verfügbar, der einfach im bestehenden Aufbau ausgetauscht werden kann. Darüber hinaus erhält der Anwender kompatible Verzögerungsplatten. Der Preis für dieses optische Element steigt deutlich mit größer werdendem Durchmesser. Um bei großen Objektfelddurchmessern die Mehrkosten für die Verzögerungsplatte zu minimieren, wird bei entsprechenden Objektiven die Kombination aus polarisiertem Strahlteiler und Verzögerungsplatte über einen seitlichen Einschub realisiert. Bei kleinen Objektfelddurchmessern ($\varnothing \leq 30$ mm) kann die Verzögerungsplatte als Vorsatz (ähnlich einem Filtervorsatz) montiert werden.

Die verschiedenen Optionen ermöglichen eine deutlich größere Anwendungsbreite für telezentrische Objektive mit koaxialer Lichteinkopplung, sowie eine mögliche Performancesteigerung bei bestehenden Einsatzgebieten.

Autor

Andreas Platz,
Project Management Machine Vision

Kontakt

Sill Optics GmbH & Co. KG, Wendelstein
Tel.: +49 9129 902 30
www.silloptics.de

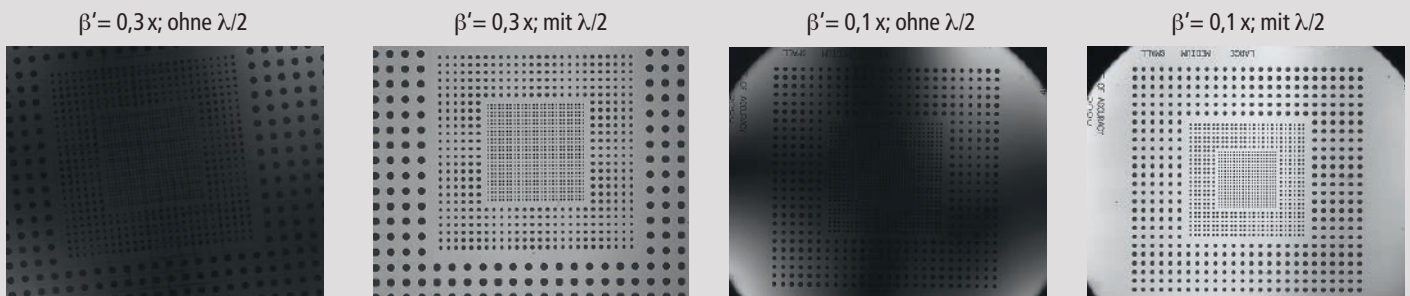


Abb. 4: Erhöhung der Lichtintensität und Verbesserung der Homogenität durch den Einsatz einer Verzögerungsplatte ($\lambda/2$) bei polarisiertem Strahlengang