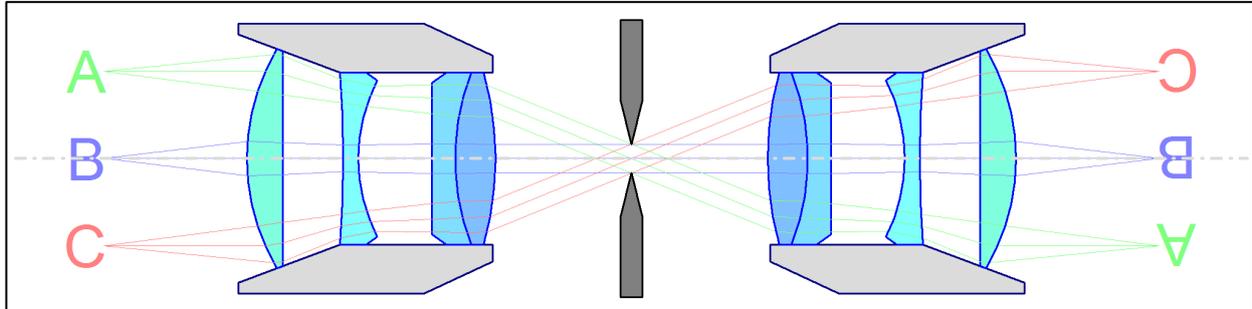


## Telezentrischer Strahlengang

### 1 Aufgabe

- Experimentelle Untersuchung eines objektseitigen bzw. beidseitigen telezentrischen Strahlenganges.
- Bestimmung des Abbildungsmaßstabes und des objektseitigen Schärfentiefebereiches.
- Bestimmung der Verzeichnung.



**Abbildung 1** Beidseitige telezentrische Abbildung mit zwei konfokal angeordneten Objektiven und einer Blende im gemeinsamen Brennpunkt

### 2 Theoretische Grundlagen

Telezentrische Objektive sind spezielle optische Objektive, die sich dadurch auszeichnen, dass die Eintritts- oder Austrittspupille im Unendlichen liegt. Man unterscheidet hierbei zwischen objektseitiger, bildseitiger und beidseitiger Telezentrie.

Ein objektseitig telezentrischer Strahlengang wird verwendet, um Objekte ohne perspektivische Verzerrung zu erfassen. Die Hauptstrahlen im Objektraum laufen parallel zur optischen Achse, und der Abbildungsmaßstab ändert sich bei axialer Objektverschiebung nicht, das Bild wird aber unscharf, wenn das Objekt außerhalb der idealen Objektebene liegt.

Ein beidseitig telezentrischer Strahlengang ist die Kombination aus objektseitig und bildseitig telezentrischem Strahlengang (Abb. 1). Das System ist afokal, im Unterschied zur rein objektseitigen Telezentrie wird die tolerierbare Objektlage hier nicht durch die Schärfentiefe begrenzt und die Bildebene kann ohne Veränderung des Abbildungsmaßstabes nachfokussiert werden. Ein einfacher Aufbau besteht aus zwei Objektiven, zwischen denen im gemeinsamen Brennpunkt eine Aperturblende eingebracht wird. Ein beidseitig telezentrisches Objektiv weist theoretisch keine Verzeichnung auf.

Die Verzeichnung  $V$  ist ein geometrischer Abbildungsfehler optischer Systeme, der zu einer lokalen Veränderung des Abbildungsmaßstabes und somit der Bildgrößen  $y'$  führt.

$$V = \left( \frac{y'_{ist} - y'_{ideal}}{y'_{ideal}} \right) \cdot 100\%$$

### 3 Hinweise zur Durchführung

- a) Aufbau des objektseitigen telezentrischen Strahlenganges mit Richtleuchte, Interferenzfilter, Messdia (mit Quadratgitter), Objektiv, Kreislochblende und Schirm. Die Komponenten sind justiert (optische Achse), wenn beim Verschieben des Objektes (Messdia) sich das Bild auf dem Schirm nicht orthogonal verschiebt oder seine Größe ändert. Auf eine korrekte Ausleuchtung des Messdias ist zu achten.
- b) Anstelle des Schirmes wird nun das Digitalkameragehäuse gesetzt (Abb. 2). Die Bildaufnahmen erfolgen mittels einer Software über einen Computer. Zur Bestimmung des objektseitigen Schärfentiefebereiches muss die Vorlage hinreichend scharf abgebildet werden (siehe Auswertung), und die Position des Messdias muss ermittelt werden. Die Schärfentiefe ist jeweils für die Kreislochblende mit  $\varnothing 0,5$  mm und  $\varnothing 1,0$  mm zu messen.
- c) Aufbau des beidseitigen telezentrischen Strahlenganges, in dem zusätzlich das zweite Objektiv hinter die Kreislochblende gesetzt wird (vgl. Abb. 1). Wiederholen Sie die Messungen wie beim objektseitigen Strahlengang unter a) und b) beschrieben, jedoch nur für die Kreislochblende mit  $\varnothing 0,5$  mm. Bestimmen Sie die Bildgröße  $y'$  und den Abbildungsmaß  $\beta$ .

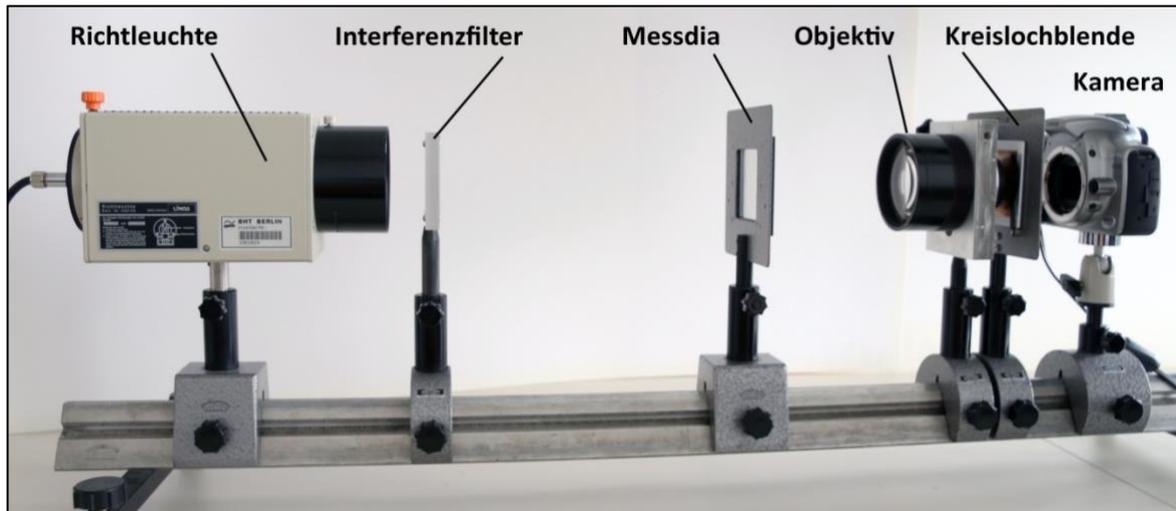


Abbildung 2 Aufbau des objektseitigen telezentrischen Strahlenganges mit einem Liniengitter und Kamera

#### 4 Auswertung

- Bestimmung des Abbildungsmaßstabes  $\beta'$  für den beidseitigen telezentrischen Strahlengang.
- Bestimmung des objektseitigen Schärfentiefebereiches bei verschiedenen Objektweiten  $a_h \dots a_v$  für beide Strahlengänge. Als Kriterium für die Unschärfe für die Schärfentiefe soll in den aufgenommenen digitalen Bildern an vier Stellen (2-mal **vertikal** bei  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$  der **Bildhöhe**, sowie 2-mal **horizontal** bei  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$  der **Bildbreite**) aus den Leuchtdichten  $L$  von acht Bildpunkten der Michelson-Kontrast  $M$  der entsprechenden Gittermaschen ermittelt werden.

$$L_{min} = \sum_{i=1}^4 L_{min,i} \quad L_{max} = \sum_{i=1}^4 L_{max,i} \quad M = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

Die gemessenen Werte sind der bei einer optischen Standardabbildung bei gleicher Objektweite zu erwartenden Schärfentiefe (Brennweite  $f = 50$  mm, Blendenzahl  $k = 0,77$ ) gegenüberzustellen.

- Ermitteln Sie die Verzeichnung durch Messen der Geradlinigkeit der vier Randgitterlinien im digitalen Bild mit einer Fehlerabschätzung. Symmetrisch zum Sollwert  $y'_{ideal}$  sind jeweils zwei Istwerte  $y'_{ist}$  zu bestimmen und zu mitteln.

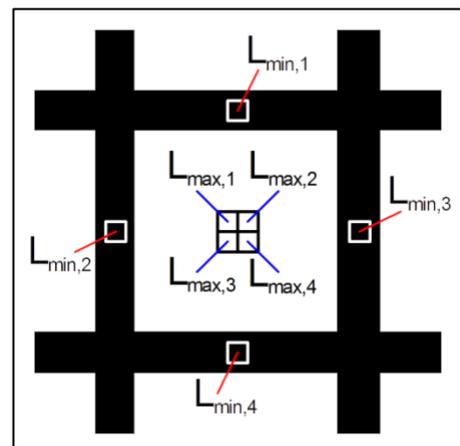


Abbildung 3 Modulationsbestimmung an einer Gittermasche

#### 5 Geräte

- Richtleuchte (GOS Reg. 7 / # 206)
- Netzgerät (12 V / 10 A)
- Kreislochblende mit  $\varnothing = 0,5$  mm / 0,7 mm / 1,0 mm
- Messdia mit Liniengitter  $\square = 2,5$  mm
- 2 Spezialobjektive Carl Zeiss Jena 0,77/50 mm, Halter
- Digitalkamera Canon EOS 650D mit Bildsensorgröße 22,3 mm x 14,9 mm, Netzteil, PC, Software
- Interferenzfilter  $\lambda = 640$  nm (GOS Reg. 9 / # 212)
- Optische Bank, Reiter, Halter, Schirm

#### 6 Literaturhinweise

- [1] SCHRÖDER, G.; TREIBER, H.: *Technische Optik*. 10. Aufl. Würzburg: Vogel, 2007, S. 112, S. 85 ff., S. 289 ff.
- [2] VORLESUNG: *Optik Design und Optische Techniken in der Mechatronik*. Berlin: BHT Berlin.
- [3] DIGITALKAMERA: *Bedienungsanleitung EOS 650D*. Amstelveen, Niederlande: Canon Inc. 2012.  
[http://gdlp01.c-wss.com/gds/4/0300008114/03/EOS\\_650D\\_Instruction\\_Manual\\_DE.pdf](http://gdlp01.c-wss.com/gds/4/0300008114/03/EOS_650D_Instruction_Manual_DE.pdf) – Datum: 11.10.2022
- [4] LEUSCHNER, Bernd; UCKERT, Danilo: *Messgerätekatalog*. Berlin: BHT Berlin / GOS.  
<https://labor.bht-berlin.de/fileadmin/labor/gos/dokument/Messgeraetekatalog.pdf> – Aktualisierungsdatum: 18.05.2022
- [5] BREWSTER, Rick: *Bildbearbeitungssoftware Paint.NET*. dotPDN LLC. <https://www.getpaint.net/> – Datum: 11.10.2022