

MTF-Messung

1 Aufgabe

- Es ist die Modulationsübertragungsfunktion von einem Fotoobjektives zu bestimmen.

2 Theoretische Grundlagen

Ein grundlegendes Problem beim qualitativen Beurteilen von Objektiven ist es, eine objektiv messbare Größe für den subjektiven Eindruck „Schärfe“ zu finden. Dieser setzt sich aus der Kantenschärfe und dem Kontrast zusammen. Der Schärfeeindruck der Bilder eines Objektives, welches geringer auflöst, dafür aber kontrastreicher abbildet, kann bei vielen Betrachtern höher sein.

Betrachtet man ein „ideales“ Gitter aus gleich breiten hellen Streifen ($L_{max} = 1$) und dunklen Streifen ($L_{min} = 0$) so ergibt sich eine maximale Modulation (= Kontrast). Da sich die Leuchtdichte L nur in eine Richtung ändert spricht man von der Modulation M :

Modulation:
$$M = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

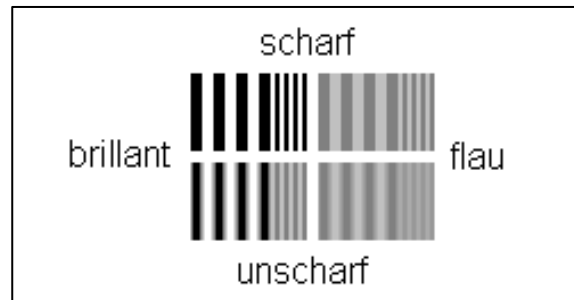


Abbildung 1 Zusammenhang zwischen Kontrast und Kantenschärfe

Wird das Gitter durch ein optisches System mit der Modulation M abgebildet, so weist das Bild eine Modulation $M' < M$ auf. Die Verminderung der Modulation durch ein optisches System ist auf Beugung, Abbildungsfehler, Fokussierung und auf Streulicht zurückzuführen. Diese Minderung der Modulationsübertragung („optischer Wirkungsgrad“) wird durch den Quotienten $T = M'/M$ ermittelt. Wird der Modulationsübertragungsfaktor T bei unterschiedlichen Ortsfrequenzen R ermittelt und als abhängige Funktion von R dargestellt, erhält man die Modulationsübertragungsfunktion, auch MTF genannt:

Modulationsübertragungsfunktion:
$$T(R) = \frac{M'}{M}$$

Zur Ermittlung der Modulationsübertragungsfunktion wird mit einer CMOS-Kamera die Beleuchtungsstärke in der Bildebene eines Prüflings gemessen. Die Änderung der Ortsfrequenz erfolgt schrittweise, indem mehrere Gitter mit unterschiedlichen Ortsfrequenzen mit dem Prüfling abgebildet werden. Dann werden die jeweiligen Minimal- und Maximalwerte der Beleuchtungsstärke ermittelt und die Modulation sowie der Modulationsübertragungsfaktor berechnet. Die Modulationsübertragungsfunktion ergibt sich aus den einzelnen Modulationsübertragungsfaktoren und den zugehörigen Ortsfrequenzen.

3 Hinweise zur Durchführung

- Alle Elemente des Messaufbaus sind auf einer Achse auszurichten. Das Gitter (in Diarahmen) muss mit dem Kollimator nach Unendlich abgebildet werden, d.h. es wird in die Brennebene des Kollimators gebracht. Das lässt sich mit einem Zielfernrohr gut überprüfen.
Zur Vermeidung von Messfehlern ist eine vollständige und gleichmäßige Ausleuchtung des Gitters, ohne einen Beleuchtungsstärkeabfall zum Rand hin, wichtig.
- Die CMOS-Kamera ist in die Brennebene des zu prüfenden Objektives zu bringen. Dazu wird die Kamera mit Hilfe des x-y-z-Tisches in Richtung der optischen Achse verschoben. Die richtige Position lässt sich am besten während einer Messung mit einem Gitter finden. Dazu wird der Intensitätsverlauf im Kamerabild am PC verfolgt: Bei maximalem Kontrast befindet sich der Kamerachip in der Brennebene des Prüflings.
- Der Messaufbau ist während der Messung mit einem schwarzen Tuch abzudunkeln, um Streulichteinflüsse zu vermeiden. Außerdem wird ein Interferenzfilter benutzt, um nur einen schmalen Wellenlängenbereich im Grünen zu nutzen.

- d) Zunächst wird eine Referenzmessung vorgenommen. Dazu wird ein „leeres“ Messdia (mit Film aber ohne Gitter) in die Objektebene eingesetzt. Damit ergibt sich die maximale Beleuchtungsstärke in der Bildebene, für die die Belichtungszeit der Kamera im Programm optimal eingestellt wird. Diese Einstellung gilt dann für die gesamte Messung und darf nicht mehr verändert werden!
- e) Unterschiedliche Ortsfrequenzen werden durch den Einsatz verschiedener Gitter bzw. Gitterkonstanten erreicht. Für 7 verschiedene Gitter werden die jeweiligen Kamera-Bilder gespeichert bzw. ausgewertet.
- f) Die Messung ist für drei verschiedene Öffnungsblenden des Prüflings zu wiederholen.

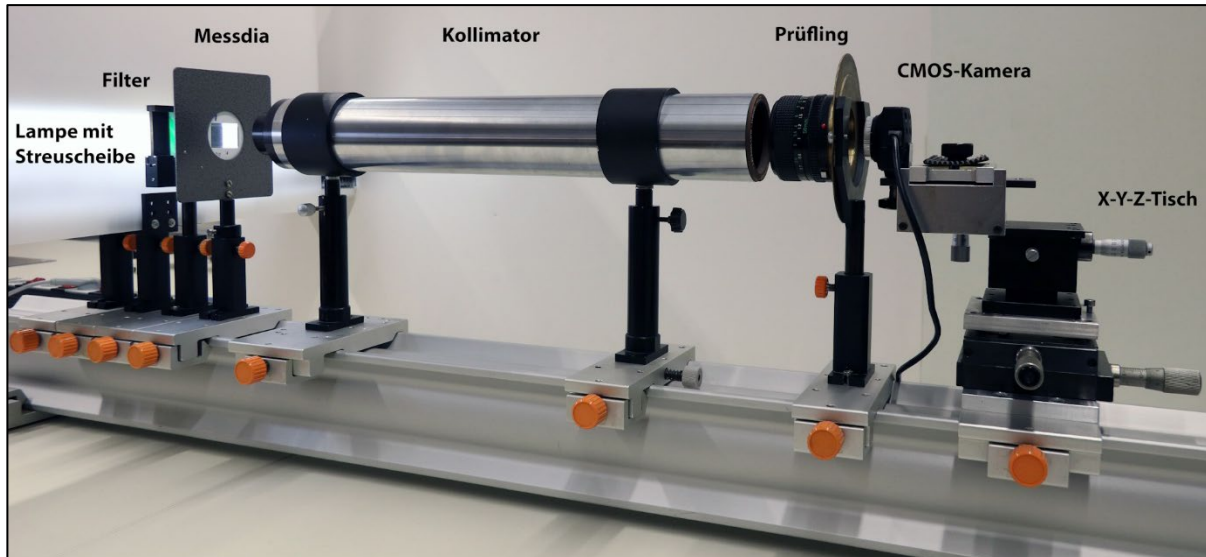


Abbildung 2 Messaufbau zur Messung der Modulationsübertragung

4 Auswertung

- Bestimmung der Modulationsübertragungsfunktion.
- Graphische Darstellung der Modulationsübertragungsfunktion T als Funktion der Ortsfrequenz R .

5 Geräte

- Leuchte mit Streuscheibe
- Interferenzfilter $\lambda = 560 \text{ nm}$ (GOS Reg. 9 / # 207b)
- Gitter # 1 bis 7 (in Diarahmen): 1,09 / 1,75 / 2,18 / 2,73 / 3,06 / 3,45 / 4,36 Lp/mm
- Kollimator Möller-Wedel, $f' = 500 \text{ mm}$
- Prüfling: verschiedene KB-Fotoobjektive
- CMOS-Kamera DCC1545M (GOS Reg. 4 / # 154)
- Beobachtungsfernrohr (Zielfernrohr)
- Optische Bank, Reiter, Halter, x-y-z-Tisch
- PC mit Mess- & Steuersoftware „ThorCam“

6 Literaturhinweise

- [1] SCHRÖDER, G.; TREIBER, H.: *Technische Optik*. 10. Aufl. Würzburg: Vogel, 2007, S. 289 ff.
- [2] VORLESUNG: *Optik Design und Optische Geräte Grundlagen*. Berlin: Beuth Hochschule.
- [3] ISO 9335, *Optische Übertragungsfunktion - Prinzipien und Messverfahren*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V., 07/2002.
- [4] LEUSCHNER, Bernd; NEUMANN, Reiner: *Messgerätekatalog*. Berlin: Beuth Hochschule / GOS.
<http://labor.beuth-hochschule.de/fileadmin/labor/gos/dokument/Messgeraetekatalog.pdf> – Datum: 12.07.2018