

Optische Abbildungen und digitale Kamera Versuchsanleitung

1 Was Sie zur Versuchsdurchführung wissen sollten

Optische Abbildungen, Linsenfehler, Funktionsweise einer digitalen Spiegelreflexkamera, Schärfentiefe, optische Auflösung, Camera Obscura, Übertragungsfunktion, Modulationsübertragungsfunktion

2 Durchführung und Auswertung

Die verwendete Kamera ist eine Nikon D3200. Der CMOS-Sensor der Kamera hat eine Größe von $23,2 \times 15,4$ mm und eine Pixelzahl von 6016×4000 Pixel.

1. Setzen Sie die Kamera auf Werkseinstellungen zurück.
Drücken Sie dazu die MENU-Taste (links neben dem Display) und wählen Sie das Aufnahmemenü (Kamerasymbol) mittels der Hoch-/Runter-Tasten. Über die Rechts-Taste wählen Sie den Punkt "Zurücksetzen" aus und drücken Sie die OK-Taste. Ebenso verfahren Sie beim Systemmenü (Schraubenschlüsselsymbol), um auch hier alle Einstellungen zurückzusetzen.
Dann wählen Sie den Punkt "Nummernspeicher" im Systemmenü und wählen RESET aus, um den Nummernspeicher auf 1 zurückzusetzen. Zuletzt formatieren Sie die Speicherkarte, indem Sie im Systemmenü den Punkt "Speicherkarte formatieren" auswählen. Die Kamera ist jetzt im Ausgangszustand und kann von Ihnen konfiguriert und benutzt werden.
2. Setzen Sie das Nikkor 50 mm Objektiv an die Kamera an und machen Sie sich mit der Bedienung der Kamera vertraut.
Hinweise zur Bedienung:
Mit dem Nikkor 50 mm Objektiv stellen Sie den Modus am Drehrad

auf “A” (Zeitautomatik). Die Kamera wählt die Belichtungszeit entsprechend den Lichtverhältnissen selbstständig. Über das Daumenrad lässt sich die Blende vorgeben. Die Blendenzahl wird im Display als F_k angezeigt (z.B. $F_{1.8}$ für $k=1.8$).

Mit der Taste “Lv” stellen Sie den Liveview an und aus. Der Liveview ermöglicht es Ihnen direkt das Sensorbild auf dem Bildschirm zu sehen. Ohne Liveview können Sie durch den Sucher der Kamera sehen. Mit den Lupentasten können Sie das Bild des Liveview vergrößern und verkleinern. Über die Pfeiltasten können Sie den Bildausschnitt verschieben. Zum Fokussieren vergrößern Sie das Bild des Liveview stark und stellen manuell am Objektiv bzw. der Linse das Bild scharf.

3. Untersuchen Sie das Verhalten der Schärfentiefe bei unterschiedlichen Blenden mit dem Nikkor 50 mm Objektiv.
Fotografieren Sie dafür von der kleinsten bis zur größten Blendenzahl (bei 1.8, und dann von 2.8 bis 22 in ganzen Blendenstufen, d.h. insgesamt 8 Bilder) den Testchart, den Sie vorher so positionieren, dass die schräge Fläche vollständig abgebildet wird, d.h etwa 1 m von der Kamera entfernt ist (Bestimmen Sie den Abstand!). Übertragen Sie die Bilder auf den PC. Bestimmen Sie anschließend die subjektiv empfundene Schärfentiefe auf dem Computermonitor anhand der Zentimeterskala. Achten Sie darauf, dass Sie die Vergrößerung des Bildes immer konstant halten müssen. Im Protokoll vergleichen Sie die von Ihnen bestimmten Werte mit den theoretischen Werten.
4. Bestimmen Sie aus den gleichen Bildern die MTF Kurven anhand der schrägen Kante auf dem vertikalen Testchart mittels des ImageJ-Plugins (Anleitung siehe unten). Extrapolieren Sie für jede Blendenstufe die Frequenz, für die $MTF=0.5$ gilt. Tragen Sie den Verlauf dieser Grenzfrequenz gegen die Blendenzahl auf.
5. Wechseln Sie das Objektiv gegen die Einzellinse (Brennweite 60 mm) aus und fokussieren Sie durch drehen des Tubus. Die Belichtung müssen Sie nun komplett manuell einstellen¹. Stellen Sie dazu den Modus am Drehrad auf “M” (Manuell). Über das Daumenrad lässt sich jetzt die Belichtungszeit vorgeben. Unterschiedliche Blenden werden über die Einschraubblenden realisiert. Wie müssen Sie die Belichtungszeiten für die vier verfügbaren Blenden (keine Extrablende, 15 mm, 7,5 mm und 3,75 mm) ändern, um jeweils eine gleiche Belichtung zu erreichen? Bestimmen Sie die Auflösung mit Hilfe der Siemenssterne (in

¹Tipp: Die optimale Belichtungszeit lässt sich mithilfe eines Histogramms ermitteln. Nach der Aufnahme eines Bildes wechselt man in den Wiedergabemodus (Taste oberhalb der MENU-Taste) und wählt mit den Hoch-/Runter-Tasten den Wiedergabemodus “Überblick” (falls nicht verfügbar: MENU-Taste > Wiedergabemenü > Opt. für Wiedergabeansicht > Übersicht). Das Histogramm gibt die Häufigkeit der Werte 0 (Schwarz) bis 255 (Weiß) wieder.

der Mitte sowie an einer Ecke des Testcharts) für dieses selbst gebaute Objektiv für die vier Blenden. Lassen Sie jeweils auch die MTF-Kurve mit dem ImageJ-Plugin bestimmen und vergleichen Sie die Kurve mit der Messung mit dem Siemensstern².

6. Schrauben Sie den Tubus des selbst gebauten Objektivs heraus und schrauben sie die Lochblende stattdessen hinein. Um den richtigen Abstand des Testcharts im Liveview einzustellen, ist es sinnvoll, wenn kurzzeitig der ISO-Wert erhöht wird. Damit hellt die Kamera das Bild nachträglich auf. Die entsprechende Funktion ist zu finden unter MENU-Taste > Aufnahmemenü > ISO-Empfindlichkeits-Einst. Vor der Aufnahme eines Bilder muss der ISO-Wert unbedingt auf 100 zurückgesetzt werden. Anschließend fotografieren Sie den Testchart und versuchen die Auflösung für die Lochblende zu bestimmen. Da die Auflösung natürlich nicht besonders hoch ist, kann es sinnvoll sein, den Testchart relativ dicht vor der Kamera zu positionieren. Schätzen Sie anhand der notwendigen Belichtungszeit die Blendenöffnung der Lochblende ab.
7. Überprüfen Sie, ob Sie alle Messungen durchgeführt und alle Größen bestimmt haben, die Sie zur Auswertung benötigen.
8. Bestimmen Sie die Unsicherheiten Ihrer Messergebnisse.
9. Diskutieren Sie alle Ihre Beobachtungen.

Hinweise zur Bedienung von ImageJ

Das Programm ImageJ (<http://imagej.net>) ist ein in Java geschriebenes Open Source Bildanalyse Programm, das in der Wissenschaft vielfach zum Ausmessen und Analysieren von Bilddaten verwendet wird. Auch in diesem Versuch sollen die Bilder mit ImageJ ausgemessen werden.

1. Laden von Bildern
Bilder können entweder durch Drag&Drop des Bildes auf die Menuleiste oder über File->Open (Strg+O) geöffnet werden.
2. Iconleiste
In der Iconleiste sind neben der Lupe und der Hand zum Verschieben vor allem das Rechtecktool (Rectangular) und das Linientool (Straight) interessant. Mit letzterem kann im Bild eine Linie gezeichnet werden und entlang der Linie anschließend über Analyze->Plot Profile (Strg+K) ein Linienprofil erstellt werden, das die Grauwerte entlang der Linie angibt.

²Tipp: Mit der beschriebenen Methode liefert der Siemensstern nicht die Frequenz, für die MTF=0,5 gilt. Wie groß ist die MTF der ermittelten Frequenz?

3. Image-Menu

Interessant in diesem Menu sind vor allem Crop (Strg+Umschalt+X), um ein Bild auf einen vorher ausgewählten Bereich zu beschneiden und Scale (Strg+E), um die Pixelzahl des Bildes zu skalieren.

4. Ausmessen und Auswerten eines Siemenssterns

Ein Siemensstern kann auf zwei Methoden ausgemessen werden:

- (a) Als einfache Methode wird mit dem Linientool der Durchmesser des Bereichs bestimmt, in dem der Stern eine einheitlich graue Farbe hat und die Sektoren nicht unterscheidbar sind.
- (b) Für eine genauere Messung werden zwei Linienprofile erstellt: Ein Durchmesser durch einen schwarzen Sektor und ein Durchmesser durch den benachbarten weißen Sektor. Da bei der Erstellung des Linienprofils Interpolationsungenauigkeiten auftreten können, die die Auflösung scheinbar verringern, ist es sinnvoll die Pixelzahl des Bildes zunächst künstlich zu erhöhen, z.B. um einen Faktor 4. Dazu kann die Funktion Image->Scale verwendet werden.

Die Daten der Linienprofile lassen sich kopieren und in einem Auswertungsprogramm (z.B. Excel, OpenOffice, Origin,...) übereinander legen. Anhand des grauen Rings um den Stern lassen sich die beiden Profile exakt ausrichten. An einem bestimmten Punkt in der Nähe der Mitte treffen sich die beiden Profile und verlaufen dann gleich. An diesem Punkt ist der Grauwert der Profile gleich, womit der Punkt die Grenze des grauen Bereichs in der Mitte bildet. Somit lässt sich der Durchmesser sehr genau bestimmen.

Wertet man die Profildaten weiter aus, lässt sich die komplette MTF-Kurve berechnen.

5. MTF-Plugin

Im Menu Plugins findet sich ein für diese Praktikum modifiziertes Plugin, mit dem die MTF-Kurve an einer schrägen Kante berechnet werden kann. Dazu muss im aktuellen Bild mit dem Rechtecktool ein Bereich ausgewählt werden, so dass die Kante etwa im Mittelpunkt des markierten Rechtecks liegt. Um eine gute Berechnung zu ermöglichen, sollte die Breite so groß wie möglich sein. Im markierten Bereich darf aber nur eine Kante liegen (er darf also nicht größer sein als der schwarze Balken). Bei der Wahl der Höhe sollte beachtet werden, dass der Bereich möglichst einheitlich ist.

In den Optionen kann die Einheit der x-Achse der MTF-Kurve gewählt werden. Die Sample-Size bestimmt die Breite des ausgewählten Bereichs. Sie wird automatisch angepasst. Die Option Oversampling bestimmt wie die Werte nach der Projektion (Abb. ??) wieder in äquidistante Punkte zusammengefasst werden. Ein Wert von 1 bedeutet,

dass die Werte wieder mit der gleichen Anzahl von Pixel wie im Auswahlbereich zusammengefasst werden (in der Abbildung 5 Werte). Ein Wert von 2 bedeutet, dass doppelt so viele Punkte erzeugt werden (in der Abbildung dann 10). Theoretisch erzeugt ein höheres Oversampling eine bessere Genauigkeit, allerdings steigt auch das Rauschen an. Je nach Situation kann ein Wert von 1 bis 8 geeignet sein. Der Wert sollte allerdings bei allen Auswertungen konstant gehalten werden.