

VERSUCHSBERICHT ZU

O6 - OPTISCHE ABBILDUNGEN UND
DIGITALE KAMERA

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 09.07.2018
betreut von
Robert Schneider

14. Juli 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Kurzfassung	3
2 Methoden	3
3 Ergebnisse und Diskussion	4
3.1 Unsicherheiten	4
3.2 Schärfentiefe des Nikkor-Objektivs	5
3.2.1 Beobachtung und Datenanalyse	5
3.2.2 Diskussion	7
3.3 Auflösung des Nikkor-Objektivs	7
3.3.1 Beobachtung und Datenanalyse	7
3.3.2 Diskussion	9
3.4 Auflösung einer Einzellinse	9
3.4.1 Beobachtung und Datenanalyse	9
3.4.2 Diskussion	9
3.5 Auflösung der Lochblende	9
3.5.1 Beobachtung und Datenanalyse	9
3.5.2 Diskussion	9
4 Schlussfolgerung	9

1 Kurzfassung

Es wird das Auflösungsvermögen und die Schärfentiefe einer Digitalkamera mit unterschiedlichen Optiken vor dem Sensor untersucht.

2 Methoden

Für die Versuchsdurchführung wird eine Nikon D3200 verwendet, die zunächst auf die Werkseinstellungen zurückgesetzt wird. Als erstes wird ein Nikkor 50 mm Objektiv an die Kamera angebracht und die Kamera auf den rechten, um 45° gekippten Teil des in Abb. 1 dargestellten Testcharts ausgerichtet. Mithilfe von digitalen Zoom wird die Mitte der Skala von -10 cm bis 10 cm am Objektiv scharf gestellt. Dann werden für alle acht Blendenzahlen in ganzen Stufen von 1 bis 22 je ein Bild des Testcharts aufgenommen, um die Schärfentiefe in Abhängigkeit von der Blendenzahl bestimmen zu können. Die Belichtungszeit wählt die Kamera automatisch.

Das Objektiv wird durch eine Einzellinse mit einer Brennweite von 60 mm ersetzt. Um die Auflösung bestimmen zu können, wird für drei verschiedene Durchmesser der eingeschraubter Blende und ohne zusätzliche Blende je eine Fotografie von zwei Siemenssternen angefertigt. Einer der Siemenssterne befindet sich dabei möglichst nah an der Mitte und einer am Rand der Fotografie. Die Belichtungszeit wird dabei bei Halbierung des Blendendurchmessers vervierfacht, um die Belichtung der Bilder konstant zu halten. Das Scharfstellen erfolgt durch Drehen des Tubus der Einzellinse.

Zuletzt werden Linse und Blende durch eine Lochblende mit einem deutlich kleineren Durchmesser ersetzt. Die Kamera wird deutlich näher am Testchart positioniert.

Bei allen Fotografien wird der Abstand der Kamera vom Testchart mit einem Maßband gemessen und notiert.

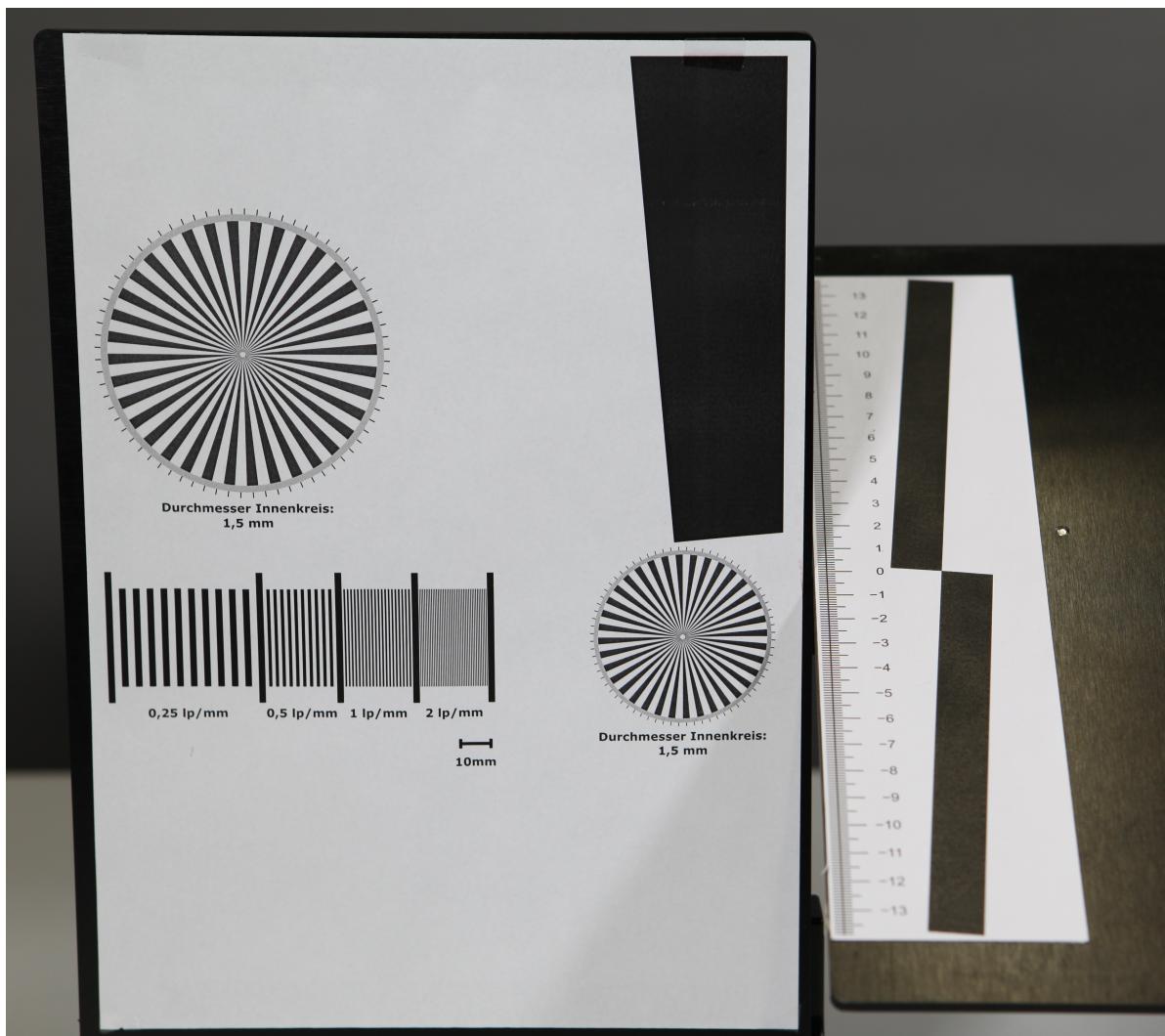


Abbildung 1: Das Testchart, das verwendet wurde, um die Eigenschaften der Kamera und Optiken zu untersuchen. Entnommen aus [1]

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Unsicherheiten

Die Unsicherheiten werden gemäß GUM ermittelt. Außerdem wird für Unsicherheitsrechnungen die Python-Bibliothek „uncertainties“ verwendet.

Abstandmessung: Die Messung des Abstands zwischen Kamera und Testchart wurde mit einem Maßband durchgeführt. Dabei wurde die Unsicherheit mit 0,81 cm abgeschätzt (dreieckige WDF).

Pixelanzahl: Die farblichen Übergänge der Pixel waren nicht eindeutig von schwarz zu weiß. Deshalb wurde hierbei eine Unsicherheit von 3 px verwendet.

Subjektive Schärfe: Inwiefern ein Fehler für die Angabe eines subjektiven Werts sinnvoll ist, ist fraglich. Dennoch soll hier eine Unsicherheit von 1 cm auf der schrägen Skala angenommen werden, um sicherzugehen, dass immer möglichst gleich scharfe Bereiche gewählt werden.

3.2 Schärfentiefe des Nikkor-Objektivs

3.2.1 Beobachtung und Datenanalyse

Theoretische Berechnung

Die Schärfentiefe S_{theo} ergibt sich aus der Entfernung zwischen Nah- und Fernpunkt. Also $S_{\text{theo}} = |d_h - d_f|$. Mit den in der Einführung gegebenen Formeln:

$$d_n = \frac{g \cdot (d_h - f)}{(d_h - f) + (g - f)} \quad (1)$$

$$d_f = \begin{cases} \frac{g \cdot (d_h - f)}{(d_h - f) + (f - g)} & \text{wenn } g < d_h \\ \infty & \text{wenn } g \geq d_h \end{cases} \quad (2)$$

wobei d_h die hyperfokale Entfernung ist:

$$d_h = \frac{f^2}{k \cdot Z} + f \quad (3)$$

Es folgt also eine Schärfentiefe von:

$$S_{\text{theo}} = \left| \frac{2f^2 g k Z (f - g)}{f^4 - k^2 Z^2 (f - g)^2} \right| \quad (4)$$

Dabei ist Z definiert als $D_B/1500$. D_B ist die Bilddiagonale. Sie wurde berechnet durch die Größe eines Pixels und die Auflösung der Kamera mit 6016 x 4000 Pixeln. Eine Strecke von 2 cm wurde mit (474 ± 3) Pixel aufgelöst, das heißt:

$$D_B = \frac{2 \text{ cm}}{(474 \pm 3) \text{ px}} \cdot \sqrt{6016 \text{ px}^2 + 4000 \text{ px}^2} = (30,5 \pm 0,2) \text{ cm} \quad (5)$$

Die Brennweite f des Objektivs beträgt 50 mm. Die Messung des Abstands zwischen Testchart und Kamera ergab $g = (64,00 \pm 0,81)$ cm. Einsetzen der jeweiligen Blendenzahl k ergibt die Schärfentiefen in Tabelle 1.

Subjektive Schärfentiefe

Die schräge Skala ist in einem Winkel von $(45 \pm 5)^\circ$ gekippt. Es ergibt sich ein Faktor $1/\sqrt{2 \pm 0,3}$ für die Umrechnung der Skala in Schärfentiefe, welche parallel zur Optischen Achse gemessen wird. Da die Skala bei ± 14 cm endet, lassen sich keine Schärfentiefen größer als 20 cm messen. In Tabelle 1 sind die subjektiven Schärfentiefen in Abhängigkeit von k aufgelistet.

Tabelle 1: Die nach Gleichung (4) berechneten Schärfentiefen S_{theo} sowie die subjektiven Schärfentiefen S_{subj} zu zugehörigem k .

k	S_{theo}	S_{subj}
1,8	(11,1 ± 0,3) cm	(4,2 ± 0,8) cm
2,8	(17,5 ± 0,5) cm	(6,4 ± 0,9) cm
4	(25,5 ± 0,7) cm	(9,2 ± 1,1) cm
5,6	(37,7 ± 1,1) cm	(16,3 ± 1,6) cm
8	(57,6 ± 1,9) cm	≥ 20 cm
11	(93,6 ± 3,6) cm	≥ 20 cm
16	(239,4 ± 16,8) cm	≥ 20 cm
22	(1180,0 ± 318,1) cm	≥ 20 cm

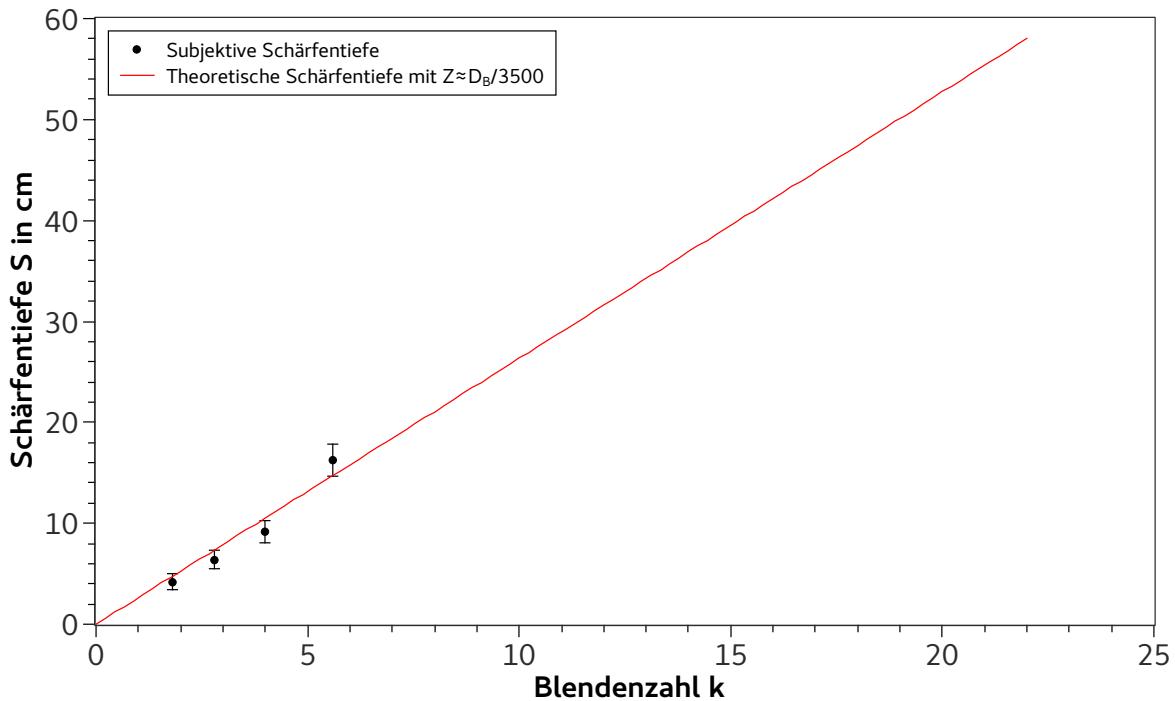


Abbildung 2: Die schwarzen Messpunkte sind die subjektiven Schärfentiefen die noch mit dem Testchart erkennbar waren. Die rote Funktion ist theoretische Schärfentiefe nach Gleichung (4) mit entsprechenden Parametern. Die einzige Änderung die durchgeführt wurde ist die Skalierung der Durchmessergrenze Z der Zerstreuungskreise mit einem Faktor von ca. 3/7.

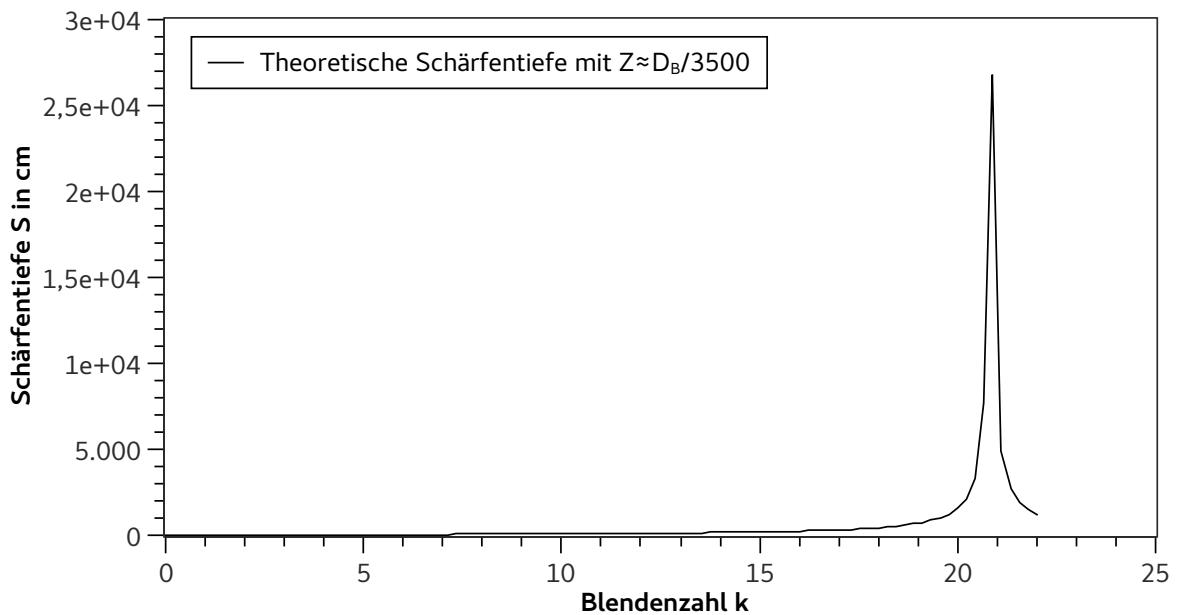


Abbildung 3: Die rote Funktion ist theoretische Schärfentiefe nach Gleichung (4) mit entsprechenden Parametern. Die Schärfentiefe S_{theo} divergiert gegen hohe Werte bei $k \approx 21$. Dies entspricht dem Fall $g \approx d_h$, sodass d_f divergiert.

3.2.2 Diskussion

3.3 Auflösung des Nikkor-Objektivs

3.3.1 Beobachtung und Datenanalyse

Beim Fotografieren war das Testchart ($107,00 \pm 0,81$) cm von der Kamera entfernt und orthogonal ausgerichtet. Die MTF-Kurven die sich mit dem ImageJ-Plugin berechnen lassen sind in Abb. 4 dargestellt. Es wurde für alle Kurven ein Oversampling von 1 verwendet. Die resultierenden Halbwertsfrequenzen sind in Abb. 5 gegen die Blendenzahl aufgetragen.

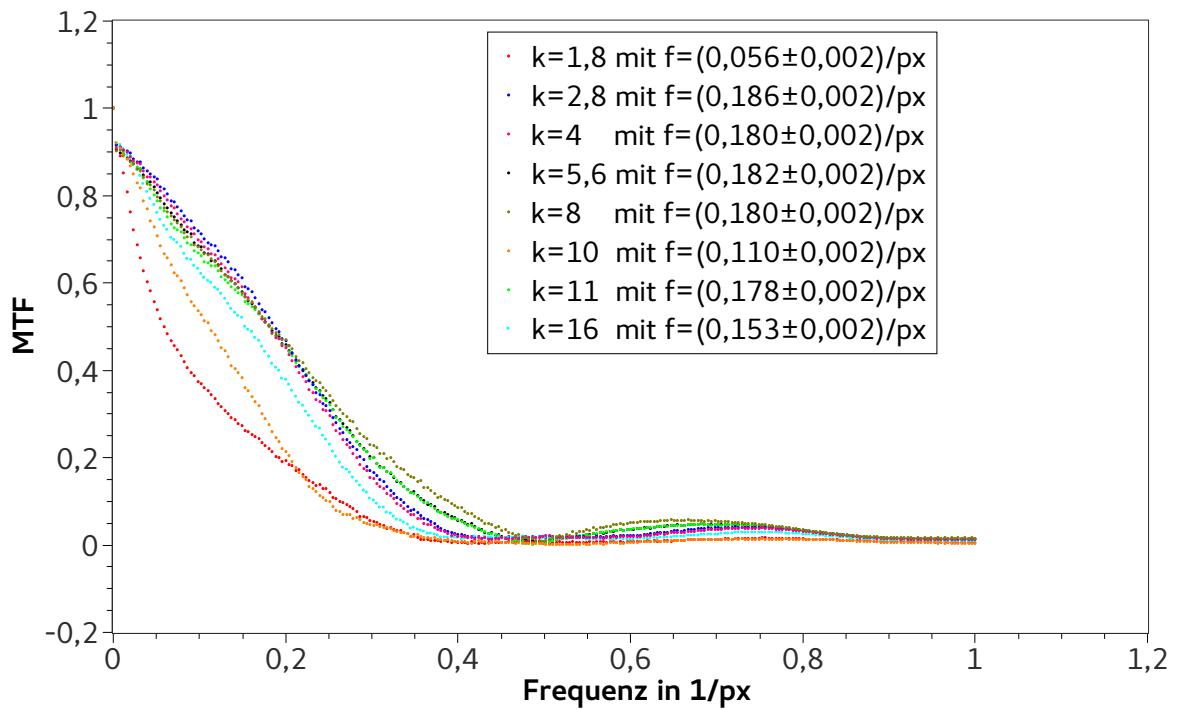


Abbildung 4: MTF-Kurven der untersuchte Blendenzahlen k , die durch das ImageJ-Plugin „Praktikum Slanted Edge MTF“ berechnet wurden. Zur jeweiligen Funktion ist die Halbwertsfrequenz f angegeben.

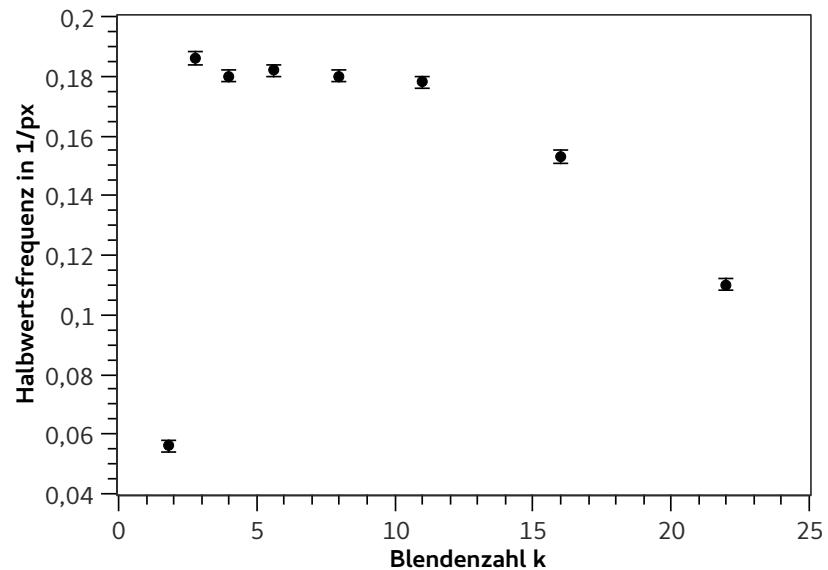


Abbildung 5: Die Halbwertsfrequenz der MTFs ist gegen die Blendenzahl aufgetragen.

3.3.2 Diskussion

3.4 Auflösung einer Einzellinse

3.4.1 Beobachtung und Datenanalyse

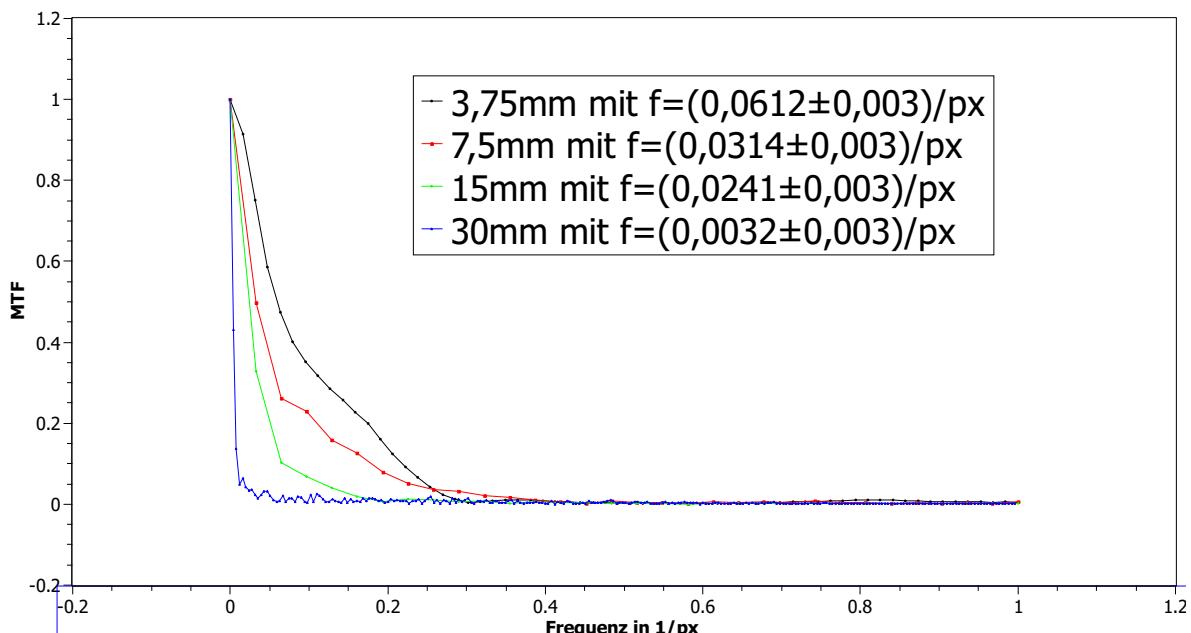


Abbildung 6: MTF-Kurven der Einzellinse bei unterschiedlichen Blendendurchmessern, die durch das ImageJ-Plugin „Praktikum Slanted Edge MTF“ berechnet wurden. Zur jeweiligen Funktion ist die Halbwertsfrequenz f angegeben.

3.4.2 Diskussion

3.5 Auflösung der Lochblende

3.5.1 Beobachtung und Datenanalyse

3.5.2 Diskussion

4 Schlussfolgerung

Literatur

- [1] WWU Münster. *O6 - Optische Abbildungen und digitale Kamera*. URL: <https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/course/view.php?id=28561§ion=24> (besucht am 14.07.2018).