

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 Beobachtung und Datenanalyse	4
3.1.1 Unsicherheiten	4
3.1.2 Untersuchung der Schärfentiefe	5
3.2 Diskussion	8
4 Schlussfolgerung	8

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.

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.

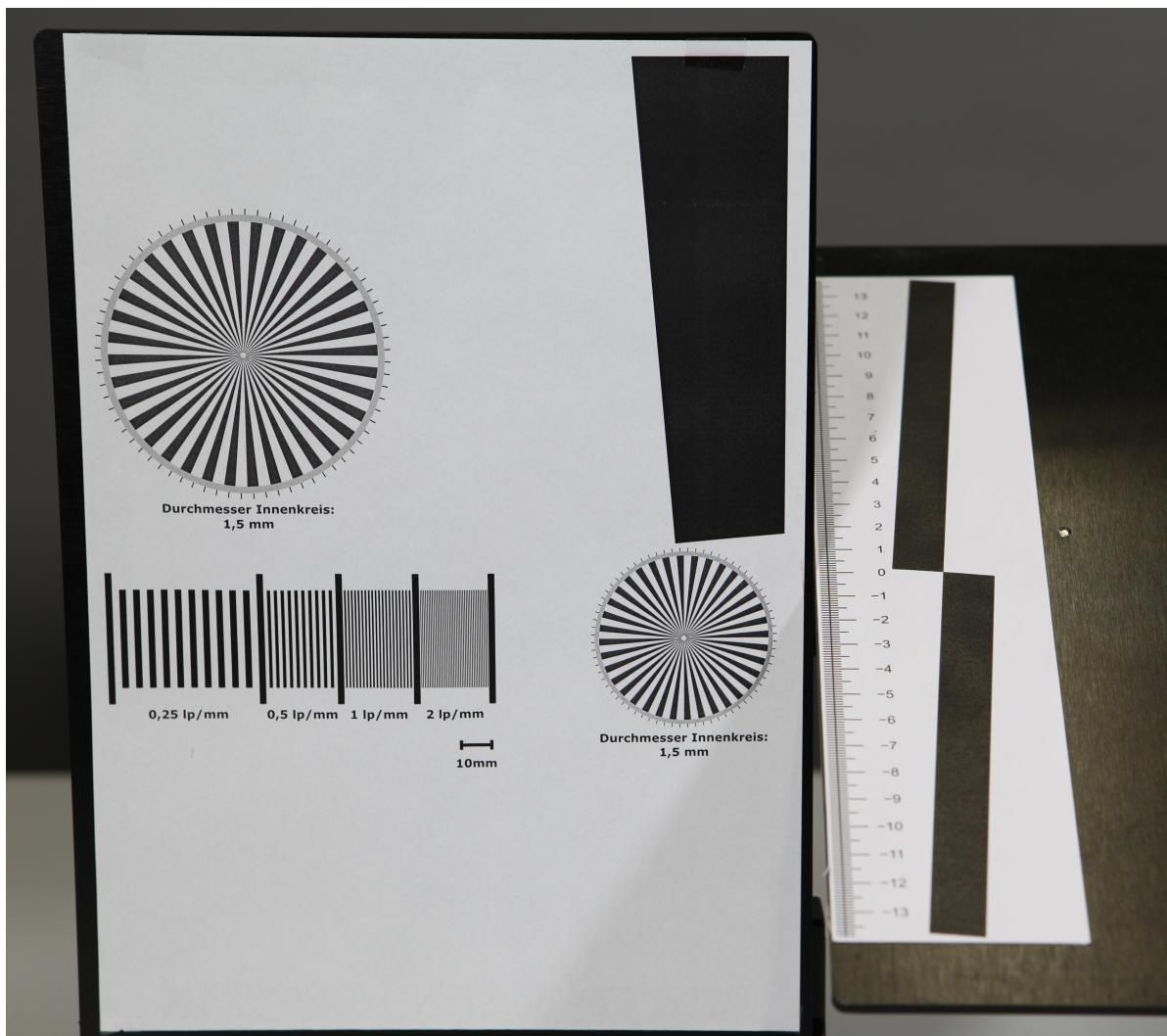


Abbildung 1: Das Testchart, das verwendet wurde, um die Eigenschaften der Kamera und Optiken zu untersuchen. Entnommen aus [1]

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beobachtung und Datenanalyse

3.1.1 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 die Angabe eines Fehlers für die Angabe eines subjektiven Werts sinnvoll ist, ist fraglich. Dennoch soll hier mit einer Unsicherheit von 1 cm auf der schrägen Skala angenommen werden, um sicherzugehen, dass immer möglichst gleich scharfe Bereiche gewählt werden.

3.1.2 Untersuchung der Schärfentiefe

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 des Objektivs f beträgt 50 mm. Die Messung des Abstands zwischen Testchart und Kamera ergab $g = (64,00 \pm 0,81)$ cm Einsetzen der jeweiligen k ergibt die Schärfentiefen in Tabelle 2.

Tabelle 1: Die nach Gleichung (4) berechneten Schärfentiefen.

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

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. In ?? sind die subjektiven Schärfentiefen in Abhängigkeit von k aufgelistet.

Tabelle 2: Die subjektiven Schärfentiefen.

k	S_{subj}
1,8	(4,2 ± 0,8) cm
2,8	(6,4 ± 0,9) cm
4	(9,2 ± 1,1) cm
5,6	(16,3 ± 1,6) cm
8	≥ 20 cm
11	≥ 20 cm
16	≥ 20 cm
22	≥ 20 cm

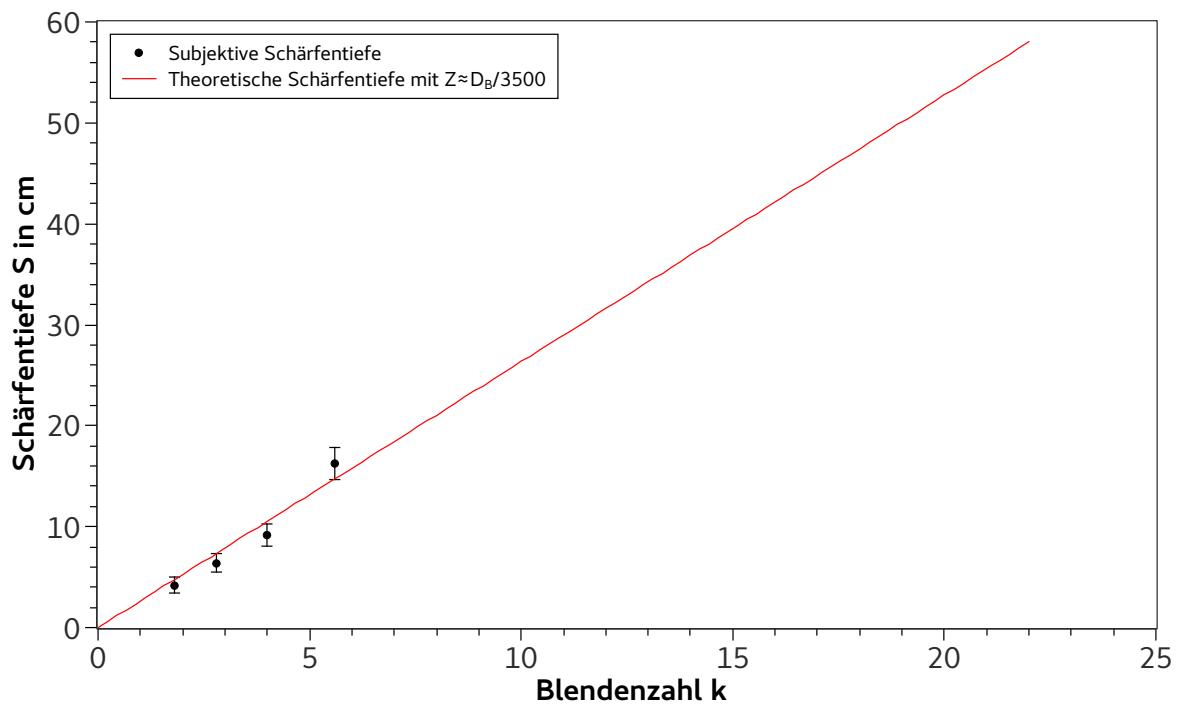


Abbildung 2: Die schwarzen Messpunkte sind die subjektiven Schärfentiefen die noch mit dem Testchart erkennbar waren. Die rote Funktion ist theoretische Schärfentiefe nach Gleichung (4) mit entsprechenden Parametern. Die einzige Änderung die durchgeführt wurde ist die Skalierung der Durchmessergrenze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

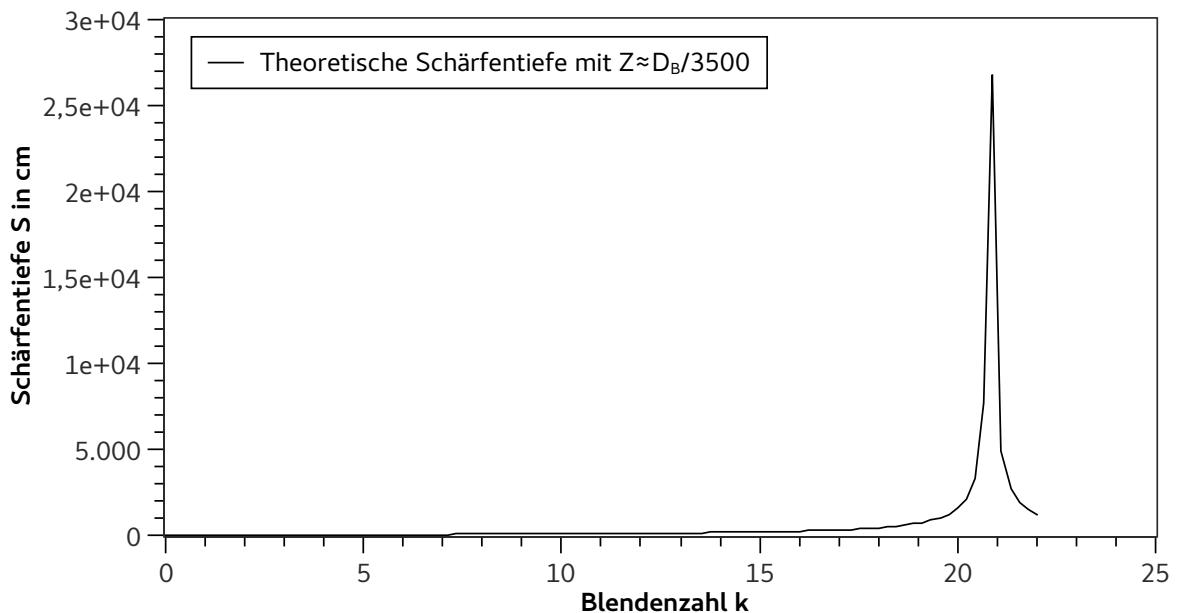


Abbildung 3: Die rote Funktion ist theoretische Schärfentiefe nach Gleichung (4) mit entsprechenden Parametern. Die Schärfentiefe $S_{text{theo}}$ divergiert gegen hohe Werte bei $k \approx 21$. Dies entspricht dem Fall $g \approx d_h$, sodass d_f divergiert.

3.2 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).