

Formelsammlung Fotografie

Martin Möller
www.martin-moeller.com

Stand: 20. April 2007

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	2
Lateinische Formelbuchstaben	2
Griechische Formelbuchstaben	2
1 Geometrische Optik	3
1.1 Lochkamera	3
1.2 Geometrische Abbildung	3
Literatur	4

Formelzeichen

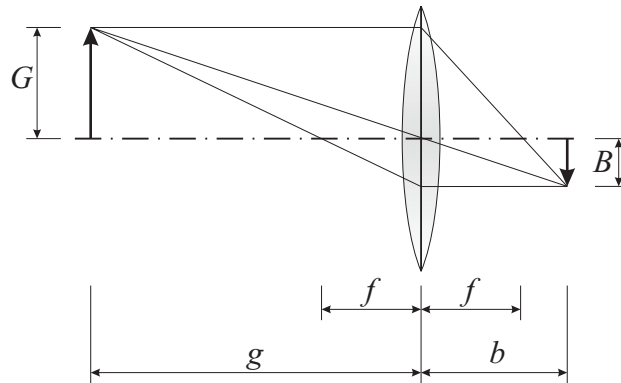


Abbildung 1: Abbildung an einer dünnen Sammellinse mit charakteristischen Größen

Lateinische Formelbuchstaben

Formelbuchstabe	Einheit ¹	Beschreibung
B	mm	Bildgröße
b	mm	Bildweite, Kameraauszug, Baulänge der Lochkamera
d	mm	Durchmesser (der Blende)
d_f	m (mm)	Entfernung bis zum hintersten scharf erscheinenden Punkt
d_n	m (mm)	Entfernung bis zum nächsten scharf erscheinenden Punkt
D	mm	Bilddiagonale des Aufnahmemediums (Film oder Chip)
f	mm	Brennweite
G	m (mm)	Gegenstandsgröße
g	m (mm)	Gegenstandsweite, Dingweite
m	–	Abbildungsmaßstab
T_s	m	Schärfentiefe
Z	mm	Zerstreuungskreisdurchmesser (Kleinbildformat: $Z = 0,029$ mm, Canon APS-C-Sensor: $Z = 0,01779$ mm)

Griechische Formelbuchstaben

Formelbuchstabe	Einheit	Beschreibung
λ	nm	Wellenlänge des Lichts, 400...700 nm
κ	–	Blendenzahl, relative Öffnung, $\kappa := \frac{f}{d}$

¹Angegeben ist hier die Einheit, in der die jeweilige Größe meist sinnvoll angegeben wird. Davon unabhängig sind in alle Formeln SI-Einheiten einzusetzen, so dass das Ergebnis auch eine SI-Einheit trägt.

1 Geometrische Optik

1.1 Lochkamera

optimaler Durchmesser der Belichtungsöffnung

$$d = \sqrt{\frac{2,56 \cdot \lambda}{\frac{1}{g} + \frac{1}{b}}}$$

1.2 Geometrische Abbildung

Linsengleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

Abbildungsgleichung

$$m = \frac{b}{g} = \frac{B}{G} = \frac{f}{g-f}$$

$$g = f \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad b = f \cdot (m+1)$$

Zerstreuungskreisdurchmesser

$$Z \approx \frac{D}{1500}$$

alternativ:

$$Z = \frac{D}{1719} \quad \text{oder} \quad Z = \frac{D}{2000}$$

Einflüsse auf die Schärfentiefe

1. Bei gleicher Brennweite und gleicher Gegenstandsweite ergibt sich eine geringe Schärfentiefe bei **großer Blendenöffnung** (kleiner Blendenzahl) und große Schärfentiefe bei **kleiner Blendenöffnung** (großer Blendenzahl)
2. Bei gleicher relativer Öffnung (κ) und gleicher Gegenstandsweite (g) ist die Schärfentiefe bei **kurzer Brennweite** größer als bei **langer Brennweite**.

3. Bei gleicher relativer Öffnung und gleicher Brennweite ist die Schärfentiefe bei **großer Gegenstandsweite** größer als bei **kleiner Gegenstandsweite**.

4. Im **Nahbereich** ist die Schärfentiefe nahezu unabhängig von der verwendeten Brennweite. Sie ist dann proportional zur Blendenzahl und ferner abhängig von Abbildungsmaßstab.

Hyperfokale Distanz

$$d_h = f \cdot \left(\frac{f}{\kappa \cdot Z} + 1\right) \approx \frac{f^2}{\kappa \cdot Z}$$

Bei Fokussierung auf die hyperfokale Distanz erstreckt sich der Schärfbereich von der halben hyperfokalen Entfernung bis ins Unendliche.

Schärfentiefe

$$d_n = \frac{g \cdot f^2}{f^2 + \kappa \cdot Z \cdot (g-f)} = \frac{g \cdot d_h}{d_h + g - f} \stackrel{g \gg f}{\approx} \frac{d_h \cdot g}{d_h + g}$$

$$d_f = \frac{g \cdot f^2}{f^2 - \kappa \cdot Z \cdot (g-f)} = \frac{g \cdot d_h}{d_h - g + f} \stackrel{g \gg f}{\approx} \frac{d_h \cdot g}{d_h - g}$$

$$T_s = d_f - d_n = \frac{2 \cdot d_h \cdot g \cdot (g-f)}{d_h^2 - (g-f)^2} \stackrel{g \gg f}{\approx} \frac{2 \cdot d_h \cdot g^2}{d_h^2 - g^2}$$

Im Nahbereich ($m \geq 1 : 10$) ist die Tiefenschärfe näherungsweise unabhängig von der Brennweite:

$$T_s = d_f - d_n = \frac{2 \cdot Z \cdot \kappa \cdot (m+1)}{m^2 - \left(\frac{\kappa \cdot Z}{f}\right)^2} \approx \frac{2 \cdot Z \cdot \kappa \cdot (m+1)}{m^2}$$

Das Verhältnis zwischen der Ausdehnung der Schärfe vor dem fokussierten Punkt zur Ausdehnung der Schärfe hinter dem fokussierten Punkt² ergibt sich zu:

$$\frac{g - d_n}{d_f - g} = \frac{d_n}{d_f}$$

²Dieses Verhältnis ist nur im Sonderfall gleich $\frac{1}{3} : \frac{2}{3}$. Insbesondere geht es, wenn die fokussierte Distanz f gegen die hyperfokale Distanz d_h geht, gegen null.

Literatur

- [1] Marchesi, Jost J.: **Handbuch der Fotografie. Geschichte, chemische und optische Grundlagen**, Verlag Photographie, Schaffhausen, 1993. ISBN 3-7231-0024-4
Ein grundlegendes Buch mit anschaulichen Erklärungen, enthält leider einige Fehler.

- [2] Jennrich, Olliver: **Ein Blick auf die Schärfentiefe**. Version 0.2, November 1999.
www.traxel.de/foto/df/schaerftiefe.pdf
Konsequente mathematisch-physikalische Herleitungen.