

Abbildungsschärfe I:

Optik, geometrische Schärfe und Schärfentiefe

Schärfentiefe und Brennweite

Auch hier benutzen wir zunächst wieder die Daten der zuvor durchgeführten Berechnungen ($G=5000$ mm, $f/8$, $z=0,03$ mm) und variieren die Brennweite zwischen $f=50$ mm und $f=100$ mm (siehe nächste Seite).

Für $f=50$ mm ergibt sich eine Gesamtschärfentiefe von $9,4 \text{ m} - 3,4 = 6 \text{ m}$.

Für $f=100$ mm ergibt sich $5,67 \text{ m} - 4,47 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$

Die Verlängerung der Brennweite kostet uns also Schärfentiefe und die Verkürzung bringt uns einen größeren akzeptabel scharfen Bereich. Wiederum können wir dies Verhalten rechnerisch erklären: Die Verdoppelung der Brennweite vervierfacht die Zähler in D_v und D_h während sich die Nenner in einem anderen Verhältnis vergrößern. Der in D_v verdreifacht sich, jener in D_h versiebenfacht sich annähernd. In der

Geometrie und Berechnung der Schärfentiefe
Schärfentiefe und Brennweite

Berechnung der vorderen und hinteren Grenze der Schärfentiefe (S_v und S_h) für die Kombination $f=50$ mm, $G=5000$ mm, $f/5,6$, $z=0,03$ mm

$$S_v = \frac{Gf^2}{(f^2 + Nz(G - f))}$$

$$S_v = \frac{5000 * 50^2}{(50^2 + 8 * 0,03 * (5000 - 100))}$$

$$S_v = \frac{12500000}{(2500 + 0,24 * 4900)}$$

$$S_v = \frac{12500000}{(2500 + 1176)}$$

$$S_v = \frac{12500000}{3676}$$

$$S_v = 3400,4 \text{ mm} = 3,4 \text{ m}$$

$$S_h = \frac{Gf^2}{(f^2 - Nz(G - f))}$$

$$S_h = \frac{5000 * 50^2}{(50^2 - 8 * 0,03 * (5000 - 100))}$$

$$S_h = \frac{12500000}{(2500 - 0,24 * 4900)}$$

$$S_h = \frac{12500000}{(2500 - 1176)}$$

$$S_h = \frac{12500000}{1324}$$

$$S_h = 9441,1 \text{ mm} = 9,4 \text{ m}$$

Berechnung der vorderen und hinteren Grenze der Schärfentiefe (S_v und S_h) für die Kombination $f=100$ mm, $G=5000$ mm, $f/8$, $z=0,03$ mm

$$S_v = \frac{Gf^2}{(f^2 + Nz(G - f))}$$

$$S_v = \frac{5000 * 100^2}{(100^2 + 8 * 0,03 * (5000 - 100))}$$

$$S_v = \frac{50000000}{(10000 + 0,24 * 4900)}$$

$$S_v = \frac{50000000}{(10000 + 1176)}$$

$$S_v = \frac{50000000}{11176}$$

$$S_v = 447387 \text{ mm} = 4,47 \text{ m}$$

$$S_h = \frac{Gf^2}{(f^2 - Nz(G - f))}$$

$$S_h = \frac{5000 * 100^2}{(100^2 - 8 * 0,03 * (5000 - 100))}$$

$$S_h = \frac{50000000}{(10000 - 0,24 * 4900)}$$

$$S_h = \frac{50000000}{(10000 - 1176)}$$

$$S_h = \frac{50000000}{8824}$$

$$S_h = 5666,36 \text{ mm} = 5,67 \text{ m}$$

Abbildungsschärfe I:

Optik, geometrische Schärfe und Schärfentiefe

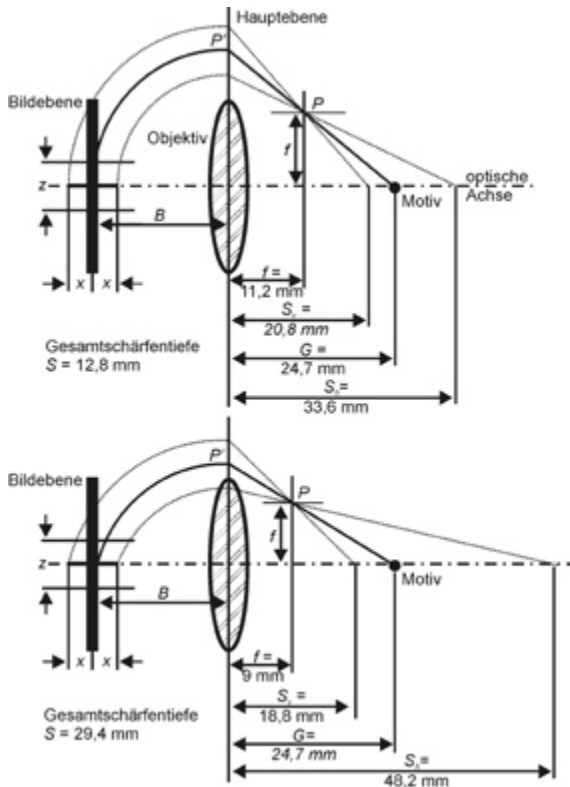


Abb. 30: Brennweite und Schärfentiefe

Summe reduzieren sich beide Brüche im Vergleich zur kürzeren Brennweite und die Schärfentiefe schrumpft. Und auch hier finden wir wieder die schon bekannte Nichtlinearität zwischen dem akzeptabel scharfen Bereich vor dem Fokus und dem dahinter. Denn D_v nimmt weniger stark ab als D_h und deshalb verschiebt sich die Schär-

Tabelle 4 Verteilung der Schärfentiefe in Abhängigkeit der Brennweite

f	Anteil der Schärfentiefe v.d. Fokuspunkt	Anteil der Schärfentiefe h.d. Fokuspunkt
10 mm	70,2 %	29,8 %
20 mm	60,1 %	39,9 %
50 mm	54,0 %	46,0 %
100 mm	52,0 %	48,0 %
200 mm	51,0 %	49,0 %
400 mm	50,5 %	49,5 %

fentiefe mit zunehmender Brennweite immer mehr zugunsten des näherliegenden Bereichs. Mit Tabelle 4 biete ich Ihnen natürlich auch hier wieder eine Aufstellung, die dies für einen großen Brennweitenbereich veranschaulicht.

Auch hier erklären die Strahlengänge in Abb. 30 das Geschehen noch etwas besser als die Mathematik.

So, bei den Berechnungen in den vorigen beiden Abschnitten hat sich die Schärfentiefe durch die Vergrößerung des jeweiligen Faktors ebenfalls vergrößert. Im Fall der Brennweite verhält sie sich aber umgekehrt. Warum? Zwei Abschnitte zuvor haben wir gelernt, daß sich A) der effektive Blendendurchmesser nach dem Bezug $d = f/N$ (Durchmesser = Brennweite/Blendennummer) ergibt und B) die Schärfentiefe größer wird, wenn man die Blende verkleinert. Da lange Brennweite größere effektive Blenden-

Tabelle 5 Schärfentiefe und Brennweite
Schärfentiefe für Gegenstandsweite 10 m, Zerstreuungskreisdurchmesser 0,03 mm

Brennweite / Blende	f/2,0	f/2,8	f/4,0	f/5,6	f/8,0	f/11	f/16	f/22
24 mm	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
50 mm	5,06 m	7,53 m	12,37 m	24,19 m	218,1 m	∞	∞	∞
100 mm	1,19 m	1,67 m	2,41 m	3,42 m	5,04 m	7,31 m	12,28 m	22,8 m
200 mm	0,29 m	0,41 m	0,60 m	0,82 m	1,18 m	1,63 m	2,38 m	3,32 m
400 mm	0,072 m	0,10 m	0,14 m	0,20 m	0,29 m	0,40 m	0,58 m	0,79 m

Tabelle 6 Schärfentiefe und Abbildungsmaßstab 1
Schärfentiefe für f/2,8, Zerstreuungskreisdurchmesser 0,03 mm

Abb.-Maßstab / Brennweite	24 mm	50 mm	100 mm	200 mm	400 mm
1:2	0,00010 m	0,00010 m	0,00010 m	0,00010 m	0,00010 m
1:1	0,00034 m	0,00033 m	0,00033 m	0,00033 m	0,00033 m
1:10	0,0182 m	0,0185 m	0,0185 m	0,0185 m	0,0185 m
1:100	1,94 m	1,75 m	1,71 m	1,70 m	1,70 m
1:1000	∞	∞	571,22 m	204,19 m	175,39 m

Tabelle 7 Schärfentiefe und Abbildungsmaßstab 2
Schärfentiefe für f/11, Zerstreuungskreisdurchmesser 0,03 mm

Abb.-Maßstab / Brennweite	24	50	100	200	400
1:2	0,00039 m	0,00039 m	0,00039 m	0,00039 m	0,00039 m
1:1	0,00132 m	0,00132 m	0,00132 m	0,00132 m	0,00132 m
1:10	0,074 m	0,073 m	0,073 m	0,073 m	0,073 m
1:100	∞	11,81 m	7,48 m	6,85 m	6,71 m
1:1000	∞	∞	∞	∞	2069 m

durchmesser aufweisen als kurze ($d = 24\text{mm}/5,6 = 4,3$ bzw. $d = 200\text{mm}/5,6 = 35,7$) müssen sie also unweigerlich eine geringere Schärfentiefe besitzen. Damit bestätigt die Mathematik, was wir

landläufig wissen: Weitwinkel weisen einen größeren Schärfebereich auf als Teleobjektive (Tabelle 5).

Nun gibt es aber zahlreiche Print- und Webpublikationen, die uns glau-

Abbildungsschärfe I:

Optik, geometrische Schärfe und Schärfentiefe

ben machen wollen, daß die Schärfentiefe enger an den Vergrößerungsmaßstab und die Blende gebunden ist als an die Brennweite. Dies belegen sie mit Beispielbildern und Zahlen, die nachweisen, daß die Gesamtschärfentiefe unabhängig von der Brennweite annähernd gleich ist, wenn die Abbildungsgröße des Objekts konstant gehalten wird. Dieser Behauptung wollen wir mit den Tabellen 6 und 7 mal auf den Grund gehen.

Diese beiden Tabellen belegen, daß die Aussage, die Schärfentiefe hänge nur vom Abbildungsmaßstab ab, nur für Maßstäbe zwischen 1:2 und 1:10 annähernd gilt. Bei kleineren Maßstäben gilt sie dagegen nicht mehr, sondern die Schärfentiefe nimmt mit zunehmender Brennweite ab. Was wir beobachten, ist also lediglich eine Anomalie der Regel. Der Grund für den verbreiteten Irrglauben, die Schärfentiefe sei unabhängig von der Brennweite, sofern der Vergrößerungsmaßstab gleich bleibt,

mag daran liegen, daß die Aussage für häufig benutzte Brennweiten und Porträts bzw. Silben näherungsweise gilt. Vor allem bei Landschaftsaufnahmen liegt sie aber weit daneben. In ihnen gibt es häufig kein Hauptmotiv und deswegen ergibt die Beibehaltung des Abbildungsmaßstabes auch keinen Sinn: Wechseln Sie die Brennweite und halten die Abbildungsgröße an einer Stelle durch Veränderung der Entfernung konstant, verändern Sie zwangsläufig die Größen der weiter entfernten bzw. näher gelegenen Motivteile.

Wenn wir uns die Zahlen genau anschauen, wie es Tabelle 8 für das besonders repräsentative Anomaliefenster tut, können wir noch etwas lernen. Das nämlich, auch wenn die Gesamtschärfentiefe gleich bleibt, ihr prozentualer Anteil an der Entfernung mit zunehmender Brennweite abnimmt. Dieses umgekehrtproportionale Verhalten sorgt dafür, daß uns die Schärfentiefe klein und der Raum gerafft erscheint

Tabelle 8 Schärfentiefe und Abbildungsmaßstab 3
Maßstab 1:10, Zerstreungskreisdurchmesser 0,03 mm, $f/8$

Brennweite f	Entfernung S	Nahpunkt $D1$	Fernpunkt $D2$	Schärfentiefe S	Schärfentiefe als Anteil der Entfernung in %
24 mm	26,4 cm	24,0 cm	29,33 cm	5,33 cm	20,2
50 mm	55,0 cm	52,48 cm	57,77 cm	5,29 cm	9,7
100 mm	110,0 cm	107,00 cm	113,00 cm	5,28 cm	4,8
200 mm	220,0 cm	217,00 cm	223,00 cm	5,28 cm	2,4
400 mm	440,0 cm	437,00 cm	443,00 cm	5,28 cm	1,2

und erklärt das Verhalten, für das wir die Telebrennweiten so lieben oder hassen.

Ganz am Ende dieser drei Abschnitte zu den Haupteinflußgrößen der Schärfentiefe mögen Sie sich fragen, warum ich es bei sehr allgemeinen Aussagen wie „*Ablenden vergrößert die Schärfentiefe*“ belassen habe und Ihnen keine klaren Ansagen à la „*die Verringerung der Blende um eine Stufe verdoppelt die Schärfentiefe*“ an die Hand gegeben habe. – Manche Publikationen zum Thema tun dies schließlich. Die Antwort geht im Prinzip aus den Berechnungen hervor: All diese Pauschalierungen („*die Verdoppelung der Entfernung vervierfacht die Schärfentiefe*“ oder „*die Halbierung der Brennweite vervierfacht die Schärfentiefe*“) taugen immer nur für jenes enge Entfernungsfenster, das einerseits nicht im Makrobereich (die Gegenstandsweite muss mehrmals größer als die Brennweite sein) und andererseits nicht nah an der Hyperfokaldistanz (entspricht f/N^2z , siehe folgender Abschnitt) liegt. Dort geben sie die Tendenz der Veränderung richtig wieder, fallen darüber und darunter aber schnell auseinander. Das beste Beispiel dafür ist die Hyperfokaldistanz. Nähert sich ihr die Fokuserfernung, so vergrößert sich die Schärfentiefe quasi exponentiell. Dies geschieht bei kurzen Brennweiten viel eher als bei lan-

gen, weil die Hyperfokaldistanz dort geringer ist. Am Ende aller Beschreibungen besitzt die Schärfentiefe also eine Quantität, die sich jeweils aus den Formeln ergibt und wir müssen uns damit abfinden, daß sie aufgrund der ihr innewohnenden Komplexität nicht vollständig in plakative „über-den-Daumen-Regeln“ gefaßt werden kann. Aus diesem Grund ist fast alles, was Sie an der einen oder anderen Stelle zur Schärfentiefe hören oder lesen, unter manchen Rahmenbedingungen falsch und die einzigen annähernd universell anwendbaren qualitativen Aussagen sind eben jene, die ich benutzt habe.