

SCHÄRFENTIEFE UND ABBILDUNGS- MASSTAB BEI DER LUPENFOTOGRAFIE

Von Dr. ALFRED GRABNER

(Staatliche Graphische Lehr- und Versuchsanstalt, Wien)

Bekanntlich kann man bei der Fotografie auf ein und derselben Aufnahme nicht beliebig nahe und beliebig ferne Dinge gleichzeitig scharf abbilden. Man bezeichnet jene in der Aufnahmerichtung gemessene Tiefe des im Foto abgebildeten Dingraumes, welche mit ungefähr gleicher und jedenfalls hinreichender Schärfe abgebildet wird, als „Gesamtschärfentiefe“ (t_0). Diese Gesamtschärfentiefe beginnt in einer bestimmten Entfernung vom Objektiv, welche man als „Vordere Grenze der Schärfentiefe“ (a_1) bezeichnet und endet in einer Entfernung, welche „Hintere Grenze der Schärfentiefe“ (a_2) genannt wird. Was zwischen der vorderen Grenze der Schärfentiefe und der Kamera liegt und was von dieser weiter entfernt ist als die hintere Grenze der Schärfentiefe, bleibt rettungslos unscharf. Zwischen der vorderen und der hinteren Grenze der Schärfentiefe liegt in der „Einstellentfernung“ (a_0) die eigentliche Einstellenebene, auf welche mit Mattscheibe oder Entfernungsmesser eingestellt ist. Dadurch zerfällt die Gesamtschärfentiefe in zwei Abschnitte, in die „Schärfentiefe nach vorne“ (t_1), von der Einstellentfernung bis zur vorderen Grenze der Schärfentiefe (also in der Richtung zur Kamera her), und in die „Schärfentiefe nach hinten“ (t_2), von der Einstellentfernung bis zur hinteren Grenze der Schärfentiefe (also in der Richtung von der Kamera weg). Diese beiden Teil-Schärfentiefen sind niemals gleich groß, sondern stets ist die Schärfentiefe nach hinten größer als die nach vorne. Der Unterschied ist bei Aufnahmen aus der Nähe nur gering, wächst aber bei größeren Entfernungen bald an, so daß bei der sogenannten „Nah-Fern-Einstellung“ die Schärfentiefe nach hinten unendlich groß ist, während die Schärfentiefe nach vorne gleich der Hälfte der Einstellentfernung — also zumeist nur ein paar Meter — ist. Bei den uns in dieser Zeitschrift interessierenden Gebieten — der Fotografie mit geringen Verkleinerungen, der Darstellung in natürlicher Größe, der gering vergrößernden „Lupenfotografie“ und der Mikrofotografie — liegt also jedenfalls die Einstellenebene ungefähr in der Mitte zwischen der vorderen und der hinteren Grenze der Schärfentiefe.

Wer es schon versucht hat, kleine Dinge — seien dies nun Kleintiere, Blüten, kleine Mineralstücke, aber auch kleine Werkzeuge oder kleine Kunstgegenstände — zu fotografieren, hat sicher schon die Erfahrung gemacht, daß es sehr schwer, oft sogar vollkommen unmöglich ist, das Motiv in seiner ganzen Tiefenerstreckung hinreichend scharf zu erfassen, es will und will nicht gelingen die Schärfentiefe über das ganze darzustellende Objekt zu erstrecken. Der Grund für diese Tatsache, die schon manchen bei der wissenschaftlichen Fotografie schier zur Verzweiflung gebracht hat, liegt darin,

daß bei großer Einstellentfernung¹⁾, also bei kleinem Abbildungsmaßstab, auch die Schärfentiefe groß ist, bei kleinen Einstellentfernungen, also großem Abbildungsmaßstab, aber gering. Bei einer Landschaftsaufnahme hat man mit der Schärfentiefe keinerlei Schwierigkeiten, bei einem Porträt muß man schon vorsichtig sein, bei einer Lupenfotografie können die Unannehmlichkeiten ins Gigantische wachsen!

Bezeichnet man

Brennweite des verwendeten Objektivs = f

Blendenzahl, d. h. der reziproke Wert der bei der Aufnahme verwendeten relativen Öffnung des Objektivs = q

Durchmesser des größtzulässigen Zerstreuungskreises (siehe Tafel 1 [Seite 112] für die verschiedenen Aufnahmeformate) = z

Einstellentfernung, d. h. Entfernung der Einstellebene vom vorderen Hauptpunkt des Objektivs = a_0

Vordere Grenze der Schärfentiefe, d. h. deren Entfernung vom vorderen Hauptpunkt des Objektivs = a_1

Hintere Grenze der Schärfentiefe, d. h. deren Entfernung vom vorderen Hauptpunkt des Objektivs = a_2

Vordere Schärfentiefe, d. h. die Entfernung von der Einstellebene bis zur vorderen Grenze der Schärfentiefe (Richtung zur Kamera her) = t_1

Hintere Schärfentiefe, d. h. die Entfernung von der Einstellebene bis zur hinteren Grenze der Schärfentiefe (Richtung von der Kamera weg) = t_2

Gesamtschärfentiefe, d. h. Entfernung von der vorderen Grenze der Schärfentiefe bis zur hinteren Grenze der Schärfentiefe = t_0

so ergeben sich

$$(1) \text{ Vordere Grenze der Schärfentiefe } (a_1) = \frac{a_0 f^2}{f^2 + q \cdot z \cdot (a_0 - f)}$$

$$(2) \text{ Hintere Grenze der Schärfentiefe } (a_2) = \frac{a_0 f^2}{f^2 - q \cdot z \cdot (a_0 - f)}$$

$$(3) \text{ Vordere Schärfentiefe } (t_1) = \frac{a_0}{f^2} \cdot \frac{1}{(a_0 - f) \cdot q \cdot z + 1}$$

$$(4) \text{ Hintere Schärfentiefe } (t_2) = \frac{a_0}{f^2} \cdot \frac{1}{(a_0 - f) \cdot q \cdot z - 1}$$

$$(5) \text{ Gesamtschärfentiefe } (t_0) = t_1 + t_2$$

Da die Schärfentiefe in der Fotografie eine sehr wichtige Rolle spielt, gibt es im Fotohandel eine ganze Reihe von Schärfentiefetafeln, welche zumeist

¹⁾ Die Größe der Einstellentfernung ist immer in bezug auf die Brennweite des verwendeten Objektivs zu werten, 5 m sind für ein 5-cm-Objektiv weit, für ein 50-cm-Objektiv aber nah.

so eingerichtet sind, daß man für eine bestimmte Einstellentfernung eine bestimmte Blendenzahl und eine bestimmte Objektivbrennweite, die vordere und hintere Grenze der Schärfentiefe unmittelbar in Meter ablesen kann. Diese handelsüblichen Tafeln sind für die gewöhnliche Fotografie, also vor allem für Landschaft, Porträt und Reportage, ausgezeichnet brauchbar. Für den Grenzbereich zwischen Makro- und Mikrofotografie, für die Aufnahmen mit schwachen Verkleinerungen oder schwachen Vergrößerungen gibt es aber keine solchen Tafeln oder, richtiger gesagt, die wenigen vorhandenen sind ganz unzureichend. Und nirgends wären doch Angaben über die Schärfentiefe wichtiger als gerade hier!

Daß es keine oder zum mindesten keine brauchbaren Schärfentiefetafeln für die Lupenfotografie gibt, hat verschiedene gute Gründe:

Fürs erste ist es bei der Lupenfotografie nicht gut möglich, mit Entfernungen vom Objektiv zu operieren. Jede fotografische Entfernung — sei dies nun die Entfernung der Einstellebene oder die vordere oder hintere Grenze der Schärfentiefe — muß ja genau genommen vom entsprechenden Hauptpunkt des Objektivs aus gemessen werden. Das zu tun, fällt nun natürlich bei einer Landschafts- oder Porträtaufnahme keinem Menschen ein, sondern man mißt, wenn man schon sehr exakt sein will, vom Scheitel der Objektivfrontlinse aus. Diese stillschweigende Gleichsetzung ist aber bei der Lupenfotografie nicht mehr zulässig, denn bei dieser ist die Einstellweite stets so klein, daß die Entfernung, um welche der vordere Hauptpunkt des Objektivs vom Scheitel der Frontlinse entfernt ist, schon eine Rolle spielt. Ganz abgesehen davon ist es bei der Lupenfotografie oft überhaupt schwierig, die Entfernung Objektiv—Objekt hinreichend genau zu messen. Diesen Schwierigkeiten und Unzukömmlichkeiten entgeht man sofort, wenn man bei Berechnungen über die Schärfentiefe von Lupenaufnahmen alle auf das Objektiv bezogene Entfernungen überhaupt eliminiert und durch Angaben des Abbildungsmaßstabes ersetzt. Den Abbildungsmaßstab kann man nämlich für wenig verkleinerte oder wenig vergrößerte Aufnahmen bei einer Mattscheibenkamera leicht schätzen, bei einem mattscheibenlosen Apparat aber auch nicht viel schwieriger durch Testaufnahmen eines Maßstabes für einige bestimmte Entfernungen feststellen.

Zum zweiten ist die Fragestellung eine andere. Bei der normalen Fotografie wird auf das in einer bestimmten Entfernung befindliche Hauptmotiv eingestellt und die Schärfentiefetafel soll Antwort geben, ob ein in bestimmter Entfernung befindlicher Vordergrund oder Hintergrund noch hinreichend scharf wird. Bei der Lupenfotografie aber hat zumeist das Motiv selbst eine so beträchtliche Tiefe, daß eben diese Tiefe als die gegebene Konstante betrachtet werden muß und die Tafel Auskunft geben soll, wie die übrigen Aufnahmebedingungen beschaffen sein müssen, damit diese Tiefe in ihrer ganzen Erstreckung hinreichend scharf erfaßt wird.

Und drittens ist es für die Lupenfotografie nicht wichtig zu wissen, wo die vordere und hintere Grenze der Schärfentiefe liegt und ebenso uninteressant ist es, wie weit sich die vordere und hintere Schärfentiefe erstreckt —

wir kennen ja (wie schon oben dargelegt) gar nicht mit hinreichender Genauigkeit die Einstellentfernung —, vielmehr ist das, was durch die Art des Motives gegeben ist, die Gesamtschärfentiefe und von dieser muß die Berechnung der Tafel ausgehen.

Um die bis heute noch ganz ungeklärten Verhältnisse der Schärfentiefe in der Grenzzone zwischen Makrofotografie (Abbildungsmaßstab kleiner als 1) und Mikrofotografie (Abbildungsmaßstab größer als 1) einigermaßen durchschauen zu können, habe ich eine diesbezügliche Tafel (siehe Tafel 2 [Seite 113] und Graphikon [Seite 114]) errechnet.

Dem Aufbau sind folgende Überlegungen zugrunde gelegt: Als gegeben ist einmal die räumliche Erstreckung des Motives, also die zu erfassende Gesamtschärfentiefe (t_0) angenommen. Dann ist die zu verwendende relative Öffnung bzw. die Blendenzahl (q) als gegeben angenommen, diese kann ja nur bei unbeweglichen Objekten frei gewählt werden, ihre Änderung liegt aber bei bewegten Objekten, wegen ihres Zusammenhanges mit der Belichtungszeit, außerhalb der Ingerenz des Aufnehmenden. Und schließlich sind — ganz so wie bei den üblichen Schärfentiefetafeln — die Objektivbrennweite (f) und der Durchmesser des größtzulässigen Zerstreuungskreises (z) (der nicht, wie viele glauben, von der Länge der Objektivbrennweite, sondern vom Aufnahmeformat abhängt) als feste Werte angenommen. Die Berechnung ist dann so geführt, daß das Ergebnis angibt, welches der größte Abbildungsmaßstab ist, bei welchem die durch das aufzunehmende Objekt vorgeschriebene Gesamtschärfentiefe eben noch richtig erfaßt wird.

Bezeichnet man

Abbildungsmaßstab, d. h. das Verhältnis der Bildgröße zur Dinggröße $= \beta'$ so ergibt sich

$$(6) \text{ Einstellentfernung } (a_0) = \frac{f}{\beta'} + f$$

Vereinigt man die Gleichungen (3), (4) und (5), so ergibt sich

$$(7) \text{ Gesamtschärfentiefe } (t_0) = \frac{2 \cdot f^2 \cdot a_0 \cdot q \cdot z (a_0 - f)}{f^4 - (a_0 - f)^2 q^2 z^2}$$

Substituiert man in der Gleichung (7) die Einstellentfernung gemäß der Gleichung (6), so erhält man

$$(8) \text{ Gesamtschärfentiefe } (t_0) = 2 \cdot f^2 \cdot q \cdot z \cdot \frac{\beta' + 1}{\beta'^2 f^2 - q^2 z^2}$$

Wird schließlich diese Gleichung nach dem Abbildungsmaßstab β' hin aufgelöst, so erhält man für die Berechnung der Tafel

$$(9) \text{ Abbildungsmaßstab } (\beta') = \frac{1}{t_0} \left(q \cdot z + \frac{1}{f} \right) \sqrt{qz [q \cdot z (f^2 + t_0^2) + 2f^2 t_0]}$$

Eine Durchsicht der Tafel 2 liefert ein, fast möchte ich sagen, „erschreckendes“ Ergebnis! Jedenfalls zeigt sie drastisch den Grund auf, warum die sogenannten „Lupenaufnahmen“ so oft mißlingen, jedenfalls aber immer große

Schwierigkeiten machen — man überschätzt die erfassbaren Gesamtschärfentiefen regelmäßig ganz gewaltig! Bei den gebräuchlichsten relativen Öffnungen zwischen 1 : 4 und 1 : 8 kann man in natürlicher Größe nur eine Gesamtschärfentiefe zwischen 0,5 und 1 mm erfassen! Um eine Tiefe von nur 4 mm richtig scharf im Maßstab 1 : 1 wiedergeben zu können, muß man dagegen schon auf 1 : 32 abblenden und eine Tiefe von nur 16 mm (also rund $1\frac{1}{2}$ cm) läßt bei der doch schon winzigen relativen Öffnung von 1 : 32 nur einen Abbildungsmaßstab von 0,432 bzw. 1 : 2,3 zu! Wir sehen, daß zum Beispiel das immer wieder auftauchende Problem, Insekten mittlerer Größe, wie etwa Maikäfer oder Heuschrecken, in natürlicher Größe regelrecht zu „porträtieren“, bestenfalls nur mit abnorm kleinen Blenden möglich ist, mit Blenden jedenfalls, welche eine Lebendaufnahme ausschließen. Wir sehen weiter, warum andererseits fast schon jedem ungeübten Amateur die schönsten Naturfarbenfotos von gespannten Schmetterlingen tadellos gelingen — die Größe des Schmetterlings macht zwangsläufig eine Verkleinerung bei der Aufnahme notwendig, und die zu erfassende Schärfentiefe übersteigt meist (große Schwärmer bilden eine Ausnahme) kaum 1 mm. Die gleiche Tafel lehrt uns auch, warum Mineralstufen und kleine figurale Kunstwerke (wie z. B. Elfenbeinschnitzereien) so schwierig aufzunehmen sind — ihre Kleinheit verleitet zu einem verhältnismäßig großen Abbildungsmaßstab, ihre beträchtliche räumliche Tiefe macht aber einen unerwartet kleinen Abbildungsmaßstab zur unabdingbaren Voraussetzung. Jedenfalls, wer sich in den Inhalt der Tafel 2 einigermaßen hineinversenkt — was weder mathematische Kenntnisse erfordert noch sonst Schwierigkeiten macht —, wird für all seine Arbeiten eine wertvolle Hilfe finden.

Bei Aufnahmen im Grenzgebiet um den Maßstab 1 : 1 herum ist tatsächlich eigentlich nur der Abbildungsmaßstab einigermaßen frei verfügbar: die Gesamtschärfentiefe ist durch das Motiv festgelegt, das Format bzw. der Durchmesser des größtzulässigen Zerstreungskreises ist durch die Kamera bedingt, die Brennweite ist eine Konstante des Objektivs und auch die relative Öffnung, die „Blende“, kann nicht beliebig klein gewählt werden, bei bewegten Objekten, z. B. bei lebenden Kleintieren, muß die Blende noch so groß bleiben, daß die Belichtungszeit der Bewegungsgeschwindigkeit und der herrschenden Beleuchtung entspricht und auch bei unbewegten Objekten stößt man gar bald an eine untere Grenze, welche durch die optische Konstruktion des Objektivs bedingt ist. Es bleibt also eine einzige einigermaßen Variable, tatsächlich nur der Abbildungsmaßstab übrig!

Sehr naheliegend ist die Frage, wie sich die Verwendung eines Objektivs mit einer anderen Brennweite an der gleichen Kamera auswirken würde. Jeder wird sagen, daß eine längere Brennweite eine Verminderung der Schärfentiefe verursachen muß. Falsch geraten! Eine Durchrechnung zeigt, daß unsere Tafel 2 für die Kleinkamera des Formates $2,4 \times 3,6$ cm mit jeder beliebigen Brennweite gilt. Berechnet man zum Beispiel den für eine Schärfentiefe von 2 mm und eine relative Öffnung von 1 : 4 notwendigen

Abbildungsmaßstab auf fünf Dezimalstellen genau, so ergibt sich für die „Normalbrennweite“ von 5 cm ein Abbildungsmaßstab von 0,43216 und für ein ganz abnorm langbrennweitiges Objektiv von 50 cm ein Abbildungsmaßstab von 0,43215 — der Unterschied liegt also erst in der fünften Dezimale, ist also vollständig bedeutungslos. Das Ergebnis überrascht wohl jeden, ist aber eigentlich ganz selbstverständlich, denn es gibt eine — allerdings fast unbekannte — Regel, welche lautet: „Bei gleichem Abbildungsmaßstab ist die Schärfentiefe von der Objektivbrennweite praktisch unabhängig!“

Selbstverständlich stellt man sich auch noch die Frage, wie denn die Verhältnisse lägen, wenn man eine Großkamera mit einem proportional längerbrennweitigen Objektiv verwendet. Um einen allgemeinen Einblick zu gewinnen, genügt wieder die Durchrechnung einer Stichprobe. Um die Sache mathematisch zu vereinfachen und den Gegensatz hinlänglich kraß zu gestalten, nehmen wir an, es stünde uns eine Kamera zur Verfügung, welche genau 10mal so groß sei, wie jene, welche wir der Berechnung unserer Tafel 2 zugrunde gelegt haben, sie habe also das Nennformat 24×36 cm, daher sei der Durchmesser des größtzulässigen Zerstreuungskreises 0,0326 cm und das Objektiv habe eine Brennweite von 50 cm. Soll eine Gesamtschärfentiefe von 2 mm erfaßt werden und wollen wir mit Blende 1 : 4 arbeiten, so erhalten wir jetzt als größtzulässigen Abbildungsmaßstab 1,97 (2,0 - 1). Das Ergebnis erscheint im ersten Augenblick überraschend, denn es scheint zu besagen, daß man mit der großen Kamera und dem riesigen Objektiv eine bestimmte Schärfentiefe bei einem größeren Abbildungsmaßstab erfassen kann als mit der Kleinkamera. Das ist natürlich ein Trugschluß! Man darf ja nicht das kleine, mit freiem Auge gar nicht voll auswertbare $2,4 \times 3,6$ cm-Bild mit dem schon zum Wandschmuck brauchbaren großen 24×36 cm-Bild vergleichen, sondern muß beide auf das gleiche Format bringen. Vergrößern wir aber das Bild der Kleinkamera 10fach auf 24×36 cm, so sieht das Ergebnis gleich anders aus. Das Bild der Großkamera hat als Original den Abbildungsmaßstab 1,97, das 10fach vergrößerte Kleinkamerabild aber hat den Maßstab $0,432 \times 10 = 4,32$, wobei beide — das große Original ebenso wie die Vergrößerung — natürlich die gleiche Gesamtschärfentiefe (im Motiv 2 mm) umfassen und auch die Schärfe, d. h. der Durchmesser des größtzulässigen Zerstreuungskreises gleich (0,0326 mm) ist. Die Kleinkamera ist also doch der Großkamera beträchtlich überlegen; in unserem Beispiel ermöglicht es die Kleinkamera, die gleiche Gesamtschärfentiefe mit einer fast $2\frac{1}{2}$ fach so hohen Vergrößerung aufzunehmen. Damit ist auch die theoretische Begründung für eine von vielen gemachte bittere Erfahrung gegeben: Den großen Kopf eines Menschen mit der Großkamera hinreichend scharf aufzunehmen ist kein Kunststück, den kleinen Kopf eines Insektes hinreichend scharf im Wege der Vergrößerung einer Kleinkameraaufnahme in mehr als natürlicher Größe darzustellen ist ein recht schwieriges Problem, während das vergrößerte „Insektenporträt“ mit der Großkamera anzufertigen überhaupt eine Unmöglichkeit ist.

Tafel I.

Durchmesser des größtzulässigen Zerstreuungskreises für die wichtigsten Aufnahmeformate.

Nennformat der Aufnahme, in Zentimeter	Durchmesser „z“ des größtzulässigen Zerstreuungskreises, in Zentimeter	Nennformat der Aufnahme, in Zentimeter	Durchmesser „z“ des größtzulässigen Zerstreuungskreises, in Zentimeter
2,4 × 2,4	0,00267	6,0 × 6,0	0,00666
2,4 × 3,6	0,00326	6,0 × 9,0	0,00816
3,0 × 4,0	0,00346	6,5 × 9,0	0,00850
4,0 × 4,0	0,00444	8,5 × 8,5	0,00944
4,5 × 4,5	0,00500	9,0 × 9,0	0,0100
4,0 × 6,5	0,00566	8,5 × 10,0	0,0102
4,5 × 6,0	0,00577	9,0 × 12,0	0,0115

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Kleine Objekte mit einigermaßen beachtlicher Tiefenerstreckung kann man, bei gegebenem Format und gegebener relativer Öffnung, nur mit einem unterhalb eines bestimmten Grenzwertes liegenden Abbildungsmaßstab aufnehmen. Anhaltspunkte für diesen noch zulässigen Abbildungsmaßstab liefert die Tafel 2 und das Graphikon.

Um die relative Öffnung möglichst groß halten zu können und so kurze Belichtungen — wie sie besonders für Lebendaufnahmen notwendig sind — zu ermöglichen, wählt man den Abbildungsmaßstab möglichst niedrig. Das bedingt die Verwendung einer Kleinkamera, wobei man natürlich sehr feinkörniges Aufnahmematerial verwenden und eine echte Feinkornentwicklung anwenden muß.

Fortsetzung Seite 114

Erläuterung zu Tafel 2 (Seite 113):

In jedem durch die Kreuzung einer waagrechten Reihe mit einer senkrechten Kolonne gebildeten Feld sind drei Zeilen eingetragen:

Zeile 1: Der größtzulässige Abbildungsmaßstab β' , zuerst in Form Dezimalzahl, dann — in Klammern — in Form einer Proportion.

Zeile 2: Die zum größtzulässigen Abbildungsmaßstab gehörende Dingweite a , d. h. die Entfernung von der scharf eingestellten Dingebene bis zum vorderen Hauptpunkt des Objektivs.

Zeile 3: Die Größe jenes Ausschnittes der scharf eingestellten Dingebene, welcher beim größtzulässigen Abbildungsmaßstab aufgenommen wird. Dabei ist als Größe des Bildfeldes nicht das volle Nennformat 2,4 × 3,6 cm angenommen, sondern — weil der äußerste Rand des Negatives zumeist unbrauchbar ist — das Nutzformat, dessen Seiten um 10% kleiner sind als die des Nennformates, das also 2,16 × 3,24 cm mißt.

Beispiel: Bei einer Gesamtschärfentiefe von 1 mm = 0,1 cm und einer relativen Öffnung 1:32 trägt der größtzulässige Abbildungsmaßstab $\beta' = 2,83$, bzw. 2,8:1. Die Dingweite $a = 6,77$ cm. Der aufzunehmende Gegenstand darf dann, in der scharf eingestellten Dingebene gemessen, höchstens 0,8 × 1,1 cm groß sein.

Tafel 2.

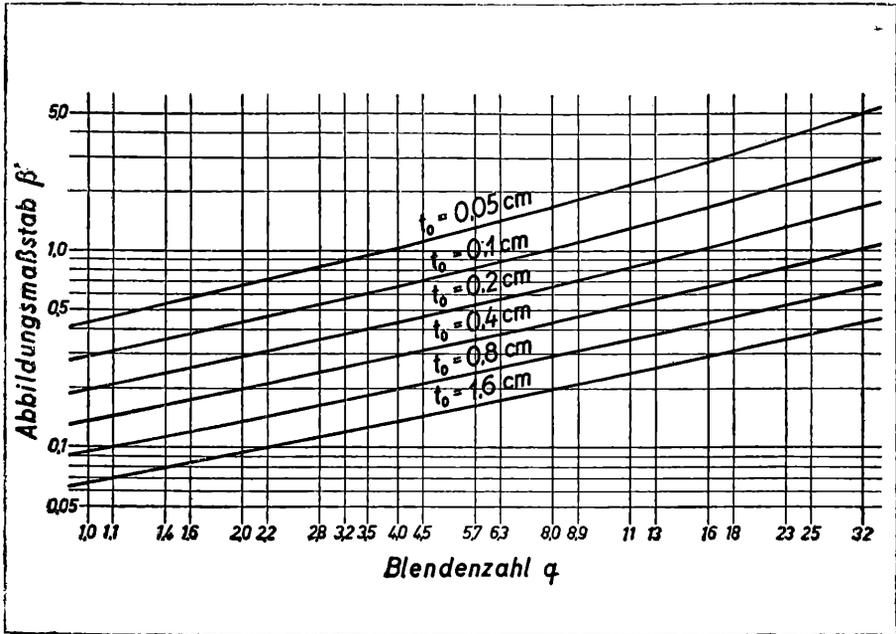
Brennweite $f = 5 \text{ cm}$ — Größtzulässige Unschärfe $z = 0,00326 \text{ cm}$ — Nennformat $m \times n = 2,4 \times 3,6 \text{ cm}$

(Die Tafel gilt praktisch auch für jede andere Brennweite!)

Gesamtschärfentiefe	Relative Öffnung					
	1:1	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32
0,05 cm	0,432 (1:2,3) 16,6 cm 5,0 × 7,5 cm	0,657 (1:1,5) 12,6 cm 3,2 × 4,9 cm	1,03 (1:1) 9,86 cm 2,2 × 3,2 cm	1,67 (1,7:1) 8,00 cm 1,3 × 1,9 cm	2,83 (2,8:1) 6,77 cm 0,8 × 1,1 cm	5,01 (5:1) 6,00 cm 0,04 × 0,6 cm
0,1 cm	0,290 (1:3,4) 22,2 cm 7,3 × 11,0 cm	0,432 (1:2,3) 16,6 cm 5,0 × 7,5 cm	0,657 (1:1,5) 12,6 cm 3,2 × 4,9 cm	1,03 (1:1) 9,86 cm 2,2 × 3,2 cm	1,67 (1,7:1) 8,00 cm 1,3 × 1,9 cm	2,83 (2,8:1) 6,77 cm 0,8 × 1,1 cm
0,2 cm	0,198 (1:5,1) 30,3 cm 11,0 × 16,5 cm	0,290 (1:3,4) 22,2 cm 7,3 × 11,0 cm	0,432 (1:2,3) 16,6 cm 5,0 × 7,5 cm	0,658 (1:1,5) 12,6 cm 3,2 × 4,9 cm	1,03 (1:1) 9,86 cm 2,2 × 3,2 cm	1,67 (1,7:1) 8,00 cm 1,3 × 1,9 cm
0,4 cm	0,136 (1:7,4) 41,7 cm 16,0 × 24,0 cm	0,198 (1:5,1) 30,3 cm 11,0 × 16,5 cm	0,290 (1:3,4) 22,2 cm 7,3 × 11,0 cm	0,432 (1:2,3) 16,6 cm 5,0 × 7,5 cm	0,658 (1:1,5) 12,6 cm 3,2 × 4,9 cm	1,03 (1:1) 9,86 cm 2,2 × 3,2 cm
0,8 cm	0,0944 (1:11) 57,9 cm 28,8 × 35,6 cm	0,136 (1:7,4) 41,7 cm 16,0 × 24,0 cm	0,198 (1:5,1) 30,3 cm 11,0 × 16,5 cm	0,290 (1:3,4) 22,2 cm 7,3 × 11,0 cm	0,433 (1:2,3) 16,6 cm 5,0 × 7,5 cm	0,658 (1:1,5) 12,6 cm 3,2 × 4,9 cm
1,6 cm	0,0659 (1:15) 80,9 cm 32,4 × 48,6 cm	0,0944 (1:11) 57,9 cm 28,8 × 35,6 cm	0,136 (1:7,4) 41,7 cm 16,0 × 24,0 cm	0,198 (1:5,1) 30,3 cm 11,0 × 16,5 cm	0,290 (1:3,4) 22,2 cm 7,3 × 11,0 cm	0,433 (1:2,3) 16,6 cm 5,0 × 7,5 cm

Die Länge der bei der Aufnahme verwendeten Objektivbrennweite ist — vorausgesetzt, daß der Abbildungsmaßstab der gleiche bleibt — gleichgültig. Das kurzbrennweitige Objektiv liefert nicht nur keine bessere Schärfentiefe, sondern das langbrennweitige Objektiv bewirkt sogar, infolge der proportional größeren Dingweite, eine wesentlich bessere Perspektive.

Graphische Darstellung des Zusammenhanges zwischen Gesamtschärfentiefe t_0 , Abbildungsmaßstab β' und relativer Öffnung $1:q$.



Anweisung zum Gebrauch des Graphikons:

- Abbildungsmaßstab β' und Schärfentiefe t_0 sind gegeben, Blendenzahl q ist gefragt (z. B. $\beta' = 1,0$, $t_0 = 0,1$ cm). An der linken Teilung die Waagrechte 1,0 aufsuchen, diese nach rechts bis zum Schnitt mit der Kurve 0,1 verfolgen, vom Schnittpunkt senkrecht nach abwärts gehen, an der unteren Teilung die zu verwendende Blende ablesen: $q = 8,0$
- Blendenzahl q und Schärfentiefe t_0 sind gegeben, Abbildungsmaßstab β' ist gefragt (z. B. $q = 4,0$, $t_0 = 0,8$ cm). An der unteren Teilung die Senkrechte 4,0 aufsuchen, diese nach oben bis zum Schnitt mit der Kurve 0,8 verfolgen, vom Schnittpunkt waagrecht nach links gehen, an der linken Teilung den zu verwendenden Abbildungsmaßstab ablesen: $\beta' = 0,2$.
- Abbildungsmaßstab β' und Blendenzahl q sind gegeben, Schärfentiefe t_0 ist gefragt (z. B. $\beta' = 0,2$, $q = 2,0$). An der linken Teilung die Waagrechte 0,2 aufsuchen, an der unteren Teilung die Senkrechte 2,0 aufsuchen, beide Gerade bis zum Schnitt miteinander verfolgen, an der dem Schnittpunkt zunächst liegenden Kurve die erfaßbare Schärfentiefe ablesen: $t_0 = 0,4$ cm.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1946/1947

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Grabner Alfred

Artikel/Article: [Schärfentiefe und Abbildungsmaßstab bei der Lupenfotografie. 106-114](#)