

Der Abbildungsmaßstab entscheidet darüber, wie wir eine Aufnahme eingruppierten. Makroaufnahmen bilden ein Motiv vergrößert ab. Nah- und Fernaufnahmen bilden ein Motiv verkleinert ab. Gängige Abbildungsmaßstäbe für Nahaufnahmen sind 0,1:1 bis 1:1. Kleinere Maßstäbe als 0,1:1 zählen zu den Fernaufnahmen

Abb. 69 veranschaulicht die Geometrie des Abbildungsmaßstabs bei der Bildentstehung. Der **Gegenstand** steht auf der waagrechten **optischen Achse**. Die normalerweise vorhandene **bildseitige und gegenstandsseitige Hauptebene** sind zur Vereinfachung in der senkrechten **Hauptebene** in der Mitte vereinigt. Hauptebenen sind fiktive Ebenen, an denen man sich die parallel zur optischen Achse verlaufenden Strahlen gebrochen denken kann, so daß sie durch den gegenstandsseitigen (Punkt 3 in Abb. 69) bzw. bildseitigen Brennpunkt (Punkt 4 in Abb. 69) verlaufen. Die Strecke zwischen der bildseitigen Hauptebene und dem bildseitigen Brennpunkt definiert dann die Brennweite des Objektivs.

Damit haben wir schon eine der beiden vorkommenden Strahlenarten benannt, solche, die parallel zur optischen Achse verlaufen (**A+C**). Sie werden gebrochen und gehen durch den bildseitigen Brennpunkt. Alle an-

deren Strahlen (**B**) werden nicht gebrochen und verlaufen durch den optischen Mittelpunkt (**M**), den Schnittpunkt der optischen Achse mit der Hauptebene. Die Bildweite (**b**) ist der Abstand des Abbilds von der **bildseitigen Hauptebene** (hier **Hauptebene**), die Gegenstandsweite (**g**) der Abstand des Gegenstands von der **gegenstandsseitigen Hauptebene** (hier **Hauptebene**). Sie ist nicht mit der am Objektiv eingestellten Entfernung identisch, denn diese gibt den Abstand des Motivs von der Filmebene an.

Die **Maßstabsformel** bereitet diese Zusammenhänge mathematisch auf und gibt uns Aufschluss über den **Abbildungsmaßstab**, der die Größenverhältnisse bestimmt:

$$g = \frac{(E-d)}{2} + \sqrt{\frac{(E-d)^2}{2} - f(E-d)}$$

M = Abbildungsmaßstab

B = Abbildungsgröße

G = Gegenstandsgröße

b = Bildweite

g = Gegenstandsweite

f = Brennweite

Die Abbildung der Objektgrößen in der Photographie

Die Gegenstandsweite läßt sich wie folgt aus der Entfernungseinstellung berechnen:

$$M = \frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{f}{(g-f)}$$

g = Gegenstandsweite
 E = Entfernungseinstellung
 d = Hauptebenen-Abstand
 f = Brennweite

Die Gegenstandsweite beschreibt den Abstand zwischen dem abzubildenden Gegenstand in einem optischen System und dem abbildenden System aus optischen Linsen oder/und Spiegeln und der bildseitigen Hauptebene entlang der optischen Achse.

Ergebnis der Maßstabsformel ist eine Dezimalzahl, die uns in der Schreibweise als Bruch (Zähler = Abbildung, Nenner = Gegenstand) sagt, um wieviel die Abbildung größer oder kleiner als der Gegenstand ist. Ein Maßstab von 1:1 drückt demzufolge aus, daß Gegenstand und Abbildung gleich groß sind. Ein Maßstab von 1:2 sagt, daß eine Größeneinheit (mm, cm, m, ...) in der Abbildung zwei Größeneinheiten im Original entsprechen und das Abbild halb so groß ist wie die Vorlage. Umgekehrt teilt uns ein Maßstab von 2:1 mit, daß zwei Größeneinheiten

in der Abbildung einer Größeneinheit im Gegenstand entsprechen und die Abbildung damit doppelt so groß ist wie dieser

Ohne Sie nerven zu wollen, kann ich Ihnen noch einen anderen Lösungsweg anbieten, der ohne die Gegenstandsweite auskommt. Um ihn zu beschreiten, muss zuerst der Hilfswert p berechnet werden:

$$\text{Hilfswert } p = e / (2 * f) - 1$$

Er wird dann in die Formel eingesetzt:

$$M = p \pm \sqrt{(p^2 - 1)}$$

M = Abbildungsmaßstab
 p = Hilfswert
 e = Aufnahmeentfernung
 f = Brennweite

Im Ergebnis erhalten Sie zwei Werte, eine Plus- und eine Minus-Variante. Beide Maßstäbe sind reziprok zueinander und deshalb korrekt. Erklärung: Die Entfernung ist beim Maßstab 1:2 dieselbe wie beim Maßstab 2:1. Nur ist einmal die Gegenstandsweite groß und die Bildweite klein und ein anderes Mal verhält es sich umgekehrt. Die Summe ist aber in beiden Fällen gleich.

Noch ein wenig einfacher geht es mit der folgenden Näherungsformel:

$$M = \left(\frac{e}{f} - 2 \right) - \frac{1}{x}$$

M = Abbildungsmaßstab
 e = Aufnahmeentfernung
 f = Brennweite

Das heißt vom Ergebnis der Klammer wird sein eigener Kehrwert abgezogen. Solange der Wert mindestens drei ist bleibt der Gesamtfehler der Be-

rechnung vernachlässigbar klein, denn wie wir weiter unten sehen werden sind die Ausgangswerte in der Regel gar nicht genau genug, um eine 100 %ig exakte Berechnung zu zulassen.

Praktische Umsetzung der abstrakten Mathematik gefällig? Sagen wir Sie nehmen ein Objekt, z.B. eine Pinguin-Figur von 8,5 cm Höhe, mit einem 100 mm Objektiv aus 1200 mm Entfernung auf (Abb. 70). In diesem Fall sieht die Berechnung des Abbildungsmaßstabs aus wie in der Formel über Abb. 70.

$$M = \left(\frac{e}{f} - 2 \right) - \frac{1}{x}$$

$$M = \left(\frac{1200}{100} - 2 \right) - \frac{1}{x}$$

$$M = 10 - \frac{1}{10}$$

$$M = 9,9$$

$$M = \left(\frac{e}{f} - 2 \right) - \frac{1}{x}$$

$$M = \left(\frac{1200}{200} - 2 \right) - \frac{1}{x}$$

$$M = 4 - \frac{1}{4}$$

$$M = 3,75$$



Abb. 70: $f=100$ mm $D=1200$ mm



Abb. 71: $f=200$ mm $D=1200$ mm

Die Abbildung der Objektgrößen in der Photographie

B) Brennweite verlängert Abbildungsmaßstab 1:1

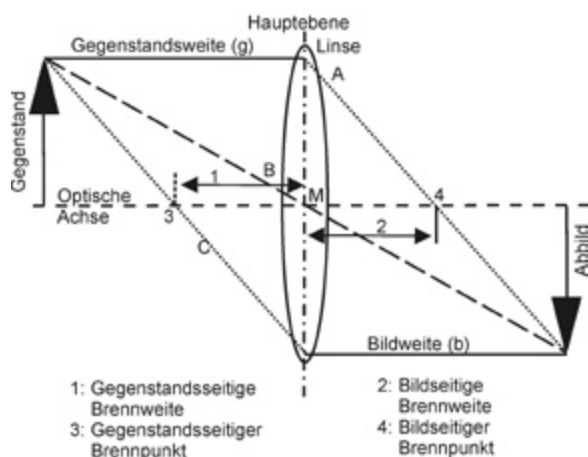


Abb. 72: Abbildungsmaßstab 2
200 mm Brennweite und 1200 mm Entfernung. Siehe Abb. 70 und Berechnung.

Der Pinguin wird also im Maßstab 1:9,9 oder mit einer Höhe von 8,5 cm x 1:9,9 = 0,86 cm abgebildet. Die Geometrie dieses Falls stellt Abb. 69 dar.

Ein zweiter Fall: dieselbe Figur, Aufnahmeentfernung 1200 mm, Brennweite 200 mm (Abb. 71). Die Berechnung findet sich über Abb. 71. Der schwarzweiße Kamerad wird mit 200 mm Brennweite also im Maßstab 1:3,75 oder mit einer Höhe von 8,5 cm x 1:3,75 = 2,26 cm abgebildet. Warum sich die Abbildung bei verlängerter Brennweite vergrößert, zeigt Abb. 72.

Im zweiten Fall haben wir die Brennweite verdoppelt und festgestellt, daß sich der Abbildungsmaßstab vergrößert. Verändern wir bei gleichbleibender Brennweite mit der Entfernung die zweite Variable, stellen wir fest, daß die Halbierung der Aufnahmeentfernung denselben Effekt wie die Verdoppelung der Brennweite hat:

$$M = \frac{e}{f} - 2 - \frac{1}{x}$$

$$M = \frac{600}{100} - 2$$

$$M = 4 - \frac{1}{4}$$

$$M = 3,75$$

Die Berechnung führt bei 100 mm Brennweite und einer Aufnahmeentfernung von nur noch 600 mm zu einem Abbildungsmaßstab von 1:3,75 genau wie bei 200 mm Brennweite und 1200 mm Abstand zuvor. Abb. 73 erklärt auch in diesem Fall graphisch, warum sich das Abbild vergrößert. Je größer die Brennweite und/oder je kleiner die Gegenstandsweite, desto größer ist der Abbildungsmaßstab. Dies gilt unabhängig vom Aufnahmeformat. Da ich davon ausgehe, daß ich Sie mit dem berechneten und zeichnerisch hergeleiteten Beweis überzeugt

habe, verzichte ich hier auf das Beweissphoto.

Um ein Objekt in einem vorausbestimmten Maßstab abzubilden, können wir für jede Brennweite auch die richtige Aufnahmeentfernung berechnen. Die Formel dazu lautet:

$$g = (M + 1 / M + 2) * f$$

g = Gegenstandsweite
 M = Abbildungsmaßstab
 f = Brennweite

Praktisch umgesetzt heißt das für den Maßstab 1:1 und 100 mm Brennweite

$$g = (1 + 1 / 1 + 2) * 100 = 400 \text{ mm}$$

Noch ein Wort zur Genauigkeit der vorgestellten Formeln, die beide aus verschiedenen Gründen eigentlich nur Näherungswerte ergeben. Beide kommen nicht ohne den Hauptebenenabstand aus. Er muss bei der Entfernungsberechnung addiert und bei der Maßstabberechnung von der Entfernung subtrahiert werden. Aufpassen: Er kann positiv oder negativ sein, deshalb das Vorzeichen beachten! In der Regel beträgt der Hauptebenenabstand nur einige Millimeter bzw. maximal wenige Zentimeter, aber leider gibt es keine geeigneten „über den Daumen-Werte“. Wenn Sie ihn in den technischen Unterlagen Ihres Objek-

C) Gegenstandsweite verkürzt Abbildungsmaßstab 1:1

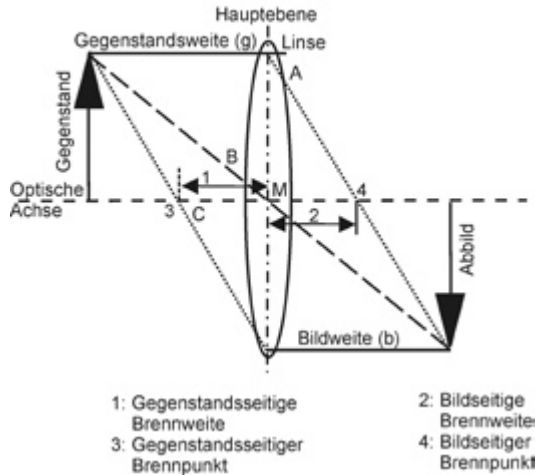


Abb. 73: Abbildungsmaßstab 3
100 mm Brennweite und 600 mm Entfernung.

tivs nicht auftreiben können, lassen Sie ihn also lieber einfach ganz weg. Das Rechenergebnis wird dadurch nicht nachhaltig beeinflusst. Denn auch der in der Regel zugrunde gelegte nominelle Brennweitenwert des Objektivs ist, je nach dessen Bauweise, keine Konstante sondern kann sich mit der Fokussierung ändern. Dies hat damit zu tun, daß es zwei Möglichkeiten gibt ein Motiv in gegebener Entfernung scharf abzubilden.

1. Das Linsenpaket der Optik besitzt eine Unendlicheinstellung und läßt sich von dieser ausgehend entlang

Die Abbildung der Objektgrößen in der Photographie

der optischen Achse von der Kamera weg verschieben, um nahe Motive aufnehmen zu können. Dies führt beim Fokussieren auf nahe Motive zu einer größeren Baulänge und einer damit verbundenen Schwerpunktverlagerung. Letztere ist bei kurzen Brennweiten bedeutungslos, führt bei Teleobjektiven aber zu spürbaren Nachteilen.

2. Das Linsenpaket der Optik befindet sich unveränderlich in der Unendlicheinstellung und verringert für nahe Motive seine Brennweite. Diese Methode nennt man Innenfokussierung und sie wird durch das Verschieben ausgewählter Linsen realisiert, die sich nur wenig bewegen müssen und den Objektiv-Schwerpunkt deswegen nur unbedeutend beeinflussen. Da die Frontlinse nicht zu diesem beweglichen Paket gehört, bleibt die Objektiv-Baulänge unverändert.

In wie weit Ihre Optiken von dieser Brennweitenverringering und den im Bereich von mehreren Prozent liegenden Fertigungstoleranzen betroffen sind, können Sie selbst mit einigen Vergleichsaufnahmen austesten. Alles, was Sie zu tun haben, ist ein Objekt bekannter Größe mit dem zu testenden Objektiv aus verschiedenen Abständen aufzunehmen und zu ermitteln, auf welchem Bild es im Maßstab 1:1 abgebildet wird. Gemäß der am Beginn des Abschnitts durchgeführten Berech-

nung beträgt die Gegenstandsweite für den Abbildungsmaßstab 1:1 und 100 mm Brennweite gerade 400 mm. Wenn Ihr 100 mm Objektiv den gewünschten Maßstab von 1:1 in den Testaufnahmen nicht bei 400 mm Abstand, sondern bei nur 300 mm liefert, kann daraus geschlossen werden, daß sich die Brennweite auf $300/4=75$ mm verringert hat. Mit der so ermittelten effektiven Brennweite können Sie dann den für jeden gewünschten Maßstab notwendigen Abstand errechnen. Für den Maßstab 1:3 und 100 mm Brennweite ergibt sich beispielsweise ein Abstand von:

$$g = (3 + 1/3 + 2) * 75 = 433 \text{ mm}$$

Aufnahmeentfernung und Brennweite

Wie wir gesehen haben hängen die Objektgrößen in der Photographie von der Brennweite und der Aufnahmeentfernung ab. Verdoppeln wir bei gegebener Entfernung die Brennweite, verdoppelt sich auch die Abbildungsgröße. Mit dem Teleobjektiv können wir so entferntliegende Motivteile formatfüllend vergrößern oder mit dem Weitwinkel vom selben Standpunkt aus als Teil der Gesamtheit abbilden. Halbieren wir umgekehrt bei gegebener Brennweite den Aufnahmeabstand,

verdoppelt sich wiederum die Abbildungsgröße (siehe Abb. 72). Richtig gestalterisch aktiv werden wir aber, indem wir zusätzlich zur Brennweite auch den Aufnahmeabstand verändern, wie es schon der Abschnitt „*Wie wir die Raumdarstellung im Bild steuern können - Blickwinkel*“ angedeutet hat. Schauen wir uns die Bilder auf Seite 75 nochmal unter diesem gestalterischen Gesichtspunkt an.

Die vorn stehende, als Zaunpfahl dienende Bohle, ist unser Hauptmotiv und soll dementsprechend groß im Bild erscheinen. Alle übrigen Elemente sollen ihr Hintergrund und Stimmung verleihen. Die erste Variante nehmen wir mit einem 50 mm Normalobjektiv auf (Abb. 41). In ihr erscheint der Hintergrund in einer bestimmten Größenrelation zum Hauptmotiv. Wenn Ihnen dieses Verhältnis nicht gefällt und Sie den Hintergrund größer abbilden wollen, ohne das Hauptmotiv zu verkleinern, verdoppeln Sie einfach die Brennweite und entfernen sich, bis die Bohle wieder so groß ist, wie vorher. Eine Gitternetz-Einstellscheibe erleichtert diesen Größenabgleich. Abb. 42 zeigt das Ergebnis mit rund 100 mm Brennweite. Wollen Sie den Hintergrund umgekehrt im Verhältnis zum Hauptmotiv kleiner sehen, halbieren Sie die Brennweite und gehen so weit 'ran, bis das Hauptmotiv wieder dieselbe Anzahl

Kästchen auf der Einstellscheibe füllt. Alle Elemente werden jetzt verkleinert abgebildet ohne das die Bohle an Prominenz verloren hat. Abb. 40 ist das entsprechende Bild mit leicht nach unten gerundeten 24 mm Brennweite. In allen Fällen ist der Abbildungsmaßstab des Hauptmotivs derselbe, aber die Größenrelationen zum Hintergrund haben sich nachhaltig verändert. Der Aufnahmestandort bestimmt also die Größenverhältnisse der verschiedenen Motivteile zueinander.

Mit der richtigen Kombination aus Brennweite und Aufnahmeabstand bestimmen wir die Größenverhältnisse zwischen dem Hauptmotiv und seinem Hintergrund und lassen den Raum zwischen ihnen weiter oder enger erscheinen. Im Gegensatz zum Normalobjektiv geben Weitwinkelobjektive entfernt im Hintergrund liegende Objekte im Verhältnis zu solchen im Vordergrund scheinbar zu klein wieder und übertreiben den perspektivischen Effekt der Größenabnahme zum Hintergrund hin. Teleobjektive verkürzen umgekehrt die scheinbaren Abstände zwischen verschieden weit entfernten Objekten. Damit besitzen wir ein mächtiges und einfach zu handhabendes Mittel, um die Größenverhältnisse im Bild gemäß unseren Vorstellungen zu steuern, ohne die einmal gewählte Perspektive zu zerstören.