

könnte man entnehmen, daß der große Schärfereich eine Eigenschaft ist, die der geringen Formatgröße oder der digitalen Art der Bilderzeugung innewohnt. Doch beides ist falsch und der beschriebene Zusammenhang über Gebühr verkürzt. Aus diesem Grund waren Sie auch nicht un aufmerksam oder haben etwas überlesen, wenn Sie den Faktor „Aufnahmeformat“ im vorausgegangenen Abschnitt zu den Einflußfaktoren der Schärfentiefe vermißt haben. Denn das Format besitzt nur eine indirekte Wirkung auf die Schärfentiefe. Wie es diese entfaltet, erschließen wir uns über die Betrachtung dreier gängiger Formate: dem im Digitalbereich verbreiteten 1/2,5“ Format

Bei gleichem Bildwinkel und gleicher Blende verändert sich die Schärfentiefe proportional zum Formatfaktor.

Schärfentiefe und Aufnahmeformat

Vielfach wird davon geschrieben, daß die Point-and-Shoot Digitalkameras mit kleinem Bildsensor Aufnahmen mit größerer Schärfentiefe erzeugen als solche mit größeren Sensoren bzw. Kameras für Kleinbild-, Mittel- oder Großformatfilme. Dieser Aussage

(5,8x4,3 mm, Bilddiagonale 7,22 mm) auf der kleinen Seite, dem Kleinbild (24x36 mm, Bilddiagonale 43,3 mm) in der Mitte und dem „kleinen Großformat“ 4x5“ (100x130 mm, Bilddiagonale 164 mm) am weiten Ende. Um die Bildergebnisse tatsächlich vergleichbar zu machen, müssen wir sie auf dasselbe Endformat vergrößern und den maximal zulässigen Zerstreungskreisdurchmesser z an den jeweiligen Ver-

Abbildungsschärfe I:

Optik, geometrische Schärfe und Schärfentiefe

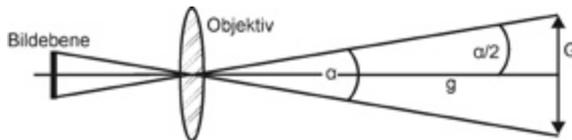


Abb. 32: Geometrie des Bildwinkels

Bildwinkel, den **vertikalen Bildwinkel** oder den **diagonalen Bildwinkel**. Fehlt eine genaue Definition, so bezieht sich der Wert in der Regel auf den diagonalen Bildwinkel. Um dem **Bildwinkel** α zu berechnen, nutzen wir Formel 21.

Formel 21

$$\alpha = 2 * \arctan(Bd / B / 2)$$

Formel 20 beinhaltet mit der Bildweite B eine normalerweise unbekannte Größe, die wir durch eine bekannte ersetzen müssen. In vielen Büchern und auf den meisten Webseiten zum Thema geschieht dies auf dem Weg Bildweite = Brennweite und führt zu Formel 22:

Formel 22

$$\alpha = 2 * \arctan(S / f / 2)$$

Näherungsweise können wir damit leben, aber strenggenommen ist die Voraussetzung $B=f$ (und damit auch das Ergebnis der Formel) nur dann korrekt, wenn der Fokus auf unendlich liegt. Für diesen und alle anderen Fälle richtig ist es, die Bildweite durch den Ausdruck $B=f*G/(G-f)$ zu ersetzen, der sich ebenfalls aus der Linsengleichung ergibt. Dann erhalten wir Formel 23.



Abb. 33: Bildwinkel vertikal, horizontal und diagonal

größerungsfaktor anpassen. Wenn wir das 20x30 cm Format voraussetzen, liegt z für das kleine Digitalformat bei 0,018 mm bzw. bei 0,03 mm im Kleinbild und bei 0,1 mm im Großformat. Darüber hinaus, und liegt der Hase sprichwörtlich im Pfeffer, müssen wir dafür sorgen, daß alle Aufnahmen denselben Bildausschnitt (genauer: **Bildwinkel**) zeigen.

Der **Bildwinkel** α ist der Winkel zwischen den Bildstrahlen in Abb. 32. Er bestimmt, welchen Raum das Objektiv erfasst und wie groß es die Gegenstände abbildet. Seine Größe hängt ab von der Brennweite, der Entfernungseinstellung und der Größe des Aufnahmemediums. Je nachdem, ob sich seine Angabe dort auf die Breite, die Höhe oder die Diagonale bezieht, unterscheiden wir den **horizontalen**

Formel 23

$$\alpha = 2 * \arctan(S * (G - f) / f / G / 2)$$

Zum Abschluß dieses mathematischen Exkurses halten wir also fest, daß der Bildwinkel von der Brennweite, dem Aufnahmeformat und der Fokussentfernung bestimmt wird. Nun gehen wir zurück auf Anfang und berechnen den Bildwinkel α für den Ausgangspunkt unseres Formatvergleichs, das Kleinbild mit seiner Standardbrennweite 50 mm und der Bilddiagonale von 43,3 mm:

$$\alpha = 2 * \arctan(S / f / 2)$$

$$\alpha = 2 * \arctan(43,3 / 50 / 2)$$

$$\alpha = 2 * \arctan 0,433 = 2 * 23,41 = 46,8^\circ$$

Um mit den beiden anderen Aufnahmeformaten denselben Bildwinkel abzudecken, müssen nun was tun? – Genau: Die Brennweite anpassen. Auf welchen Wert sie jeweils verändert werden muss, errechnen wir mit Formel 24:

Formel 24

$$f = S / 2 / \tan(\alpha / 2)$$

Für den 1/2,5" Digitalsensor mit seiner Bilddiagonale von 7,22 mm folgt daraus:

$$f = 7,22 / 2 / \tan(46,8 / 2)$$

$$f = 7,22 / 2 / \tan 23,4$$

$$f = 7,22 / 2 / 0,433 = 8,34 \text{ mm}$$

Und im Fall des 4x5" Großformats mit der Bilddiagonale von 164 mm sieht die Sache so aus:

$$f = 164 / 2 / \tan(46,8 / 2)$$

$$f = 164 / 2 / \tan 23,4$$

$$f = 164 / 2 / 0,433 = 189,4 \text{ mm}$$

Die jeweils notwendige Brennweite können wir alternativ errechnen, indem wir die Werte durch den **Formatfaktor** F dividieren bzw. multiplizieren. Der Formatfaktor gibt das Längenverhältnis zwischen den Diagonalen der Aufnahmeformate an. Für das Verhältnis zwischen Kleinbildformat und 1/2,5" Sensor liegt er bei $43,3 / 7,22 = 6$ und $50 \text{ mm Brennweite} / 6 = 8,33 \text{ mm}$. Im Fall des Vergleichs zwischen Kleinbildformat und 4x5" beträgt der Formatfaktor $164 / 43,3 = 3,79$ und 50

Abbildungsschärfe I:

Optik, geometrische Schärfe und Schärfentiefe

$\text{mm} \cdot 3,79 = 189,5 \text{ mm}$.

Bis hierher sind wir schon wieder einen weiten gedanklichen Weg gegangen. An seinem Ende erkennen wir, daß drei Bilder die A) im kleinen Digitalformat 1/2,5", B) im Kleinbildformat 24x36 mm und C) im 4x5" Großformat mit identischer Blende und formatäquivalentem Zerstreuungskreisdurchmesser aufgenommen und auf dasselbe Endformat vergrößert wurden unterschiedliche Schärfentiefen zeigen, weil unterschiedliche Brennweiten nötig sind, um denselben Bildausschnitt bzw. Bildwinkel aufzuzeichnen. Und die Brennweite ist ein Faktor mit direktem Einfluß auf den scharfen Bereich des Bildes. Wie wir im entsprechenden Abschnitt („Schärfentiefe und Brennweite“) festgestellt haben, vergrößert sich die Schärfentiefe mit der Verringerung der Brennweite. Qualitativ können wir für ein Fenster zwischen Makrobereich ($C > f$) und Hyperfokaldistanz (f^2/N^2z) sagen, daß sich die Schärfentiefe umgekehrt proportional zum Quadrat der Brennweite verhält. Ihre Halbierung verdoppelt die Schärfentiefe. Auf unsere Betrachtung der Aufnahmeformate übertragen ist der Zusammenhang also ganz einfach: Wenn wir das Format halbieren und bei selber Blende und selbem Bildwinkel, aber angepaßtem Zerstreuungskreisdurchmesser, einen identisch

großen Print anfertigen, verdoppelt sich die Schärfentiefe des im kleineren Format aufgenommenen Bildes. Noch einfacher ausgedrückt: Die Veränderung der Schärfentiefe ist direkt proportional zum Formatfaktor. Die im kleinen Digitalformat angefertigte Aufnahme zeigt eine sechs mal größere Schärfentiefe als jene, die im Kleinbild aufgenommen wurde und dort ist sie wiederum 3,79 mal größer als im 4x5" Format. Aber Obacht: Wie wir ganz am Ende des Abschnitts „Geometrie und Berechnung der Schärfentiefe“ festgestellt haben, sind Pauschalierungen der angegebenen Art mit Vorsicht zu genießen. So auch hier. Sobald die Gegenstandsweite die Hyperfokaldistanz erreicht, vergrößert sich die Schärfentiefe rapide. Da dies für die kürzere Brennweite des kleineren Formats zuerst geschieht (dort ist die Hyperfokaldistanz am geringsten) vergrößert sich ebenfalls das Schärfentiefenverhältnis zwischen den jeweiligen beiden Formaten. Kurz: Nahe an oder direkt auf der Hyperfokaldistanz weist die Kamera mit dem 1/2,5" Sensor und dem 8 mm Objektiv eine mehr als sechs mal so große Schärfentiefe auf als die Kleinbildkamera mit ihrem 50er. An diesen Punkten kann das Verhältnis das Doppelte oder Dreifache dieses Werts annehmen, weil sich der Fernpunkt der Schärfentiefe sehr schnell in Richtung

unendlich verlagert.

Aber: Dieser Schärfentiefevorsprung kann ohne weiteres wettgemacht werden, indem im größeren Format entsprechend dem Formatfaktor weiter abgeblendet wird. Nehmen wir an in unserem Vergleich waren alle Objektive auf $f/2,8$ eingestellt. Um im Kleinbild dieselbe Schärfentiefe zu erzielen wie im kleinen Digitalformat, müssten wir auf $2,8 \cdot 6 = 16,8$ also $f/16$ abblenden. Genauso müssten wir im $4 \times 5''$ Format auf $2,8 \cdot 3,79 = 10,6$ bzw. $f/11$ abblenden, wenn wir dieselbe Schärfentiefe erreichen wollten wie im Kleinbild.

Beim genauen Betrachten dieser Zahlen wird man feststellen, daß der enorme Schärfentiefevorteil der kleinen Digitalformate auch einen Nachteil hat. Denn wenn sie bei $f/2,8$ schon dieselbe Schärfentiefe liefern wie $f/16$ im Kleinbild bedeutet dies, daß je nach Brennweite unter Umständen gar nicht weit genug aufgeblendet werden kann, um eine gestalterisch gewünschte Unschärfe zu erzeugen. Und natürlich hat der Zwang zum Auf- und Abblenden Konsequenzen, wenn die Schärfe durch entweder **Aberration** oder **Beugung** begrenzt wird (siehe „Zerstreuungskreis und Beugungsscheibchen“). Wie auch immer: Nun sollte klar geworden sein, woher das Schlagwort „*Digitalkamera gleich große Schärfentiefe*“ kommt!