

Empfindlichkeit



Kontrastwiedergabe in Abhängigkeit von der Empfindlichkeit

Die [Filmempfindlichkeit](#), der bei [Digitalkameras](#) die Empfindlichkeit des [Bildsensors](#) entspricht, wird heute überwiegend in [ISO](#) angegeben. Die Reihe der gängigen Werte lautet:

ISO 100 – 200 – 400 – 800 – 1600

Dabei bedeutet die aufsteigende Zahlenfolge nicht nur rechnerisch eine Verdopplung des vorausgehenden Wertes, sondern ein [Film](#) mit der nächsthöheren ISO-Angabe ist auch doppelt so lichtempfindlich wie der vorausgehende, in umgekehrter Reihenfolge halb so lichtempfindlich.

Die Wahl der Empfindlichkeit hängt zunächst vom [Motivkontrast](#) ab. Ist der Unterschied zwischen Licht (nicht weiß) und Schatten (nicht schwarz) im [Motiv](#) sehr groß, besitzt es also eine große Anzahl von fein differenzierten Zwischentönen, wählt man die höhere Empfindlichkeit, weil sie eine flachere [Gradation](#) aufweist und somit feinere Details wiederzugeben in der Lage ist. Dementsprechend wählt man bei geringem Motivkontrast eine niedrige Empfindlichkeit, weil die Gradation hier steiler ist und weniger differenzierte Zwischentöne umfasst.

Mit zunehmender Empfindlichkeit steigt aber bei Filmen das Sichtbarwerden seiner [Körnigkeit](#), bei Digitalkameras das [Bildrauschen](#). Daher sollte für die meisten Motive ein mittlerer Wert aus der vorstehenden Zahlenreihe ausreichend sein und nur in Ausnahmesituationen eine geringe Empfindlichkeit gewählt werden, wenn etwa Dokumente abgelichtet oder unter gestalterischem Gesichtspunkt kontrastreich nur wenige Details wiedergegeben werden sollen oder das Aufnahmelicht zu stark ist, hohe Empfindlichkeit, wenn das Aufnahmelicht zu schwach ist.

Liegt die Empfindlichkeit des Aufnahmematerials einmal fest, bestimmen nur noch die Werte von Blende und Zeit die Belichtung.

Blende

Blende ist zunächst einmal eine meist aus dünnen einzelnen Lamellen gebildete Öffnung in den Objektiven, deren Durchmesser sich häufig durch Drehen eines Ringes außen an den Objektiven vergrößern oder verkleinern lässt. Sodann meint Blende auch das Verhältnis von Öffnung zu Brennweite eines optischen Systems. Ein Teleobjektiv beispielsweise von 50 mm freier Öffnung (D) und 200 mm Brennweite (f) besitzt die Blende $50 : 200 = 1 : 4$, auch $f / 4$ geschrieben. Die Öffnung selbst wird im Gegensatz zu anderen optischen Geräten bei den fotografischen Objektiven nicht angegeben, weil sie für die fotografische Praxis ohne weitere Bedeutung ist, sondern nur die Brennweite und die Blende, also 200 mm 1 : 4, wobei die angegebene Blende (hier 4) die größt einstellbare des Objektivs und damit seine Lichtstärke bezeichnet. Übliche Blenden sind:

f 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – 22

Da die Blende ein reziproker Wert ist, bedeutet eine große, weit geöffnete Blende eine kleine Blendenzahl und eine kleine, eng geschlossene Blende eine große Blendenzahl. In der angegebenen Reihenfolge wird von Stufe zu Stufe die Lichtstärke des Objektivs und damit die auf das Aufnahmematerial einwirkende Belichtung halbiert, in umgekehrter Reihenfolge verdoppelt. So bezeichnet man den Unterschied in der Belichtung, der durch Verstellen um eine Blende zustandekommt, als Blendenwert, auch Lichtwert (LW) genannt. Somit entspricht ein Blendenwert einer Filmempfindlichkeitsstufe. Daher kann ein Bild beispielsweise, das mit ISO 400 und Blende 16 belichtet wurde, bei gleichbleibender Belichtungszeit mit dem selben Belichtungsergebnis auch mit ISO 200 und Blende 11 gemacht werden.

Die Blende dient aber nicht nur der Belichtungssteuerung, sondern sie legt auch die Schärfentiefe im Bild fest. Soll sich das zu fotografierende Objekt von unscharfem Hintergrund abheben, wählt man eine große Blende. Soll dagegen vom Vordergrund bis in den Hintergrund hinein gleichermaßen Schärfe liegen, nimmt man eine kleine Blende.

Das Abblenden eines Objektivs kann aber nicht beliebig betrieben werden, denn sein optisches Auflösungsvermögen ist proportional zu seinem Öffnungsverhältnis. Je

größer die Öffnung und je kleiner die Brennweite, umso größer ist das Auflösungsvermögen. Mit dem Schließen der Blende wird bei gleichbleibender Brennweite daher auch das Auflösungsvermögen des Objektivs herabgesetzt. Ähnlich verhält es sich mit dem Auflösungsvermögen eines Films oder Sensors, das seiner Körnigkeit beziehungsweise der Anzahl seiner Pixel entspricht. Je feinkörniger desto höher ist die Auflösung. Vergleicht man nun die Auflösungsvermögen von Objektiv und Aufnahmematerial miteinander, gelangt man gewöhnlich bei Blende 16 in den Bereich, wo das Auflösungsvermögen des Objektivs das Auflösungsvermögen des Aufnahmematerials unterläuft. Allgemeine Bildunschärfe ist die Folge.

Zeit

Belichtungszeit ist die Dauer, für die sich der Verschluss der Kamera öffnet und das Aufnahmematerial dem durch das Objektiv projizierten Bild aussetzt. Übliche Belichtungszeiten sind:

sec 1/15 – 1/30 – 1/60 – 1/125 – 1/250 – 1/500 – 1/1000

Wie bei der Blende wird auch hier in der angegebenen Reihenfolge die auf das Aufnahmematerial einwirkende Belichtung von Stufe zu Stufe halbiert, in umgekehrter Reihenfolge verdoppelt, so dass man auch den Unterschied zwischen zwei Werten in der Zeitreihe als Blendenwert oder Lichtwert bezeichnet.

Kurze Belichtungszeiten nimmt man, wenn das Aufnahmelicht sehr hell ist, oder um Bewegung zu stoppen, lange Belichtungszeiten, wenn das Aufnahmelicht schwach ist oder um Wisch- oder Fließeffekte zu erzielen. Bei Belichtungszeiten von 1/125 sec an abwärts besteht stets Verwacklungsgefahr, so dass Blitzlichteinsatz oder ein Stativ erforderlich werden.

Weil sowohl in der Blenden- als auch in der Zeitreihe die Lichteinwirkung in aufsteigender Reihenfolge halbiert und in absteigender Reihenfolge verdoppelt wird, lassen sich die für eine korrekte Belichtung erforderlichen Werte für die Blende und die Zeit gegeneinander verschieben. So erhält man das selbe Belichtungsergebnis, wenn man statt mit Blende 8 und 1/250 sec mit weiter geöffneter Blende 5,6 aber verkürzter Zeit 1/500 sec belichtet.

http://magazin.pixelio.de/fotopraxis/grundlagen/Blende_und_Zeit.php

Blende & Zeit

von Harry Hautumm und Markus Hein

Mit den Automatik- und Motivprogrammen aktueller Digitalkameras lassen sich tolle Bilder machen und für viele Bereiche ist das auch ausreichend. Wenn es jedoch um die fotografische Umsetzung einer speziellen Idee geht oder die Aufnahmeverhältnisse eine spezielle Kameraeinstellung erfordern, kommt man schnell an die Grenzen der Programme.

Im Folgenden ist daher der Zusammenhang zwischen Blende und Zeit – den beiden wichtigsten Faktoren der Belichtung – erklärt.

Die Blende

Die Blende befindet sich im Objektiv der Kamera und regelt durch öffnen und schließen mechanisch die Menge des auf den Sensor (oder Film) treffenden Lichts. Die Blende besteht aus hauchdünnen, lichtundurchlässigen Metallblättern, die lamellenförmig angeordnet sind. Je nach Weite der Öffnung wird das Lichtbündel kleiner oder größer.

Die Blende ist nicht stufenlos wie ein Lautstärkeregler am Radio verstellbar, sondern in feste vorgegebene Stufen. Die einzelnen Stufen werden über die Blendenzahl angegeben. Die Blendenzahl zeigt die Größe der Blendenöffnung (z.B. 4,5, 6, 8 usw.). Hierbei gilt: Je niedriger die Blendenzahl umso größer ist der Öffnungsdurchmesser.

Die Blende erfüllt beim fotografieren zwei grundsätzliche Funktionen.

Zum einen steuert sie die Lichtmenge während der Belichtung des Sensors. Je größer die Blendenzahl wird, umso kleiner wird die Öffnung durch die das Lichtbündel, durch das Objektiv auf den Sensor trifft. In Verbindung mit der Belichtungszeit wird somit die korrekte Belichtung des Sensors gesteuert. Zum anderen beeinflusst die Blende die Schärfentiefe. Je größer die Blendenzahl wird (kleinere Blendenöffnung) umso größer ist der Tiefenbereich des Motivs der im Bild scharf dargestellt wird.

Die Belichtungszeit

Die Belichtungszeit ist die Zeitspanne, in der der Sensor (Film) dem Licht zur Aufzeichnung des Bildes ausgesetzt wird.

Zusammenhang zwischen Blende und Belichtungszeit

Um ein Foto optimal zu belichten, benötigt der Sensor (Film) eine bestimmte Lichtmenge. Diese setzt sich aus den folgenden Faktoren zusammen $a =$ die Länge der Zeit, die der Sensor dem Licht ausgesetzt ist und $b =$ die Menge des Lichtes, die durch das Objektiv auftritt. Beide Werte verhalten sich gegenläufig. Steht viel Licht zur Verfügung genügt eine kurze Belichtungszeit und umgekehrt wird bei wenig Licht eine entsprechend längere Zeit der Belichtung benötigt.

Ein Rechenbeispiel:

Benötigte Lichtmenge = 100

Zeitfaktor (Z) x Lichtmenge (L) müssen den Wert 100 ergeben.

Also $Z 10 \times L 10 = 100$, $Z 5 \times L 20 = 100$, $Z 50 \times L 2 = 100$

Die Verstellung der Blende um einen Wert kann durch Änderung der Verschlusszeit um einen Wert in entgegen gesetzter Richtung nahezu kompensiert werden. Wenn also ein Foto mit Blende 4 und 1/500 Sekunde richtig belichtet wird, dann führt auch die Kombination Blende 5,6 (ein Wert größer) und Belichtungszeit von 1/250 Sekunde (ein Wert kleiner) zur nahezu selben Belichtung.



Blende 4; Belichtung 1/500 Sekunde – nahezu identisches Ergebnis wie mit



Blende 5,6; Belichtung 1/250 Sekunde

Wozu das Ganze also?

Mit Änderung der Blende, kann der Bereich, der scharf bzw. unscharf abgebildet werden soll gesteuert werden (Schärfentiefe). Andererseits kann durch Änderung der Belichtungszeit die Bildwirkung sehr unterschiedlich sein. Klassisches Beispiel wäre z.B. ein Wasserfall dessen Wasser bei extrem kurzer Belichtungszeit eingefroren wirkt. Bei längerer Belichtung wirkt das Wasser lebendig.



Blende 4 – der Hintergrund ist komplett unscharf



Blende 22 – Große Teile des Hintergrunds werden schärfer



Belichtungszeit 1/200 Sekunde – das Wasser ist eingefroren



Belichtungszeit 1/13 Sekunde – das Wasser ist verschwommen, der Eindruck des fließenden Wassers wird bestärkt.

<http://www.photto.at/techcorner/Elementares.htm>

Blende

Die Blende regelt die Lichtmenge, die auf den Chip trifft und ist eine (meist) veränderbare Öffnung im Objektiv.

Wie groß diese Öffnung ist, gibt ein Zahlenwert an, der sich aus Brennweite/Blendendurchmesser ergibt. Blenden werden in Verhältnissen angegeben (z.B. 1:2,0 oder 1:5,6,.....). Jedoch wird das „1:“ meistens weggelassen.

Die volle Blendenreihe ergibt sich aus den Werten 1, 2, 4, 8,...; man sieht: die vorhergehende Zahl wird jeweils verdoppelt.

Da sich aber nun pro Blendenschritt die Belichtungszeit vervierfachen bzw. auf ein Viertel verkürzt würde (quadratisches Wachstum) wurden Zwischenwerte "eingeführt", die sich aus dem Vielfachen der Quadratwurzel aus 2 (jeweils gerundet) ergeben. Also 1.4, 2.8, 5.6,.....

Auszug aus der vollen Blendenreihe:

...1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22...
kleine Blendenzahl = große Blendenöffnung				große Blendenzahl = kleine Blendenöffnung				

Bei der Erhöhung um eine Blendenstufe ergibt sich eine Halbierung der Belichtungszeit.

In der Praxis gibt es in der Blendenreihe jedoch noch feinere Abstufungen z.B. 1:1,7, 1;6,3,..

Die Schärfentiefe ist direkt abhängig von der gewählten Blendenstufe.

Schärfentiefe

Die Schärfentiefe, oder auch Tiefenschärfe genannt, ist abhängig von der gewählten Blendengröße, Brennweite und dem Abstand zum Motiv.

hohe Schärfentiefe

niedrige Schärfentiefe



Blende: f22

8sek



Blende: f2.8

1/8sek

Je größer die gewählte Blende und je mehr Brennweite, desto kleiner wird die Schärfentiefe. Oder umgekehrt: Je kleiner die gewählte Blende und je kleiner die Brennweite, desto größer ist die Schärfentiefe.

Wird der Abstand zum Motiv unter gleichen Bedingungen verkürzt, verkleinert sich die Schärfentiefe.

Anmerkung: Bei Kompaktkameras hat man, im Vergleich zu DSLR - Kameras, bei gleicher Blendenzahl deutlich mehr Schärfentiefe aufgrund der kleineren Sensorgrößen.

Belichtungszeit

Die Belichtungszeit ist jene Zeitspanne, in der Licht auf den Chip fällt. Je länger Licht auf den Chip fällt, desto höher steigt die Anzahl an Elektronen und desto heller wird das Foto.

Belichtungszeiten werden in Sekunden oder in Bruchteilen derer angegeben.

Typische Belichtungszeiten:

2s 1s 1/15s 1/30s 1/60s 1/125s 1/250s 1/500s 1/1000s

Anmerkung: Ab welcher Zeit man nun "verwackelt" kommt maßgeblich auf die verwendete Brennweite an. Aber auch andere Faktoren können hier mitspielen, wie z.B. der Fotograf, die Tagesverfassung,...etc..

Grundsätzlich gilt:

$$\text{Belichtungszeit} = 1 / \text{Brennweite}$$

d.h. bei einer Brennweite von 200 mm sollte man eine Belichtungszeit von 1/200 sek und darunter wählen. Siehe dazu

auch Crop - Faktor.

Bei Belichtungszeiten von ca. 1/30 sek und darüber kommt man (unabhängig von der Brennweite) um ein Stativ kaum herum.

Bewegte Objekte

Je schneller sich das Objekt, welches man fotografieren möchte, bewegt, desto kürzer sollte man die Belichtungszeit einstellen, da sonst das Objekt „verschwommen“ abgelichtet wird (Bewegungsunschärfe – kann aber je nach dem auch erwünscht sein, da das Bild eine gewissen Dynamik erhält). Um z.B. einen fliegenden Vogel scharf zu fotografieren, sollte man eine Belichtungszeit von ca. 1/640sek. und darunter wählen.

BEISPIEL: Bewegungsunschärfe



Veränderungen der Blende bzw. der Belichtungszeit in vollen Stufen ergeben eine Verdoppelung bzw. eine Halbierung der Lichtmenge, der auf den Chip fallenden Lichtmenge.

Beispiel 1:

Blende 4, Belichtungszeit: 1/250sek. Schließt man nun die Blende um eine Stufe auf 5,6 ergibt sich unter gleichen Bedingungen eine Belichtungszeit von 1/125sek.

Beispiel 2:

Blende 8, Belichtungszeit: 1/125sek. Verkürzt man nun die Belichtungszeit auf 1/1000sek. unter gleichen Bedingungen (also um 3 Stufen) so muss man die Blende um 3 Stufen öffnen. Also von 8 auf 2,8.

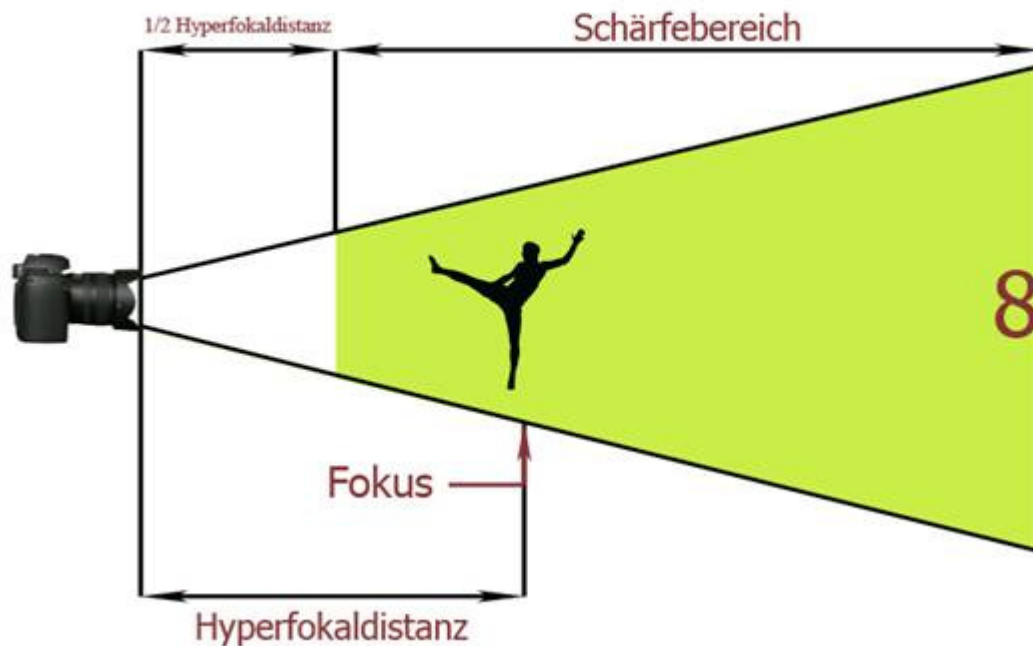
Anmerkung: Welche Blenden / Belichtungszeiten einstellbar sind hängt wiederum vom Objektiv bzw. von der Kamera ab.

Wenn jetzt die korrekte Belichtungszeit bei einer Blende von z.B. 5,6, 1/60 Sekunde beträgt, man jedoch weniger Tiefenschärfe haben möchte, also die Blende auf z.B. 2,8 öffnen möchte, muss man die Belichtungszeit in die entgegengesetzte Richtung ausgleichen.

d.h. Weitere mögliche Einstellungen bei Blende 5,6 und einer Belichtungszeit von 1/60sek wären:

2,0	2,8	4,0	5,6	8,0	11
1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15

Hyperfokaldistanz Hfd



Abhängig von **Blende**, **Brennweite** und **Fokaldistanz** hat jede Kamera eine unterschiedliche Schärfentiefe. Für jede Kombination von Blende und Brennweite gibt es eine Fokulentfernung, die die Schärfentiefe optimal ausnutzt. Die vordere Schärfegrenze liegt bei der halben Fokulentfernung und die hintere bei unendlich. Diese Fokulentfernung nennt man Hyperfokaldistanz. Sie beschreibt also die Entfernung, ab der die unendliche Schärfentiefe beginnt.

Abhängig ist diese von Zerstreuungskreis, Blende und Brennweite. (Der Zerstreuungskreis ist abhängig von der Pixelgröße des Sensors und definiert, wann ein Punkt noch als scharf wahrgenommen wird.)

Bei KB – Format (35mm) beträgt der Durchmesser des Zerstreuungskreises ca. 0,03 mm. Bei Digitalkameras ist dieser jedoch wesentlich kleiner und auch modellabhängig.

Berechnung des Zerstreuungskreises

Um den Zerstreuungskreis einer Digitalkamera zu berechnen wird der Zerstreuungskreis bei KB – Format durch den jeweiligen Cropfaktor der Digitalkamera dividiert.

$$c = 0,03 / \text{Cropfaktor}$$

Für die Nikon D70 ergibt sich dadurch: $c = 0,03 / 1,5 = 0,02$

Berechnung der Hyperfokaldistanz Hfd:

$$\text{Hyperfokaldistanz } h = f^2 / (n \cdot e)$$

e = Zerstreuungskreis in m

f = reale Brennweite in m

d = Eingestellte Distanz in m

n = relative Öffnung der Blende (z.B. 5,6)

Für alle die's ganz genau wissen wollen:

Wenn alles von $x = h \cdot d / (h + (d - f))$ bis $y = h \cdot d / (h - (d - f))$ scharf sein soll, ergibt sich eine Schärfentiefe (St) von $St = y - x$

Anhand der Formel ($h = f^2 / (n \cdot e)$) sieht man:

- dass je größer die reale Brennweite, desto größer auch die Hyperfokaldistanz ist.
- dass bei dieser Technik mit möglichst geschlossenen Blenden gearbeitet werden sollte, da diese die Hyperfokaldistanz verringern.

Beispiel:

Brennweite (KB äquivalent): 28 mm

Blende: f16

$$h = (28^2 / (0,02 \cdot 16)) = 2450 \text{ mm} = 2,45 \text{ m}$$

Der Fokus liegt hier bei 2,45m, d.h. ab 1,225m wird alles scharf abgebildet.

Anmerkung: Fixfokuskameras arbeiten grundsätzlich nach dem Prinzip der Hyperfokaldistanz.

ISO

ISO ist ein Maß für die Lichtempfindlichkeit des Sensors (Films). Eine Verdopplung der Lichtempfindlichkeit (z.B. von ISO 100 auf ISO 200) führt bei gleicher Blende eine Halbierung der Belichtungszeit nach sich.

d.h. hohe ISO - Werte benötigt man wenn wenig Licht vorhanden ist, bzw. die Belichtungszeit nicht ausreicht, um ein Objekt scharf abzulichten.

Allerdings steigt bei höheren ISO - Werten auch das „Rauschen“ .

Die Stärke des „Rauschens“ hängt dabei wiederum vom Chip und von der kamerainternen Software ab.

Übersicht ISO/DIN - Werte:

ISO/DIN	ISO/DIN	ISO/DIN	ISO/DIN	ISO/DIN	ISO/DIN	ISO/DIN	ISO/DIN
50/18	100/21	200/24	400/27	800/30	1600/33	3200/36	6400/39