

Christian Westphalen

Die große Fotoschule

Handbuch digitale Fotopraxis



4. Auflage, 727 Seiten, gebunden
44,90 Euro
ISBN 978-3-8362-7181-3



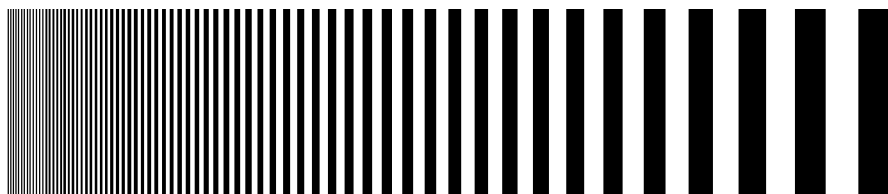
Kapitel 3: Schärfe

Ein großer Teil der technischen Aspekte der Fotografie hat mit dem Erzielen der richtigen Schärfe zu tun. Ob Sie die Verschlusszeit, die Blende oder den Fokus einstellen: Sie nehmen damit immer Einfluss auf die Schärfe. Selbst die Veränderung des ISO-Werts bleibt nicht ohne Folgen.

3.1 Auflösung und Nyquist-Grenze

Schärfe wird durch das Zusammenspiel von Auflösung und Kontrast bestimmt. Der Begriff *Auflösung* beschreibt die Fähigkeit, sehr kleine Strukturen wiederzugeben. In der Digitalfotografie hängt die mögliche Auflösung von vielen Einflussfaktoren ab. Die Eigenschaften des Objektivs und des Sensors sind von zentraler Wichtigkeit, aber die eingestellte Blende oder die Eigenbewegung der Kamera beeinflussen ebenfalls das Auflösungsvermögen.

Das Auflösungsvermögen wird gern mit einem Muster gemessen, das aus benachbarten schwarzen und weißen Linien mit sich verringernden Abständen besteht. Es gibt eine theoretische Grenze, über die eine Digitalkamera nicht hinauskommt: Für die Abbildung eines Linienpaares braucht man zwei Pixelreihen, eine für die weiße Linie, eine für die schwarze. Diese Grenze nennt sich *Nyquist-Grenze* oder Nyquist-Frequenz und wird in lp/mm (Linienpaaren pro Millimeter) ausgedrückt (siehe auch Kapitel 2, »Objektive«).



Ein Beispiel: Eine Sony $\alpha 6400$ hat eine Pixelauflösung von 6000×4000 Pixeln (24 MP) bei einer Sensorgröße von $23,5 \times 15,6$ mm, das ergibt eine Auflösung von 256,4 Pixeln pro Millimeter ($4000 \div 15,6 = 256,4$). Die Nyquist-Grenze der Sony $\alpha 6400$ liegt folglich bei 128,2 lp/mm. Wenn Sie mit einer Sony $\alpha 7S II$ fotografieren, verwenden Sie eine Auflösung von 4240×2832 Pixeln (12 MP) bei $35,6 \times 23,8$ mm, das ergibt 119 Pixel/mm und eine Nyquist-Frequenz von

◀ Abbildung 3.1

Die kontrastreiche Schärfe der Biene ist bei diesem Motiv genauso wichtig wie die weiche Unschärfe des Hintergrunds. Das 70-mm-Makroobjektiv wurde bei Offenblende verwendet.

70 mm | $f2,8$ | $1/4000s$ | ISO 400

◀ Abbildung 3.2

Ein Testmuster von schwarz-weißen Linienpaaren mit unterschiedlicher Dicke. In einem Foto wird der Kontrast nach links hin abnehmen, weil Kamera und Objektiv an die Grenzbereiche ihrer Leistung kommen.

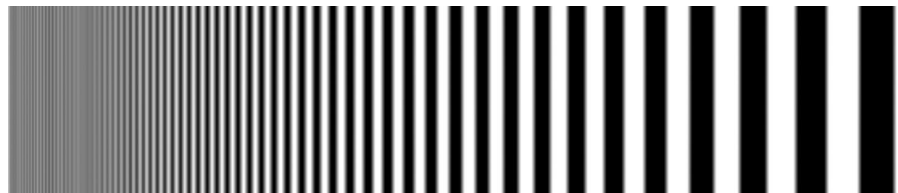
59,9lp/mm. Das bedeutet, dass ein Objektiv an einer Sony α6400 eine doppelt so hohe Auflösung erreichen muss wie an einer α7S II, um den Sensor voll auszunutzen.

3.2 Kontrast

An der Nyquist-Grenze wird keine Kamera mit einem noch so guten Objektiv ein schwarzweißes Linienpaar auch wirklich schwarzweiß abbilden können. Vielmehr wird der erreichbare Maximalkontrast mit steigender Auflösung immer weiter abnehmen, sodass sich eher ein Kontrast zwischen Dunkelgrau und Hellgrau ergeben wird.

Abbildung 3.3 ►

Im Foto bleiben in den fein aufgelösten Bereichen nur Graustufen übrig, weil die leichte Unschärfe dem Kontrast schadet.



Um die Leistung eines Objektivs sinnvoll zu beschreiben, reicht also der Auflösungs Wert nicht aus, es ist auch wichtig, wie hoch der Kontrast bei welcher Auflösung ist. Diese Werte sind davon abhängig, wie weit man sich von der Sensormitte entfernt, denn es ist für ein Objektiv einfacher, einen Punkt in der Sensormitte scharf abzubilden als einen am Rand. Das hat mit dem Sensor selbst nichts zu tun, sondern nur mit dem Abstand des Punktes von der optischen Achse des Objektivs. Als Resultat erhält man eine Kurve, die sogenannte *Modulations-Transfer-Funktion*, kurz MTF-Kurve (siehe auch Seite 132). Hier ist zum Verständnis nur wichtig, dass Schärfe durch den erzielbaren Kontrast bei einem definierten Auflösungsvermögen beschrieben wird – und dass Sie für die optimale Schärfe in der Bildmitte und am Bildrand unterschiedlich stark abblenden müssen.

3.3 Schärfentiefe und Blende

Wenn man von Schärfe spricht, stellt sich schnell die Frage, wo die Grenze zwischen scharf und unscharf liegt. Die Leistungsdaten einer modernen Systemkamera als Maßstab zu nehmen und pixelgenaue Schärfe zu fordern, würde einen schnell in den fotografischen Wahnsinn treiben. Die Ergebnisse wären auch eher

akademischer Natur, aber Ihre Fotos werden für Menschen gemacht und nicht für technische Geräte. In der Fachliteratur findet man Werte für das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges, die um 1 mm bei einer Entfernung von 3 Metern liegen. Sie können selbst ausprobieren, bis wohin Sie im Siemensstern von Seite 183 bei 3 Metern Entfernung die Linien noch unterscheiden können. Dann treten Sie heran und messen die Linienbreite an der entsprechenden Stelle. Wir gehen für die weitere Berechnung von 1 mm aus und kommen bei einer Bildentfernung von 3 Metern auch auf eine Bilddiagonale von 3 Metern, da der Betrachtungsabstand und die Bilddiagonale für den optimalen Eindruck gleich sein sollten. Wir erhalten so eine Bilddiagonale von 3000 Pixeln und eine zu erreichende Gesamtauflösung von etwas über 4 Megapixeln. Diesen Wert sollten Sie im Hinterkopf behalten, wenn Sie wirklich perfekte Schärfe für Großvergrößerungen benötigen. In der Praxis rechnet man meist mit 1500 Pixeln in der Diagonale. Welchen Zerstreuungskreisdurchmesser man als zulässig definiert und wo die Grenze zwischen scharf und unscharf verläuft, hängt auch von der gewünschten Abbildungsgröße ab und von der Annahme, über welches Auflösungsvermögen das Auge verfügt. Ein 13-x-18-cm-Abzug wird mit 1500 Pixeln Auflösung in der Diagonalen perfekt scharf wirken, in der Praxis ärgern sich viele Fotografen aber über viel geringere Unschärfen. Bei einer Sony $\alpha 7R$ III hätte ein Zerstreuungskreis von $1/1500$ der Bilddiagonale bereits einen Durchmesser von über 6 Pixeln. Trotzdem wird das Bild auf einer Buchseite bei normalem Betrachtungsabstand noch scharf wirken. Für einen Galerie-Print im Großformat sollten Sie allerdings lieber mit 3000 Pixeln rechnen, denn wenn der Betrachter an das Bild herantreten kann, um die Details besser zu erkennen, sind auch Auflösungen von bis zu 300 dpi sinnvoll. So würden beispielsweise die 42 MP der Sony $\alpha 7R$ III bei 300 dpi in einer Größe von $67,3 \times 44,9$ cm ausgegeben. Dafür ist das Bild aber dann so hoch aufgelöst, dass das Auge beliebig nah herangehen kann und eine höhere Auflösung ihm nicht mehr Details offenbaren könnte.

Abbildung 3.4 ►

Hier habe ich durch einen engen Maschendrahtzaun fotografiert; wegen der offenen Blende ist das Motiv davon nicht beeinträchtigt, der Zaun zeigt sich aber in den unscharfen Lichtpunkten des Hintergrunds.

100 mm | $f3,5$ | $1/500s$ | ISO 400

Zerstreuungskreis

In der Praxis wird ein Lichtpunkt nie absolut punktförmig abgebildet, sondern immer als ein Zerstreuungskreis. Die Zerstreuung ergibt sich durch Objektiv- oder Beugungsunschärfe, durch die Fokussierung auf einen anderen Entfernungsbereich oder durch den AA-Filter.

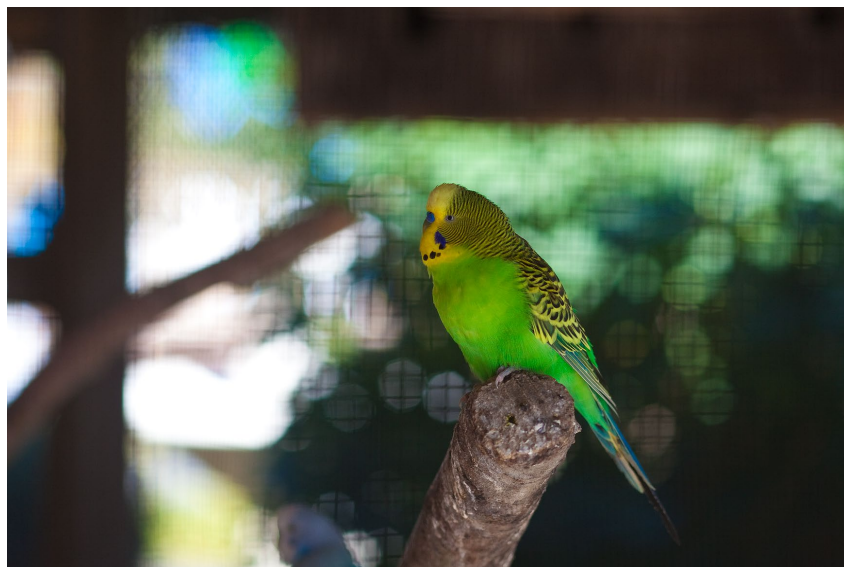


Abbildung 3.5 ►►

Der DJ Kill Emil bei der Arbeit. Die weit geöffnete Blende betont den Eindruck des schwachen Lichts. Der geringe Schärfebereich bildet einen reizvollen Kontrast mit unscharfen Lichtern im Hintergrund.

85 mm | f1,2 | 1/80s | ISO 12800

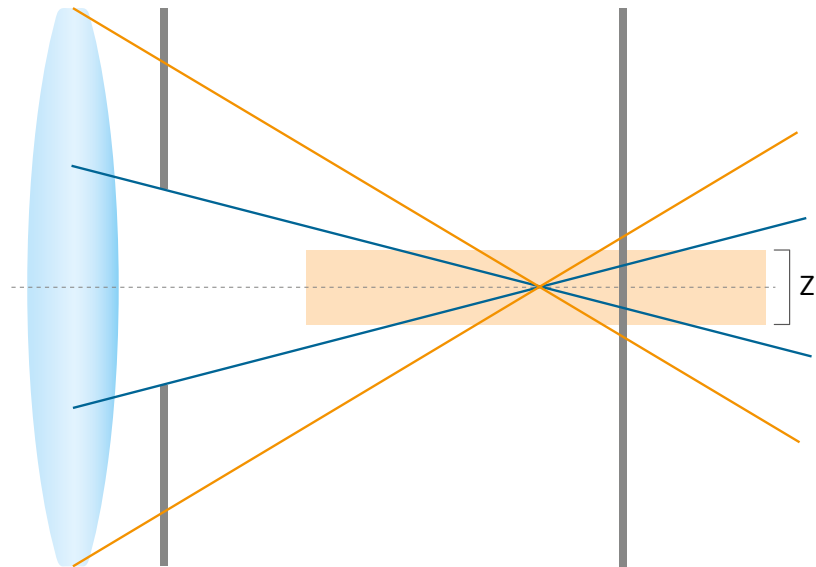
Wenn Sie mit einer Kompaktkamera oder einem Smartphone fotografieren, scheint sich die Schärfe meistens von vorn bis hinten durch den gesamten Bildraum zu erstrecken. Sobald Sie aber eine Kamera mit einem größeren Sensor in die Hand nehmen, merken Sie, dass sich die Schärfe immer nur in einem bestimmten Bereich befindet und es, je nach Fokussierung, davor und dahinter wieder unscharf wird. Dieser Bereich heißt *Schärfentiefe*.

Genauer ausgedrückt, ist die Schärfentiefe der Bereich der Objektentfernung, der auf der Sensorseite innerhalb des zulässigen Zerstreuungskreisdurchmessers abgebildet wird, sodass die Abbildung noch scharf erscheint.

Dieser Bereich wird größer, je weiter Sie das Objektiv abblenden. Dazu schauen wir uns die Bildseite zwischen Blende und Sensor an (Abbildung 3.6). Beim orangefarbenen Strahlenbündel habe ich mit Offenblende fotografiert, das Motiv liegt weiter im Fernbereich, als das Objektiv scharf gestellt ist, und so trifft sich das Strahlenbündel vor der Sensorebene. Auf der Sensorebene ist das Strahlenbündel bereits größer als der zulässige Zerstreuungskreis (Z), also erscheint dieser Punkt des Motivs unscharf. Anders beim blauen Strahlenbündel: Obwohl der Fokus gleich bleibt, trifft das Strahlenbündel den Sensor, während es noch kleiner als der zulässige Zerstreuungskreis ist. Der Punkt erscheint also scharf. Der einzige Unterschied ist, dass hier abgeblendet wurde. Der Strahlenkegel ist so insgesamt schmäler und bleibt über einen größeren Bereich innerhalb des Zerstreuungskreisdurchmessers. Auf der Motivseite entspricht dies einem deutlich größeren Entfernungsbereich, innerhalb dessen alles als scharf wahrgenommen wird. Die Schärfentiefe steigt also mit dem Abblenden an.

Abbildung 3.6 ►

Beim Abblenden (blau) bleiben die Lichtstrahlen über einen weiteren Bereich innerhalb der Schärfegrenze beziehungsweise innerhalb des zulässigen Zerstreuungskreisdurchmessers (Z) als bei Offenblende (orange). Überschreitet die Abbildung eines Punktes auf dem Sensor einen bestimmten Durchmesser, so erscheint die Abbildung unscharf. In diesem Beispiel ist die Abbildung bei Offenblende auf der Sensorebene leicht unscharf, abgeblendet aber scharf genug.





Aus der Auflösungsgrenze des Auges (siehe Seite 44) folgt, dass ein Punkt, der einen Durchmesser von $1/1500$ der Sensordiagonale hat, auf dem gedruckten Bild noch als scharf wahrgenommen wird. Unter dieser Voraussetzung vergleichen wir die Schärfentiefe einer Vollformatkamera mit der einer APS-C-Kamera, die einen 1,6-mal kleineren Sensor hat. Für die Vollformatkamera ergibt sich ein zulässiger Zerstreungskreisdurchmesser von 0,028 mm, bei APS-C sind es 0,018 mm. Als Objektiv wählen wir für die Vollformatkamera ein 50 mm/ $f1,4$ und für die APS-C-Kamera das Objektiv, das diesem in Blende und Bildwinkel möglichst gut entspricht: 30 mm/ $f1,4$.

Wenn Sie sich Tabelle 3.1 anschauen, sehen Sie, dass Sie bei einer APS-C-Kamera knapp zwei Blenden weiter aufblenden müssen, um eine ebenso geringe Schärfentiefe wie bei einer Vollformatkamera zu erzielen (siehe die beiden fett gedruckten Werte in der Tabelle). Oder andersherum ausgedrückt: Die Trennung des Motivs vom Hintergrund durch eine geringe Schärfentiefe gelingt umso besser, je größer das Sensorformat ist.

▼ **Abbildung 3.7**

Bei dieser Aufnahme beträgt die Schärfentiefe nur gut sechs Millimeter.

50 mm | $f1,2$ | $1/100s$ | ISO 100 | Entfernung 50 cm



Blende	Schärfentiefe bei einem Vollformatsensor (42 mm Sensordiagonale)		Schärfentiefe bei einem APS-C-Sensor (27 mm Sensordiagonale)	
	Bereich	Ausdehnung	Bereich	Ausdehnung
f1,4	1,95 m–2,07 m	12 cm	1,90 m–2,12 m	22 cm
f2	1,93 m–2,10 m	17 cm	1,85 m–2,17 m	32 cm
f2,8	1,89 m–2,14 m	24 cm	1,80 m–2,25 m	45 cm
f4	1,85 m–2,20 m	35 cm	1,73 m–2,37 m	64 cm
f5,6	1,79 m–2,29 m	50 cm	1,64 m–2,57 m	93 cm
f8	1,71 m–2,44 m	73 cm	1,52 m–2,92 m	1,4 m
f11	1,62 m–2,65 m	1,03 m	1,40 m–3,53 m	2,13 m
f16	1,49 m–3,10 m	1,61 m	1,23 m–5,41 m	4,18 m
f22	1,36 m–3,89 m	2,53 m	1,07 m–15,02 m	13,95 m

Hyperfokale Entfernung

Wenn Sie eine möglichst große Schärfentiefe bis in den Unendlich-Bereich erzielen möchten (zum Beispiel in der Landschaftsfotografie), sollten Sie nach hinten keinen Schärfbereich verschwenden, sondern so fokussieren, dass »Unendlich« gerade noch in der Schärfentiefe liegt. So erhalten Sie nach vorn das Optimum an Schärfentiefe. Die Distanz, auf die Sie dann scharfstellen müssen, nennt sich die *hyperfokale Entfernung*. Das ist der Punkt, ab dem die Schärfe bei gewählter Blende gerade eben in den Unendlich-Bereich ragt.

Bei einer Vollformatkamera, 50 mm Brennweite und Blende f22 müssen Sie also die Entfernung auf gut 4 Meter einstellen. So erstreckt sich die Schärfentiefe nach hinten gerade eben bis Unendlich. Da die Schärfentiefe vom Fokuspunkt natürlich auch nach vorn reicht, erhalten Sie so von knapp 1,4 m bis Unendlich alles scharf. Bei 30 mm Brennweite an einer Kamera mit APS-C-Sensor bekommen Sie bei einer Einstellung auf 2,3 Meter eine durchgängige Schärfe von gut einem Meter bis Unendlich.

In der Praxis werden Sie natürlich kein Objektiv auf exakt 44,69 m einstellen können, aber falls Ihr Objektiv eine Entfernungsskala besitzt, können Sie den Nahpunkt (d. h. den vordersten Punkt, der noch in der Schärfe liegen soll) einstellen und dann die Entfernung genau auf die Mitte zwischen diesem Punkt und Unendlich stellen. Blenden Sie dann so weit ab, dass die Schärfentiefe ausreicht, was Sie ebenfalls an der Skala sehen können.

▲ Tabelle 3.1

Um eine ähnliche Schärfentiefe zu erreichen, müssen Sie bei einer APS-C-Kamera viel weiter aufblenden, z. B. von f5,6 auf f2,8. Links zu den verwendeten Formeln und einem Online-Schärfentieferechner finden Sie unter <https://links.westbild.de>.

Hyperfokaldistanz berechnen

Wenn Sie die hyperfokale Entfernung selbst berechnen wollen, verwenden Sie diese Formel:

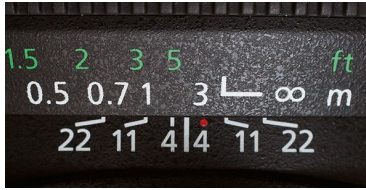
$$S_h = \frac{f^2}{N \times d_u} + f$$

S_h : hyperfokale Entfernung

f: Brennweite

N: Blende

d_u : Zerstreuungskreisdurchmesser



▲ **Abbildung 3.8**

Bei diesem 24-mm-Objektiv wurde die Unendlich-Marke auf den Schärfentiefestrich von Blende $f11$ gestellt. Die Schärfe reicht dann von ca. 1 m bis Unendlich. Die verwendete hyperfokale Entfernung, auf der nun der Fokus liegt, liegt bei etwa 2,5 m.

Blende	50 mm an Vollformatkamera	30 mm an APS-C-Kamera
$f1,4$	63,83 m	35,74 m
$f2$	44,69 m	25,03 m
$f2,8$	31,94 m	17,89 m
$f4$	22,37 m	12,53 m
$f5,6$	15,99 m	8,96 m
$f8$	11,21 m	6,28 m
$f11$	8,17 m	4,58 m
$f16$	5,63 m	3,16 m
$f22$	4,11 m	2,30 m

▲ **Tabelle 3.2**

Vergleich der hyperfokalen Entfernungen bei Vollformat- und APS-C-Sensoren nach Blende: Es wurde jeweils eine Brennweite mit vergleichbarem Bildwinkel gewählt.



Das funktioniert natürlich auch mit einem anderen Fernpunkt als Unendlich, wenn Sie zum Beispiel nur alles zwischen 3 und 4 Metern scharf haben möchten. Wenn Sie bei der Aufnahme etwas Zeit haben, können Sie auch einen Schärfentiefechner auf Ihrem Smartphone einsetzen; wenn es schnell gehen muss, können Sie eine Blendenreihe aufnehmen. In der Zeit- oder Blendenautomatik können Sie dann meist mit einem Rädchen schnell unterschiedliche Blendeneinstellungen verwenden.

◀ **Abbildung 3.9**

Bei 16 mm Brennweite und $f13$ ist von 33 cm bis Unendlich alles scharf, wenn Sie auf die hyperfokale Entfernung von in diesem Fall 67 cm scharfstellen.

Unschärfe im Sucherbild

Eine Tatsache, der sich nicht alle Fotografen bewusst sind, ist, dass sie die unscharfen Bereiche im Sucher einer Spiegelreflexkamera nicht genau beurteilen können. Machen Sie doch einmal folgenden Test:

- ▶ Nehmen Sie ein lichtstarkes Objektiv, und belassen Sie es auf der Offenblende. Heften Sie eine Zeitung an die Wand, oder schreiben Sie einen großen Text auf den Monitor.
- ▶ Fokussieren Sie manuell so, dass Sie den Text gerade noch erahnen können, und lösen Sie dann aus.
- ▶ Schauen Sie sich das Bild an. Sie werden feststellen, dass die Unschärfe der Abbildung stärker ist als im Sucher. Versuchen Sie dann, so weit abzublenden, dass das Sucherbild dem Foto entspricht.

Wie kommt es zu diesen abweichenden Ergebnissen? Eigentlich müsste das Foto dem Sucherbild entsprechen, wenn eine Mattscheibe eingesetzt wird, auf die das Bild genauso wie auf den Sensor projiziert wird. Genau hier liegt aber



▲ **Abbildung 3.10**

Der Testtext **1**, der Eindruck im Sucher **2** und das tatsächliche Foto **3** (35 mm, $f1,4$), das deutlich unschärfer ist. Um dem Sucherbild zu entsprechen, musste auf Blende $f4$ abgeblendet werden.

◀ **Abbildung 3.11**

Dieses Bild wirkte im Sucher viel schärfer als in der fertigen Aufnahme. Die riesige Blendenöffnung eines 300-mm-Objektivs mit Blende $f2,8$ (hier mit 1,4x-Extender verwendet) erlaubt sehr große Unschärfekreise, aber das Auge blendet das Sucherbild weiter ab, weil die Mattscheibe einer DSLR das Licht durch Mikrolinsen schickt, statt wirklich matt zu sein.

420 mm | $f4$ | $1/400s$ | ISO 800

die Lösung des Rätsels, denn die Mattscheibe ist gar nicht matt, sondern besteht aus winzigen Linsen, die das Licht zum Sucher leiten. Dadurch wirkt sie extrem hell, weil ein Großteil des einfallenden Lichts im Auge ankommt. Sie erfüllt auch ihren Zweck, die scharfen Bildbereiche sichtbar zu machen. Ihr Auge aber wird so zu einem Teil des optischen Systems: In Ihrer Iris wird ein zweites Mal abgeblendet, und die unscharfen Bildbereiche erscheinen schärfer, als sie sind. Wenn Sie also zum Beispiel im Makrobereich das Bild mit der Unschärfe komponieren wollen, bekommen Sie im Live-View-Modus eine exaktere Rückmeldung als über den Sucher.

Einige spiegellose Kameras (z. B. Canon EOS R) verwenden aber nicht die Arbeitsblende zur Vorschau, sondern diejenige, die aufgrund der Helligkeit und des verwendeten Objektivs gerade technisch am besten passt. Hier müssen Sie also die Abblendetaste verwenden, um vor der Aufnahme eine korrekte Schärfenvorschau zu erhalten. Alternativ können Sie auch eine Aufnahme machen und sie sich in der Rückschau ansehen, mit dem Vorteil, dass Sie auch in Ruhe hineinvergrößern können.

3.4 Beugungsunschärfe

Dass die Abbildungsleistung von Objektiven nicht immer besser wird, je weiter man abblendet, liegt an der *Beugungsunschärfe*, die umso stärker wird, je kleiner das Loch ist, durch das das Licht muss. Leider kann man nicht einfach ein besseres Objektiv bauen, um die Beugungsunschärfe loszuwerden, denn die Beugungsunschärfe ist ein Naturgesetz. Das Einzige, was Sie tun können, ist, nicht zu weit abzublenzen.

Ungefähr ab Blende $f11$ kommen Sie bei einer Vollformatkamera in den Bereich, ab dem die Beugungsunschärfe eine Rolle zu spielen beginnt. Bei einer Kompaktkamera mit einem sehr kleinen Sensor kann die Beugung schon ab Blende $f4,5$ sichtbar werden. Blende $f22$ stellt im Einzelfall immer noch einen guten Kompromiss zwischen Schärfentiefe und Beugungsunschärfe dar. Bei noch kleineren Blendenöffnungen werden die Unschärfen stark sichtbar. Das Beispielbild links bei Blende $f32$ ist praktisch nur noch zur Demonstration der Beugungsunschärfe zu gebrauchen.

Wann die Beugungsunschärfe sichtbar wird, hängt auch von der Auflösung des Sensors ab. Es gibt eine gute Faustformel, die besagt, dass der Blendenwert, ab dem die Beugungsunschärfe eine Zunahme der Auflösung begrenzt, bei dem doppelten der Pixelgröße in μm liegt. Ein Rechenbeispiel: Eine Nikon Z7 hat 8256×5504 Pixel Auflösung (45,4 MP) auf $35,9 \times 23,9$ mm Sensorgröße.



▲ **Abbildung 3.12**

Die Bildausschnitte zeigen das Ergebnis von $f5,6$ (links) und $f32$ (rechts). Bei $f32$ wird das Bild deutlich weicher, kleine Details verschwinden und die Lichter bilden Überstrahlungen, die Beugungsunschärfe ist deutlich wahrnehmbar. Das Gesamtbild wurde mit $f32$ aufgenommen, das Licht auf der Scheibe überstrahlt deswegen deutlich.

Links und rechts: 55 mm | $f32$ | 1,3 s | ISO 400

Mitte: 55 mm | $f5,6$ | 1/15 s | ISO 400

$0,0359 \text{ m} \div 8256$ sind $0,00000435 \text{ m} = 4,35 \text{ }\mu\text{m}$. Diese Zahl mal zwei genommen ergibt 8,7 – also grob $f9$. Ab Blende $f9$ wird also das Bild einer Nikon Z wieder leicht unschärfer, umso mehr, je weiter Sie noch abblenden.

Es gibt aber einen Ausweg aus dem Dilemma zwischen größerer benötigter Schärfentiefe und zu großer Beugungsunschärfe: Sie können Bilder mit verschiedenen Schärfeebenen zusammenrechnen; die Technik nennt sich *Focus Stacking* und wird auf Seite 541 an einem praktischen Beispiel gezeigt.

3.5 Verwackeln

Die Bewegung der Kamera selbst kann während der Aufnahme ein Bild unscharf machen. Auch der beste Fotograf kann eine Kamera nicht vollkommen ruhig halten, denn der Körper führt immer leichte Bewegungen aus, um im Gleichgewicht zu bleiben. Es gibt eine alte Faustregel, die besagt, dass man eine Verschlusszeit, die dem Kehrwert der Brennweite entspricht, noch ruhig halten kann. Das bedeutet, dass bei einem 35-mm-Objektiv ungefähr 1/30s Verschlusszeit noch zu scharfen Bildern führt. Bei 300mm Brennweite sollte es aber mindestens 1/250s sein.

Die richtige Körperhaltung

Die richtige Körperhaltung ist ebenfalls wichtig für die Schärfe bei längeren Verschlusszeiten. Halten Sie die Kamera mit beiden Händen, die Ellenbogen bleiben am Körper und die Füße stehen etwas auseinander. Halten Sie die Luft an, nachdem Sie gerade ein- oder ausgeatmet haben, und drücken Sie den Auslöser sanft durch. Ich mache gern unmittelbar danach noch eine Belichtung, weil das die Chancen auf ein scharfes Bild verdoppelt und weil manchmal die Anspannung nach der ersten Aufnahme geringer ist.

Diese Werte beruhen auf relativ altmodischen Schärfenanforderungen (eine aktuelle Systemkamera zeichnet mindestens das Vierfache an Details im Vergleich zum Diafilm auf), sodass Sie ruhig ein bis zwei Stufen kürzer belichten können, sofern Sie die Möglichkeit dazu haben. Wenn Sie keine Wahl haben, können Sie auch längere Zeiten aus der Hand halten und mehrere Aufnahmen hintereinander machen. Die Wahrscheinlichkeit, dass trotzdem eine brauchbar ist, ist gerade bei kürzeren Brennweiten hoch.

Kameras mit einer Auto-ISO-Funktion wenden die Regel an, indem sie die ISO-Zahl abhängig von Brennweite und Verschlusszeit verändern. Bei den meisten Kameras lässt sich die Auto-ISO-Einstellung aber anpassen. Gerade bei APS-C-Kameras müssten Sie die tatsächliche Brennweite ohnehin mit 1,6 multiplizieren, um die Kehrwertregel für das verwacklungsfreie Fotografieren anwenden zu können. Denn erst dann haben Sie den gleichen Bildwinkel und damit auch die gleiche Verwacklungsgefahr wie bei einer Vollformatkamera.

Falls das Objektiv oder die Kamera über einen guten Bildstabilisator verfügt, können Sie bis zu fünf Blendenstufen längere Verschlusszeiten riskieren, ohne zu verwackeln (gegen die Bewegung des Motivs hilft der Stabilisator aber natürlich nicht). So sind sogar Bilder mit einem 100-mm-Objektiv mit 0,4 s noch aus der freien Hand möglich.



◀ **Abbildung 3.13**

Diese Aufnahme habe ich mit 1/6 s Verschlusszeit aus der Bewegung heraus geschossen. Sie ist nicht scharf, fängt aber trotzdem die Stimmung ein.

35 mm | f4 | 1/6 s | ISO 800

3.6 Bewegungsunschärfe

Jedes sich bewegende Motiv legt innerhalb der Verschlusszeit eine bestimmte Strecke zurück. Sie können mit der Wahl der Verschlusszeit entscheiden, ob das im Foto sichtbar ist oder nicht. Ein Auto mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h legt in 1/8000 s nur 3,5 mm Wegstrecke zurück. Wenn Sie das Auto ganz abbilden, reicht diese geringe Bewegung nicht aus, um im Foto einen Bewegungseindruck zu erzeugen. Das Auto wirkt eingefroren. Ganz anders bei 1/15 s Verschlusszeit: Der Wagen bewegt sich in dieser Zeit um 1,85 Meter nach vorn und wirkt völlig verwischt.

Mit der Verschlusszeit steuern Sie also den Eindruck der Bewegung. Eine leichte Unschärfe kann die Dynamik eines bewegten Motivs stark erhöhen. Oft kommt man aber zu einem interessanteren Ergebnis, wenn das Motiv selbst scharf bleibt und der Hintergrund verwischt ist.

Manchmal haben Sie auch die Möglichkeit, die Kamera (mit eingestellter langer Verschlusszeit) am Motiv zu befestigen, wie Sie es zum Beispiel bei einem Segelboot machen können, das dann durch die Wellen schneidet. In der professionellen Autofotografie benutzt man Ausleger, die etwa mit dem Auto verschraubt werden, sodass sich die Kamera synchron mit dem fotografierten Wagen mitbewegt.

Eine viel einfachere Technik ist das *Mitziehen*. Sie schwenken die Kamera mit dem sich vorbeibewegenden Motiv mit und fotografieren mit einer etwas längeren Verschlusszeit. Das geht am einfachsten mit etwas längeren Brennweiten, weil sich dann das Motiv perspektivisch nicht so stark verändert. Auch ein Bildstabilisator ist von Vorteil, der sich aber vor dem Auslösen erst auf die Bewegung einstellen muss, sodass er nicht mehr versucht, sie auszugleichen. Nehmen Sie das Motiv also mit halb gedrücktem Auslöser ins Visier und bewegen Sie die Kamera etwas mit, bevor Sie auslösen.

Die richtige Verschlusszeit hängt natürlich von der Geschwindigkeit und dem gewünschten Bildergebnis ab. Fangen Sie mit Verschlusszeiten zwischen 1/8 s und 1/30 s an, und überprüfen Sie die Ergebnisse.



▲ **Abbildung 3.14**

Hier habe ich die Kamera mit 1/50 s Verschlusszeit mitgezogen.

318 mm | f5,6 | 1/50 s |
ISO 6400 | *Bildausschnitt*



▲ **Abbildung 3.15**

In dieser Aufnahme wirkt jede Bewegung wie eingefroren, die Wassertropfen stehen in der Luft.

400 mm | f7,1 | 1/2000s | ISO 500 | *Bildausschnitt*

Wenn die kürzeste Verschlusszeit der Kamera nicht ausreicht, hilft nur noch Blitzlicht. Die Blitzdauer ist allerdings nur bei sehr geringen Blitzleistungen deutlich kürzer als die 1/8000s, die Systemkameras heute maximal liefern können. Mit dem elektronischen Verschluss bei der Sony $\alpha 9$ ist allerdings 1/32000s realisierbar. Bei voller Leistung leuchtet ein Kamerablitz wie das Canon-Speedlite 600EX-RT II für etwa 1/800s. Bei 1/128 der Leistung liegt die Abbrenndauer aber bei ca. 1/35000s.

Wer noch kürzere Zeiten benötigt, muss auf spezielles Equipment zurückgreifen. Wenn Sie das Thema Ultrakurzzeitfotografie interessiert, sollten Sie sich die Arbeiten von Harold E. Edgerton ansehen, einem Pionier des Highspeed-Blitzens. Das Buch »Stopping Time« ist leider nicht mehr verfügbar, aber über eine Bildsuche im Internet nach »Harold Edgerton« werden Sie einen großen Teil seiner Arbeiten finden.

Mit Blitzlicht können Sie Dinge sichtbar machen, die Sie niemals mit bloßem Auge erfassen könnten – und das auch mit Hausmitteln, die den meisten Amateurfotografen zur Verfügung stehen. Das Schöne an der Digitalfotografie ist, dass Sie mit jedem Bild sofort eine Rückmeldung über die Bildqualität bekommen. Sie können so im laufenden Prozess die Einstellungen immer mehr verfeinern, selbst wenn Sie im Sucher vom tatsächlichen Bild nicht das Leiseste erahnen.

▼ **Abbildung 3.16**

Die Bewegung muss sich nicht nur auf das Motiv beschränken, hier habe ich aus dem fahrenden Auto heraus fotografiert (natürlich vom Beifahrersitz). Das Bild ist an keiner Stelle wirklich scharf, aber der Bewegungseindruck ist dadurch noch stärker.

18 mm | f5,6 | 1/6s | ISO 200 | APS-C



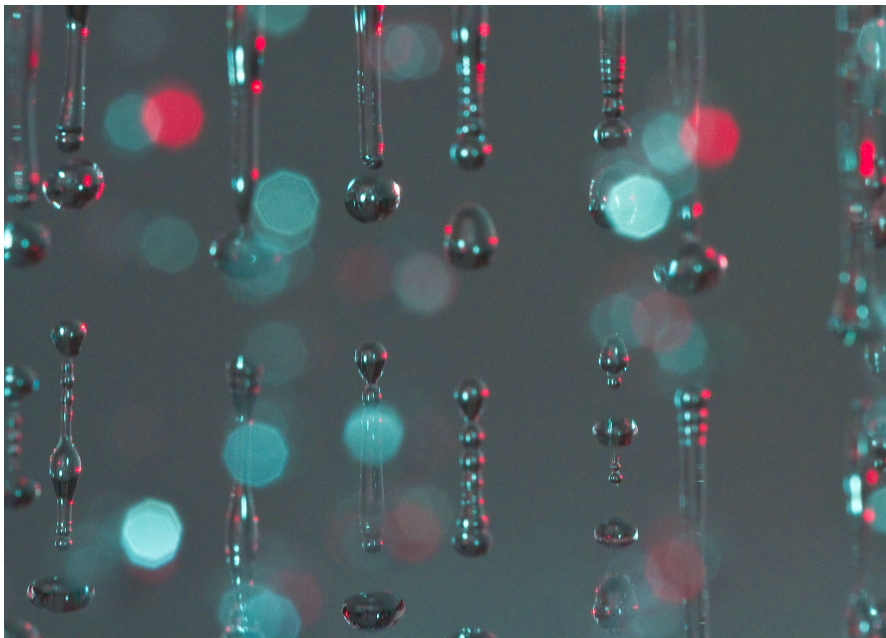
3.7 Autofokus (AF)

Die Technik der automatischen Scharfstellung auf das Motiv nennt man *Autofokus*. Schon in den 1970er Jahren gab es Kameras mit Autofokus. Die Polaroid-SX70-Sofortbildkamera sendete zum Beispiel einen Ultraschallimpuls aus und maß die Zeit, die er benötigte, um vom Motiv reflektiert zu werden. Fledermäuse orientieren sich in ähnlicher Weise, und auch das Echolot in Schiffen nutzt dieses Prinzip. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sie auch in völliger Dunkelheit funktioniert und damals viel schneller war als die alternativen Methoden. Ein Nachteil ist, dass die Kamera natürlich immer auf das am nächsten liegende Detail fokussiert, was nicht in jedem Fall das Motiv sein muss. Auch die heute hauptsächlich verwendete optische Methode des Phasenvergleichs gab es damals schon. Sie steckte damals aber noch so sehr in den Kinderschuhen, dass ein Scharfstellungsvorgang mehrere Sekunden dauern konnte und die Technik als *out of focus* (unscharf) verspottet wurde.

In einer DSLR finden sich heute meist zwei verschiedene Methoden zur Schärfestimmung: eine schnelle, die nur funktioniert, wenn der Spiegel heruntergeklappt ist, und eine manchmal langsamere für den Live-View-Modus. Wobei die Methode im Live-View-Modus inzwischen deutlich schneller geworden ist, weil das Prinzip der Messung über den Spiegel auf den Sensor übertragen wurde. Die letzte Generation der spiegellosen Systemkameras ist den DSLRs

AF-Hilfslicht

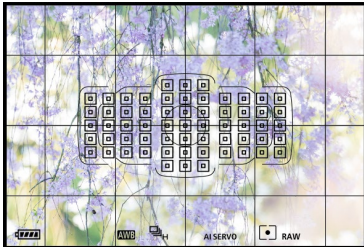
Wenn Sie in dunklen Räumen oder bei Nacht fotografieren, kann das Autofokus-Hilfslicht eines externen Blitzgerätes eine deutliche Hilfe für das schnelle Scharfstellen einer DSLR sein. Ich selbst benutze das AF-Hilfslicht recht häufig, stelle den Blitz über die Kamera aber meistens so ein, dass er nur das AF-Hilfslicht aussendet und nicht blitzt. An spiegellosen Kameras funktioniert die Technik nicht, manche verwenden ein weißes oder oranges Hilfslicht



◀ Abbildung 3.17

Diese Aufnahme beleuchtete ich mit zwei auf die kleinste Leistungsstufe eingestellten Blitzern mit jeweils einer Farbfilterfolie. Sie zeigt die Wassertropfen unter einem Duschkopf.

100mm | f9,5 | 1/200s | ISO 800 | APS-C | Makroobjektiv



▲ **Abbildung 3.18**

Die Canon EOS 5DS verfügt über 61 AF-Punkte, die sich recht weit über das Sucherbild verteilen. Bei APS-C-Kameras ist die Sucherabdeckung oft noch größer, weil der kleinere Sensor dies technisch einfacher macht.



▲ **Abbildung 3.19**

Zum Vergleich der Fokusbereich der Canon EOS R. Nur an den hier abgedunkelten Seitenrändern lässt sich das Fokusfeld nicht positionieren, der Fokusbereich umfasst 88% des Bildes.

Abbildung 3.20 ▶

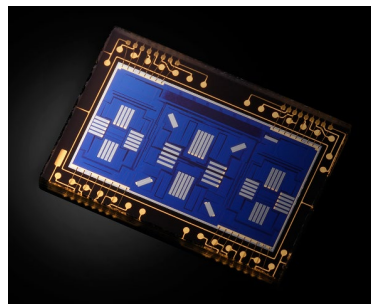
Der AF-Sensor der Canon EOS 7D Mark II ermöglicht einen schnellen Autofokus mit 65 AF-Punkten. (Bild: Canon)

im AF mindestens ebenbürtig, dass Sportfotografen trotzdem noch meist DSLRs verwenden, liegt an dem völlig verzögerungsfreien optischen Sucher, der besseren Verfügbarkeit von Superteles und der Robustheit der Profibodies. Das wird sich aber bald ändern.

Nicht verschwiegen werden sollen exotische Methoden der Schärfefassung. Die Panasonic GX9 durchfährt den gesamten Fokusbereich und speichert die Einzelbilder als 8-MP-Video ab, aus dem sich der Anwender dann eine Schärfeposition aussuchen und als Foto exportieren kann (4K Post-Focus). Plenoptische Kameras wie z. B. die Lytro Illum nehmen das Motiv über ein Linsengitter auf, das die Lichtstrahlen auf verschiedene Sensorpunkte verteilt. Die Kamera kann so auch die Richtung des Lichtstrahls erfassen, sodass die Schärfeebene und auch die Schärfentiefe nachträglich festgelegt werden können. Der Nachteil der Methode ist, dass sich die nutzbare Auflösung des Sensors dabei stark verkleinert – so bleiben bei der Lytro Illum nur 4 MP nutzbare Bildinformation für ein Foto übrig. Lytro erweiterte deswegen diese Technik in den High-End-Bereich und bot professionelle Videokameras für die Kinoproduktion an, deren 755-MP-Sensoren auch hochauflösende 3D-Videoerfassung ermöglichten. Das bewahrte die Firma aber auch nicht vor der Pleite.

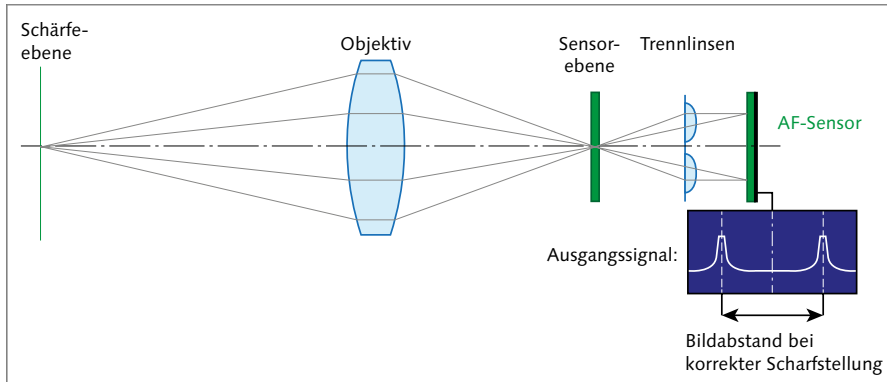
Phasenvergleich

Beim Phasenvergleich bei einer DSLR fällt das Licht durch den halbtransparenten Spiegel auf einen Hilfsspiegel, der das Licht nach unten in die AF-Einheit ablenkt. Das Licht wird dann durch ein optisches System geteilt und auf jeweils einen lichtempfindlichen Sensor geworfen. Die beiden resultierenden Teilbilder werden miteinander verglichen, und aus dem Vergleich berechnet die AF-Einheit, in welche Richtung und wie weit der Fokus verändert werden muss. Das Prinzip ähnelt ein wenig dem Schnittbildindikator, der früher das Scharfstellen bei manuellen Spiegelreflexkameras erleichterte. Es gibt auch Kameras, die einen Phasenvergleich direkt auf dem Bildsensor durchführen können, dieses Prinzip erläutere ich auf der übernächsten Seite im Abschnitt »Hybrid-AF«.



Es gibt auch Kameras, die einen Phasenvergleich direkt auf dem Bildsensor durchführen können, dieses Prinzip erläutere ich auf der übernächsten Seite im Abschnitt »Hybrid-AF«.

Die Sensoren unterscheiden sich in Linien- und Kreuzsensoren. Liniensensoren können nur Strukturen erkennen, die senkrecht zu ihnen liegen, Kreuzsensoren messen auch in der orthogonalen Achse

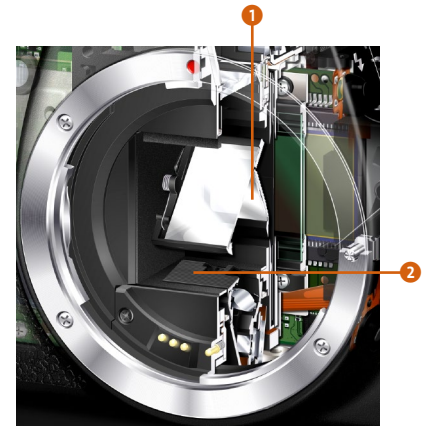


▲ **Abbildung 3.21**

Der Phasen-AF bestimmt die Schärfe über den Abstand zweier Teilbilder. Anhand des Abstandes werden die Richtung und die Stärke der notwendigen Fokussierung errechnet.

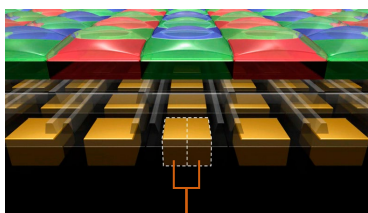
und sind somit genauer und zuverlässiger. Viele DSLRs, wie die Canon EOS 7D Mark II, setzen nur noch Kreuzsensoren ein. Um zuverlässig zu arbeiten, benötigen diese Sensoren aber eine gewisse Beleuchtungsstärke und eine relativ große Offenblende. Blende $f2,8$ oder weniger ist ideal, Blende $f5,6$ oder weniger noch gut, und ab Blende $f8$ läuft das System Gefahr, überhaupt nicht mehr zu funktionieren. Kameras ab 2016 können oft noch etwa $1/3$ der AF-Sensoren bei $f8$ verwenden.

Meistens ist der Phasenvergleichs-AF schnell, genau und mit moderner Software erstaunlich exakt bei der Voraussage des Schärfepunktes bewegter Motive. Wenn der Spiegel nicht genau justiert ist, stimmt aber das ganze System nicht mehr, und der Autofokus liegt bei allen Objektiven falsch. Ebenso muss sich das System auf ein vorhersehbares Verhalten des Objektivs verlassen können. Die Schärfe wird extrapoliert und das Objektiv, gerade bei bewegten Motiven, auch dann noch fokussiert, wenn der Spiegel schon hochgeklappt ist und das AF-System das Endergebnis nicht mehr kontrollieren kann. Wenn ein Objektiv nun einen anderen Schärfeverlauf hat, als die Kamera erwartet, liegt der AF nur bei diesem Objektiv falsch. Der Fokus weicht meist in dieselbe Richtung ab; man spricht dann von einem *Frontfocus* (die Schärfe liegt vor dem Motiv) oder einem *Backfocus* (die Schärfe liegt dahinter). Früher waren Front- und Backfocus ein Fall für den Service, heute können Sie bei einer modernen DSLR selbst Korrekturfaktoren für alle oder für einzelne Objektive festlegen.



▲ **Abbildung 3.22**

Die AF-Einheit 2 befindet sich unter dem Spiegelkasten. Ein Hilfs-Spiegel 1 hinter dem halbdurchlässigen Hauptspiegel reflektiert das Licht nach unten in die AF-Einheit.



▲ Abbildung 3.23

Bei Canons Dual Pixel CMOS AF ist jedes Pixel zweigeteilt ❶, um mit zwei Halbbildern einen Phasen-AF auf dem Sensor durchführen zu können. Das funktioniert deswegen, weil beide Pixelhälften durch die Mikrolinse davor in einem unterschiedlichen Bereich durch das Objektiv »sehen«. (Bild: Canon)

Kontrastmessung

Die zweite Methode nutzt direkt den Bildsensor zur Schärfemessung, sie berechnet den Kontrast des Live-View-Bildes bei sich veränderndem Fokus. Wenn der Kontrast steigt, steigt auch die Schärfe. Sinkt der Kontrast wieder, war kurz zuvor das Maximum erreicht. Einige Systemkameras können auch Phasenmessung auf dem Sensor (Sony, Canon, Nikon, Olympus, Fujifilm), andere verwenden bislang ausschließlich die Kontrastmessung (Panasonic, Leica, Sigma).

Die Kontrastmessung ist oft deutlich langsamer als der Phasenvergleichs-AF. Spiegellose Kameras wie z. B. die Panasonic-Lumix-G-Reihe erreichen aber mit der Kontrastmessung eine vergleichbare Geschwindigkeit wie andere mit dem Phasen-AF, die Panasonic S1 und S1R sind allerdings langsamer als die Vollformat-Konkurrenz mit Phasen-AF.

Wenn die Schärfe direkt auf dem Bildsensor gemessen wird, ist der AF recht zuverlässig. Alle Methoden setzen aber einen gut unterscheidbaren Bildkontrast voraus, denn auf einer strukturlosen Fläche werden sie keinen Schärfepunkt finden können.

Hybrid-AF

Der Phasen-AF hat große Vorteile bei der Geschwindigkeit des Autofokus sowie bei der Vorhersage der Schärfe bewegter Motive. Da er aber in seiner herkömmlichen Form das Licht vom Sensor über einen Spiegel ablenkt, steht er bei spiegellosen Kameras oder im Video-/Live-View-Modus der DSLRs nicht zur Verfügung. Verschiedene Kamerahersteller haben sich deshalb Lösungen einfallen lassen, trotz Live View eine Phasenmessung über den Sensor zu ermöglichen. Sony hat bei seiner SLT-Serie einen halbdurchlässigen festen Spiegel eingebaut, der einen Teil des Lichts in eine herkömmliche Phasen-AF-Messeinheit reflektiert und den größeren Teil auf den Sensor durchlässt. Canon hat z. B. bei der ersten EOS-M (eine spiegellose Systemkamera) spezielle Pixel auf dem Bildsensor verteilt, die nur einen Teil des Strahlengangs durch das Objektiv »sehen« können, weil sie gegen den anderen Teil abgeschattet sind. So entstehen niedriger aufgelöste Teilbilder, die sich mit der Phasenmethode vergleichen lassen. Diese Methode war aber immer noch nicht so schnell wie ein gewöhnlicher Phasen-AF. Canon ist aus diesem Grund seit der Einführung der EOS 70D noch einen Schritt weiter gegangen: Jedes Pixel wird nun aus zwei Halbpixeln zusammengesetzt, die jeweils eine Hälfte des Strahlengangs erfassen. Für die AF-Messung stehen so Halbbilder in voller Auflösung zur Verfügung, und für die Bildaufzeichnung werden die beiden Pixelhälften gemeinsam erfasst. Canon nennt diese Methode Dual-Pixel-CMOS-AF und setzt sie inzwischen auch bei

den professionellen DSLRs und Videokameras ein. Sie verbindet die Geschwindigkeit eines Phasen-AF mit der Genauigkeit der Messung auf der Sensorebene. Trotzdem haben die DSLRs mit Dual-CMOS-AF weiterhin einen herkömmlichen Phasen-AF für die Verwendung bei heruntergeklapptem Spiegel.

Ein optischer Sucher hat nach wie vor einige Vorteile, gerade bei schwachem Licht, langen Brennweiten oder schnellen Bewegungen. Außerdem heizt sich der Sensor dann weniger auf, und die Kamera verbraucht weniger Strom. Die anderen Hersteller kommen mit weniger AF-Pixeln als Canon aus, erreichen aber zum Teil AF-Geschwindigkeiten auf dem Niveau der allerbesten Profi-DSLRs. Durch die Messung direkt auf dem Sensor ergeben sich auch Genauigkeitsvorteile für spiegellose Kameras.

Autofokusmodi

Eine Sport- und eine Porträtaufnahme stellen ganz unterschiedliche Ansprüche an die Autofokussteuerung Ihrer Kamera. Sie werden bessere Ergebnisse erzielen, wenn Sie Ihre Kamera bewusst für eine Aufgabe einstellen und den jeweils richtigen Autofokusmodus wählen. Es gibt drei Autofokusvarianten, die derzeit von den meisten Systemkameras unterstützt werden.

Schärfepriorität | Der häufigste AF-Modus ist für unbewegte Motive gedacht. Er stellt das Objektiv einmal scharf und löst nur dann aus, wenn eine korrekte Schärfe erzielt wurde. Bei Canon heißt dieser Modus ONE SHOT, bei Nikon AF-S (S steht dabei für *single*). Er liefert die höchste Genauigkeit und arbeitet sehr schnell, funktioniert aber nicht bei Motiven, die sich zwischen der Scharfstellung und dem Auslösen signifikant weiterbewegen.

Für viele fotografische Situationen ist dieser Modus gut geeignet. Da die Schärfe nur einmal festgelegt wird, wenn der Auslöser halb heruntergedrückt wird, fängt der Autofokus auch nicht an, hin und her zu fahren (»pumpen«), wenn die Kamera verschwenkt wird und der Autofokus einen neuen Schärfepunkt finden möchte.

Nachführungsmessung | Im Modus der Schärfenachführung versucht der Autofokus ständig, ein sich bewegendes Objekt im Fokus zu halten, selbst wenn sich dieses innerhalb des Bildformats bewegt und so in den Messbereich anderer AF-Sensoren gerät. Bei

▼ Abbildung 3.24

Einen sicheren Fokus auch bei schwachem Licht gewährt der Single- bzw. ONE SHOT-Modus am besten, allerdings nur für nahezu unbewegte Motive.

70 mm | 5s | f4,5 | ISO 800



Canon wird dieser Modus AI SERVO genannt, bei Nikon AF-C (C steht dabei für *continuous*).

Da sich die Schärfewerte ständig verändern und dieser Modus auch gern bei Serienbildern verwendet wird, wartet die Kamera nicht auf eine »100% scharf«-Rückmeldung des AF, sondern löst innerhalb einer Serie immer aus. Man spricht von *Auslösepriorität*. Wenn Sie sich als Bildjournalist inmitten eines Ereignisses befinden, werden Sie lieber ein etwas unscharfes Bild in Kauf nehmen, als gar kein Bild zu haben. Oder anders ausgedrückt: Während die Kamera dem Fokus folgt, soll sie ruhig weitere Bilder aufnehmen, anstatt auszusetzen. Bei vielen Kameras können Sie auch im Nachführ-AF auf eine Schärfestätigung warten, was meist zu langsameren Serienbildraten führt. Oft ist aber auch im schnelleren Modus ohne Bestätigung die Ausbeute so hoch, dass sich ein Umstellen nicht lohnt.

Sie können den Autofokus Ihrer Kamera meist mit vielen Einstellmöglichkeiten verfeinern und auf Ihre Einsatzgebiete abstimmen. Bei der

Canon EOS 7D Mark II lassen sich zum Beispiel die AF-Messfelder erweitern, was das Verfolgen bewegter Objekte einfacher macht. Oder Sie können einstellen, wie die Nachführmessung auf Bewegungen des Motivs ansprechen soll, um das Reaktionsverhalten der Kamera an die Bewegungen des Motivs anzupassen.

Eine langsamere AF-Konfiguration lässt sich weniger schnell von störenden Einflüssen außerhalb des Motivs ablenken, ist aber manchmal zu träge für schnelle Bewegungsänderungen. Ich tendiere meist dazu, den AF ein wenig schneller als die Werkskonfiguration einzustellen, da ich relativ oft Vögel fotografiere und das bei meinen anderen, weniger kritischen Motiven auch nicht stört.

Die dritte Fokussiermethode ist eigentlich nicht mehr als eine Kombination aus den beiden vorigen. Hier versucht die Kamera, selbst zu erkennen, wann ein Motiv in Bewegung gerät, und schaltet dann selbstständig auf den Nachführmodus um. Canons AI Focus ist Nikons AF-A (A steht dabei für *auto*). Das klingt nach der idealen Lösung und ist in den Programmautomatiken der Kameras auch meist voreingestellt. In der Praxis erreicht man aber mit ONE SHOT bei unbewegten Motiven eine höhere Genauigkeit, und für bewegte Motive ist AI SERVO die zielführendere Lösung.



▲ **Abbildung 3.25**

Stockenten kommen im Landeanflug auf den Fotografen zu. Die Schärfenachführung sorgt auch bei einer sich verändernden Entfernungseinstellung für gute Ergebnisse.

300mm | f2,8 | 1/4000s | ISO 500



▲ **Abbildung 3.26**

Ein gutes Beispiel für den AF-Modus AI Focus. Der Kormoran sitzt ruhig, während er sein Gefieder trocknet, fliegt nach einer Weile aber wieder los. Das 600-mm-Tele setzt einen genauen Fokus voraus.

Gesichts- und Augen-AF | Die AF-Messung auf dem Sensor oder unter Zuhilfenahme eines hochauflösenden Belichtungsmessensors wie z. B. bei manchen Nikon DSLRs hat den Vorteil, dass die Kamera ein detailliertes Bild des Motivs erhält und für die Scharfstellung verwenden kann, andere Spiegelreflexkameras mit geringer aufgelösten Belichtungsmessungssensoren können Gesichtserkennung höchstens im Livebildmodus.

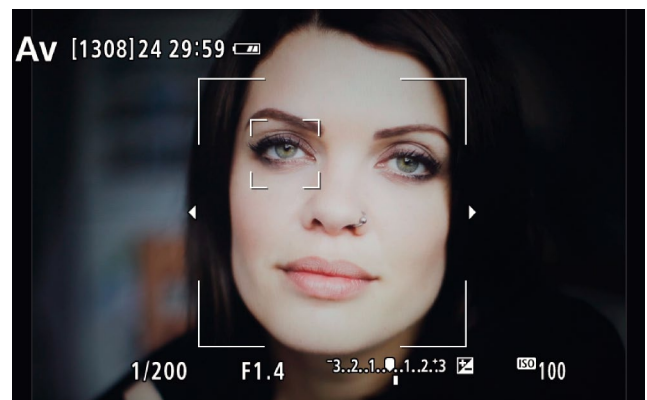
Gesichter erkennen fast alle spiegellosen Kameras, die neueren Modelle sind auch in der Lage, auf das jeweils vorne liegende Auge scharfzustellen. Da das in Echtzeit mit den Sensordaten berechnet wird, ist diese AF-Methode meist auch für Videos verfügbar.

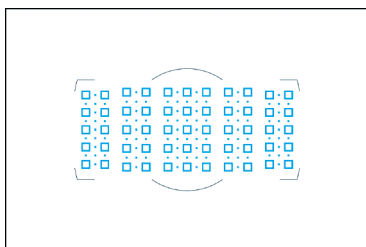
Bei mehreren Gesichtern können Sie den Fokus über die Bedienelemente der Kamera oder den Touchscreen wechseln. Sony hat 2019 per Firmwareupdate sogar einen Tieraugen-AF nachgeliefert. Der AF mit Gesichtserkennung ist so gut, dass ich sogar bei einer DSLR wie der Canon EOS 5D Mark IV bei Porträts oft im Livebildmodus arbeite, der auch eine viel größere AF-Bildabdeckung liefert. Oder ich verwende gleich eine spiegellose Kamera, die das auch im Sucher unterstützt.

Je besser der AF Ihrer Kamera ist, desto mehr sollten Sie sich darauf verlassen. Während ich bei meinen DSLRs den Spot-AF im OneShot-Modus direkt auf das Auge setze (falls ich nicht Livebild verwende), lasse ich die Spiegellosen das Auge im AF-C-Modus selbsttätig verfolgen. Auch bei anderen Motiven lasse ich die Spiegellosen die Motivverfolgung in AF-C viel öfter als bei einer DSLR übernehmen. Allerdings habe ich sie so konfiguriert, dass ich jederzeit den Fokuspunkt über den Touchscreen auf das Motiv verschieben kann, falls die Kamera es verliert.

▼ **Abbildung 3.27**

Der Augen-AF bei der Canon EOS R



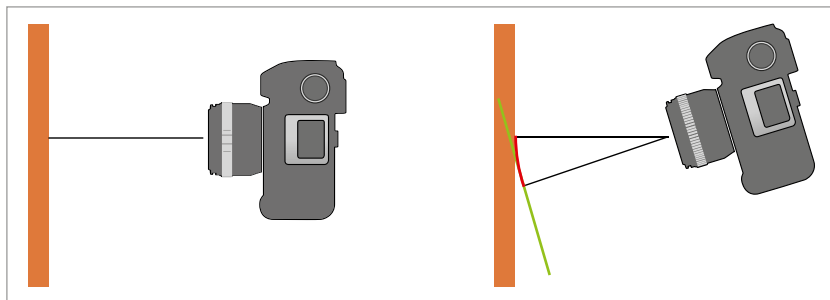


▲ **Abbildung 3.28**

Bei der Nikon D5 decken 153 AF-Messfelder schon einen relativ großen Bereich ab. Trotzdem werden Sie häufiger auf Bereiche außerhalb der AF-Sensoren scharfstellen wollen.

▼ **Abbildung 3.29**

Wenn Sie einen Punkt im oberen Bereich des späteren Bildes anfokusieren (links) und die Kamera dann für den endgültigen Bildausschnitt nach unten schwenken (rechts), liegt die Schärfe in dem gewünschten Motivpunkt vor dem Motiv, denn beim Schwenken der Kamera wird auch die Schärfeebene mitgedreht.



Fokusabweichung durch Kamerabewegung

Die AF-Sensoren der DSLRs bedecken leider nur einen kleinen Bereich des Bildes, selbst die absoluten Vollformat-Topmodelle decken weniger als ein Viertel des Bildausschnitts mit AF-Sensoren ab, bei APS-C können es immerhin 35% werden. Wie fokussieren Sie nun auf etwas, das weiter außen liegt als die AF-Sensoren? Die sicherlich am weitesten verbreitete Methode ist es, die Schärfe zu speichern: Sie fokussieren den Bereich an, indem Sie die Kamera so schwenken, dass Sie den gewünschten Bildausschnitt unter einen AF-Sensor bekommen, halten den Auslöser halb gedrückt und schwenken die Kamera zurück, um das Bild aufzunehmen. Das funktioniert auch oft ganz gut, ist aber technisch nicht ganz sauber und kann bei manchen Motiven auch gründlich danebengehen.

Die Schärfe liegt bei einem guten Objektiv in einer Ebene. Wenn Sie die Kamera schwenken, beschreibt der Schärfepunkt aber einen Kreisbogen. Wenn Sie mit einem Teleobjektiv fotografieren, ist dieser Kreisbogen sehr flach, weil der Bildwinkel klein ist und sich der Kreisbogen wenig von der Schärfenebene entfernt. Die Methode des Schwenkens wird hier eine so geringe Fokusabweichung produzieren, dass diese innerhalb der Schärfentiefe liegt und nicht auffällt.

Anders sieht es aus, wenn Sie mit einem lichtstarken Weitwinkelobjektiv arbeiten: Der große Schwenkwinkel und die geringe Schärfentiefe bei Offenblende lassen die Fokusdifferenz deutlich sichtbar werden, weil der Kreisbogen und die Schärfenebene einen großen Abstand zueinander bekommen. Die Schärfe liegt dann zu weit hinten.

Bei langen Brennweiten ist die Schwenktechnik so unkritisch, dass Sie sogar den mittleren AF-Sensor verwenden können. Bei kürzeren Brennweiten sollten Sie zumindest den AF-Punkt verwenden, der dem gewünschten Fokuspunkt am nächsten liegt. Und wenn Sie mit einer kurzen, lichtstarken Brennweite weit außerhalb der AF-Messfelder scharfstellen wollen, dann verzichten Sie auf den AF. Schalten Sie stattdessen den Live-View-Modus ein, vergrößern Sie den Bildausschnitt auf dem Kameramonitor, verschieben Sie ihn zum gewünschten

Fokuspunkt und stellen Sie manuell scharf.

Lassen Sie sich den Bildaufbau nicht von der Lage der AF-Punkte diktieren! Bei meinem 35 mm/ f 1,4 bleibt mir manchmal nur das manuelle Fokussieren, sonst läge die Schärfe bei einem Porträt auf dem Ohr und nicht auf den Augen. Bei einer Spiegellosen wie der

EOS R liegt an den beiden Bildrändern rechts und links nur ein Rand von jeweils 6% der Bildfläche, in den Sie fast nie den Schärfepunkt legen möchten. Hier sollten Sie immer direkt auf das Motiv scharfstellen, zumal Sie den Fokuspunkt auch einfach mit dem Finger auf dem Bildschirm verschieben können, selbst wenn Sie durch den Sucher schauen.

Autofokustest (Backfocus, Frontfocus)

Der Autofokus einer DSLR als Ganzes kann, wenn die normale Phasenvergleichsmethode verwendet wird, dejustiert sein oder aber Probleme mit einzelnen Objektiven haben. Im Download-Bereich finden Sie die Datei »Fokustest.pdf« (Ordner DOKUMENTE), die sich für eine Überprüfung und Justage des AF eignet; eine Internet-Suche nach »focus test chart« wird Ihnen weitere Alternativen liefern.

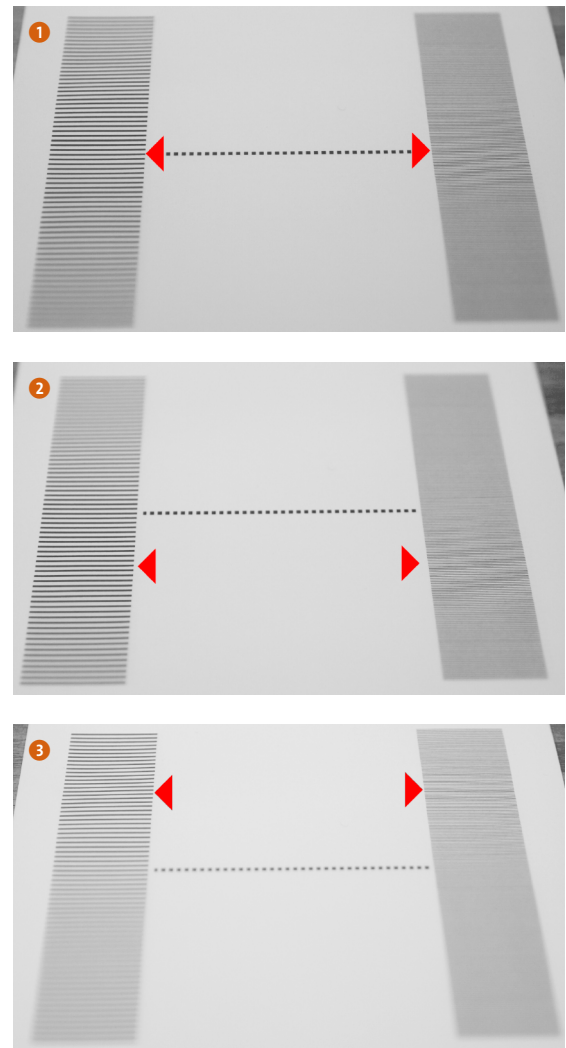
Legen Sie das Testbild auf einen Tisch, und fotografieren Sie es schräg von oben in einem Winkel zwischen 30° und 45°. Fokussieren Sie dabei mit dem mittleren AF-Sensorfeld auf die gestrichelte Linie. Machen Sie mindestens fünf Aufnahmen bei ganz geöffneter Blende und jeweils neuer Fokussierung auf die Mittellinie. In Beispiel 1 habe ich ein 35-mm-Objektiv bei Blende $f1,4$ aus zwei Metern Entfernung verwendet und den Bildausschnitt des Blattes vergrößert. Im Idealfall liegt die Schärfe genau auf der Höhe der Mittellinie wie bei diesem unkorrigierten Bild. Dieses Objektiv muss also an der verwendeten Kamera nicht nachjustiert werden.

In Beispiel 2 habe ich den Fokus zu Demonstrationszwecken um zehn Einheiten nach vorn verlegt, also künstlich einen starken Frontfocus geschaffen. Das Maximum der Justage sind bei Canon 15 Einheiten, es lassen sich also auch sehr starke Abweichungen innerhalb der Kamera ausgleichen. Wenn Sie ein neues Objektiv erworben haben, das im Gegensatz zu Ihren anderen Objektiven einen starken Front- oder Backfocus aufweist, dann sollten Sie es trotz der Justagemöglichkeit umtauschen, weil das ein Zeichen für eine mangelhafte Kalibrierung ist. In Beispiel 3 ist der Fokus um zehn Einheiten nach hinten verschoben, so wird ein kräftiger Backfocus simuliert.

Wenn Sie Ihre Objektive selbst justieren möchten, arbeiten Sie bei Tageslicht und mit mehrfachen Testaufnahmen. Nur wenn sich eine kontinuierliche Abweichung in gleicher Rich-

▼ **Abbildung 3.30**

Testbild für Front- und Backfocus



tung und ähnlicher Stärke ergibt, ist eine Justage sinnvoll. Kontrollieren Sie auch Ihre anderen Objektive. Falls sie alle um einen ähnlichen Betrag danebenliegen, sollten Sie einen Korrekturwert für alle Objektive angeben, anstatt jedes einzeln durchzugehen. Dann liegt es nämlich an der Kamera und nicht am Objektiv.

Sie müssen wahrscheinlich nicht alle Ihre Objektive justieren, wenn aber häufiger die Nasenspitze scharf ist, obwohl Sie auf das Auge scharfgestellt haben, sollten Sie die hier beschriebene Messmethode ausprobieren.

Das Problem tritt manchmal auch in der freien Wildbahn auf, wenn Sie gerade keine Testgrafik zur Hand haben, z. B. wenn Sie ein Objektiv für die Verwendung mit einem Konverter noch nicht justiert haben. Deswegen will ich Ihnen zwei weitere Methoden zeigen, die Sie überall verwenden können:

- ▶ Falls Sie einen Pfahl, Baum oder eine Laterne anfokusieren können, dann stellen Sie kurz über dem Boden auf diese Vertikale scharf. Schauen Sie, ob die Schärfe am Boden davor oder dahinter liegt und justieren Sie in die Gegenrichtung.
- ▶ Stellen Sie auf ein gut fokussierbares Motiv – etwa ein Haus, ein Baum oder ein stehendes Auto – scharf. Schalten Sie die Kamera in den Livebildmodus und fokussieren Sie denselben Punkt an. Vergleichen Sie die beiden Bilder in der Rückschau, wenn die Schärfe gleich ist, sind Sie am Ziel. Sollte es jedoch Unterschiede geben, passen Sie die Justage an. Wenn der Unterschied stärker wird, probieren Sie eine Justage in die andere Richtung, bis alles passt. Ich verwende diese Methode auch innen mit dem Siemensstern (siehe Seite 183), bei manchen Objektiven kann ich anhand des Farblängsfehlers erkennen, in welche Richtung ich justieren muss.

Je mehr Erfahrung Sie haben, desto einfacher wird dieses Thema, manche Fokusabweichungen sind allerdings zufällig und dann hilft keine Justage, höchstens ein Firmware-Update des Objektivs.

3.8 Manuelle Fokussierung

In manchen fotografischen Situationen ist es besser, komplett auf den Autofokus zu verzichten:

- ▶ Wenn Sie statische Motive vom Stativ aus fotografieren, erreichen Sie mit dem manuellen Scharfstellen über die vergrößerte Live-View-Darstellung eine noch höhere Genauigkeit als mit dem AF.

- ▶ Bei starker Dunkelheit läuft der AF oft ins Leere, während Sie mit einer Taschenlampe das Objektiv noch gut auf die Unendlich-Markierung einstellen können.
- ▶ Bei Serienbildern gewährleistet der manuelle Fokus einen gleichbleibenden Schärfepunkt. Das ist besonders dann von Vorteil, wenn Sie die Bilder später zusammensetzen wollen, wie etwa bei HDR-Aufnahmen.

In vielen Fällen ist der Autofokus auch technisch gar nicht möglich, etwa wenn Sie manuell fokussierende Objektive verwenden oder zum Beispiel ein Nikon-Objektiv an eine Canon adaptieren. Auch Tilt-Shift-Objektive lassen sich (bislang) prinzipiell nicht automatisch scharfstellen.

Die Mattscheiben moderner DSLRs sind nicht mehr auf die manuelle Scharfstellung optimiert. Allerdings können Sie den Autofokus anzeigen lassen, wann die korrekte Schärfe eingestellt ist, indem Sie den Auslöser beim Scharfstellen halb herunterdrücken. Die AF-Messfelder leuchten dann auf, sobald der Bereich unter ihnen in der Schärfe liegt. Viele Spiegelreflexkameras unterstützen wechselbare Mattscheiben, die zum Teil für die manuelle Fokussierung besser geeignet sind als die Originalmattscheibe. Überprüfen Sie, ob Sie der Kamera einen Mattscheibenwechsel mitteilen müssen. Es kann sein, dass Sie eine Custom- oder Individualfunktion ändern müssen, damit die Belichtungsmessung wieder exakt ist. Spiegellose Systeme sind bei manueller Scharfstellung im Vorteil, denn hier können Sie die Bereiche, die in der Schärfe liegen, durch sogenanntes *Focus Peaking* hervorheben. Beim Focus Peaking werden die Bereiche, die einen hohen Kantenkontrast aufweisen und die somit in der Schärfe liegen, durch helle oder farbige Pixel im Monitorbild deutlich betont. Zudem können Sie sich das Sucherbild elektronisch vergrößern lassen. DSLRs haben diese Möglichkeiten im Prinzip im Livebild-Modus auch, allerdings hat noch nicht jeder Hersteller Focus Peaking umgesetzt. Die Nikon D5 z. B. kann die AF-Justage auch automatisch durchführen. Sie vergleicht dafür das Livebild-Ergebnis mit den Resultaten bei heruntergeklapptem Spiegel. Wie bereits oben beschrieben funktioniert diese Methode auch manuell.



▲ **Abbildung 3.31**

Wenn die Kamera sich während einer Sprengung wegen der Staubwolken plötzlich mit der Fokussuche beschäftigt, statt zu fotografieren, ist das sehr ärgerlich. Hier ist die manuelle Fokussierung besser.

150 mm | f8 | 1/2500s | ISO 400

◀ **Abbildung 3.32**

Beim *Focus Peaking* werden die Bereiche, die in der Schärfe liegen, im Sucher in einer klaren Farbe hervorgehoben.

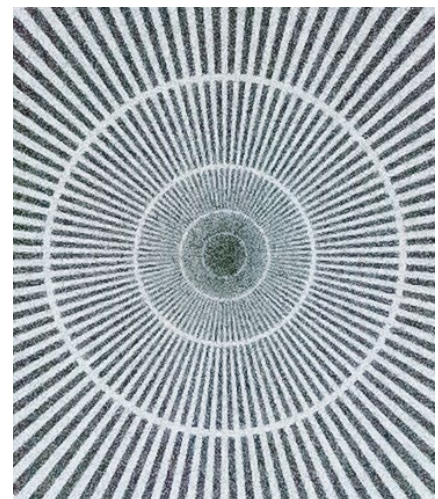
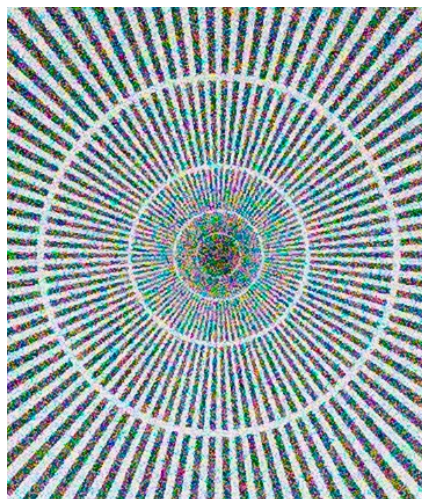
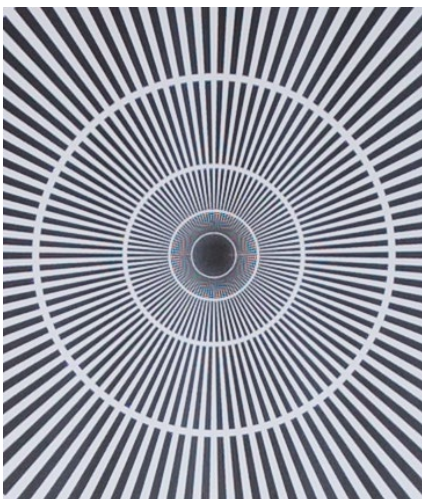


▲ **Abbildung 3.33**

Das Livebild lässt sich zum Scharfstellen pixelgenau vergrößern.

▼ **Abbildung 3.34**

Links: Bei ISO 200 ist praktisch kein Bildrauschen zu sehen, die Auflösung ist maximal. Wenn Sie Farbpixel erkennen können, so kommen sie vom Moiré (siehe Seite 42). Mitte: Bei ISO 102 400 ist starkes Rauschen zu erkennen, die feinsten Strukturen sind verschwunden. Rechts: Bei ISO 102 400 mit hoher Rauschunterdrückung in Adobe Camera Raw ist das Rauschen schwächer geworden, aber von den feinsten Strukturen ist noch weniger übrig geblieben.



Die genaueste manuelle Scharfstellmöglichkeit erfolgt über das vergrößerte Sucher- oder Livebild. So sehen Sie in einem 1:1-Ausschnitt die Wirkung der Fokussierung. Bei einer Spiegellosen auch im Sucher, der meist eine höhere Bildqualität aufweist als der Bildschirm auf der Kamerarückseite. So können Sie auch mit alten analogen Objektiven exakter arbeiten, als das früher möglich war.

3.9 Rauschunterdrückung und Schärfeverlust

Die Schärfefleistung Ihrer Kamera ist im unteren ISO-Bereich am größten. Je weiter Sie die ISO-Zahl erhöhen, desto mehr müssen feine Strukturen mit dem Bildrauschen konkurrieren. Trotz immer besser werdender Algorithmen zur Rauschreduzierung lässt sich Bildrauschen von Bildinformation nicht perfekt trennen. Wenn Sie also die Rauschreduzierung verwenden, verringern Sie damit immer auch die Bildschärfe.

Es gibt eine Ausnahme, die wenig Information vernichtet und trotzdem das Rauschen bekämpft: wenn Ihre Kamera nach einer Langzeitbelichtung noch eine sogenannte *Dunkelfeldbelichtung* macht und diese dann vom Bild abzieht. Hierbei wird der momentane Rauschzustand des Sensors unabhängig von der Aufnahme erfasst und zur Bildverbesserung herangezogen. Der Nachteil dieser Methode ist allerdings, dass Sie nach einer Langzeitbelichtung von einer Minute noch eine weitere Minute auf die zweite Belichtung bei geschlossenem Verschluss warten müssen, bevor Sie weiterarbeiten können.

Bislang finden Sie erst in Smartphones wie der Google-Pixel-Reihe eine Methode, die die Bildinformation mit künstlicher Intelligenz in dunklen und verrauschten Bereichen ergänzt, um auch mit kleinen Sensoren gute Nachtaufnahmen zu erstellen. In Zukunft wird es auch für Ihre bestehenden Raw-Aufnahmen bessere Software für die Rauschentfernung geben.

In der Praxis müssen Sie bei hohen ISO-Zahlen immer einen Kompromiss finden, der möglichst viele Details erhält, ohne dass das Bild zu verrauscht erscheint. Arbeiten Sie mit einem eher niedrigen ISO-Wert, wenn es die Umstände erlauben. Allerdings sind viele moderne Kameras im hohen ISO-Bereich sehr gut, sodass Sie auch bei schwachem Licht noch Bewegungen scharf einfangen können. Hier müssen Sie zwischen Bewegungsunschärfe und ISO-Rauschen abwägen. Niedriges Rauschen nützt Ihnen nichts, wenn Sie die Bewegung wegen zu langer Verschlusszeiten nicht vernünftig einfangen können. Testen Sie Ihre Kamera mit einer ISO-Reihe, und entscheiden Sie, wo Ihr persönlicher Schmerzbereich in Bezug auf das Bildrauschen beginnt.

Wenn Sie alte Raw-Aufnahmen besitzen, die Sie vor Jahren konvertiert haben, werden Sie sie mit einem aktuellen Raw-Konverter viel schonender entrauschen können.



▲ **Abbildung 3.35**

Diese zwei Aufnahmen bei ISO 10000 unterscheiden sich nur in der Rauschunterdrückung in Adobe Camera Raw. Während ich links das Rauschen nicht unterdrückt und so die maximale Detailauflösung bei deutlichem Rauschen erreicht habe, leidet rechts die Detailauflösung durch das starke Entrauschen. Dafür sind die Flächen homogener und ohne sichtbares Rauschen.

3.10 Schärfe nach Scheimpflug

Stellen Sie sich vor, Sie haben ein Fußballfeld, das Sie mit einer Vollformatkamera auf einem Stativ in 1,6m Höhe und mit 45mm Brennweite von vorn bis hinten komplett scharf abbilden möchten. Wie weit müssen Sie abblenden? Fangen Sie bitte nicht an zu rechnen, denn es gibt einen Trick dabei: Sie müssen gar nicht abblenden, sofern Sie ein Tilt-Shift-Objektiv verwenden. Mit diesem können Sie die Schärfenebene so weit neigen, dass sie dem Fußballfeld entspricht. Ein Fußballer in der Nähe wäre dann allerdings an den Schuhen scharf und würde nach oben immer unschärfer werden.



▲ Abbildung 3.36

Die Zeitung ist trotz Makrobereich fast von vorn bis hinten scharf, die Filmpatrone wird aber nach oben hin schnell unscharf. Hier habe ich die Schärfenebene auf die Zeitung gelegt, indem ich das Objektiv nach vorn geschwenkt habe (90mm, $f4,5$).



▲ Abbildung 3.37

Das Vergleichsfoto habe ich bei derselben Blende und Brennweite ohne ein geschwenktes Objektiv aufgenommen. Die Schärfentiefe auf der Zeitung ist sehr klein, dafür sind größere Teile der Filmpatrone scharf.

Wer schon mit einer Großbildkamera gearbeitet hat, für den ist diese Vorstellung nicht ungewöhnlich. Bei einer Großbild- oder Fachkamera lassen sich die Objektiv- und die Film- oder Sensorebene unabhängig voneinander bewegen. Die resultierende Schärfenebene ergibt sich dann aus der sogenannten *Scheimpflug'schen Regel*.

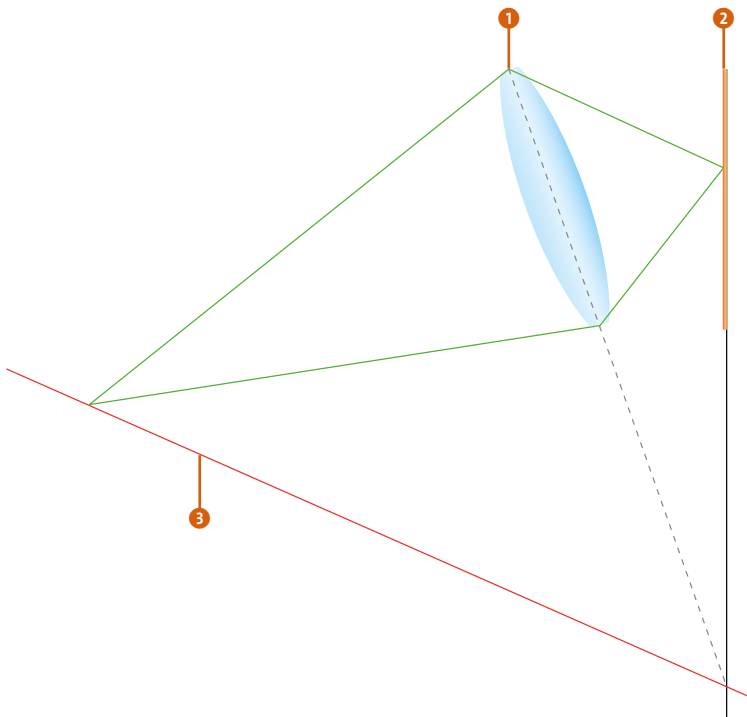
Sie besagt, dass sich die Sensorebene, die Hauptebene des Objektivs und die motivseitige Schärfenebene immer in einer Geraden schneiden. Normalerweise sind bei einer Systemkamera Objektivenebene und Sensorebene immer parallel, und so käme diese Schnittgerade erst im Unendlichen zu liegen. Sobald Sie aber anfangen, die Objektivenebene nach vorn zu kippen, und sich Sensorebene und

Objektivebene auf dem Boden des Fußballfeldes schneiden, erstreckt sich die Schärfebene bei Fokussierung auf den Boden nach der *Scheimpflug'schen Regel* über das ganze Fußballfeld.

Um die Schärfedeckung nach Scheimpflug nutzen zu können, benötigen Sie im Makrobereich nicht unbedingt ein Tilt-Shift-Objektiv. Ein Balgengerät mit schwenkbarer Frontstandarte ist ausreichend. Sie können dann sogar mit einem herkömmlichen Vergrößerungsobjektiv arbeiten, das sich vielleicht noch in einer alten Dunkelkammerausrüstung findet. Bedenken Sie, dass für das Schwenken der Bildkreis größer sein muss, weil die optische Achse nicht mehr auf die Mitte des Sensors trifft. Im Nahbereich ist das meist nicht so kritisch, weil der Bildkreis durch den großen Abstand des Objektivs vom Sensor vergrößert wird. Wenn Sie analoge Objektive an eine spiegellose Kamera adaptieren, dann bleibt wegen des unterschiedlichen Aufmaßes genug Platz für einen Adapter mit Tilt-Funktion, den Sie schon für um die 20€ erwerben können.



▲ **Abbildung 3.38**
Analoge Objektive lassen sich an spiegellosen Kameras mit Tilt-Adaptoren verwenden. Mit diesem Adapter lassen sich Nikon-Objektive bis zu 8° verschwenkt an einer Sony E-Mount-Kamera verwenden.



▲ **Abbildung 3.39**
Wenn Sensorebene (orange 2) und Objektiv (blau 1) nicht mehr parallel zueinander stehen, kippen Sie damit die Schärfebene (rot 3) im Raum. Sensorebene, Objektivebene und Schärfebene schneiden sich dabei nach der Scheimpflug'schen Regel in einer Geraden.

Schritt für Schritt: Die optimale Schärfe erreichen

Um die Einflussfaktoren der Schärfe noch einmal zusammenzufassen, nehmen wir an, Sie möchten ein Bild aufnehmen, dessen einziger Zweck eine möglichst hohe Schärfe ist.

▼ Abbildung 3.40

Das flache Seitenlicht lässt jede Mauerfuge plastisch erscheinen. Das passende Licht trägt hier stark zum Schärfeeindruck bei.

70 mm | f5,6 | 1/800s | ISO 250



1 Geeignetes Motiv finden

Wählen Sie ein Motiv, das in einer Ebene liegt und das einen hohen Kontrast aufweist. Dieser sollte aber nicht so hoch sein, dass es zu Überstrahlungen käme. Geeignet wäre etwa eine Ziegelmauer im seitlich einfallenden Sonnenlicht.

2 Objektiv auswählen

Wählen Sie Ihr bestes Objektiv, und stellen Sie es auf die optimale Blende ein, bei der die Abbildungsleistung am besten ist. Nehmen wir an, das ist Blende f5, was Sie vorher mit einer Testreihe mit dem Siemensstern ermittelt haben. Wenn Sie mehrere Kameras besitzen, nehmen Sie diejenige mit der höchsten Sensorauflösung. Wenn die Kamera keinen AA-Filter besitzt, ist das ebenfalls von Vorteil für die maximal erzielbare Schärfe.

3 Kamera ausrichten

Stellen Sie Ihre Kamera auf ein Stativ, und richten Sie sie parallel zum Motiv aus. So bekommen Sie auch bei offener Blende alles in die Schärfenebene und verwenden das Abblenden nur zur Verbesserung der Abbildungsleistung und nicht für eine größere Schärfentiefe.

4 Entfernungsbereich ermitteln

Die Kamera sollte in einem Entfernungsbereich zur Mauer stehen, in der das Objektiv noch nicht im Nahbereich ist und die Entfernung noch nicht so groß, dass die Luftmassen das Bild beeinflussen können. Wir nehmen hier fünf Meter an.

5 Optimale Aufnahmebedingungen schaffen

Stellen Sie die Spiegelvorauslösung ein (nur falls Sie keinen Live-View-Modus oder keine Spiegellose haben), fixieren Sie das Stativ, und verwenden Sie einen Fernauslöser, um sämtliche Bewegungsmöglichkeiten der Kamera auszuschließen. Es sollte windstill sein und der Untergrund nicht vibrieren, etwa durch vorbeifahrende Lastwagen.

6 Streulichtblende einsetzen

Verwenden Sie eine Streulichtblende, aber keinen Vorsatzfilter, so erreichen Sie den besten Abbildungscontrast.

7 ISO-Wert einstellen

Stellen Sie die Kamera auf den niedrigsten echten ISO-Wert. Bei vielen Kameras wird ISO 50 mit »L« bezeichnet, ein Zeichen dafür, dass die Kamera diesen Wert nicht als echten ISO-Wert verwenden kann, sondern in den Lichtern ca. 1 LW verliert.

8 Format wählen

Stellen Sie das Raw-Format ein.

9 Knapp belichten

Belichten Sie ein wenig knapper, um den Lichtern keine Gelegenheit zum Überstrahlen zu geben. Sie bekommen zwar bessere Tonwerte bei reichlicherer Belichtung, aber hier ist Schärfe das einzige Ziel.

10 Im Live-View-Modus manuell fokussieren

Nutzen Sie den Live-View-Modus, stellen Sie das Objektiv auf manuellen Fokus, und stellen Sie mit zehnfacher Vergrößerung exakt scharf.

11 Fernauslöser nutzen

Entfernen Sie sich, und lösen Sie nach einer kurzen Pause die Kamera mit dem Fernauslöser aus. ■

Sie haben jetzt ein technisch perfektes – und sehr langweiliges – Foto im Kasten. Dieses Gedankenexperiment dient nur dazu, Ihnen alle Einflussfaktoren bewusst zu machen, damit Sie bei einer spannenderen Gelegenheit eine bessere Schärfe erzielen können. Wie Sie den Schärfeeindruck in der Bildbearbeitung optimieren, erfahren Sie ab Seite 666.

KURZ & BÜNDIG: **Schärfe**

Die Schärfe ist ein wichtiges Gestaltungsmittel, und in vielen Fällen ist »alles scharf« nicht die beste Wahl. Mit einer selektiven Schärfe haben Sie enormen Einfluss auf die Blickführung. Sie können Bilder radikal vereinfachen und störende Einflüsse von Hintergrundelementen ausschalten. Ihr Gestaltungsspielraum nimmt dabei mit der Sensorgröße zu. Im absoluten Nahbereich oder mit sehr langen Brennweiten werden Sie mit jeder Kamera eine selektive Schärfe erzeugen können. Aber dazwischen helfen nur ein lichtstarkes Objektiv und ein möglichst großer Sensor. Schärfe darf allerdings nicht zum Selbstzweck werden. Wenn man manche Internetforen liest, hat man den Eindruck, dass sich viele Fotografierende mehr mit Schärfetests oder Rauschvergleichen beschäftigen als mit der Fotografie. Es sind so viele, dass sich dafür schon der Gattungsbegriff *Pixelpeeper* etabliert hat (englisch *to peep* = gucken).

Wenn Sie sauber arbeiten und gute Objektive einsetzen, können Sie auch hochauflösende Sensoren mehr als ausreizen. Ich habe Aufnahmen mit einer 50-MP-Vollformatkamera gemacht, bei der ich die kleinen Schriften auf der anderen Hafenseite nur deswegen nicht lesen konnte, weil der Sensor zu wenige Pixel hatte – die Schärfe aber war bis in kleinste Detail vorhanden. Auf der anderen Seite verwende ich auch alte Objektive gern bei Offenblende, weil mir perfekte Pixelschärfe dann völlig egal ist und der Gesamteindruck und das Bokeh viel entscheidender für die Qualität des Bildes sind.

Für jedes Bild gibt es eine ideale Kombination aus Blende, Verschlusszeit und ISO-Wert. Sie sollten eine Zeit lang diese Kombination jedes Mal bewusst festlegen, sodass Sie sie mit mehr Übung später fast automatisch und intuitiv finden und dann den Kopf für den Moment und die Bildgestaltung frei haben. Ein gutes Bild entsteht manchmal gerade durch einen Regelverstoß; es kann zu interessanteren Bildern führen, wenn Sie sich dem Zwang zur Schärfe in der Fotografie auch einmal nicht fügen, besonders bei der Abbildung von Bewegung.

Anregungen für die Fotopraxis

- ▶ Fotografieren Sie ein Bild, in dem nichts scharf ist und das trotzdem wirklich betrachtenswert ist.
- ▶ Stellen Sie nicht auf das Hauptmotiv scharf. Lassen Sie dieses trotz deutlicher Unschärfe das bildwichtigste Element sein.
- ▶ Fotografieren Sie ein Motiv so, dass die Schärfentiefe exakt nur den bildwichtigen Teil umfasst.

- ▶ Nutzen Sie ein optisches Element im Motiv – zum Beispiel einen Wassertropfen oder eine Flasche –, um Bildbereiche scharf abzubilden, die es sonst nicht wären.
- ▶ Versuchen Sie, eine Bewegung komplett einzufrieren. Gehen Sie dabei so weit, wie es Ihnen technisch möglich ist.
- ▶ Fotografieren Sie aus Ihrer eigenen Bewegung heraus, und benutzen Sie die resultierende Bewegungsunschärfe als ein zum Motiv passendes Stilmittel. Gehen Sie dabei kein Risiko für Ihre persönliche Sicherheit ein!
- ▶ Wenn Sie ein Stativ zur Verfügung haben, dann fotografieren Sie ein Motiv als komplette Blendenreihe durch. Analysieren Sie am Rechner, welche Blende das beste Bildergebnis liefert. Verwenden Sie die Zeitautomatik mit Blendenwahl.
- ▶ Fotografieren Sie auch bei schwächstem Licht ohne Blitz. Probieren Sie aus, wie weit Sie gehen können, wenn Sie aus der Hand fotografieren, und welche Bildwirkungen sich in diesem Grenzbereich ergeben.
- ▶ Fotografieren Sie Bilder, deren Schärfzone außerhalb der AF-Sensoren im Sucher liegen. Werden Sie sich bewusst, wie sehr Sie sich von den AF-Feldern in der Bildgestaltung beeinflussen lassen.
- ▶ Versuchen Sie, ein schnell auf Sie zukommendes Motiv auch bei offener Blende scharf abzubilden. Dafür eignen sich z. B. ein anfliegender Vogel oder ein auf Sie zulaufender Hund gut. Finden Sie heraus, bei welchen Autofokus-Einstellungen und Messfeldern das Ergebnis am besten wird.
- ▶ Wenn Sie eine Kamera besitzen, bei der sich die AF-Nachführung durch Parameter im Menü beeinflussen lässt, dann suchen Sie sich ein anspruchsvolles Testmotiv und probieren Sie aus, mit welchen Einstellungen Sie die meisten Treffer erhalten.
- ▶ Moderne Kamerasysteme haben einen großen Software-Anteil. Überprüfen Sie, ob Ihre Kamera, Ihre Objektive (sofern über die Kamera oder ein Dock überprüfbar) und gegebenenfalls Ihre AF-Objektiv-Adapter über die neueste Firmware verfügen. Ein Update kann Ihre AF-Trefferraten manchmal verbessern.
- ▶ Vergessen Sie nicht, dass auch bei einer AF-Kamera die manuelle Fokussierung oft die bessere Methode ist, etwa wenn sich viele Schärfebenen überlagern, wenn die Bilder später exakt übereinander passen müssen oder wenn es einfach nur sehr dunkel ist.



Inhalt

Vorwort	17
Einführung	19
1 Kamera	25
1.1 Der Ursprung: die Lochkamera	25
1.2 Anfänge der Fotografie	28
1.3 Grundaufbau der Kamera	30
1.4 Grundlagen des digitalen Bildes	30
Digitale Technik	31
Pixel	34
Auflösung	34
Interpolation	35
Farbtiefe und Bittiefe	36
Farbräume	37
1.5 Sensor	38
Bayer-Muster	40
Sensoraufbau	41
Sensortypen	42
Auflösungsgrenze des Auges	44
Sensorgrößen	45
1.6 Verschluss	48
1.7 Kameratypen	50
Eine kurze Geschichte der Kleinbildkamera	50
Spiegellose Systemkamera (DSLM)	52
Digitale Spiegelreflexkamera (DSLR)	53
Vor- und Nachteile von Spiegellosen und DSLRs	56
Die Kameraklassen der Systemkameras	57
Kompaktkamera	62
Kompaktkamera mit großem Sensor	64
Bridge-Kamera	65
Smartphone	65
Action-Kamera	67
Drohnen	69
Mittelformatkamera	70
Großbildkamera	74
1.8 Konfiguration und Wartung der Kamera	77
Dateieinstellungen: Raw oder JPEG?	77
Bildeinstellungen	77

Livebild-Modus	79
Histogramm und Überbelichtungswarnung	80
Individualfunktionen	81
Weitere Anpassungen	82
Firmwareupdate	83
Staub auf dem Sensor	84
1.9 Zubehör	88
Speichermedien	88
Stromversorgung	90
Stativ	92
Fernauslöser	94
Fototasche	95
1.10 Bildübertragung und Backup	98
Per Kabel oder Kartenleser	98
Auf einen mobilen Bildspeicher	98
Per WLAN	99
Backup	99
KURZ & BÜNDIG: Kamera	102
2 Objektive	107
2.1 Grundlagen	107
Brennweite und Bildwinkel	107
Cropfaktor	112
Perspektive	113
Blende	115
Lichtstärke	119
Farbzeichnung	121
Bokeh	121
2.2 Abbildungsfehler	122
Schärfefehler: sphärische Aberration und Koma	123
Bildfeldwölbung	124
Dezentrierung	125
Farbfehler: chromatische Aberration (CA)	125
Farblängsfehler (LoCA)	126
Purple Fringing	126
Reflexionen	127
Streulicht	128
Vignettierung	129
Verzeichnung	130
2.3 Objektivgüte einschätzen	132
MTF-Kurven	132
Objektive testen	135





2.4	Objektivtypen und Anwendungsbeispiele	138
	Fisheye-Objektive	140
	Ultraweitwinkelobjektive	142
	Weitwinkelobjektive	143
	Normal- oder Standardobjektive	145
	Leichte Teleobjektive (Porträttele)	146
	Makroobjektive	148
	Teleobjektive	152
	Spiegelteleobjektive	153
	Ultrateleobjektive	154
	Tilt-Shift-Objektive	156
	Umgekehrte Telekonverter	160
	Zoomobjektive	160
2.5	Objektiv-Features und Zubehör	165
	Fremdobjektive am Adapter	165
	Bildstabilisator	167
	Ultraschall-Autofokusmotor	168
	Firmware	169
	Beugungsoptik (DO/PF)	169
2.6	Objektivfilter	170
	UV-Filter und Schutzfilter	170
	Polarisationsfilter	173
	Verlaufsfilter	174
	Graufilter oder Neutraldichtefilter	175
	Filtertypen	176
2.7	Empfehlungen für Fotografentypen	177
	Einsteigen, Geld sparen und Spaß haben	177
	Für Allrounder	178
	Wenn es schnell gehen muss	179
	Available Light professionell	180
	Raus in die Natur	181
	KURZ & BÜNDIG: Objektive	184
3	Schärfe	187
3.1	Auflösung und Nyquist-Grenze	187
3.2	Kontrast	188
3.3	Schärfentiefe und Blende	188
	Hyperfokale Entfernung	193
	Unschärfe im Sucherbild	195
3.4	Beugungsunschärfe	196

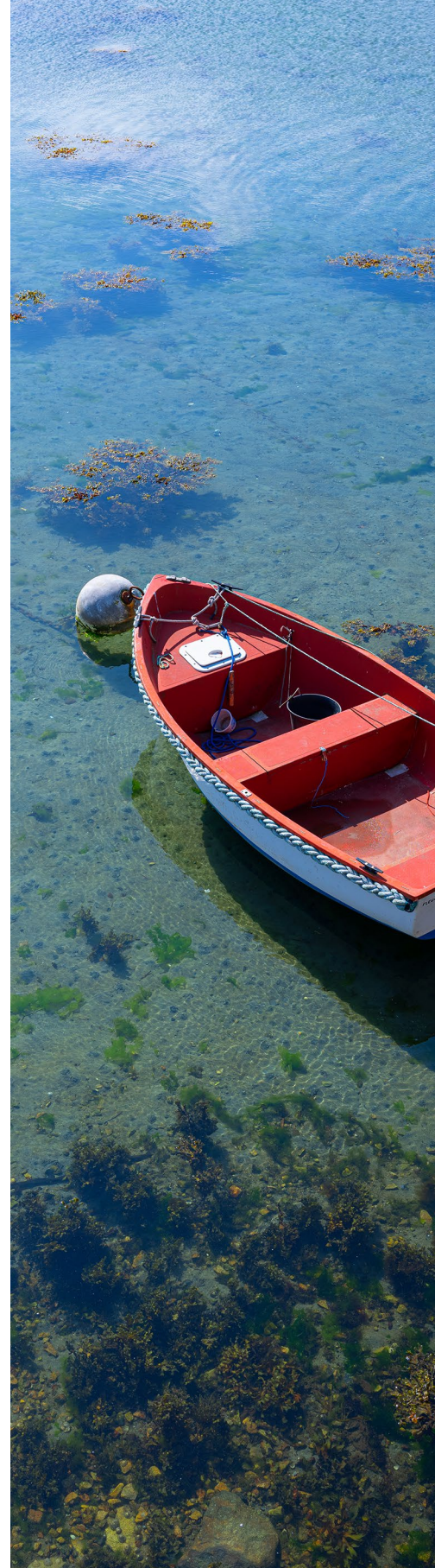
3.5	Verwackeln	197
3.6	Bewegungsunschärfe	199
3.7	Autofokus (AF)	201
	Phasenvergleich	202
	Kontrastmessung	204
	Hybrid-AF	204
	Autofokusmodi	205
	Fokusabweichung durch Kamerabewegung	208
	Autofokustest (Backfocus, Frontfocus)	209
3.8	Manuelle Fokussierung	210
3.9	Rauschunterdrückung und Schärfeverlust	212
3.10	Schärfe nach Scheimpflug	214
	KURZ & BÜNDIG: Schärfe	218
4	Licht	221
4.1	Grundlagen	221
	Was ist Licht?	221
	Brechung	222
	Beugung	223
	Reflexion	224
	Licht und Auge	224
	Licht und Digitalkamera	225
4.2	Weißabgleich	226
	Automatischer Weißabgleich	226
	Manueller Weißabgleich	227
	Weißabgleich in der Bildbearbeitung	230
4.3	Lichtqualität	231
	Diffuses Licht	232
	Weiches Licht	234
	Hartes Licht	235
4.4	Lichtrichtungen	236
4.5	Available Light	243
4.6	Lichtmalerei oder Lightpainting	244
4.7	Nacht	246
4.8	Kunstlicht	248
4.9	Reflexion	249
	Aufheller und Diffusoren	252
	Polarisation	254
	KURZ & BÜNDIG: Licht	258





5	Belichtung	261
5.1	Grundlagen	261
	Verschlusszeit	261
	Blende	263
	ISO-Wert	264
5.2	Belichtungsmessung	265
	Erfahrungswerte: Sunny 16	266
	TTL-Messung	267
	Externer Belichtungsmesser	267
	Neutralgrau	268
	Lichtwert (LW, EV)	269
	Kontrastumfang	270
	Auf die Lichter belichten	271
	Überbelichtung	274
	Unterbelichtung	276
5.3	Belichtungsautomatiken	278
	Auto-ISO	279
	Zeitautomatik (Blendenvorwahl)	280
	Blendenautomatik (Zeitvorwahl)	281
	Programmautomatik	282
	Motivprogramme und Vollautomatik	283
5.4	Belichtungsmessarten	284
	Integralmessung	284
	Mittenbetonte Messung, Selektivmessung	285
	Mehrfeld- oder Matrixmessung	286
	Spotmessung	287
	Live View	288
5.5	Belichtungskorrekturen	289
	Messwertspeicherung (AE-L)	290
	Manuelle Belichtungskorrektur	290
	Belichtungskorrektur nach Farbe	291
	Das Zonensystem nach Ansel Adams	292
	High Key	297
	Low Key	297
	Gegenlicht	298
	Belichtungsreihen	299
5.6	Langzeitbelichtung	300
	Spiegelvorauslösung	302
	Rauschunterdrückung	303
	Pushen (ISO-Erweiterung)	305

5.7	HDR – High Dynamic Range	307
	Aufnahmen für HDR	308
	HDR-Software	309
	HDR selbst gemacht	310
5.8	Mehrfachbelichtung	312
	KURZ & BÜNDIG: Belichtung	313
6	Blitzfotografie	317
6.1	Grundlagen	317
	Technik	318
	Leitzahl	318
	Interner Blitz	320
	Externe Aufsteckblitze	320
6.2	Blitzmodi	321
	Manuell	321
	Blitzinterne Automatik	322
	Kameraautomatik TTL	323
	Kurzzeitsynchronisation (HSS)	325
	Stroboskopeffekt	329
	Blitzen auf den ersten und zweiten Verschlussvorhang	330
6.3	Blitzbelichtungskorrektur	331
6.4	Der Blitz in den Kameramodi	332
6.5	Blitzlicht steuern	334
	Indirekt blitzen	334
	Zoomreflektor kreativ nutzen	335
6.6	Blitz entfesseln	336
	Blitzen mit mehreren Blitzgeräten	336
	Wanderblitz bei Langzeitbelichtung	337
	Farbig filtern	337
	Fernauslösung	339
6.7	Kurzzeitfotografie	344
6.8	Lichtformer für Systemblitze	346
	Schirme	347
	Speziellösungen	349
6.9	Studioblitze	351
	Blitzleistung	352
	Blitzköpfe, Generatoren und Kompaktblitze	354
	Ringblitze	356
	Spots	357
	Studioblitze draußen verwenden	357





6.10	Lichtformer im Studio	359
	Reflektoren	359
	Waben	360
	Softboxen	361
6.11	Licht setzen: Im Fotostudio und draußen	362
	Lichtbeispiel mit Aufheller und Abschatter	362
	Lichtbeispiel »Modellauto«	365
	Hintergründe im Studio	367
	Tipps und günstige Lösungen	367
	Lichtbeispiel »Porträt draußen«	368
6.12	Blitzprobleme lösen	370
	KURZ & BÜNDIG: Blitzfotografie	372
7	Bildgestaltung	375
7.1	Grundlagen	375
	Kunstgeschichte	376
	Wahrnehmungspsychologie	378
	Das menschliche Auge	380
	Regeln brechen	382
7.2	Qualitätskriterien	384
	Was schlechte Bilder ausmacht	384
	Merkmale guter Bilder	388
7.3	Bildformat	390
	Querformat	390
	Hochformat	391
	Quadrat	392
	Extreme Formate und Panoramen	393
	Bildgröße	394
7.4	Kontrast	396
7.5	Abstraktion	398
7.6	Farbe	399
7.7	Form	399
7.8	Größe	401
7.9	Menge	402
7.10	Bildaufbau	404
	Blickführung	405
	Diagonale	407
	Horizont	409

Symmetrie	410
Muster	411
Dreieck	412
Punkte	414
Goldener Schnitt	414
Goldene Spirale	415
Drittelregel	416
Dynamischer oder statischer Aufbau	417
Einfachheit	420
Beschnitt	421
7.11 Perspektive	422
Vorder- und Hintergrund	423
Fluchtpunkt	427
7.12 Bildreihen	429
Serien	430
Sequenzen	430
7.13 Der Einfluss der Technik	432
KURZ & BÜNDIG: Bildgestaltung	433
8 Farbe	437
8.1 Was ist Farbe?	437
Wahrnehmungsunterschiede	437
Farbsehen: das Auge	438
Additive Farbmischung	439
Subtraktive Farbmischung	439
Farbtemperatur	440
Farbsättigung	441
8.2 Farbwirkung	444
Rot	444
Gelb	445
Grün	446
Cyan	447
Blau	447
Magenta	449
Unbunte Bilder	450
8.3 Farbstimmung	451
Kunstlicht	451
Blaue Stunde	453
Farbiges Licht	453
Monochrome Bilder	455





8.4	Farbkontrast	456
	Kalt-Warm-Kontrast	456
	Komplementärkontrast	457
	Quantitäts- und Qualitätskontrast	459
	Simultankontrast	459
8.5	Farbstich	460
	Entstehung von Farbstichen	460
	Farbstiche vermeiden	461
	Farbstiche beseitigen	461
	Farbstiche nutzen	462
8.6	Farbmanagement	463
	Wie lässt sich Farbe standardisieren?	463
	Arbeitsfarbräume	464
	Bildschirmkalibrierung	466
	Praxis der Bildschirmkalibrierung	467
	Scannerkalibrierung	471
	Kamerakalibrierung	472
	Druckerkalibrierung	473
	KURZ & BÜNDIG: Farbe	474
9	Schwarzweiß	477
9.1	Kurze Geschichte der Schwarzweißfotografie	477
9.2	Analoge Schwarzweißfotografie	480
9.3	Digitale Schwarzweißfotografie	481
	Schwarzweiß direkt in der Kamera	482
	Schwarzweiß in der Bildbearbeitung	483
9.4	Schwarzweiß mit Lightroom und Photoshop	484
9.5	Schwarzweiß farbig filtern	490
9.6	Kontrast	493
9.7	Gradation	495
9.8	Abwedeln und Nachbelichten	496
9.9	Tonen	499
9.10	Ausgabe	500
	KURZ & BÜNDIG: Schwarzweiß	504

10	Motive	507
10.1	Vorbemerkungen	507
10.2	Porträt- und Peoplefotografie	507
	Mit Models arbeiten	509
	Klassisches Porträt	511
	Porträt im Raum	512
	Gruppenfotos	514
	Der menschliche Faktor	514
10.3	Aktfotografie	516
10.4	Modelfotografie	519
10.5	Sportfotografie	520
10.6	Landschaftsfotografie	523
	Weitwinkelperspektive	524
	Teleperspektive	525
	Panorama	527
	Infrarotfotografie	530
10.7	Naturfotografie	532
	Tierfotografie	533
	Makrofotografie	537
10.8	Reportage	544
	Schnelligkeit	544
	Geschichten erzählen	545
	Dokumentarfotografie	547
10.9	Reisefotografie	549
	Ausrüstung optimieren	550
	Kulturelle Unterschiede achten	552
	Nicht Hinterherlaufen	553
10.10	Architekturfotografie	554
	Stürzende Linien	555
	Standpunkt	556
	Innenräume	558
10.11	Fotografieren bei Nacht	560
	Langzeitbelichtungen	562
	Kontraste bewältigen	565
10.12	Available Light	566
10.13	Stilleben	568
	Licht	569
	Tricks der Studiofotografen	571





10.14	Unterwasserfotografie	572
10.15	Fotografie als Kunst	573
10.16	Fotorecht	575
	KURZ & BÜNDIG: Motive	579

11 Kapitel 11: Video 583

11.1	Einführung	583
11.2	Gestaltung	586
11.3	Technische Grundlagen	591
	Bildwiederholrate	591
	Auflösung	593
	Komprimierung	594
	Codecs	597
	Bitrate	598
	Raw (CinemaDNG)	599
	HDR-Video	601
11.4	Bildfehler	601
	Ruckeln	601
	Thermische Probleme	602
	Moiré	603
	Banding	604
	Rolling Shutter	605
	Objektivfehler	606
11.5	Praxis	607
	Licht	608
	Bildstile	611
	Fokus	613
	Ton	614
	Digitalzoom	618
	Zeitraffer	619
	Zeitlupe	623
11.6	Kameras	623
	KURZ & BÜNDIG: Video	628

12 Bildbearbeitung 631

12.1	Vorbemerkungen	631
12.2	Auswahl der Geräte	632
	Systemfrage: PC, Mac oder Tablet?	632
	Ausstattung des Computers	634

12.3	Software für Bildbearbeitung	636
12.4	Beispiel für einen Datenworkflow	638
12.5	RGB als Arbeitsfarbraum	640
12.6	Raw-Konvertierung	642
	Kameraprofile	643
	Lightroom: Grundeinstellungen	644
	Bildbearbeitung in Lightroom	646
	Objektiv- und Perspektivkorrektur mit Lightroom	648
	Raw-Dateien mit Lightroom exportieren	649
12.7	Bildbearbeitung in Photoshop	651
	Tonwertkorrektur	651
	Gradationskurve	653
	Camera-Raw-Filter	655
	Farbton/Sättigung	657
	Farbbalance	659
	Selektive Farbkorrektur	661
	Retuschieren	663
12.8	Scharfzeichnen	666
	Beim Export	666
	Beim Skalieren	666
	Unschärf maskieren	667
12.9	Panorama	669
12.10	HDR	673
12.11	Dateiformate	675
	JPEG in der Digitalkamera	676
	Raw	677
	In Photoshop	679
	TIFF	680
	JPEG als Ausgabeformat	681
12.12	Metadaten	682
	Exif-Standard	682
	IPTC-Daten	686
	XMP-Daten	687
	DPOF-Standard	688
	Geotagging	688
	KURZ & BÜNDIG: Bildbearbeitung	690
	Danksagung	694
	Glossar	697
	Index	711

