

unfoto.de - Handbuch:

# Digitaltechnik



un*foto*.de - Handbuch:

# Digitaltechnik

Ulrich Nierhoff



Die Informationen und Daten dieses eBooks wurden mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Ich übernehme jedoch keine Gewähr für die Fehlerfreiheit und Genauigkeit der enthaltenen Informationen.

Für Anregungen, Hinweise und Kritik bin ich dankbar.

E-Mail: [Kontakt@unfoto.de](mailto:Kontakt@unfoto.de)

Internet: [www.unfoto.de](http://www.unfoto.de)

© 2011 by Ulrich Nierhoff, Haltern am See, Germany

Fotos von Ulrich Nierhoff

**Dieses eBook ist kostenlos! Jegliche Haftung für Schäden, die direkt oder indirekt aus der Benutzung dieses Dokuments entstehen, ist ausgeschlossen.**

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede kommerzielle Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Ausdruck, Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikro-Verfilmungen und/oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Sofern Markennamen und Warenzeichen hier genannt werden, bedeutet deren Verwendung nicht, dass diese frei oder ohne Rechte sind.

# Inhalt

1. Einleitung	6
2. Digitales Bild	7
Pixel	7
RGB-Farbmodel	8
Farbtiefe	10
3. Digitale Aufnahme	12
Fotodiode	12
Signalverstärkung/Bildrauschen	14
Analog-Digital-Wandler	16
4. Sensor	18
CCD- und CMOS-Sensor	18
Foveon-Sensor	21
Sensorgröße und -format	22
Auflösung	24
Pixelwahn	24
Wie viele Pixel brauche ich?	25
Optimale Auflösung für den Druck	26
5. RAW-Konvertierung	28
Verfahren	28
Funktion	30
Weißabgleich	30
Helligkeit	32
Kontrast	33
Farbsättigung	33

Inhalt	5
Rauschunterdrückung	34
Bildschärfe	34
6. Dateiformate	36
JPEG (Joint Photographic Experts Group)	36
TIFF (Tagged Image File Format)	38
RAW (engl. "roh")	39
JPEG oder RAW?	41
7. Datenmanagement	43
Sicherheit	43
Speicherung	44
Metadaten	46
8. Programme	48
Bildbrowser	49
Bilddatenbanken	49
Bildbearbeitungsprogramme	50
RAW-Konverter	51
Präsentationsprogramme	52
All-in-One-Programme	52

# 1. Einleitung

Die Digitaltechnik hat die Fotografie revolutioniert. Während Sie für einige Puristen noch immer Teufelszeug ist, glauben andere, dass erst mit der Digitaltechnik die Fotografie so richtig begonnen hat. Doch was ist die Digitaltechnik in der Fotografie überhaupt?

Früher konnte man die Fotografie noch fast im Wortsinn begreifen. Es gab ein kleines Stück Film, das in der Kamera belichtet wurde. Durch das Licht wurde der Film verändert und nach der Entwicklung waren diese Veränderungen auf dem Negativ oder Dia-Positiv deutlich zu erkennen.

Auch in der digitalen Fotografie wird noch belichtet, allerdings kein Film, sondern ein kleiner Sensor der in der Kamera versteckt ist. Wie durch Zauberhand und ohne erkennbare Veränderung erzeugt die Elektronik aus dem Nichts ein Bild, das genauso magisch zwischen Kamera und Computer, ja sogar weltweit über das Internet verschickt werden kann. Kein Wunder, dass hier einige der neuen Technik grenzenlose Macht zusprechen.

Dabei ist die Realität viel profaner. Auch die Digitaltechnik ist und bleibt eine Technik, die ihre Grenzen hat. Diese Grenzen zu kennen ist für den Fotografen wichtig. Denn noch ist auch die Digitalkamera nur das Werkzeug mit dem der Mensch die Bilder macht.

Es kann und soll hier nur eine grobe Einführung in die Digitaltechnik der Fotografie gegeben werden. Es ist auch für den Fotografen nicht erforderlich, ein Studium der Elektrotechnik zu belegen. Allerdings ist es von Vorteil, zumindest die groben Zusammenhänge der Technik nachvollziehen zu können. Viele unter Hobbyfotografen kontrovers diskutierte Fragen, wie z.B. die Wahl zwischen JPEG und RAW, beantworten sich dann fast von selbst.

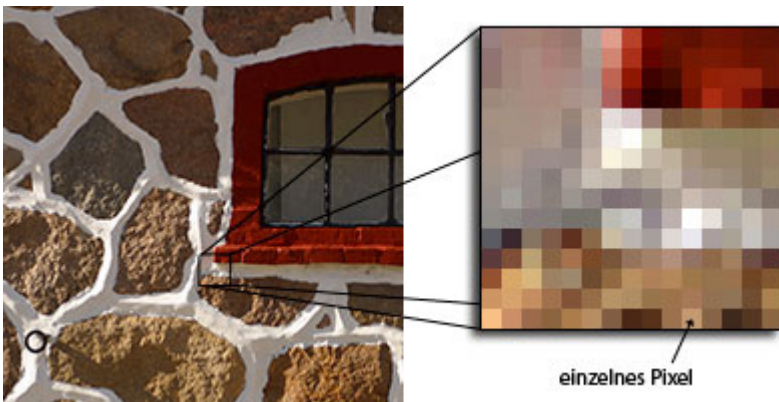
## 2. Digitales Bild

Für das Verständnis der digitalen Fotografie ist es sinnvoll, sich zunächst das Ergebnis des Aufnahmeprozesses genauer anzusehen, das digitale Bild.

Das digitale Bild ist genau genommen eine riesige Aneinanderreihung unzähliger Nullen und Einsen. Erst in Verbindung mit einer passenden Software, dem Bildbetrachtungsprogramm, wird aus diesem Zahlensalat wie aus Zauberhand ein farbenprächtiger Sonnenuntergang, ein beeindruckendes Porträt oder etwas ganz anderes.

### Pixel

Jedes digitale Bild besteht aus einer Vielzahl winzig kleiner Bildpunkte, den sog. Pixeln (Kunstwort aus "Picture Element"). Die einzelnen Pixel sind so klein und liegen so eng nebeneinander, dass sie bei der Darstellung des Bildes nicht mehr als einzelne Punkte wahrgenommen werden.



Man kann sich das digitale Bild als ein riesiges Schachbrett vorstellen, wobei jedes Feld für ein einzelnes Pixel steht (sog. Raster).

Aus wie vielen Pixel ein Bild besteht, wird durch die (absolute) Auflösung angegeben. Sie wird entweder durch die Anzahl der Pixel in der Breite und Höhe (z.B. 3072 x 2048 Pixel) oder durch die Anzahl aller Pixel in Megapixel angegeben (z.B. 3072 x 2048 = 6291456 Pixel entspr. 6,3 Megapixel).

Neben der absoluten Auflösung ist insbesondere für die Darstellung des digitalen Bildes auch die relative Auflösung wichtig. Die relative Auflösung gibt an, wie viele Pixel auf einer bestimmten Fläche bzw. Strecke angeordnet sind. Sie hängt davon ab, wie groß das einzelne Pixel dargestellt wird und kann je nach Ausgabemedium (Bildschirm, Druck u.a.) stark variieren. Üblich ist die Angabe der relativen Auflösung in "Pixel per inch" (ppi). Die Angabe 300 ppi bedeutet beispielsweise, dass sich auf einer Strecke von einem Zoll (= 2,54 cm) 300 Pixel befinden.

Jedes einzelne Pixel enthält hält alle notwendigen Informationen, um Farbton, Sättigung und Helligkeit des Bildpunkts darstellen zu können (sog. Farbinformationen). Bei der Digitalisierung werden die Informationen für jedes Pixel in binäre Zahlen umgewandelt und gespeichert. Das digitale Bild ist also eine riesige Aneinanderreihung von Zahlen, die die Farbinhalte für jedes Pixel repräsentieren.

## RGB-Farbmodel

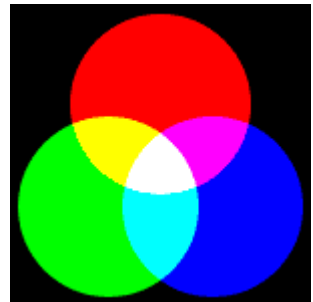
Informationen über Farbton, Sättigung und Helligkeit jedes Pixels werden bei der Digitalisierung in einen binären Zahlencode umgewandelt. Zwar wäre es durchaus möglich, dabei jeder Eigenschaft, also Farbton (engl. "Hue"), Sättigung ("Saturation") und Helligkeit ("Brightness") eine bestimmte Zahl zuzuweisen (sog. HSB-Farbmodell, ähnlich auch HSL- oder HSV-Modell). In der digitalen Fotografie werden die Farbinformationen

### Farbmodell - Farbprofil

Farbmodelle dürfen nicht mit Farbprofilen verwechselt werden. Farbmodelle sind Verfahren, um einzelne Farben mathematisch zu beschreiben. Sie sind geräteunabhängig.

Farbprofile sind geräteabhängig. Sie gelten jeweils nur für eine Kamera, Monitor oder Papiersorte beim Drucken. Profile dienen dazu, dass Bilder z.B. auf dem Monitor in den gleichen Farben wiedergegeben werden, wie die Kamera sie aufgenommen hat.

jedoch in der Form erfasst, dass die Helligkeitswerte für die drei Grundfarben der additiven Farbmischung, Rot, Grün und Blau, digitalisiert werden (RGB-Farbmodell).

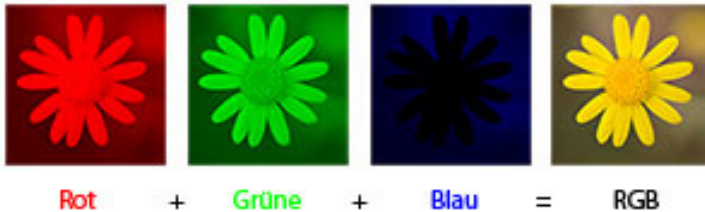


Überschneiden sich Lichtkegel in den Primärfarben, entstehen neue Farben.

Das RGB-Farbmodell beruht auf den Prinzipien der additiven Farbmischung (Lichtmischung). Licht setzt sich aus den drei Grundfarben (Primärfarben) Rot, Grün und Blau zusammen. Sind alle drei Grundfarben gleichmäßig vorhanden entsteht Weiß. Durch die Veränderung der Anteile (Helligkeit) der Grundfarben kann (theoretisch) jede andere sichtbare Farbe nachgebildet werden:

Rot	+	Grün	+	Blau	=	Weiß
Rot	+	Grün	+	-	=	Gelb
Rot	+	-	+	Blau	=	Magenta
-	+	Grün	+	Blau	=	Cyan
Rot	+	Dunkelgrün	+	Blau	=	Violett
Rot	+	Dunkelgrün	+	-	=	Orange
Dunkelrot	+	Dunkelgrün	+	-	=	Oliv
Dunkelrot	+	Dunkelgrün	+	Dunkelblau	=	Grau
-	+	-	+	-	=	Schwarz

Beim digitalen Foto werden für jeden Pixel die Helligkeitswerte (Tonwerte) der Farben Rot, Grün und Blau in binären Zahlen gespeichert. So wird Schwarz z.B. durch die Werte 0, 0, 0 dargestellt, Weiß könnte die Wert 255, 255, 255 haben, Gelb die Werte 255, 255, 0 und Orange die Werte 255, 127, 0. Bei den sog. unbunten Farben Schwarz, Weiß und Grau sind die Helligkeitswerte aller Grundfarben gleich (z.B. Grau: 127, 127, 127).

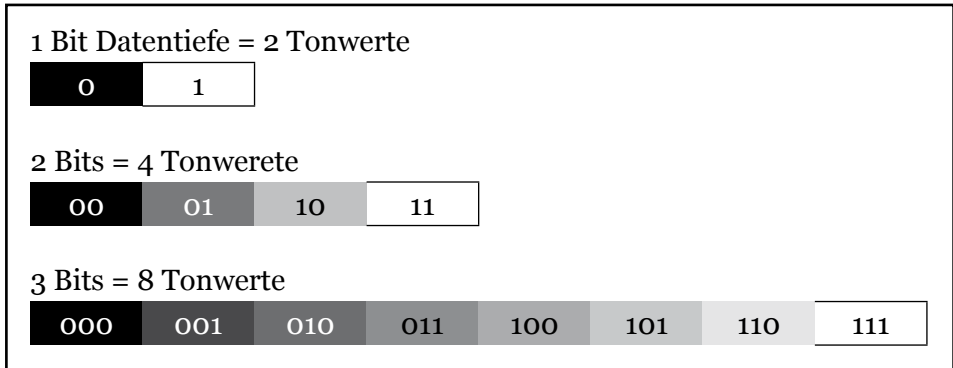


Die Helligkeitswerte aller Pixel werden für die drei Grundfarben getrennt in den sog. Farbkanälen zusammengefasst. Ein RGB-Bild besitzt also drei Farbkanäle, einen für Rot, einen für Grün und einen für Blau. Jeder Farbkanal enthält die Ton- bzw. Helligkeitswerte für die jeweilige Primärfarbe.

## Farbtiefe

Die Tonwerte der Primärfarben werden für jedes Pixel als binäre Zahl gespeichert, die sich nur aus Nullen oder Einsen zusammensetzt (00 = 0, 01 = 1, 10 = 2, 11 = 3). Zwischen wie vielen Tonwerten in jedem Farbkanal differenziert werden kann, hängt von der Daten- bzw. Farbtiefe der Datei ab. Bei einer Datentiefe von 1 Bit kann nur zwischen zwei Tonwerten unterschieden werden, zwischen 0 und 1. Bei 2 Bits Datentiefe sind es bereits vier Tonwerte, bei 3 Bits sind es acht Tonwerte usw.

Die meisten Bilddateien haben eine Farbtiefe von 8 Bits je Farbkanal. Je Kanal kann hier zwischen  $2^8 = 256$  Tonwerten zwischen 0 und 255 differenziert werden. Durch die Kombination aller drei Farbkanäle ergeben



sich  $256^3 = 16.777.216$  Farben. Einige Bilddateien arbeiten mit 16 Bits Datentiefe. Je Farbkanal stehen hier  $2^{16} = 65.536$  Tonwerte zur Auswahl. Hierdurch lassen sich immerhin  $281.474.976.710.656$  Farben digital darstellen.

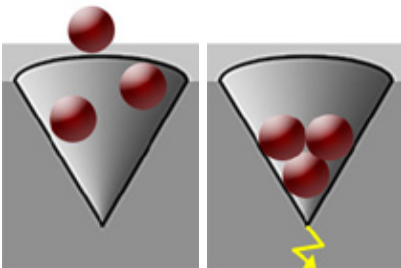
Gelegentlich wird die Farbtiefe nicht für den einzelnen Farbkanal angegeben, sondern addiert für alle drei Kanäle. Bei 8 Bits je Farbkanal ergeben sich so 24 Bits für alle Kanäle, 16 Bits je Kanal entsprechen 48 Bits für alle.

## 3. Digitale Aufnahme

Digitalkameras sind echte High-Tech-Produkte. Es würde den Rahmen dieses Handbuchs sprengen und meine Fähigkeiten überfordern, die Funktionsweise dieser Kameras in allen Einzelheiten und Verästelungen darzustellen. Es gibt jedoch einige Grundprinzipien, deren Verständnis auch für den Fotografen hilfreich sein können.

### Fotodiode

Ausgangspunkt jeder digitalen Fotografie ist der Sensor der Kamera. Unabhängig vom jeweiligen Sensortyp finden sich auf allen Sensoren meist mehrere Millionen winzig kleiner Silizium-Dioden, die sog. Fotozellen. Trifft Licht auf die Diode entstehen durch die Interaktion der Lichtquanten (Photonen) mit den Siliziumatomen freie Elektronen. Diese Elektronen werden in einem Ladungspool (Charge Well) als Ladungspaket gesammelt, das schließlich als analoges Signal (elektronischer Impuls) ausgelesen wird.

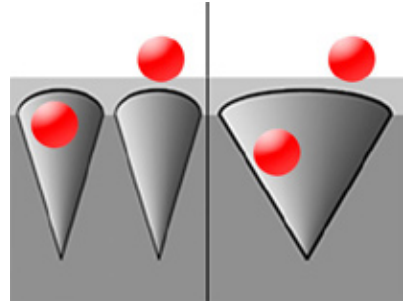


Den Ladungspool der Diode kann man sich bildlich als einen Trichter vorstellen, in dem die Elektronen (in der Grafik bildlich als rote Kugeln dargestellt) gesammelt und zu einem elektrischen Impuls zusammengefasst werden.

Je mehr Licht auf die Diode trifft, um so mehr Elektronen werden gesammelt und um so stärker ist der elektrische Impuls. Fällt nur sehr wenig Licht auf die Diode, wird auch nur ein sehr schwacher Impuls erzeugt. Ist der Impuls so schwach, dass er trotz Ver-

stärkung nicht weiterverarbeitet werden kann, wird der entsprechende Bildpunkt im Foto rein Schwarz wiedergegeben (Wert: 0).

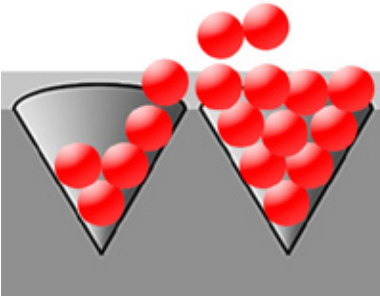
Wie viel Licht auf eine Diode trifft, das in Elektronen umgewandelt wird, hängt nicht allein von der vorhandenen Lichtmenge ab. Entscheidend ist auch die Größe der Diode, genauer gesagt die Größe der lichtempfindlichen Oberfläche der Diode. Eine Diode mit große Oberfläche fängt mehr Licht ein als eine Diode mit kleiner Oberfläche und erzeugt entsprechend mehr Elektronen.



Die Größe der Dioden hängt zum einen von der Größe des Sensors und zum anderen von der Anzahl der Dioden auf dem Sensor ab. Je mehr Dioden auf einem Sensor untergebracht sind, umso kleiner ist der Platz für die einzelne Diode. Mit zunehmender Megapixelzahl bei gleichbleibender Sensorgröße nimmt dementsprechend die Lichtempfindlichkeit ab. Andererseits wird bei gleichbleibender Pixelzahl der Platz für die einzelne Diode kleiner, je kleiner der Sensor ist. Bei gleicher Megapixelzahl ist der regelmäßig größere Sensor einer Spiegelreflexkamera lichtempfindlicher als der kleinere Sensor einer Kompaktkamera.

Auch nach oben ist die Leistungsfähigkeit der Diode nicht grenzenlos. Trifft sehr viel Licht auf die Diode, werden entsprechend viele Elektronen erzeugt. Allerdings kann der Ladungspool nur eine begrenzte Anzahl an Elektronen aufnehmen. Ist er vollständig "gefüllt", erzeugt die Diode ihr stärkstes Signal. Selbst wenn noch weitere Elektronen vorhanden sind, kann kein stärkeres Signal mehr erzeugt werden. Die überzähligen Elektronen verstärken das Signal nicht weiter (sog. Clipping).

Insbesondere bei CCD-Sensoren kann es bei Überbelichtung auch zu Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Dioden kommen, dem sog. Blooming. Werden durch das Licht mehr Elektronen erzeugt, als der Pool



der einzelnen Diode fassen kann, kann der Pool "überlaufen" und sich in benachbarte Dioden ergießen. Der Ladungspool der benachbarten Diode wird durch die "fremden" Elektronen zusätzlich gefüllt, die Diode erzeugt entsprechend ein stärkeres Signal.

## Signalverstärkung/Bildrauschen

Die von den Sensorelementen erzeugten Signale werden von der Kameraelektronik ausgelesen, wobei sich die dabei verwandten Verfahren je nach Sensortyp stark unterscheiden können.

Vor der eigentlichen Umwandlung des analogen Signals der Diode in einen digitalen Wert muss das Signal noch verstärkt werden. Wie stark das Signal verstärkt wird, kann über die ISO-Einstellung an der Kamera eingestellt werden. Leider ist die praktische Umsetzung dieser Theorie deutlich schwieriger als es auf dem ersten Blick scheinen mag.

Das größte Problem ist hier das sog. "Rauschen". Dabei handelt es sich um unerwünschte Störstrukturen, die das von den Sensorelementen gelieferte Signal überlagern und verfälschen. Diese Störsignale sind konstruktionsbedingt und treten insbesondere bei schwachen Lichtverhältnissen oder hoher



Umgebungstemperatur während der Aufnahme auf. Im Foto wird das Rauschen in Form von störenden Kleckschen oder Farbtupfern sichtbar (sog.

Bildrauschen). Im Wesentlichen lassen sich drei Arten des Rauschens unterscheiden:

Als Dunkelstromrauschen (Dark Current Noise) wird die unabhängig von der Belichtung des Sensors entstehende Hintergrundladung bezeichnet. Sie wird durch lange Belichtungszeiten und Erwärmung zusätzlich verstärkt.

Konstruktionsbedingt können sich die Signale einzelner Sensorelemente trotz gleicher Belichtung stark voneinander unterscheiden (sog. Fixed-Pattern-Noise). Diese Unterschiede treten bei jeder Aufnahme vor allem im Blaukanal auf.

Als Hot Pixel werden vereinzelt auftretende weiße Bildpunkte bezeichnet, die durch einen Sensorfehler verursacht werden.

Durch das Verstärken der Sensorsignale werden gleichzeitig auch diese Störsignale verstärkt, oft werden sie erst durch das Verstärken im späteren Foto sichtbar. Je höher der ISO-Wert an der Kamera eingestellt wird, umso mehr werden Sensor- und Störsignale verstärkt. Deshalb wird Bildrauschen oft erst bei hohen ISO-Einstellungen im Bild sichtbar.

Bei modernen Spiegelreflexkameras wird Bildrauschen oft erst an einem ISO-Wert von über 400 sichtbar. Aufgrund der kleineren Sensorgröße und der deshalb kleineren Fotodioden müssen die Signale in Kompaktkameras zusätzlich verstärkt werden. Bei ihnen wird Bildrauschen oft schon ab einem ISO-Wert von 200 erkennbar.

Natürlich sind Kamerahersteller bemüht, das Problem des Rauschens möglichst gering zu halten. Dabei setzen ihre Bemühungen zum einen bereits bei der Konstruktion des Sensors an, um Störsignale möglichst gering zu halten. Zugleich wird aber auch versucht, das vorhandene Rauschen während der Weiterverarbeitung der Aufnahme wieder heraus zu rechnen. Insbesondere die Beseitigung des Dunkelstromrauschens kann aber die Bildqualität erkennbar beeinträchtigen. Besser ist es deshalb Bildrau-

schen möglichst zu vermeiden und mit niedrigen ISO-Einstellungen zu fotografieren.

## Analog-Digital-Wandler

Im Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) werden die verstärkten Signale der Sensorelemente schließlich in einen digitalen Wert umgewandelt. Je stärker das analoge Signal, um so größer wird der digitale Wert.

Wie viele unterschiedliche Tonwerte digitalisiert werden können, hängt nicht allein von der Leistungsfähigkeit des Bildsensors, sondern auch davon ab, mit welcher Daten- bzw. Bittiefe die Kameraelektronik arbeitet. Bei einer Datentiefe von 8 Bit können beispielsweise nur 254 Tonwertabstufungen zwischen Schwarz (0) und Weiß (255) erfasst werden. Bei 12 Bit sind es bereits 4.094 und bei 16 Bit sogar 65.534.

Die Kameraelektronik registriert Helligkeitsunterschiede (Tonwertabstufungen) jedoch



anders als sie der Mensch wahrnimmt. Verdoppelt sich beispielsweise die Lichtmenge (doppelte Anzahl an Photonen), die auf das menschliche Auge treffen, so empfinden wir das Licht zwar als heller, aber nicht exakt als doppelt so hell. Umgekehrt empfinden wir eine Halbierung der Lichtmenge (halbe Anzahl an Photonen) als dunkler aber nicht als doppelt so dunkel. Diese nichtlineare Wahrnehmung schützt unsere Sinnesorgane vor Überbelastung.

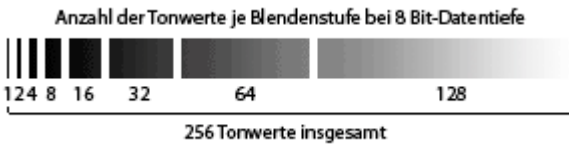
Die Kameraelektronik zeichnet Helligkeitsunterschiede hingegen linear auf. Grob vereinfacht könnte man sagen,



dass die Photonen gezählt werden: 1 Photon ist dunkel, 2 Photonen sind doppelt so hell, 4 Photonen sind wiederum doppelt so hell, 8 Photo-

nen sind noch mal doppelt so hell, 16 Photonen sind wiederum doppelt so hell usw.

Diese lineare Tonwerterfassung führt dazu, dass die Elektronik in den hellen Tonwertbereichen deutlich stärker differenzieren kann als in den dunklen. In den Tiefen stehen für die Erfassung der Tonwerte der ersten Blendenstufe theoretisch gerade einmal zwei Tonwertstufen zur Verfügung, nämlich 0 (Schwarz) und 1. Für die Tonwerte der ersten beiden Blendenstufen stehen nur vier Tonwertstufen (0 bis 3) zu Verfügung, für die ersten drei Blendenstufen acht (0 bis 7) usw.



Bei 8 Bit-Datentiefe beispielsweise repräsentiert der Tonwert 127 nicht etwa die mittlere Helligkeit, sondern die Hälfte der von der Elektronik

erfassbaren Anzahl an Photonen. Die Verdoppelung der Anzahl der Photonen ergibt reines Weiß. In den Lichtern stehen also allein für die letzte Blendenstufe bis reinem Weiß noch weiter 128 Tonwertabstufen zur Verfügung.

Eine Aufnahme mit dieser Tonwertverteilung wäre wenig ansprechend; sie wäre viel zu dunkel und würde in den Schatten kaum differenzieren. Deswegen müssen die erfassten Daten durch die sog. Gamma-Korrektur verändert werden. Dabei geht es zum einem darum, die dunklen Tonwerte deutlich aufzuhellen, zugleich wird aber auch die Tonwertverteilung geändert, um eine differenzierte Tonwertabstufung auch in den Tiefen zu erhalten. Diese Bearbeitung erfolgt in der späteren RAW-Konvertierung.

Das Aufhellen der dunklen Tonwerte durch die Gamma-Korrektur ist der Grund dafür, dass Bildrauschen meist zuerst in den dunklen Bildbereichen sichtbar wird.

## 4. Sensor

Der Fotosensor ist das zentrale Bauteil jeder Digitalkamera. Es gibt inzwischen eine Vielzahl unterschiedlicher Sensormodelle und die Entwicklung geht rasant weiter. Wer sich über die Vor- und Nachteile eines bestimmten Sensormodells informieren will, sollte sich möglichst aktuell in der Fachpresse informieren.

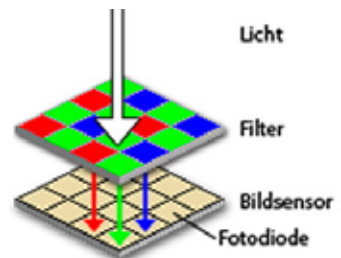
Hier soll und kann nur ein kurzer Einstieg und Überblick über die grundlegenden Funktionsweisen der gängigen Sensortypen gegeben werden.

### CCD- und CMOS-Sensor

Die große Mehrheit digitaler Kameras ist heute mit CCD- oder CMOS-Sensoren ausgestattet.

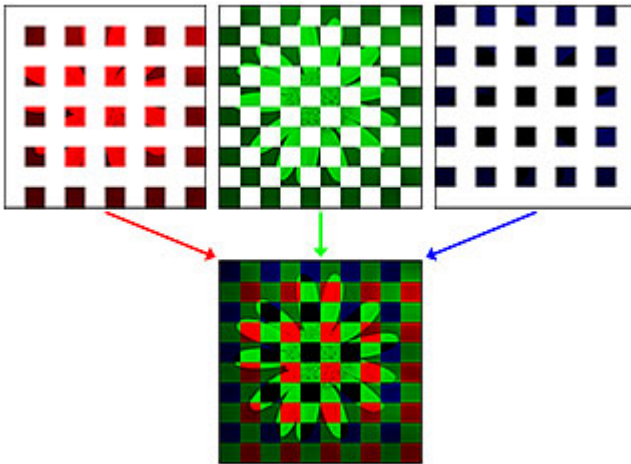
Bei diesen Sensortypen sind die Dioden nebeneinander angeordnet. Grob vereinfacht kann man sich die Sensoren als ein riesiges Schachbrett vorstellen, auf dem Fotozelle neben Fotozelle liegt. Dies gilt sowohl für CCD- wie für CMOS-Sensoren. Der wesentliche Unterschied beider Sensortypen liegt darin, wie die Signale der Dioden ausgelesen werden.

Die Fotodioden sind farbenblind. Sie reagieren nur auf die einfallende Lichtmenge und nicht auf Farben oder genauer gesagt auf die Wellenlänge des Lichts, die die Farbe bestimmt. Sie erfassen deshalb nur Helligkeitsunterschiede, aus denen sich Graustufenbilder (Schwarzweißaufnahmen) bilden lassen.



Um dennoch ein Farbbild zu erhalten, wird das Licht bei CCD- und CMOS-Sensoren gefiltert, bevor es auf die Diode trifft. Auf die einzelne Fozelle trifft entweder nur rotes, grünes oder blaues Licht. Die Zelle reagiert nur auf das Licht mit der gleichen Wellenlänge seines Farbfilters. Sie ist also nur für eine der drei Primärfarben der additiven Farbmischung zuständig.

Da der Mensch Helligkeitsunterschiede im Wellenlängenbereich von grünem Licht besser differenzieren kann als in den Bereichen von rotem und blauem Licht, erfassen in der Regel etwa die Hälfte der Fotodioden des Sensors nur grünes Licht und jeweils etwa ein Viertel der Dioden rotes und blaues Licht. Einige Kamerahersteller versuchen die Bildqualität dadurch zu verbessern, dass sie weitere Farben filtern (z.B. Smaragdgrün) oder die Verteilung der Farbanteile ändern.

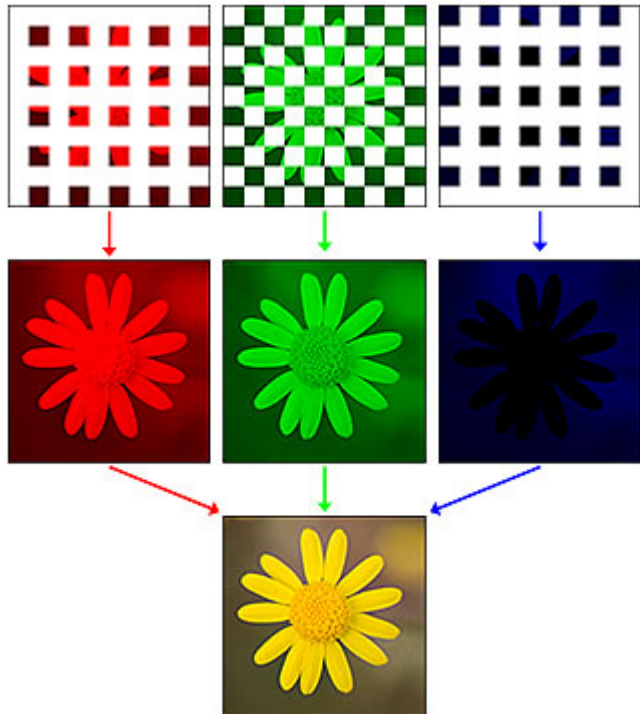


Infolge der Filterung liefert der Sensor quasi drei Bilder, die jeweils die Helligkeitsunterschiede des Motivs für rote, grüne und blaue Farben wiedergeben. Mit den Helligkeitsinformationen der drei Primärfarben lässt sich jeder beliebige Farbton wiedergeben (additive Farbmischung).

Allerdings sind die Informationen des Sensors lückenhaft, da nur jede zweite Diode die Werte für Grün misst und sogar nur jede vierte Diode für Rot bzw. Blau. Um einen farbigen Bildpunkt (Pixel) darstellen zu können, werden jedoch die Helligkeitswerte in allen drei Farbkanälen benötigt. Allein die vom Sensor gelieferten Informationen reichen hierzu nicht aus.

Das Problem wird gelöst, indem sehr komplexe und ausgefeilte Computerprogramme die fehlenden Farbinformationen für das einzelne Pixel aus den Informationen der jeweils benachbarten Pixel errechnen (sog. Farbbinterpolation). Dies gelingt inzwischen erstaunlich gut. Immerhin liefert der CCD- bzw. CMOS-Sensor nur ein Drittel der Bildinformationen einer Farbaufnahme während die übrigen zwei Drittel von einer Software "geschätzt" werden.

Im Rahmen der Farbbinterpolation (sog. Pattern-Verrechnung oder Bayer-Mosaik-Auflösung) geht es aber nicht allein darum, fehlende Farbinformationen zu "erraten". Gleichzeitig müssen auch mögliche weitere Probleme umgangen werden, wie z.B. Detailverluste, Moirés, Farbsäume oder andere Bildartefakte. Die hierfür verwendete Software - egal ob als Firmware der Kamera oder als RAW-Konverter am



Computer - muss sehr komplexe Berechnungen vornehmen und hat damit entscheidenden Einfluss auf die Bildqualität.

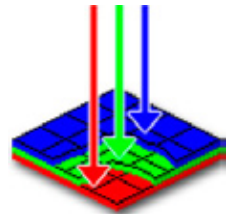
An den meisten Kameras wird versucht, die Probleme dadurch zu verringern, dass vor dem Bildsensor ein Anti-Aliasing-Filter (AA-Filter) angebracht wird. Dieser Filter streut das auftreffende Licht geringfügig, wodurch Farbinformationen auch auf benachbarte Fotozellen verteilt

werden. Die Streuung des Lichts führt aber gleichzeitig auch zu einer entsprechenden (geringfügigen) Unschärfe im Bild, der mit dem sog. digitalen Nachschärfen begegnet werden muss.

## Foveon-Sensor

Die allermeisten Digitalkameras sind mit CCD- oder CMOS-Sensoren ausgestattet, wenn auch in den unterschiedlichsten Bauarten. Alle arbeiten jedoch im Grunde nach demselben oben geschilderten Grundprinzip. Ein gänzlich anderer Ansatz wurde hingegen beim Foveon-Sensor gewählt.

Der Foveon-Sensor arbeitet nach einem ähnlichen Prinzip, mit dem in der analogen Fotografie der Farbfilm realisiert wurde. Auf dem Sensor liegen drei jeweils mit Fotodioden bestückte Siliziumschichten übereinander. Das Silizium hat die Eigenschaft, die auftreffende Lichtmenge je nach Wellenlänge (Farbe) mehr oder minder tief ins Material eindringen zu lassen. Das kurzwellige blaue Licht wird nahe der Oberfläche absorbiert, während grünes Licht weiter unten und das langwellige rote Licht noch weiter unten absorbiert wird. Die Fotodioden in den einzelnen Schichten können so für jeden Bildpunkt die Farbinformationen in allen drei Farbkanälen aufzeichnen. Eine Farbinterpolation entfällt. Gleichzeitig werden Farb- und AA-Filter überflüssig, was sich positiv auf die Lichtempfindlichkeit und Bildschärfe auswirkt.

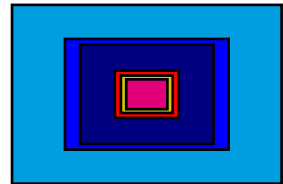


Trotz dieses innovativen Prinzips gibt es bislang nur einen namhaften Kamerahersteller, der den Foveon-Sensor in seinen Kameras verwendet.

## Sensorgröße und -format

Neben der Technik haben auch Größe und Format des Kamerasensors einen erheblichen Einfluss auf die digitale Fotografie. Zu Zeiten der analogen Kleinbildfotografie hatte das Aufnahmemedium stets die gleiche Größe, das sog. Kleinbildformat von 24 x 36 mm mit einer Bilddiagonalen von 35 mm. Sensoren mit dieser Größe, sog. Vollformatsensoren, sind heute nur in einigen wenigen Spiegelreflexkameras zu finden, die für den professionellen Einsatz konzipiert sind.

In der Regel sind die Sensoren digitaler Kameras kleiner. Gängige Spiegelreflexkameras verwenden Sensoren im APS-C-Format (22 x 15 mm) oder im 4/3"-Format (18 x 13,5 mm). Die deutlich kleineren Kompaktkameras benötigen auch einen entsprechend kleineren Bildsensor. Bei ihnen sind Größen von 2/3" (8,6 x 6,6 mm) bis 1/2,5" (5,8 x 4,3 mm) die Regel.

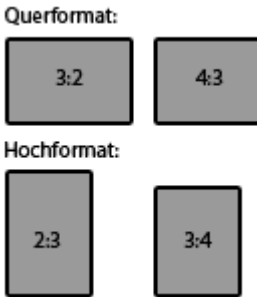


Kleinbild:  
35 mm Kleinbild (24 x 36 mm)

APS-C (22 x 15 mm)  
4/3" (18 x 13,5 mm)

Kompaktkameras:  
2/3" (8,8 x 6,6 mm)  
1/1,8" (7,2 x 5,3 mm)  
1/2,5" (5,8 x 4,3 mm)

Der im Vergleich zum Kleinbildformat kleinere Sensor einer Spiegelreflexkamera hat zur Folge, dass das in der Kleinbildfotografie immer eindeutige Verhältnis von Brennweite des Objektivs und Bildwinkel nicht mehr gegeben ist. Kamerahersteller geben deshalb bei Spiegelreflexkameras mit kleineren Sensoren einen sog. Formatfaktor an, der oft technisch falsch auch Brennweitenverlängerung genannt wird. Mit diesem Faktor können die durch den kleineren Sensor verursachten Verschiebungen zwischen Brennweite und Bildwinkel umgerechnet werden. An einer Kamera mit dem Formatfaktor 1,5 ergibt beispielsweise ein 50-mm-Objektiv den gleichen Bildwinkel wie ein Objektiv mit (50 x 1,5) 75 mm Brennweite an einer Kleinbildkamera. Umgekehrt wird für eine Kamera mit Faktor 1,5 ein (50 : 1,5) 33-mm-Objektiv benötigt, um den gleichen Bildwinkel wie ein 50-mm-Normalobjektiv an einer Kleinbildkamera zu erzielen.



Nicht nur die Größe variiert stark, sondern auch das Format der Sensoren, genauer gesagt das Verhältnis der Seitenränder. Im klassischen Kleinbildformat beträgt das Verhältnis der längeren (36 mm) zur kürzeren (24 mm) Seite 3:2. In digitalen Spiegelreflexkameras haben Bildsensoren meist in etwa das gleiche Seitenverhältnis. Oft wird dieses Format als besonders harmonisch bezeichnet, weil es dem Verhältnis des "goldenen Schnitts" besonders nahe kommen soll. Im Querformat mag

dies auch zutreffend sein, im Hochformat wirkt das Bild jedoch etwas unvorteilhaft in die Länge gezogen. Tatsächlich spricht vieles dafür, dass bei der Festlegung dieses Seitenverhältnisses für das Kleinbildformat weniger die Ästhetik als mehr die Technik entscheidend war.

Insofern ist es nicht erstaunlich, dass die Sensoren der für den Massenmarkt entwickelten Kompaktkameras ein wenig zusammengestaucht wurden. Bei ihnen beträgt das Seitenverhältnis meist in etwa 4:3. Im Querformat liefern sie deshalb etwas schmalere Aufnahmen, im Hochformat wirken die Fotos allerdingst nicht mehr so lang gestreckt.

Werden die Fotos später am Computer nicht beschnitten oder mehrere Aufnahmen mit einer Panoramasoftware miteinander verbunden, gibt das Seitenverhältnis des Bildsensors das Seitenverhältnis des späteren Bildes vor. Einige Kameramodelle bieten die Möglichkeit das Seitenverhältnis der Aufnahme in der Kamerasoftware auszuwählen. Doch Vorsicht, die physikalische Größe des Sensors wird hierdurch nicht verändert. Je nach vorgewähltem Bildformat beschneidet die Kamerasoftware vielmehr die Aufnahme, wodurch Bildinformationen verloren gehen.

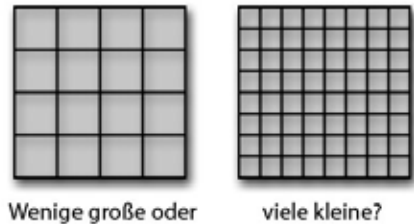
## Auflösung

Was für den Autofan die Pferdestärken sind, ist für viele Hobbyfotografen die Auflösung des Kamerasensors. Angegeben wird die Auflösung in Megapixeln (MP), die fett gedruckt die Werbung dominieren. "Je mehr Pixel, desto besser die Kamera" ist die einfache wie auch grundlegend falsche Vorstellung vieler Konsumenten.

Die Auflösung hängt zunächst von der Anzahl der Sensorelemente (Dioden) auf dem Kamerasensor ab. Doch Vorsicht, die Anzahl der Sensorelemente ist nicht immer mit der vom Kamerahersteller angegebenen Auflösung identisch. Bei einigen Kameras werden zusätzlich noch weitere Bildpunkte hinzugerechnet (interpoliert), um die Auflösung künstlich zu erhöhen.

## Pixelwahn

Für die Bildqualität fast noch wichtiger als die Anzahl der Sensorelemente ist die Größe der einzelnen Dioden auf dem Sensor. Je mehr Dioden auf einem Sensor angeordnet werden, umso kleiner wird der Platz für die einzelne Diode. Noch weniger Platz steht zur Verfügung, wenn der Sensor selbst kleiner als ein Daumnagel ist. Bei einem 1/2,5"-Sensor mit 7,2 MP (3.112 x 2.328) bleiben rein rechnerisch für das einzelne Sensorelement ein Platz von 0,0000035 mm<sup>2</sup>. Bei einem Sensor im APS-C-Format hätte das einzelne Element etwa 15x mehr Platz. Je weniger Platz für die einzelne Diode vorhanden ist, umso größer werden die technischen Probleme.



Je kleiner die Diode ist, umso weniger Licht kann sie einfangen. Das von ihr gelieferte elektronische Signal muss mehr verstärkt werden als bei ei-

ner größeren Diode, die mehr Licht einfängt. Diese Verstärkung führt aber gleichzeitig zu einem stärkeren Bildrauschen.

Je mehr Dioden auf einem Sensor angeordnet sind, umso enger liegen die Elemente nebeneinander. Dies erhöht die Gefahr, dass sich die Elemente gegenseitig störend beeinflussen und dadurch die Bildinformationen verfälschen.

Schließlich nützt die höchste Sensorauflösung nichts, wenn nicht auch die Optik ein entsprechend aufgelöstes Bild auf den Sensor wirft. Mit zunehmender Sensorauflösung steigen die Qualitätsanforderungen an das Objektiv. Vor allem bei den sehr kleinen Objektiven vieler Kompaktkameras, die zu Dumpingpreisen auf den Markt geworfen werden, darf bezweifelt werden, dass sie diesen Qualitätsansprüchen genügen.

## **Wie viele Pixel brauche ich?**

Welche Auflösung tatsächlich benötigt wird, hängt von der späteren Verwendung der Aufnahme ab.

Wer seine Aufnahmen ausschließlich am Bildschirm betrachtet, benötigt nur so viel Pixel, wie der Bildschirm darstellen kann. Ein gängiger Bildschirm mit 1.280 x 1.024 Bildpunkten kann gerade einmal 1,3 Megapixel darstellen. Alle weiteren Pixel liefern keinen Qualitätsgewinn. Im Internet werden meist noch kleinere Bilder genutzt, da nicht jeder Surfer einen großen Bildschirm besitzt. Zudem bietet eine geringere Auflösung auch einen kleinen Schutz vor Bilddiebstählen.

Anders ist es, wenn die Aufnahme als Foto ausgedruckt oder ausbelichtet werden soll. Eine zu geringe Auflösung der Aufnahme kann hier dazu führen, dass die einzelnen Pixel für das Auge sichtbar werden und kurvenförmige oder diagonale Linien gezackt erscheinen oder treppenstufenförmige Kanten entstehen.

### **Pixel und Dot**

Bei der Ausgabe von Bildern, insbesondere beim Druck, wird der kleinste Bildpunkt als "Dot" bezeichnet (engl. Punkt). Dot und Pixel sind in der Regel nicht das gleiche.

Um das farbige Pixel darzustellen, werden meist noch kleinere Punkte in den Primärfarben des jeweiligen Darstellungsverfahrens wiedergegeben. Bei einem Vier-Farb-Druck z.B. besteht ein Pixel aus vier Punkten in den Druckfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz. Ein Pixel besteht hier aus vier Dots.

Die Angabe der Auflösung in "Dots per inch" (dpi) ist deshalb auch nicht identisch mit der Angabe "Pixel per inch" (ppi). Im Vierfarbdruck entspricht eine Auflösung von 1200 dpi einer Auflösung von 300 ppi.

Um eine Aufnahme in Fotoqualität ausdrucken zu können, benötigen Sie eine Auflösung, bei der 300 Bildpunkte auf einer Strecke von einem Zoll gedruckt werden (300 ppi - pixel per inch); das entspricht etwa 118 Pixel auf einem Zentimeter. Nur wenige Tintenstrahldrucker erreichen ihre beste Qualität bei einer Auflösung von 360 ppi. Mit einer noch höheren Auflösung wird in der Regel kein sichtbarer Qualitätsgewinn erzielt.

Für einen Ausdruck im Fotoformat 10 x 15 cm benötigen Sie bei 300 ppi eine Aufnahme mit  $1.181 \times 1.772$  Pixel = 2,1 MP. Für einen Ausdruck im DIN-A-4-Format (21 x 29,7 cm) bedarf es bei gleicher Auflösung schon  $3.508 \times 2.480$  Pixel = 8,7 MP.

### **Optimale Auflösung für den Druck**

Eine Druckauflösung von 300 ppi ist sicherlich das Optimum. Bei den meisten Motiven kann jedoch auch mit einer Auflösung 240 ppi eine sehr gute Fotoqualität erreicht werden. Für ein DIN-A-4-Format würden bei dieser Druckauflösung bereits  $2.806 \times 1.984$  Pixel = 5,6 MP reichen.

Hinzu kommt, dass mit zunehmender Größe des Ausdrucks auch der Abstand wächst, aus dem das Bild in der Regel betrachtet wird. Als Faust-

regel gilt, dass der Betrachtungsabstand das Doppelte der Bilddiagonalen beträgt. Mit zunehmendem Betrachtungsabstand wird es für das menschliche Auge aber immer schwieriger, Details zu erkennen. Deshalb reichen für große Ausdrücke z.B. im DIN-A-3-Format oft Druckauflösungen zwischen 200 und 300 ppi oder im DIN-A-2-Format zwischen 180 und 240 aus.

<b>Optimale Auflösung für den Druck</b>	
<b>Format bis</b>	<b>ppi</b>
DIN A4	300-360
DIN A3	240-300
DIN A2	200-240
DIN A0	180-240

Bei der Anschaffung einer neuen Kamera sollte also genau bedacht werden, wie die Aufnahmen später präsentiert werden sollen. Zudem sollten Sie sich nicht durch eine hohe Megapixelzahl blenden lassen. Eine Verdoppelung der Auflösung erfordert bei gleichem Bildformat die vierfache Pixelzahl. So hat ein 12-MP-Sensor etwa die doppelte Auflösung eines 3-MP-Sensors. Diese Berechnung zeigt, wie gering die Auflösungsvorteile beispielsweise zwischen einem 8-MP- und einem 6-MP-Sensor sind. Wer dennoch auf eine große Megapixelzahl Wert legt, sollte im Zweifel besser eine Spiegelreflexkamera mit einem größeren Bildsensor wählen.

# 5. RAW-Konvertierung

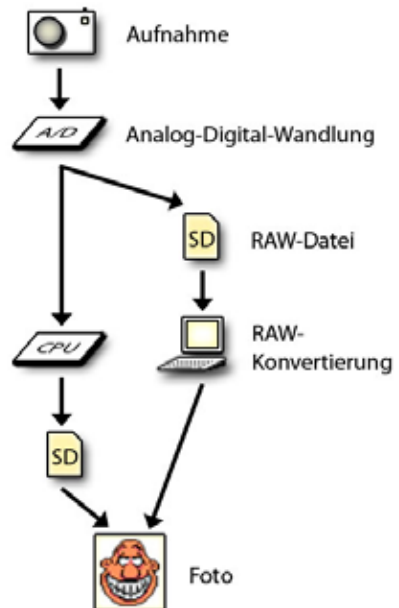
Es wurde bereits mehrfach kurz erwähnt, dass die vom Kamerasensor gelieferten digitalen Daten noch kein (ansehnliches) Bild ergeben. Die Gamma-Korrektur und die Farbinterpolation bei CCD- und CMOS-Sensoren sind unverzichtbare Berechnungen, um aus den Daten ein Foto zu machen.

Diese und weitere Korrekturen erfolgen im Rahmen der RAW-Konvertierung (raw = engl. roh).

## Verfahren

Bei der Mehrzahl digitaler Kameras erfolgt die RAW-Konvertierung unmittelbar nach der Aufnahme noch in der Kamera selbst. Die Kamera ist mit Prozessoren und Software ausgestattet, mit denen aus den Rohdaten ein Bild errechnet wird, das schließlich als JPEG- oder TIFF-Datei auf der Speicherkarte gespeichert wird (in der Grafik links dargestellt).

Dieses Verfahren ist für den Fotografen einfach und bequem, da die Konvertierung automatisch durch die Kamera erfolgt. Der entscheidende Nachteil ist, dass die Konvertierung kaum zu beeinflussen ist. Zwar bieten viele Ka-



meras die Möglichkeit, über das Kameramenu die Voreinstellungen für Weißabgleich, Helligkeit, Kontrast und Bildschärfe zu verändern. Diese Einstellungen müssen jedoch vor der Aufnahme vorgenommen werden. Nachträgliche Änderungen sind nicht möglich, da die ursprünglichen Rohdaten nach der Konvertierung wieder gelöscht werden.

Bessere Kameras bieten daneben die Möglichkeit, die vom A/D-Wandler gelieferten Rohdaten unbearbeitet als sog. RAW-Datei auf die Speicherkarte zu schreiben (in der Grafik rechts dargestellt). RAW-Dateien sind keine Bilddateien; sie enthalten nur die Rohdaten, aus denen das Bild erst noch errechnet werden muss. Die Konvertierung erfolgt nach der Aufnahme am Computer zu Hause.

Für die RAW-Konvertierung am Computer benötigen Sie eine spezielle Software, sog. RAW-Konverter-Programme. Zum Lieferumfang einer Kamera, die mit RAW-Dateien arbeiten kann, gehört eine Konvertierungssoftware des Herstellers. Daneben gibt es von Drittanbietern Programme, die oft einen höheren Bedienungskomfort und einen größeren Funktionsumfang bieten.

Der unschlagbare Vorteil der RAW-Konvertierung am Computer ist, dass Sie alle Einstellungen für die Umwandlung nach der Aufnahme ganz individuell für die einzelne Aufnahme vornehmen können. Sie können zudem ohne Risiko verschiedene Einstellungen z.B. für Weißabgleich, Kontrast oder Bildschärfe ausprobieren und die Auswirkungen auf die Aufnahme am großen Bildschirm beurteilen. Erst wenn Sie alle passenden Einstellungen gefunden haben, werden in einem abschließenden Schritt die RAW-Daten in Bilddaten umgewandelt und in einer neuen Datei gespeichert. Die ursprüngliche RAW-Datei bleibt unverändert erhalten und kann auch mit anderen Einstellungen unzählige Male konvertiert werden ("digitales Negativ").

Moderne RAW-Konverter für den Computer sind zudem in der Regel deutlich leistungsfähiger als die in den Kameras integrierten Konverter. Sie ermöglichen eine viel gezieltere und feinere Steuerung der Konvertie-

ung und bieten fast die gleichen Funktionen wie ein Bildbearbeitungsprogramm (vgl. Dunkelkammer - RAW-Konvertierung).

## **Funktion**

Wird die RAW-Konvertierung von der Kamera selbst vorgenommen, können einige Faktoren der Konvertierung über die Einstellungen im Kameramenu beeinflusst werden. Entsprechende Einstellungen müssen allerdings vor der Aufnahme vorgenommen werden, da die Berechnung unmittelbar nach der Belichtung des Sensors und vor der Speicherung der Bilddatei auf der Speicherkarte erfolgt.

Welche Einstellungen vorgenommen werden können, kann je nach Kameramodelle sehr unterschiedlich sein.

## **Weißabgleich**

Welche Farbe ein Gegenstand hat hängt nicht allein davon ab, welche Farbe der Gegenstand reflektiert, sondern vor allem davon, welche Farbe das Licht hat, das auf den Gegenstand fällt. Wenn Sie ein weißes Blatt Papier vor eine Lichtquelle mit weißem Licht halten, wird das Blatt weiß erscheinen. Halten Sie dasselbe Papier vor eine Lichtquelle mit rotem Licht, wird es rot erscheinen. Bei einer blauen Lichtquelle wird es blau erscheinen usw.

Weißes Licht, das alle Farben des Spektrums enthält, gibt es eigentlich nur bei direktem Sonnenlicht zur Mittagzeit im Sommer oder bei Verwendung eines Blitzlichts. Steht die Sonne am Morgen oder Abend nur knapp über dem Horizont, wird das Licht durch die Atmosphäre gebrochen und erscheint deutlich wärmer (rötlicher). Ist kein direktes Sonnenlicht vorhanden, z.B. an einem bewölkten Tag, erhöht sich der Blauanteil des Lichts. Die Gegenstände erscheinen in diesem Licht kälter (blauer). Auch künstliche Lichtquellen erzeugen mit Ausnahme des Fotoblitzes in der Regel kein

<b>Farbtemperaturen</b>	
<b>Lichtquelle</b>	<b>Kelvin</b>
Kerzen, Öllicht	1800 - 2000
Glühbirne	2800 - 3000
Sonnenauf-/ -untergang	4000 - 4500
Sonne morgens/abends	5000
Mittagslicht, Elektrolitz	5500 - 6500
Dunstiger Himmel	6000 - 7000
Starke Bewölkung	7500
Schattenreflektion vom bauen Himmel	16000

weißes Licht. Glühbirnen erzeugen ein warmes, rötliches Licht, Neonröhren oft ein unnatürlich grünes Licht. Über die Farbe des Lichts gibt die Farbtemperatur Auskunft, die in Kelvin (nicht Grad-Kelvin) angegeben wird.

Das menschliche Gehirn kann Farbunterschiede des Lichts blitzschnell kompensieren, ohne dass wir uns dessen überhaupt bewusst sind. Deshalb sehen wir sowohl bei Tageslicht als auch bei Kunstlicht ein weißes Blatt Papier.

In der digitalen Fotografie erfolgt die Kompensierung durch den Weißabgleich im Rahmen der RAW-Konvertierung. Dabei geht es in der Regel darum, die Farbverschiebungen auszugleichen, die durch das farbige Licht verursacht wurden, wobei die Farben im Bild genau entgegen der Farbe des Lichts bei der Aufnahme verschoben werden. Das kalte (blaue) Licht eines bewölkten Tages wird also dadurch ausgeglichen, dass die Farben im Bild zu den warmen Rottönen verschoben werden.

An der Kamera kann der Weißabgleich meist für typische Lichtverhältnisse eingestellt werden, die in der Regel durch entsprechende Symbole gekennzeichnet sind, z.B. auf Tageslicht oder Blitzlicht (5500 K), Bewölkt (6500 K), Schatten (7500 K), Kunstlicht (2850 K) oder Neonlicht (3800 K).

K). Bessere Kameras bieten zudem die Möglichkeit, einen individuellen Kelvin-Wert einzugeben.



Tageslicht  
5500 K



Schatten  
7500 K

Viele Kameras bieten zudem einen automatischen Weißabgleich. Bei dieser Einstellung analysiert die Kameraelektronik während der Aufnahme das Bild und ermittelt einen passenden Wert für den Weißabgleich. An modernen Kameras arbeitet der automatische Weißabgleich in der Regel sehr zuverlässig.



Kunstlicht  
2850 K

Nicht immer ist eine solche Farbkorrektur aber gewünscht. Ein Sonnenuntergang würde beispielsweise seinen ganzen Reiz verlieren, wenn durch den automatischen Weißabgleich die warmen Farbtöne wieder kompensiert werden. Auch Farbfilter haben in Verbindung mit dem automatischen Weißabgleich oft keine Wirkung mehr.

## Helligkeit

Wesentliche Aufgabe der RAW-Konvertierung ist die bereits erwähnte Gamma-Korrektur, durch die das Bild aufgehellt und die Tonwerte angemessen verteilt werden. Mit Hilfe der Helligkeitseinstellung im Kameramenu können hier letzte Feinabstimmungen vorgenommen werden.

## Kontrast

Die Kontrasteinstellung regelt die Tonwertverteilung im Foto. Bei einem starken Kontrast werden die Tonwerte stärker in die hellen und dunklen Bereiche verschoben, während sie bei einem geringen Kontrast mehr im mittleren Bereich liegen.



normaler Kontrast



starker Kontrast

Ein starker Kontrast kann eine starke Wirkung haben, die Farben scheinen gesättigter zu sein, das Bild wirkt klarer. Ein zu starker Kontrast kann jedoch die gesamte Bildwirkung zerstören. Im Zweifel sollten Sie deshalb an der Kamera einen geringen Kontrast vorwählen und falls erforderlich mit einem Bildbearbeitungsprogramm den Kontrast nachträglich erhöhen.

## Farbsättigung

Ebenfalls meist über das Kameramenü einstellbar ist die Farbsättigung. Je höher der hier eingestellte Wert ist, umso reiner (bunter) werden Farben im Foto wiedergeben.

Die Farbsättigung scheint nicht allein eine Frage des persönlichen Geschmacks zu sein, sondern auch des kulturellen Hintergrunds. Angeblich sollen im angelsächsischen Raum Aufnahmen mit stark gesättigten Farben beliebt sein, während der Mitteleuropäer eine gedämpfte Farbwieder-

gabe bevorzugt. Überprüfen konnte ich den Wahrheitsgehalt dieser Aussage allerdings nicht.

Einige Kameras bieten auch einen Schwarz-Weiß-Modus, in dem die Aufnahme als Graustufenbild gespeichert wird. Sinnvoller ist es jedoch meist, eine Farbaufnahme in der späteren Bildbearbeitung in ein Graustufenbild umzuwandeln (siehe: Dunkelkammer - Schwarz-Weiß-Umwandlung).

## Rauschunterdrückung

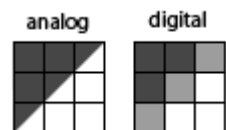
Bildrauschen lässt sich leider nicht vollständig vermeiden. In der RAW-Konvertierung wird deshalb versucht, das Rauschen aus den Daten wieder heraus zu rechnen. Leider ist auch dies kein Allheilmittel. Eine zu starke Rauschreduzierung im Rahmen der RAW-Konvertierung geht meist zu Lasten der Bildschärfe und -brillanz.

Für eine optimale Bildqualität ist es deshalb besser, die Rauschreduzierung über das Kameramenu - wenn möglich - zu reduzieren und mit geringeren ISO-Einstellungen zu arbeiten.

## Bildschärfe

Schließlich wird die Aufnahme im Rahmen der Konvertierung noch nachgeschärft. Dieses Schärfen ist allerdings nicht geeignet, Fehler während der Aufnahme durch falsches Fokussieren, Verwackeln oder Bewegungsunschärfe zu beseitigen. Das Nachschärfen hat allein das Ziel, die sog. digitale Unschärfe zu beseitigen.

Bereits durch die Aufteilung eines Bildes in einzelne Pixel (Rasterung) kommt es in Grenzbereichen zu Ungenauigkeiten und Rundungsfehlern, die im Bild als leichte Unschärfe sichtbar werden. Bei CCD- und CMOS-Sensoren kommt es zudem durch den Anti-Aliasing-Filter zu einer weiteren Weichzeichnung des Bildes. Diese Unschärfe soll wieder beseitigt werden.



Das Nachschärfen erfolgt durch eine Kontrasterhöhung an Kanten. Dies ist ein massiver Eingriff in das Bild. Wird das Bild zu stark nachgeschärft, kann die ganze Bildwirkung verloren gehen. Deshalb sollte das Nachschärfen nur sehr vorsichtig und zurückhaltend eingesetzt werden.



Bei der Konvertierung am Computer ist meist eine sehr feine, auf das konkrete Motiv abgestimmte Steuerung der Schärfe möglich. Bei der Konvertierung in der Kamera sollte - wenn möglich - die Schärfefunktion abgeschaltet und später in einem Bildbearbeitungsprogramm nachgeholt werden.

## 6. Dateiformate

Die digitale Fotografie arbeitet mit riesigen Datenmengen. Eine einzelne Bilddatei umfasst schnell mehrere Megabytes. Und es bleibt nur selten bei einem einzelnen Foto. Selbst bei einem "Gelegenheitsknipser" sammeln sich schnell eine Vielzahl von Bildern auf der Festplatte an. Wer hier keine Ordnung hält verliert schnell die Übersicht.

Übersichtlicher wird es auch nicht dadurch, dass viel unterschiedliche Dateiformate miteinander konkurrieren. Jedes dieser Formate hat seine unbestreitbaren Vorteile für ganz bestimmte Zwecke. Wer seine Bilddaten optimal nutzen will, speichert seine Aufnahmen häufig auch in unterschiedlichen Formaten.

Wer in diesem Datenmeer nicht untergehen oder - noch schlimmer - lieb-gewonnene Bilder verlieren will, kommt nicht umhin, sich intensiv mit der Speicherung und Sicherung seiner Daten auseinander zu setzen.

Die gängigsten Formate, auf die Sie in der digitalen Fotografie stoßen können, sind:

### **JPEG (Joint Photographic Experts Group)**

Die allermeisten Aufnahmen werden von der Digitalkamera im JPEG-Format gespeichert. Die Dateien tragen das Dateisuffix ".jpg" oder ".jpe". Das JPEG-Format ist ein echtes Bildformat, es speichert die Informationen des digitalen Pixelbildes mit einer Datentiefe von 8 Bits je Farbkanal im RGB-Modus.

Die JPEG-Datei speichert aber nicht alle Informationen des digitalen Bildes, vielmehr werden die Daten komprimiert (zusammengefasst). Die Komprimierung hat den großen Vorteil, dass die Datei deutlich kleiner ist als andere unkomprimierte Bilddateien. Für "Vielknipser" kann dies ein echter Segen sein, da so deutlich mehr Fotos auf eine Speicherkarte passen. Die geringe Größe der JPEG-Datei ist auch der Grund, dass das JPEG-Format das Standardformat für Fotografien im Internet ist. Die weite Verbreitung des Formats führt dazu, dass praktisch jedes Bildbetrachtungs- oder Bildbearbeitungsprogramm JPEG-Daten lesen kann.

Allerdings ist es wichtig zu wissen, dass das JPEG-Komprimierungsverfahren verlustbehaftet ist. Je nach eingestellter Komprimierungsstufe wird ein mehr oder weniger großer Anteil der Bildinformationen unwiderruflich gelöscht. Bei einem nur gering komprimierten Bild ist in der Regel kaum oder gar kein Unterschied zu einem unkomprimierten Bild zu erkennen. Wird das Bild hingegen stärker komprimiert, können deutliche Qualitätseinbußen entstehen. Die Stärke der Komprimierung kann an der



Original JPEG



2x komprimiert



3x komprimiert



4x komprimiert

Kamera bzw. in einem Bildbearbeitungsprogramm beim Speichern eingestellt werden.

Wird eine JPEG-Aufnahme in einem Bildbearbeitungsprogramm bearbeitet und anschließend wieder als JPEG-Datei gespeichert, wird das bereits komprimierte Bild noch einmal komprimiert. Dies sollten Sie unbedingt vermeiden, da hierdurch erhebliche Qualitätsverluste entstehen. Bevor Sie eine JPEG-Aufnahme in einem Bildbearbeitungsprogramm bearbeiten, sollten Sie deshalb eine Kopie der Aufnahme in einem Format ohne (verlustbehaftete) Komprimierung speichern, z.B. als TIFF-Datei.

Ein weiterer Nachteil des JPEG-Formats ist die geringe Farbtiefe von nur 8 Bits. Moderne Kameras arbeiten inzwischen oft mit einer Datentiefe von 10 bis 14 Bits je Farbkanal. Bei einer Speicherung der Aufnahme im JPEG-Format kann dieser Fortschritt nicht genutzt werden.

## **TIFF (Tagged Image File Format)**

Ganz ohne Datenverlust können Bilder im TIFF-Format mit dem Dateisuffix ".tif" gespeichert werden. Allerdings können TIFF-Datei sehr unterschiedliche Eigenschaften haben.

Die von einigen Kameras erzeugten TIFF-Dateien sind quasi JPEG-Dateien ohne Komprimierung, sie speichern die Aufnahme mit 8 Bits Farbtiefe im RGB-Farbmodell. Bildbearbeitungsprogramme bieten hingegen oft auch die Möglichkeit TIFF-Dateien mit 16 Bits Datentiefe zu erzeugen und diese verlustfrei zu komprimieren (LZW- oder ZIP-Komprimierung). Darüber hinaus können TIFF-Dateien Bilder auch in einem anderen Farbmodell speichern, z.B. für den Druck in CMYK-Modus.

Das TIFF-Format ist Industriestandard. Das RGB-TIFF mit 8 Bits Datentiefe kann wie das JPEG-Format von fast jedem Bildbetrachtungs- oder Bildbearbeitungsprogramm gelesen werden. Bei TIFFs mit 16 Bits Daten-

tiefe, Komprimierung und/oder einem anderen Farbmodell kann es jedoch zu Problemen kommen.

Der entscheidende Nachteil der TIFF-Datei ist ihre Größe. Die Aufnahme einer 6-MP-Kamera kann als TIFF-Datei leicht 18 MB oder mehr betragen.

## **RAW (engl. "roh")**

Das "RAW-Format" ist genau genommen kein Dateiformat, sondern ein Sammelbegriff für all die Dateien, die die vom Kamerasensor gelieferten Rohdaten enthalten. Bessere Digitalkameras bieten die Möglichkeit diese Rohdaten unbearbeitet als Datei zu speichern. Um diese Daten als Bild darstellen zu können, muss erst eine RAW-Konvertierung durchgeführt werden.

Leider gibt es für das "RAW-Format" (bislang) keine einheitliche Syntax. Jeder Kamerahersteller verwendet für die von seinen Kameras erzeugten RAW-Dateien ein eigenes Format, das sogar bei den verschiedenen Kameramodellen desselben Herstellers von einander abweichen kann. Deutlich wird dies auch an den unterschiedlichen Dateisuffixen. So enden RAW-Dateien z.B. bei Nikon meist mit ".nef", bei Canon mit ".crw" oder ".cr2", bei Olympus mit ".orf" und bei Minolta mit ".mrw".

Diese Vielfalt hat zur Folge, dass RAW-Dateien von den wenigsten Programmen gelesen werden können. Erst nach der RAW-Konvertierung können die Daten als Bild dargestellt werden. Bessere Bildbrowser können zum Teil eine vereinfachte Bildvorschau der Daten zeigen. Wer sich eine neue Kamera kauft, muss meist auch seine Software aktualisieren, damit diese das RAW-Format der neuen Kamera lesen kann.

---

Der entscheidende Vorteil der RAW-Datei ist, dass sie die unveränderten Rohdaten der Aufnahme quasi als "digitales Negativ" enthält. Mit Hilfe spezieller Software, dem RAW-Konverter, können die Daten umfassend und sehr gezielt bearbeitet werden, bevor das digitale Bild erzeugt wird. Die RAW-Datei selbst bleibt dabei unverändert erhalten. Der weitere Vorteil ist, dass RAW-Dateien mit der gleichen Datentiefe arbeiten wie die Kameraelektronik, also in der Regel mit 10 bis 14 Bits je Farbkanal.

Wer auf qualitativ hochwertige Aufnahmen Wert legt, wird am "RAW-Format" nicht vorbeikommen. Bei Kameras mit CCD- oder CMOS-Sensoren werden die Rohdaten ohne Farbbinterpolation gespeichert, so dass die Datei deutlich kleiner ist als entsprechende TIFF-Dateien.

### DNG (Digital Negative)

Auch DNG-Dateien (".dng") sind RAW-Dateien. Allerdings wurde dieses "RAW-Format" nicht für eine bestimmte Kamera entwickelt, sondern von dem Software-Riesen Adobe. Mit dem DNG-Format versucht Adobe ein Standardformat für RAW-Dateien zu etablieren. Es bietet alle oben beschriebenen Vorteile des "RAW-Formats".

Namhafte Kamerahersteller wie Hasselblad oder Leica unterstützen das Format bereits. Auch zunehmend mehr Anwenderprogramme können mit DNG-Daten arbeiten. Die weitere Entwicklung des Dateiformats bleibt aber abzuwarten. Aufgrund der Marktmacht von Adobe besteht jedoch die Hoffnung, dass mittel- oder langfristig Software am Markt verfügbar sein wird, die mit dem DNG-Format arbeiten kann. Deshalb bietet sich das DNG-Format durchaus für die Archivierung Ihrer Bilddaten an.

## JPEG oder RAW?

Für viele Fotografen ist das die Gretchenfrage. Meine ganz persönliche Antwort ist uneingeschränkt RAW.

Das "RAW-Format" nutzt dank seiner Datentiefe alle von der Kamera gelieferten Informationen. Moderne RAW-Konverter ermöglichen eine so ausgefeilte RAW-Konvertierung, dass eine nachträgliche Bildbearbeitung in den allermeisten Fällen überflüssig wird. Sie sind inzwischen so bedienungsfreundlich, dass die Konvertierung zu Hause keinen nennenswerten zusätzlichen Aufwand darstellt, aber bessere Ergebnisse liefert als jede Kamera. Ich kann fotografieren, ohne mir Gedanken über Weißabgleich, Farbe, Kontrast oder Rauschunterdrückung machen zu müssen. All diese Entscheidungen kann ich ohne Stress zu Hause individuell für jede Aufnahme treffen und dabei unterschiedliche Einstellungen einfach einmal ausprobieren. Der große Computerbildschirm ermöglicht eine viel bessere Beurteilung der Aufnahme als das winzige Kameradisplay. Programme wie z.B. Adobe Photoshop Lightroom ermöglichen inzwischen sogar eine bequeme Archivierung von RAW-Daten.

Die sich aus der Größe der RAW-Datei ergebenden Nachteile sind inzwischen überholt. Die Preise für Speicherkarten sind in den letzten Jahren stark gefallen. Gleichzeitig hat sich ihre Schreibgeschwindigkeit deutlich erhöht. Selbst schnelle Serienbildaufnahmen sind mit RAW-Dateien heute kein Problem mehr.

Wer dennoch lieber mit JPEG-Dateien arbeiten will oder muss, weil seine Kamera das "RAW-Format" nicht unterstützt, sollte für die bestmögliche Qualität vor der Aufnahme soweit möglich folgende Einstellungen für die RAW-Konvertierung in der Kamera vornehmen:

- Das automatische Schärfen sollte deaktiviert oder auf den kleinsten Wert eingestellt werden.
- Kontrast und Farbsättigung sollten auf "Niedrig" oder "Normal" eingestellt werden.

- Wenn möglich sollte als Farbraum "Adobe RGB 1998" oder "ProPhoto RGB" statt "sRGB" gewählt werden.
- Schließlich sollte mit höchstmöglicher Auflösung und geringstmöglicher JPEG-Komprimierung gearbeitet werden.

Bei der Aufnahme selbst sollte - wie immer, aber beim Arbeiten mit JPEG ganz besonders - auf eine optimale Belichtung geachtet werden, die mit Hilfe des Kamera-Histogramms kontrolliert werden kann. Überbelichtungen sollten in jedem Fall vermieden werden.

Auch die Einstellungen für den Weißabgleich sollten sehr sorgfältig gewählt werden. Viele Kameras bieten zwar einen guten automatischen Weißabgleich, im Zweifel sollten Sie aber lieber einen manuellen Weißabgleich vornehmen, wie er in der Bedienungsanleitung Ihrer Kamera beschrieben wird.

Bei der nachträglichen Bildbearbeitung sollte gleich zu Beginn eine unkomprimierte Kopie der Datei z.B. im TIFF-Format angelegt werden. Allein diese Kopie wird mit dem Bildbearbeitungsprogramm bearbeitet und sollte auch nach Abschluss der Arbeiten nicht noch einmal komprimiert werden. Die JPEG-Datei bleibt als Original unverändert erhalten.

# 7. Datenmanagement

Egal ob Sie mit JPEG- und/oder RAW-Dateien arbeiten, in der digitalen Fotografie tragen Sie schnell riesige Datenmengen zusammen. Selbst bei einem "Gelegenheitsknipser" sammelt sich in kürzester Zeit eine Vielzahl von Bilddateien auf dem Computer. Um hier die Übersicht zu behalten, sollten Sie frühzeitig ein System finden, um Ordnung in die Dateien zu bringen. Anderenfalls können Sie später Stunden oder Tage am Computer verbringen, um ein ganz bestimmtes Foto wiederzufinden.

Allein zu diesem Thema gibt es ganze Bücher. Je mehr Sie fotografieren, umso intensiver sollten Sie sich auch mit diesem Thema befassen, da sie sonst auf viele Probleme erst stoßen werden, wenn es zu spät ist. Hier sollen nur einige Denkanstöße und Anregungen für den durchschnittlichen Hobbyfotografen gegeben werden.

## Sicherheit

Das oberste Gebot jedes Datenmanagements muss die Datensicherheit sein. Wer seine Fotos allein auf dem Computer speichert, kann bereits durch einen kleinen technischen Defekt sein gesamtes Fotoarchiv für immer verlieren. Der materielle Schaden mag bei einem Hobbyfotografen zwar gering sein, der ideelle Schade ist aber umso größer, wenn sich die Arbeit von Jahren und alle Erinnerungsstücke in einem Augenblick in Luft auflösen. Deshalb lautet die Devise: Sichern, sichern und nochmals sichern.

Kopien Ihres Bildarchivs können Sie auf DVDs sichern. CDs sind aufgrund ihrer geringen Speicherkapazität für größere Archive in der Regel ungeeignet. Wenn Sie nicht ausschließlich JPEG-Dateien archivieren, sondern

auch nichtkomprimierte Dateien oder RAW-Daten werden sie bereits eine Vielzahl DVDs benötigen.

Alternativ oder zusätzlich können sie für Sicherheitskopien auch mobile Festplatten verwenden. Mobile Festplatten gibt es mit großer Speicherkapazität zu vergleichsweise moderaten Preisen. Achten Sie bei der Anschaffung jedoch auf Qualität. Eine defekte oder anfällige Festplatte bietet keine Sicherheit.

Sichern Sie ihre Aufnahmen möglichst zeitnah, am besten noch an dem Tag, an dem Sie neue Fotos in Ihr Archiv aufnehmen. Für die erste Sicherung bietet sich eine externe Festplatte an. Mit einer einfachen Synchronisierungssoftware, die oft mit der Festplatte mitgeliefert wird, kann Ihr Fotoarchiv schnell mit der Festplatte abgeglichen werden.

Eine Sicherung ist jedoch zu wenig. In regelmäßigen Abständen sollte deshalb eine zweite Sicherung auf DVD oder einer zweiten externen Festplatte vorgenommen werden.

Bewahren Sie die Sicherheitskopien an unterschiedlichen Orten auf. Wenn Sie die zweite Sicherheitskopie z.B. am Arbeitsplatz oder bei Freunden lagern, wäre Ihr Fotoarchiv sogar bei einem Wohnungsbrand in Sicherheit.

## **Speicherung**

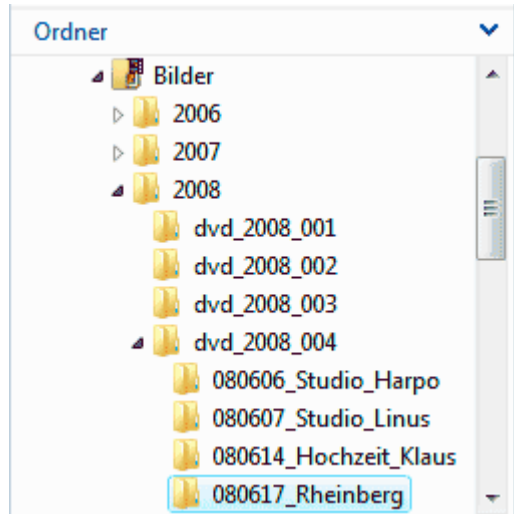
Sie sollten sich auch ein Ablagesystem ausdenken, in dem Sie später schnell eine bestimmte Fotografie wiederfinden können. Ungeeignet wäre es, wenn Sie Ihre Fotos allein nach dem jeweiligen Motiv sortieren und in entsprechende Ordner ablegen, z.B. für Landschaftsaufnahmen, Familie, Urlaub usw. Zu schnell geht die Übersicht in den einzelnen Ordnern verloren.

Bewährt hat sich ein chronologisches System mit mehreren Unterordnern.

Beginnen Sie mit einem Ordner für das Jahr. In den Ordner "2008" werden beispielsweise alle Aufnahmen aus dem Jahr 2008 einsortiert.

Wer sein Archiv auf DVDs sichert, sollte nun Unterordner für jede einzelne DVD anlegen (z.B. "dvd\_2008\_001"). Wenn der Inhalt dieses Ordners 4 GB

überschreitet, wird ein neuer Ordner angelegt. Jeder Ordner passt dann auf eine DVD.



Nun folgen die Unterordner für die Aufnahmen. Beginnen Sie bei der Benennung der Ordner mit dem Datum der Aufnahme im Format "jjmmtt" (z.B. 080606 für den 6. Juni 2008) oder "jjjjmmtt". Geben Sie anschließend mit ein oder zwei Worten das Bildthema oder den Ort der Aufnahmen an (z.B. "080614\_Hochzeit\_Klaus für die Hochzeitsbilder ihres Freundes Klaus). In diese Ordner speichern Sie Ihre Aufnahmen.

Geben Sie auch den einzelnen Bilddateien einen sinnvollen Namen. Digitalkameras geben den Bilddateien meist wenig aussagekräftige Namen (z.B. "847Vo218.cr2"). Wichtig ist, dass jedes Bild ihres Archivs einen eigenen Namen hat und der Name nicht doppelt vorkommt. Denkbar ist eine Kombination aus Datum, Name der Kamera (z.B. 40d für eine Canon 40D) und einer laufenden Nummer (Sequenz), also z.B. "080614\_40d\_1045.cr2". Die doppelte Nennung des Datums im Ordner- und Dateinamen mag auf den ersten Blick überflüssig erscheinen. Wird aber z.B. während der Bildbearbeitung eine Datei versehentlich an einem falschen Ort abgelegt,

kann sie so später schnell wieder dem richtigen Speicherort zugeordnet werden.

Nachbearbeitete Kopien eines Fotos sollten entsprechend gekennzeichnet werden, z.B. "080614\_40d\_1045\_1.tif" oder je nach Variante "080614\_40d\_1045\_sw.tif" oder "080614\_40d\_1045\_farbe.tif".

## Metadaten

Metadaten sind keine Bilddaten, sondern nützliche Zusatzinformationen zu jedem einzelnen Bild. Sie werden in derselben Datei gespeichert wie das Bild selbst. Viele Bildbetrachtungs- und Bildbearbeitungsprogramme können diese Information lesen und bearbeiten.

Belichtung	1/20 Sek. bei $f / 7,1$
Brennweite	15 mm
Belichtungskorrekt...	0 Belichtungswerte
ISO-Empfindl.	ISO 50
Blitz	Wurde nicht ausgelöst
Belichtungsprogra...	Manuell
Belichtungsmessu...	Mehrfeld
Marke	Canon

Digitalkameras geben jedem Foto Zusatzinformationen im EXIF-Standard (Exchangeable Image Format) bei. Hier finden sich viele für den Fotografen nützliche Informationen wie z.B. Aufnahmezeit, Blende/Belichtungszeit, Belichtungsprogramm, Weißabgleich, ISO-

Einstellung, Brennweite u.v.m. Diese Informationen sind nicht nur für den Fotografen sehr nützlich, sondern werden auch von einigen Druckern mit der Option "EXIF-Print" genutzt, um Bilder automatisch für den Druck zu optimieren.

Ergänzt werden die technischen EXIF-Daten meist von weiteren Daten im IPTC-Standard (International Press and Telecommunications Council). IPTC-Daten geben z.B. Auskunft über Fotografen, Rechteinhaber oder Co-

pyright. Einem Foto kann auch ein Titel und eine Beschreibung angefügt werden.

Besonders nützlich und hilfreich ist die Rubrik "Stichwörter". Hier lassen sich einem Bild gezielt passende Schlagwörter zuordnen. Große Bilddatenbestände können später gezielt nach diesen Schlagworten durchsucht und Aufnahmen wiedergefunden werden. Auch

IPTC-Kern		
Ersteller	Ulrich Nierhoff	
Ersteller: Berufstitel		
Ersteller: Adresse		
Ersteller: Stadt/Ort		
Ersteller: Bundesland/Kanton	Germany	
Ersteller: PLZ		
Ersteller: Land		
Ersteller: Telefon(e)		
Ersteller: E-Mail(s)	kontakt@unfoto.de	
Ersteller: Website(s)	http://www.unfoto.de	
Überschrift		
Beschreibung		
Stichwörter	Baum; Feldweg; Kreuzweg; Landschaft; Lippamsdorf; Nebel	

wenn das Vergeben von Schlagwörtern lästig und langweilig ist, sollten Sie hiervon reichlich Gebrauch machen. Je mehr passende Schlagwörter sie einem Foto zuordnen, umso leichter werden Sie es später wiederfinden. Beschränken Sie sich nicht nur allgemeine Beschreibungen wie "Landschaftsaufnahme" oder "Porträt". Arbeiten Sie sich vom Allgemeinen zum Speziellen vor, z.B. "Landschaftsaufnahme, Fluss, Rhein, Köln ...".

Mit vielen Fotoprogrammen können Metadaten sowohl im EXIF- als auch im IPTC-Standard editiert und hinzugefügt werden. Einige Bildbrowser und Bilddatenbankprogramme ermöglichen zudem die gezielte Suche nach bestimmten Metadaten in großen Bildbeständen oder die Filterung der Daten nach bestimmten Kriterien.

## 8. Programme

Um Ihre Aufnahmen am Computer betrachten oder bearbeiten zu können, benötigen Sie spezielle Software. Zum Lieferumfang aller Digitalkameras gehören meist mehrere unterschiedliche Programme, die zum Teil deutlich besser sind als ihr Ruf. Daneben gibt es zahlreiche Fotoprogramme von Drittanbietern in den unterschiedlichsten Preiskategorien oder auch kostenlos im Internet.

Ein Programm, mit dem alle Arbeiten rund um Ihre Fotografien erledigt werden können, gibt es leider (noch) nicht. Selbst sog. All-in-One-Programme wie Apple Aperture (nur für Mac) oder Adobe Photoshop Lightroom (für PC und Mac) schaffen dies nicht. Für spezielle Aufgaben bedarf es spezieller Software.

Einen Überblick über den Softwaremarkt zu gewinnen ist schwierig und für den Anfänger fast unmöglich. In schneller Folge werden immer mehr Programme oder neue Programmversionen auf den Markt geworfen. Als Orientierungshilfe will ich hier einen kurzen Überblick über die unterschiedlichen Kategorien der Fotosoftware geben.

Wer Geld in ein neues Programm investieren will, sollte vorher genau überlegen, wozu er die Software nutzen will und welche Funktionen er dafür benötigt. Vor dem Kauf sollten Sie zunächst eine kostenlose Testversion des Programms aus dem Internet herunterladen. So können Sie ohne finanzielles Risiko herausfinden, ob das Programm Ihren Ansprüchen genügt und problemlos auf Ihrem Rechner arbeitet.

## **Bildbrowser**

Mit Hilfe eines Bildbrowser können Sie sich die in einem Ordner oder auf einer CD/DVD gespeicherten Bilddateien als Miniaturvorschau oder vergrößert anzeigen lassen. Sobald Sie einen Ordner mit Bilddaten anwählen, liest das Programm die vorhandenen Dateien und erzeugt zu jedem Foto eine Vorschau. Ein einfacher Bildbrowser ist auch der zu jedem Betriebssystem gehörende Dateibrowser.

Bildbrowser werden zahlreich angeboten, z.T. auch als kostenlose Freeware (z.B. Picasa von Google). Praktisch alle Browser unterstützen die Anzeige von Bildern im Format JPEG und TIFF (8-Bits-RGB). Wer auch eine Vorschau seiner RAW-Bilder haben möchte, wird meist auf einen kommerziellen Browser zurückgreifen müssen (z.B. ACDSsee von ACD Systems). Informieren Sie sich jedoch vor dem Kauf genau, ob der Browser tatsächlich auch das von Ihrer Kamera erzeugte RAW-Format unterstützt.

Viele Browser ermöglichen auch das Bearbeiten und Durchsuchen von Metadaten. Auf diese Weise kann der Bildbrowser auch für die Verwaltung eines kleineren bis mittleren Bildarchivs genutzt werden (z.B. Photo Mechanic von Camera Bits).

Daneben bieten viele Bildbrowser oft noch einfache Funktionen zur Bildbearbeitung. Dieses mag im Einzelfall ganz nett sein, ersetzt jedoch kein echtes Bildbearbeitungsprogramm.

## **Bilddatenbanken**

Einige kommerzielle Bildbrowser sind durchaus in der Lage, selbst größere Bildarchive komfortabel zu verwalten. Je größer das Archiv jedoch wird, umso lohnenswerter kann die Anschaffung eines Bilddatenbankprogrammes sein (z.B. Portfolio von Extensis).

Der Übergang vom (hochwertigen) Bildbrowser zum Datenbankprogramm ist fließend. Der entscheidende Unterschied ist, dass Bildbrowser Metadaten zu jedem Bild (zusätzlich) in einer eigenen Datenbank speichern, wodurch insbesondere die Suche und Filterung der Bilddaten erheblich vereinfacht und beschleunigt wird. Der Nachteil der Datenbank ist, dass Änderungen an den Bilddaten außerhalb des Programmes nicht unbedingt automatisch erkannt werden. Löschen Sie beispielsweise eine Bilddatei mit einem anderen Browser, bleiben die Informationen zu diesem Bild in der Datenbank meist erhalten.

## **Bildbearbeitungsprogramme**

Um Ihre Aufnahmen zu bearbeiten, also zu verändern, benötigen Sie ein Bildbearbeitungsprogramm. Mit diesen Programmen können Fotos nicht nur optimiert, also z.B. Tonwertumfang, Kontrast, Farbsättigung, Bildschärfe u.v.m. verbessert werden. Bildbearbeitungsprogramme ermöglichen auch Bildmanipulationen oder Fotomontagen.

Bildbearbeitungsprogramme bearbeiten das digitale Rasterbild. RAW-Dateien müssen vor der Bearbeitung in einem Bildbearbeitungsprogramm entsprechend konvertiert werden.

Der Platzhirsch unter den Bildbearbeitungsprogrammen ist zweifelsohne Photoshop von Adobe. Es gibt kaum eine Bearbeitungsfunktion, die dieses Programm nicht anbietet. Falls dies doch einmal vorkommen sollte, gibt es irgendeinen Drittanbieter, der ein passendes Plug-In anbietet, mit dem die Funktion in Photoshop integriert werden kann.

Der mit Abstand größte Nachteil von Photoshop ist sein Preis. Rund 1.000 € für die Standard-Vollversion wird nicht nur dem "Gelegenheitsknipser"

den Atem stocken lassen. Eine preisgünstige Alternative ist Paint Shop Pro von Corel.

Für den Konsumentenbereich bietet Adobe ein gegenüber der Vollversion "abgespecktes" Programm an, Photoshop Elements für rund 100 €.

Dank Open-Source-Software geht es aber auch kostenlos. Gimp (GNU Image Manipulation Program) ist ein leistungsstarkes Bildbearbeitungsprogramm, das Sie kostenlos aus dem Internet herunterladen können. Es bietet fast alle Funktionen, die Sie für die gewöhnliche Bearbeitung Ihrer Fotos benötigen, sogar einen Kanalmixer für die gezielte Umwandlung von Farb- in Schwarzweißbilder. Einziger Wermutstropfen: Gimp arbeitet z.Zt. (Version 2.6) nur mit einer Farbtiefe von 8 Bits. Für eine hochwertige Bildbearbeitung ist dies zu wenig. Für den Einsteiger dürfte Gimp jedoch die Software der ersten Wahl sein (siehe: Dunkelkammer - Gimp).

## **RAW-Konverter**

Bevor RAW-Dateien bearbeitet oder gedruckt werden können, müssen sie in ein Bildformat konvertiert werden. Diese Aufgabe übernehmen am Computer sog. RAW-Konverter. Diese Programme konvertieren aber nicht nur die Daten. Gleichzeitig bieten Sie mehr oder minder viele Möglichkeiten die Bilddaten zu bearbeiten, insbesondere Weißabgleich, Tonwertverteilung, Farben, Bildschärfe u.v.m. gezielt zu steuern.

Zum Lieferumfang einer Digitalkamera, die das RAW-Format unterstützt, gehört auch eine entsprechende Konvertierungssoftware des Kameraherstellers. Daneben gibt es Programme von Drittanbietern, die oft mehr Funktionen bieten. Teilweise sind die Bearbeitungsmöglichkeiten so umfassend, dass eine weitere Bildbearbeitung in einem Bildbearbeitungsprogramm gänzlich überflüssig wird.

Mit den oben genannten Bildbearbeitungsprogrammen Adobe Photoshop und Adobe Photoshop Elements erhalten Sie den RAW-Konverter Adobe Camera Raw (ACR). Das Programm wird gestartet, sobald Sie eine RAW-Datei in dem Bildbearbeitungsprogramm öffnen wollen. ACR erlaubt eine sehr gezielte und ausgewogene Bildbearbeitung, vergleichbar einem Bildbearbeitungsprogramm.

RAW-Konverter gibt es natürlich auch als eigenständige Stand-Alone-Programme wie z.B. Capture One von Phase One oder Bibble von Bibble Labs.

## **Präsentationsprogramme**

Viele Bildbrowser und einige Bildbearbeitungsprogramme beinhalten mehr oder minder einfache Funktionen für die Präsentation ihrer Bilder, z.B. als Diashow. Wer jedoch eine professionelle multimediale Präsentation seiner Fotos wünscht, benötigt auch hierfür eine spezielle Software, z.B. Wings Platinum von Stumpfl.

## **All-in-One-Programme**

Apple brachte im Dezember 2005 mit Aperture als erster ein Programm auf den Markt (nur für Mac), das sich keiner der oben genannten Kategorien mehr zuordnen lässt. Einige Monate später zog Adobe mit Photoshop Lightroom nach (für PC und Mac).

Beide Programme sind sowohl Bilddatenbankprogramm, RAW-Konverter, Bildbearbeitungsprogramm als auch Präsentations- und Druckprogramm in einem. Sie bieten Datenbankfunktionen, mit denen sich selbst große Bildbestände professionell verwalten lassen. Der integrierte RAW-Konverter mit umfassenden Einstellungsmöglichkeiten bearbeitet nicht nur alle gängigen RAW-Formate, sondern gleichzeitig auch die üblichen Bildformate, wie JPEG und TIFF; er wird dadurch zu einem echten Bildbearbeitungstool. Schließlich bieten beide Programme noch professionelle Tools für die Ausgabe der Bilder als Diashow, als Druck oder im Web.

Beide Programme fassen die meisten Arbeiten des Fotografen sinnvoll und ergebnisorientiert zusammen, wodurch sie eine enorme Arbeitserleichterung schaffen.

Sie wollen noch mehr erfahren?

Auf [www.unfoto.de](http://www.unfoto.de) finden Sie alle Kapitel des Handbuchs mit animierten Grafiken und interaktiven Inhalten sowie weitere kostenlose eBooks.

Viel Spaß beim Fotografieren.