

The Power of RAW – die Möglichkeiten der Fotografie von Rohdaten!

1. Einleitung

Jeder Digitalfotograf steht vor der Frage: RAW oder jpg? Die Vorteile der jpg-Dateien erscheinen klar, aber es fällt schwer, Gründe für die Fotografie in Rohdaten zu liefern. Genau dies möchte ich mit meinem Artikel tun.

Bevor ich aber auf die „sichtbaren“ Vorteile der Fotografie im RAW-Modus¹ eingehe, erläutere ich kurz die physikalischen Grundlagen der Rohdaten und ihrer Verarbeitung. Auch wenn dies für die Nutzung der Vorteile nicht entscheidend wichtig ist, so bildet ein Verständnis dieser Fakten die Grundlage der für Rohdaten etwas anderen Belichtung und ermöglicht letztendlich einen bewußteren Umgang mit ihnen.

2. Die Aufnahme – Belichtung und Datenverarbeitung

2.1 Der Belichtungsvorgang beim Sensor

Der Sensor besteht aus vielen lichtempfindlichen kleinen Photodetektoren. Jeder der Photodetektoren mißt die Lichtintensität nur einer Farbe (rot, grün oder blau), ein Chip errechnet dann aus dem „gemessenen“ rot-grün-blau Muster ein Bild und weist dabei jedem Pixel eine Farbe und Intensität zu.²

Photodetektoren reagieren linear auf die Lichthelligkeit: d.h. doppelt so viel Licht ergibt doppelt so viel Signal und das „Signal“ ist in diesem Fall eine elektrische Spannung, die verstärkt, gemessen und digitalisiert wird. Dabei ist die Skala nicht nach oben offen, sondern begrenzt – bei Vollausschlag ist der Sensor gesättigt und kann eine weitere Erhöhung der Lichtmenge nicht mehr registrieren.³ Der Meßbereich wird in eine endliche Zahl von Stufen aufgeteilt. Deren mögliche Anzahl wird in „bit“ angegeben, bei heutigen Sensoren sind es 12 bit. Damit kann die Intensität des Signals einer von $2^{12} = 4096$ Stufen zugeordnet werden. Ein „voller“ (= total belichteter) Photodetektor liefert somit das Signal „4095“⁴ – ein „leerer“ (= unbelichteter) Photodetektor das Signal „0“. Dieser begrenzte Meßbereich sollte durch die Belichtung möglichst ausgenutzt werden, aber natürlich ohne daß ein Voll-Ausschlag eintritt.

¹ RAW wird als Synonym für eine Rohdaten-Datei genommen, je nach Hersteller besitzen Rohdaten-Dateien verschiedene Endungen: NEF bei Nikon, CRW bei Canon, RAF bei Fuji usw.

² Für den Zusammenhang Photodetektoren und Pixel siehe auch meinen Artikel „Was ist ein Pixel?“

³ Relativ gesehen kann dieser Empfindlichkeitsbereich natürlich verschoben werden – sonst wären Nachtsichtgeräte nicht möglich. Aber diese Geräte sind eben im Tageslicht nicht verwendbar!

⁴ Bei 4096 Stufen und dem Beginn der Zählung mit 0 ist die höchste Stufe 4095.

Diese Tatsachen führen zu zwei Konsequenzen, die im Folgenden näher erläutert werden:

- a) es erfolgt Informationsverlust bei Konvertierung in jpg-Dateien
- b) die optimale Belichtung für Rohdaten ist eine Überbelichtung

2.2 Informationsverlust bei Konvertierung in jpg

Da im jpg-Format lediglich 8 bit zur Speicherung der Helligkeit zur Verfügung stehen, müssen bei der Umwandlung von 12 bit Daten in einen 8 bit Datensatz Informationen verloren gehen. Es stehen gegenüber den 4096 Helligkeitsstufen des Rohdatenformats bei jpg nur noch $2^8 = 256$ Stufen zur Verfügung. Dieser Informationsverlust tritt in jeden Fall ein, denn auch bei der „direkten“ jpg-Fotografie wird zunächst ein Rohdatenbild erzeugt, welches in der Kamera in jpg umgewandelt wird.⁵ Diese Umwandlung läßt sich vom Fotografen nur begrenzt beeinflussen und somit besteht keine Möglichkeit zu entscheiden, welche Informationen verloren gehen...

Besser ist die Situation natürlich bei Verwendung eines Rohdatenkonverters. Hier kann die Konvertierung beeinflußt werden und der Informationsverlust idealerweise auf weniger bild-wichtige Teile begrenzt werden. Außerdem ist eine Umwandlung in einen 16 bit Datensatz möglich, dann gibt es keine Informationsverluste. Die Umwandlung in 16 bit, d.h. $2^{16} = 65536$ Helligkeitsstufen, bietet sogar noch Platz für mehr Informationen!⁶

Theoretisch ist somit die Sachlage eindeutig: jpg ist die schlechtere Wahl, die Informationen des Sensors werden nicht vollständig genutzt. In der Praxis ist es nicht ganz so klar, da eine Datenmenge von 8 bit ausreicht, das für Menschen sichtbare Farbspektrum abzudecken. Schwächen gibt es lediglich in dunklen Bildbereichen, die vom Sensor nur wenig differenziert wieder gegeben werden (siehe folgendes Kapitel), vom menschlichen Auge aber differenziert gesehen werden können. Um diese Nachteile auszugleichen, kann es sinnvoll sein, die Konvertierung mittels Rohdatenkonverter selbst vorzunehmen und nicht der Kamera zu überlassen.⁷

Auf der Basis dieser physikalischen Tatsachen hängt die Entscheidung, ob Rohdaten oder nicht, im Wesentlichen von den Qualitätsansprüchen an die Bilder und der Qualität des Fotografen ab. Nur Rohdaten ermöglichen eine maximale Ausnutzung der Auflösungsfähigkeiten des Sensors und deren spätere Konvertierung am PC liefert dann perfekte (jpg-)Ergebnisse. Die direkte Fotografie in jpg setzt eine exakte Belichtung voraus und

⁵ Dabei erfolgt nicht nur einfach eine Kompression zur Verringerung des Speicherbedarfs der Datei, sondern es werden vorher verschiedene Transformationen vorgenommen. Die Details dieser Transformationen sind für das Verständnis hier nicht wesentlich. Ausführlich beschrieben sind die Vorgänge z.B. bei <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/RAW-file-format.htm> oder hier <http://ronbigelow.com/articles/raw/raw.htm>

⁶ Ich verzichte auf Erläuterungen zu den Farben, da dies für die weitere Betrachtung nicht relevant ist, die Schlußfolgerungen bleiben gleich.

⁷ Das bedeutet für mich, daß ich zunächst 16 bit Dateien erzeuge, die ich ggf. korrigiere und anschließend in 8 bit jpg umwandle. Nur bei „schwierigen“ Bildern speichere ich zusätzlich die 16bit Dateien.

erfordert gute Konverter in der Kamera. Spätere Optimierungen sind schwerer durchzuführen, da die Informationsmenge begrenzt ist.⁸

2.3 Die optimale Belichtung für Rohdaten: Überbelichtung

Nehmen wir an, die Photodetektoren eines gegebenen Kamerasensors können Helligkeitsstufen von 5 Blendenstufen erfassen, d.h. der Sensor besitzt einen Dynamikumfang von 5 Blendenstufen.⁹ Jetzt wird so belichtet, daß die Photodetektoren in den hellen Bildbereichen ihre maximale Kapazität erreichen und den Meßwert 4095 anzeigen. Bei der halben Lichtmenge, also 1 Blendenstufe weniger, zeigt der Detektor (er mißt linear!) genau die Hälfte, also 2047, an. Für die Helligkeitsunterschiede zwischen diesen zwei Blendenstufen stehen nun genau 2048 Ebenen zur Verfügung – der Sensor kann die hier eventuell vorhandenen Helligkeitsunterschiede sehr empfindlich registrieren. Bei einer weiteren Reduktion um 1 Blendenstufe halbiert sich der Meßwert wiederum usw. Wie die folgende Tabelle zeigt, nimmt die Zahl der unterscheidbaren Ebenen (und damit die Empfindlichkeit für Tonwertunterschiede) bei abnehmender Lichtintensität deutlich ab:

Lichtmenge	Blendenstufen	Meßwert	unterscheidbare Ebenen
volle Intensität	+5 LW	4095	2048
1/2 Intensität	+4 LW	2047	1024
1/4 Intensität	+3 LW	1023	512
1/8 Intensität	+2 LW	511	256
1/16 Intensität	+1 LW	255	256

In den dunklen Bildbereichen hat der Sensor nur noch wenige Ebenen zur Verfügung, so daß dort nur eine geringe Tonwertdifferenzierung möglich ist. Obwohl die Helligkeits- und damit Tonwertunterschiede jeweils nur 1 Blendenstufe betragen (die im nicht-linearen Sehen als „gleichwertig“ erscheinen), kann der linear reagierende Sensor dies nicht so wiedergeben. In den hellen Bereichen können deutlich mehr Informationen erfaßt werden als in den dunklen Bereichen. Somit folgt für die Belichtung des Sensors, daß so viel Licht wie möglich zur Verfügung gestellt werden sollte, ohne daß das Maximum der Aufnahmefähigkeit des Sensors überschritten wird. Die Konsequenz: passende „Überbelichtung“. Das bringt auch mehr Reserven für die nachfolgende Verarbeitung. Schließlich reagieren unsere Augen nicht-linear, d.h. geringe Tonwertunterschiede werden sowohl in hellen wie

⁸ Übertragen auf die „Analog-Welt“ entspricht die Rohdaten-Fotografie der Verwendung von Negativ-Filmen, mit der Möglichkeit der Anpassungen bei Entwicklung bzw. Abzug. Jpg-Fotografie entspricht der Diafotografie – hier muß alles passen.
⁹ Die geschilderten Überlegungen gelten prinzipiell für alle Sensoren, auch mit größerem Dynamikumfang.

auch in dunklen Bereichen erkannt. Wenn nun für die dunklen Bereiche wenige Daten zur Verfügung stehen, kann dies kritisch werden und zum „Absaufen“ der dunklen Bereiche führen. Im übrigen verbessert eine großzügige Belichtung das Signal-Rauschverhältnis, was sich auch positiv auf die Bildqualität auswirkt.

In der Praxis – wer hätte das gedacht? – ist die „richtige“ Belichtung nicht ganz so einfach. Wie oben gesagt, dürfen die Sensoren nicht zum Anschlag gebracht werden – die hellen Stellen dürfen nicht ausfressen. Das erkennt man an dem Bild im Display nicht, dazu muß das Histogramm verwendet werden oder eine Spitzlichteranzeige, wie sie z.B. die D200 bietet (am besten beides).¹⁰ Aber Vorsicht: das Histogramm ist schon das Ergebnis der kamerainternen Verarbeitung, von daher entspricht es nicht der originär gemessenen Helligkeitsverteilung (sonst wäre das Display-Bild für uns nicht ansehbar). Wann unter welchen Bedingungen letztendlich wirklich die Grenze zur Überbelichtung und dem Ausfressen der Lichter überschritten wird, hängt von der Kamera und dem verwendeten Rohdatenkonverter ab.

Mit meiner Fuji S2 bzw. der D200 belichte ich bis zu +1,0 EV über (Matrixmessung), bei kontrastarmen Motiven bis zu +2,0 EV. Dann kann ich in Adobe Camera Raw die Daten zu mehr als 80% automatisiert verarbeiten. Schwierig wird es lediglich bei weißen Objekten im Sonnenlicht, hier muß ich bis zu -1,0 kompensieren. Wenn noch Informationen in einzelnen Farbkanälen vorhanden sind, d.h. Spitzlichter nur in einem oder zwei der RGB-Kanäle auftreten, gibt es in der Regel kein Problem bei der Konvertierung.

2.4 Was denn nun – jpg oder RAW?

Die direkte Fotografie in jpg bedingt, daß die Folgen des unvermeidlichen Qualitätsverlust vom Fotografen nicht beeinflußt werden können. Allerdings sind die Schwächen nur in besonderen Situationen bzw. in den dunklen Bildbereichen für das menschliche Auge erkennbar. Bei Motiven mit „normalem“ Kontrastumfang lassen sich keine praxisrelevanten Unterschiede erkennen – vorausgesetzt, der Fotograf macht bei Belichtung und Weißabgleich keine Fehler und die Datenkompression ist minimal.

Das Rohdatenbild hingegen erlaubt es, die maximale Qualität des Sensors zu nutzen, auch wenn am Ende ein jpg steht. Die Fehlertoleranz ist höher und vor allem kann man die Bilder eher an die eigenen Vorstellungen anpassen.

¹⁰ „Spitzlichter“ sind Stellen im Bild, die rein weiß ohne Struktur dargestellt werden. Im Histogramm erkennt man diese an einer Linie ganz rechts. Wenn diese nur klein ist und in der Höhe zu den restlichen Linien paßt, ist das ok. Wenn diese aber deutlich größer ist oder gar oben anschlägt, handelt es sich um Spitzlichter.

3. Anpassung- und Korrekturmöglichkeiten bei Verwendung von Rohdaten

3.1 Anpassung der Belichtung

Es ist ein weit verbreiteter Irrtum, daß bei der Aufnahme von Rohdaten die Belichtung keine Rolle spielt, da sie nachträglich zu korrigieren sei.¹¹ Zwar kann eine Korrektur in gewissem Maße bei einer Unterbelichtung erfolgen, bei Überbelichtung aber nur, wenn keine Spitzlichter auftreten. Man ist daher gut beraten, möglichst immer ein maximal belichtetes Bild zu erstellen (siehe vorheriges Kapitel), auch wenn es Möglichkeiten gibt, falsch belichtete Bilder zu retten.

Interessant sind aber Situationen, in denen geplante Belichtungskorrekturen Optionen eröffnen:

1. bewußte Unterbelichtung, um kürzere Verschußzeiten zu erzielen
2. Erzielung eines High-Key-Effekts

Insbesondere die erste Option ist für Naturfotografen interessant. In der Regel lassen sich 1 – 2 Blendenstufen ohne große Probleme „herausholen“, wenn man etwas Rauschen in Kauf nimmt. Und da es mittlerweile entsprechend gute Programme zur Unterdrückung des Rauschens gibt, wiegen die Vorteile die Nachteile bei weitem auf.

Die zweite Option ermöglicht alternative Darstellungen. Im folgenden zwei Bilder, kurz hintereinander mit identischen Einstellungen aufgenommen. Die erste eine klassische Variante, in der zweiten wurde durch eine nachträgliche Überbelichtung um 4 Blendenstufen eine Art High-Key-Effekt¹² erzielt:¹³



¹¹ Ohnehin können nachträglich weder Blende noch Verschußzeit beeinflusst werden – fotografisch entscheidende Parameter.

¹² „High Key“ bezeichnet Bilder, in denen helle Farbtöne vorherrschen; der Effekt wird meist im Porträt-Bereich eingesetzt. Die Bilder sind charakterisiert durch helle / weiße Hintergrundflächen und helle Farbtöne der Objekte.

¹³ DF06_0451 und DF06_0452; Stelzenläufer im Morgenlicht

3.2 Digitales Mischen

Das ist eine einfache Lösung für Fälle, in denen das Motiv über eine Helligkeitsverteilung verfügt, die nicht mit einer Aufnahme direkt abzubilden ist: entweder sind die hellen Bildstellen korrekt wiedergegeben und der Rest zu dunkel, oder umgekehrt. Die klassische Lösung für dieses Problem sind Neutralgraufilter mit einem Gradienten – aber das gelingt nur bei entsprechend geraden Bereichen im Bild, wie z.B. einer Landschaft mit Horizont. In allen anderen Fällen war eine Lösung sehr schwierig.

Einfacher ist es mit Rohdaten – hier wird ein gut belichtetes Rohdatenbild einmal „über-“ und einmal „unter-“belichtet und anschließend digital kombiniert.¹⁴ Dies möchte ich an einem einfachen Beispiel¹⁵ demonstrieren:

Die silbern glänzende Oberfläche, der Himmel und die unbeleuchtete Unterseite der Bäume erzeugen einen hohen Kontrast. Die Spitzlichteranzeige der D200 zeigte Spitzlichter an der Fassade hinter dem linken Baum – dort sorgte die aufgehende Sonne für helle Stellen. Die Konvertierung ohne Belichtungs- bzw. Helligkeitskorrektur ergibt das linke Bild.



0 EV



- 0,8 EV



+ 1,65 EV

Dieses Bild ist zwar „korrekt“ belichtet, die Blätter der Bäume und die dunklen Stellen rechts im Bild wirken allerdings störend auf mich. Genauerer Hinsehen zeigt auch ausgefressene Bildstellen in den Spitzlichterbereichen, die bei Vergrößerung störend wirken. Eine Reduktion der Belichtung um -0,8 EV beseitigt die Spitzlichter, verstärkt aber den insgesamt dunklen Eindruck (mittleres Bild). Um die dunklen Stellen sichtbar zu machen, wurde das Bild um +1,65 EV aufgehellt (rechts). Die Blätter und die Gebäude rechts im Bild sind nun klar erkennbar und gut strukturiert, aber die Folie links und der Himmel sind deutlich überlichtet und ausgefressen – keine gute Lösung.

¹⁴ Natürlich gelingt das entsprechend auch mit zwei verschiedenen belichteten Bildern, ggf. auch in jpg. Nur bedingt das einen höheren Aufwand und eine – vorab abgestimmte – Belichtung der beiden Bilder.

¹⁵ DF06_0682 – Das Gesellschaftshaus der BASF Aktiengesellschaft in Ludwigshafen, verpackt in Alu-beschichteter Polyamidfolie durch den französischen Künstler Xavier Juillot

Es ist mit einer Belichtung (Konvertierung) nicht möglich, sowohl das verhüllte Gebäude wie auch die Folie im Vordergrund sowie das Grün der Blätter zu zeigen, ein Verlaufsfilter läßt sich auch nicht einsetzen. Nur das digitale Mischen zweier unterschiedlichen Konvertierungen der Rohdaten ermöglicht eine Realisierung der Bildidee!



Der Prozeß der digitalen Mischung wird mittels der Adobe-Photoshop Aktion „merge-a-matic“ von Dr. Brown¹⁶ durchgeführt. Das führt zu einem Photoshop-Dokument mit zwei Ebenen: auf der ersten ist die helle Bildversion, in der zweiten Ebene die dunkle Version. Dabei sorgt merge-a-matic dafür, daß diese als „Smart Object“ vorliegen, so daß, falls erforderlich, nachträgliche Feinabstimmungen durchgeführt werden können. Die erste Ebene wird mittels Ctrl-A und Ctrl-C kopiert. Auf der zweiten Ebene wird eine alles deckende Ebenenmaske eingefügt. Mit gedrückter Alt-Taste wird die Maske angewählt. In das völlig schwarze Feld wird mit Ctrl-V die Kopie der ersten Ebene eingefügt. Die schwarz-weiße Maske wird mit dem Gauß'schen Weichzeichner (40 px) behandelt – fertig! Das Resultat dieser digitalen Mischung (siehe Bild links) ist wesentlich ausgewogener und angenehm im Eindruck.¹⁷

In diesem Beispiel sind die nötigen Korrekturen mit insgesamt 1,85 EV Unterschied gut realisierbar. Falls mehr als 2,5 EV Unterschied herausgearbeitet werden muß, besteht die Gefahr, daß das Rauschen in den Schatten unangenehm verstärkt wird. In diesen Fällen ist es sinnvoll, zwei Bilder unter Verwendung eines Stativs aufzunehmen und diese digital zu mischen.¹⁸

3.3 Anpassung des Weißabgleichs

Das ist vielleicht die nützlichste Funktionen des Fotografierens im Rohdatenmodus. Damit kann die Farbtemperatur des Bildes nachträglich angepaßt werden. Im Zeitalter der analogen Fotografie wurden unterschiedliche Farbtemperaturen des Lichtes entweder durch Filter oder entsprechende Filme berücksichtigt. Der in der Naturfotografie häufig eingesetzte Warmtonfilter ist nichts anderes, als eine im Moment der Aufnahme erfolgende Erhöhung der Farbtemperatur. Auf derartige Filter kann bei Verwendung von Rohdaten verzichtet werden.¹⁹

¹⁶ http://www.russellbrown.com/tips_tech.html Ich verwende in der Regel die 16bit Version

¹⁷ Bei komplizierteren Motiven kann die Auswahlmaske auch individuell bearbeitet werden. Das führt in manchen Fällen zu deutlich besseren Ergebnissen, insbesondere an Grenzflächen, als die oben beschriebene Methode mit dem Gauß'schen Weichzeichner. Allerdings ist das auch zeitintensiver.

¹⁸ Das beschriebene Vorgehen ist nicht zu verwechseln mit der HDR-Funktion in Adobe Photoshop CS2. Dort wird ein Bild im 32bit-Modus mit sehr hohem Dynamikumfang erzeugt, dies läßt sich mit der im Text beschriebenen Vorgehensweise nicht erreichen.

¹⁹ Das gilt nicht für den Polarisationsfilter. Auch wenn eine Kontrasterhöhung digital erreicht werden kann, ist die durch den Polfilter erfolgende Unterdrückung von Reflexen nachträglich nur schwer machbar.

Einstellbar sind bei den meisten Konvertern mit getrennten Reglern die Farbtemperatur („temperature“) und der Farbton („hue“). Dabei lässt sich die Farbtemperatur von blau (niedrig) zu gelb (hoch) verschieben. Der Farbton variiert zwischen grün (negative Werte) und magenta (positive Werte). Eine nachträgliche Anpassung des Weißabgleichs führe ich häufig bei Bildern im Schatten oder bei Bewölkung bzw. Regen durch. Die Standardeinstellung²⁰ führt meist zu einer kühlen Farbwiedergabe, die ich nachträglich in eine wärmere Stimmung überführe. Als Beispiel ein Murmeltier im Gehege,²¹ nachmittags im Schatten aufgenommen:



automat. Weißabgleich



Standard: Tageslicht



individuelle Anpassung

Alle Varianten entsprechend einer „natürlichen“ Abbildung, die auch mittels Analog-Fotografie je nach verwendetem Film oder Filter möglich gewesen wäre. Bei der Verwendung von Rohdaten ist es ein großer Vorteil, daß die Rohdaten völlig unverändert bleiben und dennoch – je nach Geschmack – jederzeit Bilder in einer anderen Farbtemperatur per Konverter ergeben können. Auch künstlerische Effekte durch bewußte Falschfarben lassen sich einstellen.

5. Zusammenfassung

Nur die Fotografie im Rohdatenformat ermöglicht eine Ausnutzung der Auflösungsfähigkeiten der Sensoren. Zusätzliche Gestaltungsspielräume eröffnen sich durch Belichtungs-korrekturen, digitales Mischen und nicht zuletzt durch die Möglichkeit der nachträglichen Korrektur des Weißabgleichs.

Die Fotografie im jpg-Modus bietet sich an, wenn es auf Schnelligkeit ankommt bzw. die Qualitätsansprüche an die fertigen Bilder nicht zu hoch sind. Probleme können in kritischen Belichtungssituationen auftreten, die nachträglich nicht mehr oder nur mit hohem Aufwand korrigierbar sind.

Ich selbst fotografiere fast ausschließlich im RAW-Modus. Lediglich für Aufnahmen, die schnell zur Verfügung stehen müssen und bei denen keine großartigen Ausdrucke erwartet werden, verwende ich jpg. Ansonsten verwende ich RAW und Sorge für ausreichenden Speicherplatz während meiner Fototouren.²²

²⁰ Ich verwende nur Standardeinstellungen, da ich alles über den Rohdatenkonverter anpassen kann. Bei der jpg-Fotografie ist natürlich auf den „richtigen“ Weißabgleich zu achten!

²¹ DF06_0562 – Murmeltier im Gehege des Tierparks Parc Animalier Sainte-Croix

²² Siehe mein Artikel „Mein Arbeitsablauf“.