



# Georg Beier

## BSW-Fotogruppe Duisburg-Wedau

# Dynamikerweiterung in der Digitalfotografie

„Ich bin ich ein Fan von Bracketing-Serien, aus denen ich bei Bedarf eine HDR-Aufnahme erstellen kann“.

Der Begriff „Dynamik“ fällt ständig in Kameratests, Bildbesprechungen und die Dynamikerweiterung wird als neue Kamerafunktion beschrieben, die zusätzliche Effekte verspricht. Doch um zu verstehen, was gemeint ist, erfolgt erst ein kleiner Exkurs in den Begriff des Lichtwertes (Exposure Value).

Wie Fotografen einschlägig bekannt ist, stehen Blende, Belichtungszeit und ISO in einem engen Verhältnis. Diese Faktoren tragen dazu bei, die Belichtung so auszuführen, wie es der Belichtungsmesser vorgegeben hat.

Der Belichtungsmesser selbst errechnet einen „Lichtwert“. Dieser wird dann durch den Mix von Durchlassöffnung (Blende), Dauer der Belichtung und ggf. durch eine elektronische Verstärkung bei bewusster Unterbelichtung (ISO) umgesetzt.

Der englische Begriff „EV = Exposure Value“ (Wert des Ausgesetzt seins) umschreibt besser die Definition dieser wissenschaftlichen Messeinheit. In der Wissenschaft definiert sich der Ausgangswert EV=0 mit der Annahme eines lichtempfindlichen Mediums (Film/Sensor) mit ASA/ISO-100, das bei Blende 1 (ungebrochener Lichteinfall) 1 Sekunde belichtet wird.

Durch Halbierung der Lichtmenge entsteht EV=1 und mit jeder weiteren Halbierung wird der EV-Wert linear fortgeschrieben (1,2,3,4,5,...). Die Halbierung ist bei der Belichtungszeit leicht nachvollziehbar, während die kryptischen Werte der Blende es nicht so einfach machen, sofort zu erkennen, ob die Blende nun um die Hälfte kleiner oder größer ist.

Hat der Belichtungsmesser aus dem Raumlicht EV=15 errechnet, dann können die drei Faktoren im Mix zusammenspielen, und wenn es nicht die Automatik macht, dann schraubt der Fotograf an seinem Werkzeug. Bild 1 zeigt die denkbaren Kombinationen innerhalb eines Belichtungszeitraums von 1/125s bis 1/1000s.

Bild 1

LW (EV) 15 - Variationen				
Belichtung	1/125s	1/250s	1/500s	1/1000s
ISO 100	f16	f11	f8	f5.6
ISO 200	f16	f11	f8	
ISO 400		f16	f11	

### Dynamik in der Digitalfotografie

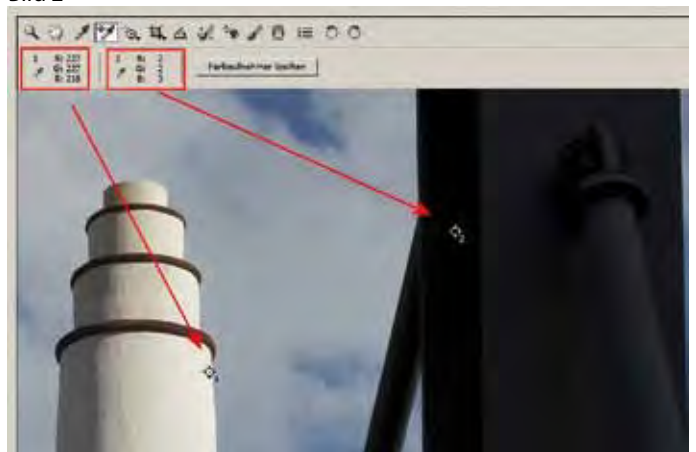
Ein Kernproblem für Fotografen ist die Belichtung auf stark voneinander abweichenden Helligkeiten innerhalb einer Aufnahme. Bild 2 zeigt das Beispiel einer Aufnahme unter spanischer Sonne. Die Belichtungsmessung hat den Turm berechnet, dessen helle Fläche noch Zeichnung enthält. Die Toröffnung im Vordergrund liegt im Schatten und wird unzureichend belichtet. Eine Belichtungsverlän-

gerung würde die Flächen sichtbar machen, aber den hellen Turm in gleißende Überbelichtung zwingen. Diese stark unterschiedlichen Helligkeiten innerhalb eines Bildes liegen außerhalb der Dynamik, die der Kamerasensor verarbeiten kann.

In der Fotografie beschreibt man mit Dynamik die Fähigkeit eines Kamerasensors, innerhalb einer Belichtung die Helligkeitsstufen zwischen Schwarz und Weiß in teilbare Schritte aufzulösen. Mit dem EV werden die teilbaren Schritte durch Belichtungsunterschiede zählbar.

Bild 2 ist im Adobe-Camera-Raw-Modul geöffnet. Durch Farbaufnehmer werden die Farb- und Helligkeitswerte angezeigt. Maximales Weiß wäre RGB 255,255,255 und Schwarz wäre RGB 0,0,0. Der Kamerasensor ist in beiden Bereichen schon grenzwertig gespreizt.

Bild 2



Für das menschliche Auge sind die aktuellen Beleuchtungsverhältnisse kein Problem. Die Dynamik der Augenzellen ist so hoch, dass wir in natura ein voll durchzeichnetes Gebäude und einen nicht überstrahlten Turm sehen - zumindest dann, wenn sich die Augen an die Lichtverhältnisse angepasst haben. Diese Fähigkeit, den Dynamikumfang bei Bedarf an die Lichtverhältnisse anzupassen, nennt man adaptive Dynamik. Innerhalb einer Adaptivstufe kann das Auge bis zu 250 Helligkeitsstufen (Dynamikstufen) unterscheiden.

Unter Einbeziehung der Adaptionsstufen und der jeweiligen unterscheidbaren Helligkeitsstufen addiert sich beim menschlichen Auge die Dynamik auf bis zu 10.000 trennbare Helligkeitsstufen. Der Fotosensor der Digitalkamera kann das nicht, denn er arbeitet immer mit voller Leistung. Er braucht eine Mindestmenge „Licht“, um dieses vom Eigenrauschen zu trennen, und er kann wie ein Wassereimer nur soviel Photonen aufnehmen, bis er voll ist und überläuft. Das technische Limit ist derzeit mit  $9\frac{1}{2}$  - 10 EV voll ausgereizt. >>>

**Wie wird dieser behauptete Wert der Sensordynamik berechnet ?**

Ein einfacher Test mit einer dreiteiligen Graukarte kann außerhalb von Laborbedingungen das Verfahren prinzipiell darstellen. Bild 3 enthält drei Aufnahmen, die im Manuell-Modus der Kamera aufgenommen wurden. Blende und ISO wurden fix eingestellt und es wird nur die Belichtungszeit variiert. Die Aufmerksamkeit richtet sich auf das graue Mittelfeld der dreiteiligen Karte.

Mitte: Die Belichtung erfolgt auf das GRAU, das auch eine ausreichende Helligkeit besitzt und der realen Kartenfarbe entspricht. Die Belichtungszeit dieses idealen Mittelwerts ist aber für das SCHWARZFELD zu lang, es wird überbelichtet und die Zeit ist für die volle Belichtung des WEISS-FELDES zu kurz. Es bleibt unterbelichtet dunkel.

Links: Die Belichtung wird soweit verlängert, dass das GRAU-Feld soeben WEISS wird. Die längste Belichtungszeit an der Grenze der RGB 255,255,255 ist erreicht.

Rechts: Die Belichtung wird soweit verkürzt, dass das GRAU-Feld soeben SCHWARZ wird. Die kürzeste Belichtungszeit an der Grenze von RGB 0,0,0 ist erreicht.

In den beiden Außenaufnahmen ist die Belichtungsstufe kurz vor dem jeweiligen Maximalwert abgebrochen, um den Grenzwert im Bild besser darstellen zu können. Unterhalb der drei Aufnahmen sind die ausgelesenen Belichtungswerte einkopiert.

Die Belichtungs-Grenzwerte sind 0,5 sec (1/2 sec) Überbelichtung und 1/250 sec Unterbelichtung. Mit der bekannten Halbierung/Verdopplung des EV können jetzt ausgehend von der neutralen Mitte die Werte gesetzt werden.



Die Belichtungsverhältnisse haben für die Kamera eine Belichtung mit 1/20s bei f/4 gesetzt. Das ist keine Norm-Belichtungszeit, weshalb unterhalb der Tabelle noch die klassischen Zeiten aus der EV-Tabelle notiert sind (blaue Zeile). Zu den Norm-Belichtungswerten und Blende f/4 wird der rechnerische EV notiert (gelbe Zeile).

Auch wenn es keine Laborbedingungen sind und die Belichtungs-grenzen jeweils kurz vor der WEISS/SCHWARZ-Schwelle des Graufeldes abgebrochen wurden, kann grob daraus abgeleitet werden, dass der Sensor eine Dynamik zwischen EV=4 und EV=13 aufweist.

**Dynamische Pixelkorrektur**

Wie eingangs erwähnt, ist die Sensordynamik aufgrund der Bauweise physikalisch begrenzt. Die Fotodioden des Sensors können nur so viel Photonen aufnehmen, bis sie gefüllt sind. Das ist losgelöst von den Lichtwertstufen durch Zwischenwerte eine größere Trenntiefe, die in den Rohdaten des Sensors (und einer RAW-Datei) erfasst werden kann. Die Kamerahersteller machen sich dies zunutze, und

jüngere Kameras bieten bereits eine manuelle oder automatische Dynamikerweiterung an. Eine der technischen Methoden ist die dynamische Pixelkorrektur.

Jede Kamera erhält vom Sensor Helligkeits- und Farbinformationen, die größer sind, als die klassische JPEG-Datei darstellen kann. Wird in der Kamera eine Funktion zur dynamischen Pixelkorrektur eingestellt, dann entwickelt die Kamera aus den Rohdaten des Sensors nicht linear, sondern hellt die dunklen Bereich bewusst auf, um mehr Zeichnung in die Tiefen zu bringen und dunkelt die hellsten Bereiche etwas ab, um ein Überstrahlen zu verhindern. Das Ergebnis ist eine JPEG-Datei, die scheinbar mehr Dynamik enthält.

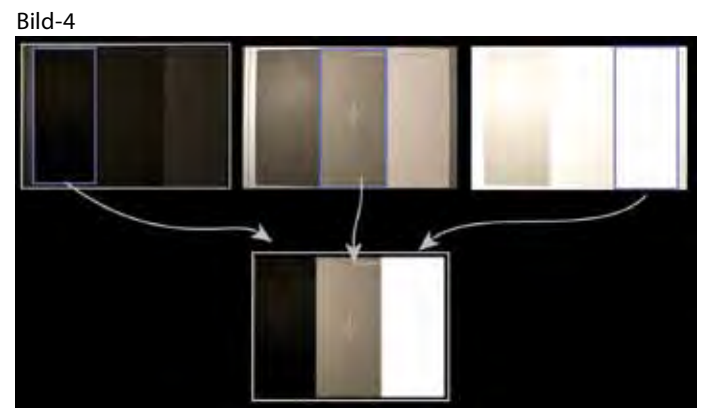
Eine andere Methode besteht darin, dass Bilder bei eingeschalteter Dynamikunterstützung knapper belichtet werden als extern von der Belichtungssteuerung ausgewiesen. Damit schützt man helle Motive vor dem ausgefressenen Weiß. In den dunklen Bereichen hebt man die Tonwerte an, wobei noch am ehesten das Risiko eines verstärkten Rauschens entsteht. Auch das geht nur, wenn die Kamera-Software mit dieser Option das Ergebnis als JPEG-Datei auswirft.

Wer im RAW-Format fotografiert und die Entwicklung am PC vornimmt, kann das in jedem Bild individuell steuern und ist nicht auf die Programmierqualitäten der Kamera-Ingenieure angewiesen. Insofern ist die dynamische Pixelkorrektur keine neue Errungenschaft in der Digitalfotografie sondern nur eine Erweiterung aufgrund schnellerer und besserer Prozessoren in der Kamera.

**Technische-Dynamikerweiterung**

Es ist eine alte Weisheit, dass größere Pixel mehr Licht aufnehmen und weniger Rauschen produzieren. Deshalb nutzen einige Hersteller die Methode, bei Anwendung einer Dynamik-Funktion jeweils 2 benachbarte Fotodioden zu vereinen. Wenn der Kamerasensor nominell mit 16 MPix auflöst, dann arbeiten jeweils 2 benachbarte Fotodioden zusammen, um ein gemeinsames Bildpixel zu erzeugen. Wenn darauf die vorher beschriebenen Methoden der dynamischen Pixelkorrektur angewendet werden, ist das Ergebnis auch in den Grenzbereichen noch besser.

Andere Hersteller lösen die Dynamikerweiterung dadurch, dass die Kamera bei entsprechender Voreinstellung hintereinander zwei oder drei Aufnahmen mit unterschiedlicher Belichtungszeit schießt. Dann ist die kürzere Belichtungszeit dafür verantwortlich, dass die Lichter nicht überstrahlt werden und die längere Belichtungszeit holt mehr Zeichnung aus den Tiefen. Die Bilder werden in der Kamera miteinander verrechnet und als Ergebnis in eine JPEG-Datei gespeichert. Das ist eine automatisierte Vorstufe zur HDR-Optimierung.



Das Verrechnungsprinzip aus 3 unterschiedlich belichteten Aufnahmen wird in Bild 4 dargestellt. Die verkürzte Zeit belichtet das SCHWARZFELD korrekt und die überbelichtete Aufnahme lässt das WEISSFELD glänzen. Die besten Elemente der drei Aufnahmen werden zum Ausgangsbild verrechnet.

**HDR-Dynamikerweiterung**

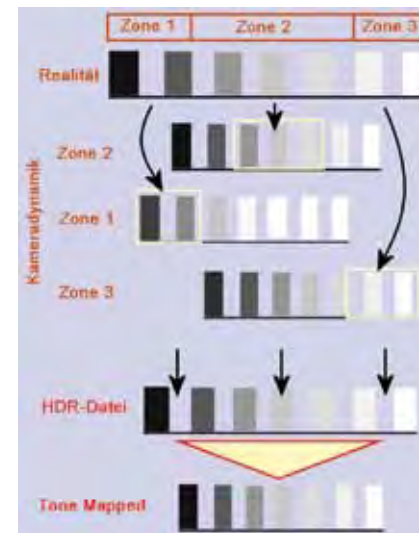
Die sauberste - weil qualitätsmäßig beste Lösung ist die Aufnahme-reihe mit unterschiedlicher Belichtung und Verrechnung der besten Teilmengen. Als Ergebnis wird ein neues Bild zusammengesetzt, das mit der Dynamikgrenze eines Einzelbildes nicht erreichbar wäre. Das Ergebnis ist ebenfalls eine JPEG-Datei, die nach interner Verarbeitung von der Kamera ausgegeben wird. Bild 4 zeigt diesen Ablauf beispielhaft an den Graukarten-Aufnahmen aus Bild 3.

Einige Kameras bieten einen integrierten HDR-Modus, der nicht nur mit geringen Belichtungsunterschieden arbeitet, sondern auch größere Zeitdifferenzen zulässt. Zumindest erlauben fast alle Kameras den Bracketing-Modus, bei dem drei oder mehr Einzelbilder mit unterschiedlicher Belichtungszeit erstellt werden, die nicht in der Kamera, sondern vom Benutzer am PC verarbeitet werden.

**HDR-Dateien**

Eine echte HDR-Datei wird aus mehreren Einzelbildern erstellt, die von einem HDR-Programm verrechnet werden. Diese Datei hat eine Datentiefe von 32-bit. Das sind Helligkeits- und Farbtrennungen, die kein Bildausgabegerät (Monitor, Drucker) anzeigen kann. Bild 5 zeigt beispielhaft die HDR-Anwendung durch Verrechnung mehrerer Aufnahmen. Es sind drei Bilder aufgenommen, die schwerpunktmäßig eine Helligkeitszone bedienen.

Bild 5



Zone 2 (Normalbelichtung) deckt die mittlere Helligkeit korrekt ab, aber Schatten fallen zu früh in Schwarz und Lichter zu früh in Weiß oder werden nicht hell genug.

Zone 1 (Überbelichtung) bringt Struktur in die Schatten, dafür sind hellere Bereiche zu früh überbelichtet weiß.

Zone 3 (Unterbelichtung) bringt Struktur in die Lichter und vermeidet zu frühes Ausbrennen.

Die drei Aufnahmen werden zu einer HDR-Datei verschmolzen. Der rechnerische Dynamikumfang ist fast so groß wie die Realität, aber mit keinem Ausgabegerät darstellbar. Die hohe Dynamik wird durch Tone Mapping wieder auf die von Monitor/Drucker darstellbare Dynamik reduziert.

Das Praxisbeispiel (Bild 6) zeigt eine Aufnahmereihe gegen die untergehende Sonne, die vom HDR-Modul in Photoshop verrechnet wird. Die Schatten werden aufgehellt und die Gebäudefassaden sichtbar. Abweichend zu der überbelichteten Einzelaufnahme bleibt in der HDR-Verrechnung die Farbstimmung der Wolken erhalten.

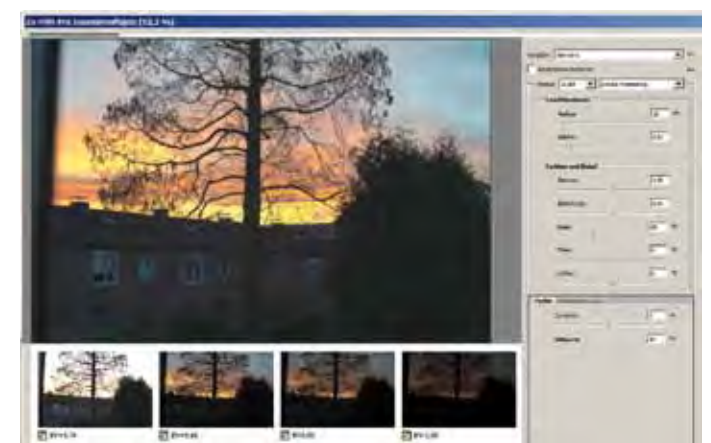


Bild 6

Die HDR-Inhalte können sofort als 32-bit-HDR-Datei gespeichert und wie eine RAW-Datei jederzeit aufgerufen werden, um daraus 16-bit und 8-bit-Belichtungsvarianten zu entwickeln.

Es kann auch direkt in 16-bit konvertiert werden. Dann stehen die verschiedenen Regler zur manuellen Anpassung zur Verfügung. Manche HDR-Programme bieten Tone-Mapping-Vorschläge, die sofort durch Vorschaubilder sichtbar sind.

HDR ist etwas in den Verruf gekommen, ein Modetrend zu sein, um Bilder realitätsfern zu verfremden.

Diese Verfremdungen sind selbstverständlich möglich, wie auch in Bild 7 dargestellt.

Bild 7



Wichtiger sind für mich aber die HDR-Aufnahmen, denen man es nicht ansieht (Bild 6). Es sind die Aufnahmen in einer natürlichen Sichtweise mit zusätzlichen Zeichnungen in den Tiefen und gedämpften Lichtern, die der Fotograf aus einem Einzelbild kaum entwickeln kann.

Deshalb bin ich ein Fan von Bracketing-Serien, aus denen ich bei Bedarf eine HDR-Aufnahme erstellen kann, die der Sehfähigkeit des Auges und seiner adaptiven Dynamik näher kommt.

Experimentieren Sie selbst – ich wünsche Ihnen viel Freude und Erfolg dabei!

Und wenn Sie Fragen haben oder mehr wissen wollen, nehmen Sie ruhig Kontakt zu mir auf. Sie erreichen mich unter [g\\_beier@web.de](mailto:g_beier@web.de).

Ihr  
Georg Beier