

RAW – Bilder

Ein Workshop mit Andreas Raab und Peter Christ

Traubing, 21.04.2012

Agenda

1. Grundlagen und Hintergrundinformationen
 - 1.1. Kamerahardware
 - 1.2. Unterscheidung Dateiformate
 - 1.3. Kamerainterne Bildverarbeitung bei JPEG-Bildern
2. Funktionsweise Lightroom und DXO mit RAW-Bildern
 - 2.1. Was passiert bei der RAW-Bildverarbeitung
 - 2.2. Sinnvolle Ordnerstrukturen / Dateiablage
 - 2.3. Bedienung Lightroom und DXO
3. Praxis
4. Hausaufgaben
5. Quellennachweis

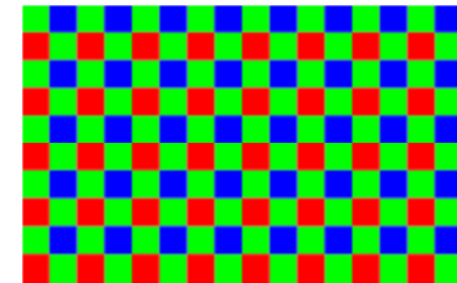
1. Grundlagen und Hintergrundinformationen

1.1. Kamerahardware

Sensor

Als „**Bayer-Sensor**“ bezeichnet man einen Fotosensor, der, ähnlich einem Schachbrett, mit einem Farbfilter überzogen ist, das meist zu 50% aus Grün, und je 25% aus Rot und Blau besteht. Dabei wird berücksichtigt, dass das menschliche Auge auf Grün empfindlicher reagiert als auf andere Farben.

Nach diesem Konzept der „Bayer-Matrix“ (engl. Bayer-Pattern) arbeiten fast alle gebräuchlichen Farbsensoren in den Produkten für den normalen Konsumenten. Das Konzept dieses Sensortyps steht im Gegensatz zum Konzept der Foveon-X3-Direktbildsensoren.



(Bayer-Matrix)

Die lichtempfindlichen Zellen einer einzelnen Fotozelle auf dem Halbleiter können nur Helligkeitswerte erfassen. Um Farbinformationen zu erhalten, wird vor jeder einzelnen Zelle ein winziger Farbfilter in einer der drei Grundfarben Rot, Grün oder Blau aufgebracht. Die Filter sind beispielsweise in den ungeraden Zeilen in der Folge Grün-Rot und in den geraden Zeilen in der Folge Blau-Grün aufgebracht. Jeder Farbpunkt (Pixel) liefert dementsprechend nur Informationen für eine einzige Farbkomponente an dieser Stelle, so dass für ein vollständiges Bild mit denselben Abmessungen die jeweils benachbarten Pixel derselben Farbe zur Farbinterpolation herangezogen werden müssen. Für Grün werden somit 50% der Pixel errechnet, bei Blau und Rot sind es jeweils 75% der Fläche (oder in einer Zeile 50% und in der Folgezeile 100% der Zeile), die durch Berechnung gefüllt werden müssen. Bei der Farbinterpolation geht man davon aus, dass es im Bild zwischen zwei benachbarten Pixeln gleicher Farbe nur zu geringen Farbunterschieden kommt und somit die Grauwerte der Pixel stochastisch nicht unab-

hängig voneinander sind. Dies muss natürlich nicht auf jedes Bildmotiv zutreffen. Daher besitzt der Bayer-Sensor unter der Betrachtung eines Artefakt-freien Bildes streng genommen nur ein Viertel der scheinbaren Auflösung.

Solche Sensoren verfügen außerdem fast immer über weitere Pixel, die sich am Rand der Sensorfläche befinden. Sie sind in der Regel geschwärzt, um damit auch während des Betriebs unter Belichtung das temperaturabhängige Grundrauschen des Sensors bestimmen und rechen-technisch berücksichtigen zu können, so wird z.B. ein Offsetwert für die Auswertung der anderen Pixel geschätzt. Diese Pixel lassen sich auch zur Erkennung von extremer Überbelichtung, beispielsweise durch zu große Integrationszeit (=Belichtungszeit) der Sensorelemente, verwenden. Sie sind für den normalen Kameraanwender jedoch ohne Bedeutung, da der Abgleichvorgang automatisch abläuft und, je nach Modell, schon direkt auf dem Sensor realisiert wird.

Demosaicing

Die erwähnte Interpolation (Demosaicing genannt) kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Einfache Verfahren interpolieren den Farbwert aus den Pixeln gleicher Farbe in der Nachbarschaft. Da dieses Vorgehen vor allem senkrecht zu Kanten problematisch ist, versuchen andere Verfahren, die Interpolation gerade bevorzugt entlang, anstatt senkrecht von Kanten durchzuführen. Wieder andere Algorithmen beruhen auf der Annahme, dass der Farbton einer Fläche im Bild auch bei sich ändernden Lichtverhältnissen relativ konstant ist. Daher wird zuerst der grüne Kanal interpoliert, um danach den roten und den blauen Kanal so zu interpolieren, dass die jeweiligen Farbverhältnisse Rot-Grün beziehungsweise Blau-Grün konstant sind. Es existieren noch weitere Verfahren, die andere Annahmen über den Bildinhalt machen und von diesen ausgehend versuchen, die fehlenden Farbwerte zu berechnen. Mithilfe von 5x5-Matrixfilter wird z.B. ein geglättetes Bild erzeugt, das anschließend nochmals geschärft wird.

1.2. Unterscheidung Dateiformate

Als „**Rohdatenformat**“ (**RAW** oder **Raw**) (engl. raw = roh) bezeichnet man eine Familie von Dateiformaten bei Digitalkameras und digitalen Kinokameras, bei denen die Kamera die Daten nach der Digitalisierung weitgehend ohne Bearbeitung auf das Speichermedium schreibt. Diese Rohdaten werden auch als „digitales Negativ“ bezeichnet, da sie für die Weiterverarbeitung bestimmt sind und noch nicht das eigentliche Endprodukt darstellen. Obwohl sich die grundlegenden Funktionsweisen der digitalen Bildsensoren verschiedener Hersteller und Modelle nicht wesentlich voneinander unterscheiden, hat sich bisher kein Standard ausgebildet, vielmehr existieren zahlreiche unterschiedliche Varianten.

Gebräuchliche Formate zur Bildspeicherung erlauben es häufig nicht, alle Informationen, die der Sensor der Kamera liefert, zu speichern, daher werden andere Formate benötigt. JPEG-Varianten erlauben z. B. pro Farbkanal nur 256 Helligkeitsabstufungen (8 Bit), demgegenüber enthalten Rohdatenformate meist 10, 12 oder 14 Bit an Helligkeitsinformation, was 1.024 bis 16.384 Helligkeitsabstufungen ermöglicht. Aufgrund der Charakteristik des üblicherweise eingesetzten Bayer-Sensors, bei dem vor jedem Bildpunkt ein Filter für eine der drei Grundfarben liegt, ist erst eine aufwendige Interpolation (sogenanntes Demosaicing) notwendig, um bei voller Auflösung die resultierenden Farben zu errechnen.

Die digitalen Rohdaten liegen nach dem Aufnehmen und Speichern in einem proprietären Format vor. Aufbau und Inhalt der Dateien werden von den Kameraherstellern in der Regel nicht offengelegt und können daher prinzipiell nur mit der Software des jeweiligen Herstellers verarbeitet werden. Es existieren jedoch auch Programme von Drittanbietern, die teilweise die Herstellerformate durch Reverse-Engineering entschlüsseln oder entsprechende Verträge mit den Kameraherstellern haben. Aktuelle professionelle Bildbearbeitungssoftware besitzen integrierte Raw-Konverter für das Einlesen von Rohbildern. Adobe bemüht sich, durch ein eigenes Format einen herstellerübergreifenden Standard zu etablieren.

Die Rohdaten werden zum Teil um weitere Daten ergänzt, wie z. B. Exif-Daten oder Vorschaubilder als JPEG, die kameraintern oder am Computer für die Bildkontrolle benutzt werden können.

Gegenüberstellung RAW und JPEG-Format:

	RAW	JPEG
Flexibilität	<p>Die rein kameraseitig zu beachtenden Bildparameter sind lediglich Blende, Belichtungszeit sowie Lichtempfindlichkeit.</p> <p>Alle anderen Parameter können später im Zug der Raw-Konvertierung beliebig gewählt werden, darunter auch der verwendete Interpolations-Algorithmus.</p>	<p>Zusätzlich sind vom Fotografen technische Aspekte und Vorverarbeitungsschritte zu berücksichtigen, wie z.B. Weißabgleich, Farbsättigung bzw. angewandter Farbfilter (für Schwarz-Weiß-Fotografie), Farbraum, Kontrast, Schärfe, Rauschunterdrückung, gewählte Sensorauflösung und JPEG-Kompressionsrate sowie individuelle Korrekturen (z. B. von Hauttönen).</p> <p>Eine nachträgliche Korrektur mit Bildbearbeitungsprogrammen ist auch an vorverarbeiteten JPEG-Bildern möglich, jedoch Grenzen unterworfen und stets mit Verlusten an Bildinformation und -details verbunden. Die von einer Bayer-Kamera verwendete Interpolation ist nachträglich nicht mehr änderbar.</p>

Bildqualität	<p>Durch Speicherung der (uninterpolierten) Sensordaten mit 10, 12, oder 14 Bit pro Pixel ist ein größerer Dynamikumfang und eine genauere Helligkeitsauflösung gegeben. Auch die Werte nicht zu sehr unter- oder überbelichteter Bildbereiche sind meist noch in nutzbarer Form vorhanden. Sämtliche vom Bildsensor erfassten Details bleiben vollständig erhalten.</p>	<p>Nur 8 Bit pro Pixel (und Farbkanal) bedeuten durchschnittlich nur etwa 7 Blendenstufen an Dynamik, mehr als nur marginal unter- oder überbelichtete Bildbereiche sind damit nicht mehr darstellbar. Zusätzlich erzeugt die stets verlustbehaftete Kompression, neben dem Verlust an Bilddetails, besonders in kontrastschwachen Arealen typische DCT-Artefakte, deren Verstärkung (z. B. durch Curves oder Unschärfmaskieren) bei folgenden Nachbearbeitungsschritten berücksichtigt und vermieden werden muss.</p>
Dateigröße	<p>Die Dateien sind, trotz angewandter Kompressionsverfahren, wegen ihres Informationsgehaltes oft sehr viel größer als ihre JPEG-Äquivalente, zumal sie bei den meisten Herstellern neben den Rohdaten noch zusätzlich das von der Kamera generierte JPEG-Bild als Vorschau enthalten.</p> <p>Man benötigt also große Speichermedien, um bei hochauflösenden Kameras mehr als nur wenige hundert Bilder abzulegen. Das Schreiben der Dateien dauert prinzipiell immer wesentlich länger, so dass ein großer kamerainterner Puffer sowie eine hohe Schreibgeschwindigkeit (z.B. via UDMA) vonnöten</p>	<p>Auch bei Kameras mit hoher Pixelzahl und geringer JPEG-Kompression sind die Dateien trotz guter Qualität üblicherweise nur wenige Megabyte groß und können z. B. problemlos per Mail oder MMS verschickt werden.</p> <p>Selbst Speicherkarten nur mittlerer Größe fassen mehrere hundert bis (bei stärkerer Kompression) einige tausend Bilder. Wegen der geringen Datenmenge und des sehr viel länger reichenden Kamera-puffers spielt die Schreibgeschwindigkeit keine so herausragende Rolle, und auch langsamere Karten können im Serienbildmodus länger mit der Kamera</p>

	sind, um im Raw-Modus eine akzeptable Serienbildgeschwindigkeit zu erreichen und über längere Zeit aufrechtzuerhalten.	„mithalten“. Entscheidend ist hier die Geschwindigkeit des kamerainternen Prozessors.
Kompatibilität	Die Rohformate der einzelnen Hersteller unterscheiden sich voneinander und sind nicht kompatibel. Auch innerhalb einer Modellreihe gibt es Unterschiede und Abweichungen. Daher ist spezielle Raw-Konverter-Software, entweder einzeln oder als Plugin in ein anderes Programm integriert, für die Verwendung notwendig. Auch wenn derzeit (Stand Mai 2010) die meisten dieser Programme mit fast allen am Markt befindlichen Rohdatenformaten umgehen können, gibt es keine Garantie, dass dies jederzeit so bleiben wird. Ein Ausweg wäre die Verwendung eines dokumentierten, einheitlichen und herstellerunabhängigen Speicherformates (z.B. Adobes Digital Negative), ein anderer die vollständige und frei zugängliche Dokumentation der Rohdatenformate durch die jeweiligen Hersteller.	Praktisch alle vorhandenen Bildbearbeitungs- und Bildverarbeitungs-Programme unterstützen den offenen JPEG-Standard und können die Dateien sowohl lesen als auch schreiben, unabhängig von ihrer Herkunft.

<p>Nachbearbeitung</p>	<p>Die Rohdaten müssen stets nachverarbeitet werden, um angezeigt oder bearbeitet zu werden. Der Hauptschritt (bei Bayer-Daten), die Interpolation bzw. das Auflösen des Mosaik-Musters, sowie die Rauschunterdrückung kann dabei bedeutend mehr Zeit in Anspruch nehmen, als die darauf optimierten kamerainternen Bildsignalprozessoren für den gleichen Schritt brauchen.</p> <p>Ausgefeilte Software-Interpolationsalgorithmen sowie eine oft mehrstufige Wavelet- oder Motivbasierte Rauschunterdrückung bedingen durch die in 16-Bit-Ganzzahlen oder Fließkomma durchgeführten Berechnungen eine hohe Systemlast und einen beträchtlichen Speicherbedarf, der z. B. von Low-End-Systemen nicht befriedigend gedeckt werden kann. Die Interpolationen und Rauschunterdrückungsalgorithmen, die in der Kamera ablaufen, sind jedoch auch auf selbigen ausreichend schnell.</p>	<p>Bedingt durch den Kompromiss, den die Hersteller eingehen müssen, um die Interpolation schnell genug und doch mit akzeptabler Qualität durchzuführen, kommt es an den Rändern zu Problemen bzw. Abschneideeffekten, weswegen nachträglich konvertierte Rohbilder unter Umständen größere Bilddimensionen aufweisen.</p> <p>Eine verlustfreie Nachbearbeitung ist möglich, jedoch auf bestimmte Vorgänge begrenzt (Rotieren um ein Vielfaches von 90° sowie Zuschneiden um ein Vielfaches von 16 Pixeln). Bei allen anderen Veränderungen tritt ein Generationenschwund auf, da JPEG eine verlustbehaftete Kompression verwendet. Als Speicherformat ist es daher während der Nachbearbeitung ungeeignet, und es muss auf ein anderes Format (z.B. PNG) zurückgegriffen werden, wenn die Dateien nicht nur vom jeweils verwendeten Bildbearbeitungsprogramm zu lesen sein sollen.</p> <p>Die Nachbearbeitung stellt keine wesentlichen Ansprüche an Rechenzeit und Speicherausbau und kann z.B. auch auf mobilen oder eingebetteten ("embedded") Systemen mit nur begrenzten Systemressourcen erfolgen.</p>
-------------------------------	--	---

1.3. Kamerainterne Bildverarbeitung bei JPEG-Bildern

Aufgrund der Architektur der Bildaufnahme ist zwangsläufig eine Interpolation der Farb- und Helligkeitswerte (sog. *Demosaicing*) notwendig um ein Bild anzeigen zu können. Diese Berechnung und eine Reihe von weiteren Bild verändernden Verarbeitungsprozessen wie das Bestimmen des Weißabgleich, Erhöhung der Farbsättigung, Anheben des Kontrasts, Durchführung einer Tonwertkorrektur, Filterung (die u.a. eine Rauschreduktion bewirken kann), Verbesserung des Schärfeeindrucks und ggf. eine verlustbehaftete Komprimierung übernimmt die Kameraelektronik und die Firmware der Kamera, wenn direkt auf die Speicherkarte eine JPEG-Bilddatei (oder ein vergleichbares Dateiformat) gespeichert werden soll).

2. Funktionsweise Lightroom und DXO mit RAW-Bildern

2.1. Was passiert bei der RAW-Bildverarbeitung

RAW-Bilder bleiben im Original erhalten, die Ursprungsdatei wird nicht angetastet. Sämtliche Einstellungen werden in einer separaten „Einstellungsdatei“ gespeichert. Die Anwendung der Einstellungen findet erst beim finalen Export statt.

Vorteil: jede Änderung ist beliebig umkehrbar!

Jedes Bild ist individuell behandelbar. Dennoch können Einstellungsvorgaben als „Preset“ gespeichert werden und damit auf eine Vielzahl von Bildern gleichzeitig angewendet werden.

2.2. Sinnvolle Ordnerstrukturen / Dateiablage

Empfehlenswert ist eine chronologische Ablage der Bilddateien. Die Organisation der Dateien könnte wie folgt aussehen:

Ordnerstruktur:	Dateien im Ordner „201202 Winterbilder Kustermann Park“:			
<ul style="list-style-type: none"> 📁 Eigene Bilder <ul style="list-style-type: none"> 📁 2000 und vorher 📁 2001 📁 2002 📁 2003 📁 2004 📁 2005 📁 2006 📁 2007 📁 2008 📁 2009 📁 2010 📁 2011 📁 2012 <ul style="list-style-type: none"> 📁 2012 Ausbelichtung 📁 2012 Temp 📁 201202 Achensee 📁 201202 Faschingsdienstag Starnberg 📁 201202 HDR Percha 📁 201202 Winterbilder Kustermann Park 📁 201203 BMW-Welt 	<ul style="list-style-type: none"> 📄 201202_MG_1323 10.03.2012 17:15 CR2-Datei 17.019 KB 📄 201202_MG_1324 10.03.2012 17:18 CR2-Datei 16.884 KB 📄 201202_MG_1329 10.03.2012 17:20 CR2-Datei 19.038 KB 📄 201202_MG_1331 10.03.2012 17:25 CR2-Datei 17.183 KB 📄 201202_MG_1332 10.03.2012 17:29 CR2-Datei 19.954 KB 📄 201202_MG_1333 10.03.2012 17:29 CR2-Datei 18.389 KB 📄 201202_MG_1334 10.03.2012 17:30 CR2-Datei 17.703 KB 📄 201202_MG_1336 10.03.2012 17:31 CR2-Datei 18.579 KB 			

2.3. Bedienung Lightroom und DXO

Vorstellung der beiden Programme:

- Welche Reiter gibt es
- Import und Organisation der Bilder
- Bearbeitung der Bilder
 - a) Weißabgleich
 - b) Belichtung
 - c) Horizont
 - d) Zuschritt
 - e) Schärfen
 - f) Vignettierung
- Export / Entwicklung / Ziel

3. Praxis

Umsetzung der einzelnen Schritte mit eigenen Bildern

4. Hausaufgaben

Was ist zu tun, um das heute gelernte nicht zu vergessen!

5. Quellennachweis

1.1 Kamerahardware (<http://de.wikipedia.org/wiki/Bayer-Sensor>)

1.2 Unterscheidung Dateiformate ([http://de.wikipedia.org/wiki/Rohdatenformat_\(Fotografie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Rohdatenformat_(Fotografie)))

1.3 Kamerainterne Bildverarbeitung bei JPEG-Bildern (http://de.wikipedia.org/wiki/Digitalfotografie#Kamerainterne_Bildverarbeitung)