

# Welche Bilddaten für die Ausgabe?

5824×3883 px

16 Bit

129 MB

5824×3883 px

8 Bit

64,7 MB

Bild aus einem APS-C-Sensor, Fujifilm X-T30. Links vom Strich ist das Bild mit 16 Bit verarbeitet, rechts von Strich mit 8 Bit. Die beiden Bilder wurden in RGB belassen und als PSD-Datei importiert. Die Qualität ist nicht zu unterscheiden, die Dateigrösse ist bei 8 Bit jedoch nur halb so gross.

## Teil 1 – Kamera und Bearbeitungsprozess

Die Qualität der Bildwiedergabe hängt von einigen Faktoren ab. In diesem Beitrag möchte ich Bilddaten im Zusammenhang mit der Wiedergabetechnik beleuchten.

### Ralf Turtschi

Um Klarheit über die technischen Grundlagen zu erlangen, sollten wir zwischen den Eingabesystemen (Digitalkameras), und den Ausgabesystemen (Print/Screen) unterscheiden. Jedes Foto durchläuft immer die drei Schritte Erfassung, Bearbeitung und Ausgabe. Je nachdem, wie diese drei Schritte ausgelegt sind, wird ein Foto so oder so aussehen. Für die Betrachter/-innen ist es vollkommen unerheblich, wie ein Bild entstanden ist. Das Foto wird nie

mit denselben Augen interpretiert, mit denen es erschaffen wurde. Die oft angestrebte Faksimilereproduktion (Reproduktion *genau gleich* wie die Szene) ist eine Mär. Das Ziel ist, die Unterschiede zwischen Originalszene und Reproduktion möglichst klein zu halten. Eine 1:1-Reproduktion kann es schon deshalb nicht geben, weil RGB-Farben der Kamera mit CMYK-Farben im Druck nicht vollständig abgebildet werden können. Ich spreche hier ausschliesslich aus der technischen Sichtweise, wohl wissend, dass gestalterische Komponenten bei der Wirkungsweise von Fotos im Vordergrund stehen.

Technisch gesehen sind Fotos eine Aneinanderreihung von Pixeln, die einen bestimmten digitalen Farbwert aufweisen. Ein Pixel ist die kleinste digital darstellbare Einheit, in Form eines Quadrates. Der Farbwert wird in den drei Kanälen RGB (Rot,

Grün, Blau) definiert. Jeder Kanal wird in einer bestimmten Bit-Tiefe adressiert, standardmässig sind pro Kanal 256 Abstufungen vorgesehen. Die RGB-Werte sind von 0 bis 255 abgestuft. 0 repräsentiert die dunkelste Stufe in diesem Kanal, 255 die hellste. Von 0 bis 255 werden alle Tonwertstufen definiert, man spricht auch von Tonwertumfang oder Dynamikumfang. Die Mischung der drei Farbkanäle RGB ergibt den Farbton, wie er auf dem Screen zu sehen ist. Digital gesehen entsprechen 256 Stufen 8 Bit, das heisst  $2^8$  ( $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ ). Alle Ausgabesysteme wie der Offsetdruck oder auch Printsysteme wie Foto-/Tintenstrahldrucker oder Beamer, Screens, Handys, Tablets usw. bedienen sich dieser Bit-Tiefe. Die digital adressierbaren Farben summieren sich somit auf  $256 \times 256 \times 256$  Farben, was zu 16,7 Millionen Farbadressen führt.



**Ralf Turtschi** ist Inhaber der R. Turtschi AG, visuelle Kommunikation, 8800 Thalwil. Der Autor ist als Journalist und Fotoreporter für die Gewerbezeitung, unteres linkes Zürichseeufer und Sihltal, unterwegs. Er ist als Dozent beim zB. Zentrum Bildung, Baden, tätig, wo er im Diplomlehrgang Fotografie der Masterclass Fotografie und an der Höheren Fachschule für Fotografie unterrichtet. Kontakt: [agenturtschi.ch](mailto:agenturtschi.ch), [turtschi@agenturtschi.ch](mailto:turtschi@agenturtschi.ch), Telefon +41 43 388 50 00.

Nun gibt es Kameras, die mit 10 Bit, 12 Bit oder noch mehr Bit arbeiten können. Auch Photoshop lässt die Möglichkeit offen, mit 8 Bit, 16 Bit oder 32 Bit zu arbeiten. Was bedeutet es, wenn ich mit 10 Bit fotografiere? 10 Bit erzeugen pro Kanal  $2^{10}$  Farbadressen, also 1024 digitale Tonwertstufen, was in allen drei Kanälen über eine Milliarde Farbabstufungen ergibt – theoretisch. Die Frage drängt sich auf, ob der menschliche Sehsinn überhaupt dafür gemacht ist, diese Farbflut zu verarbeiten. Ich kann mir nicht vorstellen, wie die Forschung herausfinden sollte, wie viele Farbtöne ein Mensch überhaupt unterscheiden kann. Aus Erfahrung weiss ich, dass der Sehsinn im Alter nachlässt. Die Medizin berichtet über Farbfähigkeit von nicht wenigen Menschen, die unterschiedlich ausgeprägt sein kann. Man hört und liest immer wieder Zahlen, eine davon spricht von ungefähr

einer Million Farbnuancen, die Menschen auseinanderhalten können. Digital gesehen wären dies etwa 6 bis 7 Bit. Ich selbst bin etwas skeptisch bei solchen Zahlen. Wenn ich den Graukeil auf der übernächsten Seite betrachte, der 256 Töne von Weiss bis Schwarz (ohne Farben) wiedergibt, kann ich mir schlicht nicht ganz vorstellen, dass wir 4000-mal mehr Tonwerte zu unterscheiden in der Lage sind. Was dann einer Million Farben entsprechen würde.

**Sensorgrossen**

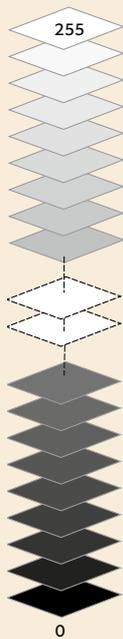
Jede Kamera hat einen Bildsensor, der in der Lage ist, das farbige Licht digital aufzuschlüsseln und die Daten als Pixel auf die interne Speicherkarte aufzuzeichnen. Sensoren bestehen aus farbpfindlichen Zellen, die den Rot-, Grün- und Blauanteil des einfallenden Lichtes auseinanderdividieren können. Ein Vollformatsensor hat

etwa die Grösse des früheren Kleinbildformates, 36×24 mm. Die nächst kleinere Sensorgrösse ist etwas halb so gross und nennt sich im Fachjargon APS-C. Kompaktkameras oder auch Handys haben noch kleinere Sensoren. Je kleiner die Sensoren, desto weniger Pixel können sie aufzeichnen. Während Vollformatsensoren mehr als 40 Megapixel aufzeichnen können, erzeugt ein iPhone 11 oder ein ähnliches Handy nur ungefähr 12 Megapixel, also dreimal weniger. Es ist klar, dass mit einer Vollformatkamera ein deutlich detailreicheres Bild entsteht, als es mit dem Handy möglich ist.

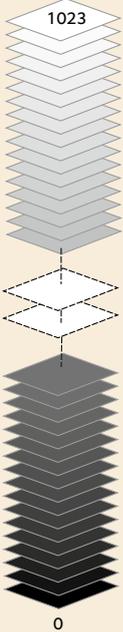
Ein anderer Faktor ist die Bauweise der Sensoren, die mit Sensordichte bezeichnet werden kann. Die lichtempfindlichen Zellen (Bayer-Matrix, s. Abb. nächste Seite) sind nämlich nicht immer gleich gross, sodass es möglich ist, aus der «gleichen»

**Modellhafte Darstellung der Bit-Tiefe**

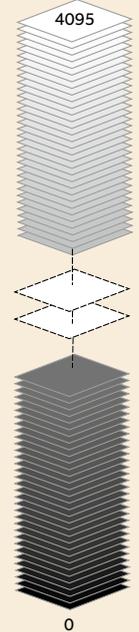
8 Bit =  $2^8$  = 256



10 Bit =  $2^{10}$  = 1024

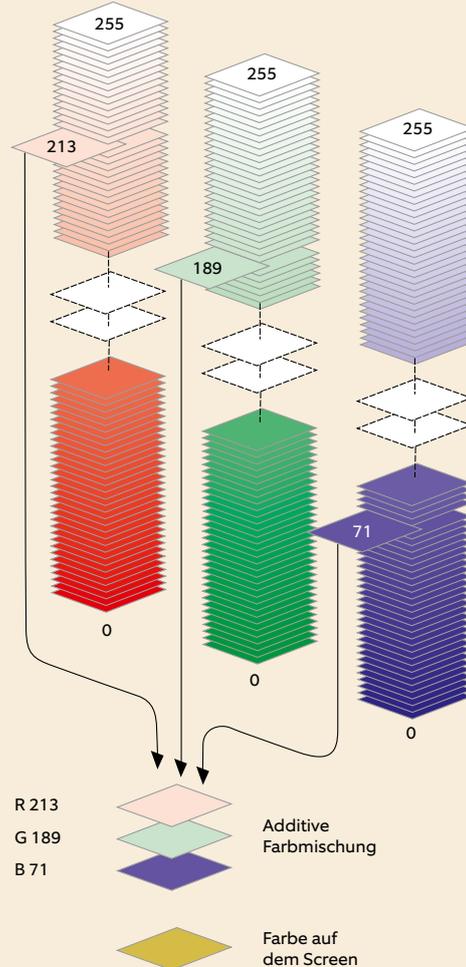


12 Bit =  $2^{12}$  = 4096



**Darstellung in einem Kanal, schwarz- Weiss**

Die Tonwertabstufungen werden digital adressiert, das heisst, jedes Pixel kann 256 Tonwerte von 0 bis 255 annehmen, was  $2^8$ , oder eben 8 Bit entspricht. In der mittleren Darstellung ist bei 10 Bit die Abstufung feiner, hier sind 1024 Stufen adressierbar. Rechts sind bei 12 Bit sogar 4096 Stufen abbildbar. Die digitale Adressierung sagt nichts aus über die Wahrnehmung, darüber, ob wir diese Abstufungen tatsächlich unterscheiden können.



**Darstellung in drei Kanälen, RGB**

Ein Bild wird auf dem Bildschirm in den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau dargestellt. Jede Farbe kann von Weiss (gar keine Farbe = Wert 255) bis zur Vollfarbe (Wert 0) abgestuft werden. In dieser Darstellung werden der R-Wert 213, der G-Wert 189 und der B-Wert 71 miteinander verrechnet, was in der additiven Farbmischung zu einer wahrnehmbaren Farbe auf dem Bildschirm führt.

Kamera rund 40 Megapixel oder nur rund 20 aufzuzeichnen, wie es bei der Nikon Z7 und Z6 oder der Canon R6 und R5 der Fall ist.

### Vom Sensor zu Photoshop

Wenn wir Fotos von der Kamera auf den Computer importieren, sehen wir bei entsprechender Vergrößerung in Photoshop die einzelnen Pixel. Unter Bildgrösse erfahren wir Breite und Höhe des Fotos, gemessen in Pixeln (px). Zum Beispiel lesen wir  $5472 \times 3648$  Pixel, was  $19,96$  – rund  $20$  – Megapixeln entspricht.

Als Masseinheit für Bilddaten gilt ppi (pixel per inch). ppi hat nichts zu tun mit dem Wert dpi (dots per inch), der für Ausgabesysteme steht und dort für die Wiedergabe-feinheit bezeichnet.

300 ppi ist eine Wertgrösse im Druck. 300 ppi bedeutet, dass ein Bild 300 Pixel pro Inch aufweisen sollte, um eine gute Druckqualität zu erreichen. Diese Zahl gründet auf der früheren Forderung, dass bei einem 60er-Raster (= 60 Rasterpunkte/cm) doppelt so viele Pixel vorhanden sein sollten, um davon im Raster-Image-Prozessor (RIP) Rasterpunkte aufbauen zu können, also 120 Pixel pro Zentimeter. Umgerechnet auf Inch ergeben sich 2,54-mal mehr Pixel, nämlich 304,8. Abgerundet spricht man deswegen immer von 300 ppi, die ein Bild aufweisen sollte. In Bildver-

arbeitungssoftwares können die Dimensionen, zum Beispiel  $4032 \times 3024$  Pixel von einem iPhone 11 Pro und die Auflösung in ppi direkt eingegeben oder ausgelesen werden. Daraus kannst du die Druckgrösse ableiten, wenn du die Breite und Höhe geteilt durch 120 rechnest.  $4032 \text{ Pixel} : 120 = 33,6 \text{ cm}$ .  $3024 \text{ Pixel} : 120 = 25,2 \text{ cm}$ . Das 12-Megapixel-Bild des Handys lässt sich also im Offset- oder Digitaldruck in einer Grösse von  $33,6 \times 25,2 \text{ cm}$  drucken, sodass das Bild eine optimale Auflösung von 300 ppi aufweist. Obwohl heute inzwischen der feinere 80er-Raster als Standard gebräuchlich ist, hat sich in der Theorie nichts geändert. 300 ppi gelten immer noch als optimale Auflösung im Offset- und Digitaldruck, sogar im Tintenstrahl-Druck. Die Hälfte davon, 150 ppi, gilt als unterste Schwelle, bevor sichtbare Qualitätseinbußen auftreten.

### Das Arbeiten mit Ebenen

Eine hohe Auflösung wirkt sich grundsätzlich nie nachteilig auf die Bildqualität aus. Es ist unbestritten ein Vorteil, einen Eisvogel aus 10 Metern mit einem 200er-Teleobjektiv zu fotografieren und nachträglich das Bild so zuzuschneiden, dass der Vogel bildfüllend erscheint – ohne dadurch an Schärfe zu verlieren.

Ein anderer Aspekt hingegen wirkt sich nachteilig aus. Ein 45-Megapixel-Bild einer

Vollformatkamera hat in Photoshop nicht etwa die Dateigrösse von 45 MByte. Es ist vielmehr rund 250 MByte gross. Megapixel dürfen nicht mit Megabyte gleichgesetzt werden. In Photoshop oder anderen Bildverarbeitungsprogrammen ist es üblich, mit Ebenen zu arbeiten. Wenn nun eine einzelne Ebene 250 MByte gross ist, wird eine Photoshopdatei aus vier Ebenen rund zwei Terabyte gross sein. Diese unglaubliche Grösse wird so manchen Desktop-Rechner zur Schnecke machen oder in die Knie zwingen. Photoshop selbst speichert bis zu einer Grösse von zwei Terabyte. Darüber hinaus gehts so: Menü *Speichern unter* > *Grosses Dokumentformat*.

Bei Focus Stacking, Astrofotografie und vielen anderen Prozessen sind Ebenen zwingend. Da sollte man sich im Voraus überlegen, in welchem Format und welchem Ausgabekanal (Screen/Print) das Bild zu sehen sein wird. Es ist wenig sinnvoll, die Kamera und Photoshop im Modus «höchste Qualitätsstufe» arbeiten zu lassen, aber das gerechnete Resultat daraufhin im Internet zu teilen.

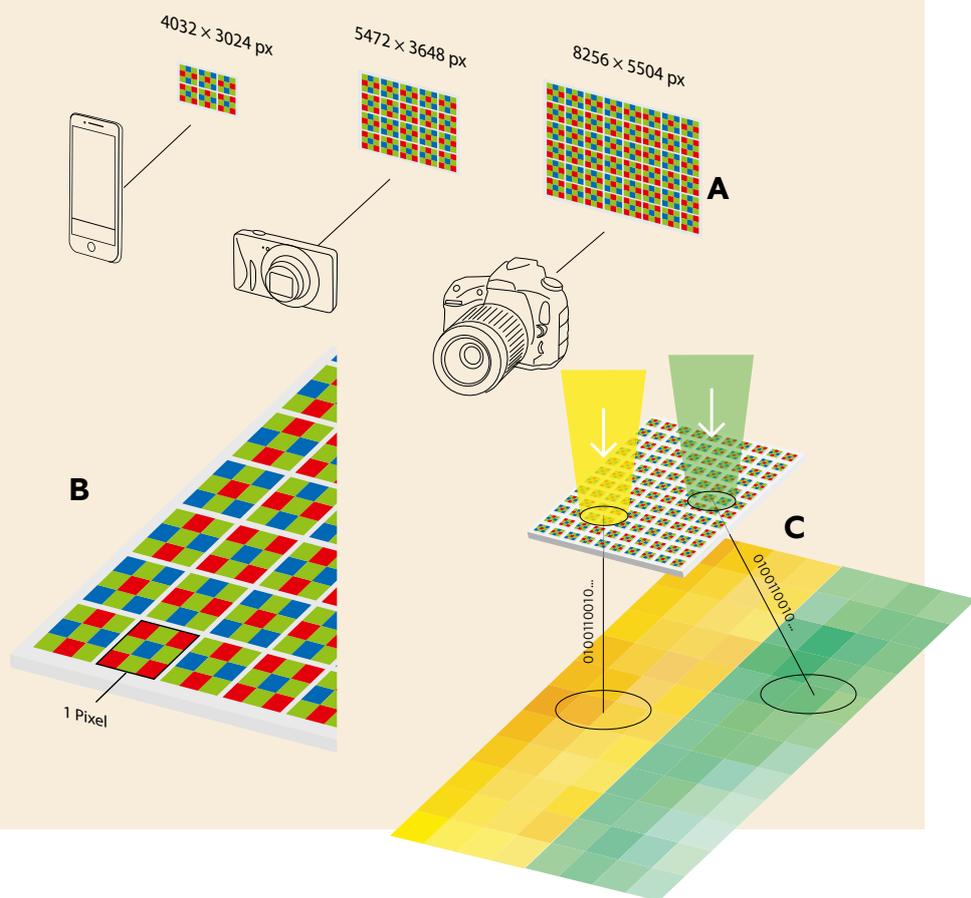
In der nächsten Ausgabe folgen Informationen rund um die Datenausgabe und Druckraster. ←

## Was leistet der Bildsensor?

Jede Kamera hat je nach Baugrösse einen Bildsensor, der eine Anzahl Pixel aufzeichnen kann (A). Ein Handy kann deshalb weniger Pixel aufzeichnen, als dies eine Kompaktkamera oder eine Profikamera tut. Die lichtempfindlichen Fotozellen auf dem Sensor trennen die eintreffenden Lichtstrahlen mittels Farbfilter in die Grundfarben RGB auf. Je mehr Fotozellen auf den Bildsensor gepackt werden, desto feiner ist das Auflösungsvermögen.

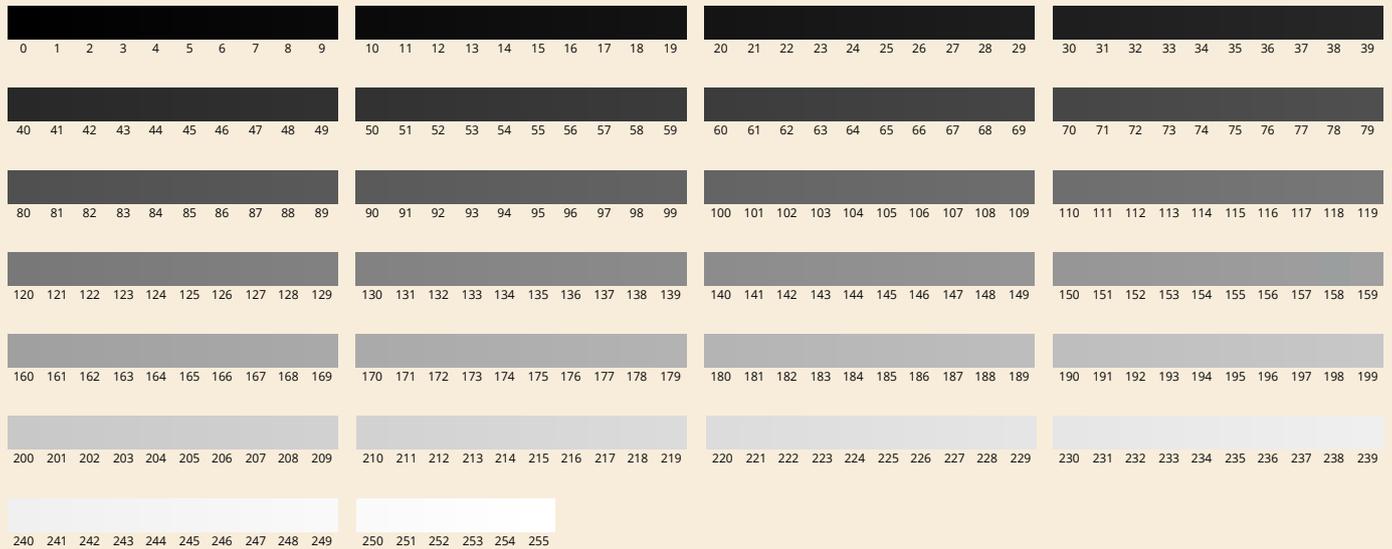
Die Zellen sind mit der sogenannten Bayer-Matrix (B) aufgebaut. Der Grünanteil in den Zellen ist 50%, während der Rot- und der Blauanteil je 25% ausmachen. Der Grünanteil im Licht ist für das menschliche Sehvermögen wesentlich für Helligkeit, Kontrast und Schärfe verantwortlich.

Das Licht fällt nun durch die Optik auf den Bildsensor mit seinen Bayer-Fotozellen. Die Farb- und Helligkeitswerte werden durch jede Zelle digital in einen RGB-Wert umgewandelt, letztlich ist es eine Reihe von Einsen und Nullen, die jeder Pixel als Farbadresse erhält (C). Eine 45-Megapixel-Kamera zeichnet so bei jedem Bild 45 Millionen Informationen auf die Speicherkarte. Dabei gibt es für jedes einzelne Pixel bei 8 Bit 16,7 Millionen Möglichkeiten, die Farbadresse festzulegen. Bei 12 Bit sind es 86,7 Milliarden Möglichkeiten – und dies pro Pixel. Eine unglaubliche Rechenleistung.

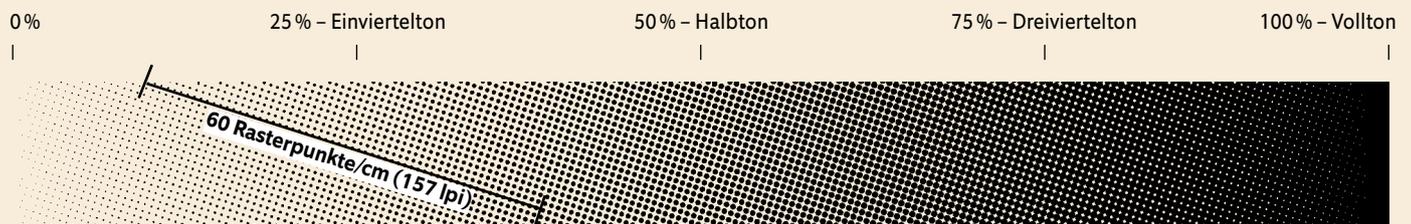


## Sind 8 Bit genug oder braucht es feinere Abstufungen?

In diesem Grauverlauf sind 256 Tonwertabstufungen adressiert. Wir haben es also mit einer 8-Bit-Adressierung zu tun. Auf dem Bildschirm sind kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Stufen sichtbar. Wenn diese Graustufen durch den RIP prozessiert und in Rasterpunkte umgewandelt werden, wird das Ergebnis so wie hier dargestellt aussehen. Je nach Farbgebung im Druckbogen ist im Offsetdruck mit unterschiedlichen Ergebnissen zu rechnen. Es stellt sich die Frage nach der Bit-Tiefe: Ist es sinnvoll, in der Kamera oder in Photoshop mit mehr als 8 Bit zu operieren, wenn die Drucktechnik und das Auge nicht in der Lage sind, mehr als 8 Bit darzustellen beziehungsweise zu sehen?



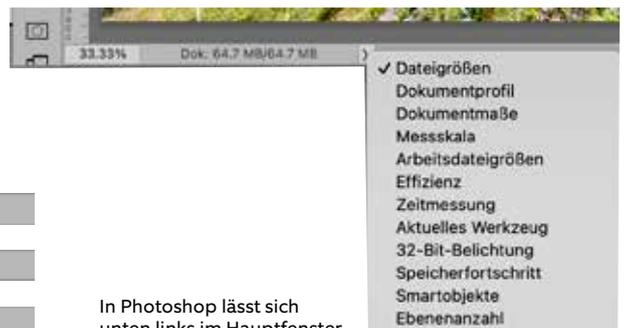
## Tonwertverlauf im Druck mit Rasterpunkten



Tonwertabstufungen in einem Rasterverlauf dargestellt. Im Druck wird der Tonwert mit einer Prozentzahl ausgedrückt, die die integrale Flächendeckung meint. 0% bedeutet Weiss (nichts), 100% bedeutet vollflächiges Schwarz, 50% heisst, dass der Anteil von bedruckter und unbedruckter Fläche hälftig ist. Der kleinste druckbare Punkt liegt in den hellsten Partien bei ungefähr 3% oder im dunklen Bereich bei 97%. Die Darstellung hier ist fast zehnmal vergrössert. Heute kann man problemlos auch feiner drucken, das heisst mit einem 80er-Raster oder noch feiner. An der Berechnung der Auflösung hat sich aber nichts geändert.



Dok: 59.1 MB/59.1 MB  
 Dok: 118.3 MB/118.3 MB  
 Dok: 236.5 MB/236.5 MB



In Photoshop lässt sich unten links im Hauptfenster die Dateigrösse anzeigen. Klicke dazu auf das Rechtspfeilsymbol, um das Pop-up-Menü aufzuklappen.

Mit der Bit-Tiefe vergrössert sich automatisch die Dateigrösse. Hier ein Foto, welches mit einem APS-C-Sensor aufgezichnet wurde.