FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

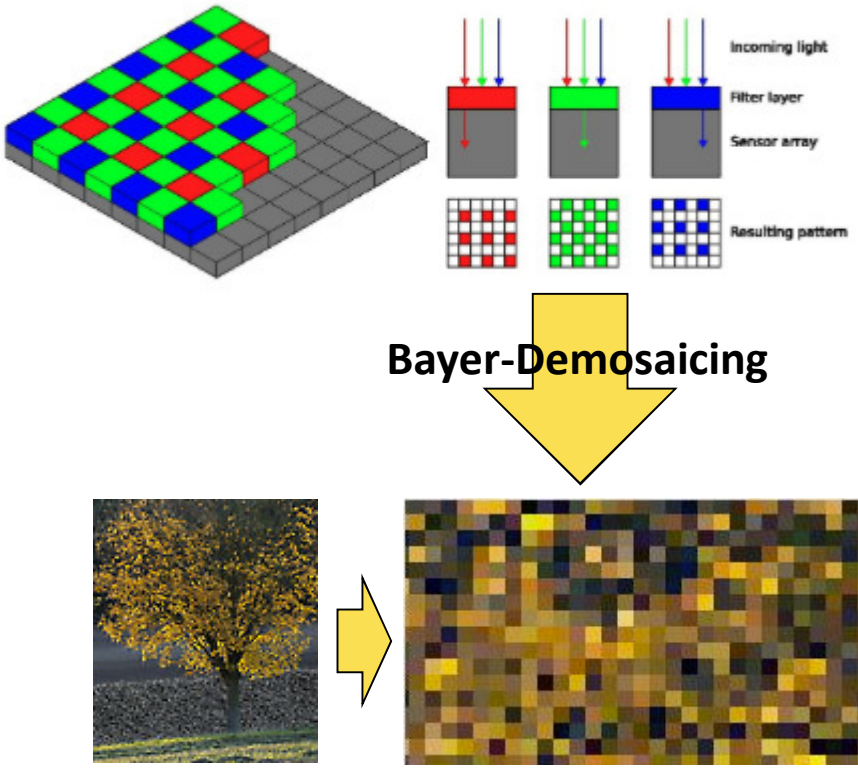
Wieviel Pixel werden für welche Bildgröße benötigt?

FAT Fotoamateure

Fotoamateure Teningen e.V.

! Pixel ist nicht gleich Pixel !

Bei einem Kamera-Sensor (ein Bayer-Mosaik-Sensor) sind die Pixel in einem Raster angeordnet, wobei jeder **Pixel entweder für eine der additiven Grund-farben Rot, Grün oder Blau sensibilisiert** ist.



Bei RGB-Bildern werden die **Pixel in einer Bild-Datei als Mischungen der additiven Grundfarben (Rot, Grün, Blau)** gespeichert. Jeder Pixelwert wird normalerweise durch drei Kanäle repräsentiert, die die Intensitäten der einzelnen Grundfarben angeben. Die Kombination dieser Intensitäten bestimmt die Farbe des Pixels.

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Demosaicing

Die Umsetzung eines Pixels vom Kamera-Sensor auf ein Pixel in einer Bilddatei erfolgt durch einen Prozess, der als Demosaicing oder Bayer-Demosaicing bezeichnet wird.

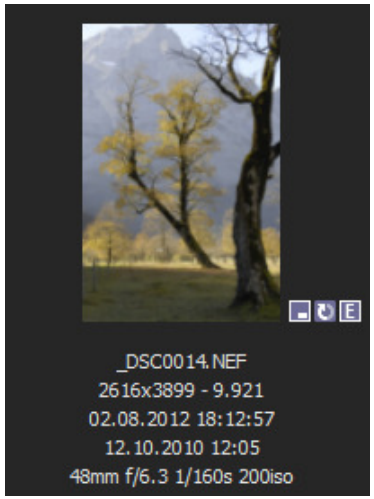
Um ein vollständiges Farbbild zu erzeugen, muss das Demosaicing-Verfahren die fehlenden Farbinformationen für jedes Pixel interpolieren. Dies geschieht durch Berechnungen, bei denen die Farbwerte der umliegenden Pixel berücksichtigt werden. Durch diesen Prozess werden für jedes Pixel in der resultierenden Bilddatei vollständige RGB-Werte erzeugt, so dass ein Farbbild Durch die Interpolation der Farbinformationen aus dem Bayer-Mosaik wird die Farbe und Detailtreue des endgültigen Bildes bestimmt.

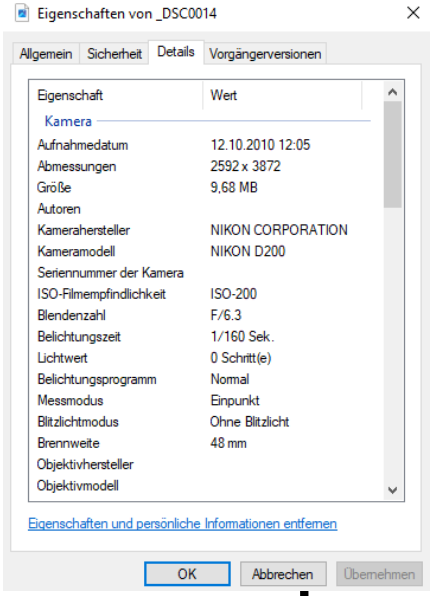
Wenn die Kamera eine RAW-Datei mit maximaler Bildgröße und ohne jegliche Kompression aufzeichnet, dann wird die Pixelanzahl der Bilddatei in der Regel der Anzahl der Pixel auf dem Kamera-Sensor entsprechen.

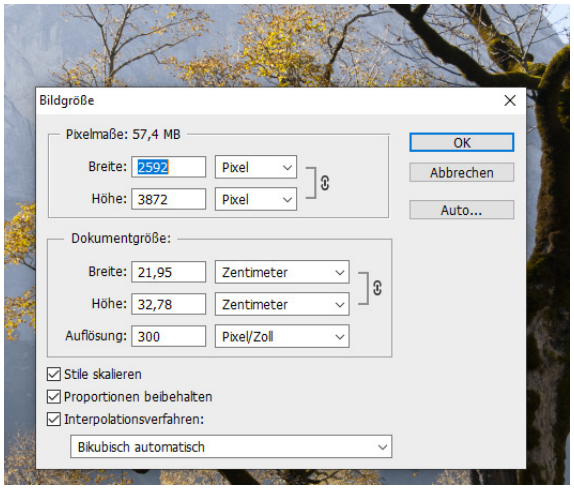
FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Beispiel Nikon D200 (techn. Datenblatt):

Sensor-Spezifikation: **10,9** Megapixel (physikalisch) und **10,2** MP (effektiv)
Max. Fotoauflösung: 3.872 x 2.592 (3:2) = **10.036.224 (!)**







Pixel-Anzahl RAW-Datei in XnViewMP: 2616 x 3899 = **10.2** MP

Pixel-Anzahl in Explorer und in Photoshop: 2592 x 3872 = **10.0** MP

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Bildgröße => auf welchem Medium soll das Bild präsentiert werden?

1. Bildschirme (Computer, Tablets, Smartphone, …)

2. Ausbelichtung (Saal digital, CEWE, Whitewall, …)

3. Drucken (Tintenstrahldruck, Thermosublimationsdruck, Laserdruck, …, die auch bei Dienstleistern (wie unter 2.) bestellt werden können)

Grundsätzlich gilt: Je mehr Pixel auf einer Strecke bzw. Fläche, je größer bzw. höher also die **Pixeldichte**, desto schärfer erscheint das Bild!

Für Bildschirme und Ausbelichtungen wird die **Pixeldichte** in **PPI** (Pixel per Inch), für den Druck in **DPI** (Dots per Inch) angegeben!

Häufig werden diese Begriffe synonym verwendet, was nicht ganz korrekt ist!

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

72 ppi – die (angebliche) Bildschirmauflösung

Oft werden 72 ppi als Bildschirmauflösung oder auch Internet-Auflösung bezeichnet. Tatsächlich hatte der Original-Macintosh anno 1984 mit seinem 9 Inch Display und 512 x 324 Bildpunkten eine Auflösung von 72 ppi.

Heutzutage hat ein 15” MacBook eine Auflösung von 129 ppi; Smartphones, Tablets und auch Laptops haben noch höhere Auflösungen: Das HTC One kommt auf 469 ppi, das iPhone 5 verfügt über 326 ppi, das MacBook Pro 13" mit Retina Display hat 227 ppi.

Gleichwohl werden Fotos, die mit einem Smartphone aufgenommen wurden, immer noch standardmäßig z.B. in Photoshop mit einer Auflösung/ Pixeldichte von 72 ppi angeboten.

(Mit der Internet-App *dpilove* lässt sich die Pixeldichte des je angeschlossenen Bildschirms anzeigen.)

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Die Pixeldichte meines PC-Bildschirm Typ HP LP2475w ist eingestellt auf:

dpilove *

Resolution: 1920 × 1200 | Diagonal: 13.3″



* https://dpi.lv/

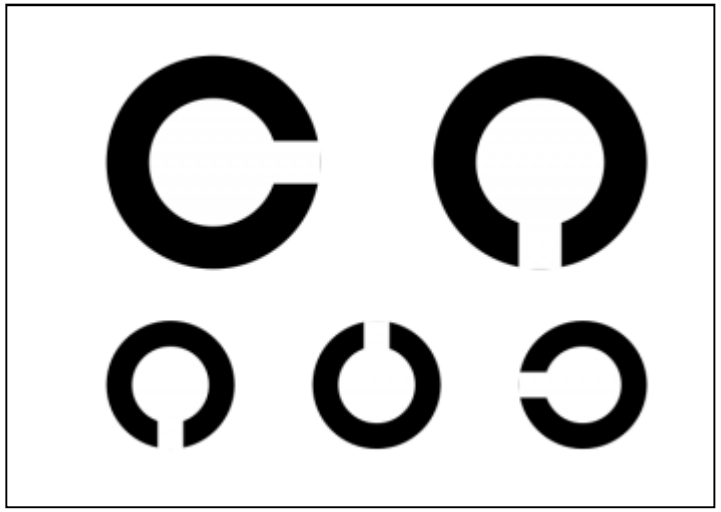
FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Das Auflösungsvermögen des Auges

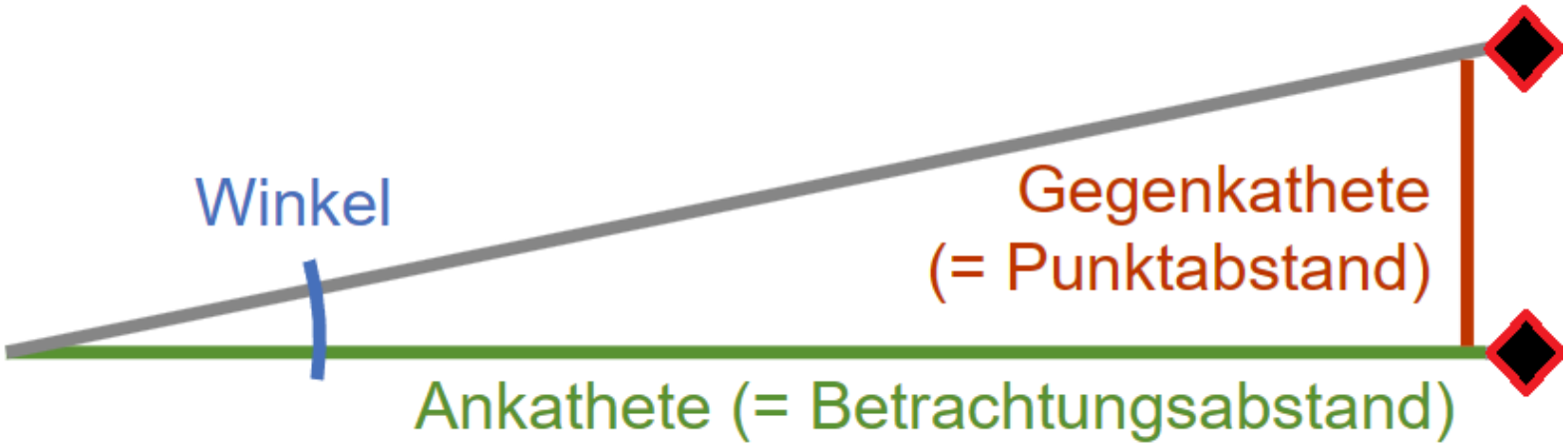
Auflösung bezeichnet den Abstand zweier Punkte, die noch von einem normal-sichtigen, menschlichen Auge getrennt zu erkennen sind.

Menschliche Augen haben nach aktueller wissenschaftlicher Auffassung bei 100% Sehkraft eine maximale Winkelauflösung von einer Bogen- bzw. Winkelminute, also 1/60° = **0,0167°**.

Ein Augenarzt testet dies mittels einer in 1,5 m Entfernung (= **Betrachtungs-Abstand**) befindlichen Tafel, auf der die typischen schwarzen Landolt-Ringe mit den 1,5 mm Öffnungen zu sehen sind.



Die **effektive Auflösung** des menschlichen Auges hängt also **vom Betrachtungs-abstand ab** und lässt sich mit Hilfe der Tangensfunktion berechnen:



$$max.Auflösung = tan(0,0167)\ x\ Betrachtungsabstand\ d$$

Doch wie groß sollte der Betrachtungsabstand gewählt werden?

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Die ergonomische Empfehlung für das Arbeiten am Bildschirm lautet:

Der Abstand zum Bildschirm sollte mindestens 60 cm (eine Armlänge) betragen, besser jedoch mehr als 60 cm. Die Höhe des Bildschirms sollte so angeordnet sein, dass der Betrachtungswinkel 10-20° unter Augenhöhe liegt.

$$max.Auflösung_{60} = tan(0,0167)\ x\ 600\,mm\ =\ 0,177mm$$

$$=>\quad erfordl.\ PPI_{60} = \frac{25,4\,mm^{*}}{0,177\,mm} = 143,5 \approx 144$$

(25,4 für Umrechnung mm in Inch/Zoll)*

Die 170 ppi meines Bildschirmes sind also mehr als meine Augen auflösen können, weshalb sich Bilder in maximalem Detailreichtum bei einem Abstand von 60 cm für mich darstellen!

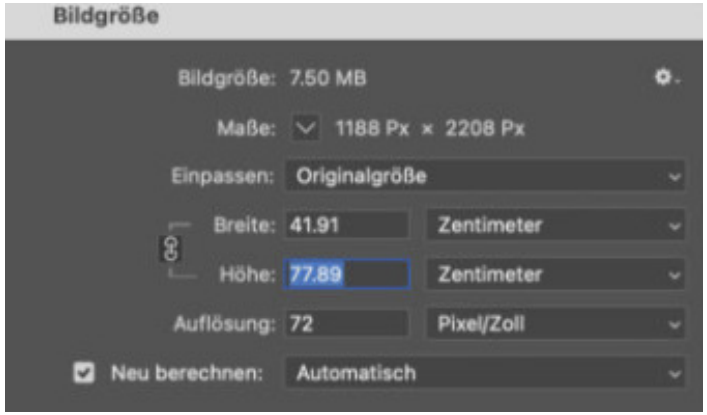
FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

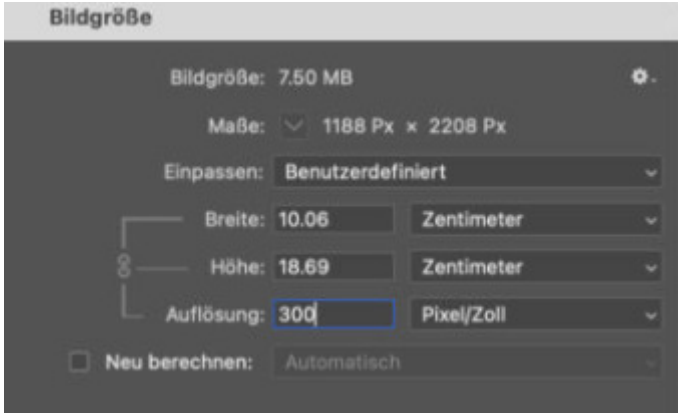
Näherungsweise Vereinfachung

Auch wenn die Pixel des Kamerasensors nicht mit den Pixel des digitalen Fotos identisch sind, kann näherungsweise mit folgendem, vereinfachten Ansatz gearbeitet werden:

Anzahl Kamera-Pixel (h x b) ≈ Anzahl Datei-Pixel (h x b) ≈ nativer Anzahl Dots (h x b)

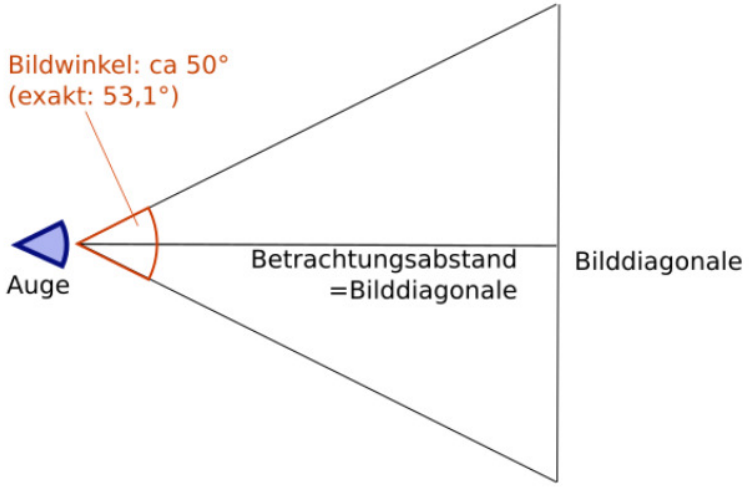
Höhe (h) und Breite (b) ergeben sich aus der je gewünschten Dichte (ppi/dpi), wobei in der Regel von 300 ppi ausgegangen wird. In diversen Programmen (wie z.B. Photoshop) werden die Größen von Bild und (gedrucktem) Dokument in Abhängigkeit der gewünschten Pixeldichte angezeigt:





Um ein - z.B. gedrucktes - Bild vollständig mit minimalen Augenbewegungen zu erfassen, geht man von einem Sichtwinkel von 53,1° aus. Daher ergibt sich für ein Bild der Größe 20 x 30 cm mit Bilddiagonale *d* =>

$$d = \sqrt{20^2 + 30^2} = \sqrt{400 + 900} = \sqrt{1300} = 36,05 \approx 36cm$$



$$max.Auflösung = tan(0,0167)\ x\ Betrachtungsabstand\ d$$

$$max.Auflösung = tan(0,0167)\ x\ 360\ mm = 0,105\ mm$$

Bezogen auf einen Inch/Zoll (1 Inch = 25,4 mm) => bei einer max. Auflösungs-Fähigkeit des menschlichen Auges von 0,105 mm bei einem Betrachtungsabstand von 360 mm

$$DPI = \frac{25,4\ mm}{0,105\ mm} = 242$$

Und bei einem Betrachtungsabstand von 30 cm (entsprechend der längsten Seite beim Format 20 x 30 cm):

$$max.Auflösung = tan(0,0167)\ x\ 300\ mm = 0,087\ mm$$

$$DPI = \frac{25,4\ mm}{0,087\ mm} = 292$$

$$=> also \approx 300\ dpi$$

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Als Faustformel zur Berechnung der notwendigen dpi-Zahl kann folgende Näherungs-Rechnung angewendet werden:

$$dpi \approx \frac{8714,5}{Betrachtungsabstand\ in\ cm}$$

Dieses Ergebnis sollte dann auf die nächst-gängige dpi-Zahl **aufgerundet** werden.

Die folgende Tabelle, die häufig im Internet anzutreffen ist, basiert auf den obigen Berechnungen:

Produkt	Betrachtungsabstand	Bildauflösung
Flyer, Folder, Broschüren	30 cm	ca. 300 dpi
Poster, Plakate bis DIN A2	1 m	ca. 100 dpi
Plakate DIN A1, A0	2 m und mehr	ca. 50 dpi
Großflächenplakate	5 m und mehr	ca. 20 dpi

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Drucker-Spezifikationen beachten!

Die native Auflösung der **Fine-Art-Drucker** von Epson liegt bei **360 dpi**, Canon-Drucker arbeiten mit **300 dpi**. Je nach Entscheidung des Anwenders für eine bestimmte, im Druckertreiber beschriebene Qualitätsstufe oder konkreter Druckauflösung wird der Druckertreiber angewiesen, die Daten für die gewählte Druckauflösung aufzubereiten. Wählt der Anwender beispielsweise „Hohe Druckqualität“, so drucken Epson-Drucker wie der P700 oder der P900 mit 1440 x 1400 dpi, ein Canon Pro-1000 dagegen arbeitet mit 1200 x 1200 dpi.

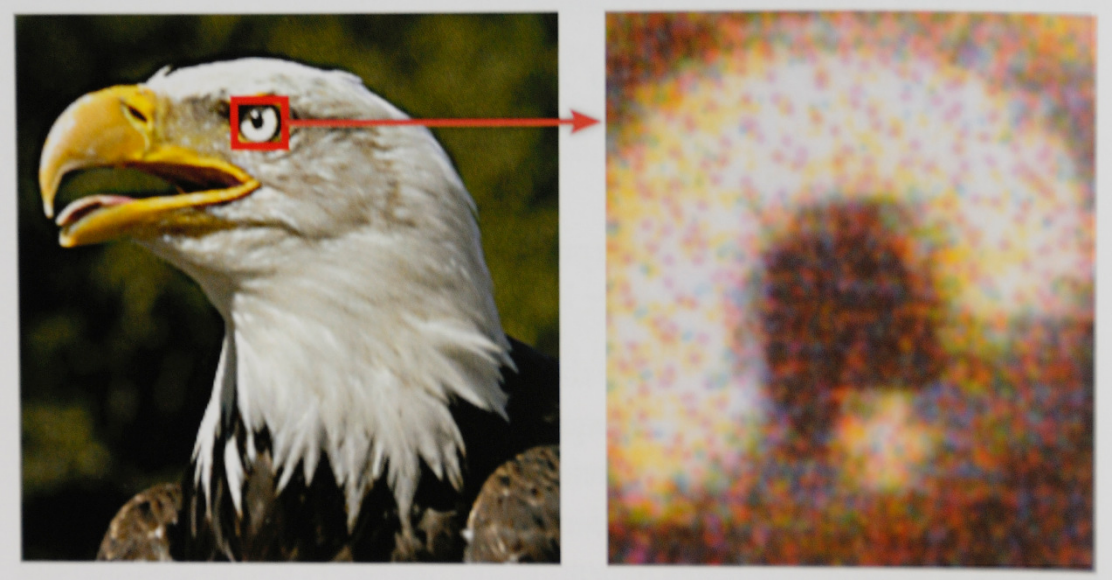
Das heißt, die native Auflösung des Druckers ist die Angabe, für den kleinste ansteuerbaren Schritt. Softwareseitig wird der Druckkopf dann angewiesen, innerhalb dieses Rasters die Druckpunkte zu setzen. Beim Canon-Drucker 1200 Druckpunkte (Dots) je Inch, beim Epson-Drucker 1440 dpi je Inch.

Der visuelle Eindruck der höheren Druckauflösung ist optisch nur für den geschulten Betrachter erkennbar und nur bei perfekt beschichteten Medien überhaupt darstellbar, da die Druckpunkte je nach Aufnahmefähigkeit der Tintenempfangsschicht geringfügig überlappen und damit kaum ein Qualitätsgewinn erzielt wird.

Quelle: https://www.fineartprinter.de/ger/FAQ/Druckaufloesung

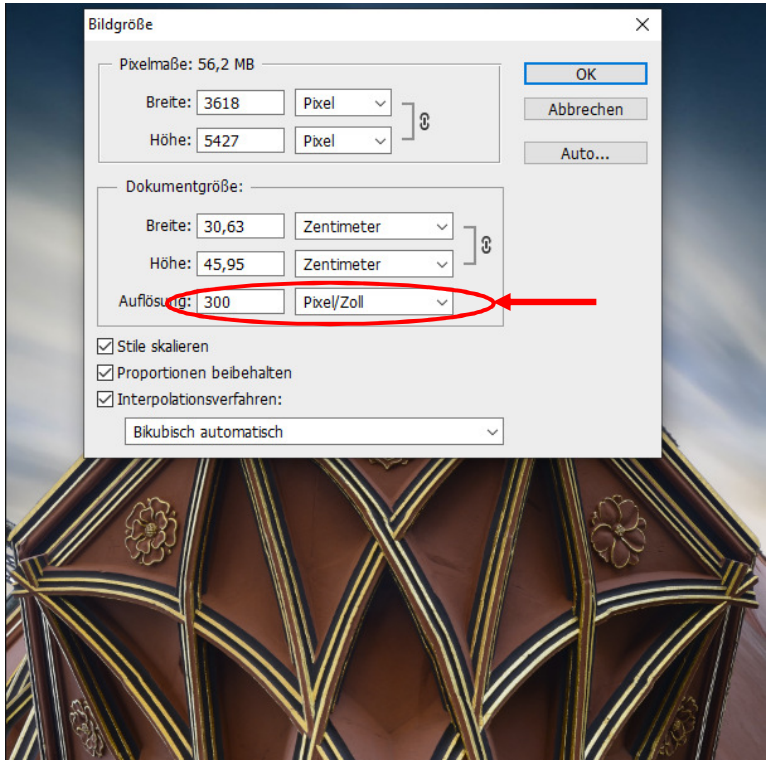
FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

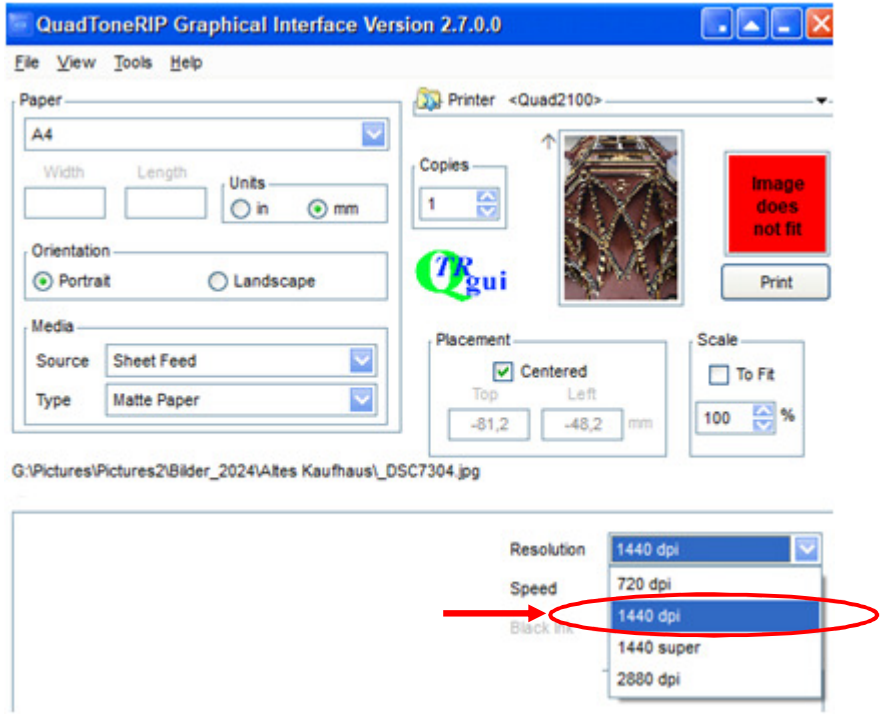
Bei Druckern, die DPI-Werte wie 1.400 oder 4.800 ausgeben können, kann es eine gute Idee sein, den PPI Ihres Bildes zu erhöhen, um ihn an den nativen DPI-Wert des Druckers anzupassen (bei Epson-Druckern z.B. auf 360 DPI.). Gleichwohl besteht hier in der Regel kein direkter Zusammenhang mit der Ausgabeauflösung DPI. Diese Drucker mit hoher DPI-Ausgabe verwenden sehr kleine Tintenpunkte, die miteinander vermischt werden (Dithering), um präzisere Farben und eine größere Vielfalt an Tintendichten zu erzeugen.



FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Native Auflösung ≠ Ausgabe-Auflösung





FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Bildgröße anpassen: Resampling = Vergrößern/Verkleinern

Vergrößerung mit Interpolation per Konvolution

- mit Bildbearbeitungsprogramm (Photoshop, Affinity, Gimp etc.)
- mit spezieller Software [PhotoZoom (S-Spline-Algorithmus), ON1 Resize AI, …]

mögliches Problem => Unschärfe

Verkleinerung per bilinearer, bikubischer Interpolation oder Lanczos-Algorithmus

- mit Bildbearbeitungsprogramm (Photoshop, Affinity, Gimp etc.)

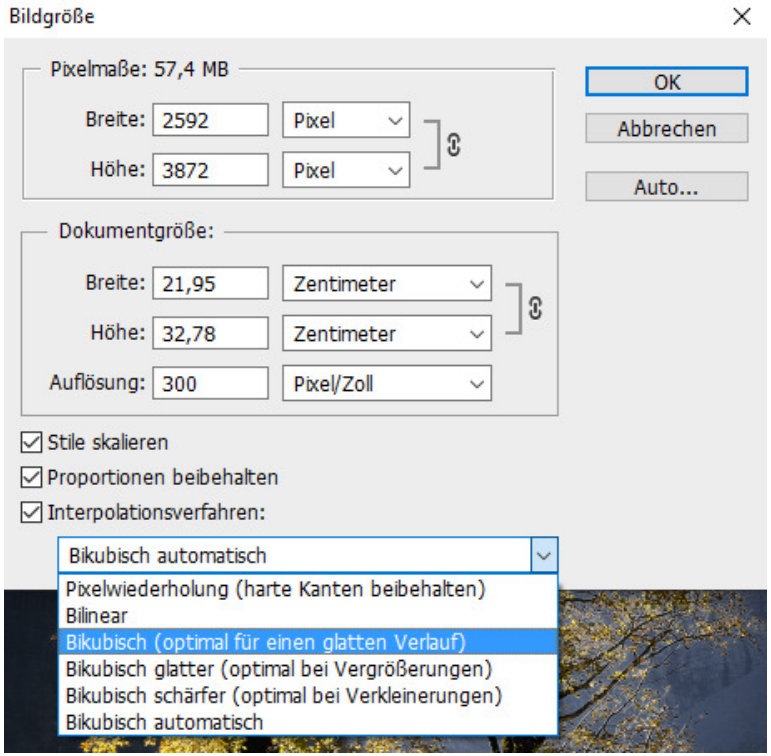
mögliches Problem => Aliasing (Moiré); Verlust von Details

Bei bilinearen Interpolation werden z.B. die Werte der Pixel im verkleinerten Bild durch eine gewichtete Kombination der vier umliegenden Pixel im Ausgangsbild berechnet.

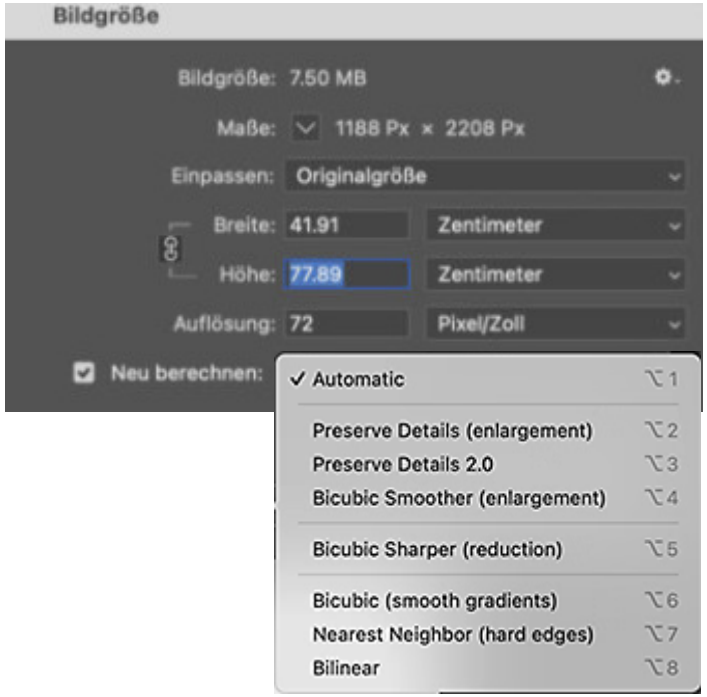
FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Resampling = Vergrößern/Verkleinern

Photoshop bis CS6:



Photoshop CC:



Upsizing by 16:1



nearest neighbor
(a.k.a. pixel replication)

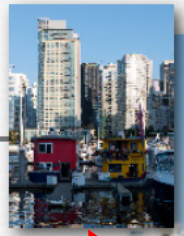
bilinear

bicubic

©Marc Levoy

Downsizing by 1:6





nearest neighbor
(point sampling)



aliasing!



bicubic



Die je kleinen Fotos entstanden durch „Downsizing“

© Marc Levoy

Aliasing bzw. der dadurch auftretende **Moiré-Effekt** entsteht, wenn aus periodisch gleichmäßig auftretenden Bildpunkten, deren Muster somit der Frequenz einer Fourier-Reihe (Sinus-Funktion) entspricht, einzelne Punkte eliminiert werden. Dadurch entsteht ggf. ein Muster höherer Frequenz:





Moiré-Effekt

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Die Frage: „Wie viele Pixel werden für welche Bildgröße benötigt“ lässt sich also nur in Abhängigkeit beantworten von

1. **den Bild-Abmessungen**, denn diese bestimmt wiederum -
2. **den Betrachtungsabstand**, und dieser maßgeblich -
3. **die notwendige Pixeldichte (PPI).** Diese wird jedoch ggf. vom Drucker bestimmt!!!-

Für einen Fotodruck der Größe 30 x 45 cm, der auch mal mit einem Abstand von 30 cm betrachtet werden soll (=> 300 ppi), ergibt sich gemäß obiger Formel eine notwendige Pixelanzahl von

$$Pixelanzahl_{Länge} = \frac{ppi}{2,54} \text{ x } Länge_{cm} \quad \text{und} \quad Pixelanzahl_{Breite} = \frac{ppi}{2,54} \text{ x } Breite_{cm}$$

$$Pixelanzahl_{Länge} = \frac{300}{2,54} \text{ x } 30 = 3543 \qquad Pixelanzahl_{Breite} = \frac{300}{2,54} \text{ x } 45 = 5315$$

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Die maximale Auflösung eines digitalen Bildes ist bestimmt durch die Anzahl der Pixel auf dem Kamera-Sensors.

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Eure Fragen bitte …

FAT Fotoamateure Fotoamateure Teningen e.V.

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!