

# Die Auflösung der Megapixels

Karl-Heinz Zahorsky  
LaserSoft Imaging AG, Kiel

# Eingabe-Auflösung

- Auflösung ist, allgemein bezeichnet, die Anzahl der feinsten Bildpunkte oder Pixel (Kunstwort aus Picture und Element), die ein Abtastgerät (z.B. Scanner oder Kamera) aufzeichnen oder differenzieren kann. Als Maß wird allgemein dpi=dots per inch oder dpcm=dots per cm angegeben. Je höher die Auflösung, desto größer die Anzahl der Bildpunkte, die abgetastet werden.

# Optische versus interpolierte Auflösung

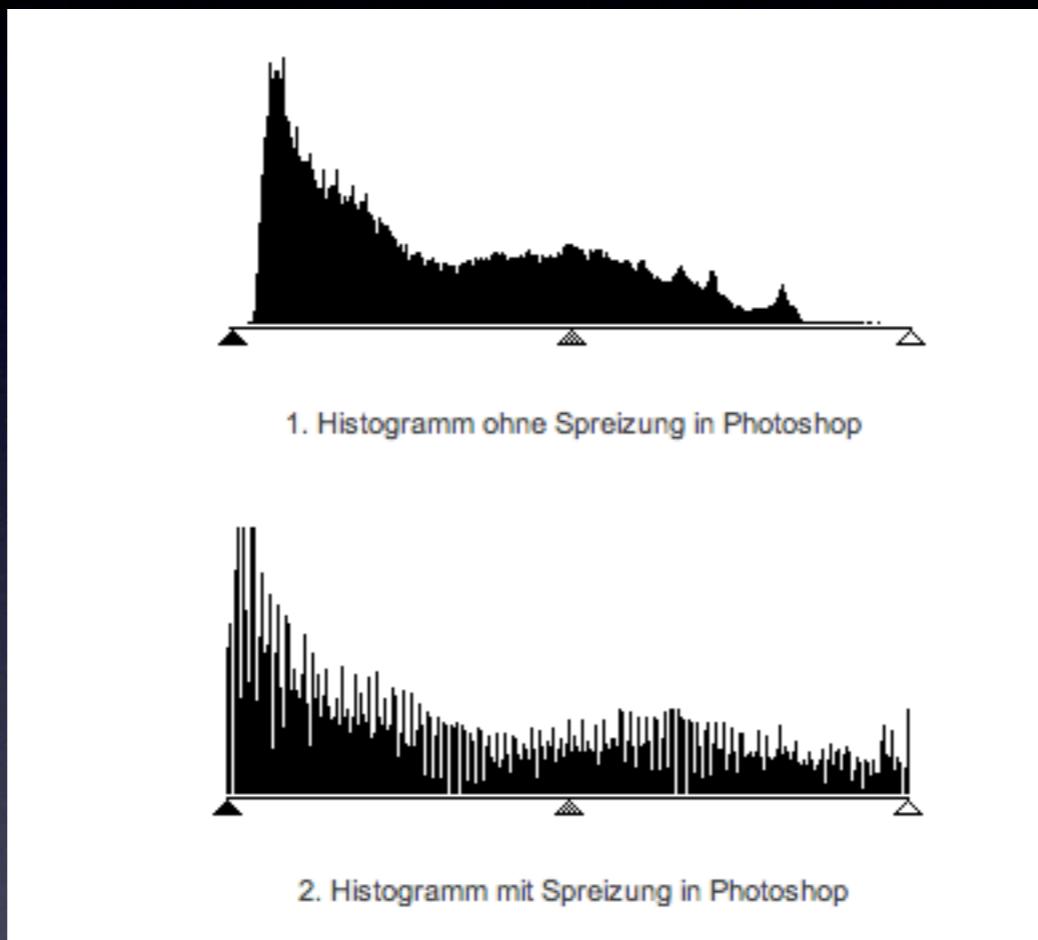
- Die optische Auflösung wird auch als physikalische Auflösung bezeichnet. Sie gibt an, wieviele Linien oder Punkte pro inch oder cm tatsächlich von der CCD und der Optik des Scanners differenziert, d.h. klar unterschieden werden können. In der Praxis ist das daran zu sehen, ob zwei dicht nebeneinander liegende Linien noch als voneinander getrennt (als einzelne Linien) erkannt werden können.
- Die interpolierte Auflösung ist eine mathematisch durch Hard-oder Software errechnete Auflösung, die, wie wir später sehen werden, lediglich bei der Strich-Wiedergabe Bedeutung hat, nicht jedoch bei der Graustufen-Wiedergabe.

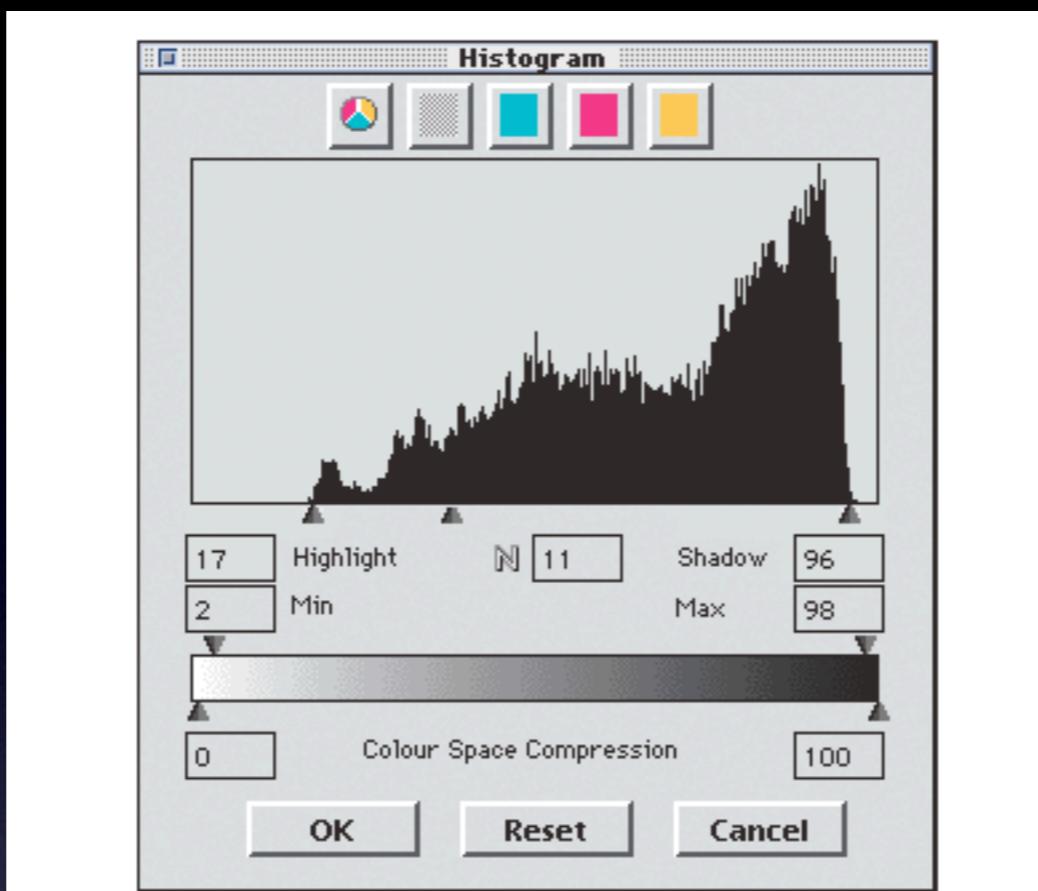
# Eingabe-Auflösung

- Graustufen sind bei der Bildverarbeitungs-Technologie äußerst bedeutsam, da für die Wiedergabe von Halbton-Vorlagen das Eingabegerät jeden Bildpunkt mit einer gewissen Datentiefe abtasten können muß, um die verschiedenen Graustufen oder auch Tonwerte einer Vorlage wiedergeben zu können. Ein gutes Eingabegerät sollte 256 Tonwerte oder mehr (8-16 bit) oder Graustufen wiedergeben können. Warum, wird auf der folgenden Seite erläutert.

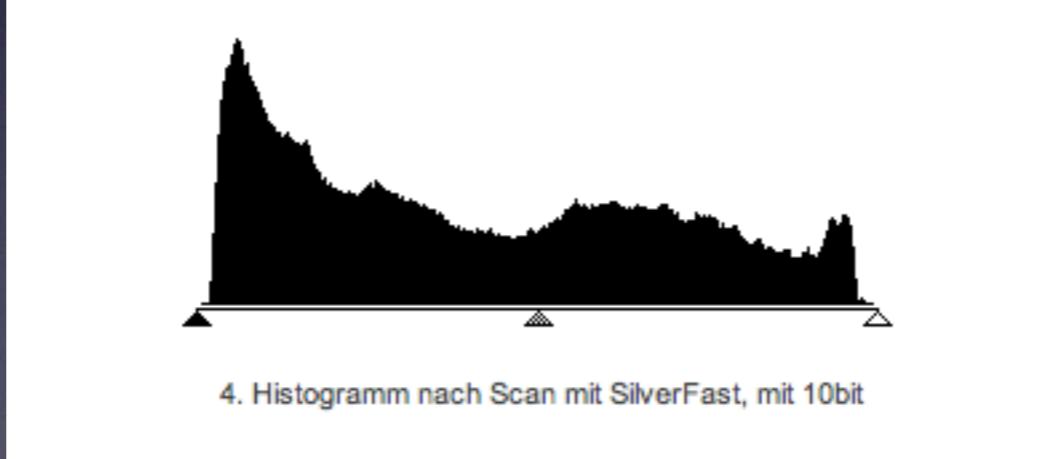
# Notwendigkeit von mehr als 8bit (256 Graustufen)

- Bei einer Expandierung von einem verringerten Tonwertumfang auf 256 Tonwerte über lediglich 8-bit-Transformation, kommt es zu Lücken in der Tonwertskala – es fehlen Graustufen. Es gehen Zeichnung und Schärfe in der Vorlage verloren. Das kann auch passieren, wenn der Transformations-Algorithmus von 10 auf 8 bit nicht optimiert ist. Die Lücken im Histogramm (Abb.2) oder auch "Spikes", sind dann deutlich sichtbar.





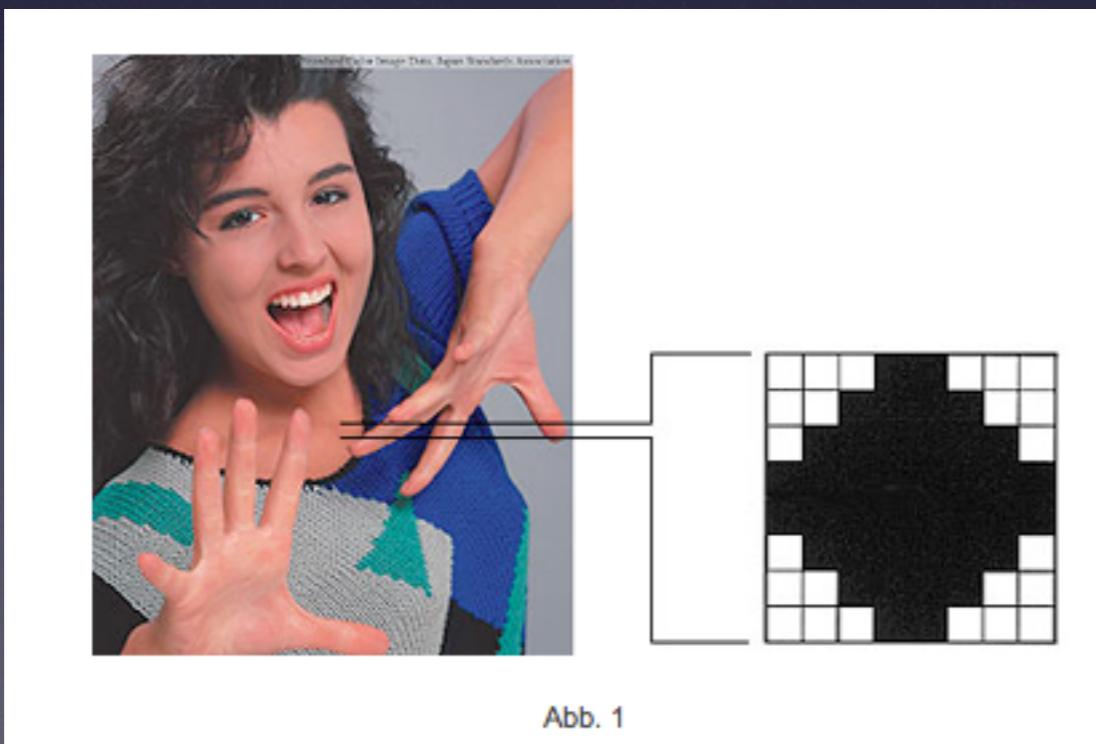
3. Histogramm in SilverFast mit Automatik-Optimierung



4. Histogramm nach Scan mit SilverFast, mit 10bit

# Graustufensimulation über Raster

- Um Graustufen drucken zu können, bedient sich die Drucktechnik der Rastertechnologie. Da es nicht ökonomisch wäre, viele Graustufen über viele einzelne Farben zu drucken, werden über Raster-Zellen-Bildung Graustufen simuliert.



- Rastermatrix eines Bildpunktes mit Graustufen; aufgebaut aus den einzelnen Drucker-Pixeln.

# Rastermatrix



Abb. 2

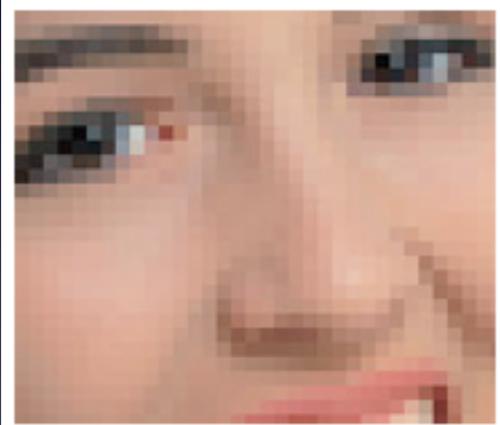


Abb. 3



Abb. 4

- Ein Bildpunkt vom Scanner wird über eine Rastermatrix (in der Regel eine 16x16-Matrix) umgesetzt. Ist ein Rasterpunkt schwarz, können bis zu 256 Druckerpixel in der Rasterzelle gesetzt sein. Bei einem Raster mit 152 lpi befinden sich 152 Rasterzellen je Inch nebeneinander. Die Maßangabe lpi (lines per inch) wird oftmals mit der Druckerauflösung durcheinandergebracht. Die Druckauflösung wird in der Regel in dpi angegeben. (In Deutschland wird in Druckerkreisen meist lpcm für die Auflösung des Druckers als auch für die Rasterweite angegeben.)

# Berechnung der benötigten Auflösung für Eingabegeräte

- Graustufen werden bei Ausgabe auf einem Belichter in eine 16x16-Matrix umgesetzt, d.h. ein Rasterpunkt enthält idealerweise 256 Einzelpixel. Wird nun eine Halbtonvorlage im 60er-Raster ausgegeben, wird jedes Graustufenpixel in eine 16x16-Matrix umgesetzt. Ein Drucker mit einer Auflösung von 2540 dpi kann solch einen Rasterpunkt gerade wiedergeben. Ein 60er-Rasterpunkt entspricht ca. 150 dpi und das wäre auch theoretisch die erforderliche Eingabeauflösung.

# Die Formel

- Da jedoch bei der Analog-Digital-Wandlung Verluste (Abtast-Theorem) auftreten, wird hier ein zusätzlicher Q-Faktor (Q für Qualität) eingeführt. Dieser Faktor ist in der Regel 1,5, im Extremfall 2.
- Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich die folgende Formel zur Berechnung der idealen Scanauflösung:
- Scan-Auflösung = Rasterweite × 1,5 × Skalierungs-Faktor
- Ein Beispiel: Es soll die Scan-Auflösung für ein 60er-Raster bei 1:1 Skalierungs-Faktor errechnet werden. Da der ert für Raster in cm berechnet

# Auflösung von digitalen Kameras

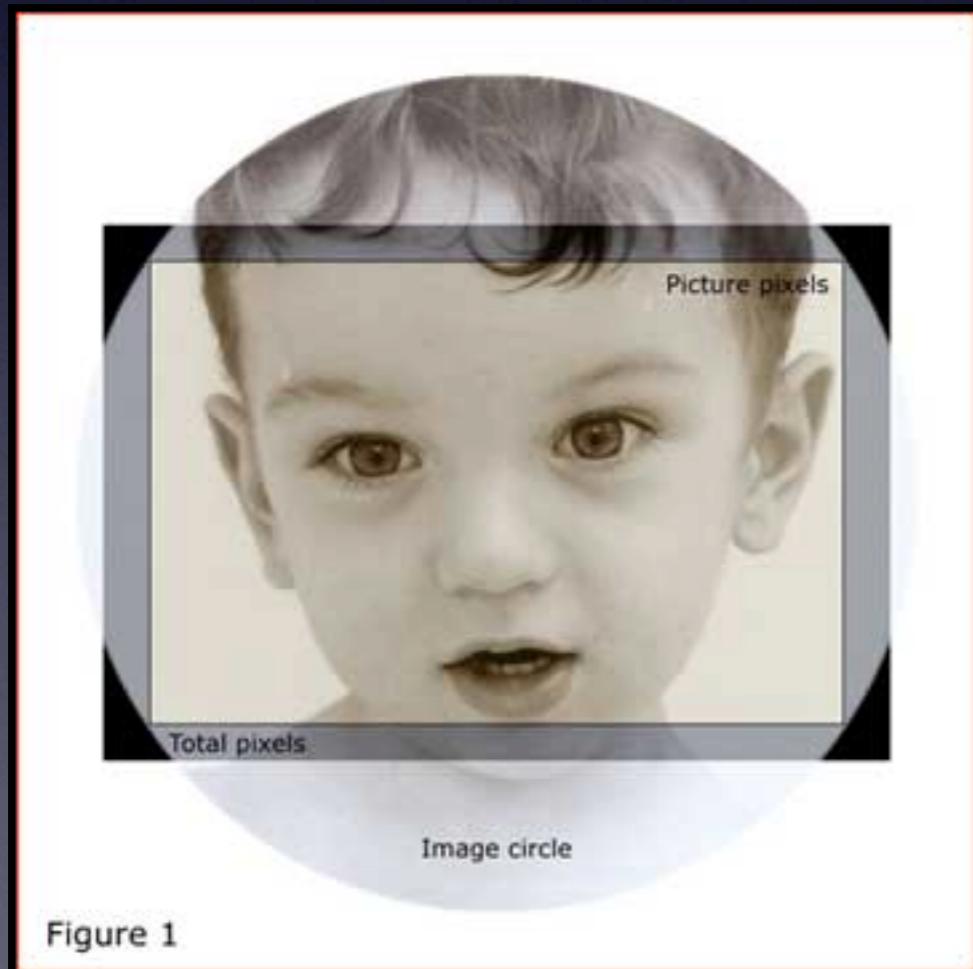
## Mißverständnisse:

- Alle 6 Megapixel Kameras haben dieselbe Anzahl von Pixeln.
- Zwei Kameras mit derselben Megapixelzahl können dieselbe Anzahl von Bildern pro Megabyte speichern.
- Auflösung wird in Megapixel ausgedrückt.
- 100 Pixel pro Millimeter entsprechen 50 Linien Paaren pro Millimeter.

# Mißverständnis Nr.1

Alle 6 Megapixel Kameras haben dieselbe Anzahl von Pixeln.

Da standardisierte Bezeichnungen fehlen, kommt es zu Ungenauigkeiten. Eine 3 Megapixel Kamera kann tatsächlich wesentlich weniger Pixel verwenden!



Die angegebene Anzahl der Pixel bezieht sich auf den Sensor. Außerdem, wie in dem nebenstehenden Bild zu sehen, wird nur ein Teil des von der Optik übertragenen Bildes auf den Sensor übertragen.

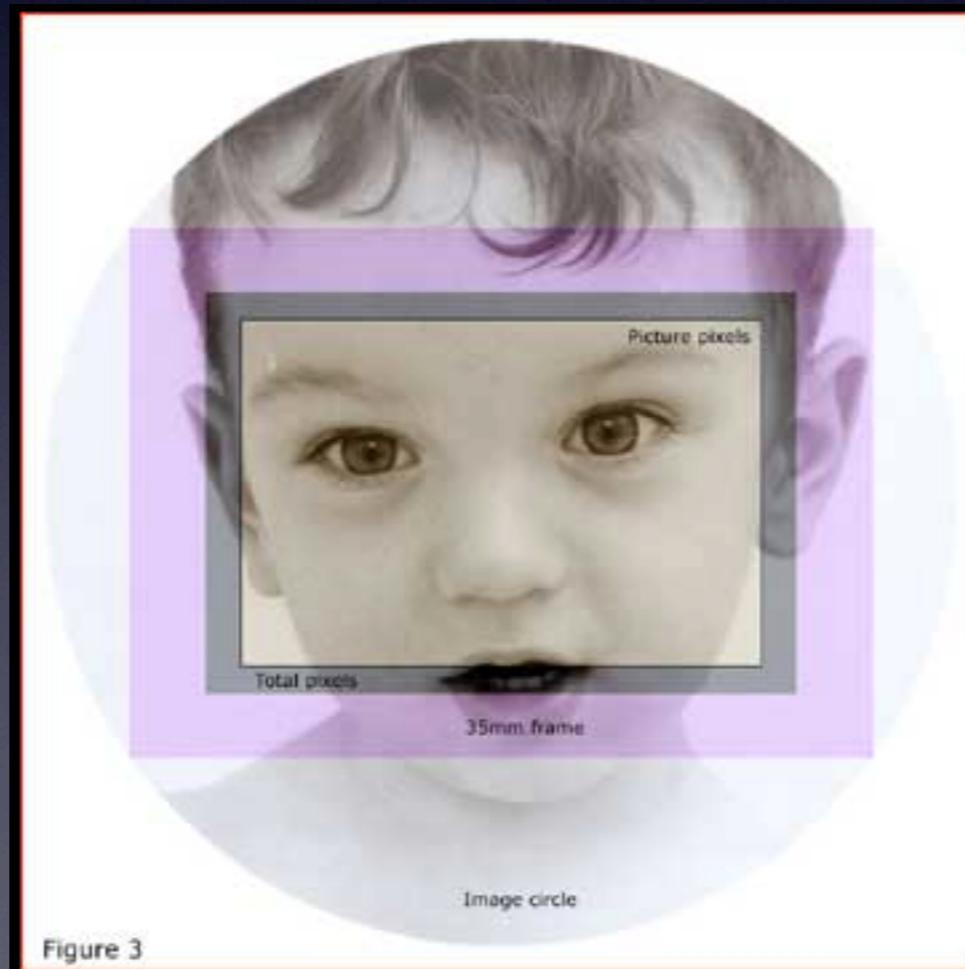
Wie in der Abbildung Nr. 2 gezeigt ist in einigen Fällen der Bildkreis kleiner als der Bildsensor. In diesem Beispiel ist die Anzahl der Bildpixel viel kleiner als die Gesamtzahl der Pixel, da die Bildfläche nicht optimal ausgenutzt wird.

Das ist einer der Gründe, weshalb die Angabe der Gesamtpixelanzahl irreführend sein kann!



Der umgekehrte Fall ist gegeben, wenn der Bildkreis viel größer als die Bildfläche des Sensors ist. Beispiele dafür sind professionelle Cameras wie Canons D30 und EOS-ID und ebenso Nikons D1 Serie.

Diese Cameras nutzen Optiken für 35 mm Camera und nutzen nicht voll den 35 mm Bereich von  $24 \times 36$  mm. Dadurch kommt es zum sog. Vergrößerungseffekt.



## Effektive Pixel

Die Anzahl der Effektiven Pixel unterscheidet sich von den Bildpixeln der Camera. (PIMA - International Imaging Association)

## Aufgezeichnete Pixel

Soweit haben wir uns auf Pixel bezogen die physikalisch im Sensor vorhanden sind. Wie wir jedoch später sehen werden, findet mit jedem Pixel vom Sensor eine Interpolation statt, um das sichtbare Bild zu erzeugen.

## Ausgabe Pixel

Unter bestimmten Umständen unterscheiden sich die Ausgabe-Pixel von den aufgezeichneten Pixel. Das hängt mit der Anpassung (Beschneidung) an bestimmte Formate wie VGA, SVGA, XGA oder an 3:2, 4:3 und 16:9 zusammen.

# Mißverständnis Nr.2

- Zwei Kameras mit derselben Megapixelzahl können dieselbe Anzahl von Bildern pro Megabyte speichern.

Der restriktive Faktor für die Aufnahmekapazität ist die aufgezeichnete Dateigröße und nicht die Bilddimensionen. Unglücklicherweise gibt es keine direkte Relation zwischen Bildgrößen und Dateigrößen. Dateiformate, Bittiefe, Kompression und andere Einstellungen haben hier großen Einfluß. Warum?

- JPEG ist keine verlustfreie Kompression
- Raw ist verlustfrei, benötigt jedoch spezielle Software

Facit: Empfehlung mit Raw zu arbeiten

# Mißverständnis Nr.3

- Auflösung wird in Megapixel ausgedrückt.

In diesem Kontext wird Auflösung als die Fähigkeit definiert separate visuelle Informationen wie Details und feine Muster zu differenzieren. Das wird traditionell in Linienpaaren pro Millimeter ausgedrückt (lp/mm).

Hier hat jedoch jeder Meßingenieur seine eigene subjektive Methode, sodaß hier keine verlässliche Meßzahl vorliegen kann. An einer computergestuerten Methode wird jedoch gearbeitet.

Bilder sind 2-dimensional: Um die Auflösung zu verdoppeln, muß die Anzahl der Pixel vervierfacht werden.

Facit: Megapixel ist nur 1 Faktor, die echte Auflösung hängt noch von einer Reihe anderer Faktoren ab.

# Mißverständnis Nr.4

- 100 Pixel pro Millimeter entsprechen 50 Linien Paaren pro Millimeter.

Es gibt mehrere Gründe weshalb die obige Behauptung nicht korrekt ist:

- nicht alle Sensorpixel sind quadratisch
- nicht alle Sensorpixelarrays sind in einem Gitter angeordnet
- Aliasing kann auftreten
- Kontrast beeinflusst Auflösung
- Photodioden haben ein begrenzten Dynamikbereich
- Photodioden sind nicht farbempfindlich

## Das menschliche Auge und die Wahrnehmung

Watanabe hat 1968 festgestellt, daß unsere Empfindlichkeit größer ist horizontale und vertikale Muster als diagonale zu erkennen.

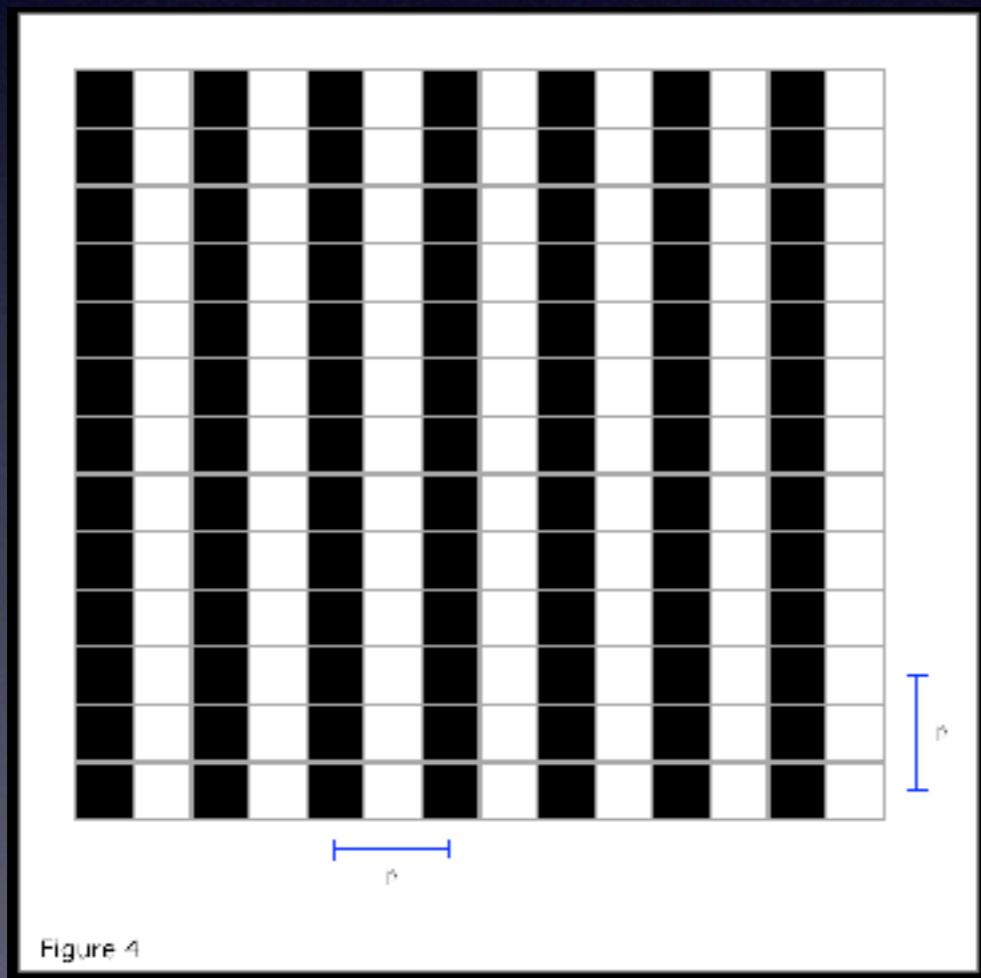


Figure 4

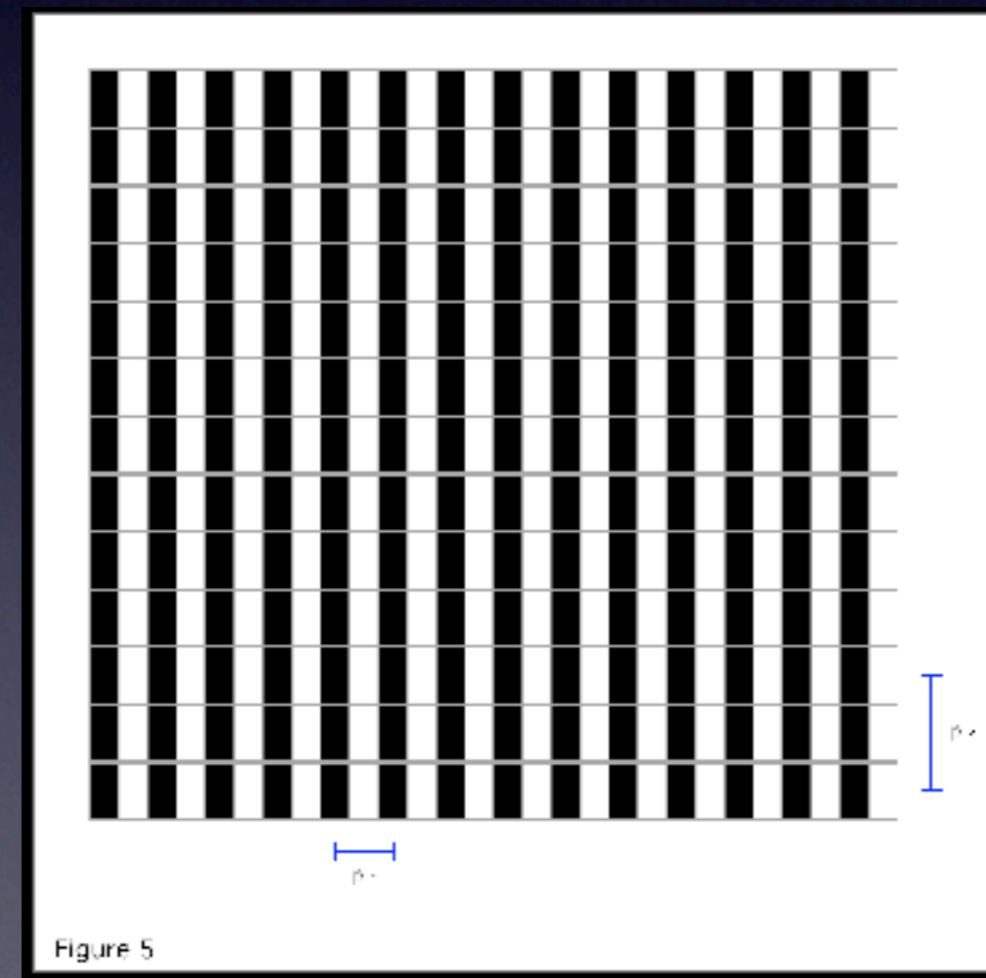
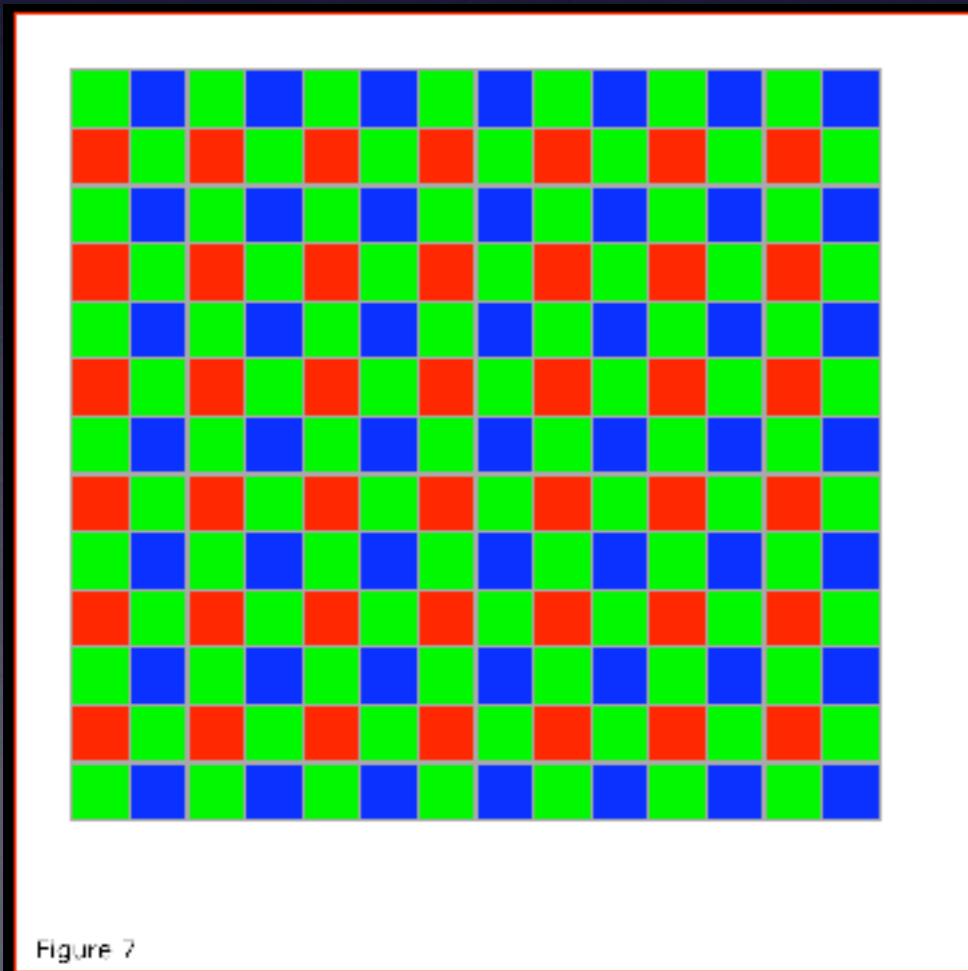


Figure 5

## Farb Filter Array (Bayer Filter)

Photodioden sind nicht farbempfindlich - nur helligkeitsempfindlich. Daher muß ein Farbfilter, ein sog. CFA-Color Filter Array über jedem Pixel des Sensors plaziert werden. Der bekannteste Filter ist nutzt ein Bayer Muster.

In So einem Filter sind doppelt so viele grüne filter wie rote oder blaue. Wenn die Raw-Information von jeder Photodiode

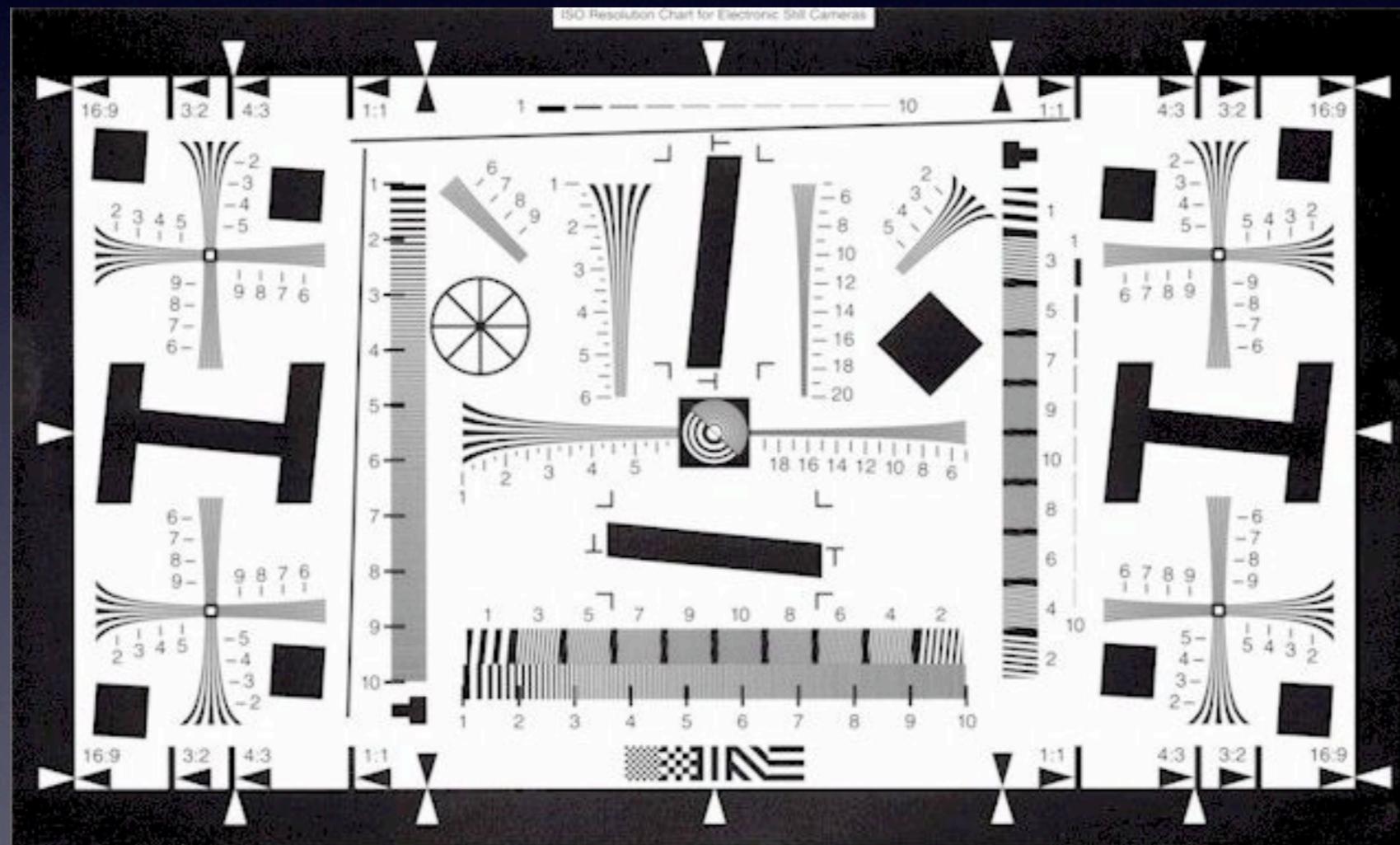


verarbeitet wird, analysiert die Camera die Farbinformation eines jeden Pixels und kombiniert mit den angrenzen-den Pixeln das vollständige Farbbild.

Da dieser Prozess Berechnungen enthält, können hier weitere Ungenauigkeiten hinzugefügt werden.

## ISO 12233 Test Chart

Zur genauen Messung der Auflösung wird ein ISO Standard Testchart empfohlen. Damit können die vertikale als auch die horizontale Auflösung als Linienspaare pro Millimeter gemessen werden!



# Das Facit

- Die Anzahl der Megapixel sind nur ein Indikator für die potentielle Bildauflösung - keinesfalls eine absolute Angabe!
- Anstelle der Megapixel sollten die Bildpixel des Ausgabebildes genutzt werden.
- Um echte Auflösung zu vergleichen sollten Linienpaare mit einem ISO 12233 Testchart unter denselben Bedingungen gemessen werden.
- Evaluation der Auflösung garantiert keine Bildqualität. Andere Faktoren sind Bildrauschen und Dynamikbereich. Hier spielt dann die Software für die Raw-Konvertierung eine wichtige Rolle.