

2D Graphik: Farbmanagement

Vorlesung „2D Graphik“

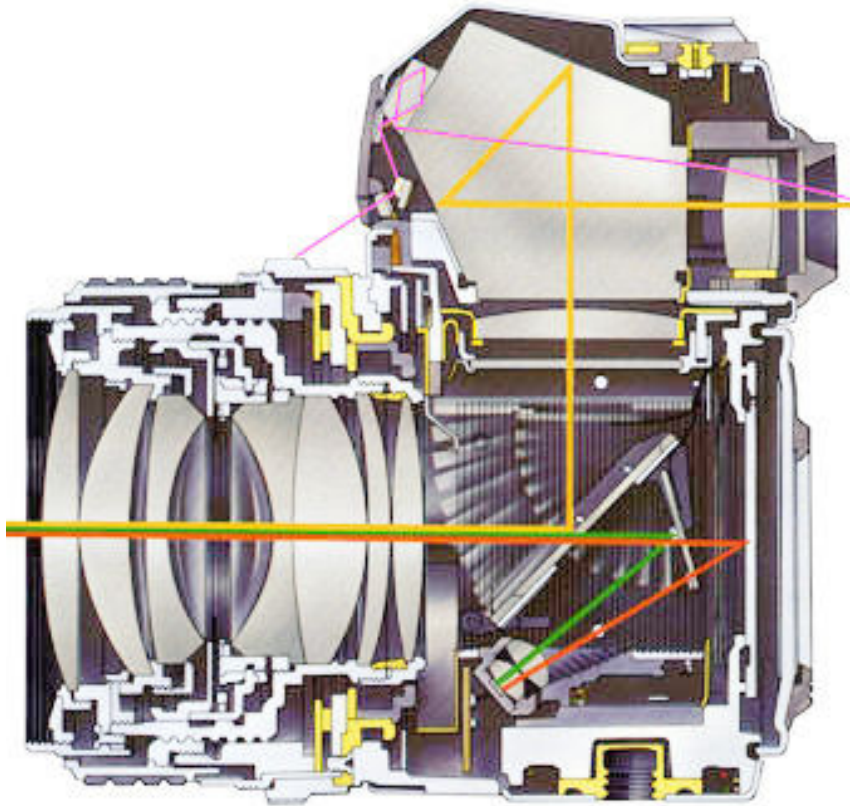
Andreas Butz, Otmar Hilliges

Freitag, 4. November 2005

Themen heute

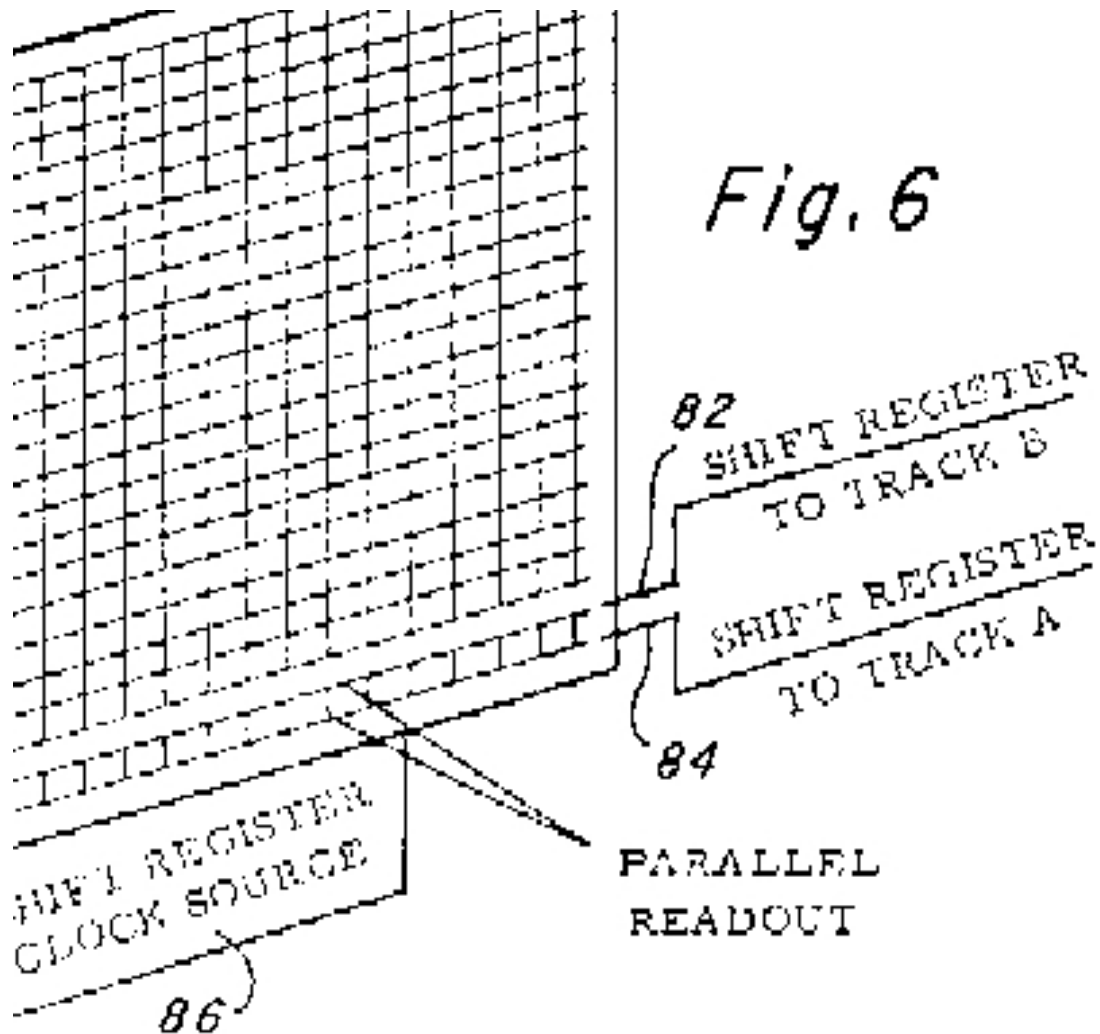
- Aufnahmehardware
 - Digitalkameras
 - Scanner
- Farbmanagement
 - Gammakurven
 - CIE Farbmanagement
 - Farbraumtransformationen
 - Kalibrierung

Digitale Kamera

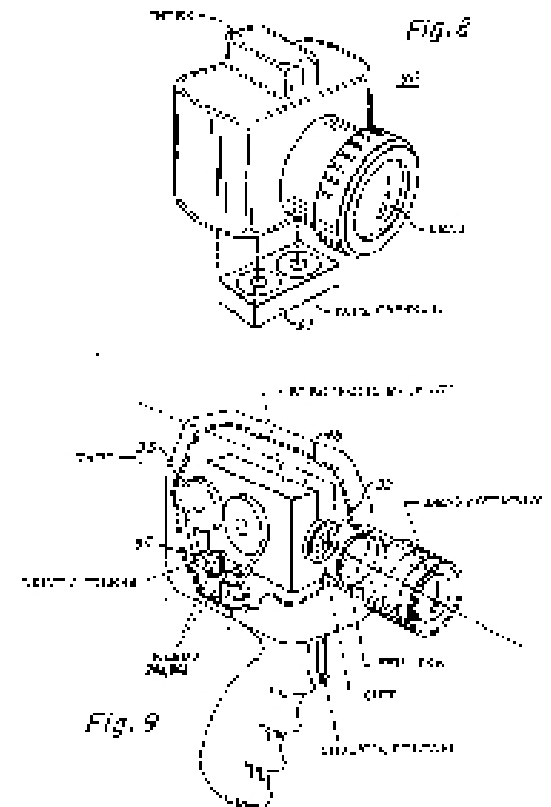


- z.B. Spiegelreflex:
 - Optik bildet Umgebung auf eine Bildebene ab
 - Beweglicher Spiegel lenkt Bild ins Auge oder auf den Sensor
 - Verschluss gibt Sensor für exakten Zeitraum frei
 - Bildsensor wandelt Licht in elektrische Signale

Digitalkamera-Patent (1972)

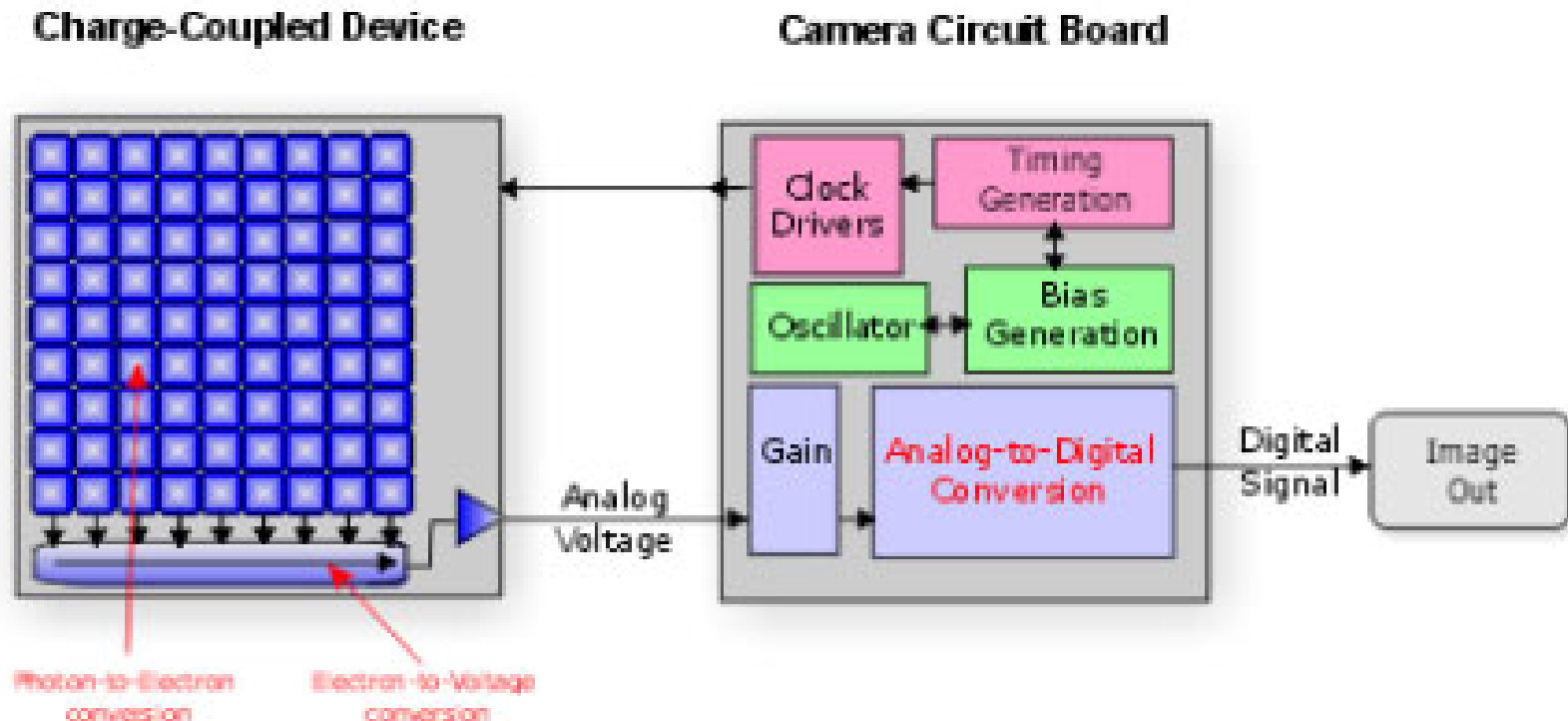


U.S. Patent No. 3,608,197 4,057,830



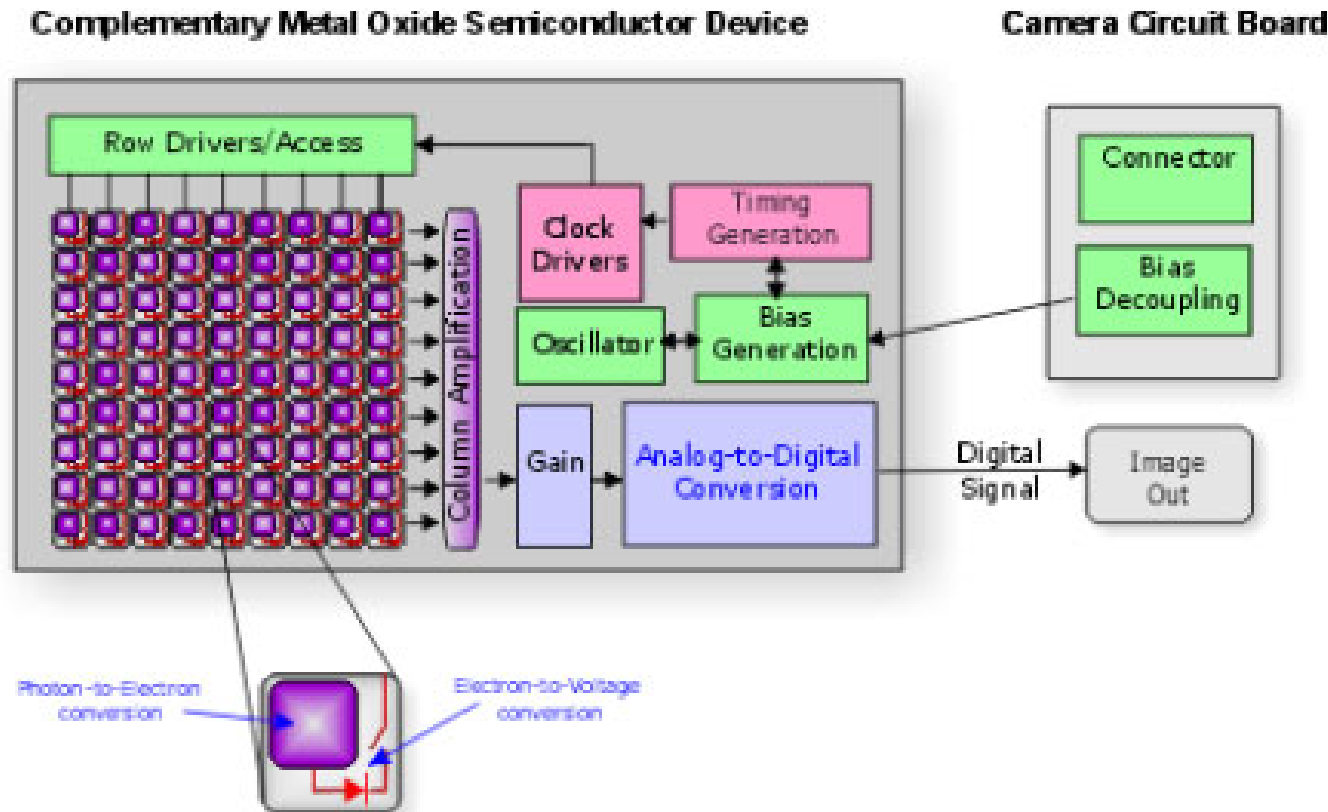
Quelle: <http://www.digicamhistory.com/>

CCD Bildsensor



- Belichtung baut in jedem Pixel Ladung auf
 - Zeilen- und spaltenweise auslesen
 - Weiter verstärken und verarbeiten

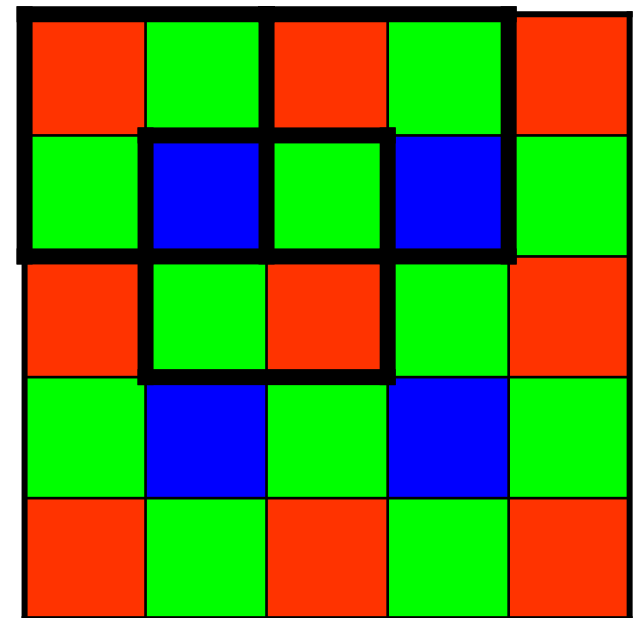
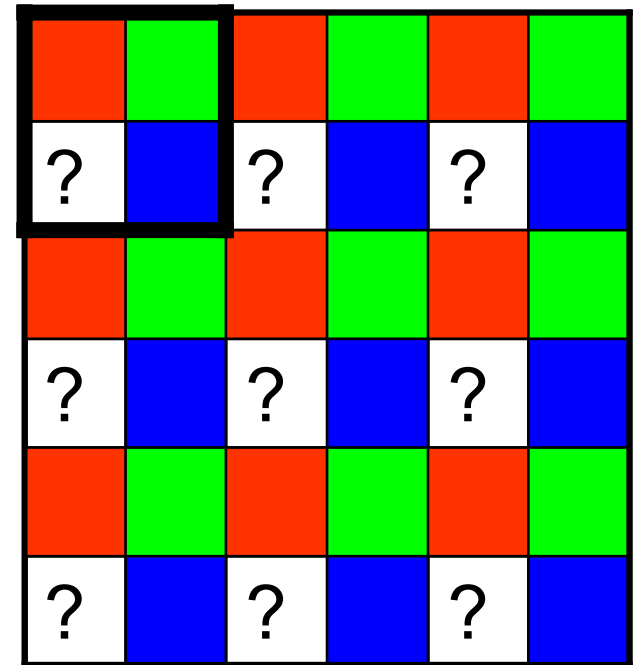
CMOS Bildsensor



- Verstärkung schon in jedem Pixel vorhanden
 - Saubereres Signal, weniger Rauschen

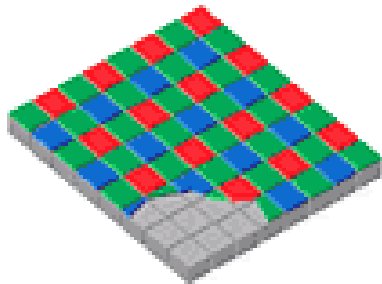
Bildsensor: Farbe

- $6 \times 6 = 36$ Graupixel
- → wie viele Farbpixel?
- Naiver Ansatz:
 - Je 4 Pixel bilden eine Gruppe
 - → $3 \times 3 = 9$ Farbpixel
- „Bayer-Pattern“
 - Jede quadratische 4er-Gruppe enthält alle Grundfarben
 - → $5 \times 5 = 25$ Farbpixel
 - Allgemein: $n-1 * n-1$
- <http://www.fillfactory.com/htm/technology/htm/rgbfaq.htm>

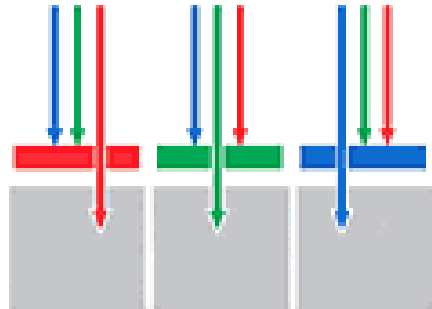


Bildsensor: „Bayer pattern“

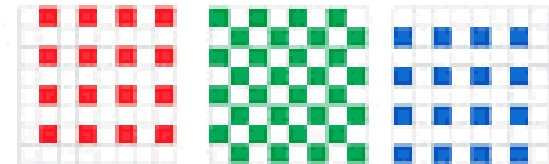
Mosaic Capture



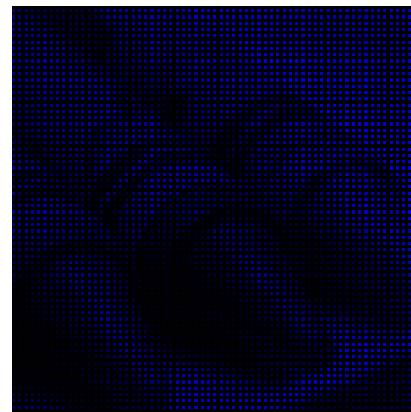
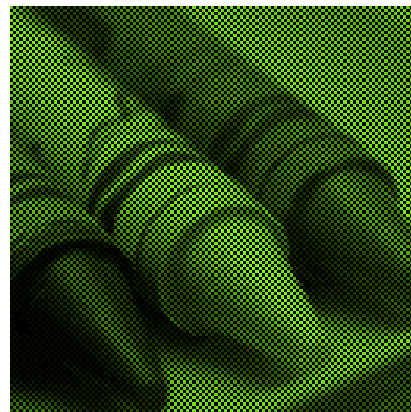
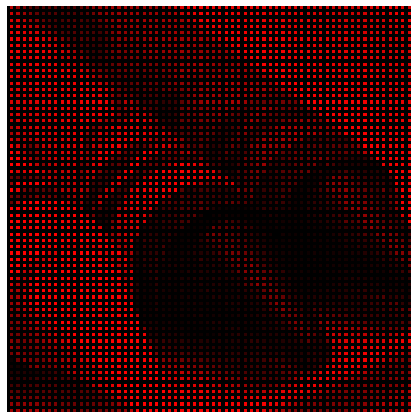
In conventional systems, color filters are applied to a single layer of photodetectors in a tiled mosaic pattern.



The filters let only one wavelength of light - red, green or blue - pass through to any given pixel, allowing it to record only one color.

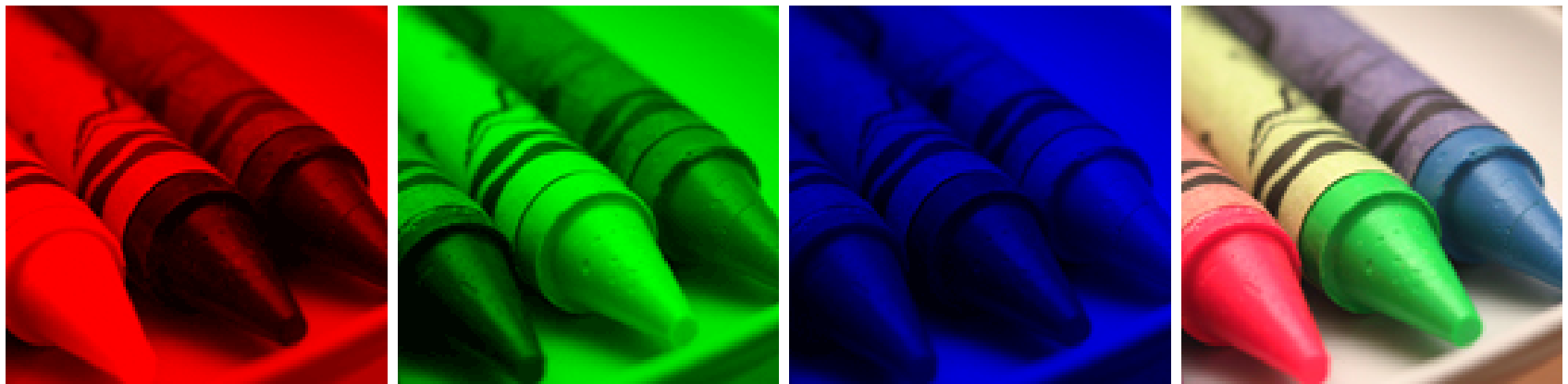
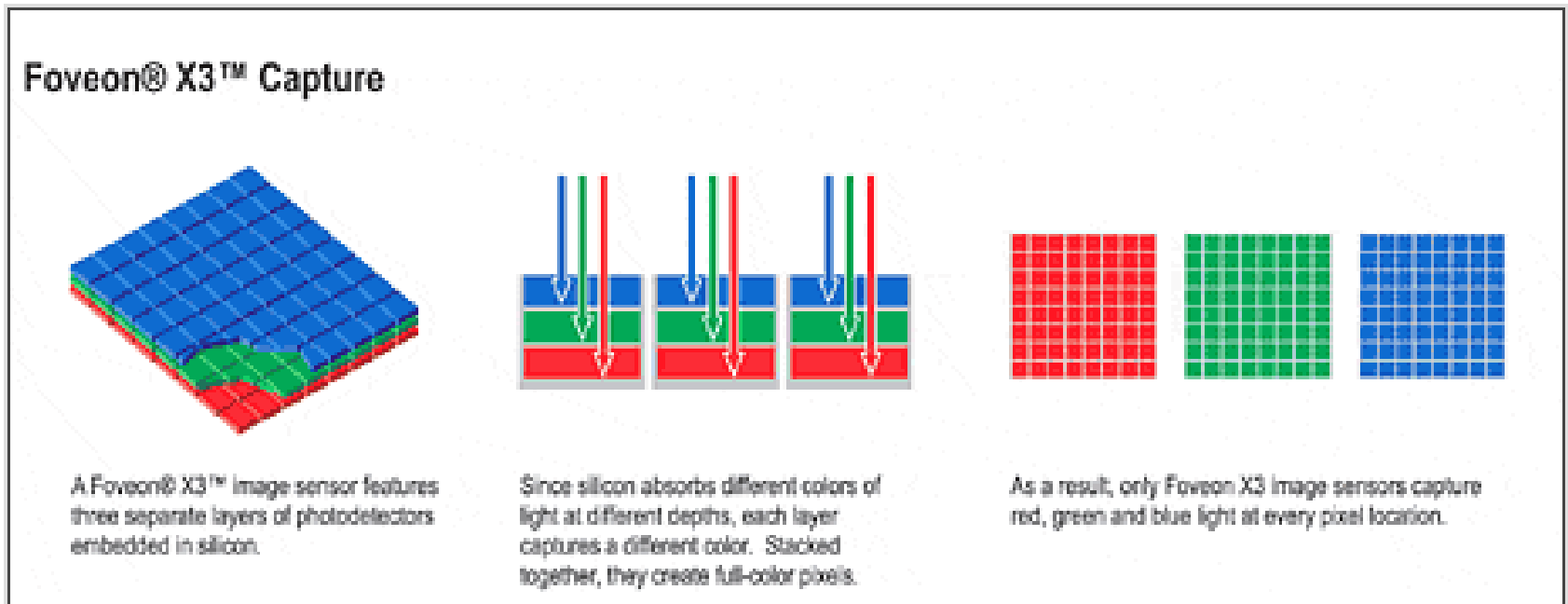


As a result, mosaic sensors capture only 25% of the red and blue light, and just 50% of the green.



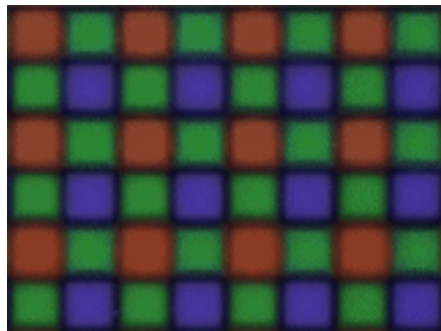
Bildquelle: <http://www.dpreview.com/>

Bildsensor: Foveon (Sigma)

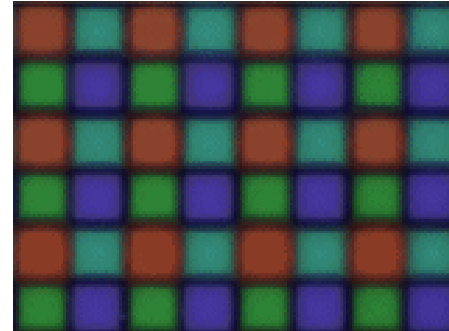


Bildquelle: <http://www.dpreview.com/>

Bildsensor: RGB+E (Sony)



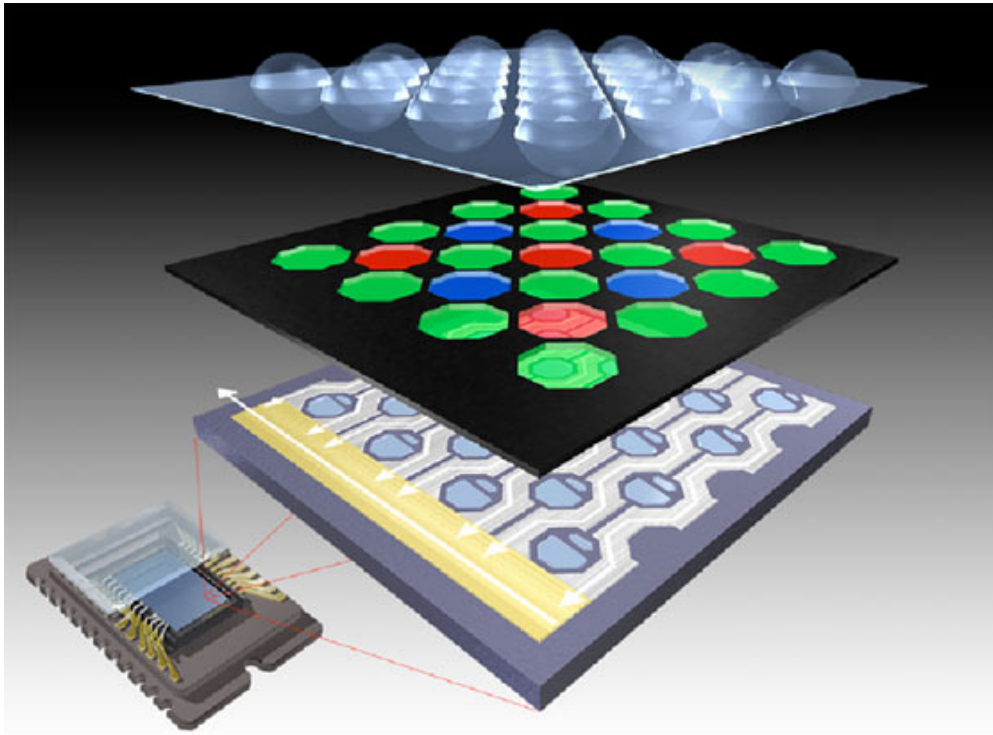
R	G	R	G
G	B	G	B
R	G	R	G
G	B	G	B



R	E	R	E
G	B	G	B
R	E	R	E
G	B	G	B



Bildsensor: Super CCD (Fuji)



- Wabenförmige Anordnung
- Höhere Dichte der Subpixel
- 2 Sensoren je Subpixel mit unterschiedlicher Empfindlichkeit
- → höherer Dynamikumfang

Scanner



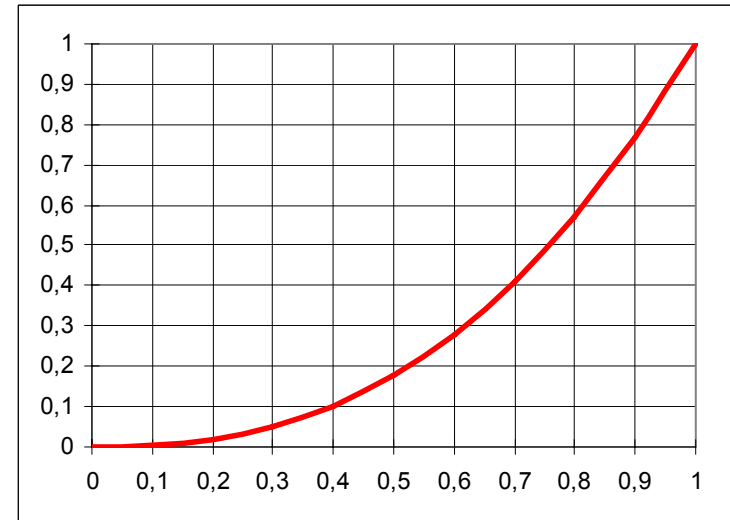
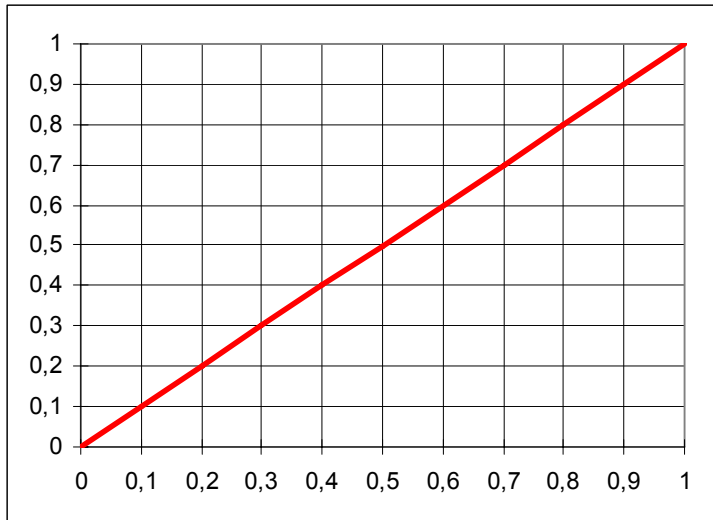
- Gleiches Sensor-Prinzip wie Kamera
 - Nur 1 Zeile mit Pixeln
- Sensor (1 Zeile) wird mechanisch über das Bild geführt
 - Früher: 1 Grau-Sensor, nacheinander 3 Filter → 3 pass
 - Heute: RGB-Sensor → single pass
- Auch prinzipiell gleich für Film, nur kleiner

Farbmanagement

Problem: nichtlineares Verhalten

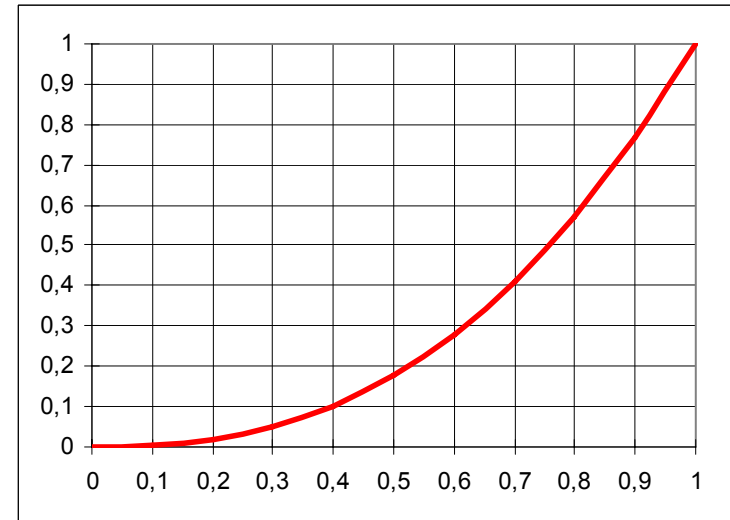
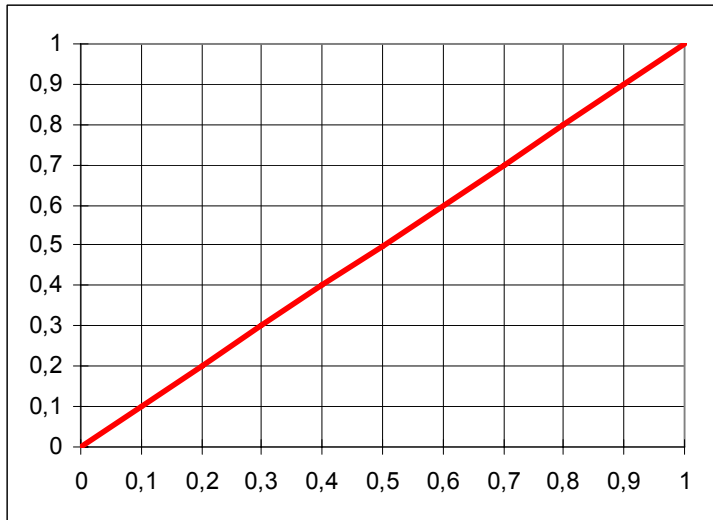
- Monitor wird durch eine (bzw. 3 für RGB) elektrische Spannung angesteuert
- Gewünschtes Verhalten (linear):
 - doppelte Spannung → doppelte Helligkeit
- Viele Anzeigegeräte weisen nichtlineares Verhalten auf
 - Doppelte Spannung → z.B. 4-5 fache Helligkeit
 - Röhrenmonitore: Potenzgesetz mit $\exp = 2,5$
 - TFT Monitore: komplexeres Verhalten, aber oft schon in ihrer Elektronik so korrigiert, dass sie sich wie Röhrenmonitore verhalten

Mathematische Beschreibung: Gamma

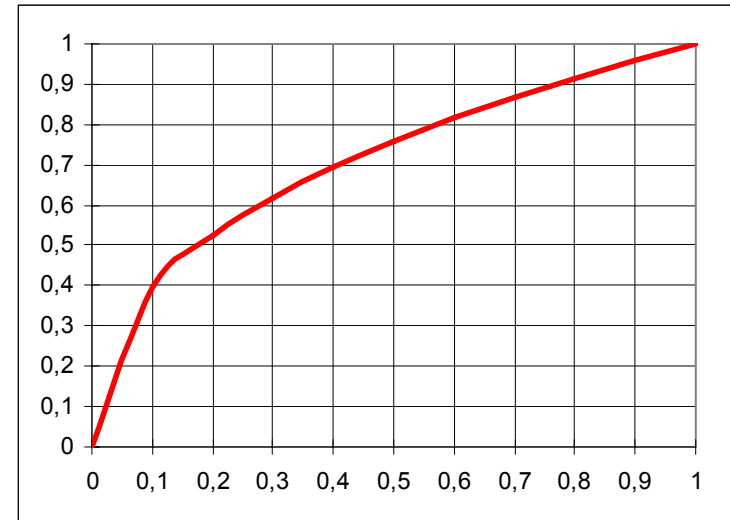
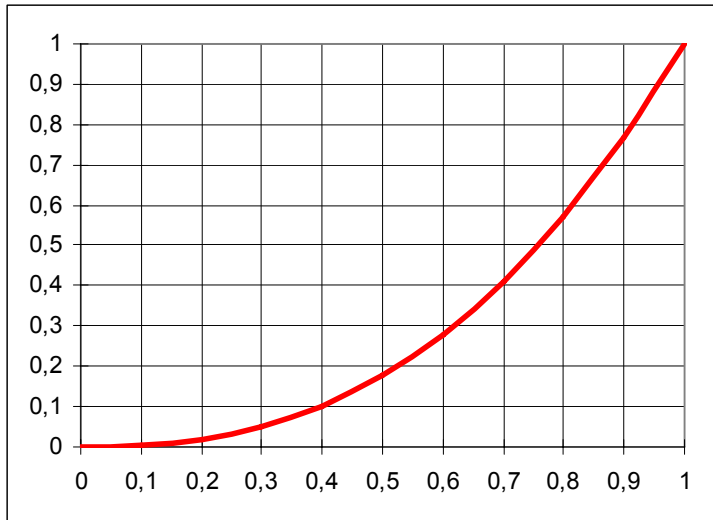


- Röhrenmonitor mit Phosphor als Leuchtstoff:
 - Steuerspannung u von 0,0 bis $1,0 * u_{\max}$
 - Helligkeit h von 0,0 bis $1,0 * h_{\max}$
- Verhältnis von Helligkeit eines Punktes zur Steuerspannung ist nicht linear, sondern exponentiell:
 $h = u^\gamma$ wobei γ (sprich: Gamma) = 2,5

Gamma = 2,5: Auswirkung

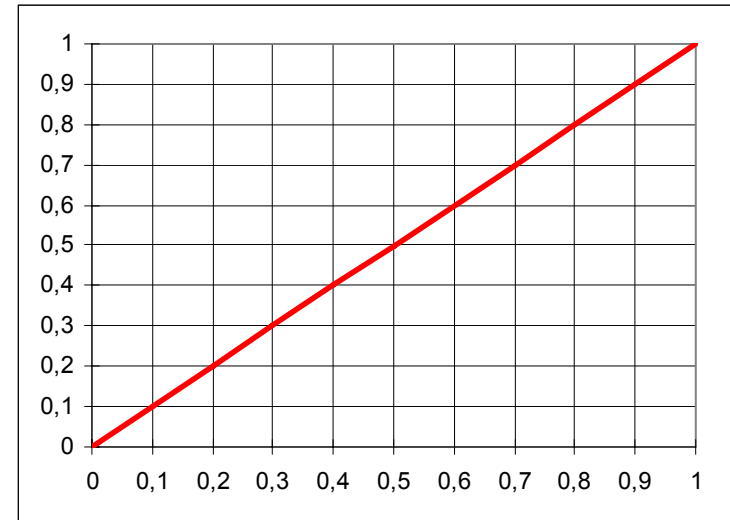
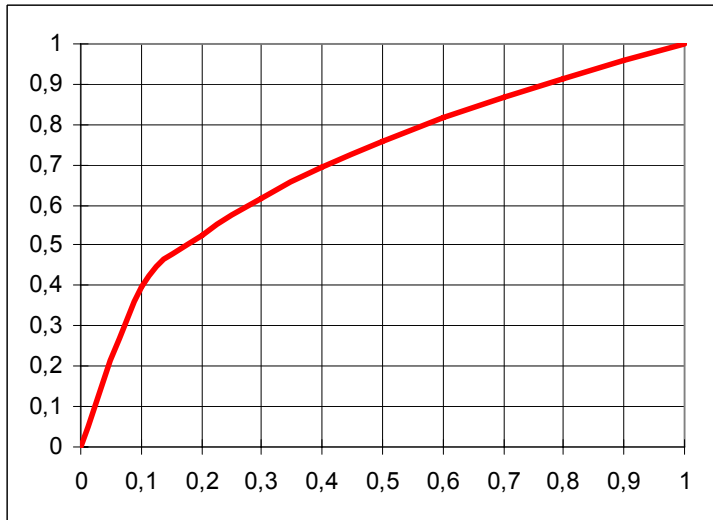


Gammakorrektur für 2,5



- Idee: Helligkeitswerte vorher entgegengesetzt korrigieren mit $\text{Gamma} = 1 / 2,5 = 0,4$
- $h = (u^{0,4})^{2,5} = u^{(0,4 * 2,5)} = u^1 = u$
- „Gammakorrektur für x“ bedeutet mit $1/x$ korr.

Gammakorrektur für 2,5: Auswirkung

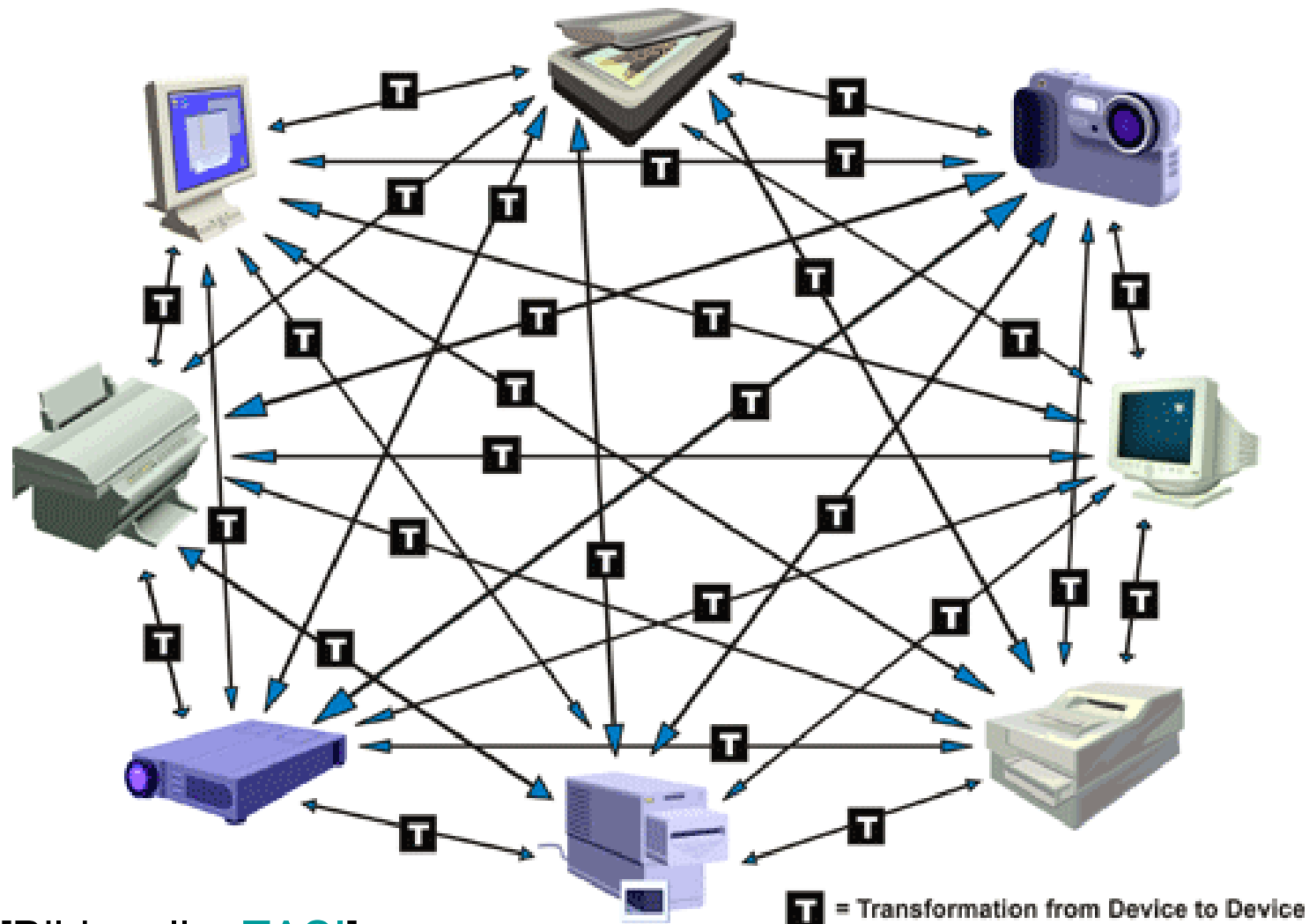


Gammakorrektur in der Praxis

- Implementation als Tabellen (lookup-tables)
- Verschiedene Standardwerte:
 - PC mit Windows: keine Hardware-Korrektur, daher System-Gamma = 2,5
 - Mac: Gamma-Korrektur für 1,4 in Hardware, daher System-Gamma = $2,5 / 1,4 = 1,8$
 - Silicon Graphics mit IRIX: Gamma = 1,7 in Hardware, daher System-Gamma = 1,4
- Ablesen des Gammawertes auf dieser Skala:

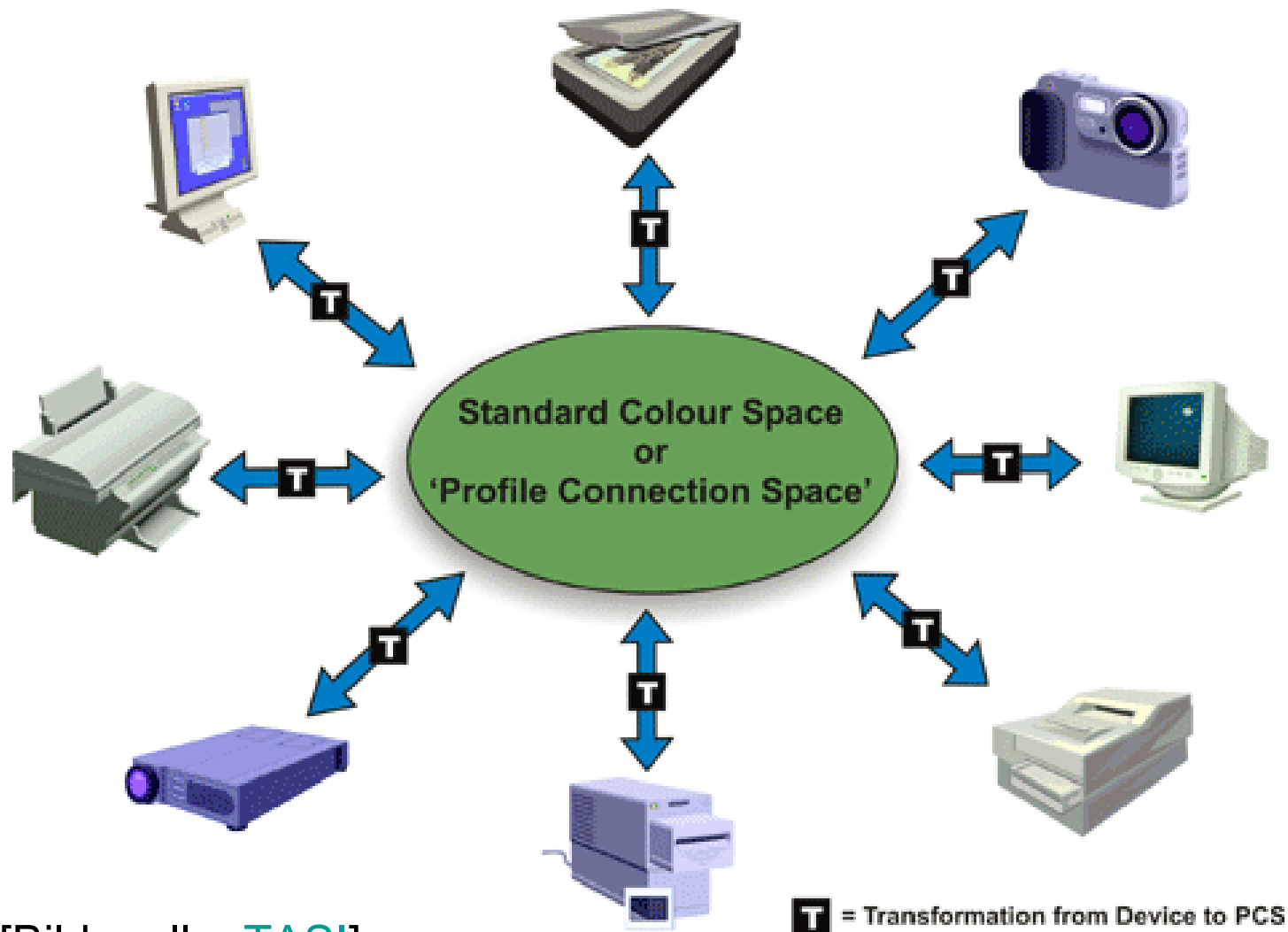


Farbmanagement: Warum?



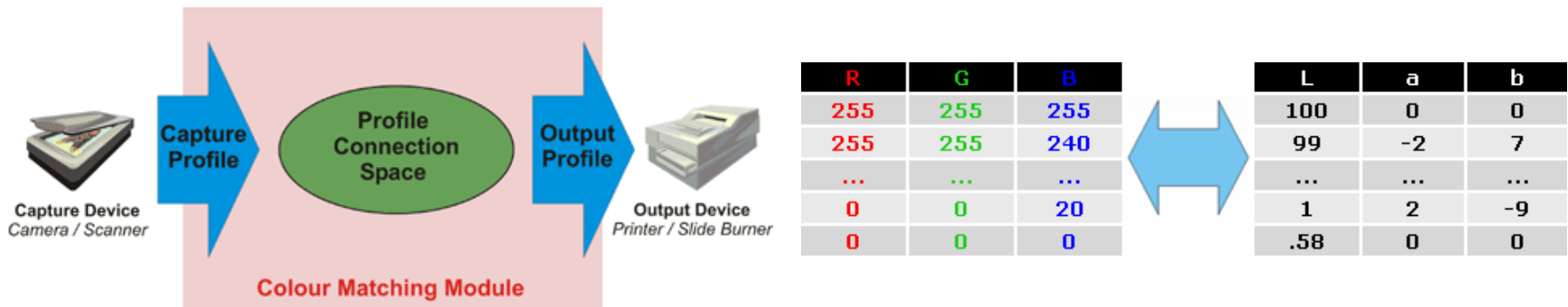
[Bildquelle: [TASI](#)]

Farbmanagement: Grundidee



[Bildquelle: [TASI](#)]

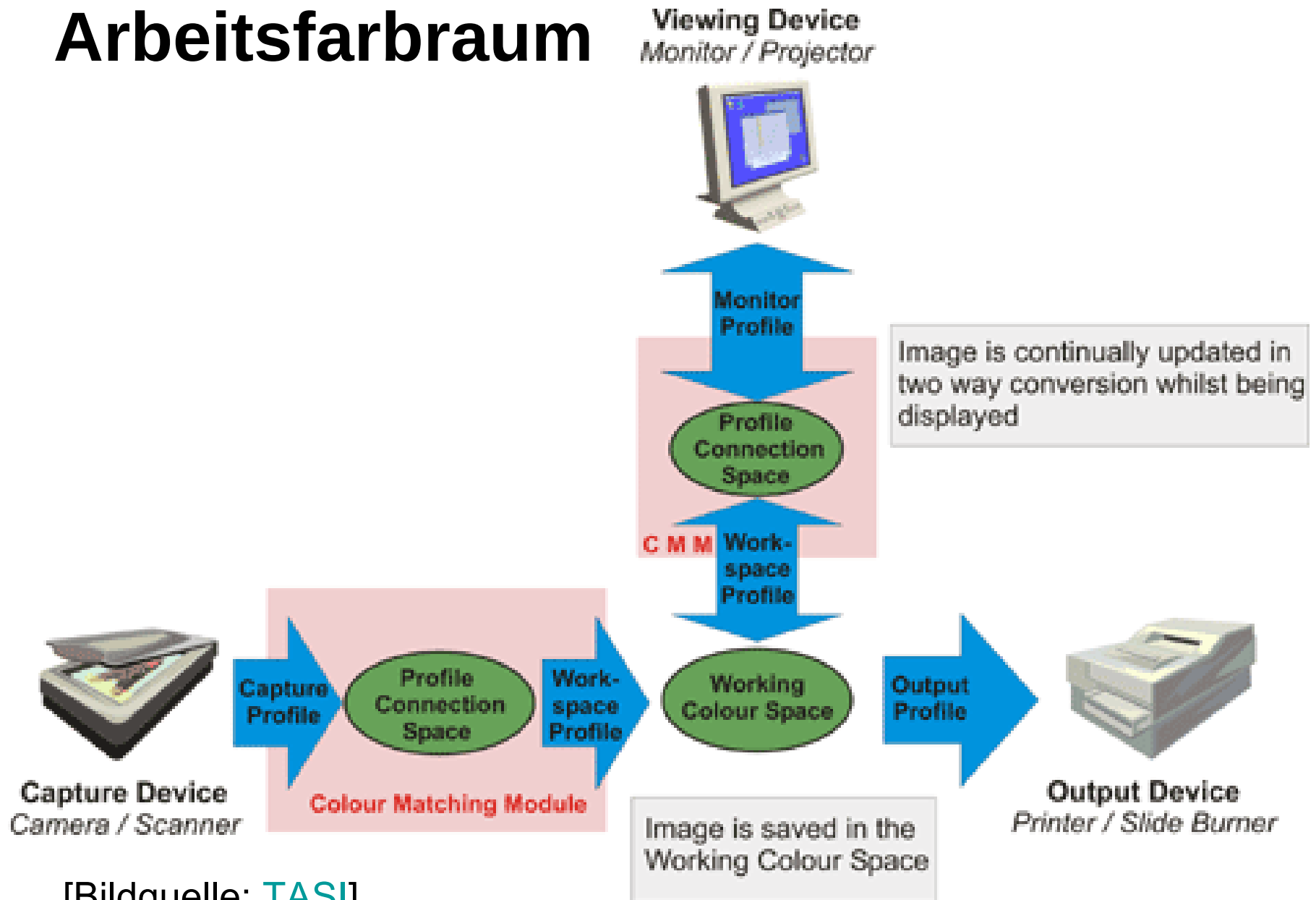
Ein- und Ausgabeprofile



- Definiert in Form von Tabellen (lookup-tables)
- Format und Verarbeitung durch ICC genormt
- <http://www.color.org/>

[Bildquelle: [TASI](http://www.tasi.com/)]

Arbeitsfarbraum

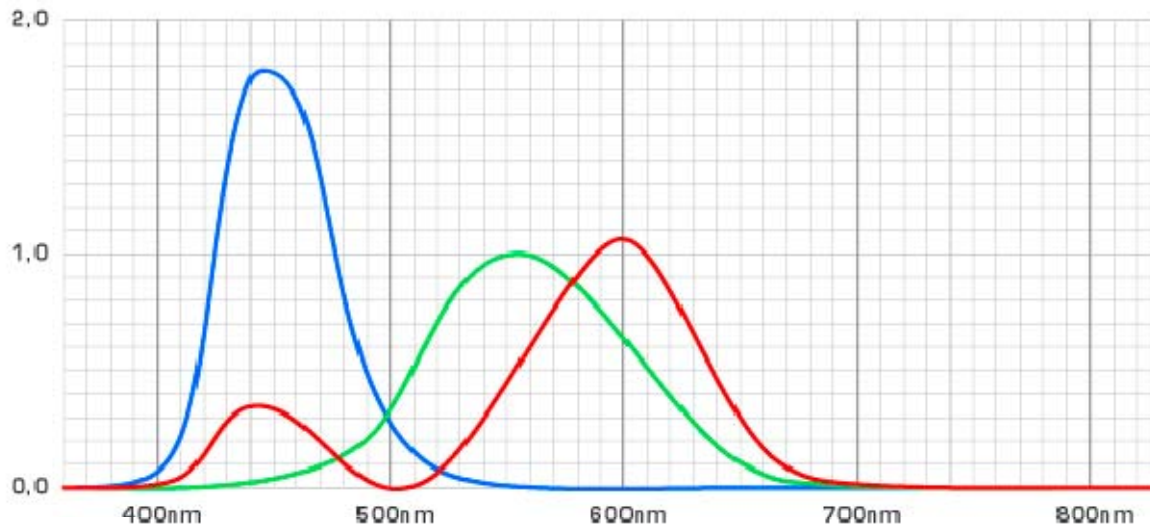


[Bildquelle: [TASI](#)]

CIE-Normvalenzsystem

- Das **CIE-Normvalenzsystem** oder **CIE-Normfarbsystem** (bekannt durch die **CIE-Normfarbtafel**) ist der Versuch der [Commission Internationale de l'Eclairage](#) (Internationale Beleuchtungskommission), Farben beruhend auf dem menschlichen Farbwahrnehmungsapparat darzustellen.
- Hierbei wird die direkte Auswirkung auf den Farbempfangsmechanismus ([Farbvalenz](#)) des Menschen zugrunde gelegt. [Quelle: [Wikipedia](#)]

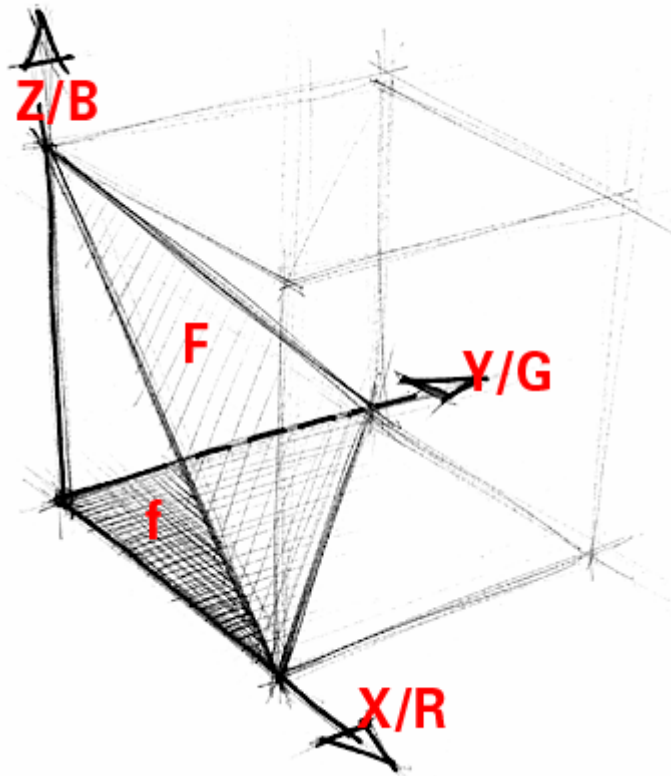
CIE-Normalbeobachter von 1931 und 1964



CIE-genormte
Empfindlichkeitskurven
der drei Farbrezeptoren
X (rot), Y (grün) und Z
(blau), empirisch
ermittelt und in Tabellen
festgelegt

- Farbwahrnehmung eines „durchschnittlichen“ Betrachters innerhalb eines definierten Sichtfeldes
- 1931: Sichtfeld von 2° , da dort die Farbwahrnehmung des Menschen am besten ist (Viele Zäpfchen)
- 1964: Sichtfeld 10° , da das praxisnäher ist
- Bis heute meist CIE 1931 verwendet

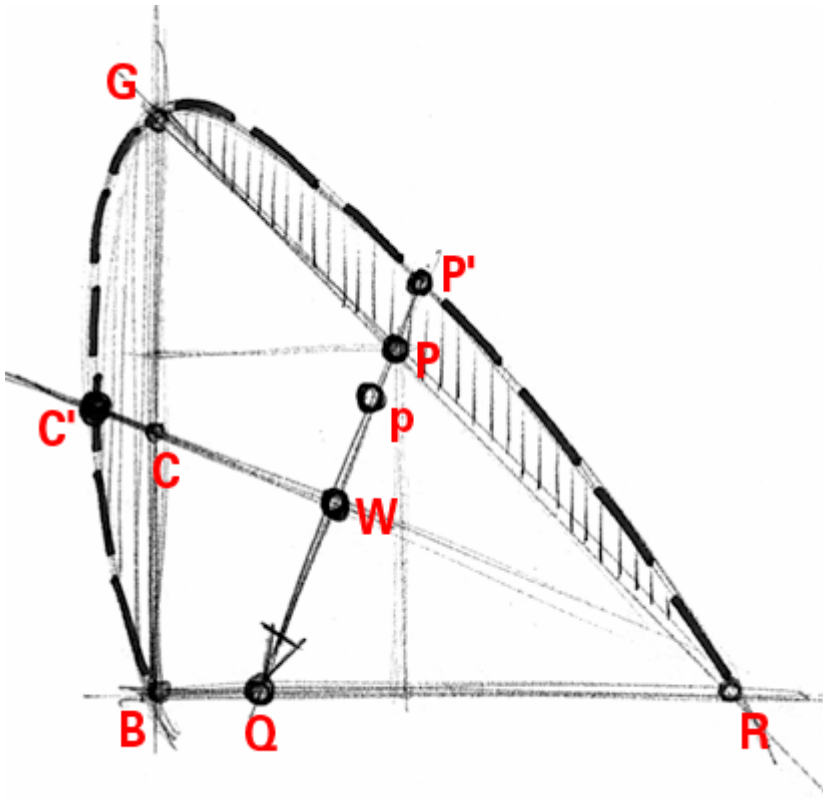
XYZ Farbraum



- Auf der Fläche **F** mit $X + Y + Z = 1$ stellt jeder Punkt ein Verhältnis der Grundfarben X,Y und Z zueinander dar. Die projizierte Fläche **f** verzichtet auf die Z-Komponente, die sich aus X und Y ergibt.
- $Z = 1 - X - Y$

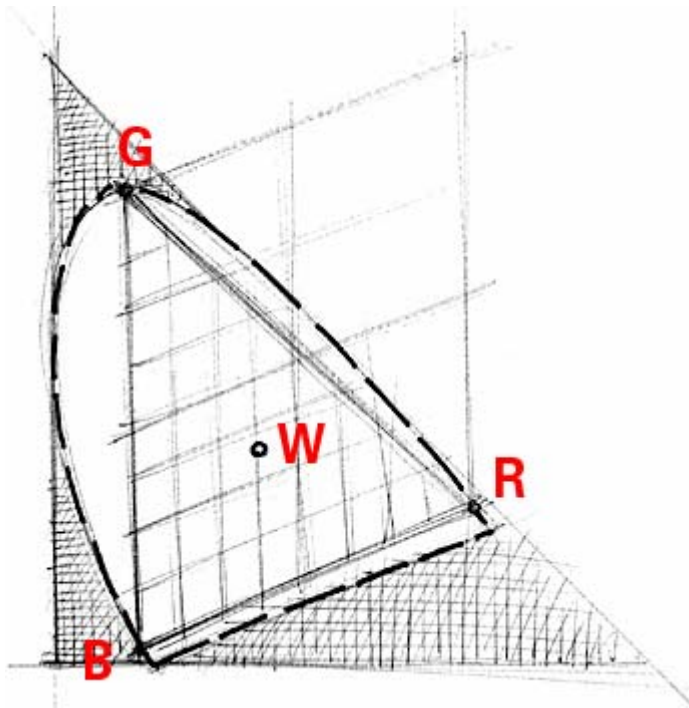
Projektion auf eine Ebene

- Auf der projizierten Fläche f ist der X- und Y-Anteil einer Farbe direkt ablesbar. Die Spektralfarben (schraffiert) liegen dabei im Bereich außerhalb positiver Farbanteile X und Y.

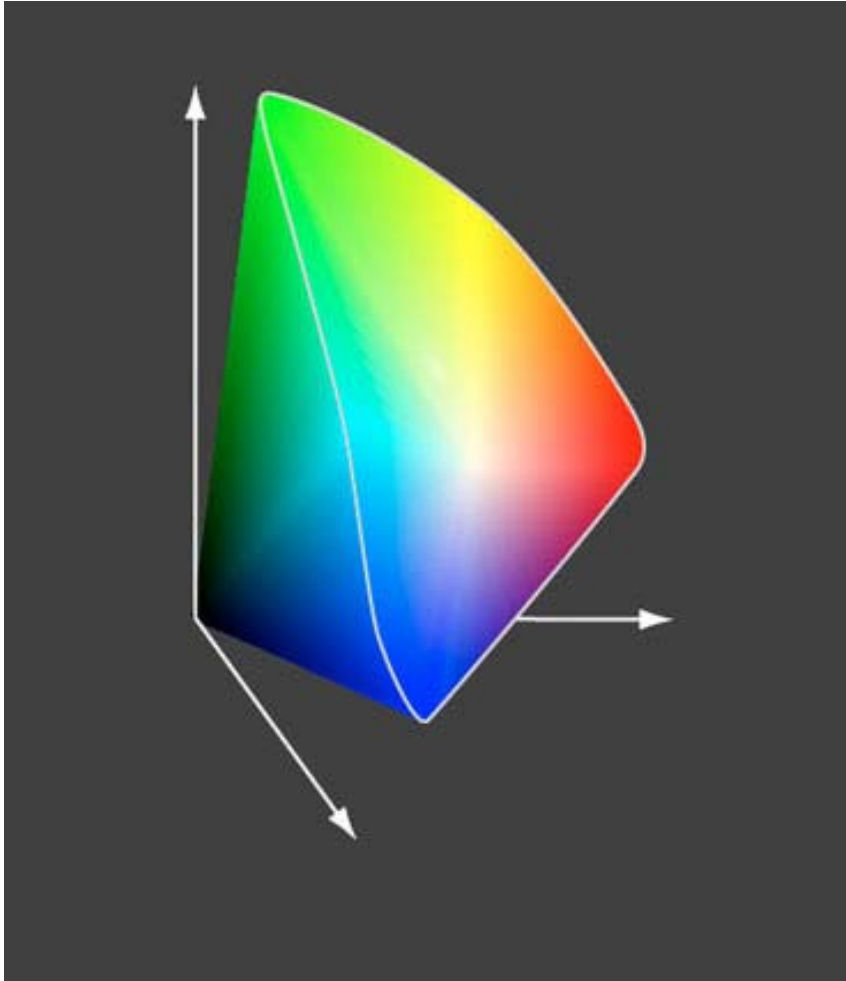


Definition theoretischer Grundfarben

- Zur Vermeidung negativer Werte wurden bei der Normfarbtafel einfach theoretische Grundfarben definiert, die per Definition alle Spektralfarben umfassen.

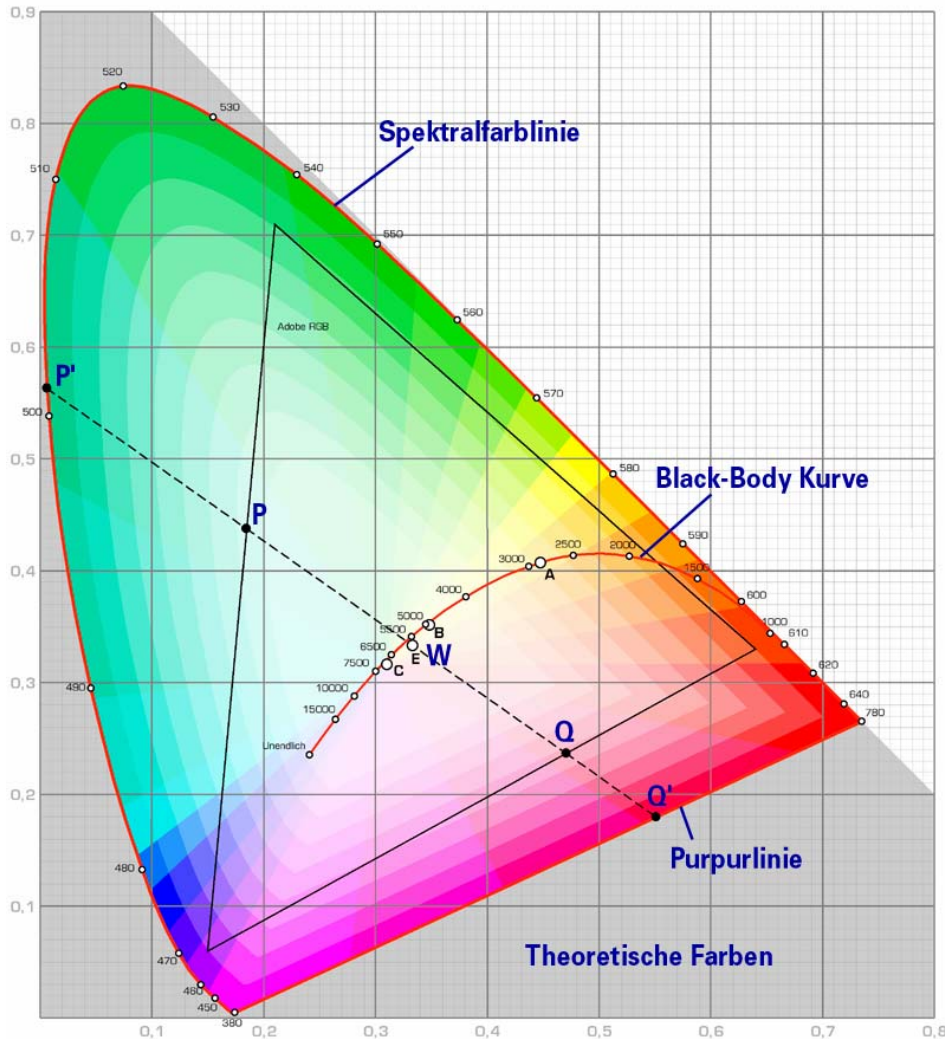


CIE XYZ-Farbraum



- Verwendung der theoretischen Grundfarben als Achsen
- Schwarz im Ursprung
- Spektralfarben entlang der weißen Linie

CIE Normfarbtafel

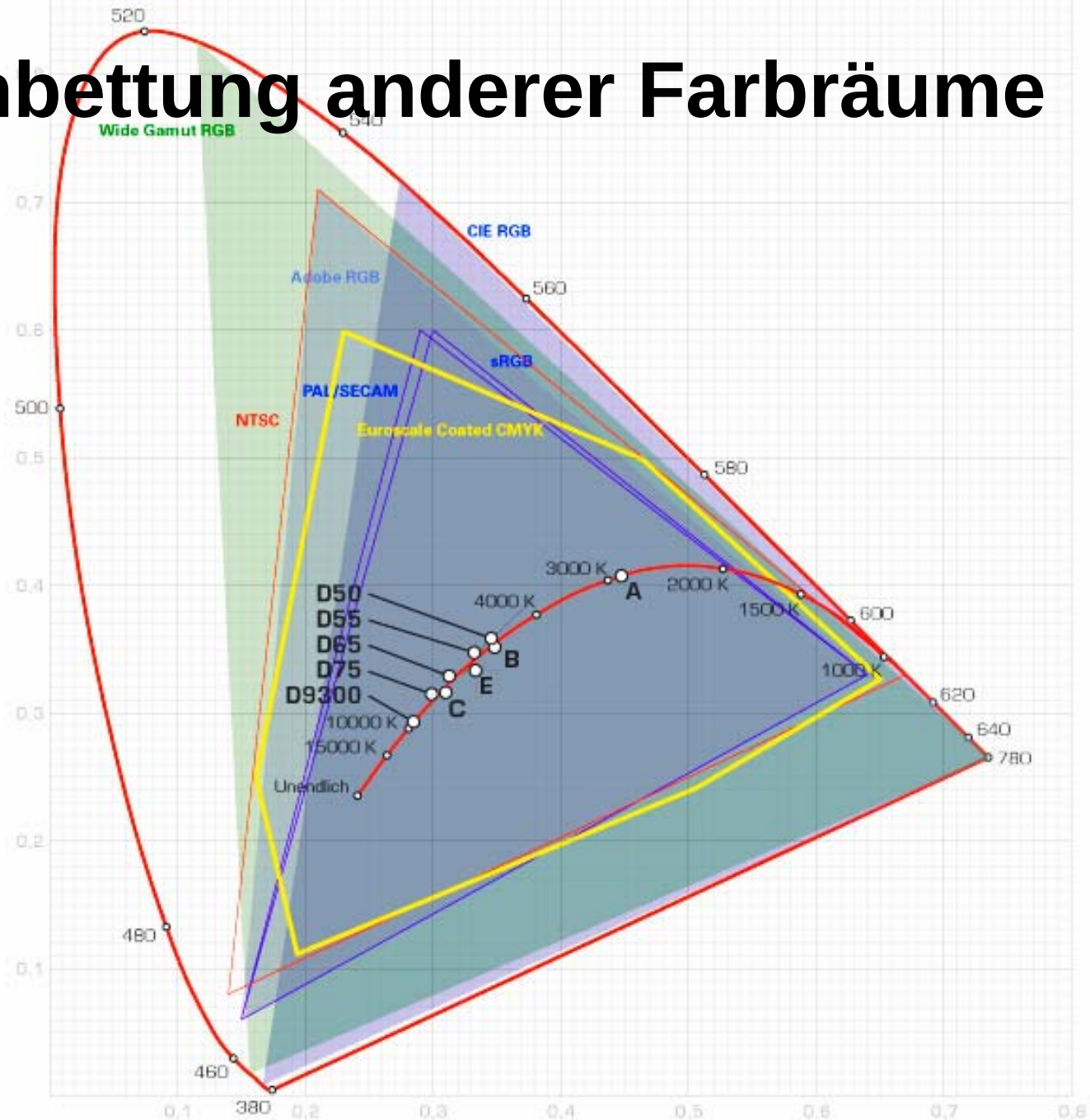


- Projektion des CIE XYZ Farbraums auf die Ebene $X+Y+Z=1$
- Also $R+G+B=1$
- $R = X$ -Achse
- $G = Y$ -Achse
- B ergibt sich daraus:
$$B = 1 - R - G$$

Weißpunkte

CIE-Normbeleuchtung	X-Wert	Y-Wert	Bemerkung
CIE-Normbeleuchtung A	0,4476	0,4047	Lichtspektrum einer Glühbirne ähnlich
CIE-Normbeleuchtung B	0,3484	0,3516	-
CIE-Normbeleuchtung C	0,3101	0,3162	Weißpunkt der NTSC-TV-Norm
CIE-Normbeleuchtung E	1/3	1/3	Weißpunkt des CIE-RGB-Farbraumes; X, Y und Z zu exakt gleichen Anteilen
D5000 bzw. D50	0,3457	0,3585	Weißpunkt für Wide-Gamut-RGB und Color-Match-RGB
D5500 bzw. D55	0,3324	0,3474	Lichtspektrum ähnlich dem von durchschnittlichem Tageslicht, Spektrum einem Schwarzkörper bei 5500 Kelvin ähnlich
D6500 bzw. D65	0,312713	0,329016	Weißpunkt für sRGB, Adobe-RGB und die PAL/SECAM-TV-Norm, Spektrum einem Schwarzkörper bei 6504 (sic!) Kelvin ähnlich
D7500 bzw. D75	0,2990	0,3149	Spektrum einem Schwarzkörper bei 7500 Kelvin ähnlich
D9300	0,2848	0,2932	Spektrum einem Schwarzkörper bei 9300 Kelvin ähnlich

Einbettung anderer Farbräume



Color Space: sRGB IEC-61966-2.1

- This is a standard colour space originally promoted by Microsoft, Hewlett Packard and other PC companies. It is based on the expected quality of an 'average' consumer (2.2 gamma and D65 white point) PC monitor.
- It is the standard colour space expected by all Internet Web browsers. It has now also become the standard colour space used by all consumer based digital cameras and scanners.
- So although it was designed to be a 'lowest common denominator' colour space with only a limited colour gamut, it is still the best choice for all images that are to be viewed on the Internet, or in any situation where the quality of the viewing monitors is low or unknown.
- On the other hand it would be a very bad choice for any images that are to end up going to high quality print.

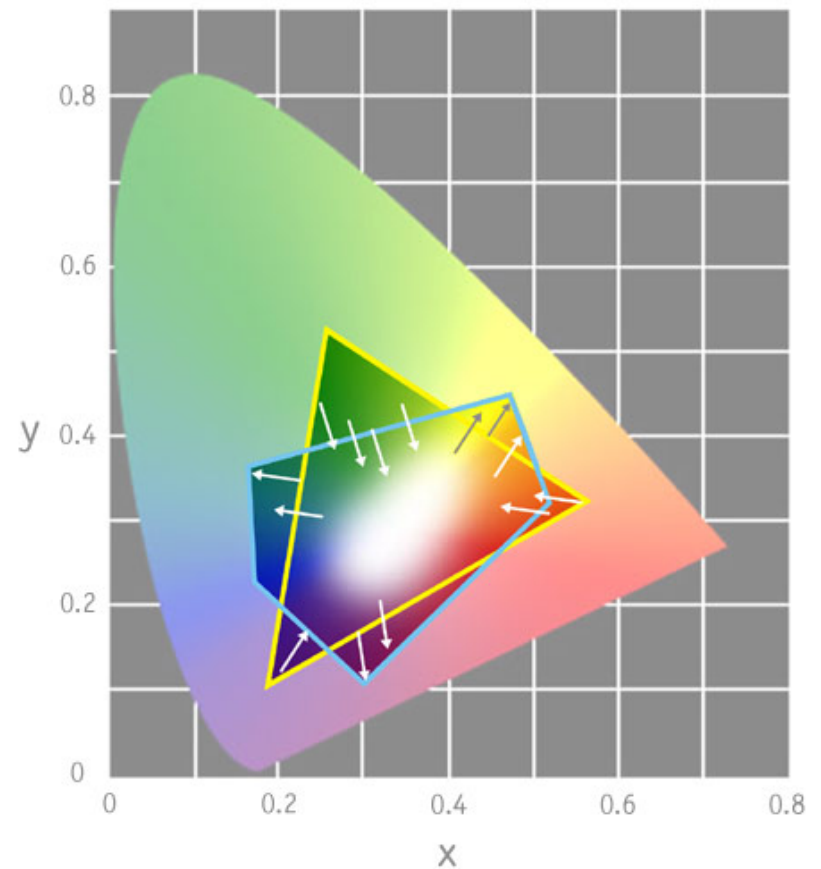
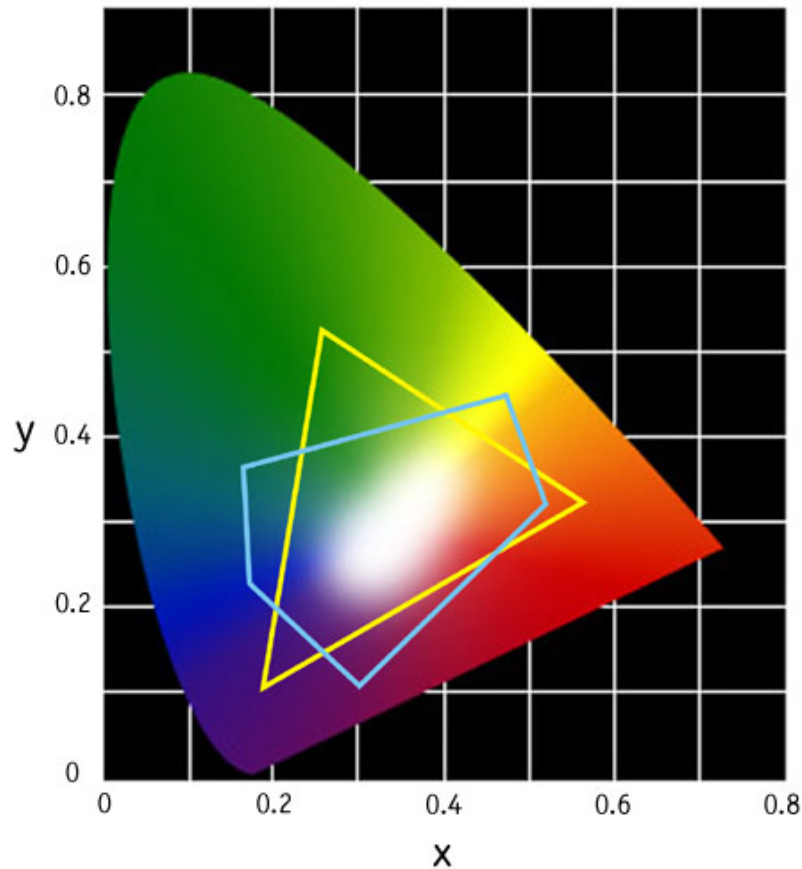
Color Space: Adobe RGB (1998)

- Adobe have established this colour space (originally based on SMPTE-240M - a standard for HDTV) as a recommended standard for images that are to be converted at some stage to CMYK for print.
- It is likely to shortly become an ISO standard and has been accepted by most users as providing the best overall compromise between quality and gamut size.

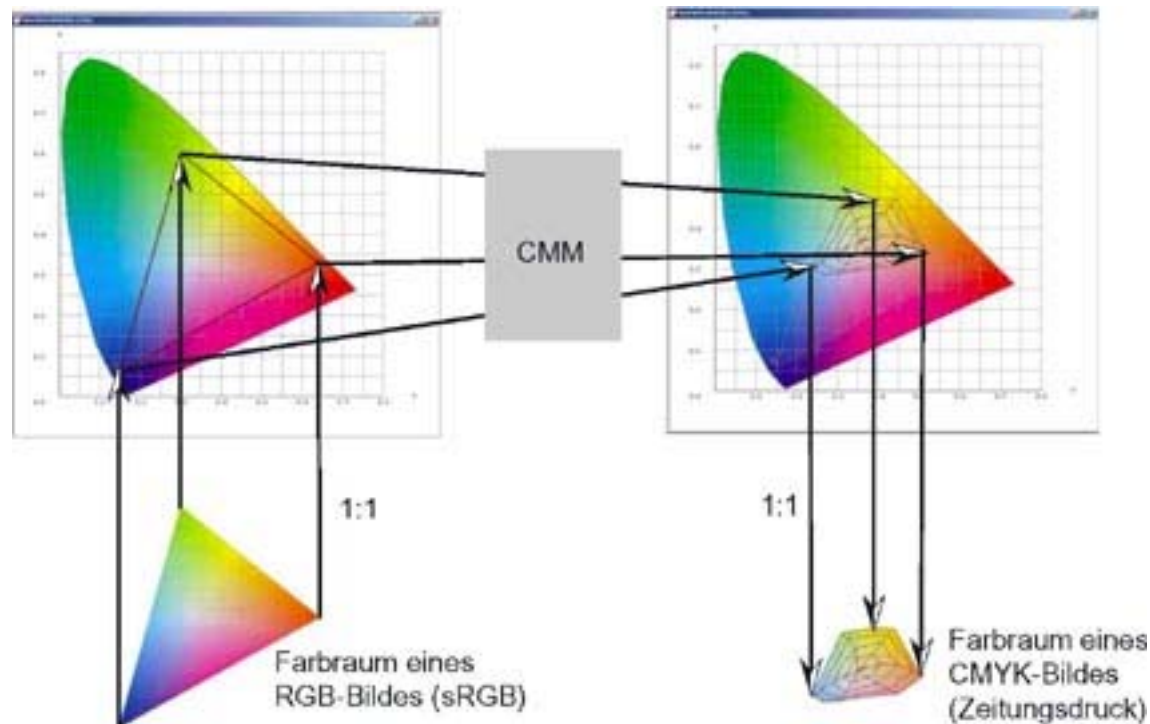
ProPhoto RGB and Wide Gamut RGB

- Both these colour spaces have very wide gamuts that include a large amount of colours that can be neither printed nor viewed on most monitors.
- However they do contain most of the extended gamut available to photographic materials and high quality desktop printers.
- So although this amount of information might be considered overkill for most uses, it can really improve a high-quality image that is to be printed onto photographic materials.
- As these colour spaces are so wide, it is normally advisable to only use colour images that have 16 bits per channel, to make full use of the colour space.

Wie wandelt man zwischen Farbräumen?



Umwandlung zwischen Farbräumen

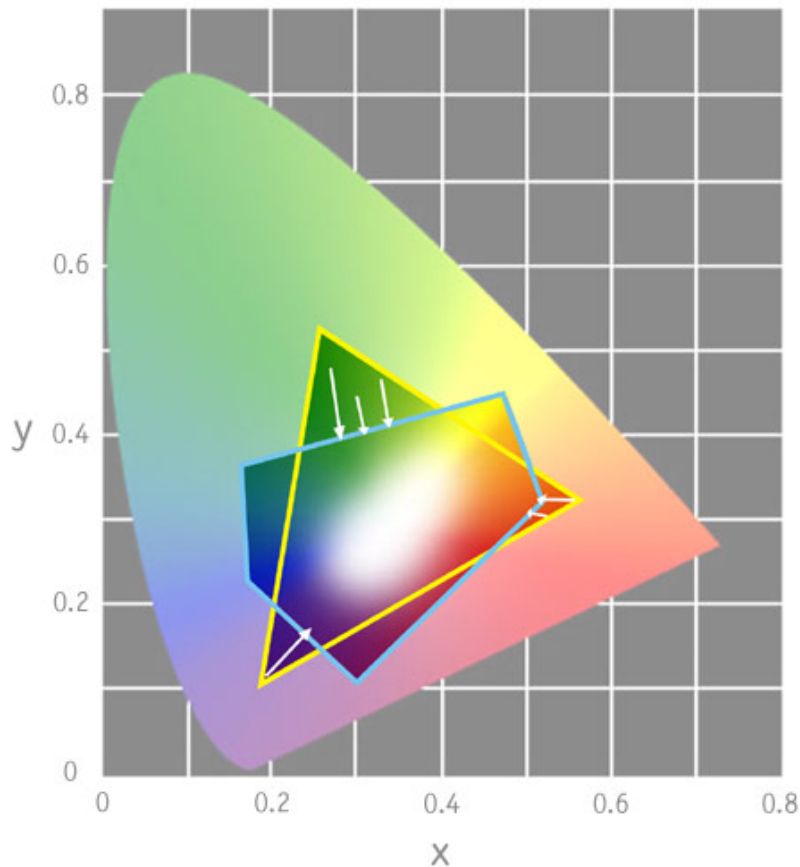


http://www.medicalpicture.de/cont_36.onlinelexikon.php

Rendering Intent

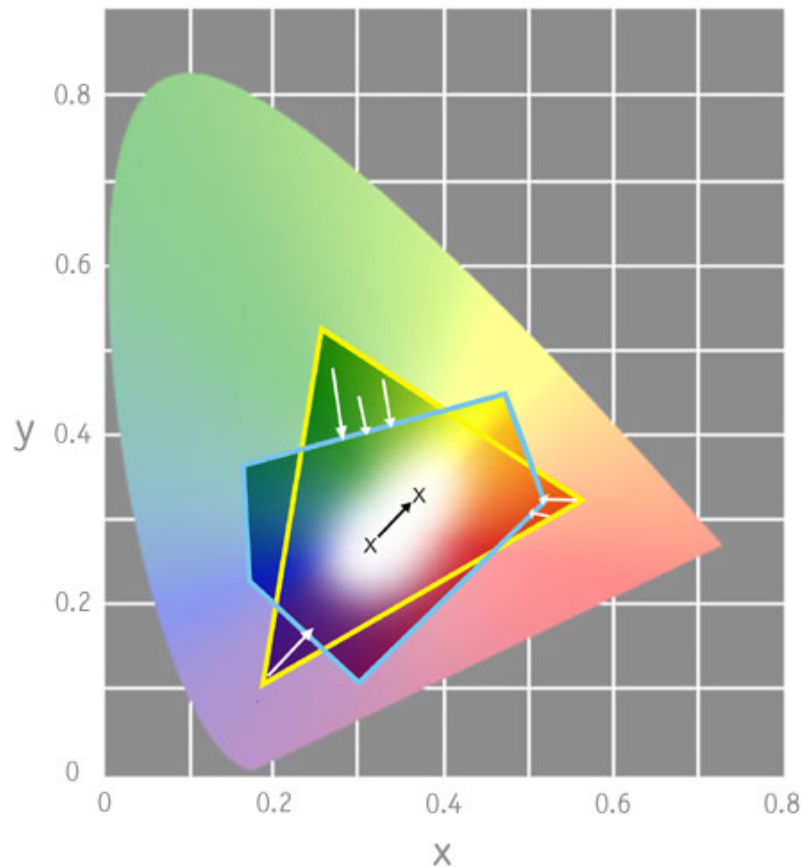
- Gibt an, nach welchen Regeln Farben in andere umgewandelt werden
- Problem 1: Evtl. sind nicht alle Farben des Ursprungsraumes im Zielraum enthalten
- Problem 2: Evtl. werden nicht alle Farben des Zielraumes ausgenutzt

Absolute colorimetric rendering intent



- Identical colours are left alone. Out of gamut colours are moved to the closest in-gamut colour, meaning some colours will become identical. The white point is not adjusted.
- Suitable for images with signature colours, or anything where accuracy is more important than visual appearance

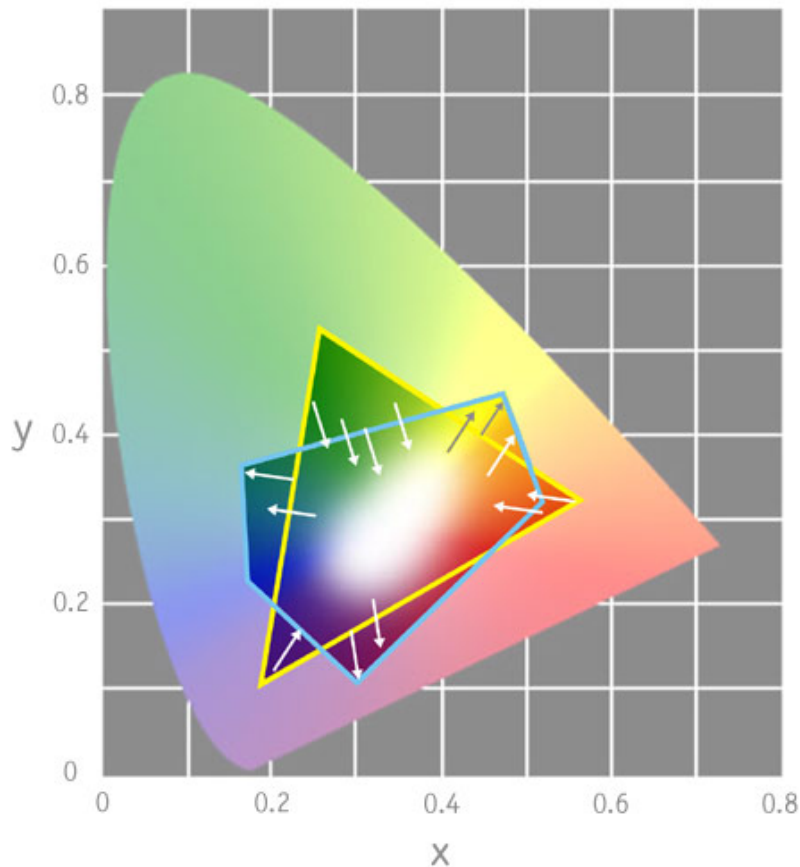
Relative colorimetric rendering intent



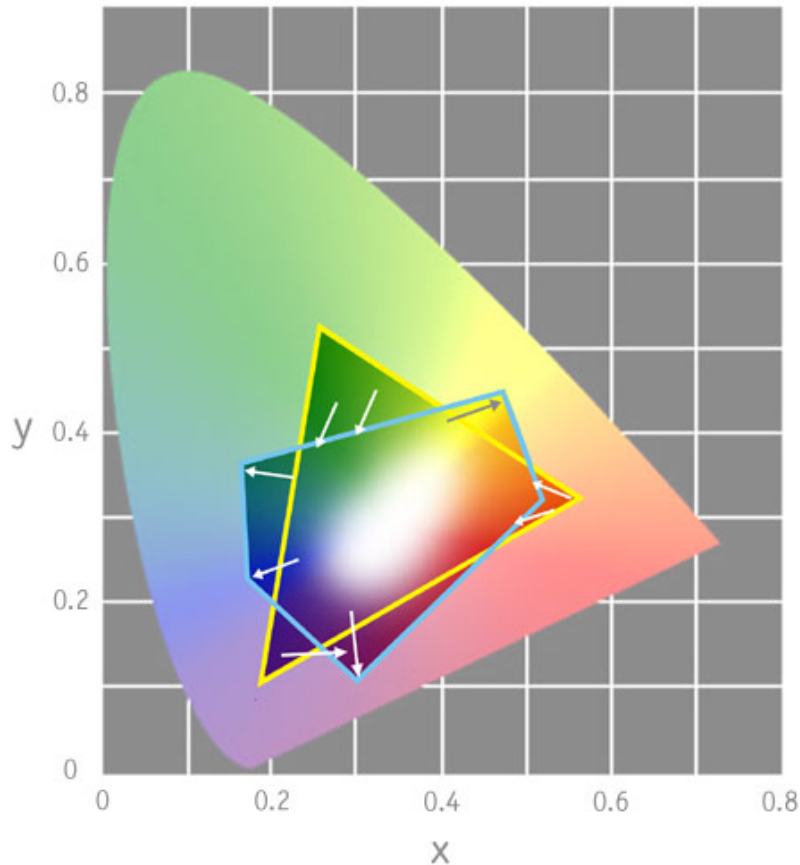
- Like Absolute Colorimetric, out of gamut colours are moved to the closest in-gamut colour that will preserve lightness and hue but not saturation. However in this case the white point is adjusted during the transformation.
- Suitable for photographs where only a few colours are outside output gamut, an experts choice

Perceptual Rendering Intent

- Aims to preserve the visual relationship between colours in a way that is perceived as natural to the human eye, although the colour values themselves may change.
- Suitable for Photographs

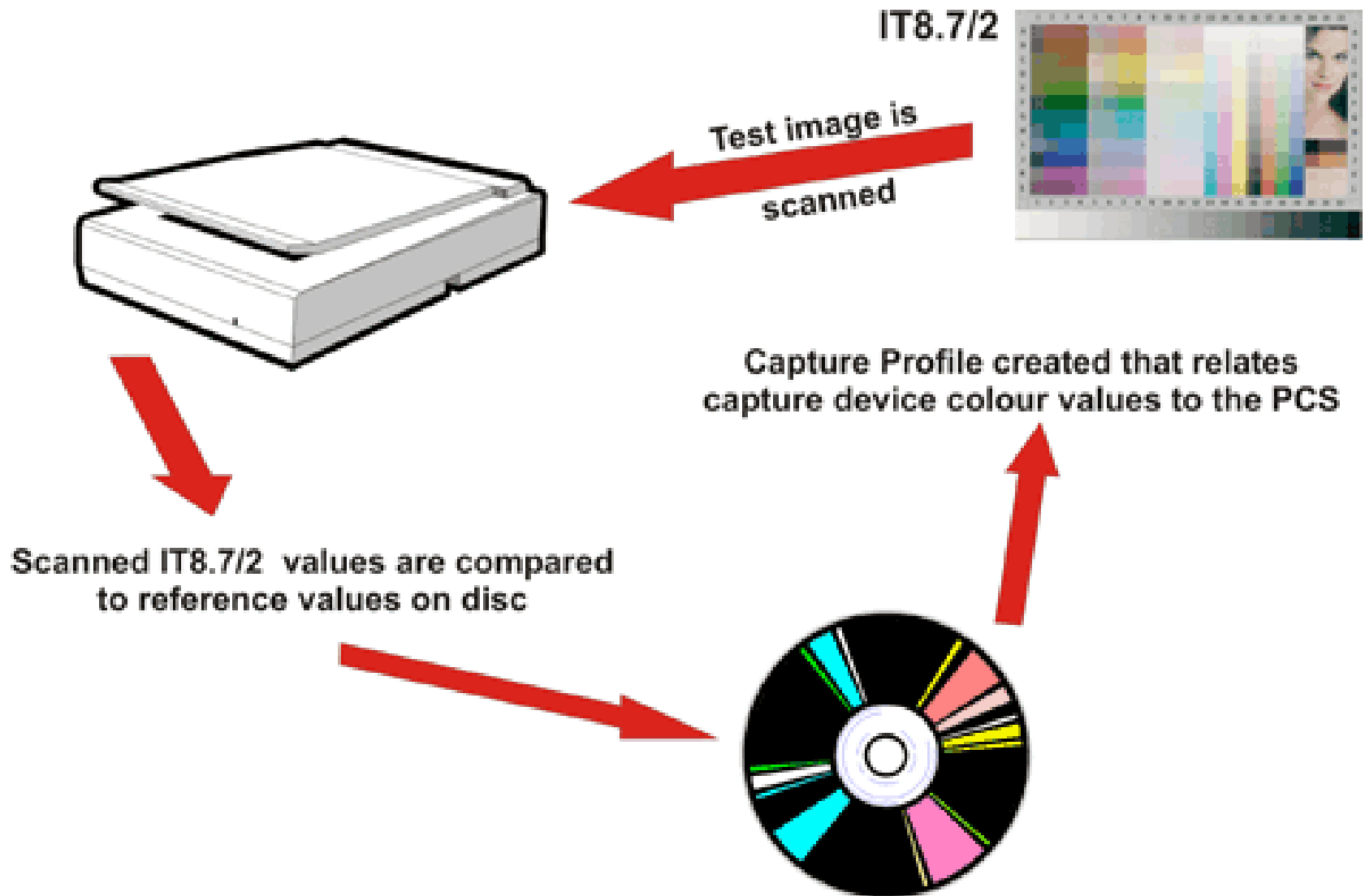


Saturation rendering intent

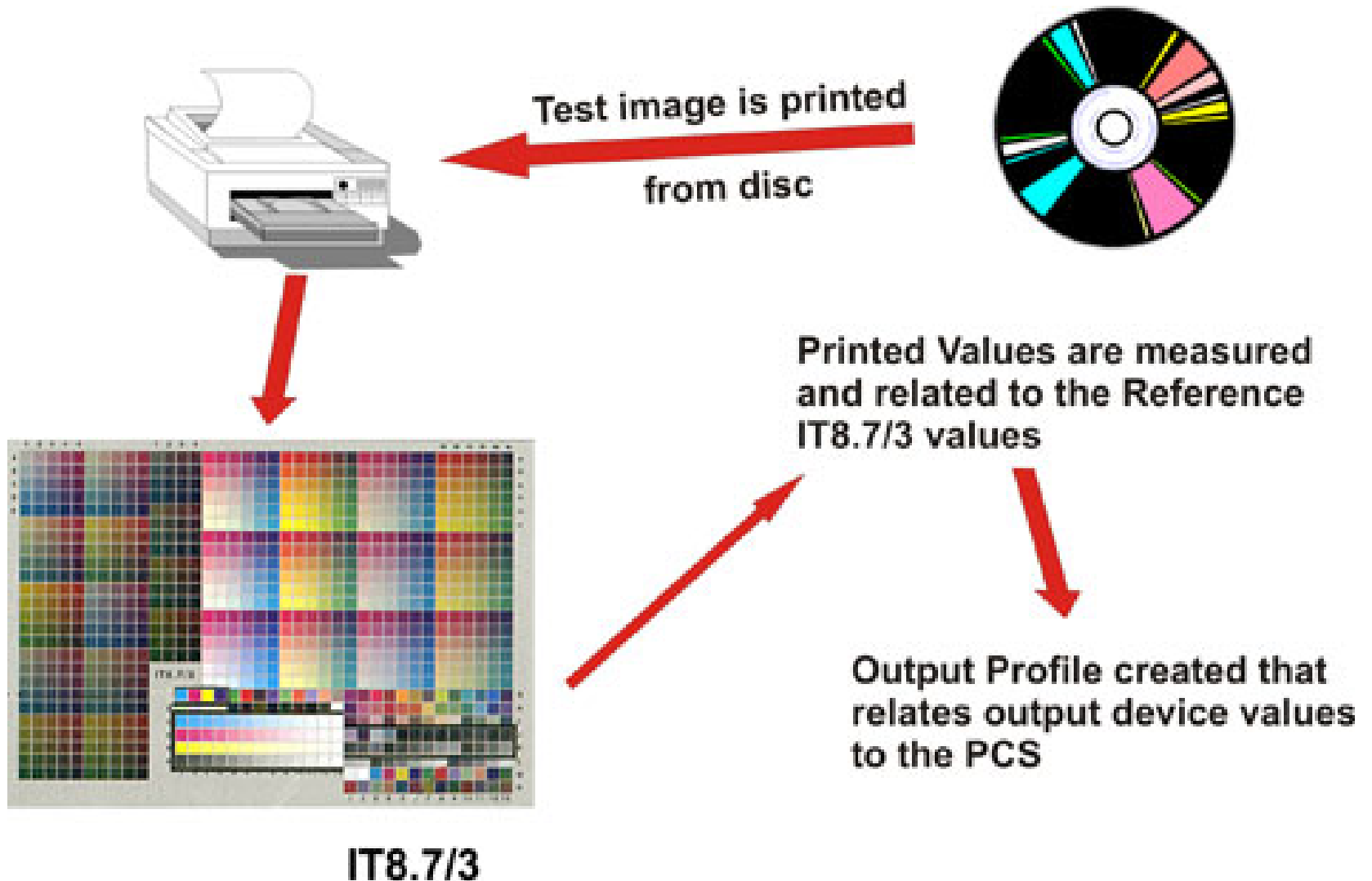


- All colours are transformed to the brightest saturation possible. This provides vivid colours but does not necessarily provide colour accuracy.
- Suitable for graphics

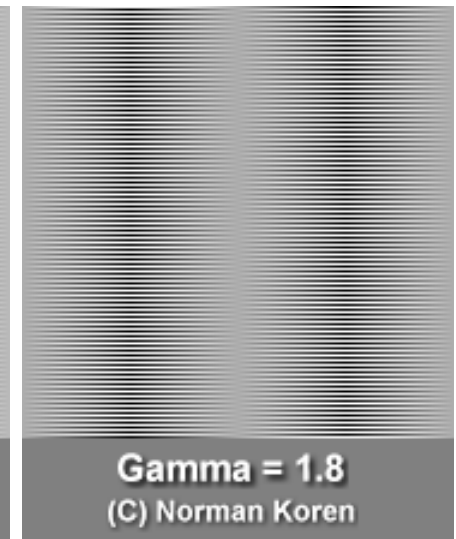
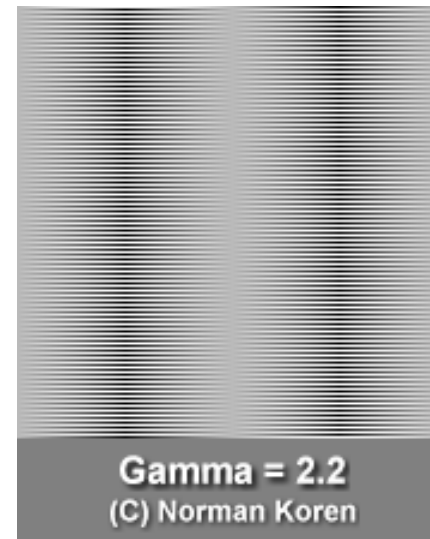
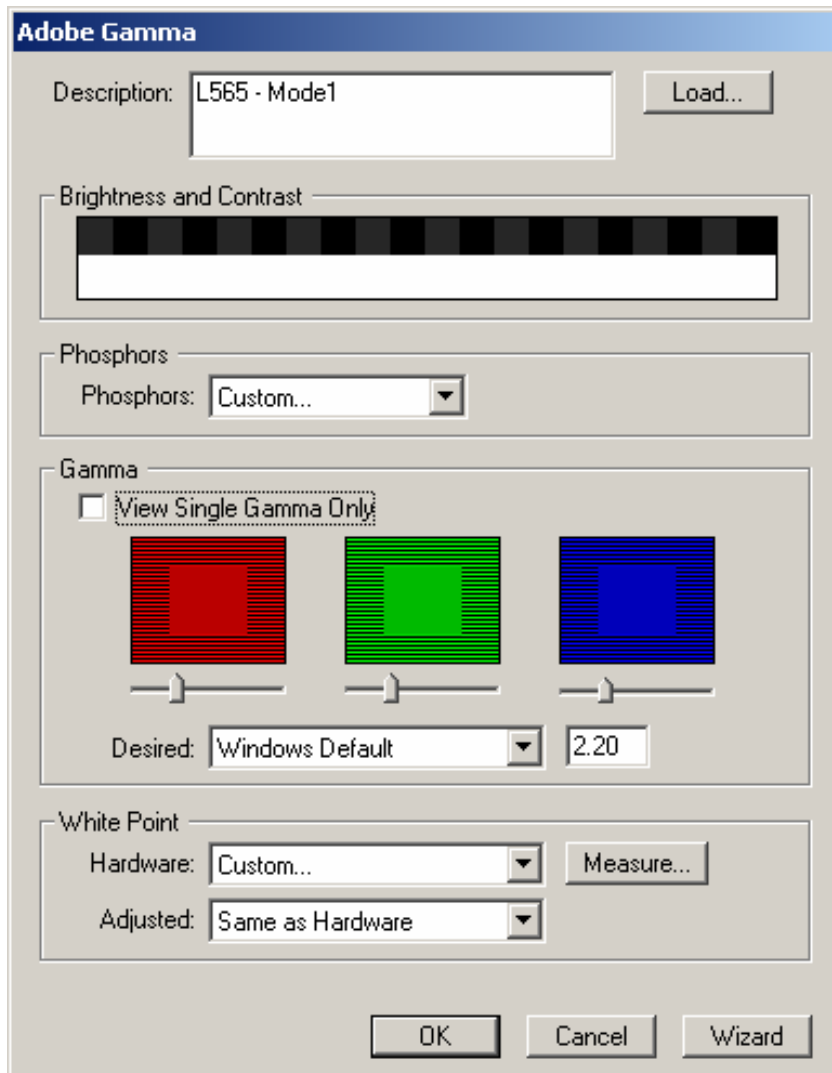
Scannerkalibrierung



Druckerkalibrierung



Monitorkalibrierung - manuell



Monitorkalibrierung: mit Testprint



- Testbild (Print) im Profilabor abholen
- Zugehörige Datei downloaden
- Kontrollierte Lichtsituation herstellen
- Testbild neben den Monitor halten und abgleichen, bis beide übereinstimmen

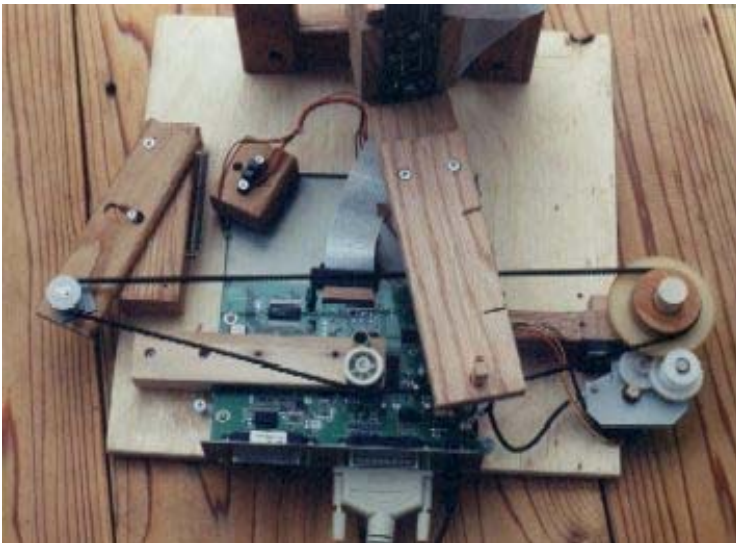
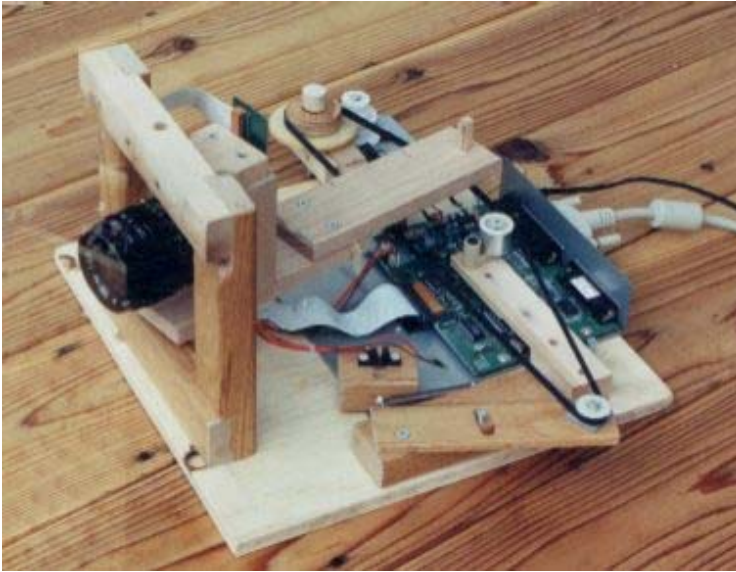


Monitorkalibrierung – durch Messung



- Genauestes Verfahren
- Erstellt individuelles ICC Profil
- Funktioniert auch für ältere (ausgebrannte) Monitore

Building a megapixel digital camera from a flatbed scanner



- My approach basically involves trashing a \$100 scanner. I disassembled the scanner and took out all the electronics, the CCD image sensor, and the stepper motor mechanism, and built a new mechanism to hold it all together, and rotate the CCD and lens assembly to scan its environment, instead of a piece of paper.
- <http://www.sentex.net/~mwan del/tech/scanner.html>

Building a megapixel digital camera from a flatbed scanner

- Another thing I discovered was that, in order to get colour convergence to work, I needed to set it up to produce a mirror image. This was because the beam folder in the original scanner had an odd number of reflections, thus resulting in a mirror image hitting the CCD. In order to keep the software happy, I just set it up so that the lens rotated in the opposite direction that it used to scan. It always gives me a mirror image, but this is easy to fix in the photo editor.
- **A picture I took of the garage while the door was moving**

