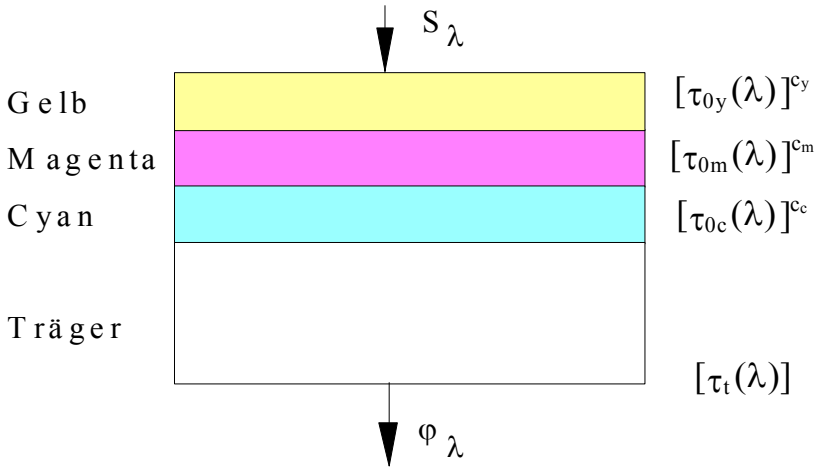
Subtraktive Farbmischung (Beispiel DIA)

Grundsätzlicher Aufbau eines Farbfilmes
(Diapositiv)



Die Yellow-Schicht sieht gelb aus, weil sie aus weißem Licht blau herausnimmt.

Lambert - Beersches Gesetz :

$$\tau_i(\lambda) = [\tau_{0i}(\lambda)]^{c \cdot w}$$

$$\varphi_\lambda = 10^{-[c_y \cdot D_{0y}(\lambda) + c_c \cdot D_{0c}(\lambda) + c_m \cdot D_{0m}(\lambda) + D_t(\lambda)]} \cdot S_\lambda$$

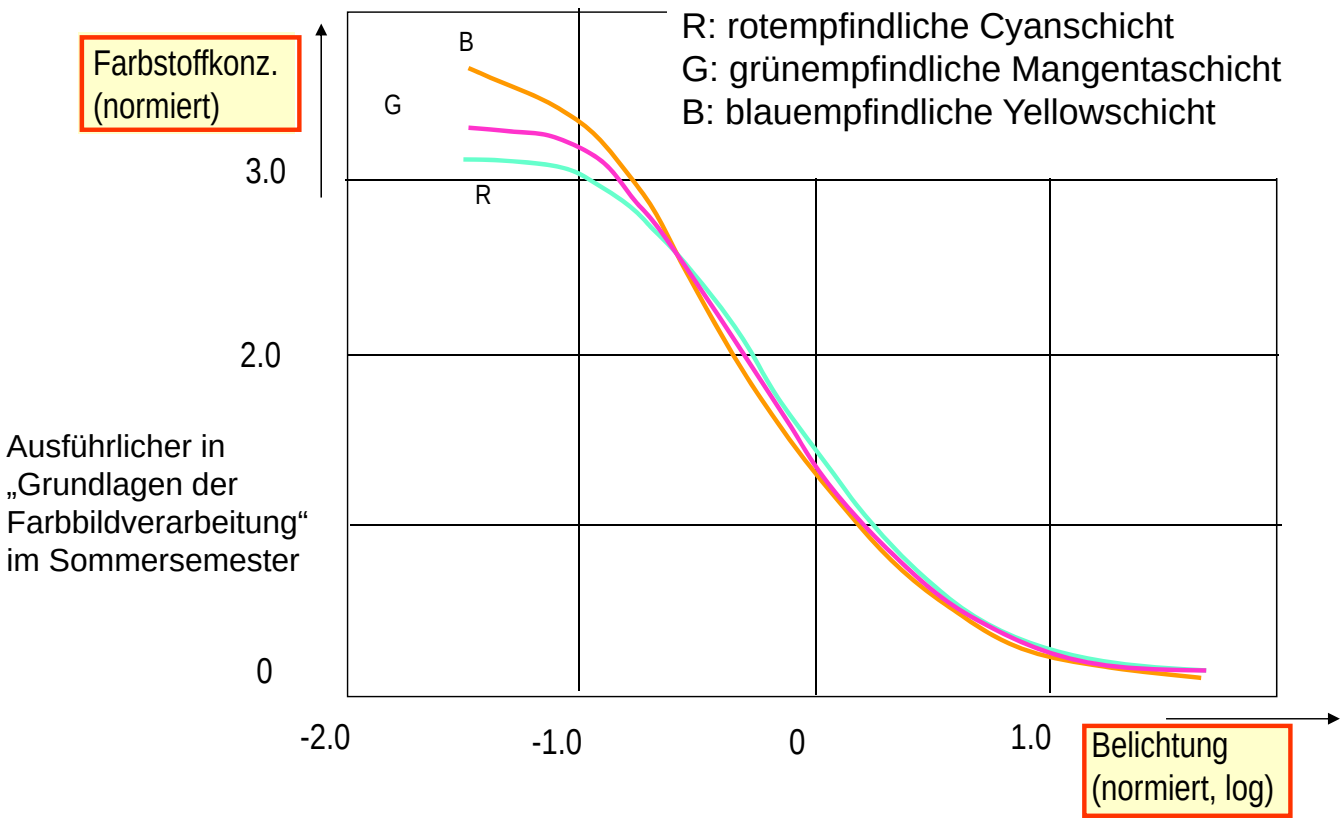
Spektrale optische Dichte

$$D_i(\lambda) = -\lg \tau_i(\lambda) = \lg \frac{1}{\tau_i(\lambda)}$$

Lambert - Beersches Gesetz für die optische Dichte :

$$D_i(\lambda) = c_i \cdot w_i \cdot D_{0i}(\lambda)$$

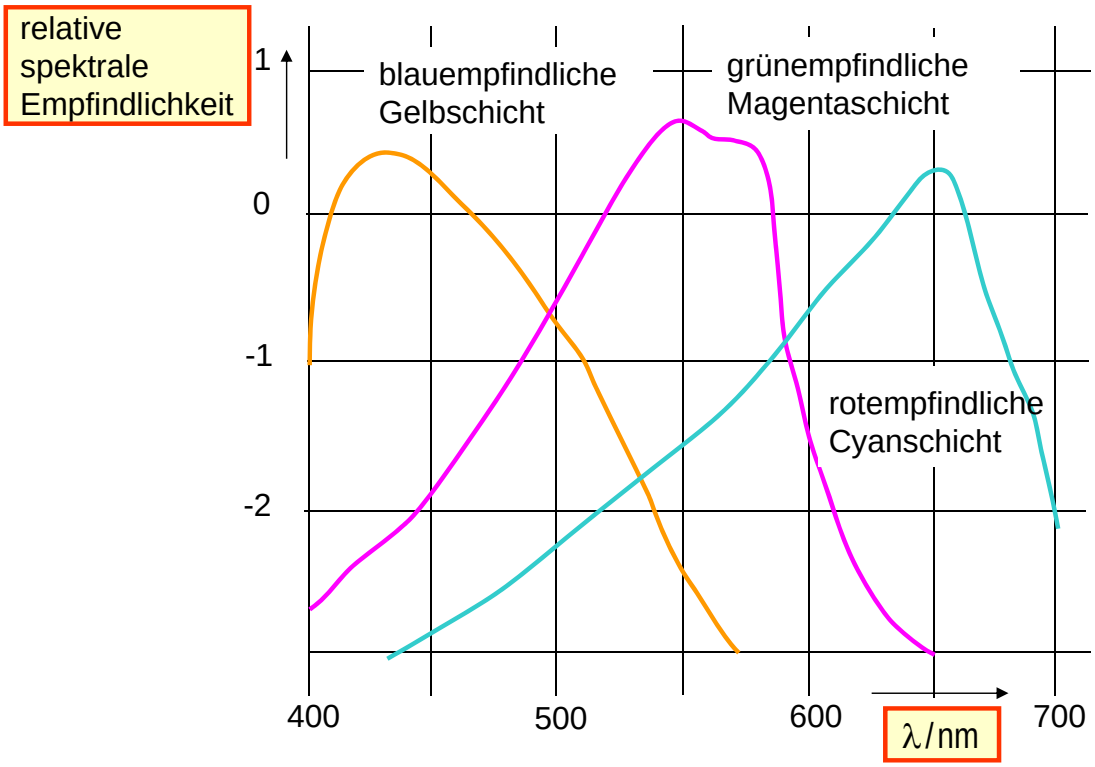
Subtraktive Farbmischung (Gradationskurven)



R: rotempfindliche Cyanschicht
G: grünempfindliche Mangentaschicht
B: blauempfindliche Yellowschicht

Ausführlicher in „Grundlagen der Farbbildverarbeitung“ im Sommersemester

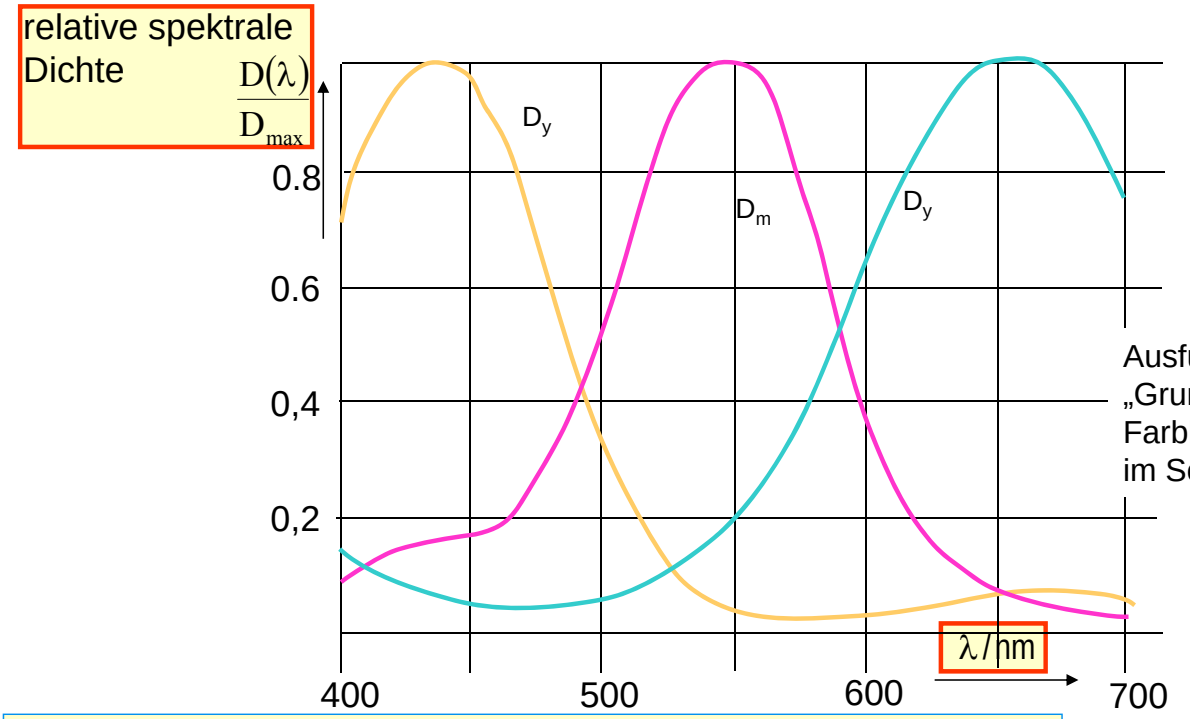
Subtraktive Farbmischung (Spektrale Empfindlichkeiten)



Ausführlicher in „Grundlagen der Farbbildverarbeitung“ im Sommersemester

ISSN 1432-3346

Subtraktive Farbmischung (optische Dichten)

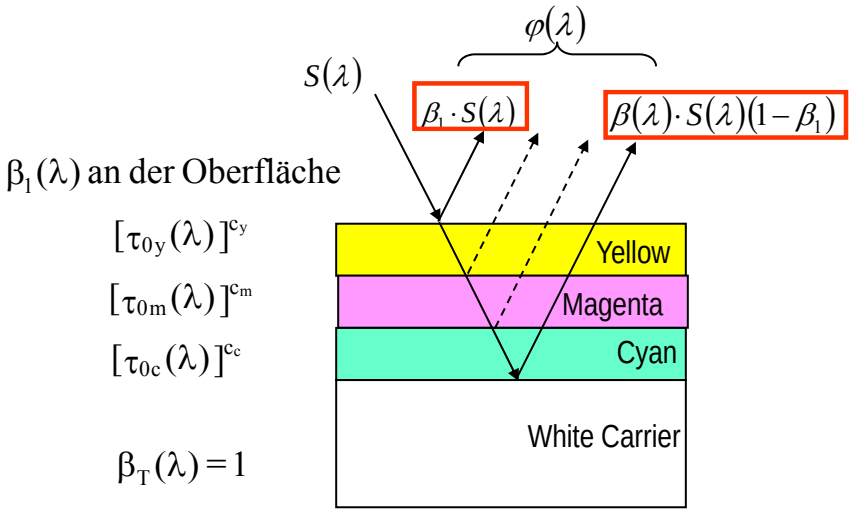


Ausführlicher in „Grundlagen der Farbbildverarbeitung“ im Sommersemester

$$R = k \cdot \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} 10^{-[c_y \cdot D_{0y}(\lambda) + c_c \cdot D_{0c}(\lambda) + c_m \cdot D_{0m}(\lambda) + D_t(\lambda)]} \cdot S_\lambda \cdot \bar{r}(\lambda) \cdot d\lambda$$

ISSN 1432-3346

Subtraktive Farbmischung (Papierbild)

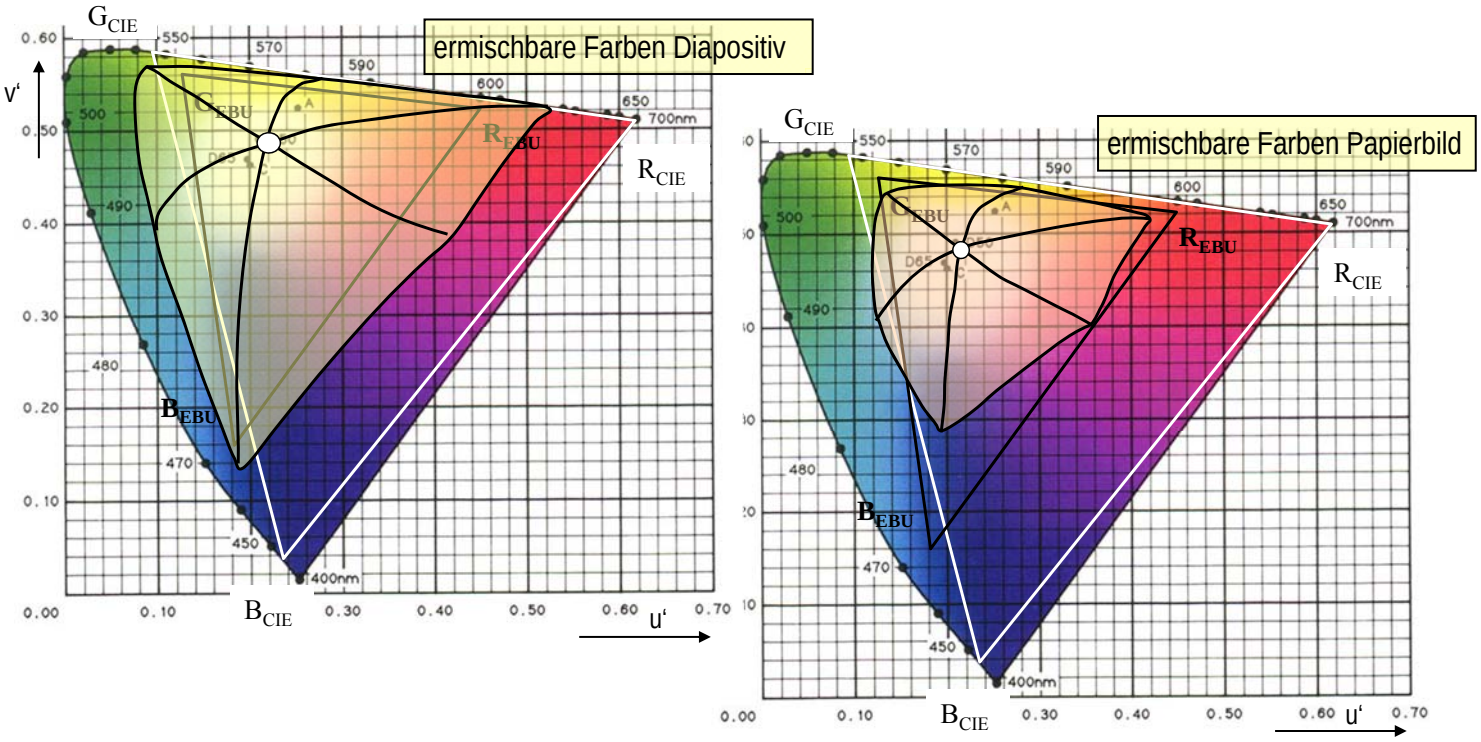


- Die remittierte Strahlung enthält neben den durch die τ_i modulierten Anteilen auch Anteile, die von Reflexionen an den Grenzschichten stammen.
- Macht den wesentlichen Unterschied zum Diapositiv aus.
- Beispiel: Im Hochglanzphoto spiegelt sich die Sonne → Der spekulare Reflex enthält nur die Farbe der Lichtquelle, also keine Bildstruktur mehr.

- Folge: Farbeindrücke sind wesentlich ungesättigter !!!

ISSN 1432-3346

Ermischbare Farben RGB_{CIE}, RGB_{EBU}, Diapositiv und Papier in der u`-v´-Tafel



ISSN 1432-3346

Subtraktiven Farbmischung → unzulässige Vereinfachung

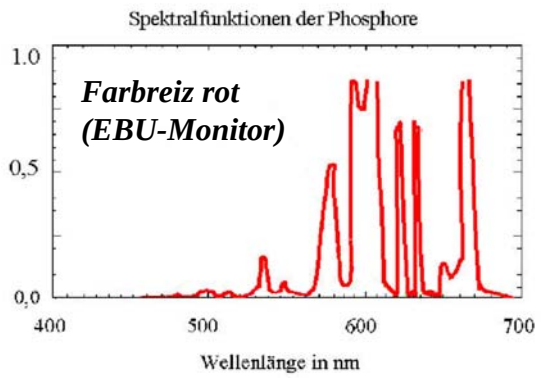
$$\underline{F}_{CMY} = \underline{F}_{weiß} - \underline{F}_{RGB}$$

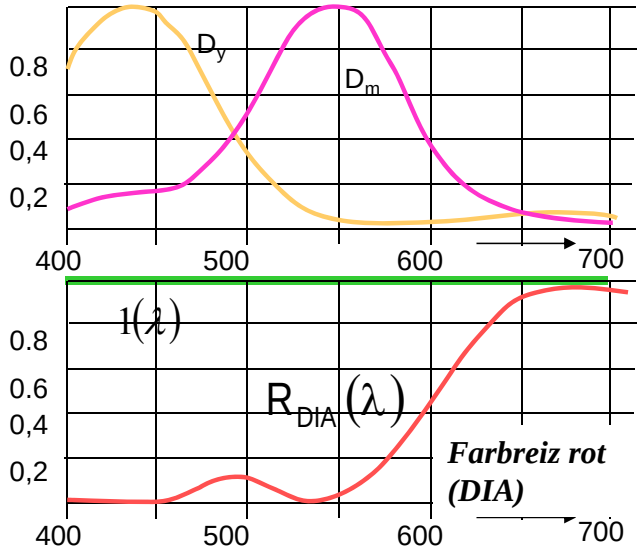
Beispiel: rot

$$\begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}_{CMY} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}_{RGB}$$

- ist unzulässig vereinfacht und deshalb eher *falsch* !!!
- höchstens für Geschäftsgrafiken gestattet !!!
  (bei nachsichtigem Chef)

CRT-Display: Spektralfunktion roter Leuchtphosphor





optische Dichten von Filmen

Y=1
M=1

Schwere Kritk: Der Grundton ist in beiden Fällen rötlich, aber ???

ISSN 1432-3346

Literatur zu Wesen der Farbe, Farbräume, Color Management:

- **R. S. Berns:**
  „Billmeyer and Saltzman‘s Principles of Color Technology“, 3. Ed.,
  Wiley & Sins, Inc. , 2000, ISBN 0-471-19459-X
- **Deutsche Normen:**
  DIN 5033, Teil 1 bis Teil9 (Farbräume)
  DIN 6164, Teil 1 bis Teil 3 (Farbkarten)
  DIN 6169, Teil 1 bis Teil 6 (Farbwiedergabe)
- **K.-H. Franke:**
  „Grundlagen der Farbbildverarbeitung“, Ed. 2013,
  ISSN 1432-3346, ZBS Ilmenau, Werner-von-Siemens-Str. 10, Tel.: 03677 / 6897680, Frau Stübchen
- **Nur zur kritischen Ergänzung:**
  Foley, van Dam, Feiner , Hughes:
  „Computer Graphics: Principles and Practice“, Sec. Ed. ,
  Chapter 13: Achromatic and Colored Light
  Addison-Wisley Publishing Company, ISBN 0-201-12110-7

ISSN 1432-3346

Farbmetrische Schnittstellen – Farbräume – Color Management

Unterschiedliche bildgebende Systeme, z.B.:

- Farbkameras
  - 3-Chip-, Einchipkameras, Röhrenkameras
  - homogene Filter, Mosaikfilter, Streifenfilter, ...
  - unterschiedliche Filtertechnologie (RGB, CMY, ...)
  - CCD-, CMOS-Kameras, Röhrenkameras, ...
- Farbscanner - Beleuchtung, Farbstoffe
- Spezialkameras - Applikationsspezifische Kanäle

Widerspruch

Lösung: Approximation, Targetanpassung, Farbprofile

Farbmetrische Schnittstelle

Lösung: Farbprofile

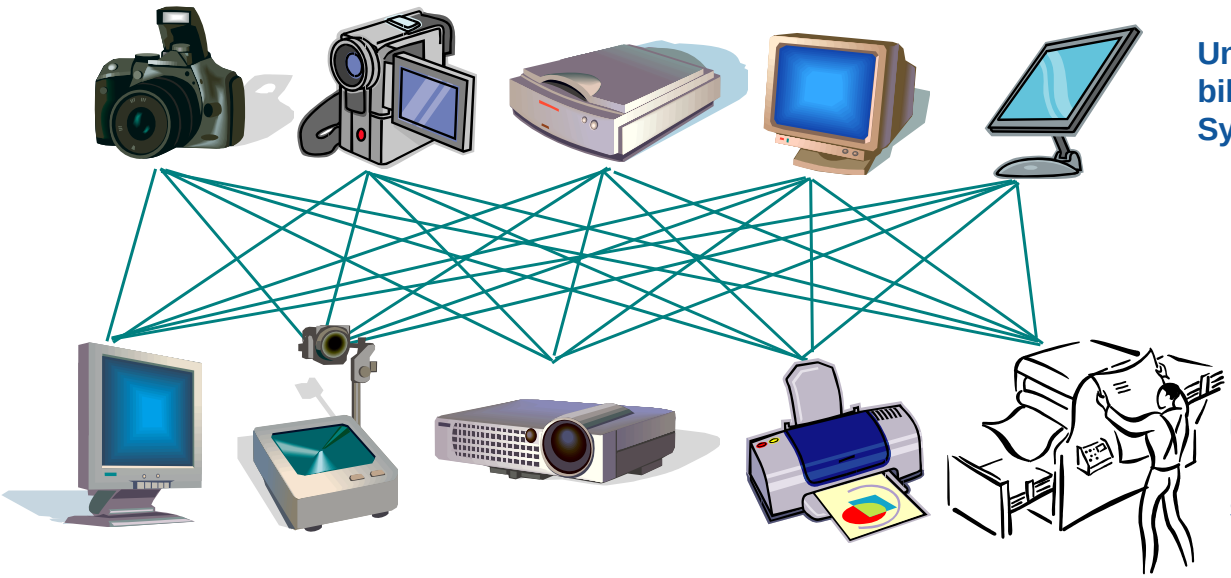
Color Management

- „True - Color- Darstellung“
  - unterschiedliche Monitore / div. CRT-Systeme, TFT,...
  - unterschiedliche Beamer und Overhead-Displays
  - unterschiedliche Drucker

Unterschiedliche Bildwiedergabesysteme z.B.:

ISSN 1432-3346

einfache „Farbkalibrierung“



Unterschiedliche bildgebende Systeme (Inputs)

Unterschiedliche Bildwiedergabe-systeme

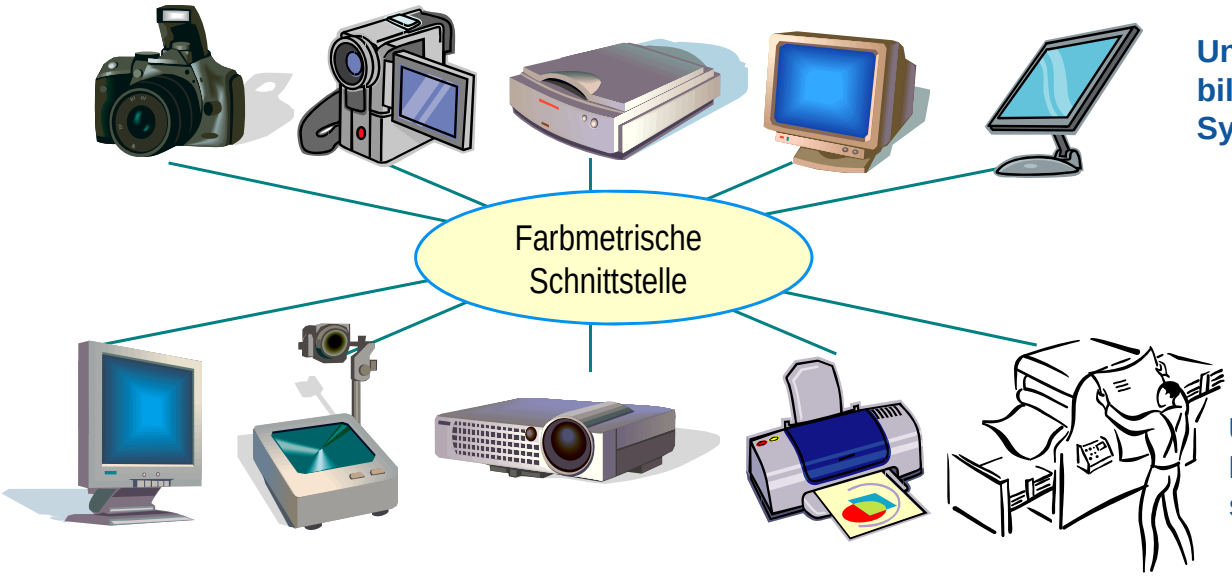
Farbkalibrierung im einfachsten Fall:

Soft- und/oder Hardware-System zum Farbabgleich zweier oder mehrerer digitaler Geräte.

Denkbar wäre, für jede Paarung eine spezielle farbmetrische Schnittstelle zu schaffen.
Bessere Lösung: →

ISSN 1432-3346

Anpassung unterschiedlicher Geräte über eine Normschnittstelle



Unterschiedliche bildgebende Systeme (Inputs)

Lösung:
Approximation, Targetanpassung, Farbprofile

Unterschiedliche Bildwiedergabe-systeme

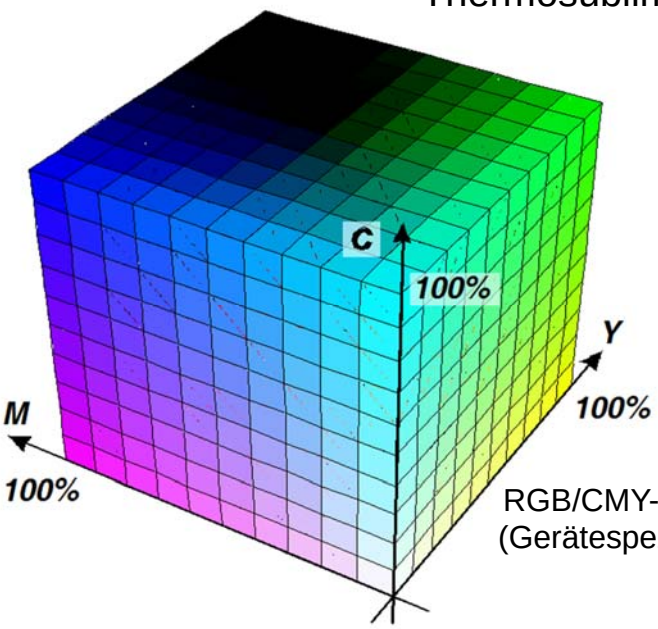
Calib-Benutzerdokumentation.pdf zum Softwarepaket „Farbkalibrierung“ des ZBS Ilmenau e.V.

Eine häufige Zielstellung der Farbkalibrierung besteht in der fehlerminimalen Bilddatentransformation aus dem gerätespezifischen Farbraum in einen geräteunabhängigen Farbraum (Ziel- oder Sollraum, CIE-XYZ, CIELab, Profile Connection Space), der eine reproduzierbare Farbwiedergabe und Farbbewertung erlaubt. www.image-scene.de/is_Glossar/F.html

ISSN 1432-3346

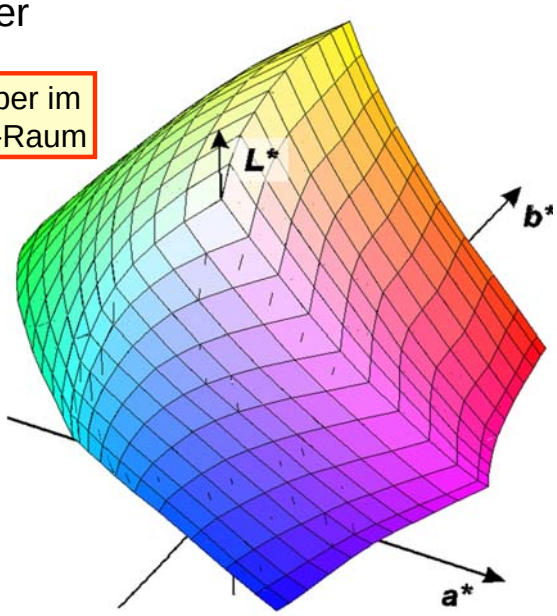
Farbkörper (engl. Color Gamut) im gerätespezifischen Raum und im CIELab - Raum

Thermosublimationsdrucker



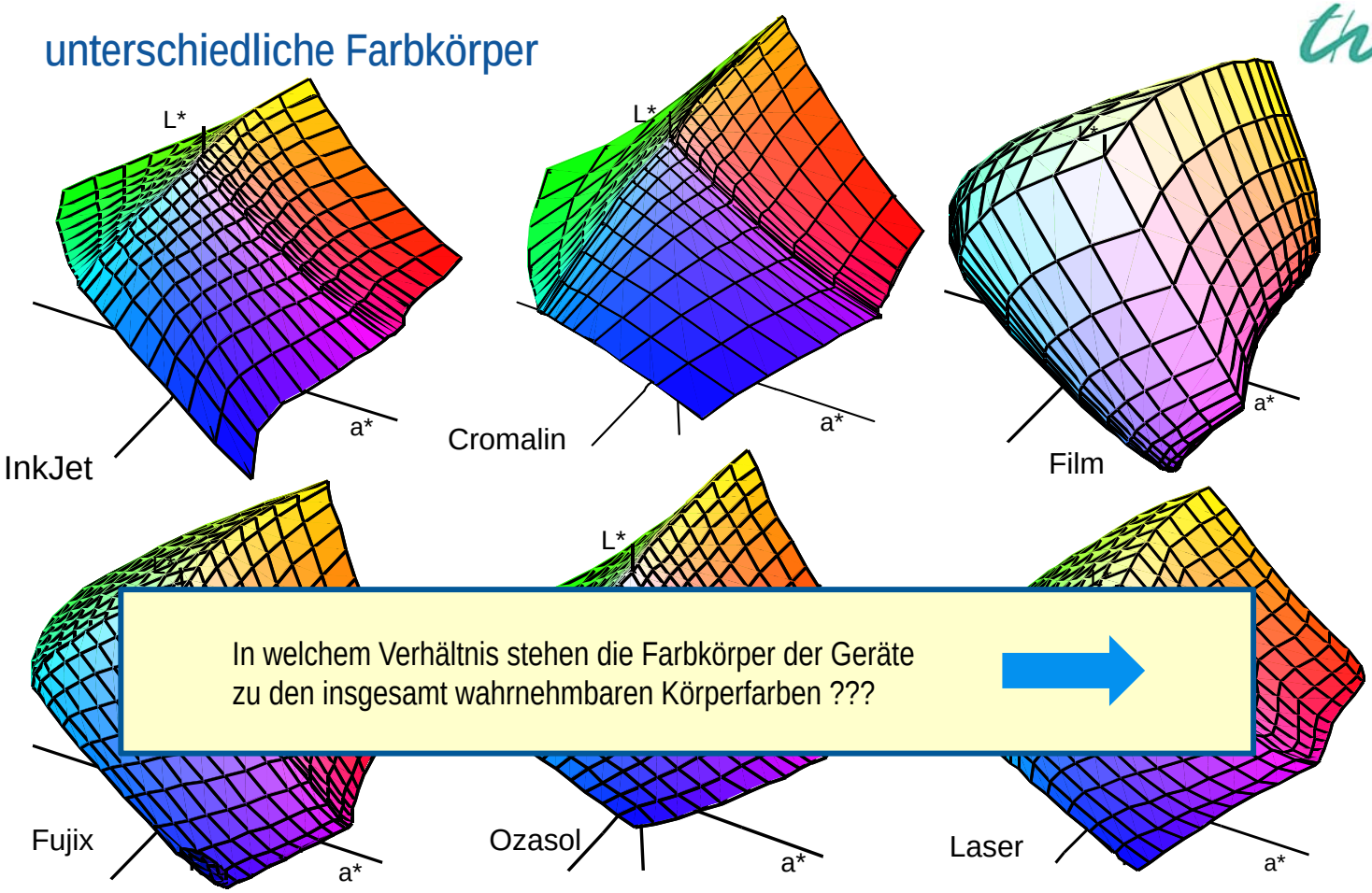
RGB/CMY-Würfel
(Gerätespezifisch)

Farbkörper im CIELab-Raum



ISSN 1432-3346

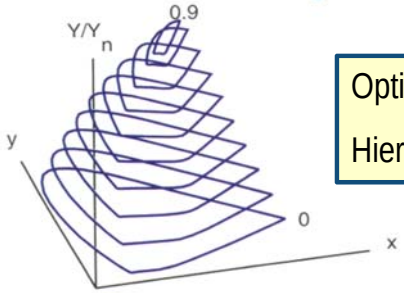
unterschiedliche Farbkörper



In welchem Verhältnis stehen die Farbkörper der Geräte zu den insgesamt wahrnehmbaren Körperfarben ???

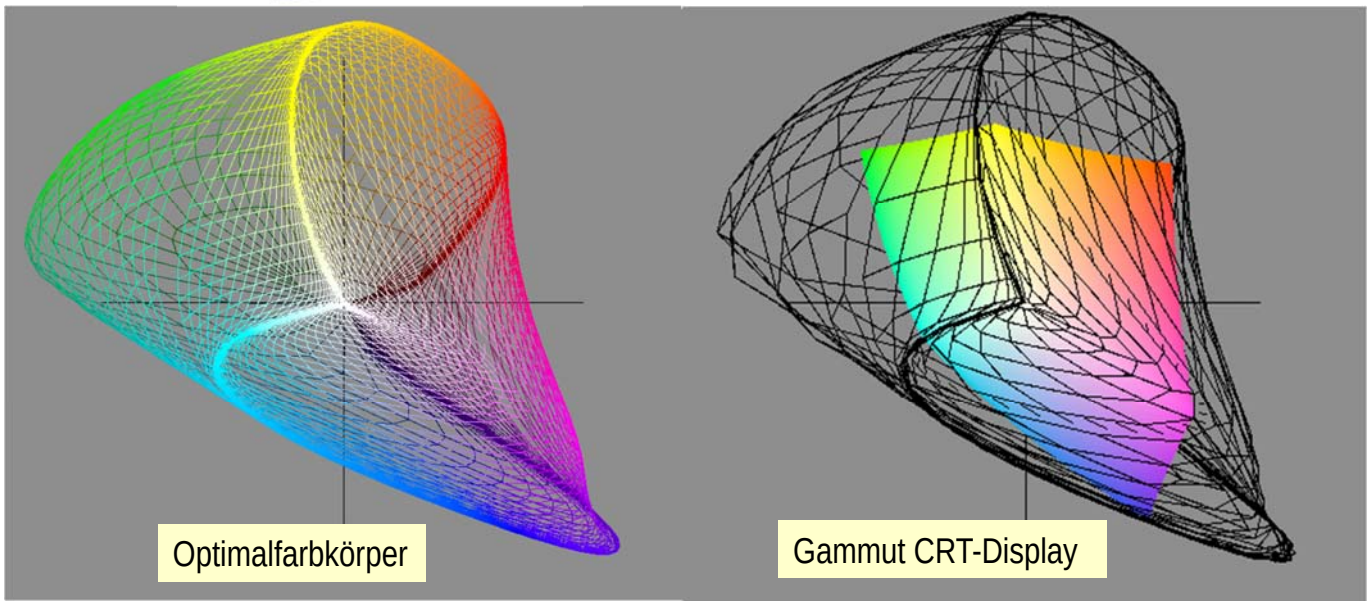
ISSN 1432-3346

RGB-CRT-Farbwürfel und Optimalfarbraum in L*a*b*



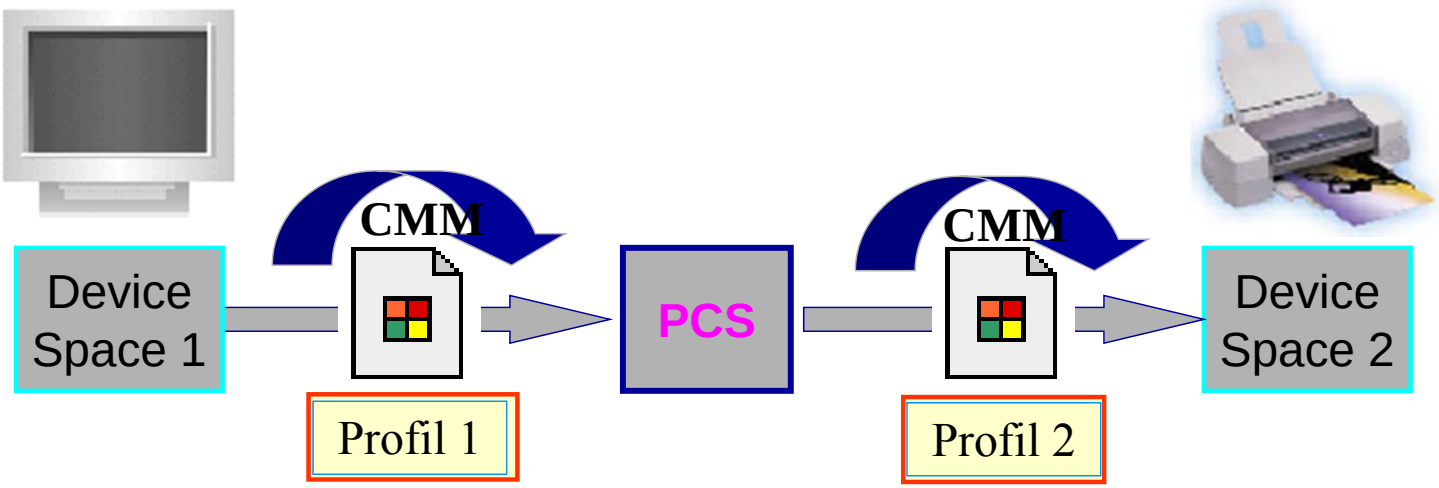
Optimalfarbkörper → weiter vorn diskutiert

Hier: Y/Y_n – Isolinien im xyA-Raum ($A=Y/Y_n$)



ISSN 1432-3346

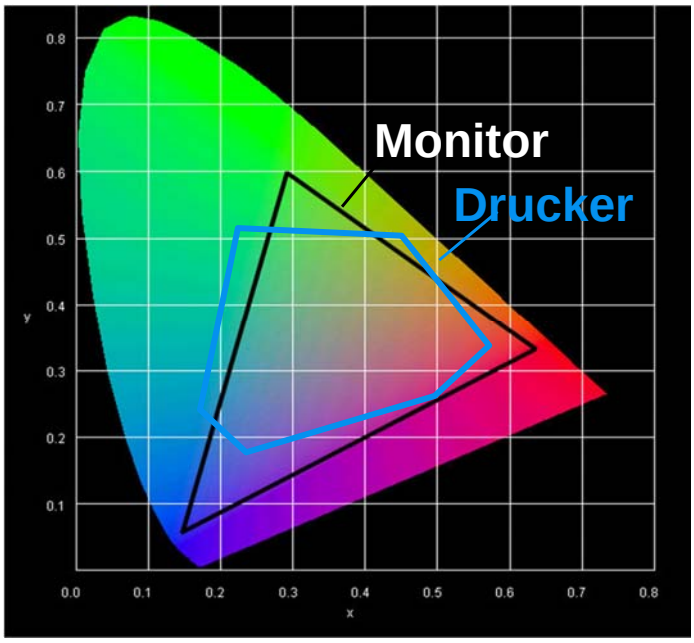
Grundprinzip Farbmanagement



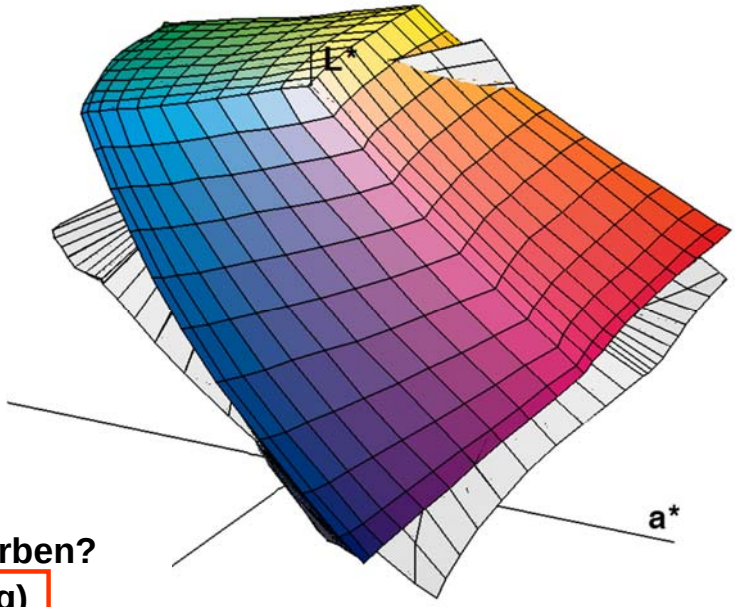
- **PCS = Profile Connection Space**
  - Color Profiles definieren die Transformation in den bzw. aus dem Verbindungsfarbraum
  - Als PCS ist der CIE 1931 XYZ-Farbraum mit Weißstandard D50 (bzw. entsprechender CIELab) standardisiert.
- **CMM = Color Matching Module (Farbrecheneinheit, International Color Consortium (ICC))**
  - Das Color Management Module berechnet eine direkte Transformation von der Quelle zum Ziel (auch mehrstufig linear / nichtlinear)
  - setzt die Verfügbarkeit von Color Profiles (z.B. ICC-Profile) für alle eingesetzten Geräte voraus!

ISSN 1432-3346

Farbkörperunterschiede



- **Mensch:** ca. 2–6 Mio Farben (Color AIXPERTS)
- **Monitor:** ca. 1/3 davon
- **Druckprozess:** meist deutlich weniger



Was geschieht mit nicht darstellbaren Farben?
→ **Gamut Mapping (= Ersatzfarbenbildung)**

ISSN 1432-3346

Rendering Intent, Kalibrierung, Charakterisierung

- Jedes Gamut-Mapping-Verfahren stellt einen Kompromiss dar. Die unterschiedlichen Bewertungskriterien spiegeln sich in den Rendering Intents wider:
  1. Perceptual (Fotografisch, wahrnehmungsbasiert) bestmögliche Reproduktion des Bildes als Ganzes
  2. Relativ farbmetrisch exakte Reproduktion der einzelnen darstellbaren Farben; nicht darstellbare werden auf den Gamut-Rand abgebildet; Bildweißpunkt wird auf Papierweiß abgebildet.
  3. Sättigung (Geschäftsgrafiken), Wiedergabe mit möglichst gesättigten Farben ohne störende Dither-Punkte
  4. Absolut farbmetrisch, wie 2., jedoch Beibehaltung des absoluten Weißpunkts
- Def. Kalibrierung

  Versetzen eines Geräts/Prozesses in einen definierten, reproduzierbaren Zustand

  Beispiele:
  - Druckprozess: Festlegung von Papier, Druckfarbstoff, Raster, sonst. Einstellungen
  - Drucker: Festlegung von Papier, Tinte, Druckertreibereinstellungen etc.
  - kalibrierbarer Monitor: Einstellung auf D65/γ=2.2; Luminanz 100cd/m^2
- Def. Charakterisierung

  Modellierung eines Geräts/Prozesses, das/der sich in einem definierten, stabilen Zustand befindet

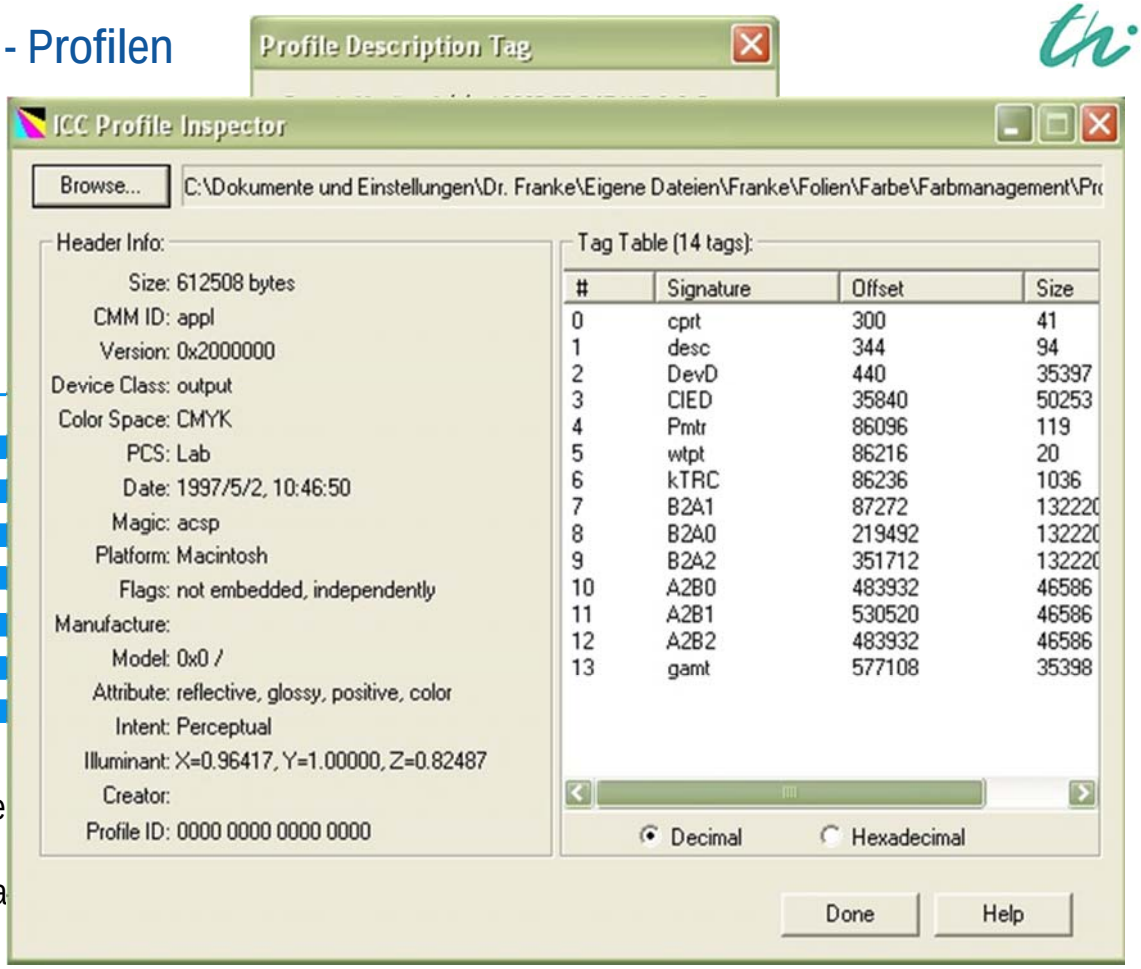
  → Farbprofil-Erstellung, ...beruht auf der Annahme, dass sich der Prozess innerhalb der Gültigkeit des Profils nicht (wesentlich) ändert

ISSN 1432-3346

Aufbau von ICC - Profilen

Minimale Elemente eines Monitorprofils

Header
Tag Table
Copyright
Desciption
White Point
Red Colorant
Green Colorant
Blue Colorant
Red Trace
Green Trace
Blue Trace



- RGB Colorant: Lage Primärvalenzen
- RGB Trace: Gamma

ISSN 1432-3346

Aufbau von ICC - Profilen

Minimale Elemente eines Monitorprofils

Header
Tag Table
Copyright
Desciption
White Point
Red Colorant
Green Colorant
Blue Colorant
Red Trace
Green Trace
Blue Trace

Minimale Elemente eines Eingabegeräte-profils

Header
Tag Table
Copyright
Desciption
White Point
Red Colorant
Green Colorant
Blue Colorant
Red Trace
Green Trace
Blue Trace

Minimale Elemente eines Ausgabegeräte-profils

Header
Tag Table
Copyright
Description
White Point
A_to_B
B_to_A
Gamut

Lookup Tables

Header
Matrix
Input Curves
CLUT
Output Curves

- RGB Colorant: Lage der Primärvalenzen
- RGB Trace: Gamma-Kurven

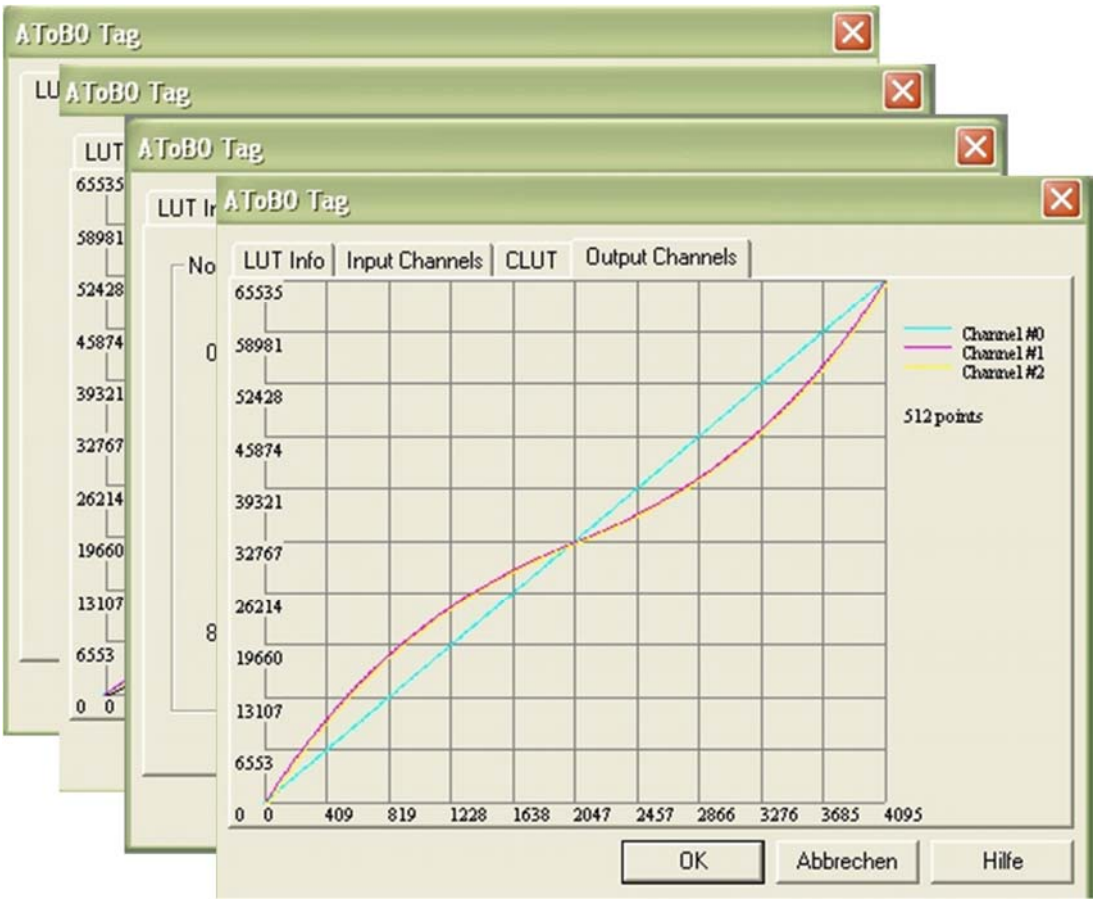
- A_to_B: Device Space to PCS, auch Prooftabelle, für Simulation der Druckerausgabe auf anderem Gerät (z.B. Bildschirm, Drucker an der Workstation)
- B_to_A: PCS to Device Space, auch Separations-tabelle, Realisierung der Geräteansteuerung
- Gamut: gibt als LUT an, ob eine geräteunabhängige Farbe vom Gerät dargestellt werden kann.

ISSN 1432-3346

Aufbau von ICC - Profilen

Lookup Tables

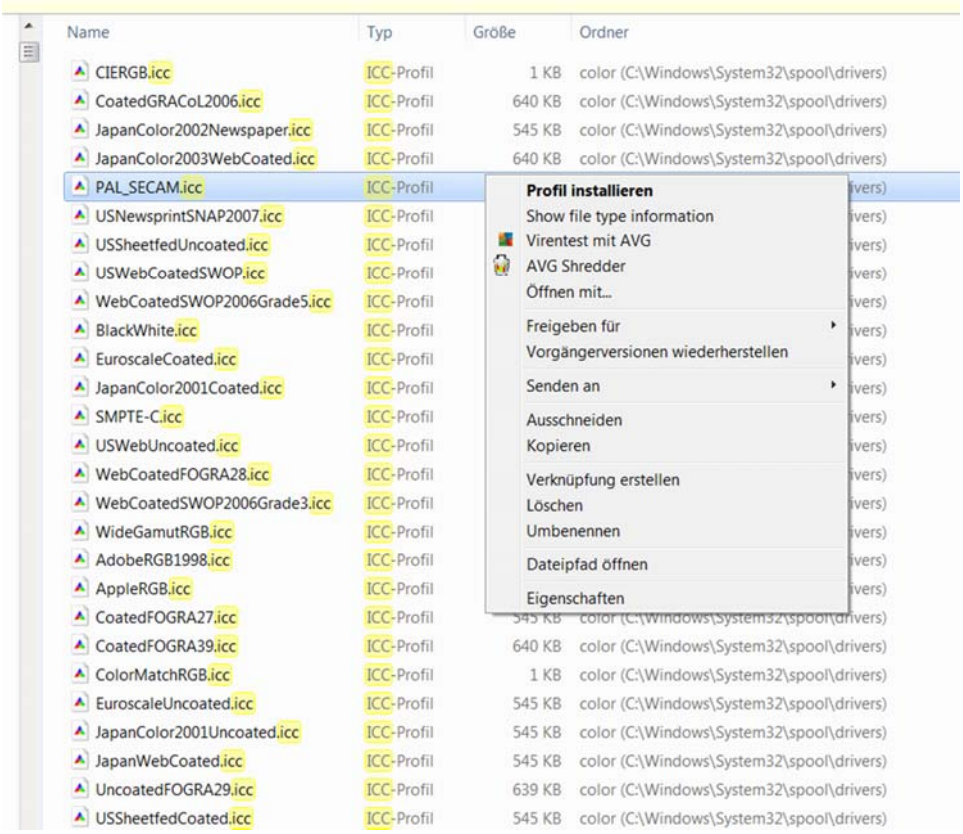
Header
Matrix
Input Curves
CLUT
Output Curves



ISSN 1432-3346

ICC-Profile

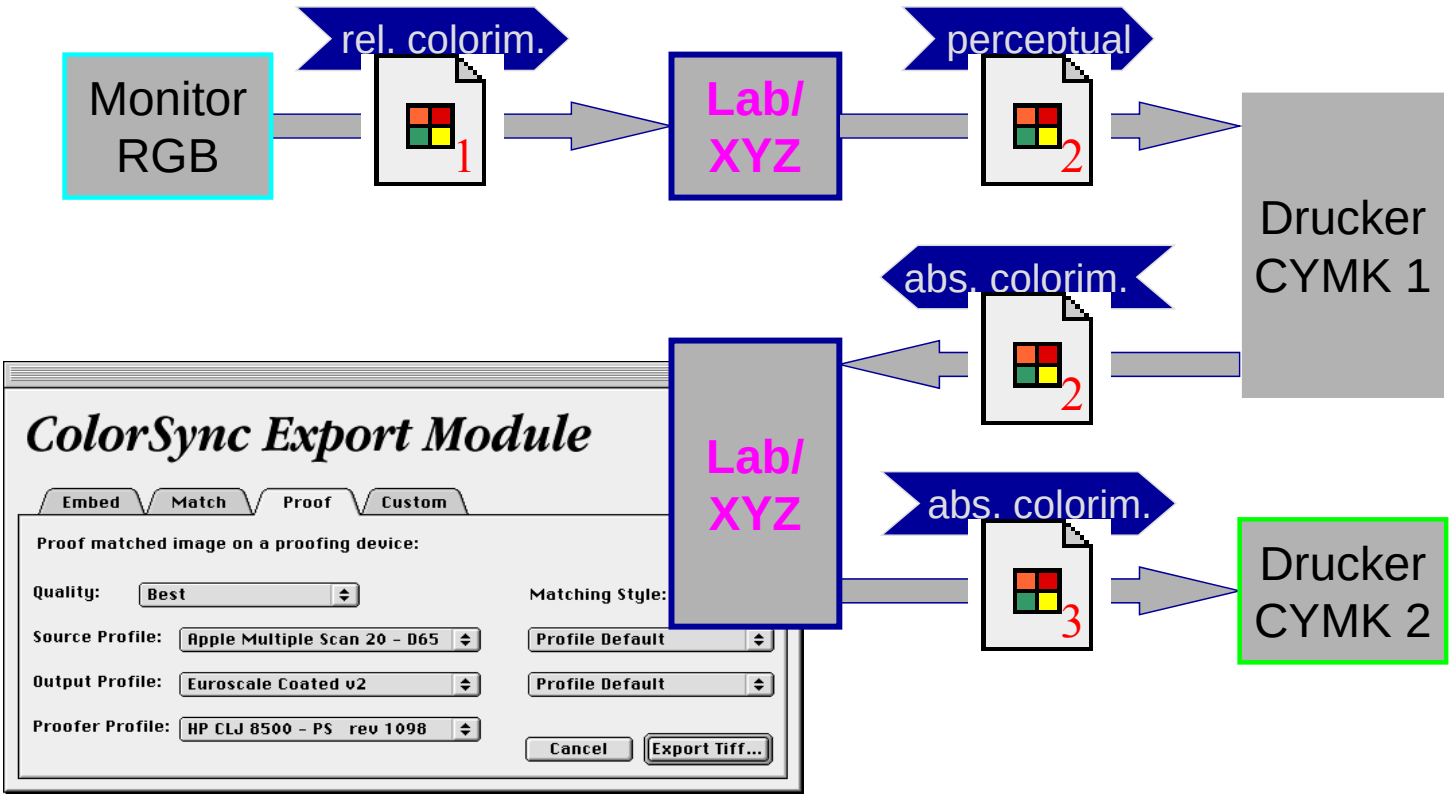
- Die Profile sind durch .icc oder .icm gekennzeichnet. Sie sind bei Windows-Betriebssystemen an unterschiedlichen Stellen unter „C:\Windows . . .“ zu finden.
- C:\Windows\winsxs\amd64_prnca00b.inf_31bf3856ad364e35_6.1.7600.16385_none_dd3ee736dd6ff736\Amd64 *oder* C:\Windows\System32\spool\drivers\color
- Neue Profile sind nicht zu kopieren sondern zu installieren (rechte Maustaste)



ISSN 1432-3346

Workflows

5. Proofen eines RGB-Bildes



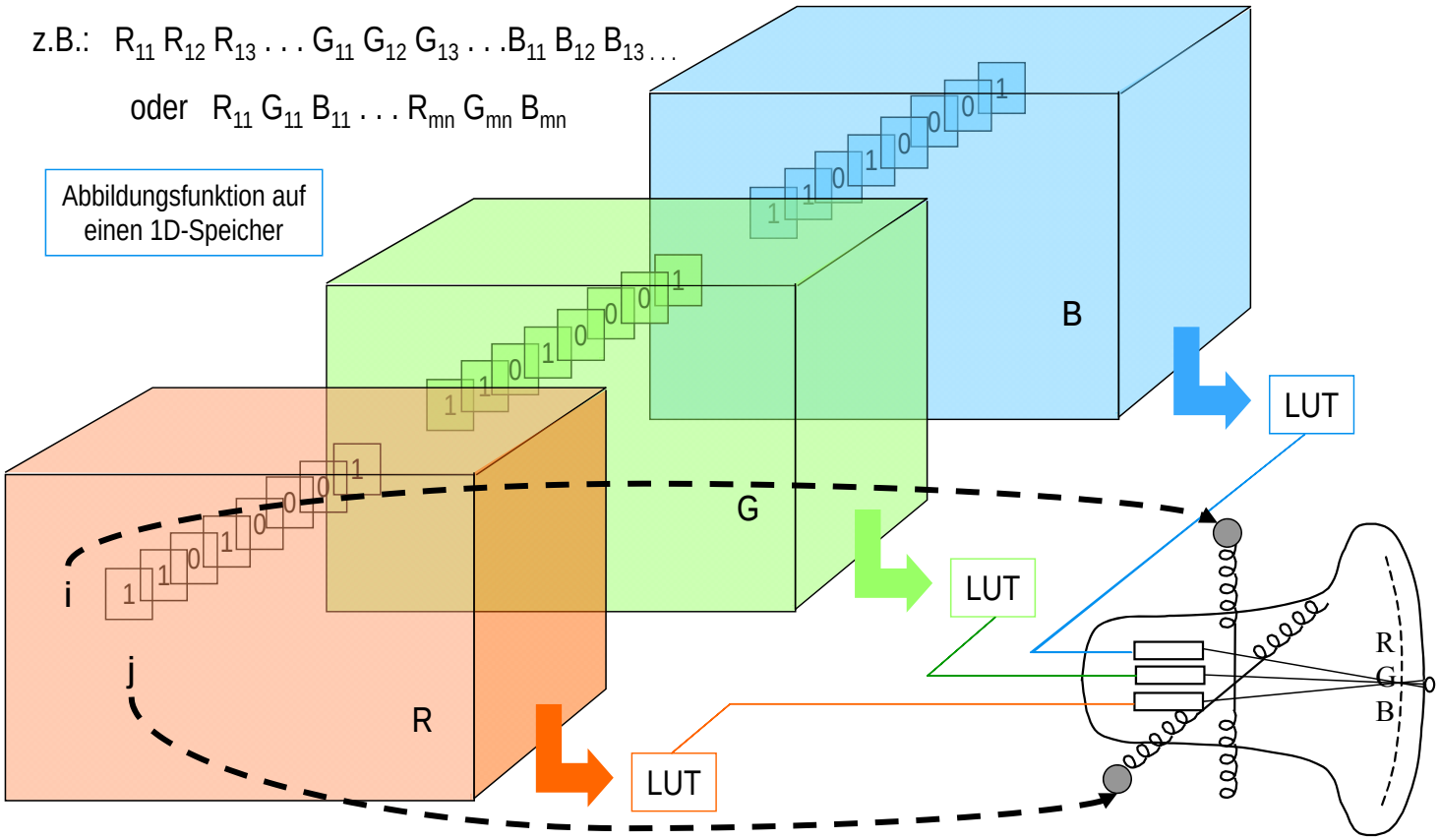
ISSN 1432-3346

Farbquantisierung (24 bit) - Speicherung

z.B.: $R_{11}\ R_{12}\ R_{13} \ldots G_{11}\ G_{12}\ G_{13} \ldots B_{11}\ B_{12}\ B_{13} \ldots$

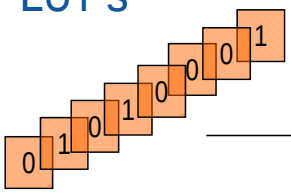
oder $R_{11}\ G_{11}\ B_{11} \ldots R_{mn}\ G_{mn}\ B_{mn}$

Abbildungsfunktion auf einen 1D-Speicher

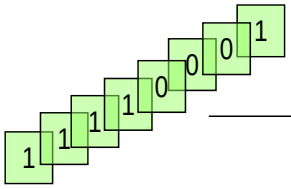


ISSN 1432-3346

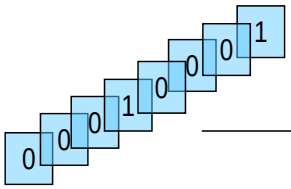
LUT's



Adresse	Ansteuerwert - rot
. . . .	. . . .
01010001	01010101
. . . .	. . . .
. . . .	. . . .



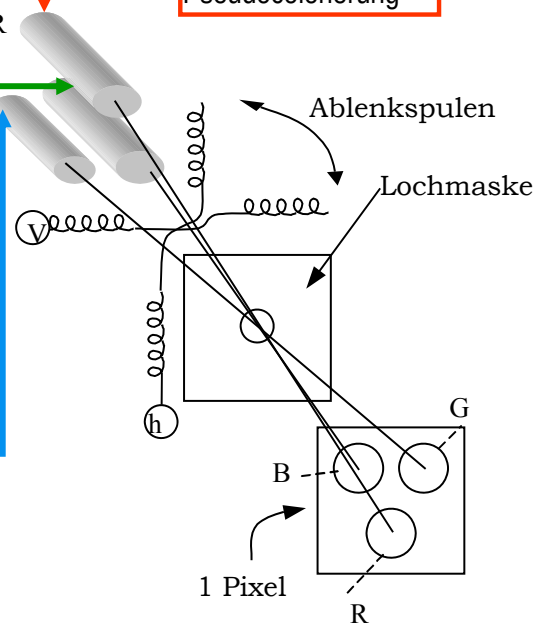
Adresse	Ansteuerwert - grün
. . . .	. . . .
. . . .	. . . .
11110001	11101111
. . . .	. . . .



Adresse	Ansteuerwert - blau
. . . .	. . . .
00010001	00001111
. . . .	. . . .
. . . .	. . . .

Funktionen (24 bit zu 24 bit):

- Farbkorrekturen (Color Management)
- γ-Korrektur
- Falschfarbdarstellung
- Pseudocolorierung



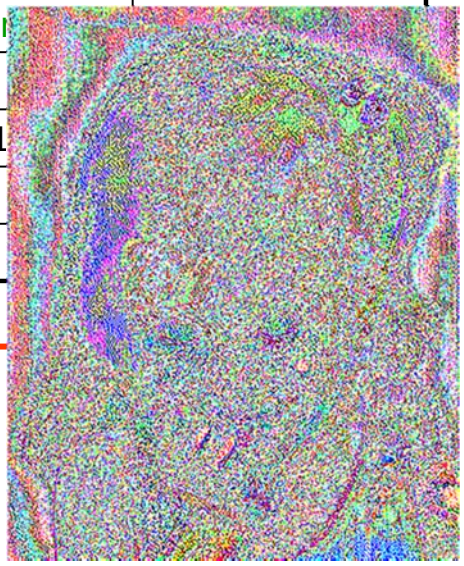
ISSN 1432-3346

VIP-Beispiel zu Palettenbildern (z.B.: 256 aus 16 Mio. Farben)

Adresse	Ansteuerwert	Ansteuerwert	Ansteuerwert

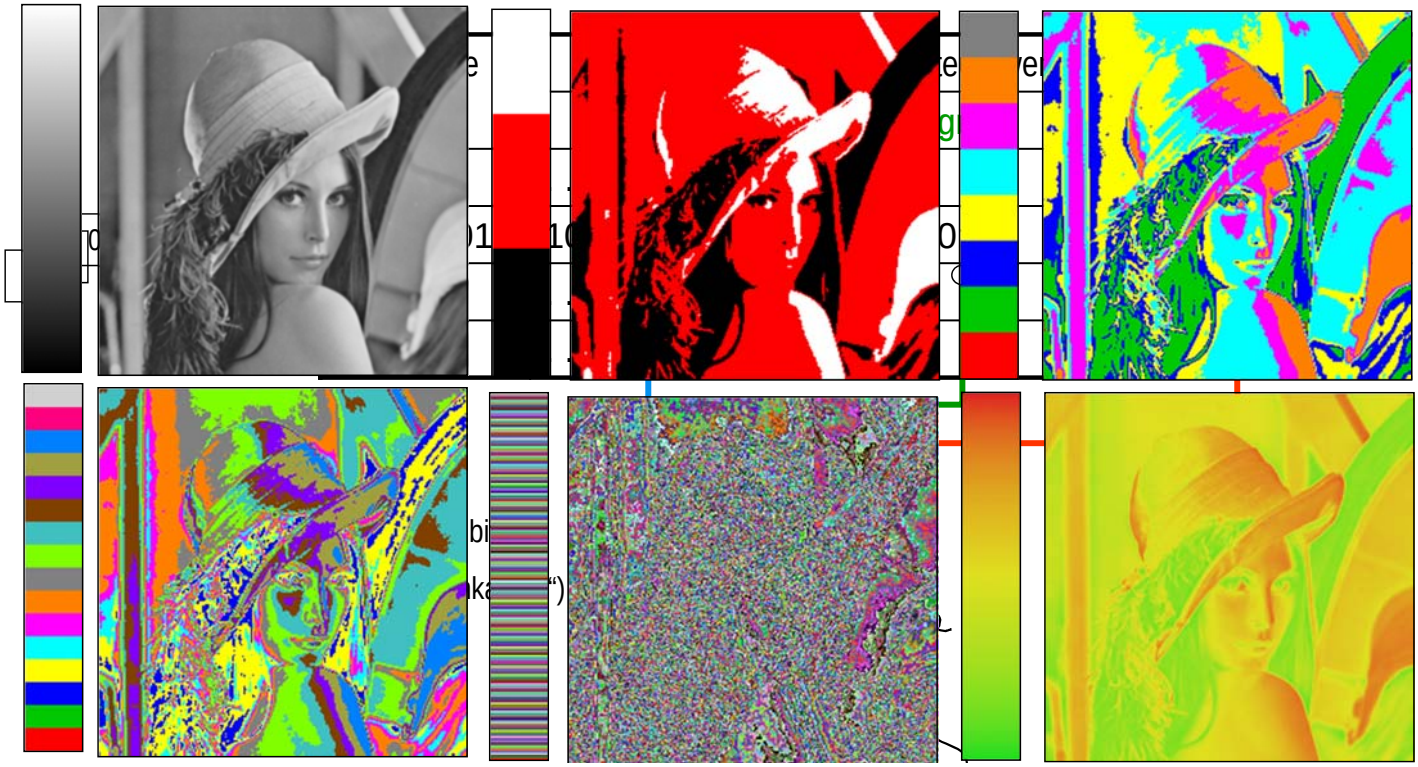
Candy: Original
(24 bit)

Candy: Palette
(8 bit, VIP)



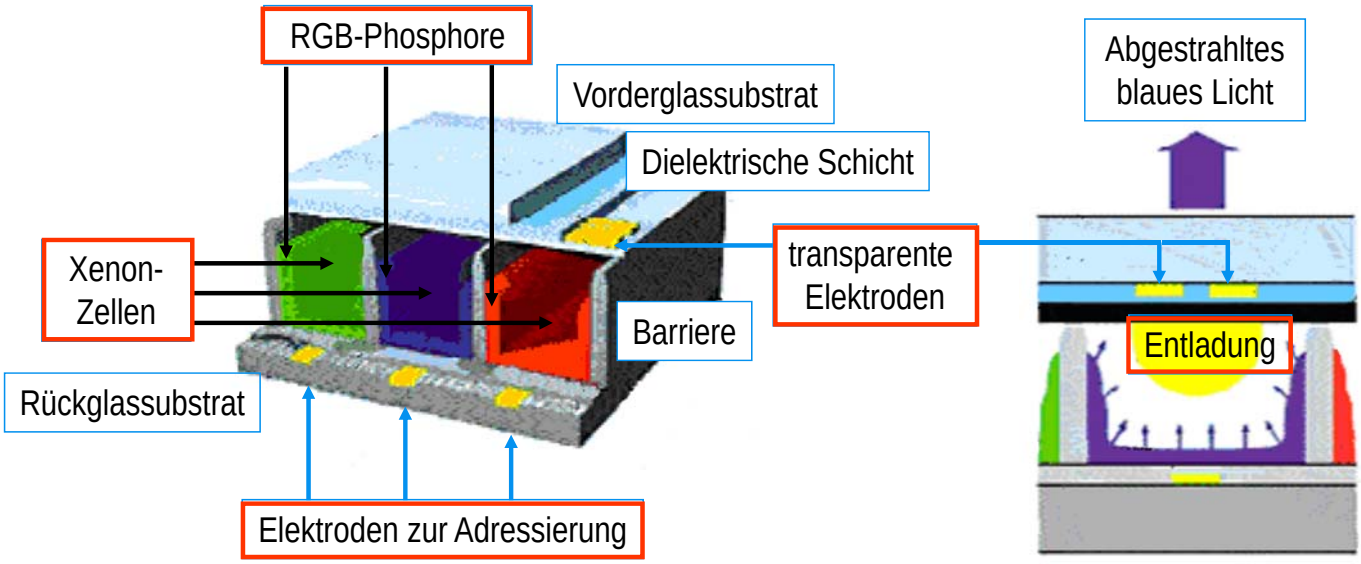
Differenzbild (True Color – Palette)
Verstärkungsfaktor 250

VIP-Beispiel zur Pseudocolorierung (z.B.: 8 aus 16 Mio. Farben)



Beispiele zur Pseudokolorierung mit VIP-Toolkit

Plasmadisplay als Alternative zum CRT

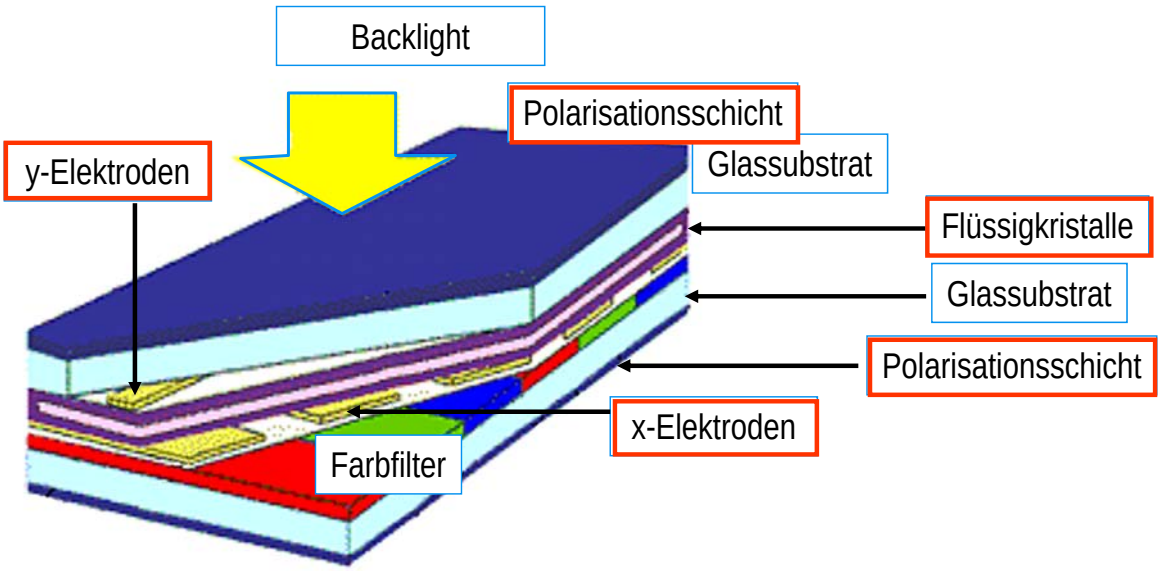


Eigenschaften:

- Relativ schwer und *250W (bis 400W)* Leistungsaufnahme (vergleichbar mit CRT), z.T. Lüfter erforderlich.
- große Diagonale, geringe Bautiefe
- Bis *1.500 cd/m²*, Kontrastverhältnis *3.000:1 (bis 10.000:1),* schnelle Antwortzeiten (*8ms*, kaum Nachziehen)
- Hohe Beanspruchung der Phosphore → Alterung → *Einbrenngefahr*
- Lebensdauer: *30.000 Stunden*
- 2005: noch relativ teuer

ISSN 1432-3346

TFT-LCD-Display als Alternative zum CRT

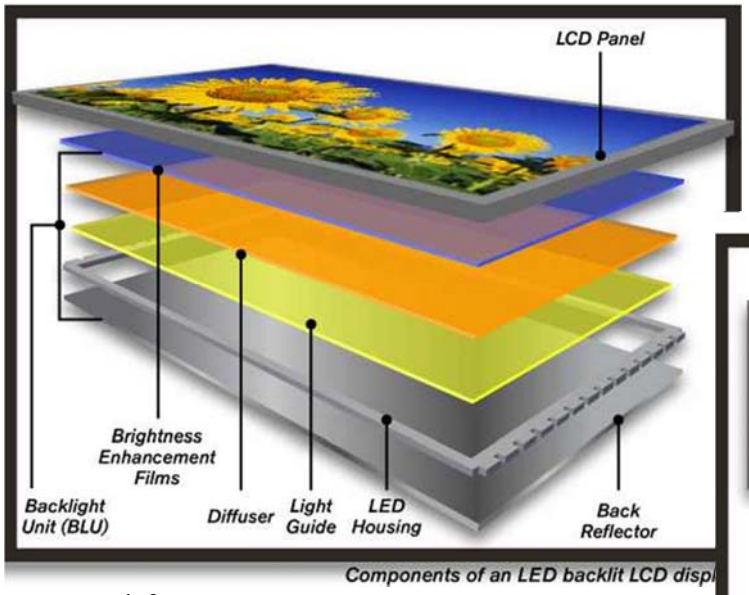


Eigenschaften:

- Leicht, *50W (bis 80W)* Leistungsaufnahme (geringer als CRT).
- große Diagonale, geringe Bautiefe
- *500 cd/m²*, Kontrastverhältnis *800:1,* jetzt auch schnelle Antwortzeiten von *8ms,* kaum Nachziehen
- *keine Einbrenngefahr*
- Lebensdauer: *60.000* Stunden

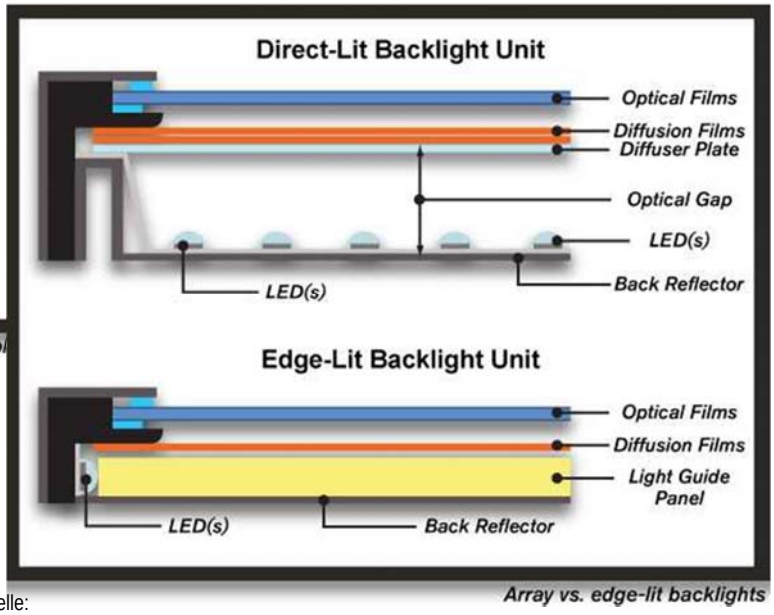
ISSN 1432-3346

Trend→ LED-Display



Components of an LED backlit LCD displ

- Da LCD-Panels lichtdurchlässig sind und selbst kein Licht ausstrahlen, ist eine Hintergrundbeleuchtung erforderlich.
- Bisher fluoreszierende Kaltkathodenlampen (CCFLs) als Lichtquelle



Array vs. edge-lit backlights

- Trend →LEDs
  - mehr Helligkeit als CCFLs (absolut)
  - mehr Lumen pro Watt (Effizienz)
  - nur „normale Stromversorgung“ → weniger Wärme
  - breiteres Farbspektrum →größerer Gammut
  - kompakter (HDTVs < 1,25 cm Dicke)
  - wesentlich längere Lebensdauer als CCFLs

Bildquelle:
http://www.rambus.com/de/technology/applications/display/index.html

OLED-Display als Display der Zukunft ?

Geschichte und Entwicklungsstand:

- 1953: erste wissenschaftliche Berichte über die *Elektrolumineszenz in organischen Materialien*.
- Geschichte des Elektrolumineszenz- (EL-) Displays begann aber erst 1987 (Kodak, Pioneer).
- Inzwischen: zahlreiche organische Materialien, die beim Anlegen einer Spannung leuchten (gelb, grün, rot oder blau – alle Farben sind möglich → interessant im Zusammenhang mit mehrkanaligen Displays (Gammut))
- Problematisch ist die unterschiedliche Effizienz und Alterung für OLED-Folien unterschiedlicher Farben.
- Flexiblen Displays (faltbar) steht die bisher erforderliche Passivierung entgegen (extreme Empfindlichkeit gegenüber Sauerstoff und Feuchtigkeit)

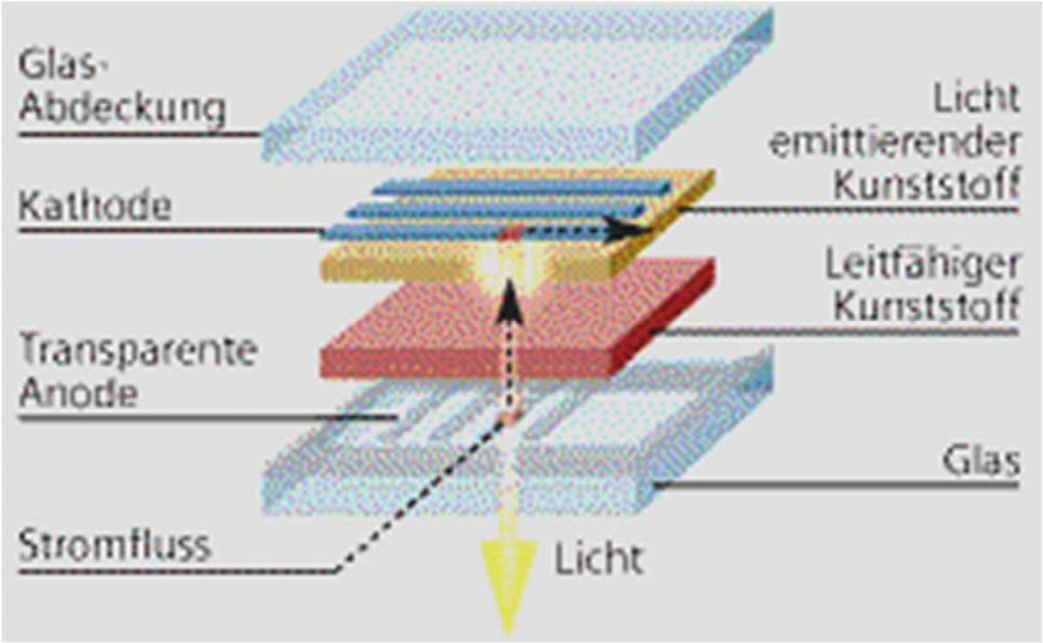
Die wichtigsten Vorteile von OLEDs sind:

- Hohe Helligkeit bei starkem Kontrast
- Keine Blickwinkelabhängigkeit
- Videotauglichkeit
- Weiter Temperaturbereich
- Vollfarbdisplays und flexible Displays möglich
- Niedriges Gewicht
- Kompakte, extrem dünne Bauweise
- Niedrige Herstellkosten

OLED-Display von Sony

OLED-Display als Alternative zum CRT

Aufbau einer Dislay-Zelle:



http://www.oled.at/technik.htm