

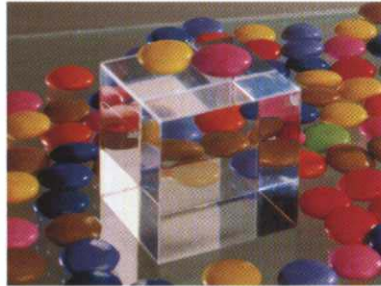
Color Management in der Druckindustrie

Dipl. Phys. Thomas Mangoldt

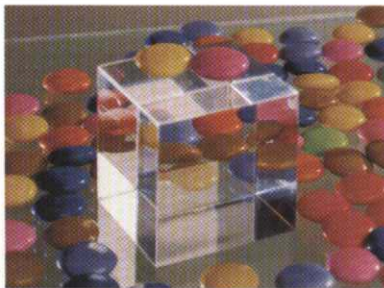
- Das Problem
- Farbräume
 - Farbe als physikalische Größe
 - Farbe als Sinneswahrnehmung
 - Farbmischungen
 - Farbdreieck
 - Bunton, Buntheit, Helligkeit
 - Das CIE - Normfarbsystem
 - Der Lab - Farbraum der CIE
 - Vorteile des Lab - Farbraums in der Farbproduktion
- Farbempfinden
- Farbmessung
- Von der Eingabe zur Ausgabe
- Was soll Color Management leisten?
- Wie funktioniert ein Color Managementsystem?
- Kalibrierung aller Geräte im System
- Scannen
- Von der Vorlage zum Monitorbild
- Von der Vorlage zum Farbausdruck
- Von der Vorlage zum gedruckten Bild
- Was bringt Color Manegement

Das Problem

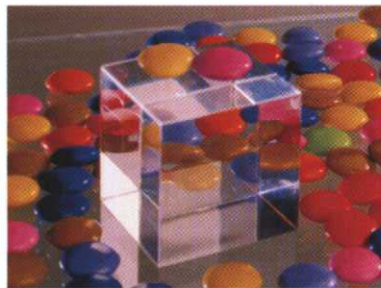
- offenes System
- Scanner, Monitor, Drucker aber auch Druckpressen von verschiedenen Herstellern
- Gesucht wird reproduzierbares Ergebnis



Reproduktion entsprechend der Vorlage



Vorlage gescannt mit Scanner A
ohne Color Management

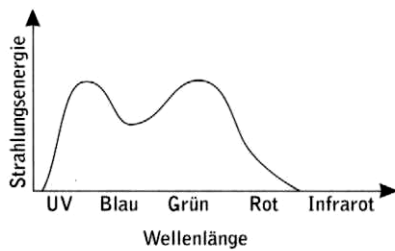
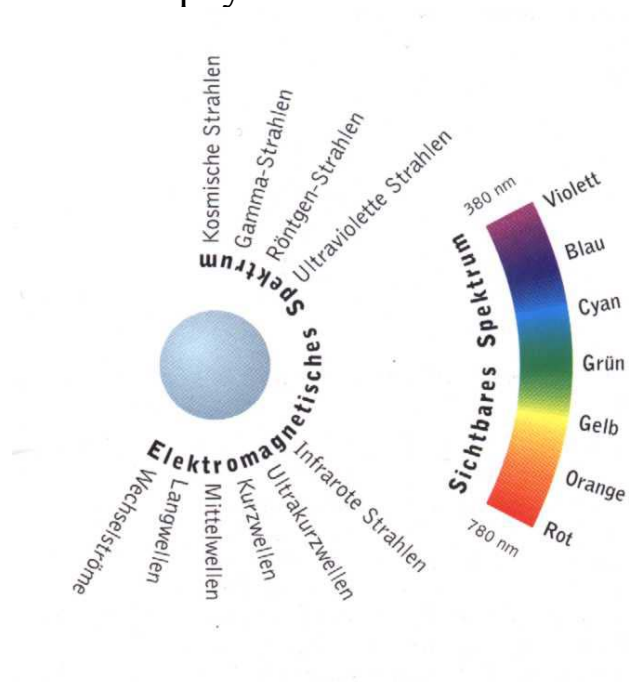


Vorlage gescannt mit Scanner B
ohne Color Management

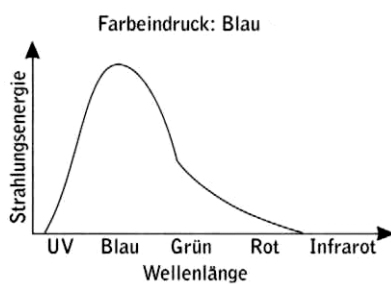
Einflussfaktoren

- Verschiedene Bilderfassungsgeräte, wie Flachbettscanner oder Digitalkameras, liefern bei der Erfassung der gleichen Vorlage, z.B. einem Dia, unterschiedliche Ergebnisse.
- Monitore haben unterschiedliche Phosphorfarben.
- Farbraumunterschiede zwischen Monitor und Druck können dazu führen, dass bei der Farbtusche nicht druckbare Farben eingeführt werden.
- Die Separation von RGB in CMYK führt in verschiedenen Programmen, z.B. Photoshop oder LinoColor, zu unterschiedlichen Ergebnissen.
- Unterschiedliche Farbwiedergabe in verschiedenen Proofsystemen.
- Visuelle Beurteilung unter nicht standardisierter Beleuchtung.
- Schwankungen der Farbführung im Druckprozess.
- Unterschiedliche Druckfarben, Bedruckstoffe, Druckverfahren.

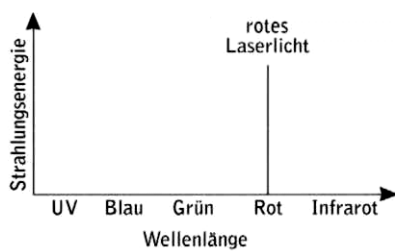
Farbe als physikalische Größe



Messung des Spektrogramms der farbigen Strahlung
 \Rightarrow Farbreizfunktion

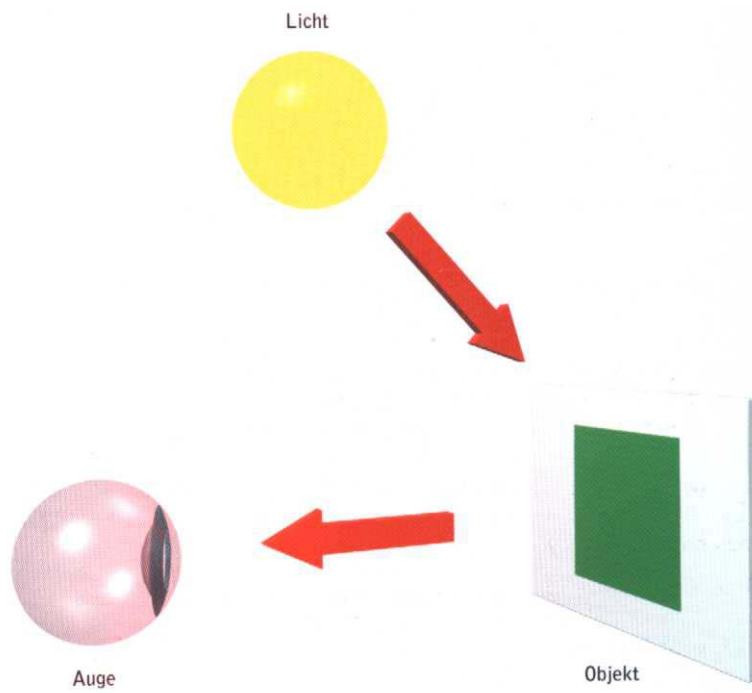


Höchste Funktionswert \Rightarrow Farbton



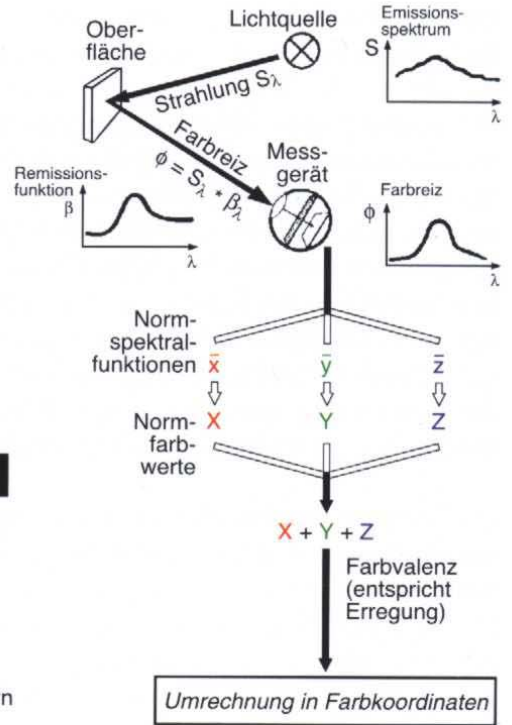
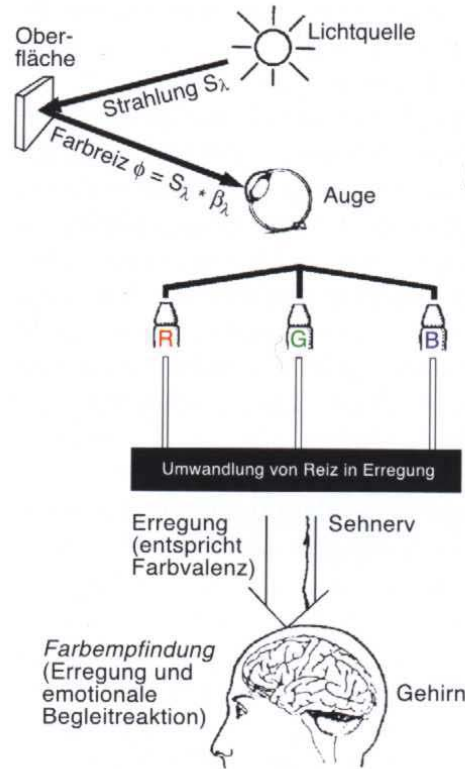
Je steiler Anstieg und Abfall der Kurve in der Umgebung ihres Maximalwertes um so reiner (bunter) ist die Farbe.

Farbe als Sinneswahrnehmung



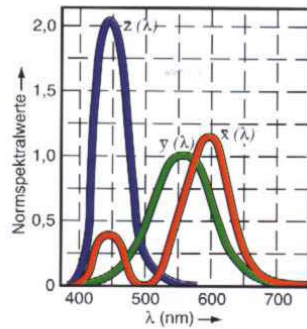
- Objekt selbst
- Licht
- Auge

Farbsehen – Farbmatrik



Normspektralwertkurven

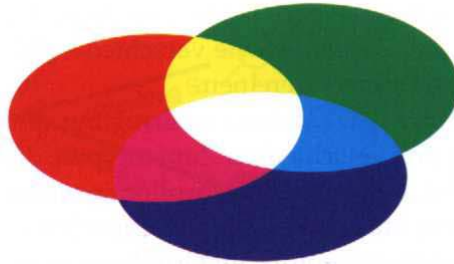
Empfindlichkeitsfunktion des menschlichen Auges, Normalbeobachter 2° Sehwinkel. Die Normspektralwertkurven des menschlichen Auges entsprechen den spektralen Empfindlichkeitskurven eines physikalischen Strahlungsempfängers.



Farbmischungen

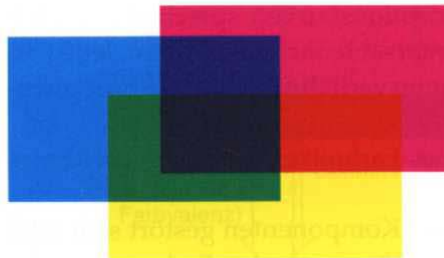
Additive Farbmischung

Drei Lichtpunkte der Primärfarben RGB strahlen übereinander und addieren ihre Lichtenergie zu den drei Sekundärfarben CMY und der Tertiärfarbe Weiß.



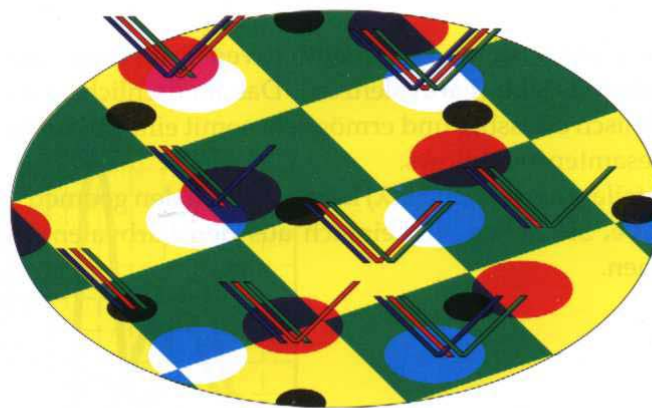
Subtraktive Farbmischung

Drei Farbflächen mit den Primärfarben CMY überdecken sich teilweise. Durch die lasierenden Druckfarben entstehen die drei Sekundärfarben RGB und im Bereich der dreifachen Überlappung als Tertiärfarbe Schwarz.

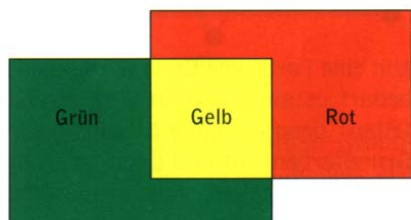


Autotypische Farbmischung

Die gerasterte Fläche wird von links mit weißem Licht (RGB) beleuchtet. Die Teilflächen der Rasterelemente absorbieren ihre Komplementärfarben und remittieren die übrigen Farben. Wenn die Flächengröße unterhalb des Auflösungsvermögens des menschlichen Auges liegt, mischt sich das remittierte Licht additiv im Auge zu einem Gesamtfarbeindruck.



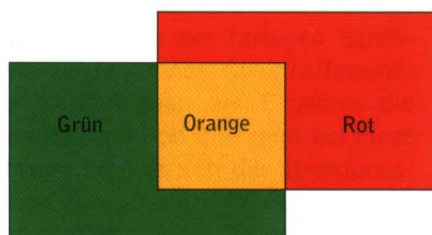
Farbdreieck (additive Farbmischung)



farbmetrische Darstellung:

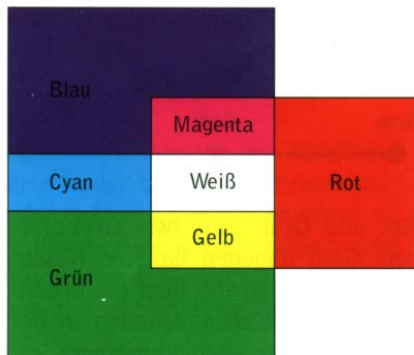


Rot und Grün – Grundfarben
Gelb – Mischfarbe

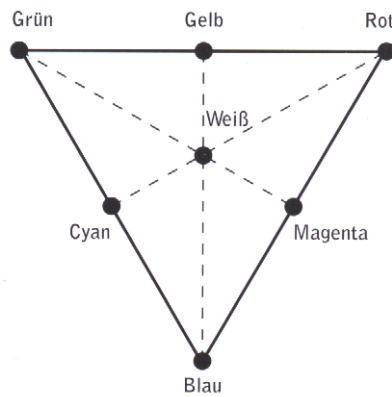


Durch Ändern der Intensität einer Grundfarbe kann der Farbton der Mischfarbe beeinflusst werden

Um eine Farbe wie Cyan zu mischen bedarf es einer dritten Grundfarbe (Blau)
Aus mindestens drei Grundfarben können dann die meisten Farben gemischt werden.



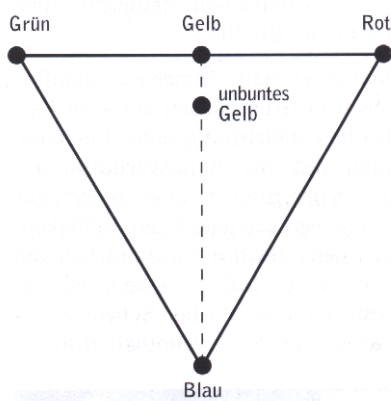
Farbdreieck:



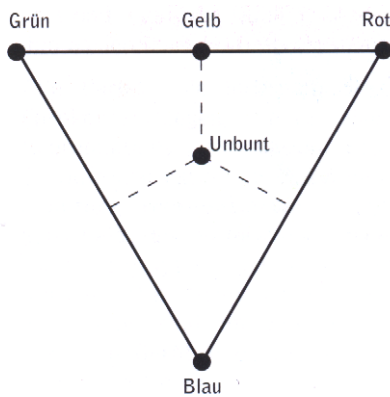
Bunton, Buntheit, Helligkeit

Bunton - grundsätzliche Farbe eines Objektes

Buntheit - spektrale Reinheit der Farbe

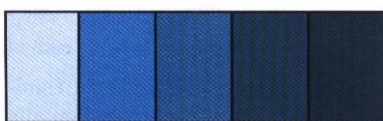


wenn alle Grundfarben gleiche Anteile \Rightarrow weiß mit Buntheit null

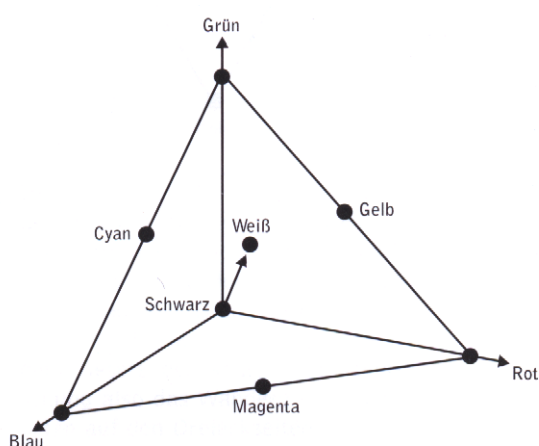


Helligkeit - Intensität

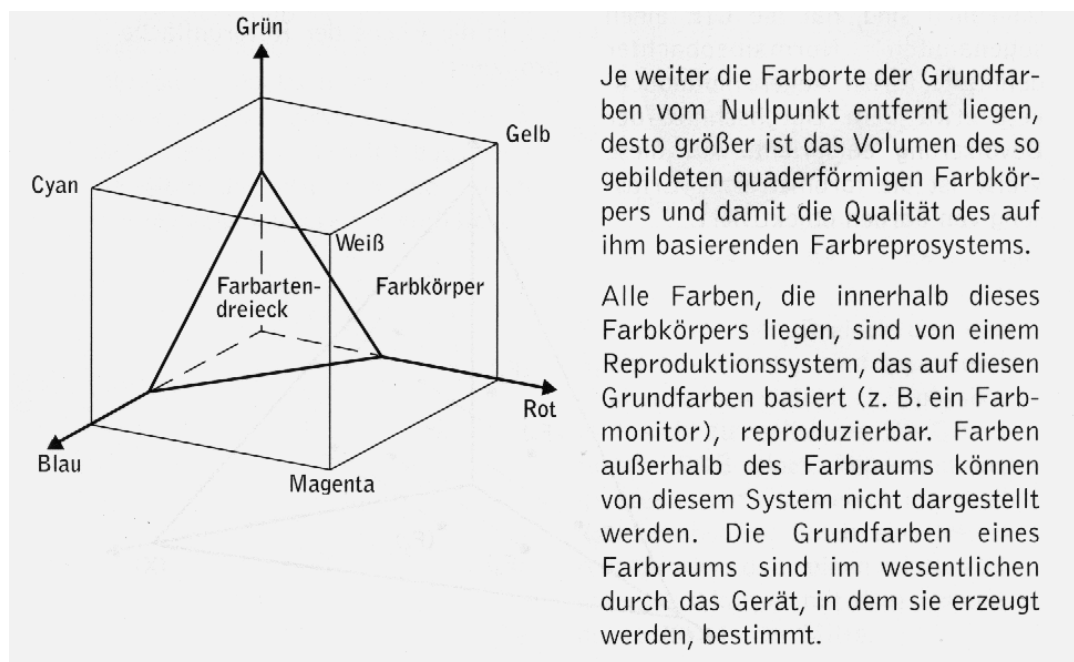
Reduziert man in einer Kombination aus drei Grundfarben alle drei Farbanteile gleichzeitig unter Beibehaltung des Mischungsverhältnisses, bleibt der Bunton unverändert. Die Farbe verliert jedoch an Helligkeit.



⇒ dreidimensionales Koordinatensystem:



⇒ Farbartendreieck:



Je weiter die Farborte der Grundfarben vom Nullpunkt entfernt liegen, desto größer ist das Volumen des so gebildeten quaderförmigen Farbkörpers und damit die Qualität des auf ihm basierenden Farbrepräsentationsystems.

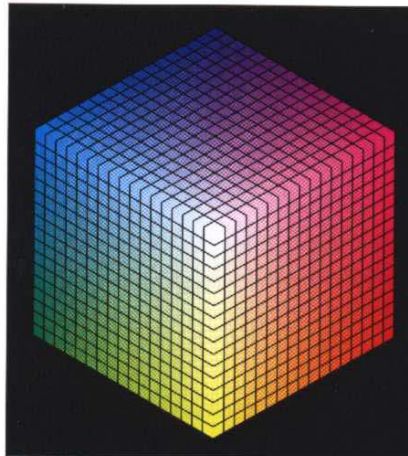
Alle Farben, die innerhalb dieses Farbkörpers liegen, sind von einem Reproduktionssystem, das auf diesen Grundfarben basiert (z. B. ein Farbmonitor), reproduzierbar. Farben außerhalb des Farbraums können von diesem System nicht dargestellt werden. Die Grundfarben eines Farbraums sind im wesentlichen durch das Gerät, in dem sie erzeugt werden, bestimmt.

Geräteabhängige Farbräume:

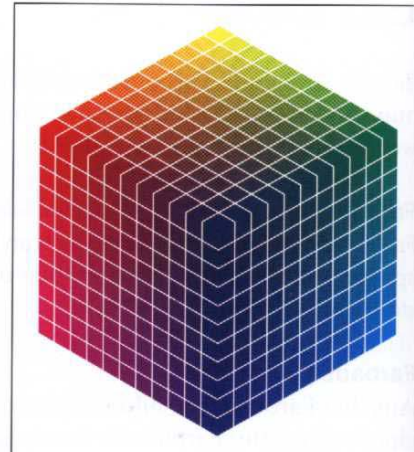
RGB-, CYM-Farbraum

Die Tabellen bezeichnen die Eckpunkte der Farbräume. Beim CMY-Raum ist zusätzlich als vierte Farbe Schwarz (K) für den Buntaufbau angegeben.

256 Farbwerte, 0 bis 255
= 1 Byte Datentiefe
(1 Byte = 8 Bit, $2^8 = 256$,
bit, engl. binary digit,
kleinste Informationseinheit)



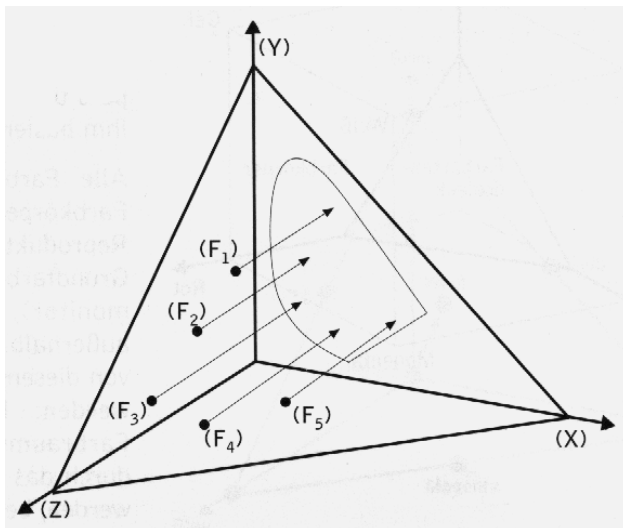
	R	G	B
Rot	255	0	0
Grün	0	255	0
Blau	0	0	255
Cyan	0	255	255
Magenta	255	0	255
Gelb	255	255	0
Weiß	255	255	255
Schwarz	0	0	0



	C	M	Y	K
Cyan	100	0	0	0
Magenta	0	100	0	0
Gelb	0	0	100	0
Rot	0	100	100	0
Grün	100	0	100	0
Blau	100	100	0	0
Weiß	0	0	0	0
Schwarz	100	100	100	100

Das CIE – Normfarbsystem

- Schaffung eines gemeinsamen Farbstandards
- Imaginäre, rechnerisch erzeugte Grundfarben XYZ
- Gesamtheit aller vom menschlichen Auge erfassbaren Farben liegt innerhalb diesen Farbraumes.
- CIE definiert Normalbeobachter dessen Augenempfindlichkeit etwa dem Durchschnitt der Bevölkerung entspricht.
- Objektivierung der Farberfassung



Projizierung des Farbartendreiecks in die Ebene der Rotgrünfläche bei entsprechender Normierung:

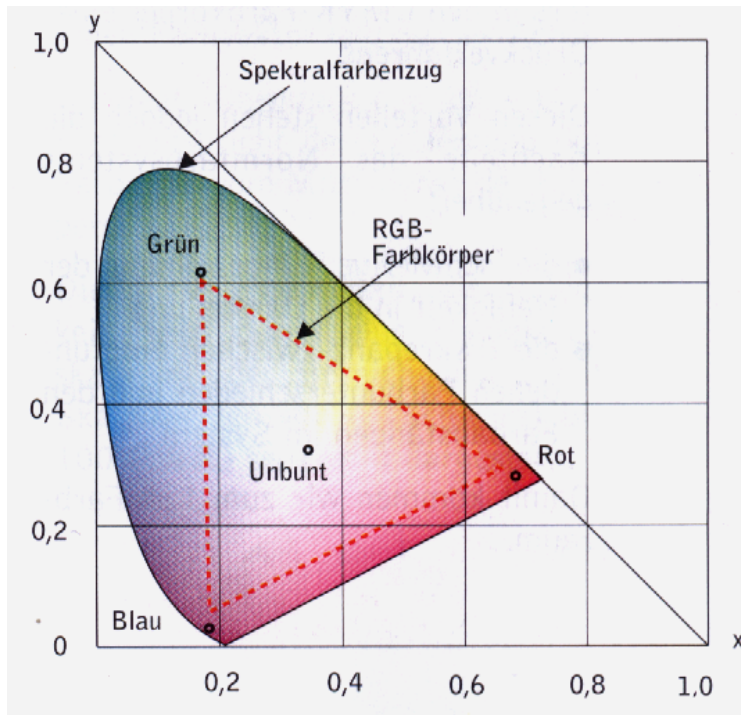
$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$z = Z / (X + Y + Z)$$

$$x + y + z = 1$$

x,y und z – Normfarbwertanteile



Grundfarben eines Reproduktionsgerätes bilden ein Dreieck innerhalb der Schuhsohle

Vollständige Beschreibung erst durch Helligkeitsbeiwert Y
 Quantitativ (zahlenmäßig) beschreibbare Darstellung einer Farbe (Messbarkeit)
 Beliebige Farbtransformationen von einem Farbkörper (Monitor/RGB) in einen anderen
 (Drucker/CMYK) möglich

Nachteile:

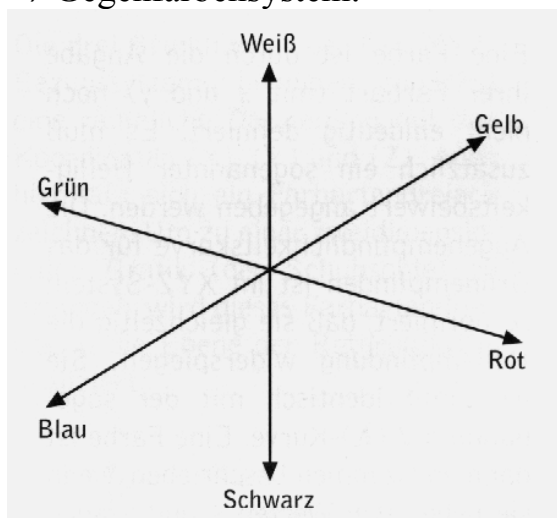
- schwierige Einbeziehung der Helligkeit in die Darstellung
- Diskrepanz zwischen empfundenen Farbunterschieden und den Farbabständen im System

Der Lab – Farbraum der CIE

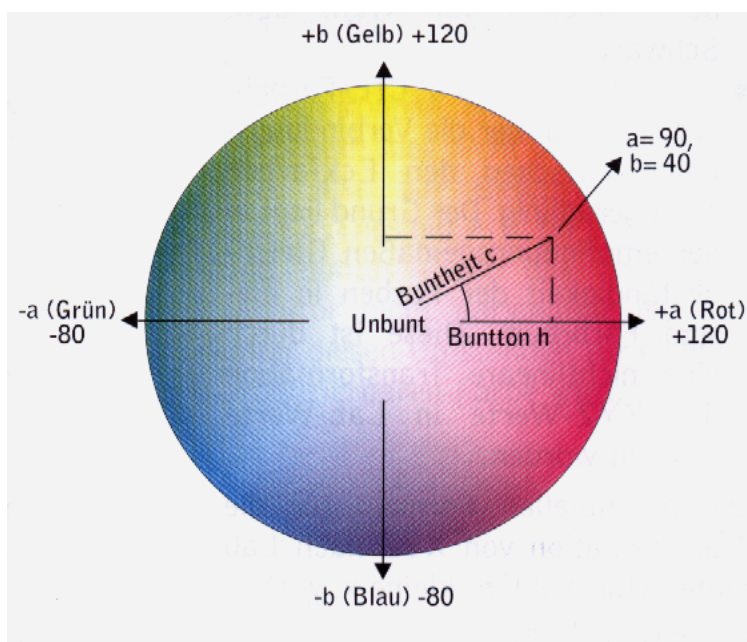
Zunächst werden drei Farbreize registriert aber im Verlauf der einer weiteren Verarbeitungsstufe entstehen drei Empfindungen:

- eine Rotgrünempfindung
- eine Gelbblauempfindung
- eine Helligkeitsempfindung

⇒ Gegenfarbensystem:



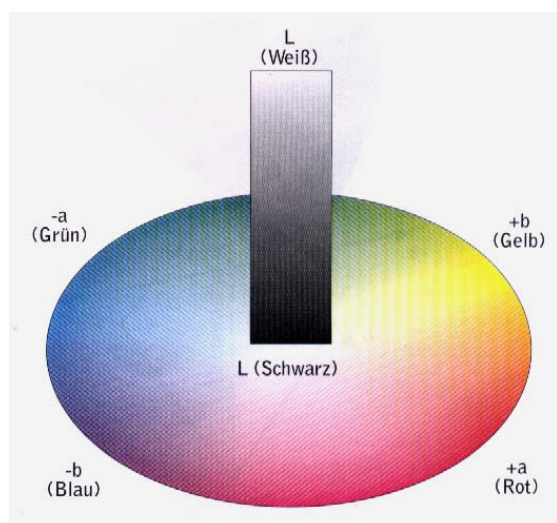
Das von der CIE entwickelte Lab-Farbsystem (1976):



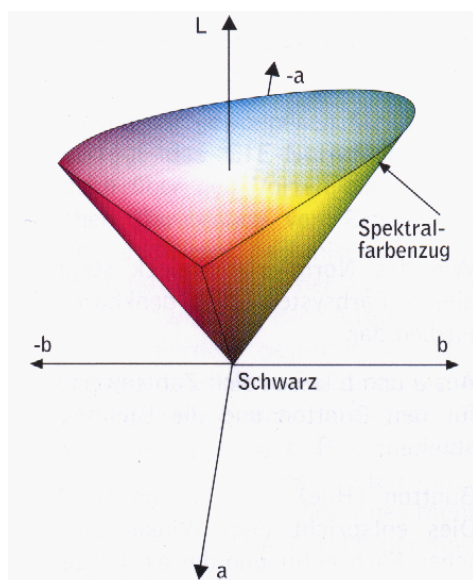
Buntton (Hue): $h = \arctan(b/a)$

Buntheit (Chroma): $c = (a^2 + b^2)^{1/2}$

Helligkeit L mit Skalenwerten zwischen 0 (Schwarz) bis 100 (Weiß):

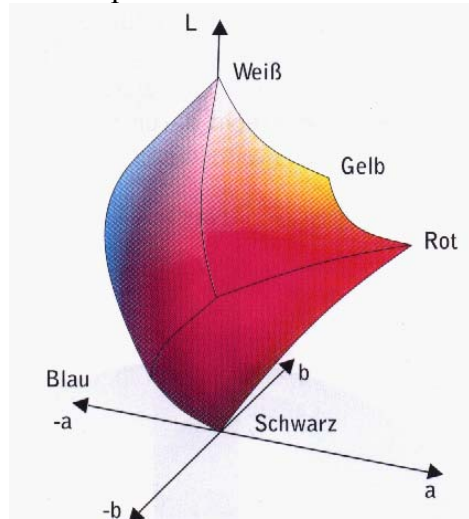


Farbkörper im Lab-Bezugssystem könnte in idealisierter Form folgendermaßen aussehen:



- Auf äußerem Mantel liegen alle Farben höchster Buntheit
- Bei minimalen Helligkeitswert wird jede Farbe zu schwarz

Farbkörper der auf realen Farben basiert hat etwa folgende Form:



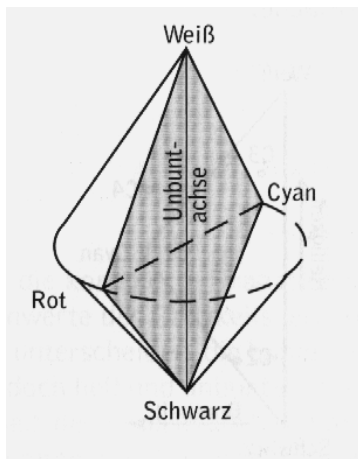
- Buntheit der Farben nimmt mit zunehmender und abnehmender Helligkeit ab, bis zu Null bei Erreichen von Weiß bzw. Schwarz
- Die Verbindungslinien zwischen den Eckfarben sind nicht gradlinig, da hier die empfindungsgemäße Gleichabständigkeit der Farben berücksichtigt wurde. (nichtlineare Transformation der XYZ Werte in Lab Werte)

Vorteile des Lab - Farbraums in der Farbproduktion

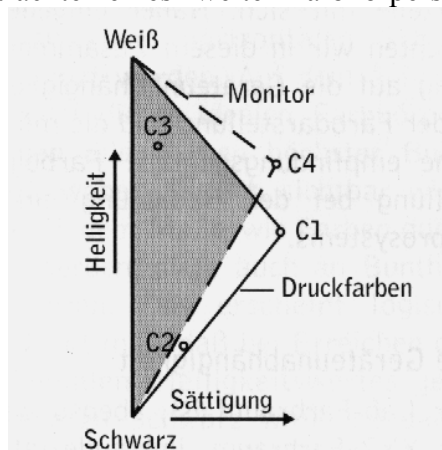
1) Die Geräteunabhängigkeit

- alle realen Farbkörper sind Untermengen
- für den Druck müssen die RGB - Farbwerte in CMYK - Farbwerte umgerechnet werden

Schnitt: durch stilisierten Farbkörper(CMYK):



Betrachten eines zweiten Farbkörpers (RGB):



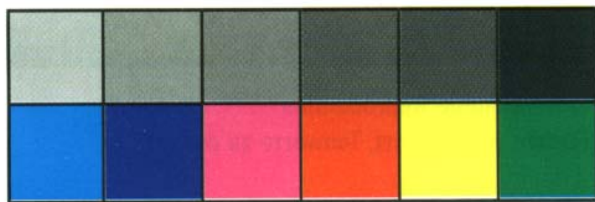
- nur Farben in der markierten Fläche können sowohl im Druck als auch auf dem Monitor identisch wiedergegeben werden

In einem gerätebezogenen Bezugssystem wie RGB oder CMYK können zwangsläufig Farben, die außerhalb ihres Bezugssystems liegen, nicht reproduziert werden, auch dann nicht, wenn sie im Zielfarbkörper vorhanden sind. Hier zeigt sich der Vorteil übergreifender Bezugssysteme wie zum Beispiel der XYZ- oder der Lab-Farbraum, die keine Einschränkungen dieser Art kennen.

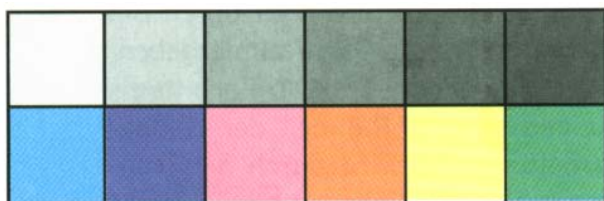
Mit Hilfe des Gamut Mapping können hier die Farbkörper aneinander angepaßt werden, so daß der gesamte Farbumfang des Zielfarbkörpers ausgenutzt werden kann.

2) Die empfindungsmäßige Bedienung

Beisp.: Farbdia mit dunklen (unbunten) Tonwertbereichen und leutenden Farben



Tonwerte des Graukeils sind so dunkel das eine Aufhellung notwendig erscheint
Mit konventionellem CMYK- oder RGB-Reprosystem \Rightarrow Gradationsfunktion,
alle Farbkanäle werden gleichermaßen beeinflusst:

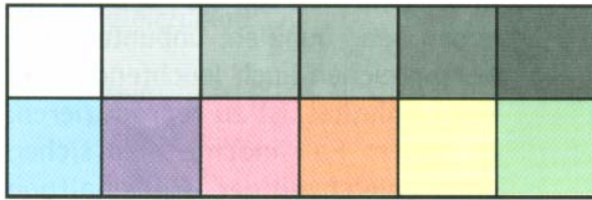


Ergebnis: Grauwerte sind zwar besser zu unterscheiden aber Farben sind unbunter

Lab-Editor:



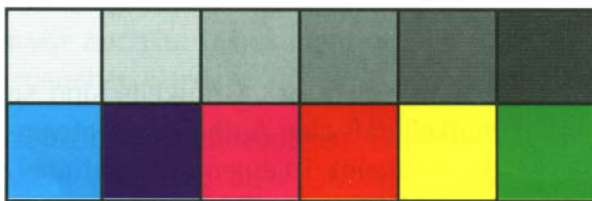
ähnlicher Vorteil bei überbelichteten Vorlagen:



Überbelichtete Vorlage
(Farbsättigung fehlt)



Konventionelle Reproduktion
(Farben verschmutzt, Tonwerte zu dunkel)



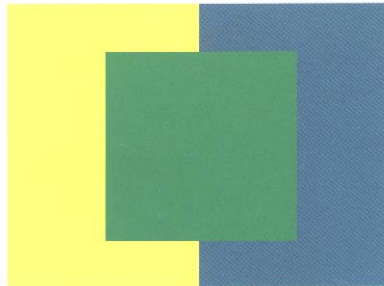
In einem LAB-Editor korrigierter
Buntheitsverlauf

Auf konventionellem Wege müsste jede Farbe einzeln nachgearbeitet werden; Helligkeit und Buntheit müssten angepasst werden. \Rightarrow zeitaufwendig und qualitativ nicht optimal

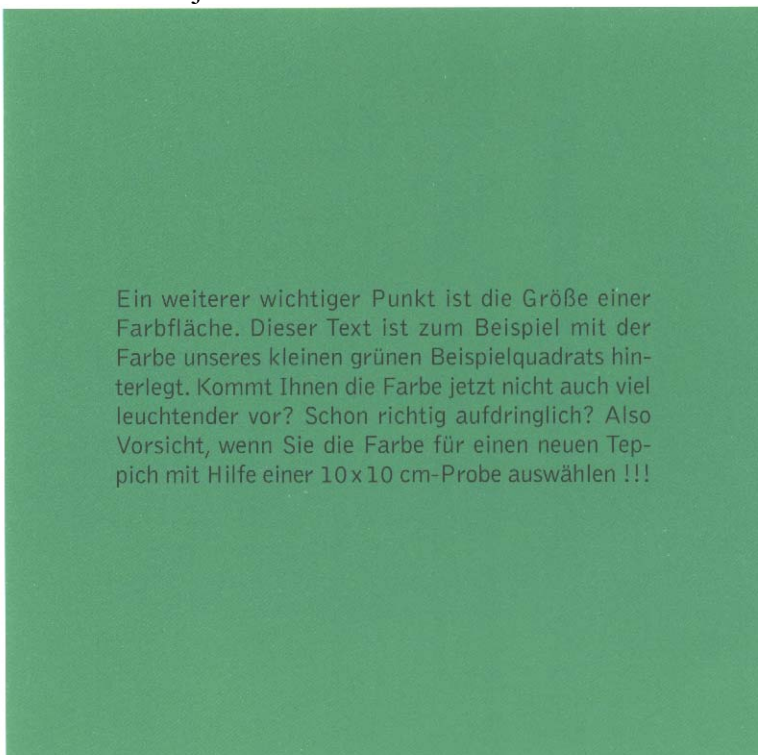
Im Lab-Farbraum kann aufgrund der Trennung von Helligkeit und Buntheit aller Farben die Buntheit der Farben in einem einzigen Bearbeitungsschritt angehoben werden.

Farbempfinden

- Farben werden von verschiedenen Menschen sehr unterschiedlich aufgenommen
 - lösen subjektive Empfindungen aus
 - spektrale Empfindlichkeit des Auges ist von Mensch zu Mensch etwas unterschiedlich (Türkis von den einen eher grün, von den anderen eher Blau)
 - Stimmung
 - äußere Umstände:
 - Lichtquelle
 - Umgebung eines Objektes
- Hintergrund:



Größe eines Objektes:



Farbmessung

- Schaffung standartisierter Bedingungen (Leuchtkästen, Leuchttische mit standardisiertem Licht (5000 K))
- Spektralphotometer:



Gretag: SpectroLino
SpectroScan

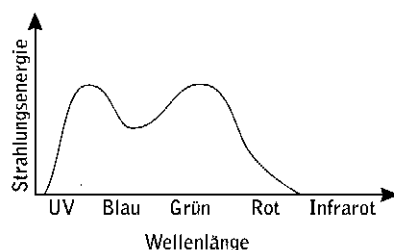


X-Rite



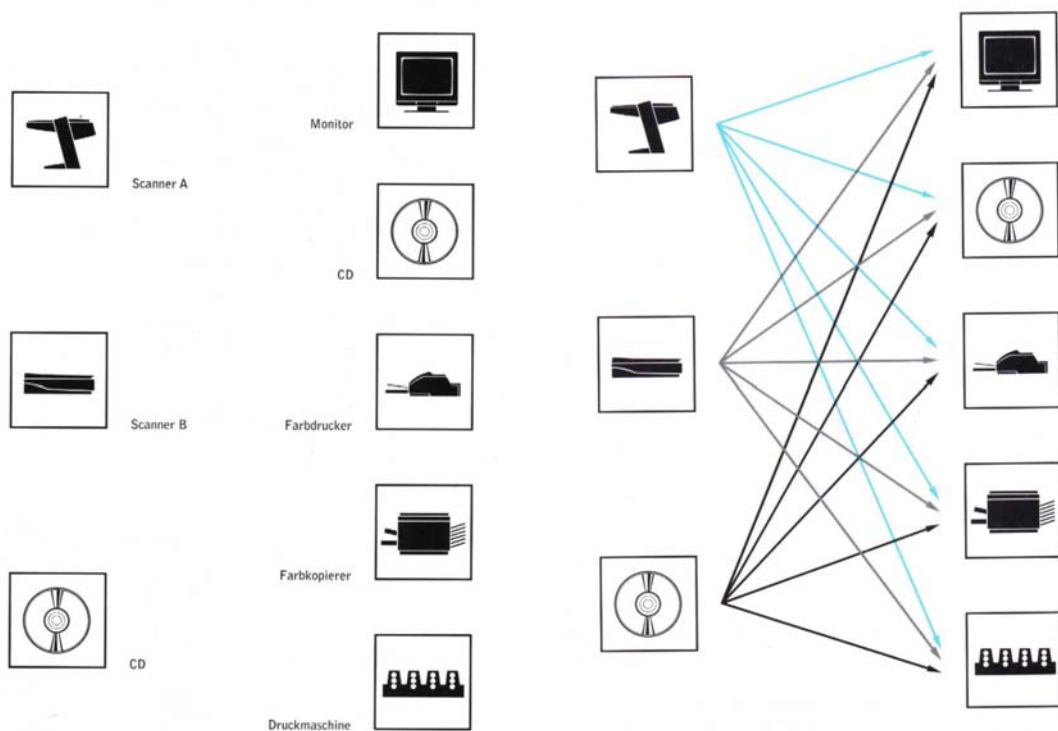
Mit dem Spektralfotometer wird das empfangene Licht der Farbprobe (bei Aufsichtsprüfung das von der Probe reflektierte Licht, wobei die Probe mit einer im Messgerät eingebauten Lichtquelle beleuchtet wird) durch ein **Prisma (Dispersion)** oder durch ein **Gitter (Beugung)** in seine einzelnen Wellenlängen zerlegt. Einzelne Wellenlängenpakete, z.B. über jeweils 10 nm, werden dabei zu einem Messwert zusammengefasst. In diesem Fall hat das Messgerät eine **Bandbreite von 10 nm**, was in der Praxis den besten Kompromiss zwischen Genauigkeit und Anzahl der Messwerte darstellt. Da die einzelnen Messwerte vom integrierten Rechner verarbeitet werden müssen, ist es notwendig, die Anzahl der Messwerte auf ein vernünftiges Maß zu reduzieren, um eine rasche Messung zu gewährleisten.

⇒ Farbreizfunktion:



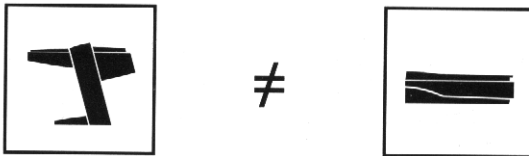
Von der Eingabe zur Ausgabe

- unterschiedliche Ein- und Ausgabegeräte
- offene Systeme \Rightarrow alle Eingabegeräte müssen mit allen Ausgabegeräten kommunizieren
- Unterschiede zwischen Geräten unterschiedlichen Herstellern aber auch Geräte individuelle Unterschiede von baugleichen Geräten

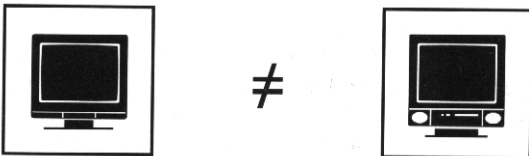


Was soll Color Management leisten?

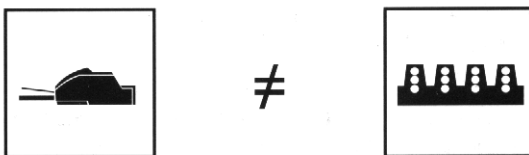
- alle Geräte arbeiten in ihrem eigenen Farbraum
- Scanner und Monitore \Rightarrow RGB
- Vierfarbdruck und bei Farbdruckern CMYK oder CMY
- RGB und CMYK sind **nicht** durch einheitlichen Standard definiert
- verschiedene Scanner erkennen Farbe unterschiedlich aufgrund verschiedener Abtastsysteme



- verschiedene Monitore zeigen von den gleichen Bilddaten ein unterschiedliches Bild



- ohne Color Management keine Garantie das gedrucktes Bild dem des Monitors entspricht
- Unterschiede innerhalb des Druckes (Farbdrucker erzeugen anderes Bild als Offsetdruck)



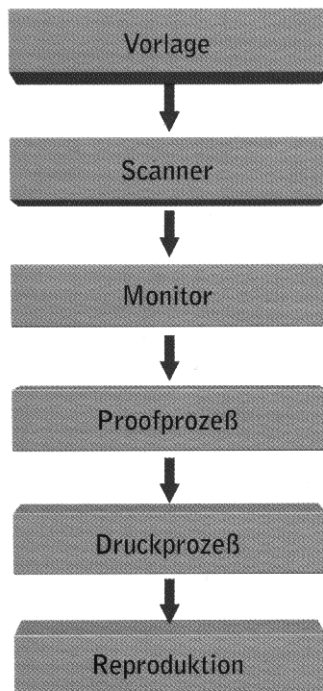
- Unterschiede innerhalb des Offsetdruck (Papier, Druckpresse)



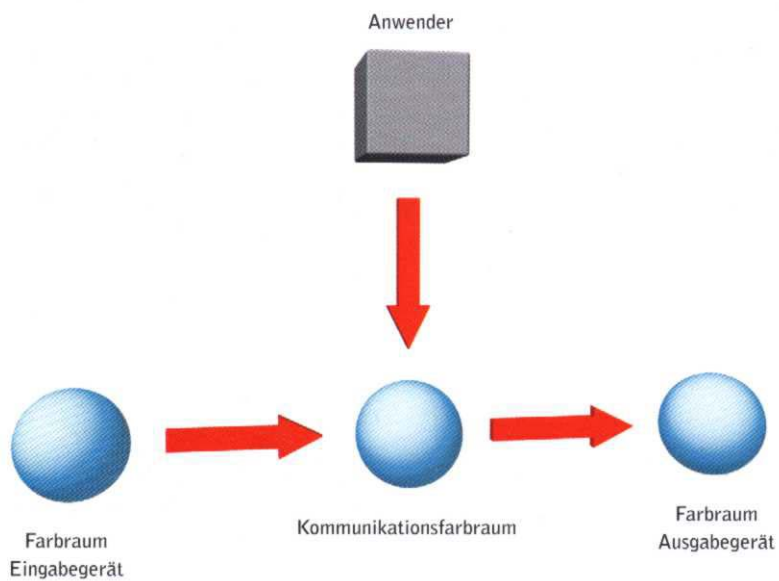
Ziel von Color Management:

- die Farbräume aller betroffenen Geräte auf einander
- wiederholbare und vorhersehbare Farbproduktion
- Simulation eines Ausgabeprozesses (Softproof auf dem Monitor, Proof auf Farbdrucker)

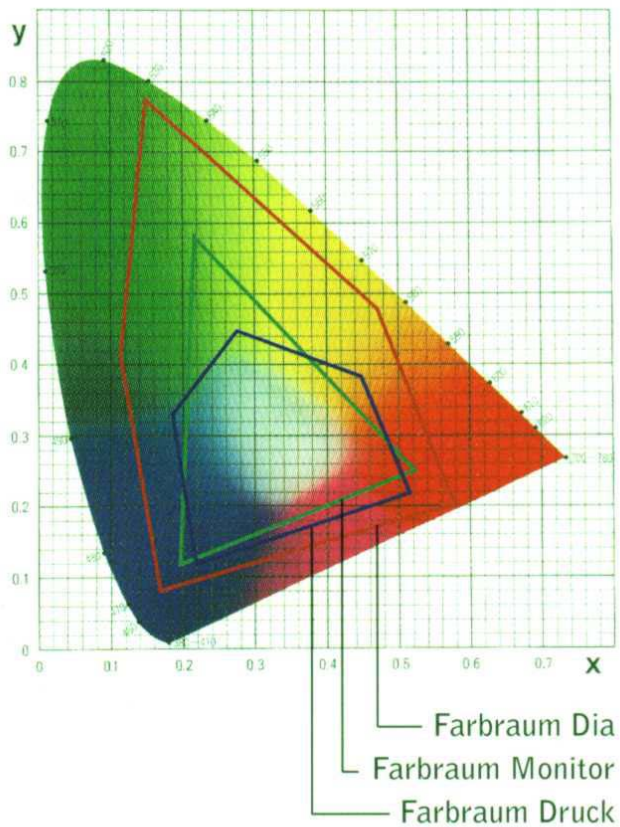
Arbeitsablauf (Offsetdruck) muss standardisiert werden:



Wie funktioniert ein Color Managementsystem?

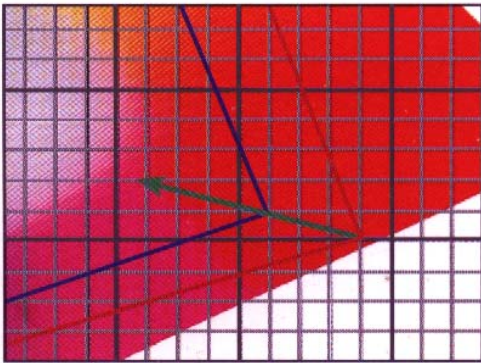


Eingabegerät \Rightarrow Kommunikationsfarbraum - kein Problem
 Kommunikationsfarbraum \Rightarrow Ausgabegerät :



Gamut Mapping:

Oberstes Gebot: Wahrung des Bildcharakters



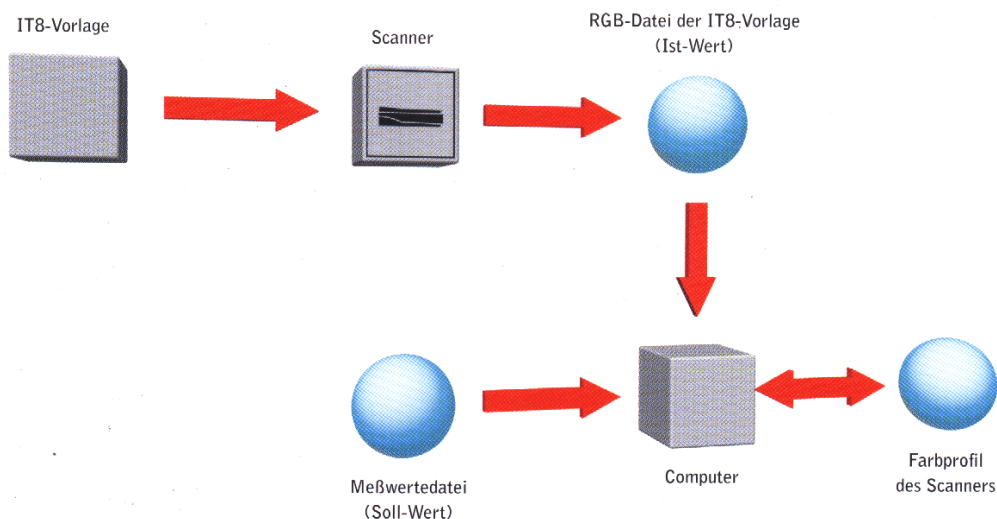
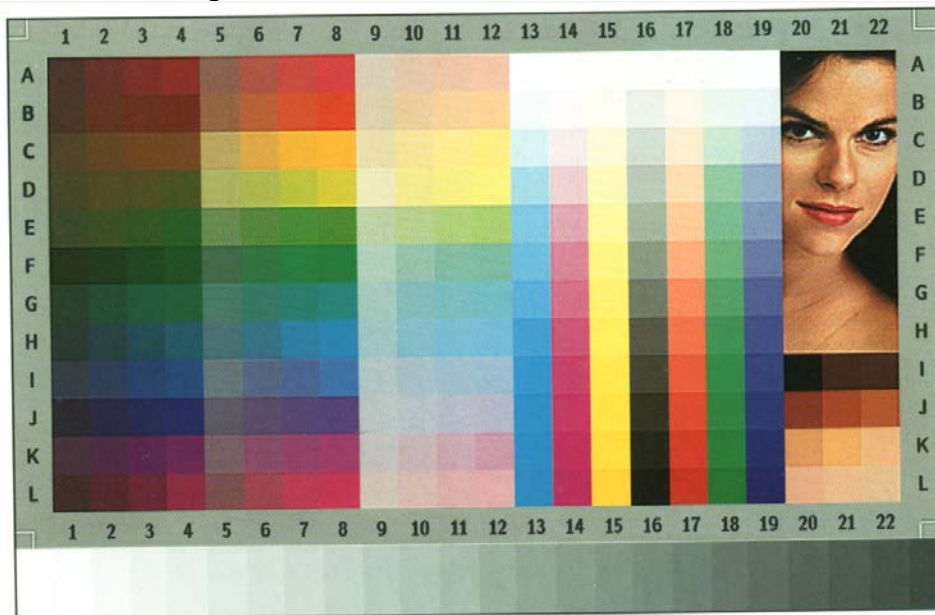
Gamut Mapping

Optionen:

- *Relativ farbmétrisch* verändert die Farben nicht, die sich innerhalb des Farbumfangs befinden, nicht. Farben außerhalb des Farbumfangs werden in Farben konvertiert, die am Rand des Zielfarbraums mit der gleichen Helligkeit liegen. Die Differenzierung der konvertierten Farben nimmt dadurch stark ab.
- *Absolut farbmétrisch* transformiert den Weißpunkt nicht. Die Farben werden direkt übernommen. Die Priorität liegt bei der exakten Erhaltung der Bildfarben, nicht beim Gesamteindruck.
- *Perceptual, wahrnehmungsgemäß*, transformiert den Ausgangsfarbraum so in den Zielfarbraum, dass die Bildwirkung möglichst originalgetreu erhalten bleibt. Die Position aller Farben wird dadurch grundsätzlich im Farbraum verändert.

Kalibrierung aller Geräte im System

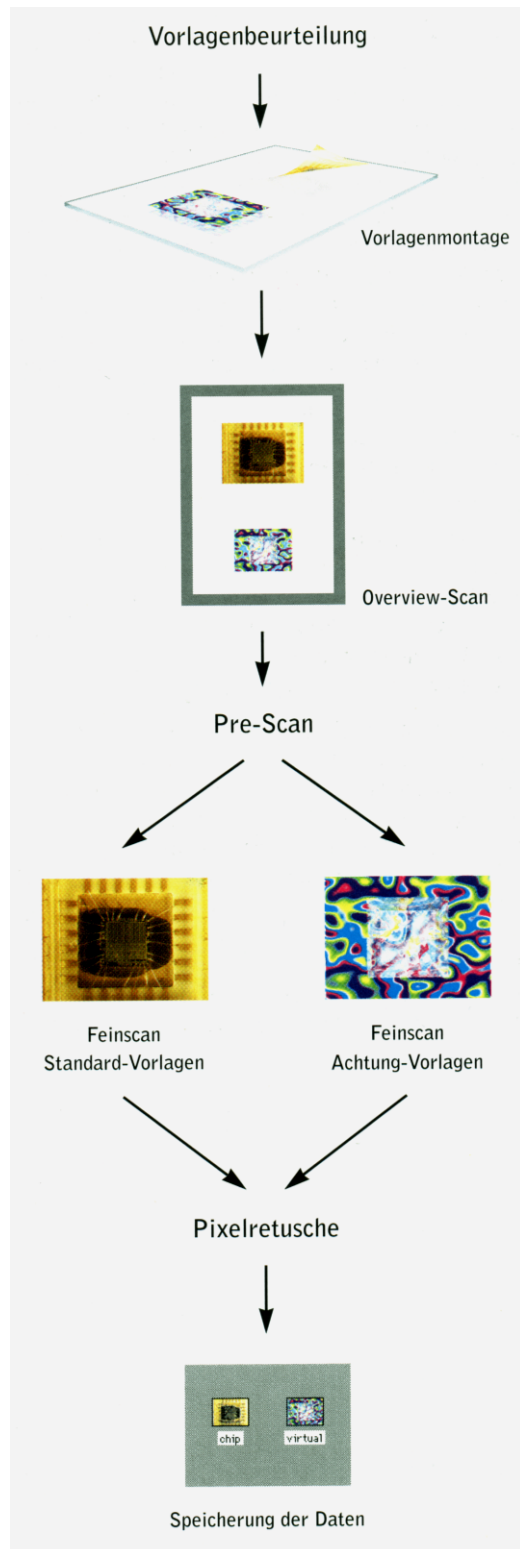
Reihenfolge beachten
 Beispiel Scanner
 IT 8-Vorlage:



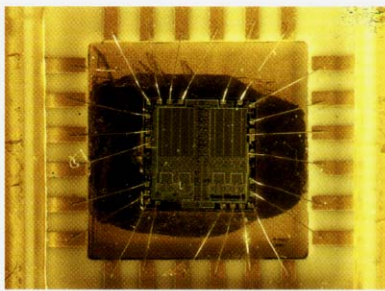
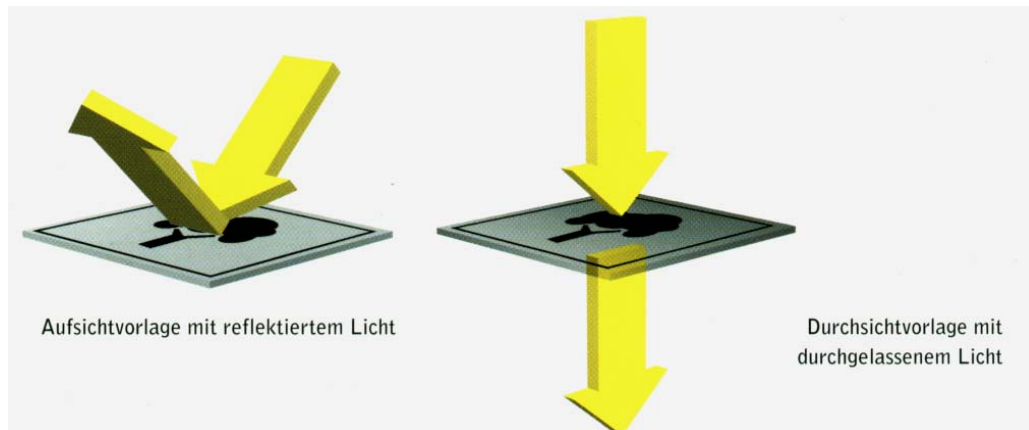
Im Computer wird Color Lookup- Table gebildet und Zwischentöne durch Interpolation ermittelt
 Die Qualität des Color Management Systems ist stark von der Qualität der Rechneralgorithmen abhängig, die mit der Farbraumtransformation zu tun haben.

Scannen

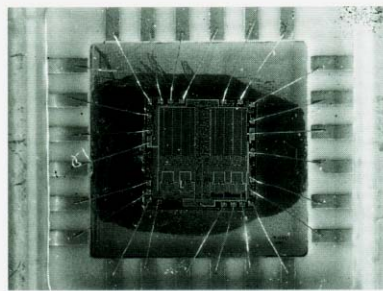
Arbeitsablauf:



Vorlagen:

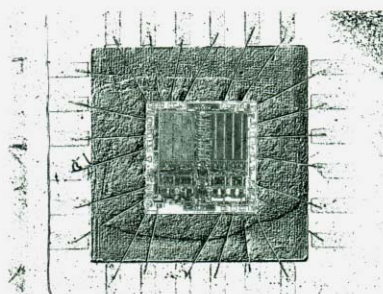


Halbton-Farbvorlage

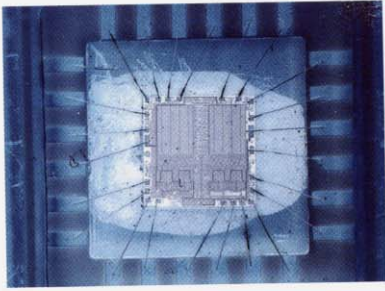


Halbton-Graustufenvorlage

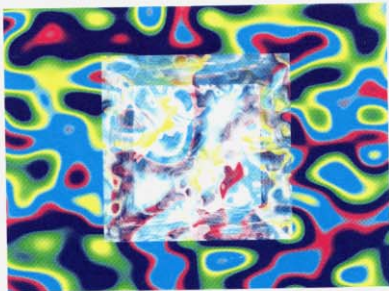
Strichvorlage



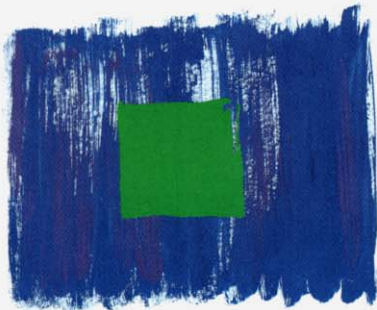
Achtungsvorlagen:



Negativ-Vorlage



Virtuell erstellte Vorlage



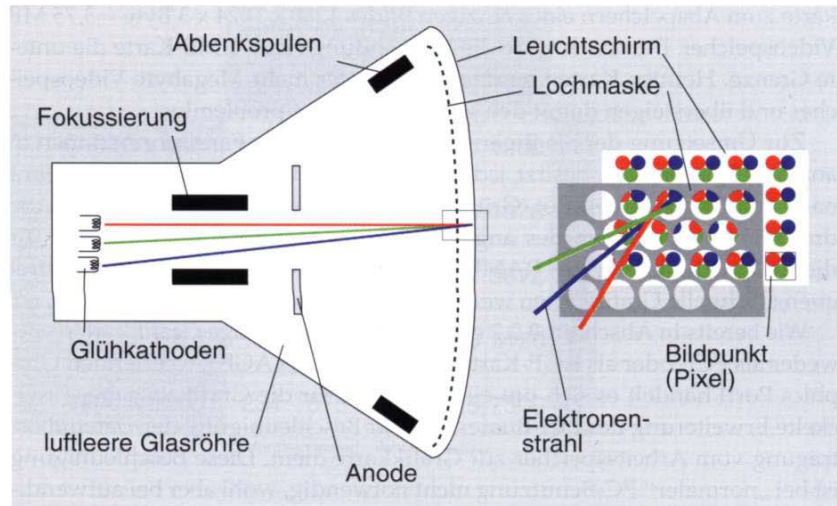
Künstlerische Vorlage

- High - Key - Vorlagen (motivbedingt sehr helle Bilder)
- Low - Key- Vorlagen (motivbedingt sehr dunkle Bilder)
- über und unterbelichtete Vorlagen
- Spitzlichtvorlagen
- unscharfe Vorlagen

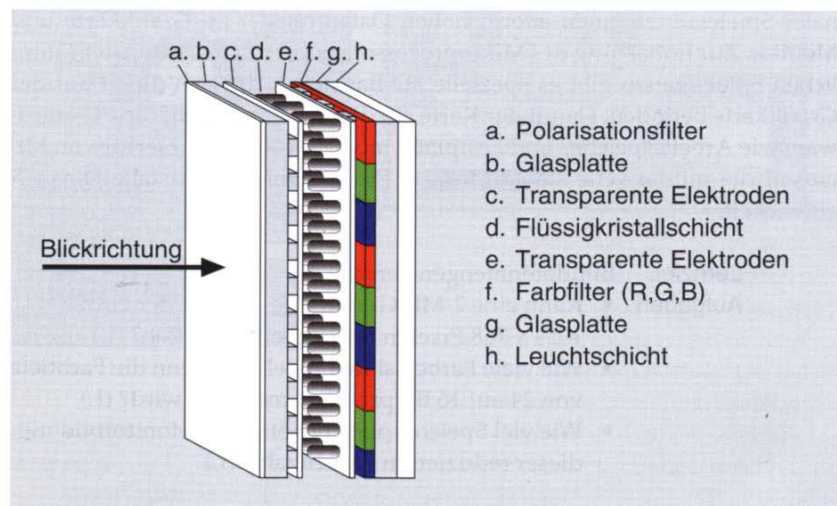
Tipp: Wie oft sollte man Scanner kalibrieren?
 Graukeil scannen und neben früher einmal gescannten Graukeil auf dem Monitor stellen.
 Farbstich \Rightarrow neu kalibrieren

Von der Vorlage zum Monitorbild

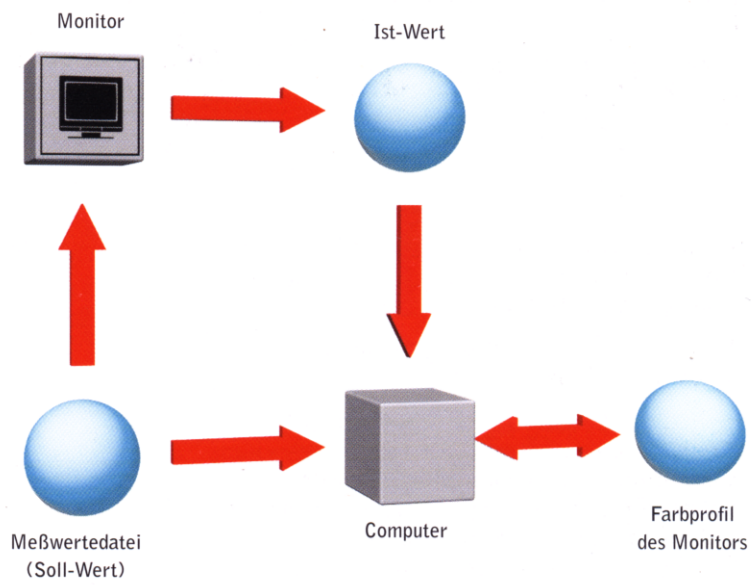
Schematische Darstellung eines Kathodenstrahl-Monitors



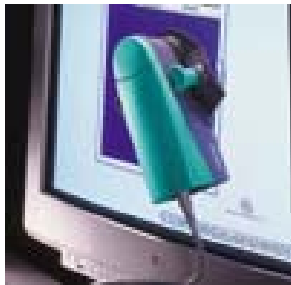
Schematische Darstellung eines LCD-Monitors



Kalibrierung:



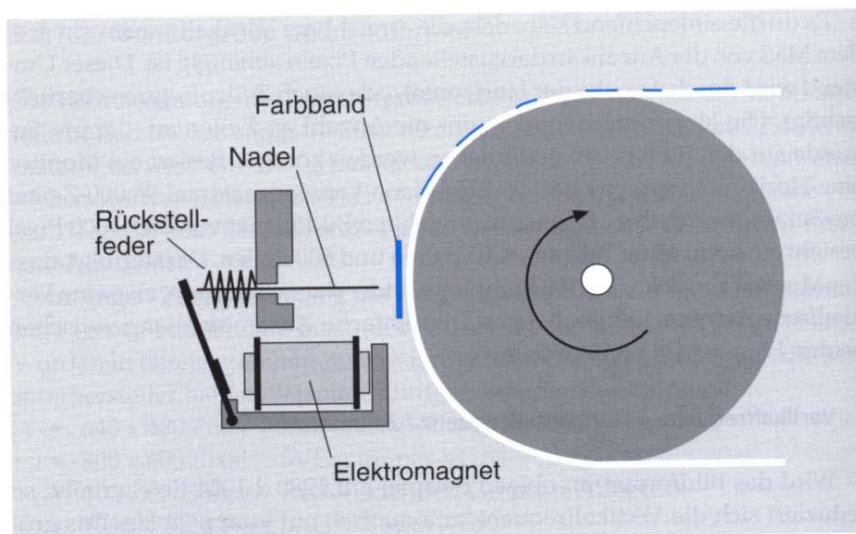
Spektralfotometer:



Monitorprofil vom Hersteller – gemittelttes Profil

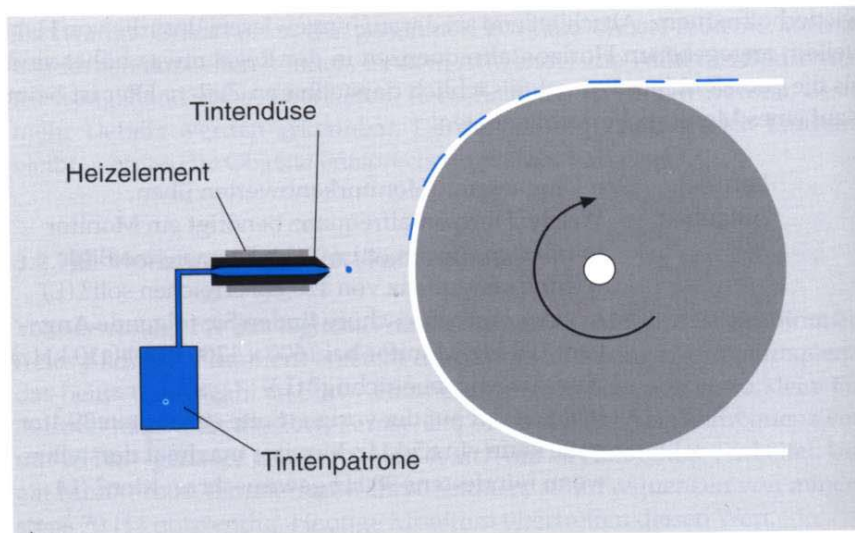
Druckprinzip eines Nadel-druckers

Durch Anlegen einer elektrischen Spannung zieht der Elektromagnet schlag-artig den beweglichen Anker an, der seinerseits die Nadel auf Farbband und Papier schlägt. Die Rückstellfeder bringt die Nadel in die Ausgangsposition zurück.



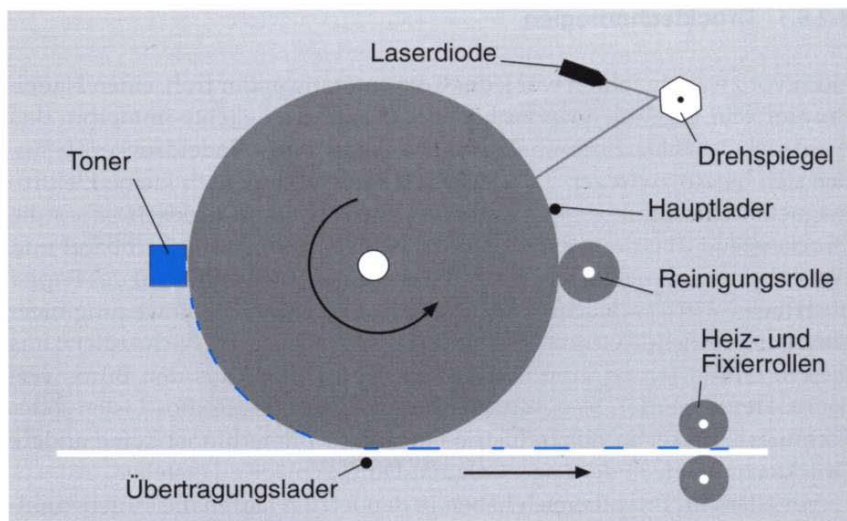
Druckprinzip eines Tintenstrahldruckers (Bubble-Jet-Verfahren)

Durch schlagartiges Erhitzen der Tintendüse entsteht in dieser eine Gasblase, die den Tintentropfen explosionsartig auf das Papier schleudert. Der dabei entstehende Unterdruck füllt die Düse erneut mit Tinte.



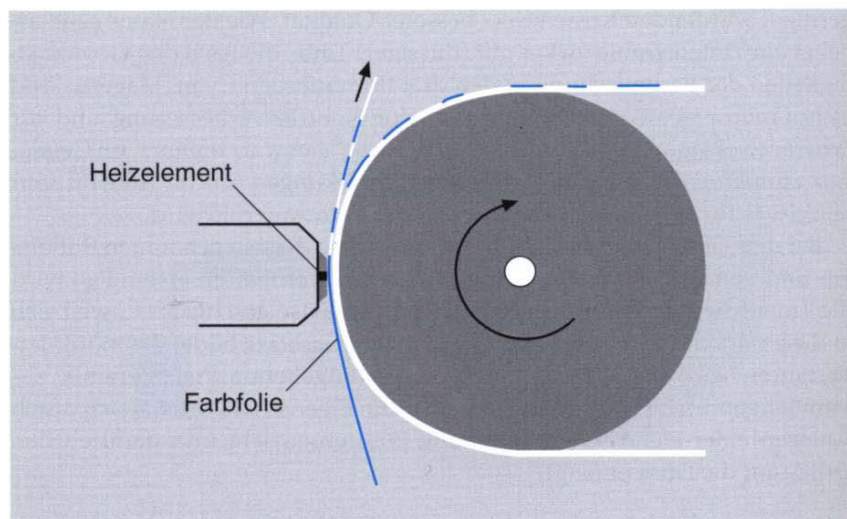
Druckprinzip eines Laserdruckers

Die negativ geladene Bildtrommel wird durch den Laserstrahl punktuell entladen. Der Toner haftet an allen entladenen Stellen. Durch positive Aufladung des Papiers wird der Toner auf das Papier gezogen. Heiz- und Fixiereinrichtung sorgen für eine dauerhafte Verbindung von Toner und Papier.

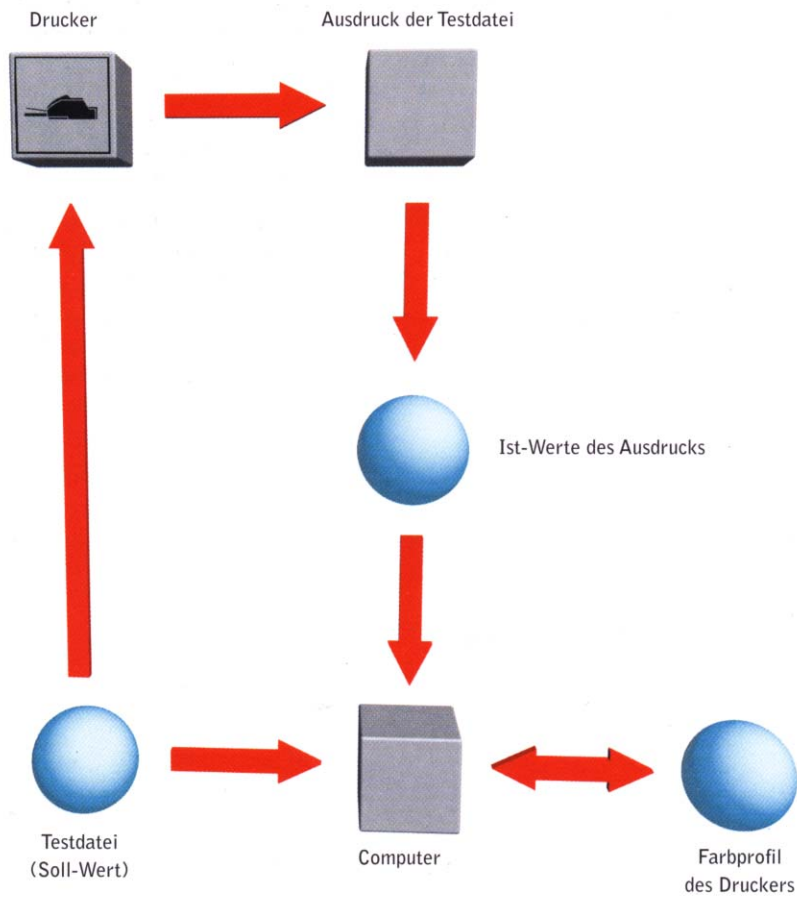


Druckprinzip eines Thermodruckers (Thermotransferverfahren)

Durch punktuelle Erhitzung werden wachsähnliche Farbpigmente auf das Papier übertragen und in dieses eingeschmolzen.



Druckerkalibrierung:



Ausmessen der gedruckten Testdatei:



- Papierqualität hat großen Einfluss auf die Qualität des Ausdrucks
- Kalibrierung abhängig vom Trägermaterial

Von der Vorlage zum gedruckten Bild

Arbeitsablauf:



Offsetdruckform-Prinzip



Die gelb gezeichneten Buchstaben sind hydrophob, die cyanfarbene Schicht ist hydrophil.

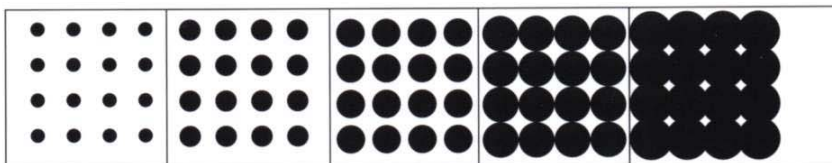
Das gelb gefasste Logo ist hydrophob.

Das Halbtonebild wird mittels Rasterpunkten, z.B. 60 p/cm, hydrophob.

Ausschnitt der Ansicht von vorne.

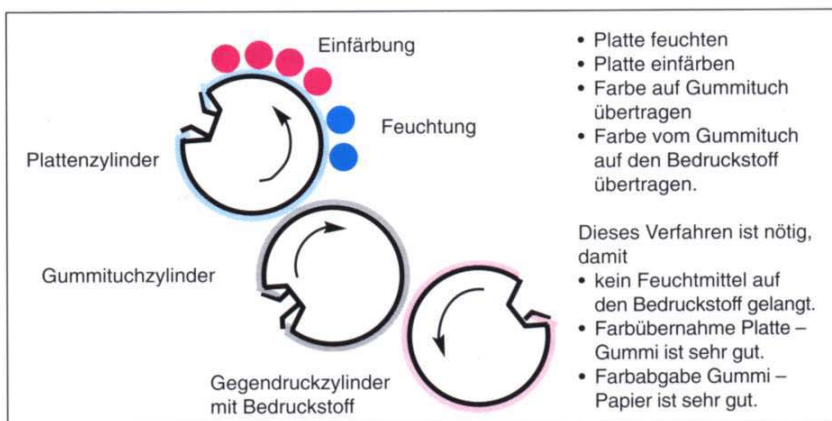
Graukeil in Rasterpunkte zerlegt.

Alle Rasterpunkte haben den gleichen Mittelpunkt-Abstand, aber in der Fläche werden sie von Stufe zu Stufe größer.



Flachdruck

Prinzip Offsetdruck



Druckmaschine:



4Prozeßfarben:

Magenta



Yellow

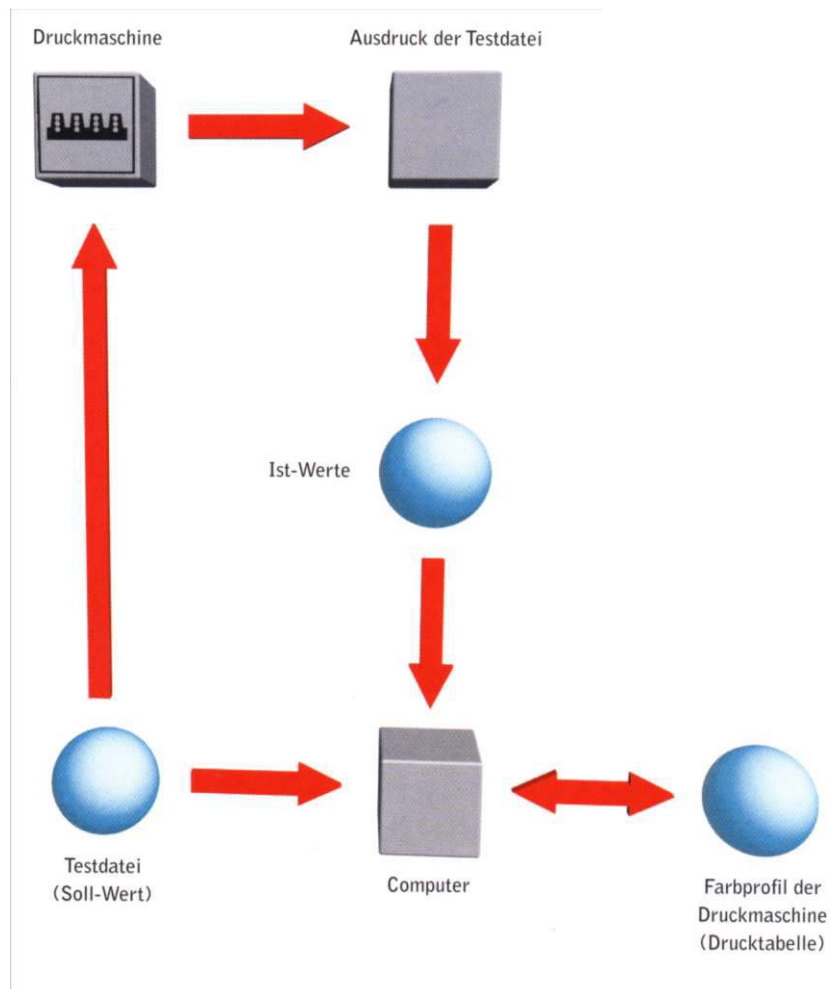


Cyan



Black (Key)

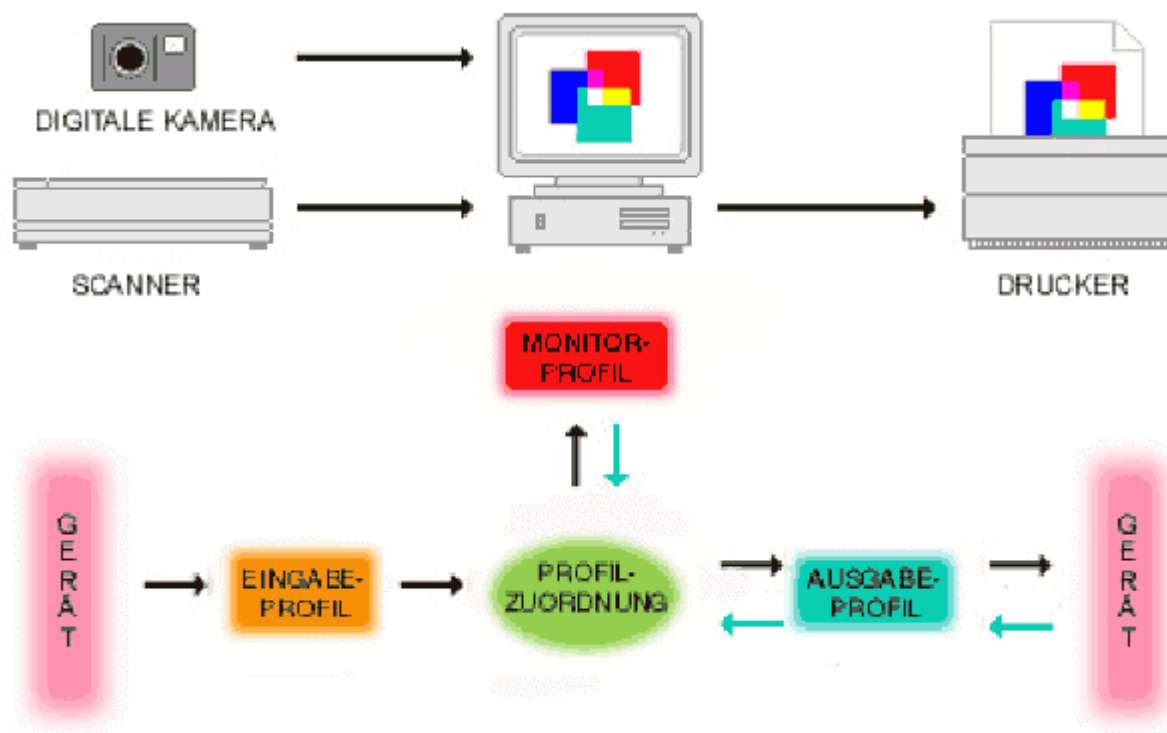
Color Management:



Einschränkungen:

- nur für einen Druckprozess
- nur für eine Druckmaschine
- nur für eine Papiersorte

Was bringt Color Management



Eine Voraussetzung für das CMS ist entweder eine CMS-fähige Applikation wie PhotoShop oder QuarkXpress, die über ein Modul (Plug-In) verfügt, das ICC-Profile verarbeiten kann. Oder besser noch ein Betriebssystem wie Sun OS, SGI OS, Apple OS (ColorSync) oder jetzt auch uneingeschränkt Windows 98 mit ICM 2.0; Windows 95 hatte bereits beschränkte CMS-Fähigkeiten, konnte aber noch nichts mit CMYK anfangen. Unter Windows 98 und NT 5.0 hat etwa Adobe Photoshop vollen Zugriff auf das Image Color Matching ICM 2.0; unterstützt werden u.a. die Farbräume sRGB, RGB, CMYK, CIELab; die Technologie dazu stammt von Kodak.

Vorteile:

- Farbproduktion nicht nur für Spezialisten
- Zeit und Kostenersparnis
- Regionale Unabhängigkeit