

# Graphische Datenverarbeitung

Digitale Bilder

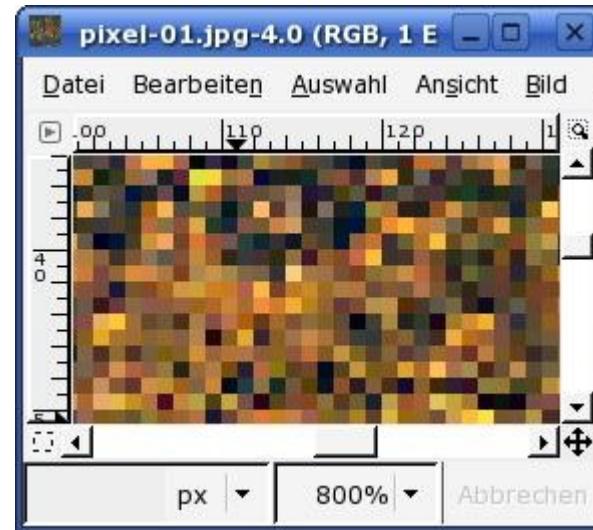
Prof. Dr. Elke Hergenröther

# Aufbau eines digitalen Bildes

## Pixel

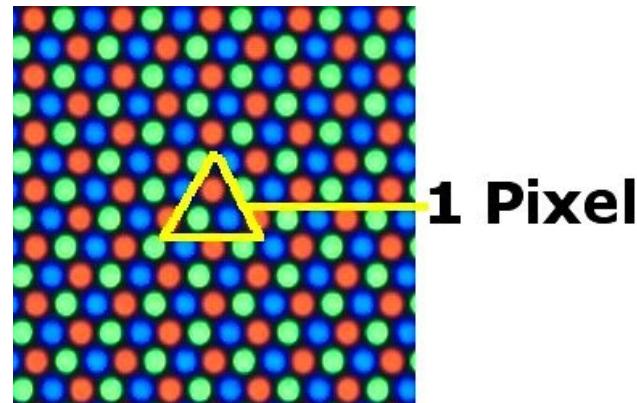
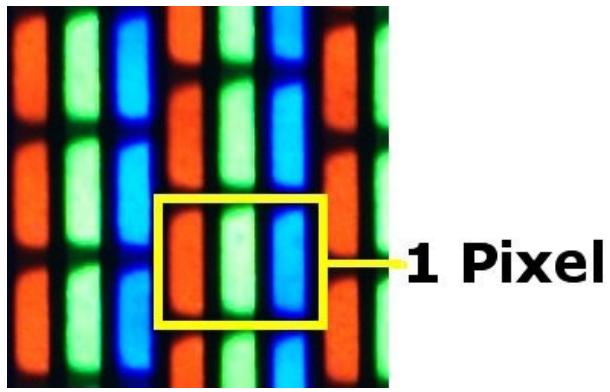
Pixel sind die Elemente des digitalen Bilds ähnlich wie Mosaiksteine bei einem Mosaik. Von links oben waagrecht nach rechts oben fügt sich Pixel an Pixel und es entsteht eine waagrechte Pixelzeile. Viele waagrechte Pixelzeilen übereinander sind das Bild.

Elmar Baumann, 08.01.2006 (<http://www.elmar-baumann.de/fotografie/ebv/aufbau-digitales-bild-02.html>)



# Geometrische Betrachtungen

Bei der geometrischen Beschreibung eines Pixels oder eines sonstigen graphischen Objekts wird die *Position*, die *Form* und die *Ausdehnung* des Objekts angegeben:



Ausschnitt aus einem Farbfernsehbildschirm und aus einem Röhrenmonitor

Aus: <http://www.elmar-baumann.de/fotografie/ebv/aufbau-digitales-bild-04.html>

# Photometrische Betrachtungen

Die **photometrische Betrachtung** bezieht sich auf das Aussehen, d.h. die Darstellung eines Objekts mit Hilfe von Grautönen bzw. Farben.

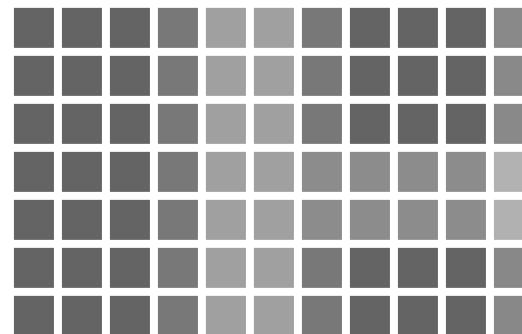
- 1. Schwarz-Weiß- und Grauwertbilder (Intensitäten)**
- 2. Farbbilder**

RGB- und CMY-Farbmodell (Hardwareorientiert)

YUV- und HSV-Farbmodell (Wahrnehmungsorientiert)

# Schwarz-Weiß- und Grauwertbilder

- Grauwert- == Halbton- == Grautonbild
- Kennzeichen: „unbunte“-Bilder
- eindimensionaler Merkmalsraum (Visualisierung)
- ...

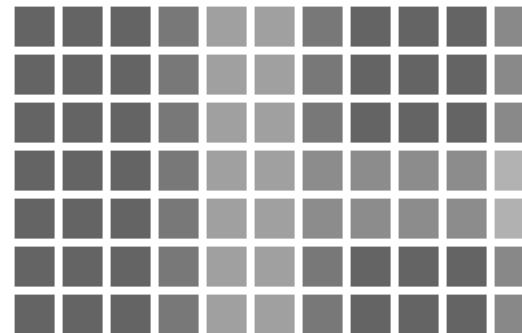


Beispiel für ein Grauwertbild

# Schwarz-Weiß- und Grauwertbilder

Grauwertmatrix mit Grauwerten g [0, 255]

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
1	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
2	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
3	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	178
4	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	177
5	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136
6	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136



Digitales Grautonbild

# Verschiedene Repräsentationen von Grautönen

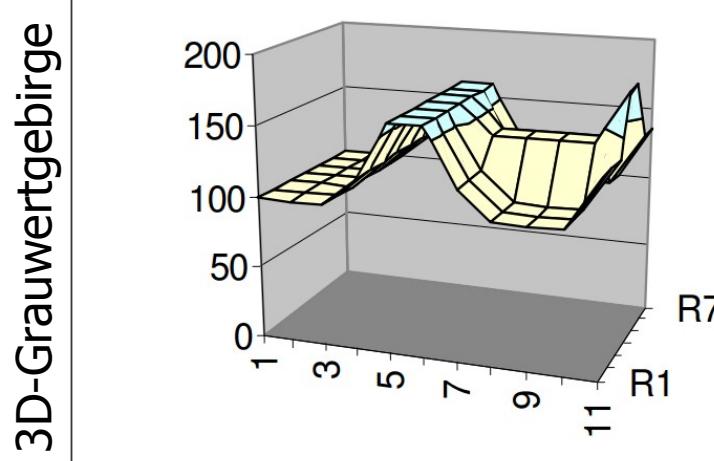
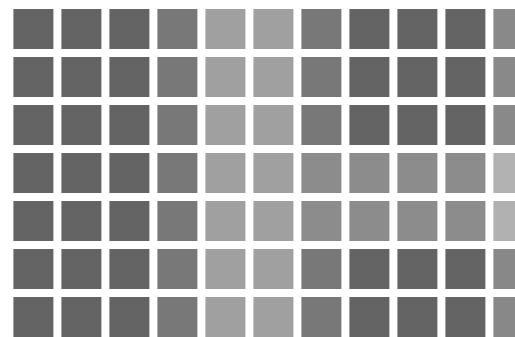
- Visualisiert als Grautonstufe
- Intervall von 0 - 255
- Intervall von 0 - 1



100	250	100	0
0.39	0.98	0.39	0

# Verschiedene Repräsentationen von Schwarz-Weiß- und Grauwertbildern

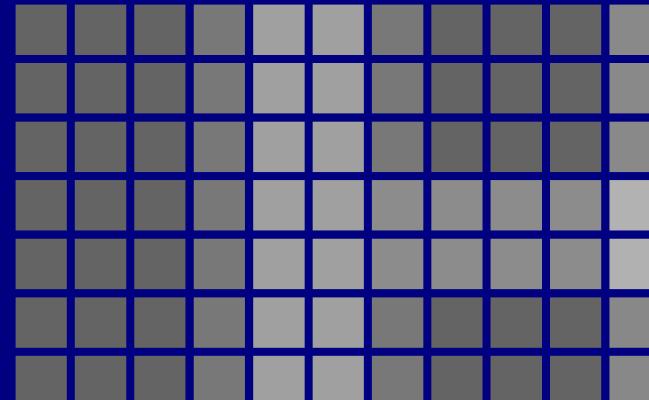
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
1	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
2	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
3	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	178
4	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	177
5	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136
6	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136



# Schwarz-Weiß- und Grauwertbilder

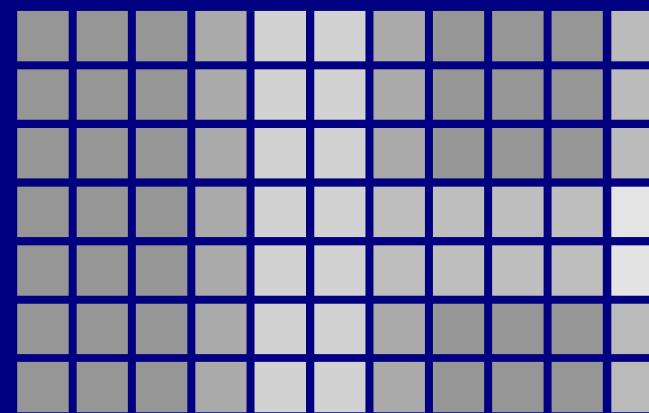
## Helligkeit / Intensität

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
1	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
2	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
3	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	178
4	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	177
5	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136
6	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136



zugehörige Grauwertkeile

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	150	150	150	170	210	210	170	150	150	150	187
1	150	150	150	170	210	210	170	150	150	150	187
2	150	150	150	170	210	210	170	150	150	150	187
3	150	150	150	170	210	210	190	190	190	190	228
4	150	150	150	170	210	210	190	190	190	190	227
5	150	150	150	170	210	210	170	150	150	150	186
6	150	150	150	170	210	210	170	150	150	150	186

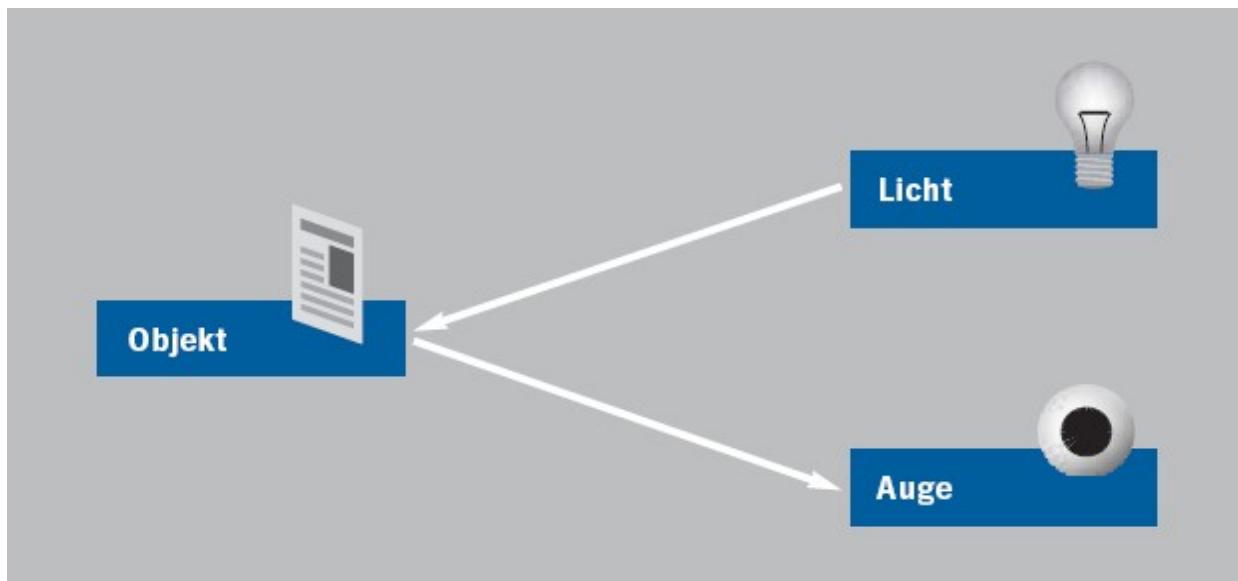


zu allen Grauwerten: +50 addiert

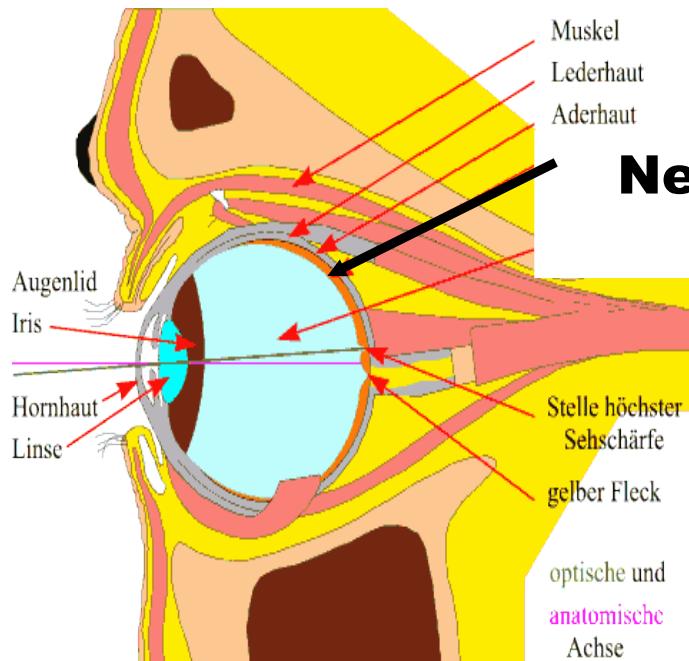
# Farbbilder

- Farbwahrnehmung
- CIE-Farbdreieck
- RGB- und CMY-Farbmodell (Hardwareorientiert)
- YUV- und HSV-Farbmodell (Wahrnehmungsorientiert)

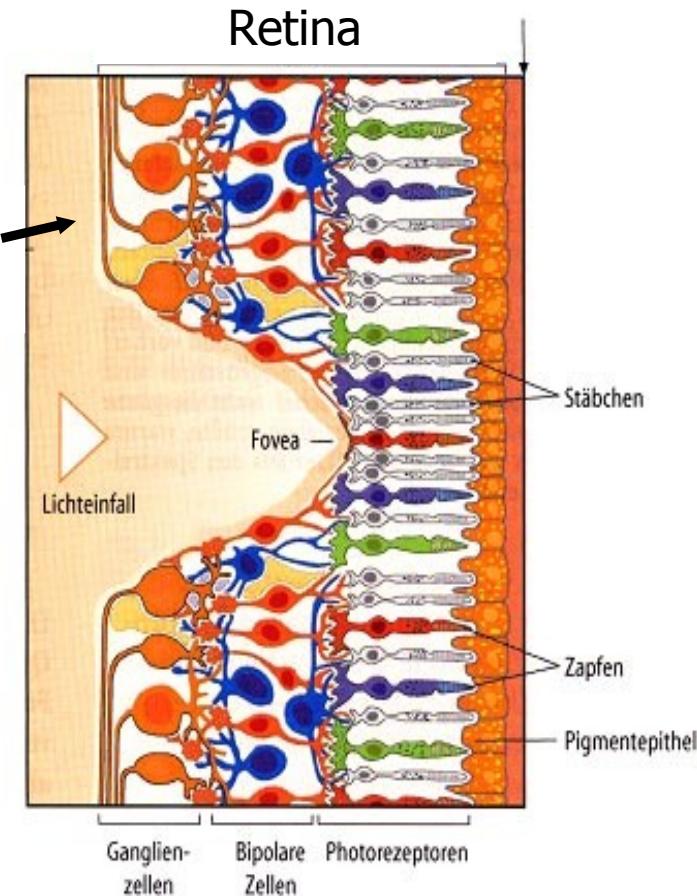
# Wie sehen wir, was wir sehen?



# Farbwahrnehmung durch Zapfen und Stäbchen



**Netzhaut oder Retina**



# Farbwahrnehmung durch Zapfen und Stäbchen

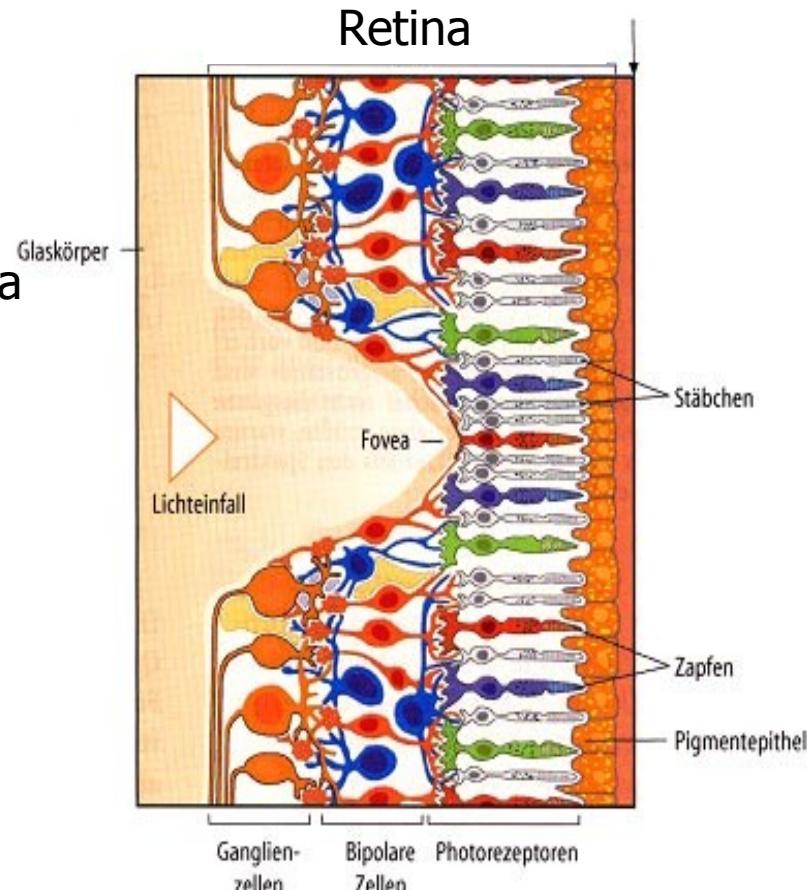
## Zapfen:

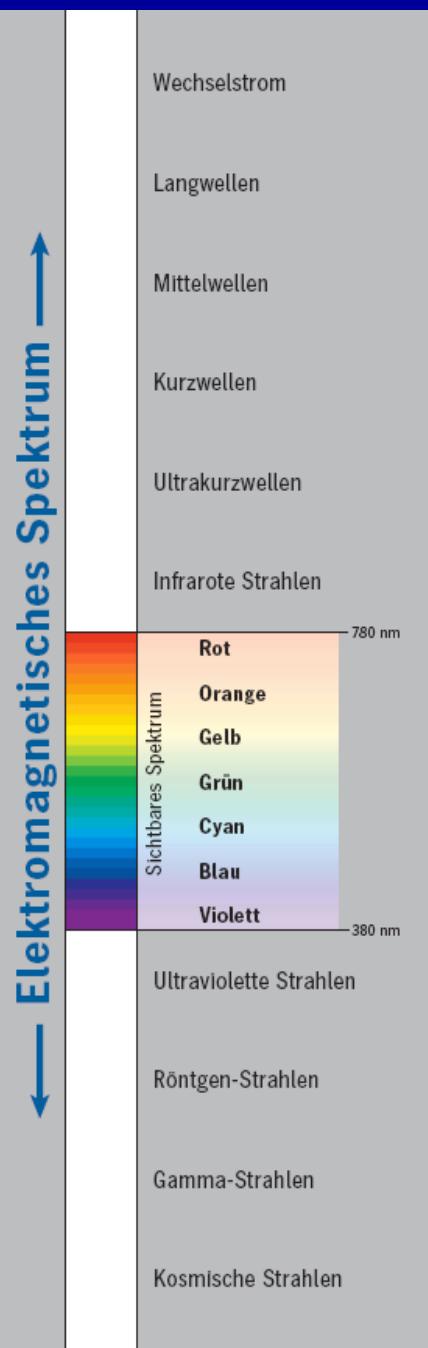
- Arbeiten unter Tageslichtbedingungen
- Farbsehen
- hohe Konzentration in der Mitte der Retina
- 3 Arten von Farbrezeptoren:  
rot, grün, blau

## Stäbchen:

- Arbeiten bei geringer Beleuchtung
- **Nur** Helligkeitsunterschiede (Grauwerte)

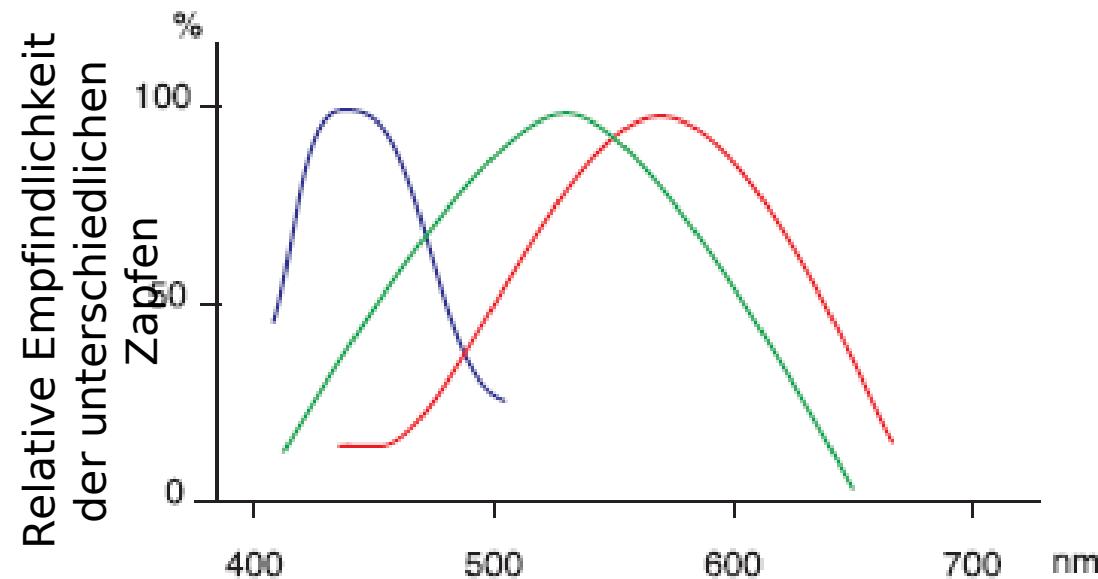
Abbildung: [www.psychologie.uni-heidelberg.de](http://www.psychologie.uni-heidelberg.de)





## Farbwahrnehmung durch Zapfen und Stäbchen

Wellenlänge des Lichtes entscheidet über die Intensität der Innervierung der Farbsensoren (Zapfen).



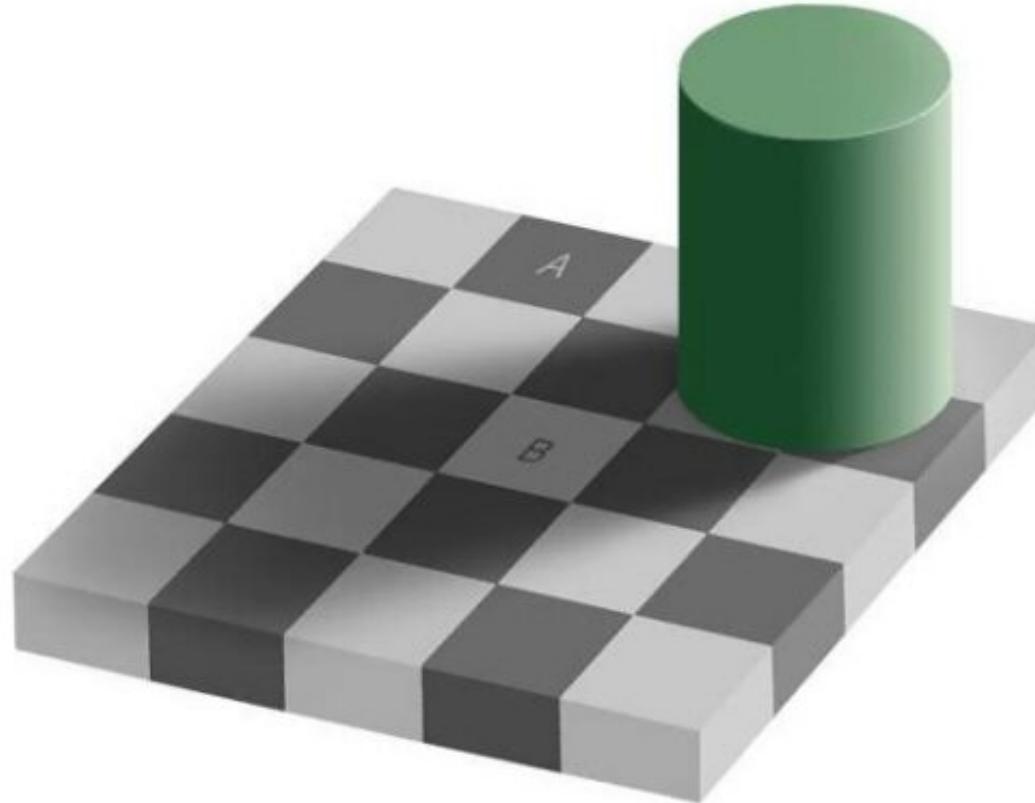
# Farbwahrnehmung

- Wie sehen wir, was wir sehen?
- Farbwahrnehmung ist subjektiv.

# Einflussfaktoren subjektiver Farbwahrnehmung: Farbliche Umgebung

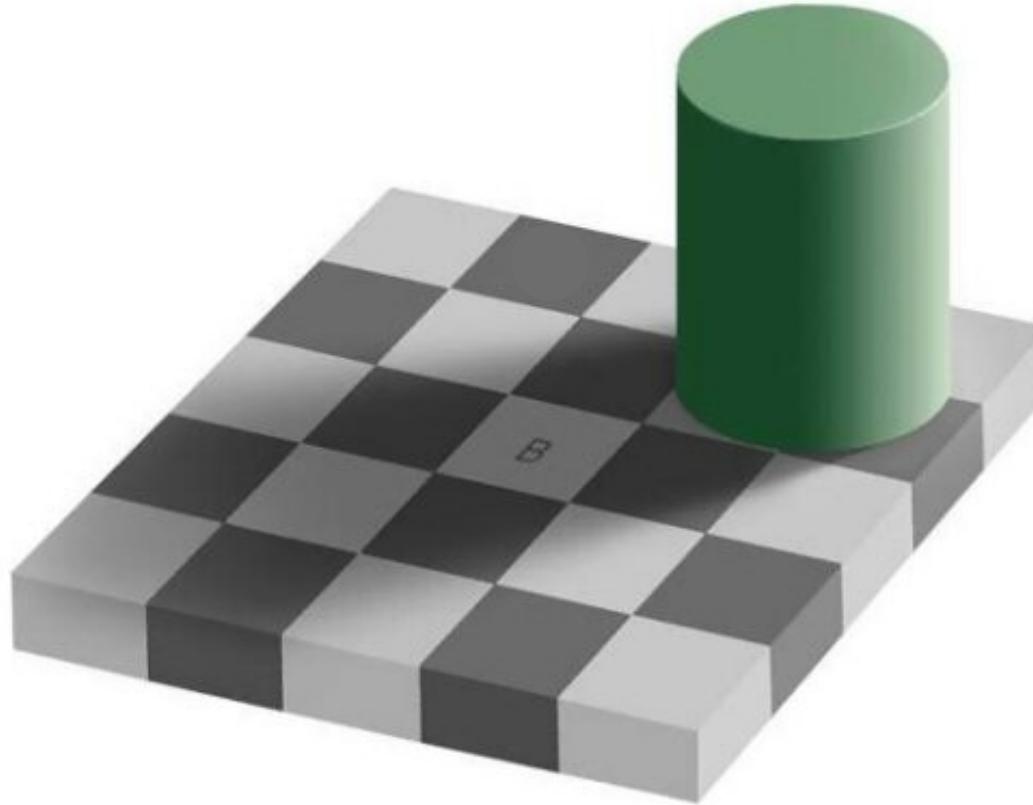


# Einflussfaktoren subjektiver Farbwahrnehmung: Farbliche Umgebung



Das Quadrat *B* rechts im Bild liegt im Schatten. Dem Muster folgend muss es ein *weißes* Quadrat sein, viel heller als das *dunkle* Quadrat *A*. Absolut betrachtet sind beide Quadrate jedoch gleich hell. (Wikipedia)

# Einflussfaktoren subjektiver Farbwahrnehmung: Farbliche Umgebung



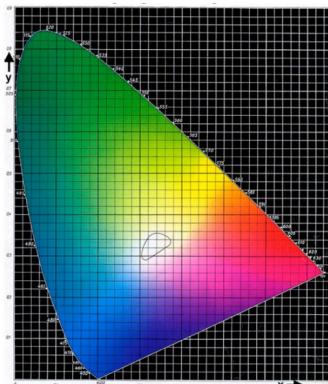
Das Quadrat *B* rechts im Bild liegt im Schatten. Dem Muster folgend muss es ein *weißes* Quadrat sein, viel heller als das *dunkle* Quadrat *A*. Absolut betrachtet sind beide Quadrate jedoch gleich hell. (Wikipedia)

# Farbmodelle

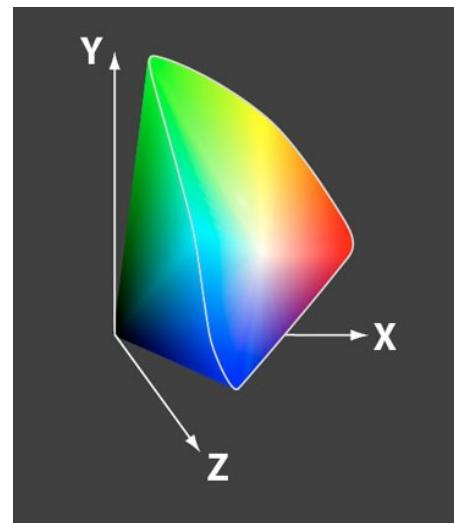
- Die Modelle richten sich an der Farbwahrnehmung des Menschen aus:
  - bestehen immer aus drei Grundfarben,
  - da, Menschen drei unterschiedliche Sinneszellen zur Farbwahrnehmung besitzen  
⇒ dreidimensionaler Farbraum
- Klassifizierung aller wahrnehmbaren Farben (CIE)

# CIE Normfarbtafel

- CIE (Commision Internationale d'Eclairage)
- 1931 standardisiertes Farbsystem CIE XYZ
- Grundlage praktisch aller colorimetrischen Farbräume



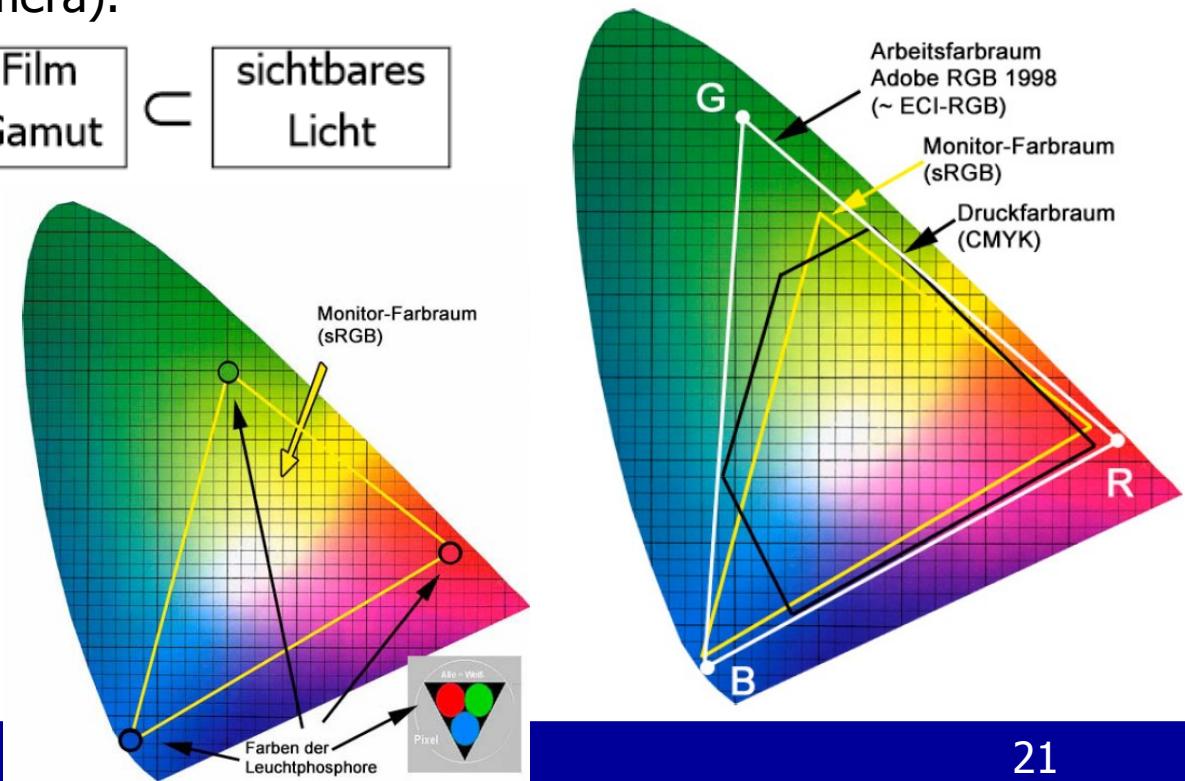
CIE xyY  
Farbdiagramm



CIE XYZ Farbraum

# CIE xy Farbdigramm

- Entspricht der Farbwahrnehmung des Menschen
- Wenn die drei Punkte für Rot, Grün und Blau im CIE-Farbdreieck festgelegt sind, kann man alle Farben in dem durch die Eckpunkte festgelegten Dreieck mischen.
- **Gamut:** Die Untermenge des CIE-Farbraumes, die von einem Gerät (bspw. Monitor, Beamer) dargestellt werden kann, beziehungsweise erfasst werden kann (Scanner, Kamera).



# Hardwareorientierte Farbmodelle

- RGB-Farbmodell
- CMY-Farbmodell

# RGB-Farbmodell

- **Additive Farbmischung:** Intensität (Helligkeit) nimmt zu, wenn eine weitere Lichtfarbe hinzu kommt.
- Zwei Taschenlampe beleuchten eine Fläche heller, als wenn die Fläche nur von einer angestrahlt wird.
- Auch wenn vor diesen Taschenlampen farbige Filter angebracht sind.

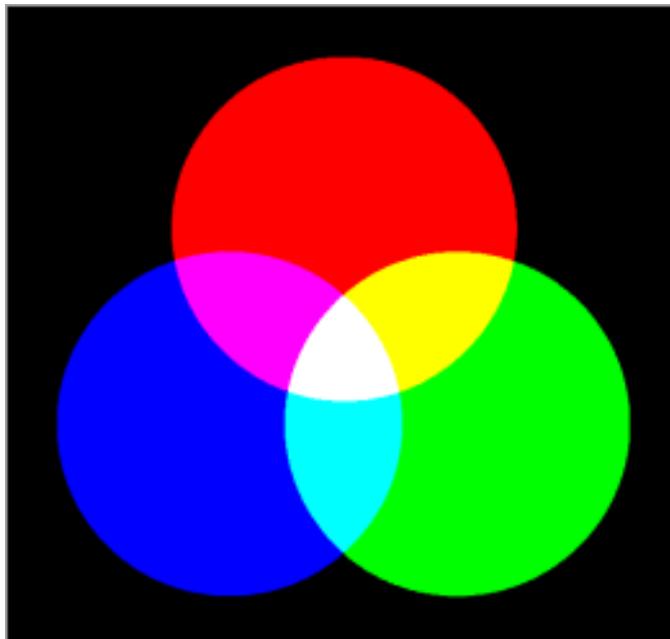
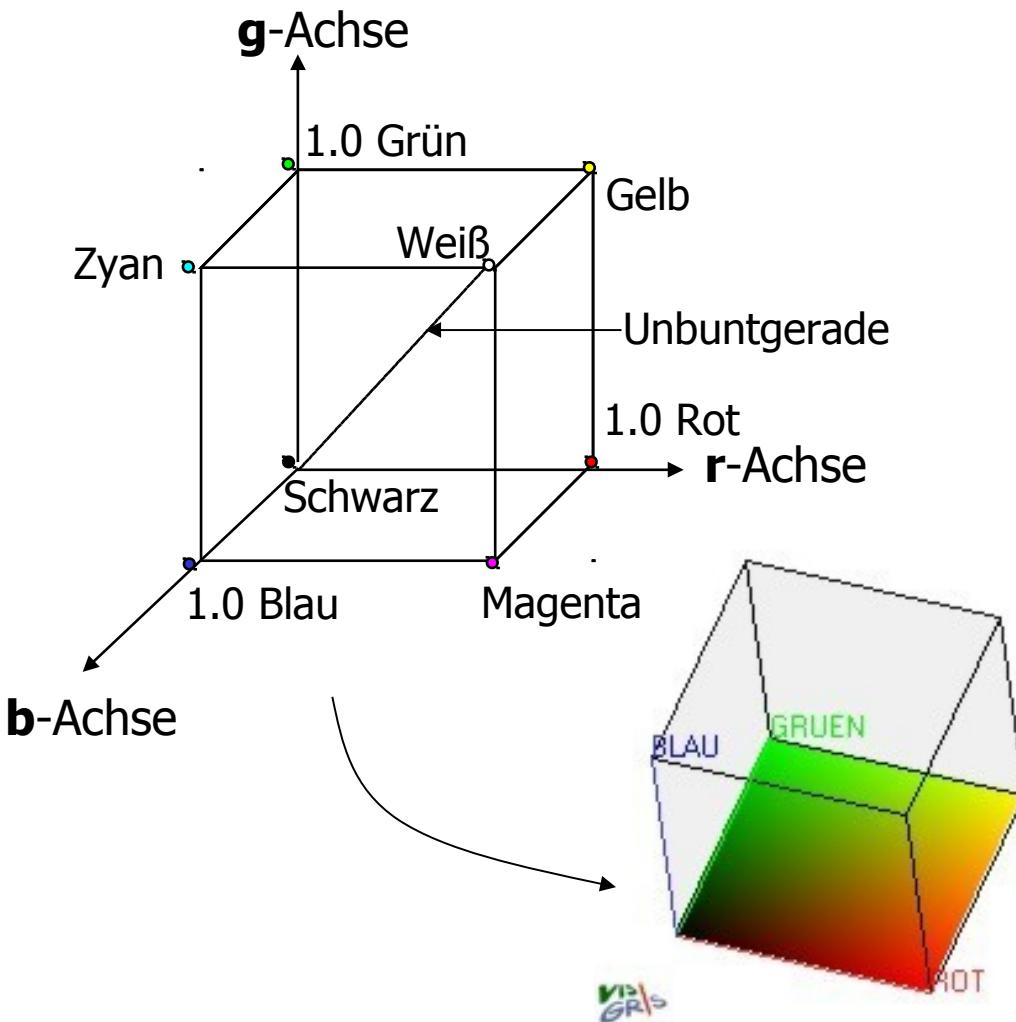


Abbildung zur Demonstration der additiven Farbmischung: In einem dunklen Raum werden ein roter, ein grüner und ein blauer Scheinwerfer auf eine weiße Fläche gerichtet.

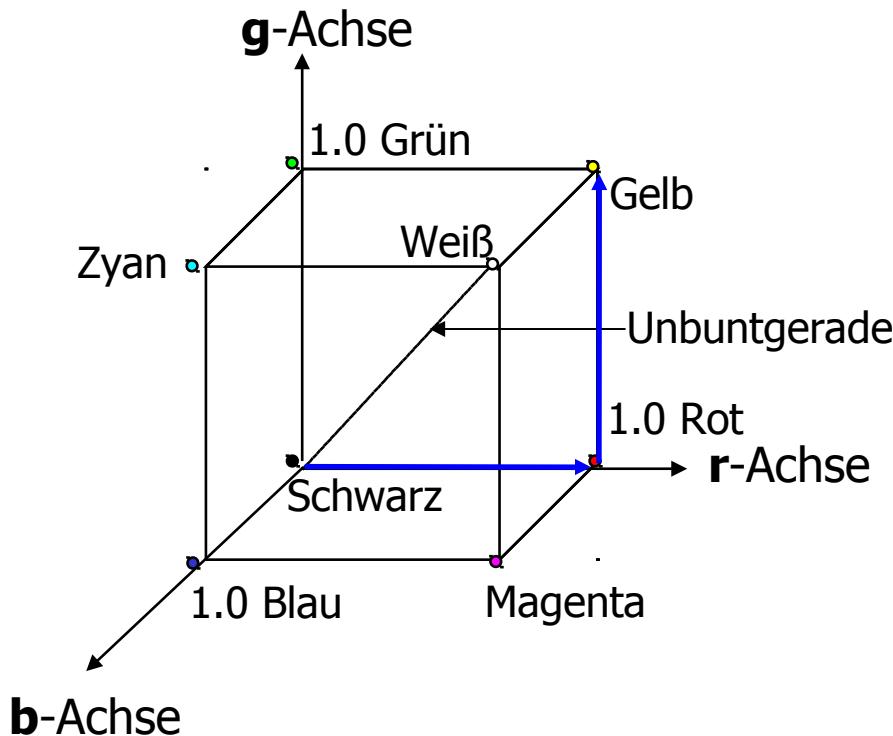
# RGB-Farbmodell



## Allgemeines:

- 3D Farbraum
- Koordinatenwerte müssen zwischen 0 und 1 liegen.
- Farbe auf der Oberfläche des Würfels oder im Inneren
- Farbe wird durch einen 3D Vektor beschrieben:
  - Farbe =  $[r, g, b]^t$
  - Rot =  $[1, 0, 0]^t$
- Ursprung: Schwarz  $[0, 0, 0]^t$
- geringste Helligkeit :  $[0, 0, 0]^t_{RGB}$
- maximale Helligkeit?

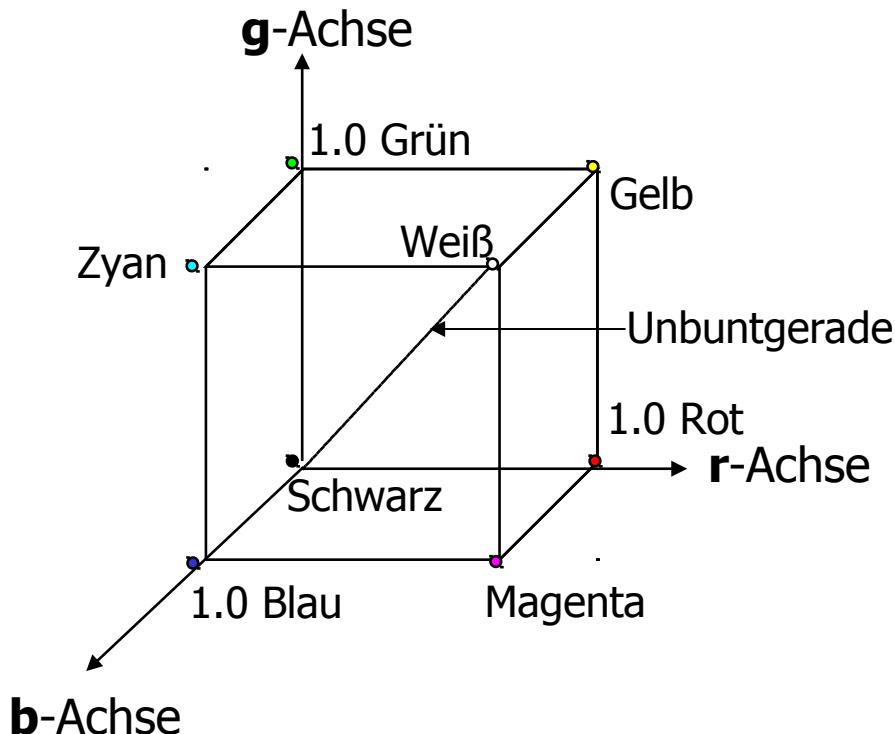
# RGB-Farbmodell



## Zusammensetzung einer Farbe

- additive Farbmischung
- Gelb = Rot + Grün  
 $= [1,0,0]^t + [0,1,0]^t$   
 $= [1,1,0]^t$
- Weiß = Rot + Grün + Blau  
 $= [1,0,0]^t + [0,1,0]^t + [0,0,1]^t$   
 $= [1,1,1]^t$

# RGB-Farbmodell



## Eigenschaften des RGB-Modells

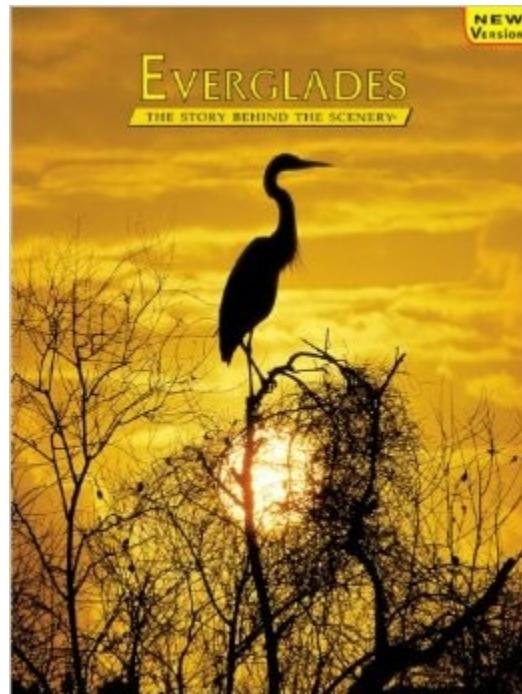
- Aussehen der Farbe wird in erster Linie durch die größte Komponente(n) bestimmt.
- Wenn alle Farbkomponenten den gleichen Wert haben, handelt es sich um einen Grauton (Unbuntgerade)
- Wird **nicht** im Modell berücksichtigt: Helligkeitsunterschiede bei blauen und grünen Farbtönen – siehe Farbwahrnehmung.

# Übung: RGB-Farbmodell

Bild wurde in einen Rot-, einen Grün- und einen Blaukanal zerlegt.

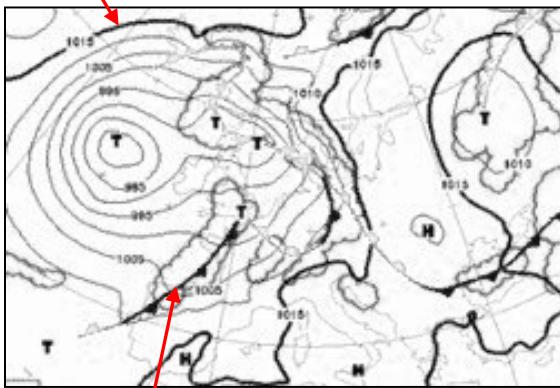
- Welche Farbe hat „EVERGLADES“?
- Welche Farben haben der Himmel, die Sonne und der Vogel?





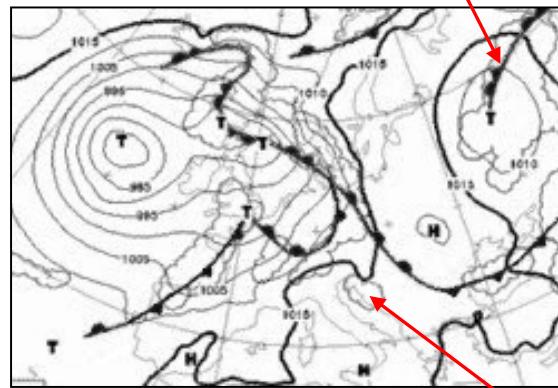
Welche Farben haben die markierten Fronten und Tiefdruckgebiete?

Tiefdruckgebiet 1:

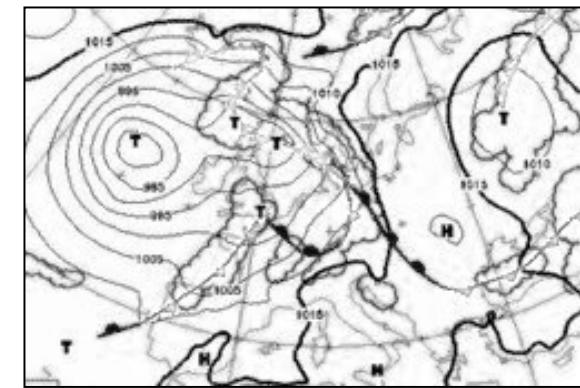


Rot-Kanal

Front 2:

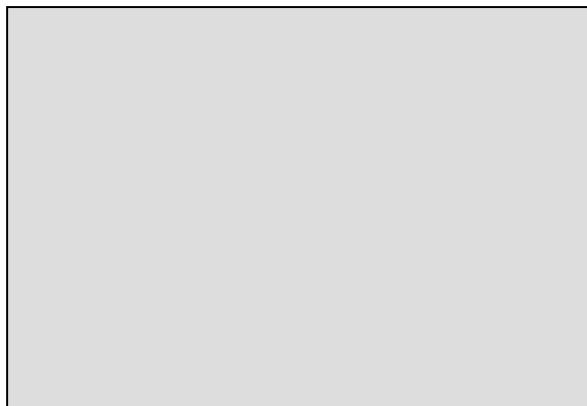


Grün-Kanal



Blau-Kanal

Front 1:



Tiefdruckgebiet 2:

Original RGB-Bild

# Erweiterung des RGB-Systems zu RGBA

Sample Length:	8	8	8	8
Channel Membership:	Alpha	Red	Green	Blue
Bit Number:	31 30 29 28 27 26 25 24	23 22 21 20 19 18 17 16	15 14 13 12 11 10 9 8	7 6 5 4 3 2 1 0

# CMY-Farbmodell

- **Subtraktive Farbmischung:** Intensität (Helligkeit) nimmt ab, wenn eine weitere Lichtfarbe hinzukommt.

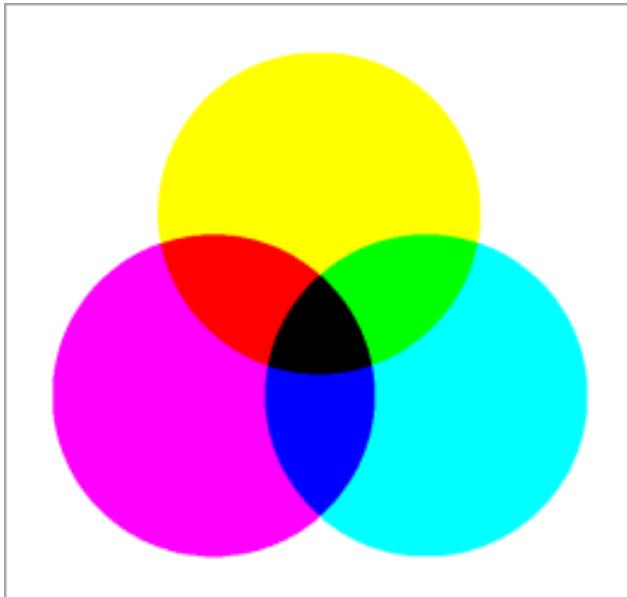
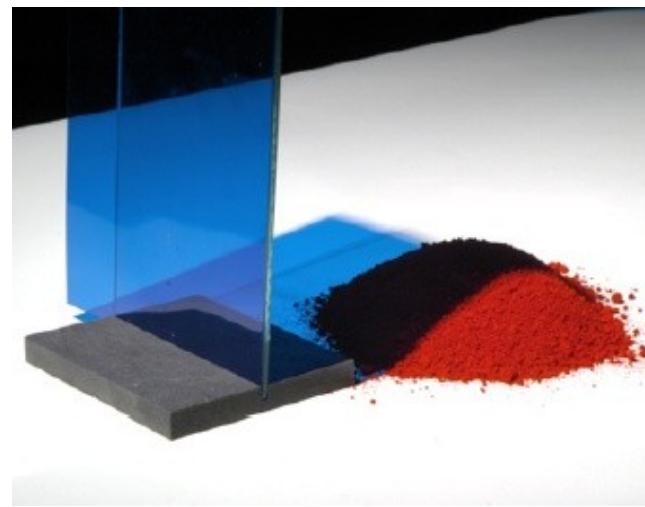
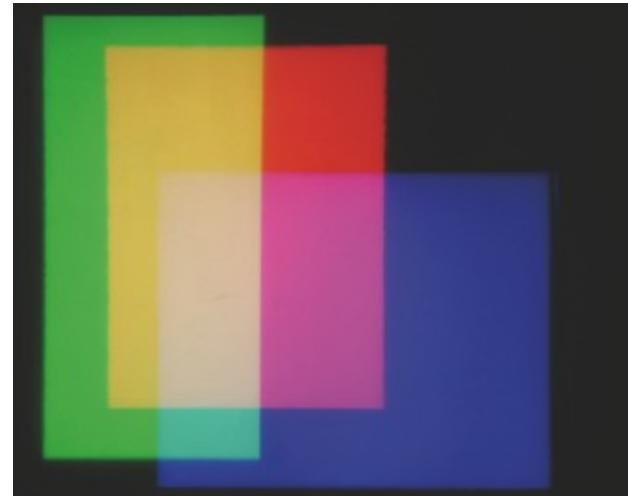
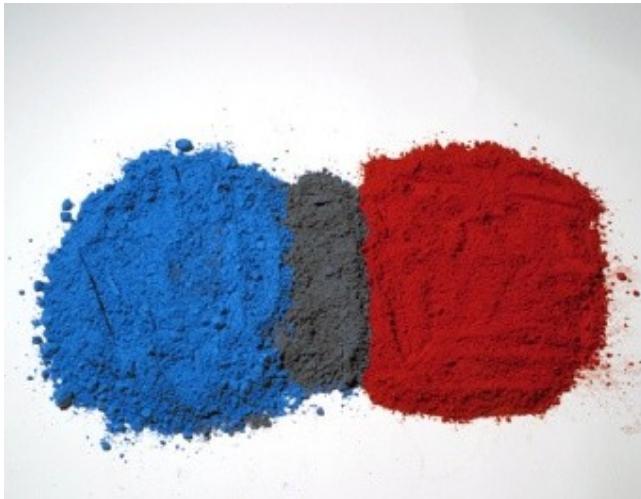
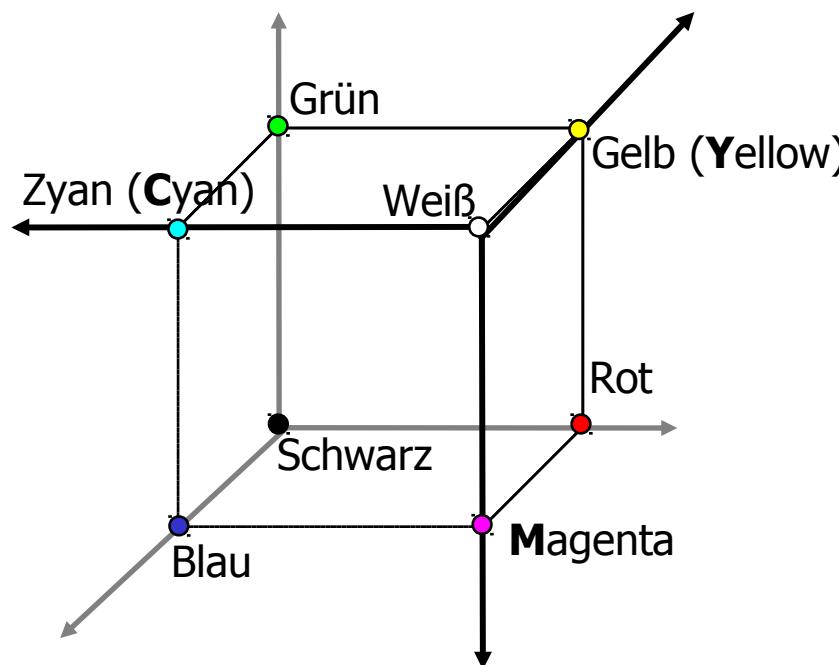


Abbildung zur Demonstration der subtraktiven Farbmischung: Durch das Auftragen von verschiedenen Farben auf einem weißen Blatt Papier werden verschiedenen Frequenzbereiche herausgefiltert

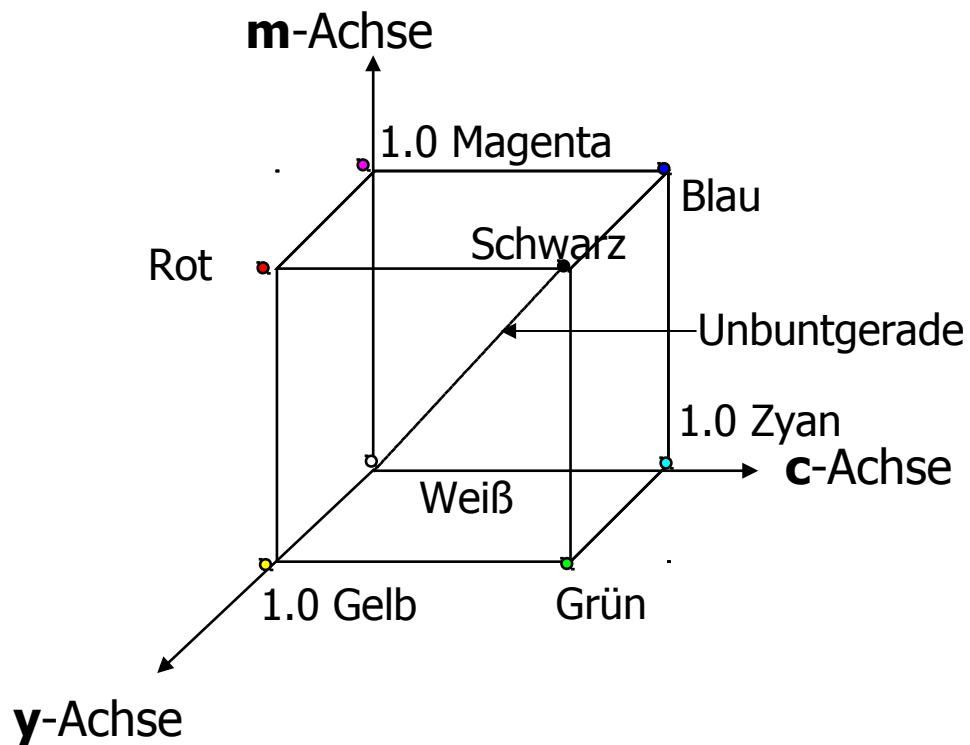
# Additive und subtraktive Farbmischung im Vergleich



# Zusammenhang zwischen RGB- und CMY-Farbmodell



# CMY-Farbmodell

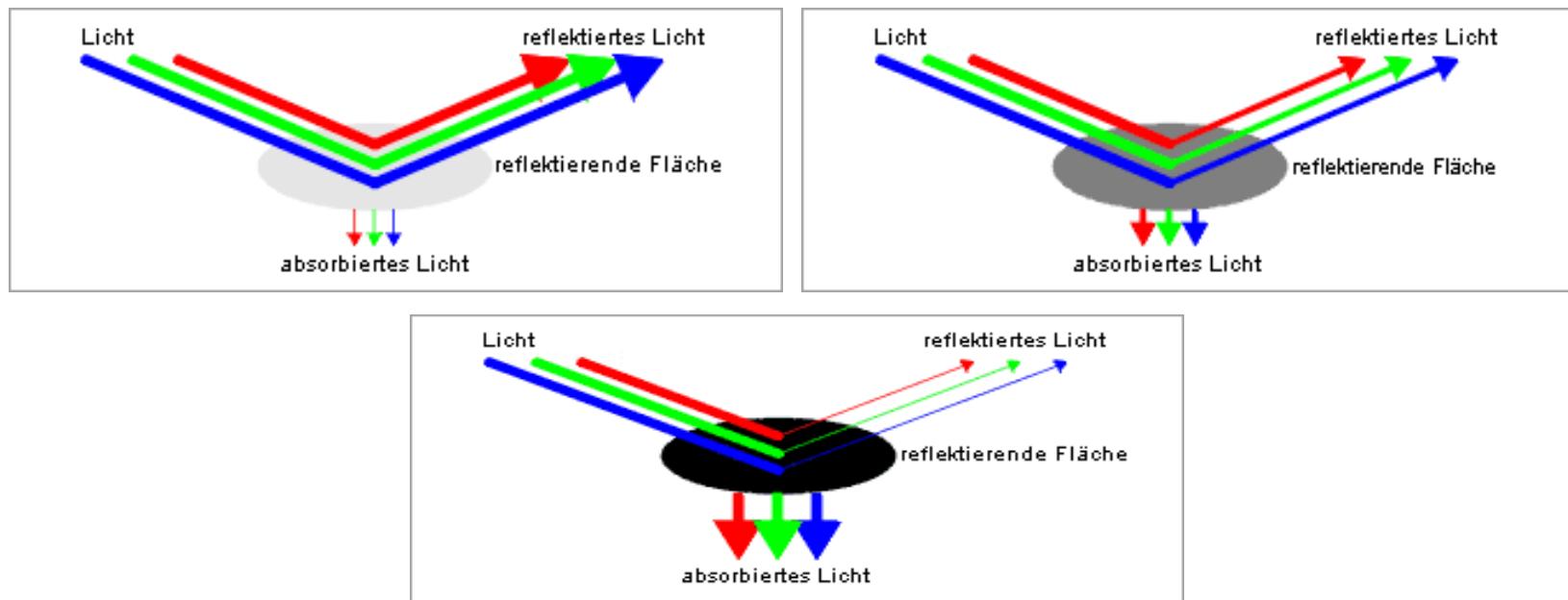


## Allgemeines:

- Ursprung: Weiß  $[0, 0, 0]^t$
- höchste Helligkeit :  $[0, 0, 0]^t_{CMY}$
- Umrechnung zwischen RGB- und CMY-Farbmodell:
 
$$\begin{bmatrix} c \\ m \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix}$$
 bzw. 
$$\begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} c \\ m \\ y \end{bmatrix}$$
- Beschreibung der Farbe durch einen 3D Vektor:
  - Farbe =  $[c, m, y]^t$
  - Rot =  $[0, 1, 1]^t$

# CMY-Farbmodell: Subtraktive Farbmischung

- stark reflektierende Gegenstände erscheinen hell
- schwach reflektierende Gegenstände erscheinen dunkel
- weiß, schwarz und graue Oberflächen reflektieren den gesamten Spektralbereich gleichmäßig



# CMY-Farbmodell: Subtraktive Farbmischung

- Farbige Oberflächen **absorbieren** ein Teil des Spektrums und **reflektieren** den Rest.

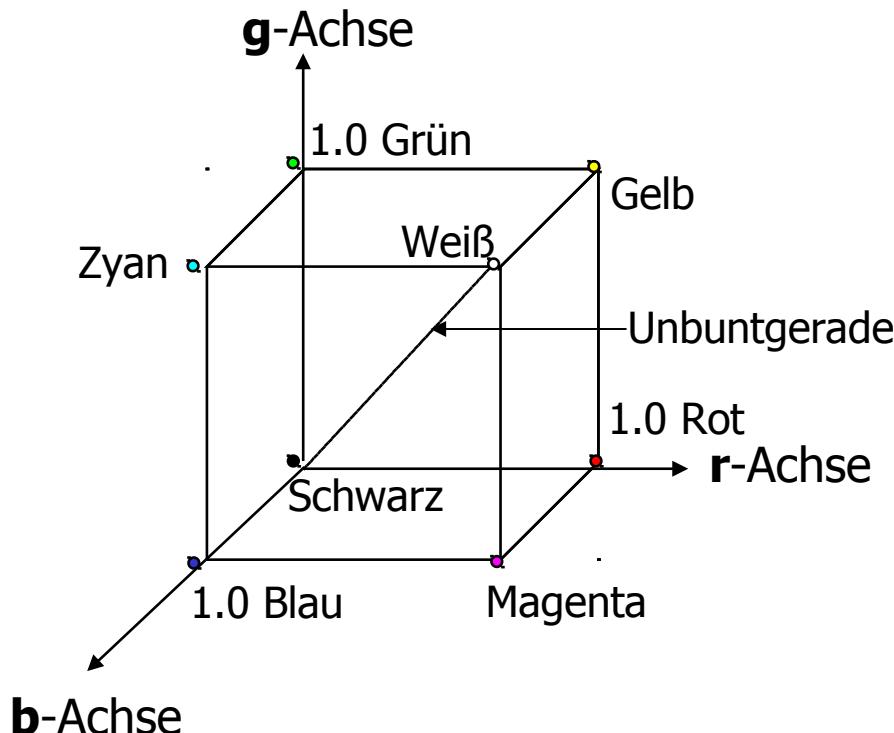
Wie sieht die Reflektion und Absorption einer **roten** Oberfläche aus?

Wie sieht die Reflektion und Absorption einer **grünen** Oberfläche aus?

Wie sieht die Reflektion und Absorption einer **blauen** Oberfläche aus?

Wie sieht die Reflektion und Absorption einer **gelben** Oberfläche aus?

# Wiederholung RGB Farbmodell



- Unbuntengerade
- Helligkeit einer Farbe wird durch den Schwarzanteil geprägt.
- Sättigung einer Farbe wird durch den Weißanteil (genauer: Grauanteil) geprägt.

# RGB(A)-Farbmodell

- RGB-Farbmodell wird um einen Alpha-Kanal erweitert
- RGB-Farbtripel wird um Alphawert (zwischen 0 und 1) erweitert.

# CMYK-Farbmodell

- Reines Schwarz =  $(1,1,1)^t_{\text{CMY}}$   
 $= (0,0,0,1)^t_{\text{CMYK}}$
- CMY ist in der Praxis oft unzureichend, da schwarz nicht wirklich schwarz aussieht.
- Daher wird beim CMYK-Modell schwarz (**Black**) als 4. Komponente hinzugefügt
- Eignet sich zur Modellierung von Kontrast.



# Wahrnehmungsorientierte Farbmodelle

- YUV- bzw. YIQ-Farbmodell
- HSV-Farbmodell

Gemeinsamkeiten der wahrnehmungsorientierten Farbmodelle:

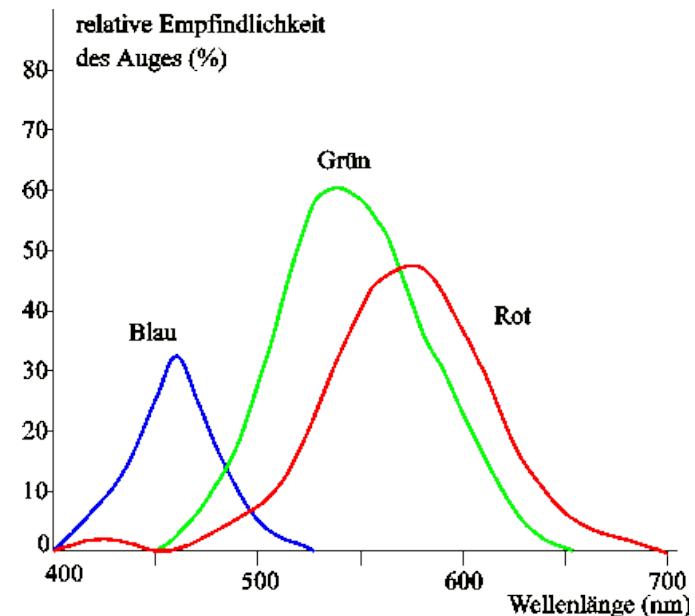
- Chrominanz(en),
- Intensitäten (Luminanz) und evtl.
- Sättigungen werden unterschieden.

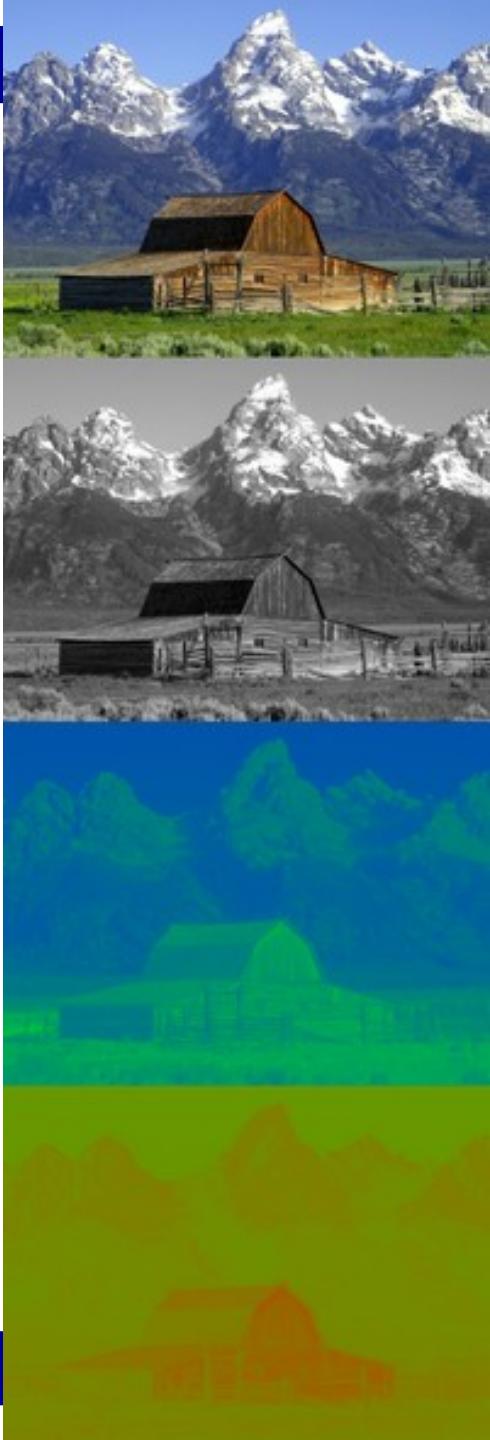
# YUV- bzw. YIQ-Farbmodell

- RGB- und CMY-Farbmodelle sind hardwareorientiert
- Wunschfarbe herstellen ist schwierig
- Aus Farbbildern (Farbfernsehen) vernünftige Grauwertbilder (Schwarz-Weiß-Fernsehen) zu erzeugen ist ebenfalls schwierig.
- Für die Fernsehtechnik wurde ein Farbmodell gesucht, mit dem man auch vernünftige Grauwertbilder erzeugen kann.
- **Lösung:**
  - **YUV** (europäisches PAL-System)
  - **YIQ** (NTSC-System der USA)

# YUV-Farbmodell

- Jede Farbe wird durch das Tripel YUV beschrieben
  - Y: Intensität (Helligkeit, Luminanz)
  - U: }
  - V: }
- Umrechnung von RGB nach Y:
 
$$Y = \frac{1}{3}r + \frac{1}{3}g + \frac{1}{3}b$$
- Umrechnung basierend auf unserer Farbwahrnehmung:
 
$$Y = 0.3 \cdot r + 0.59 \cdot g + 0.11 \cdot b$$
- Helligkeitsunterschiede der verschiedenen Farbtöne werden berücksichtigt





## Beispiel einer YUV-Zerlegung

Originalfarbbild oben und die Aufspaltung dieses Bildes in die Luminanz  $Y$  (S/W-Bild) und darunter in die beiden Farbanteile  $U$  und  $V$ . Die Unschärfe in den Farbkomponenten  $U$  und  $V$  macht anschaulich, warum die Farbinformation in der Auflösung reduziert werden kann (downsampling) ohne den Bildeindruck wesentlich zu verschlechtern.

Bild und Text aus Wikipedia.

# Wie rechnet man von RGB nach YUV um?

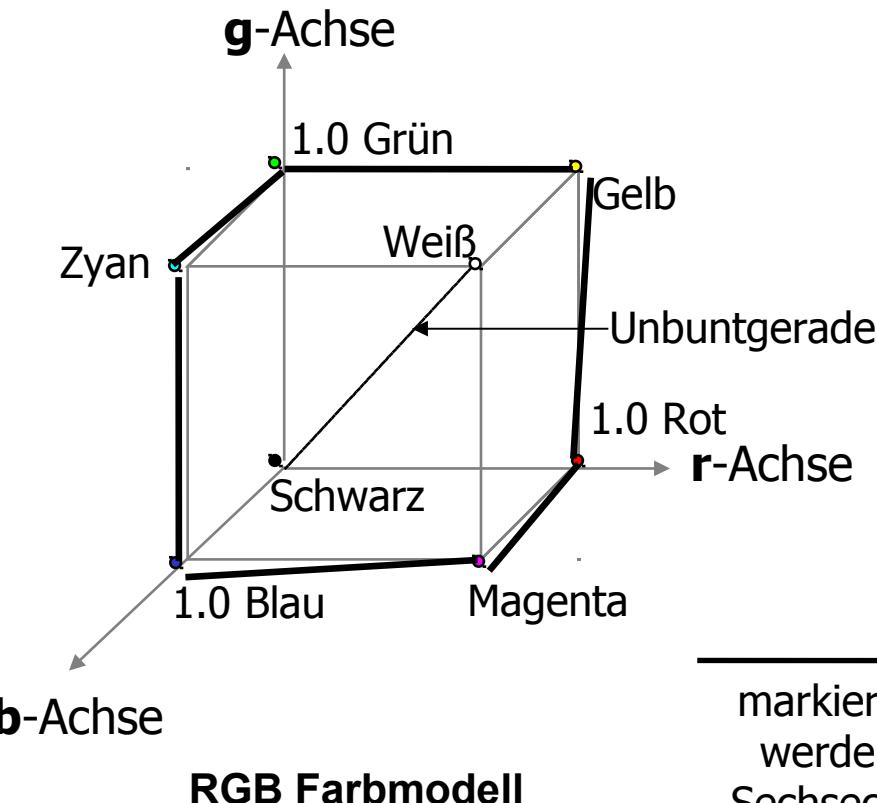
Nur zur Information nicht Klausurrelevant!!!

$$y = 0.3r + 0.59$$

$$u = b - y = 1.0b -$$

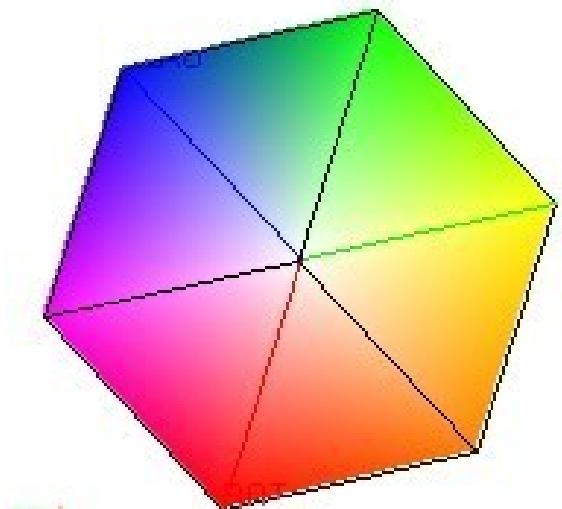
$$v = -0.3r - 0.59$$

# HSV-Farbmodell

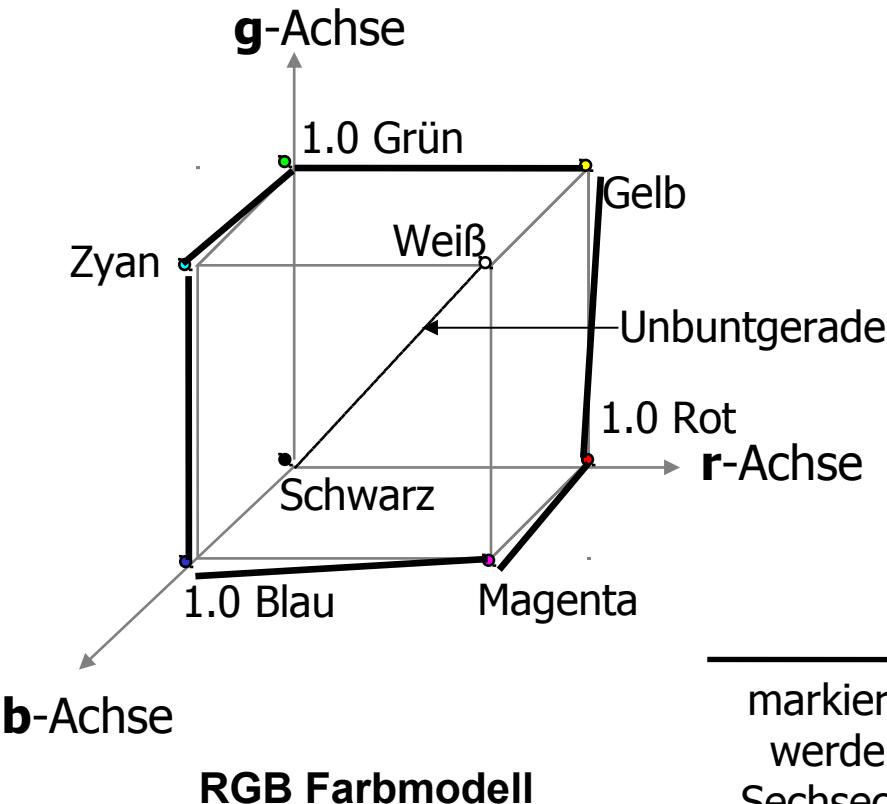


- **Hue** = Farbton
- **Saturation** = Sättigung
- **Value** = Intensität

markierte Flächen  
werden auf das  
Sechseck projiziert

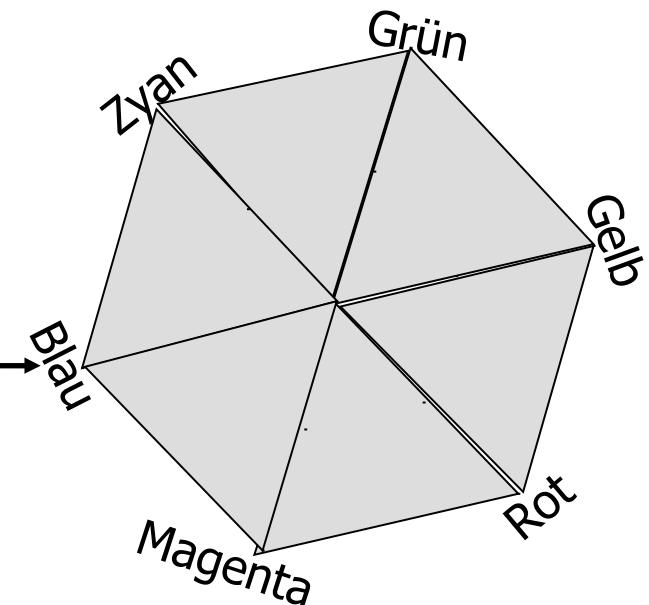


# HSV-Farbmodell

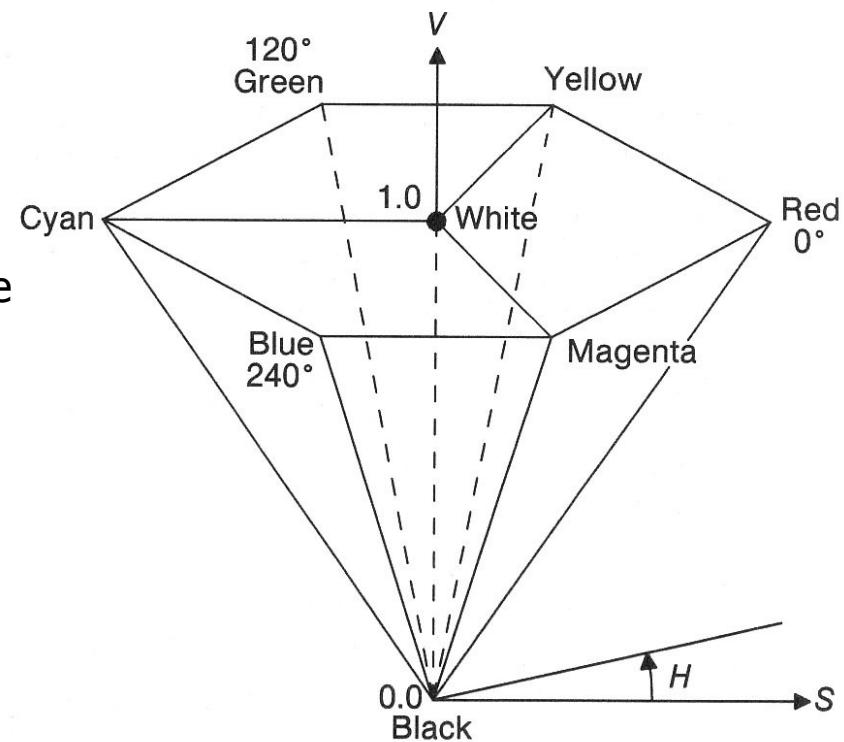
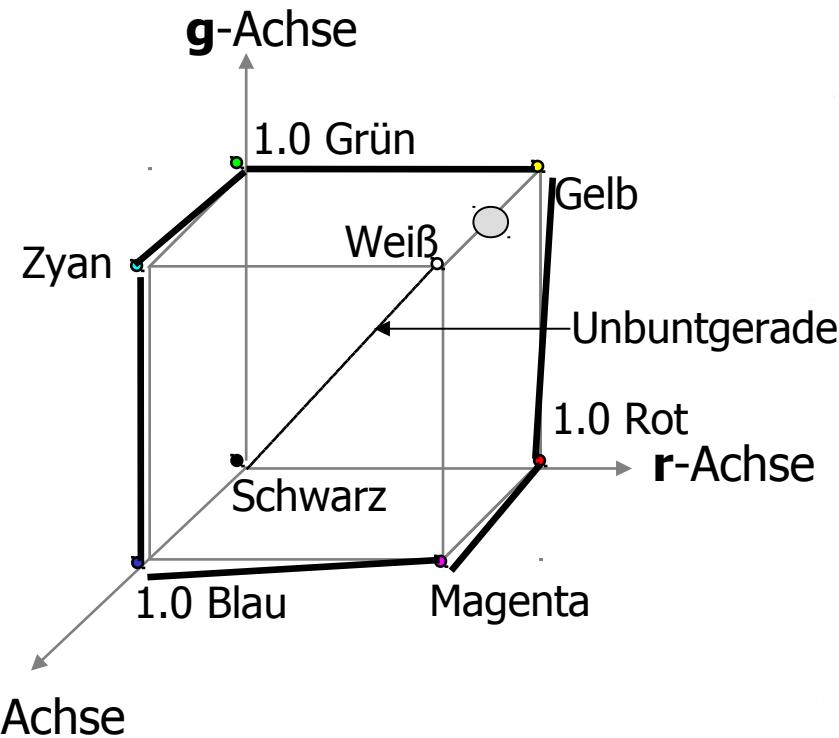


- **Hue** = Farbton
- **Saturation** = Sättigung
- **Value** = Intensität

markierte Flächen  
werden auf das  
Sechseck projiziert

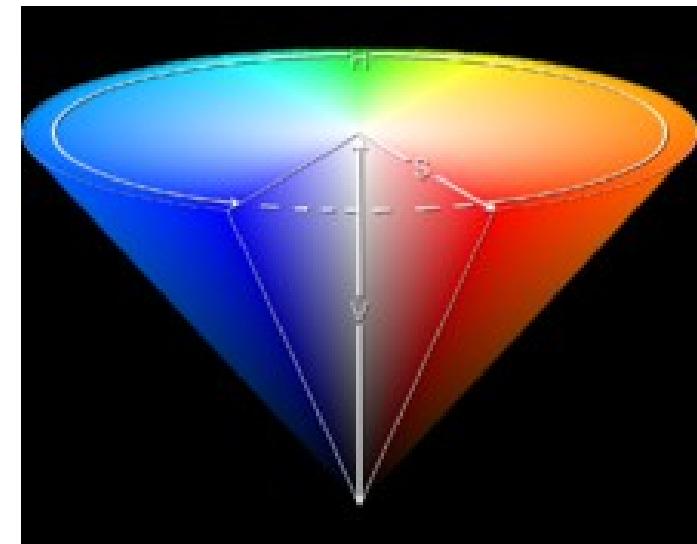
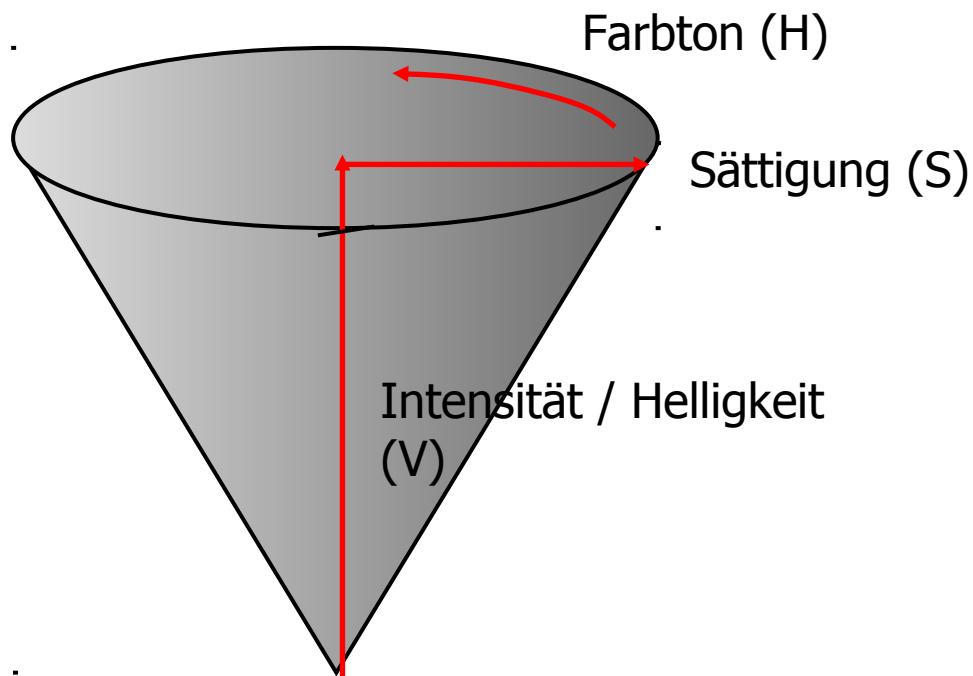


# RGB-Farben ins HSV-Farbmodell überführen

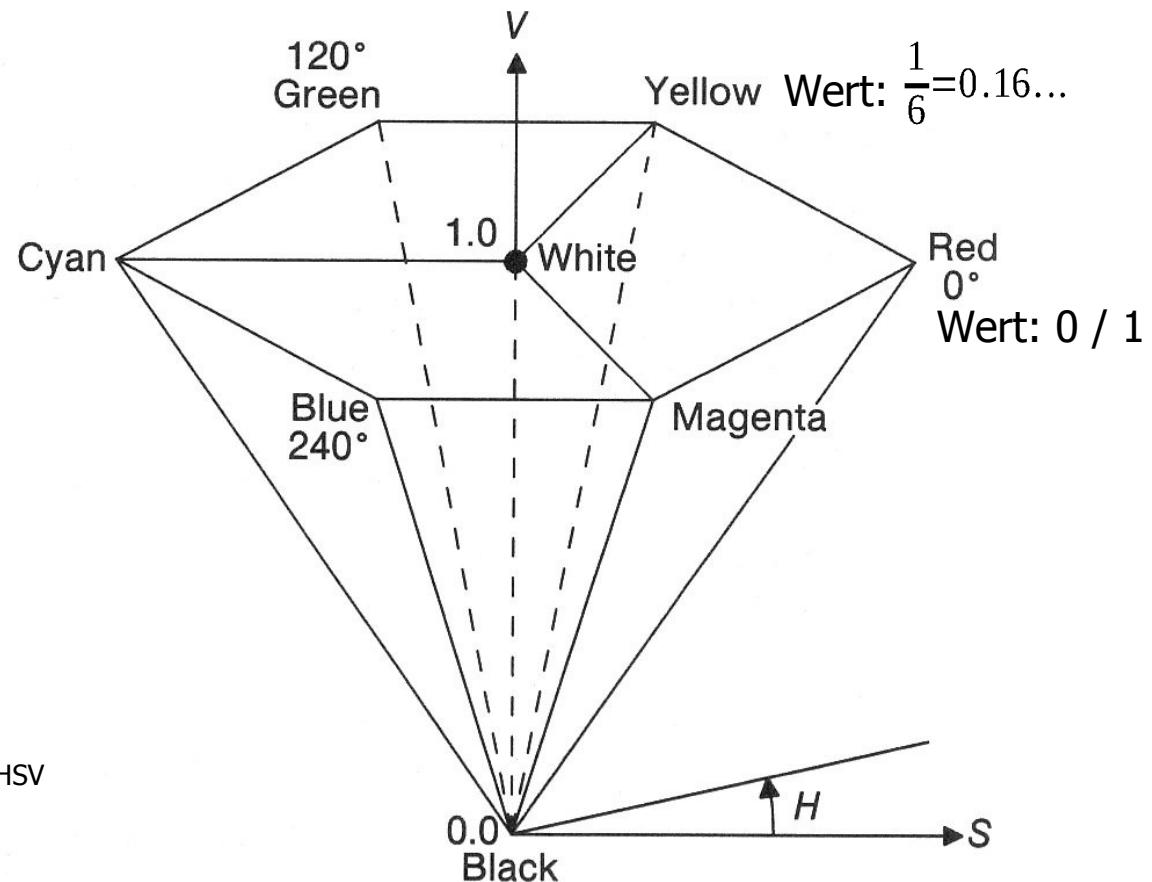


# HSV-Farbmodell: Hexakegel

- **Hue** = Farbton
- **Saturation** = Sättigung
- **Value** = Intensität



# HSV-Farbmodell: Hexakegel



Schwarz = [egal, egal, 0]<sup>t</sup><sub>HSV</sub>

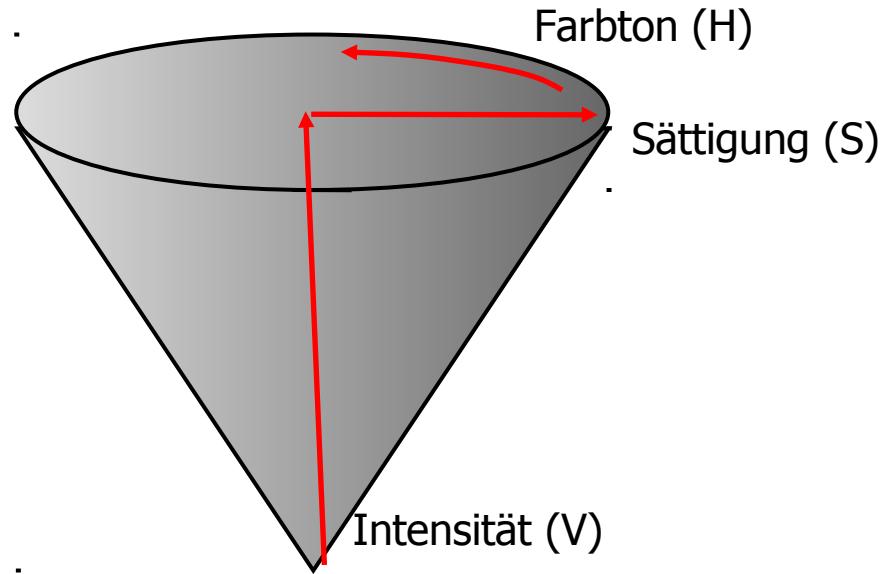
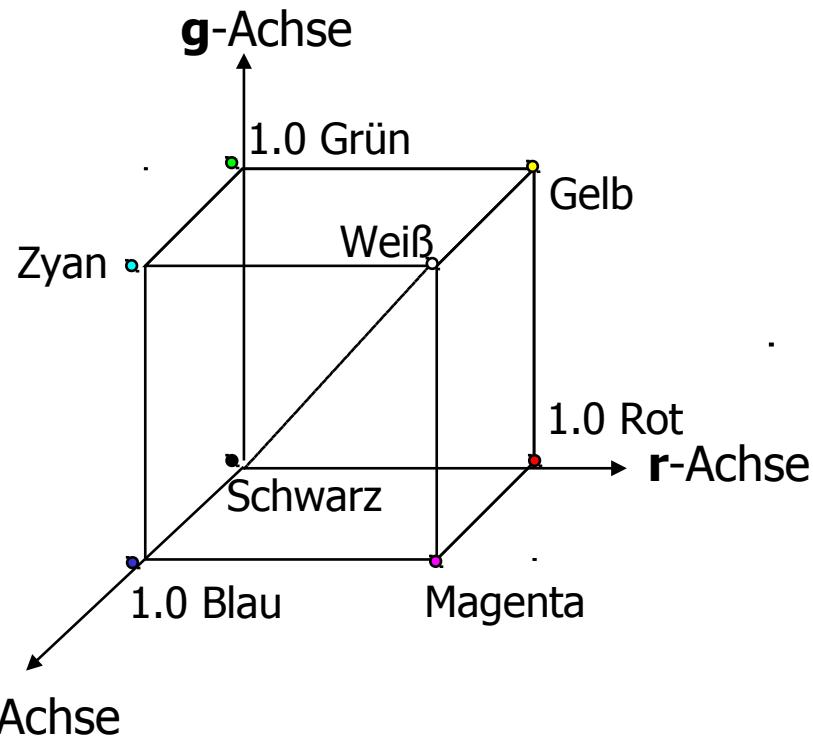
Rot = [1,1,1]<sup>t</sup><sub>HSV</sub>

Weiß?

# Umrechnen von RGB nach HSV:

**Helligkeit (Value):**

$$V = \max(r, g, b)$$



# Umrechnen von RGB nach HSV:

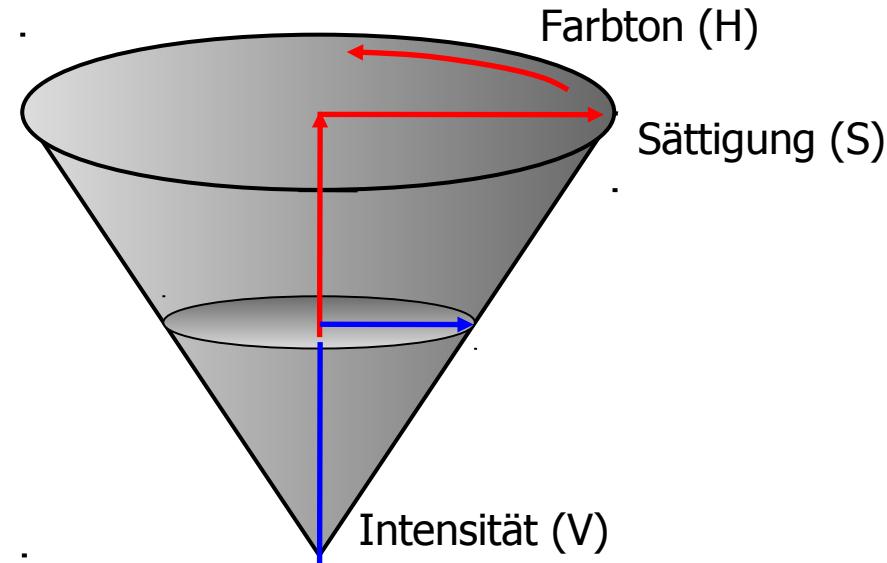
**$\min(r,g,b)$  gibt den „Weißanteil“ der Farbe an.**

Minimale Sättigung:

- $r = g = b$
- Die Farbe hat die **Sättigung 0**,  
wenn  $\min(r,g,b) = \max(r,g,b)$

Maximale Sättigung:

- kein Grauanteil vorhanden.
- Die Farbe hat die **Sättigung 1**,  
wenn  $\min(r,g,b) = 0$ .



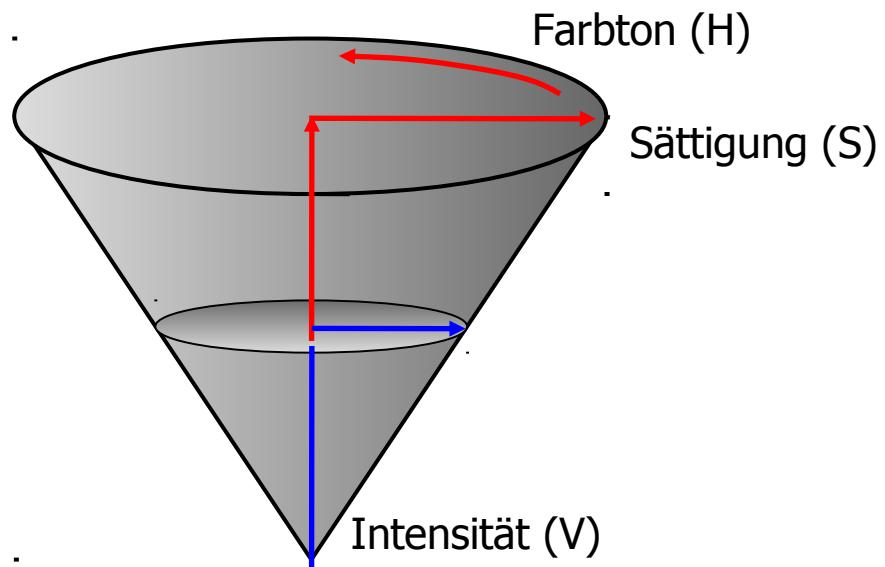
# HSV-Farbmodell

**Umrechnen von RGB nach HSV:**

$$V = \max(r, g, b)$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\max(r, g, b) - \min(r, g, b)}{\max(r, g, b)} \\ &= 1 - \frac{\min(r, g, b)}{\max(r, g, b)} \end{aligned}$$

$$H = ?$$



# Vorteile der Wahrnehmungsorientierten Modelle

## **Wahrnehmungsorientierte Modelle**

- Farbmodelle, die auf einer Intensitäts und Chrominazzerlegung beruhen (YUV bzw. YIQ und HSV).

## **Vorteile:**

- entsprechen der menschlichen Wahrnehmung
- Komprimierungsmöglichkeit (JPEG-Kompression)
- Keine Umrechnung bei der Ausgabe auf Schwarz-Weiß-Geräten
- Algorithmen zur Bildverarbeitung und –bearbeitung erfordern weniger Berechnungsaufwand (Bsp. Aufhellung, Kontrastverbesserung wird nur im Helligkeitskanal durchgeführt)

# Digitale Bilder

- Rechnerinterne Repräsentation von Farbbildern
- Gewinnung digitaler Bilder

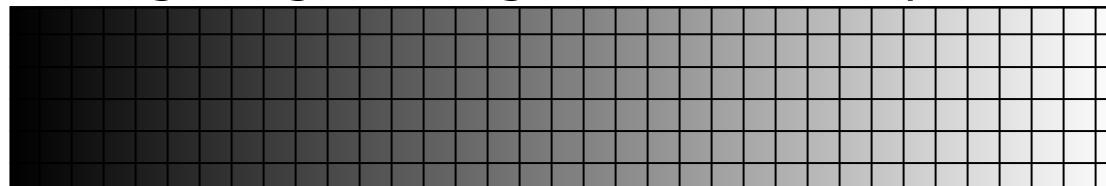
# Rechnerinterne Repräsentation von Farbbildern

- True-Color Farbauflösung:
- Auflösung des menschlichen Sehsystems wird fast erreicht:  
3 Byte (24 Bit) Speicherplatz pro Farbwert
- D.h. pro Farbkanal 1 Byte = 8 Bit = 256 Werte
- D.h. eine Auflösung von  $256 \times 256 \times 256 > 16,7$  Mio. Farben
- Farben werden auf eine endliche Anzahl Farbwerte abgebildet: **Quantisierung**  
(Begriff der BV für Diskretisierung)

# Digitalisierung eines Bildes

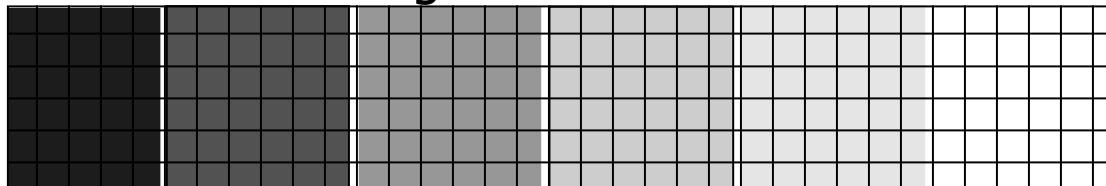
- **Rasterisierung:**

Überlagerung des Originals durch ein quadratisches Gitter



- **Quantisierung**

Jeder Rasterfläche wird ein Grauwert des diskreten Wertebereichs zugewiesen.

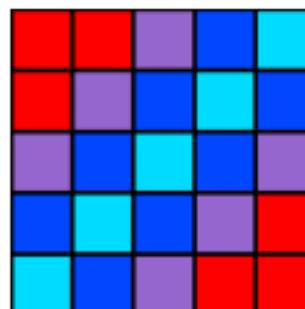


# Komprimierung durch LUT

- LUT = Look Up Table (Farbtabelle)
- Ausgewählte Farben (Bsp. True Color)  
können Speicherplatzsparend  
abgelegt werden

0	0	1	2	3
0	1	2	3	2
1	2	3	2	1
2	3	2	1	0
3	2	1	0	0

0 =   
1 =   
2 =   
3 = 



Index	R	G	B
0	255	0	0
1	145	30	152
2	0	0	255
3	0	255	255

Breite dieser LUT: 24 Bit

Länge dieser LUT: 4

# Beispiel für die Verwendung einer LUT bei einem Grauwertbild

Grauwertbild wird mit „True-Color Grautönen“ dargestellt.

	0	1	2	3	4		Index	r	g	b
0	253	255	255	253	255	...	0	0	0	0
1	255	255	255	0	160	...	1	1	1	1
2	255	254	255	1	159	...	...	...	...	...
3	252	255	255	0	161	...	254	254	254	254
4	...	...	...	...	...	...	255	255	255	255

Grauwertbild: 24 Bit/Pixel

im Framebuffer

Grauwert  
des Bildes  
wird als  
Index  
interpretiert

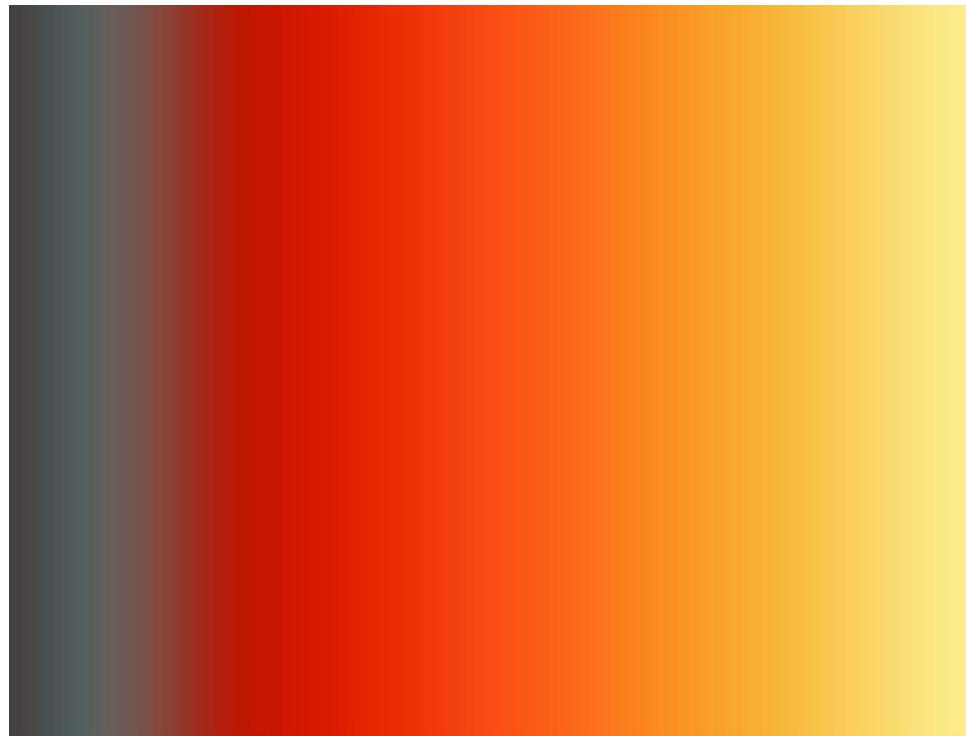
mit LUT: 8 Bit/Pixel

im Framebuffer

Breite dieser LUT: 24 Bit

Länge dieser LUT: 8 Bit

# Wozu man eine Farbtabelle nutzen kann...



## Zur Simulation von Lava 😊



Simulation, Sandra Ohmayer



Nyirayongo Vulkan, Tom Pfeiffer

<https://www.dropbox.com/s/1wbfy911rn9iomb/video.wmv> (nicht mehr vorhanden)

# Pseudofarbdarstellung

- Ausgangsbild ist ein einkanaliges Grauwertbild.
- Dem Bild zugeordnet ist eine Look-Up-Table (LUT) mit 256 Einträgen.
- Grauwert wird als Index interpretiert (Indexbild)

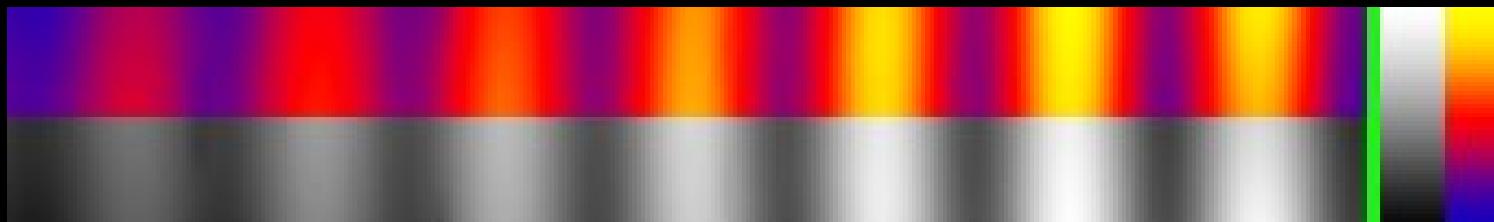


Fraunhofer-Magazin 2000

# Pseudofarbbild

Bei einem Pseudofarbbild ist das Originalbild ein Grauwertbild (also 1 Byte pro Pixel). Die Grauwerte werden dann mittels einer Farbtabelle bestimmten Farbtönen zugeordnet.

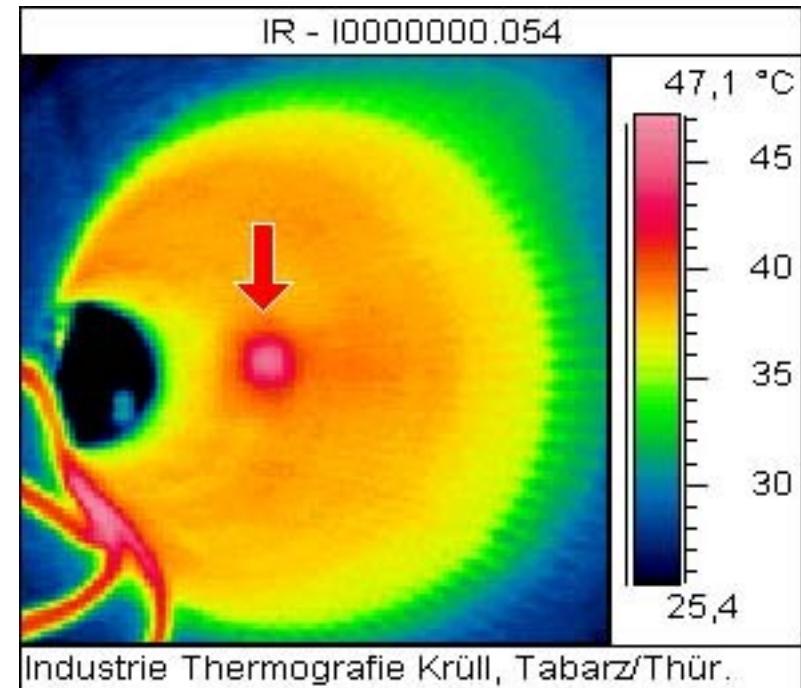
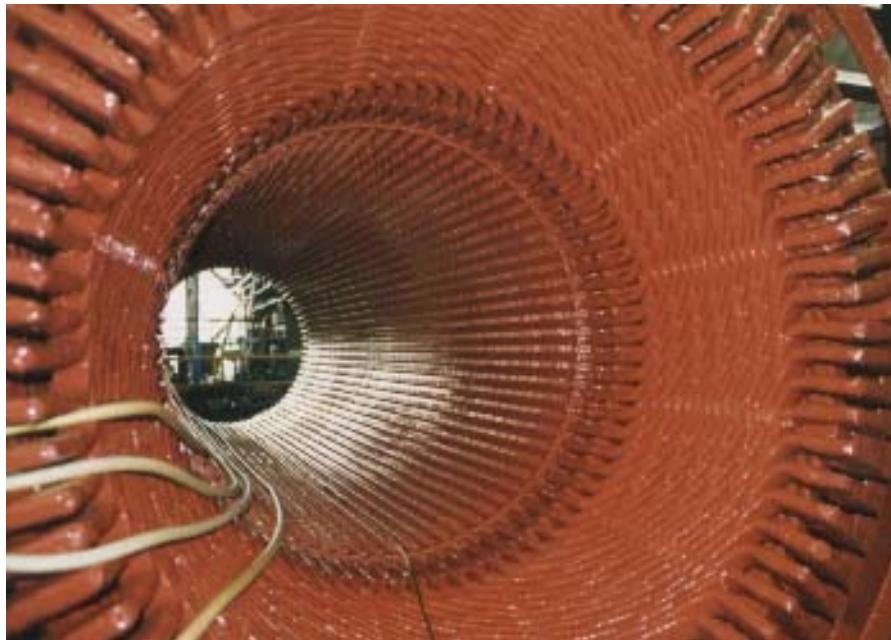
Bild aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Falschfarben>



Pseudofarbbild (bestehend aus max. 256 Grautönen)

Verwendete  
Farbtabelle

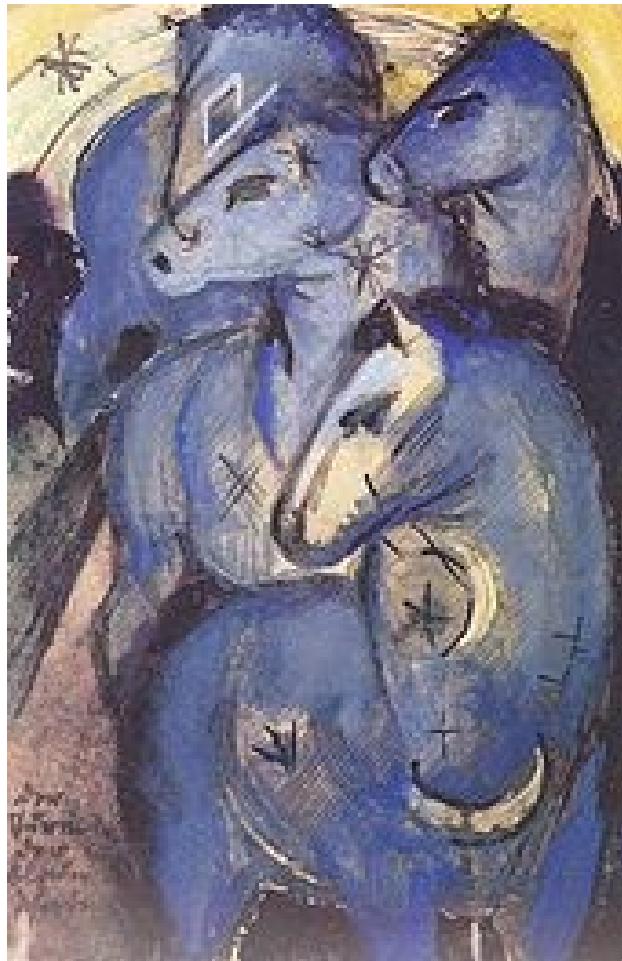
# Pseudofarbdarstellung



Quelle: Industrie Thermografie Krüll

Infrarotmessungen am Beispiel eines fehlerbehafteten 200 MW Generatorständers  
(der Pfeil zeigt auf einen magnetischen Einschluss im Blechpaket)

## Falschfarbenbild



- Die Farbkanäle des Originalbildes werden anderen Farben zugeordnet
- Bild von Franz Mark aus:  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Falschfarben>

# Falschfarbendarstellung

- Verwendung fast nur in der Fernerkundung.
- RGB-Kanäle werden mit bestimmten Wellenspektren „gefüttert“. So können für uns unsichtbare Wellenlängen sichtbar gemacht werden
- Bspw. auch Infrarotstrahlung (rechts Infrarote + Grün + Blau) aus:  
<http://samoht.org/fotografie/falschfarben/50479895380dfca03/d002.html>



# Falschfarbenbild vom Mond

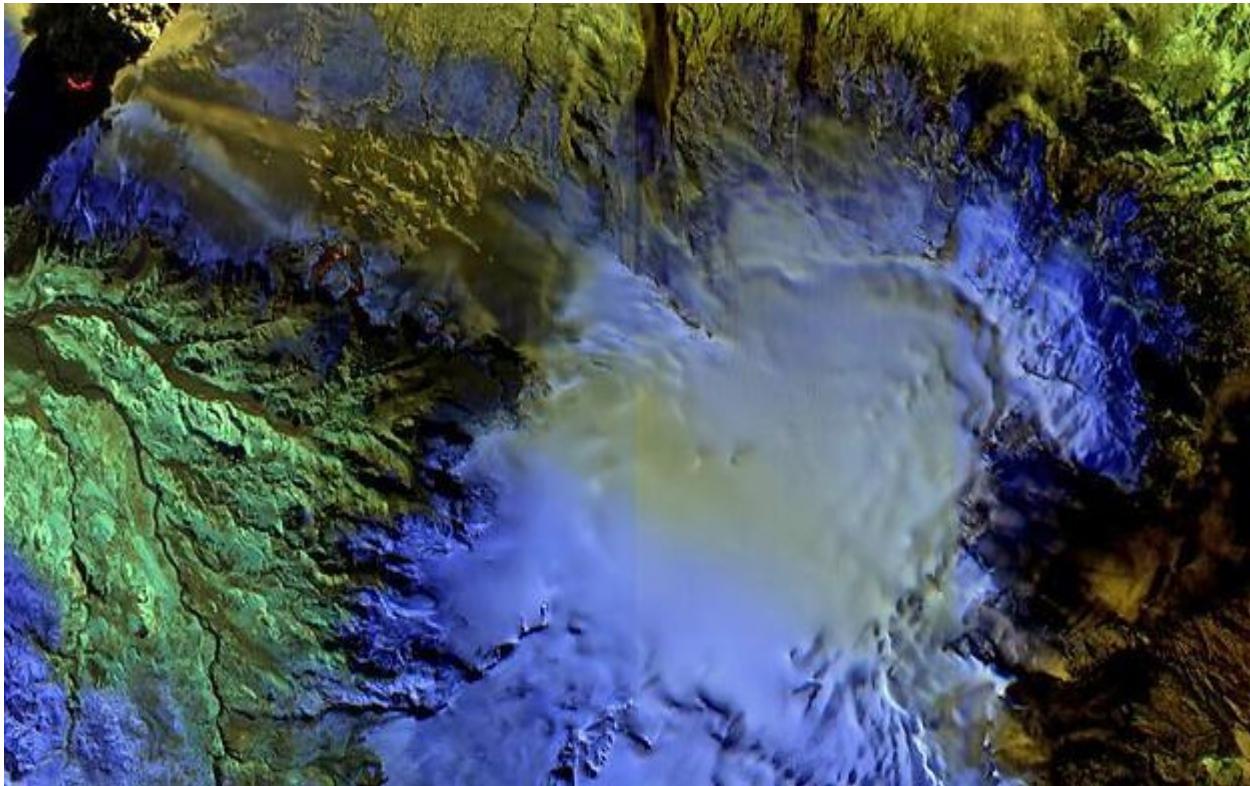


Aus:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Falschfarben>

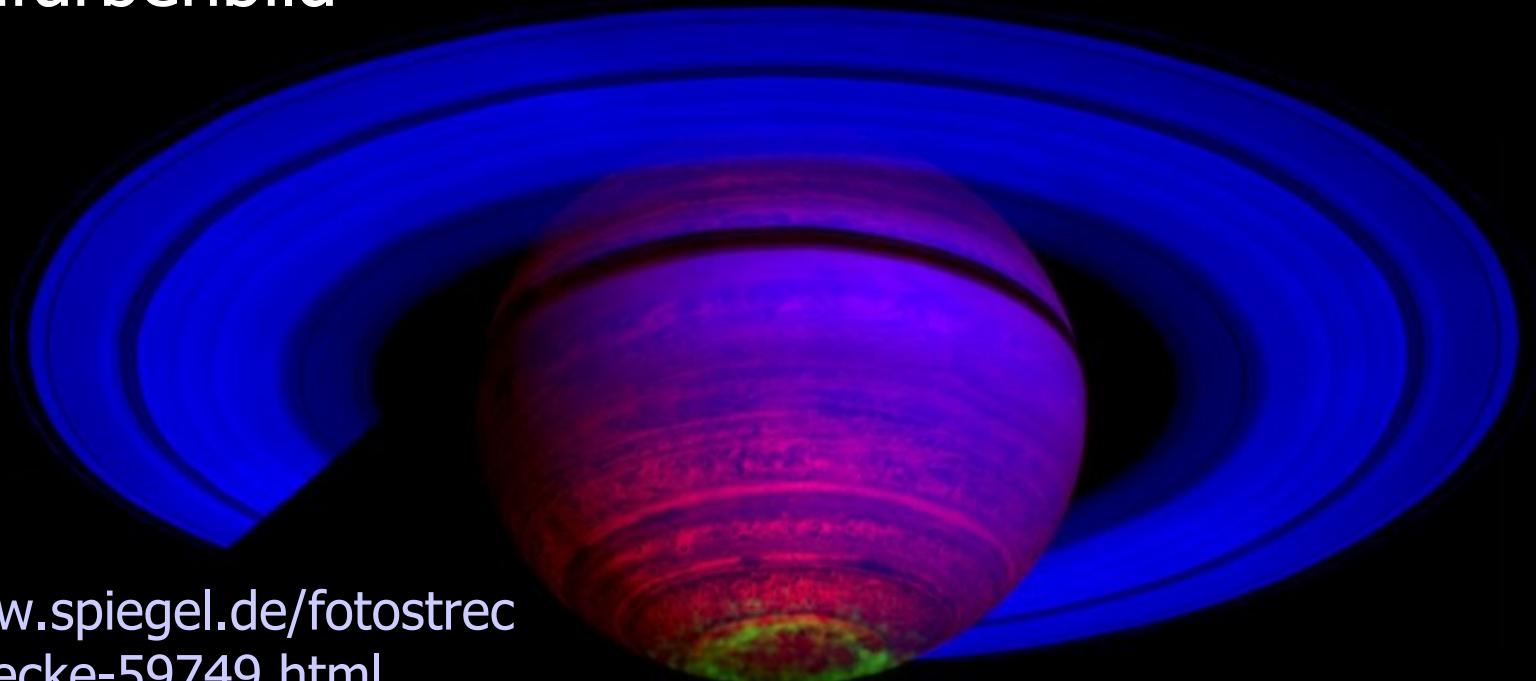
Diese Falschfarbenfotographie ist aus 15 Bildern des Mondes, die durch drei Farbfilter mit der Kamera der Galileo-Sonde während der Durchquerung des Erde-Mond-Systems am 8. Dezember 1992 aufgenommen wurden, zusammengesetzt. Die Falschfarbendarstellung erleichtert die Interpretation der Oberflächenzusammensetzung des Mondes. Regionen, die rot erscheinen, sind im Allgemeinen Hochland-gebiete, während blaue bis orangefarbene Schattierungen alte vulkanische Lavaflüsse der Mare anzeigen. ....

# Falschfarbendarstellung des isländischen Vulkans



[http://www.focus.de/fotos/mai-eine-falschfarbenaufnahme-des-islaendischen-vulkans\\_mid\\_794028.html](http://www.focus.de/fotos/mai-eine-falschfarbenaufnahme-des-islaendischen-vulkans_mid_794028.html)

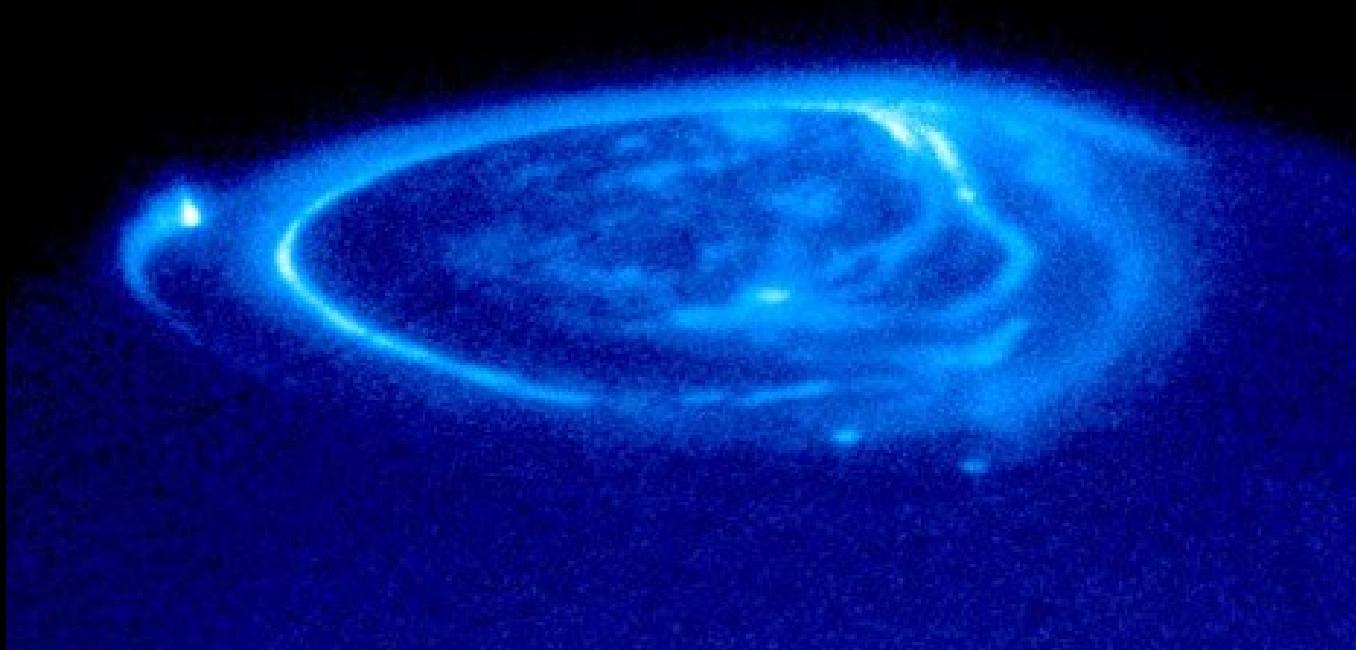
# Falschfarbenbild



<http://www.spiegel.de/fotostrecke/fotostrecke-59749.html>

Polarlichter auf dem Saturn. Das Falschfarbenbild zeigt am Pol des Saturn grün dargestellte Polarlichter.

## Falschfarbenbild



[http://www.spektrum.de/sixcms/detail.php?id=853896&template=d\\_sdwv\\_bildergalerie&\\_z=798888&skip=6](http://www.spektrum.de/sixcms/detail.php?id=853896&template=d_sdwv_bildergalerie&_z=798888&skip=6)

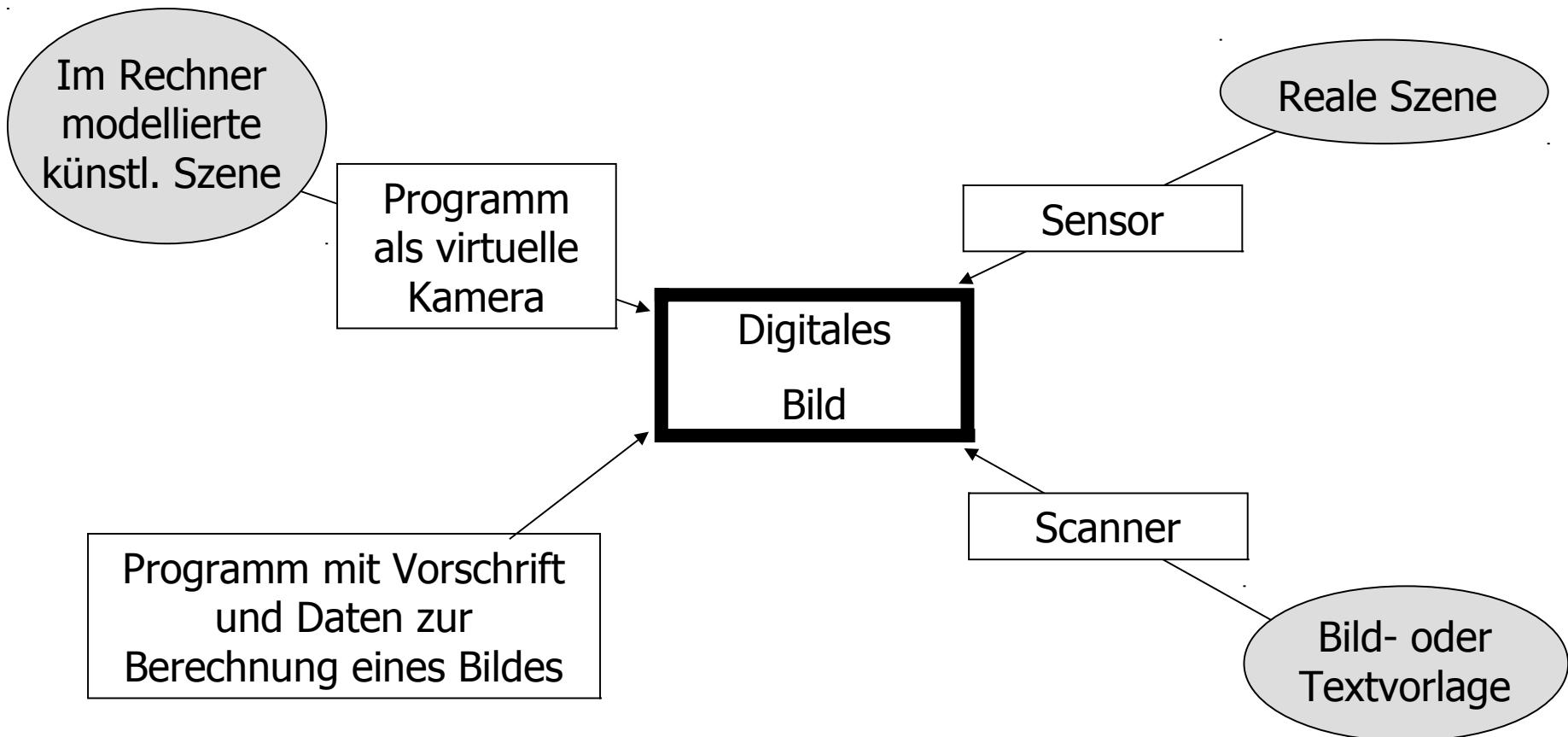
Falschfarbenbild, das die Polarlichter über dem Jupiter zeigt

# Übersicht

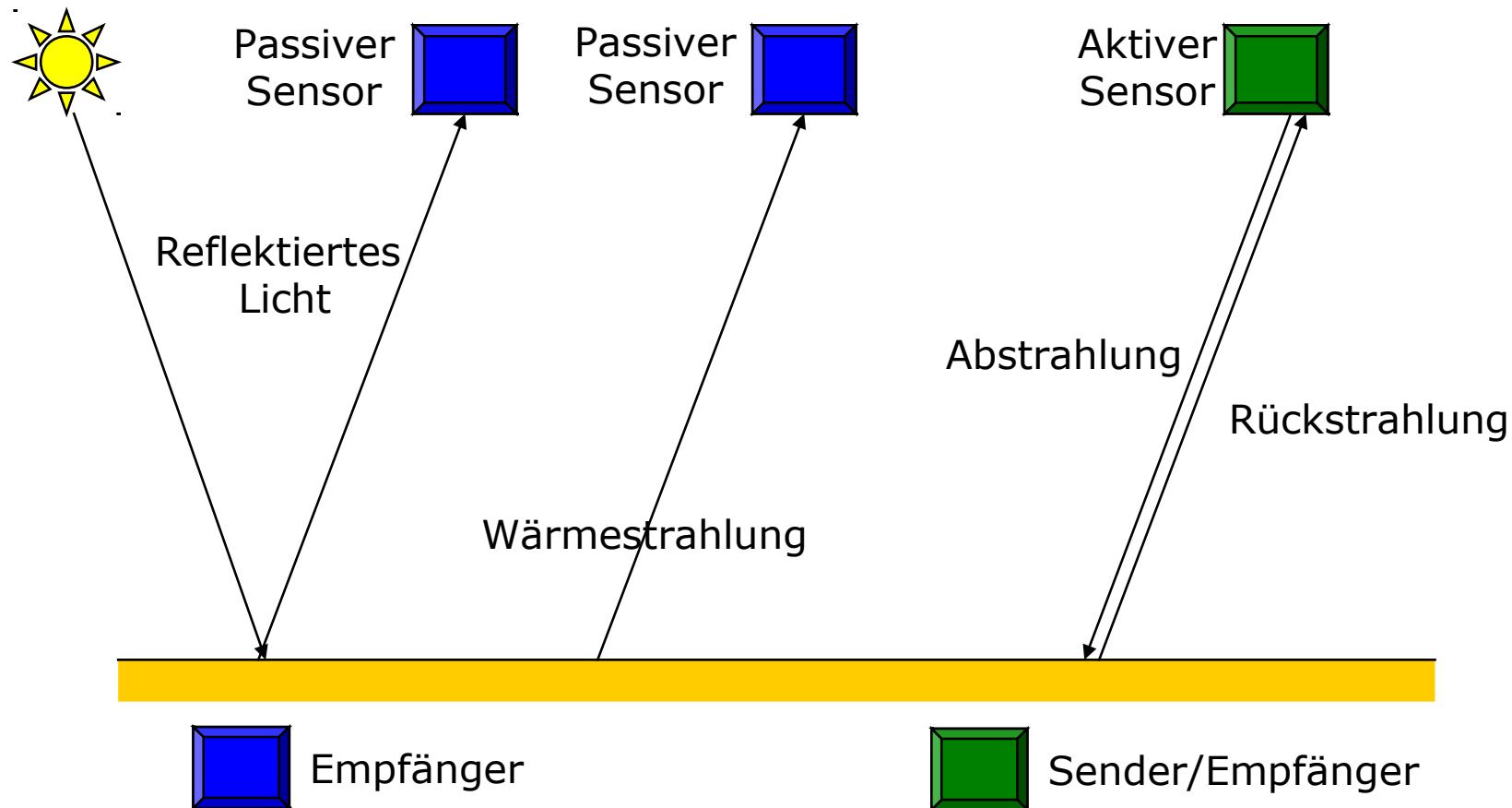
## Gewinnung digitaler Bilder

- Sensoren
- Scanner
- Abtasttheorem von Shannon / Nyquist

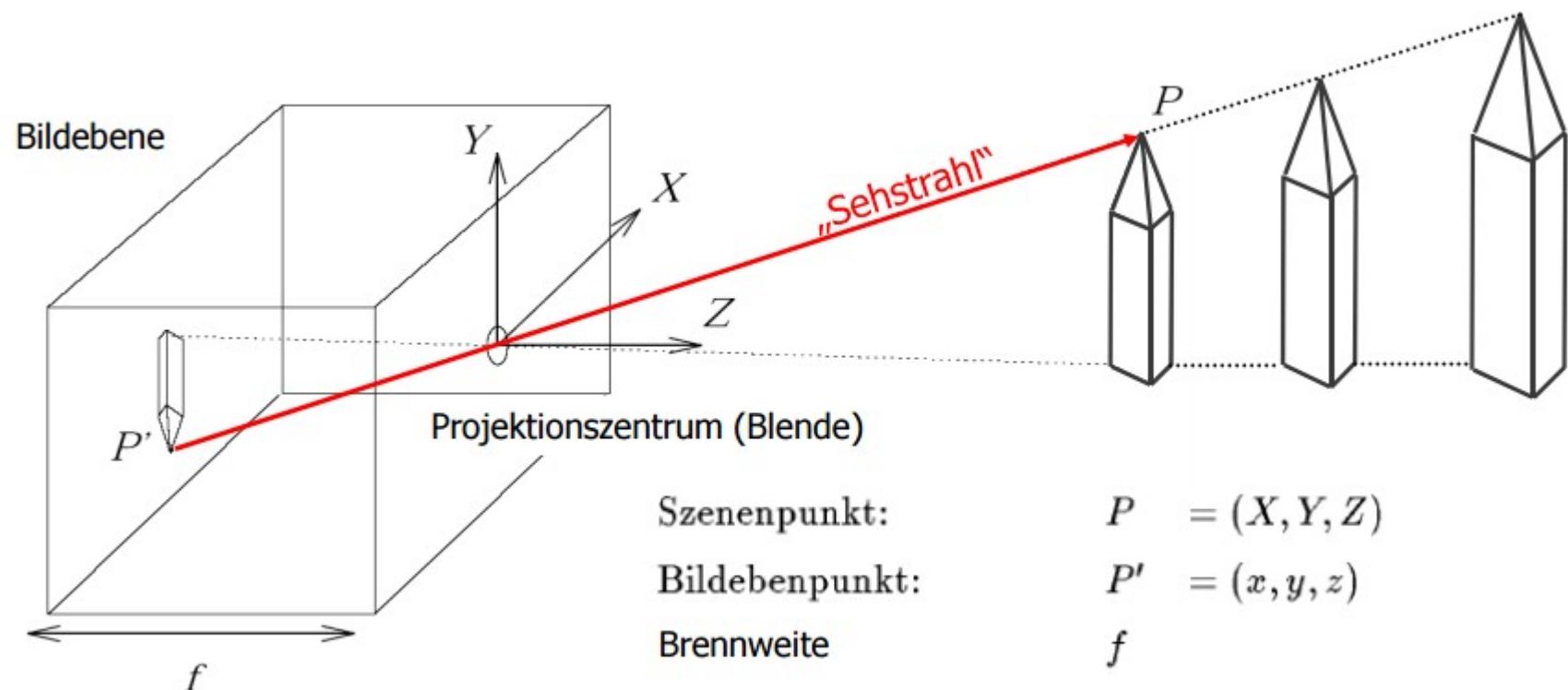
# Gewinnung digitaler Bilder



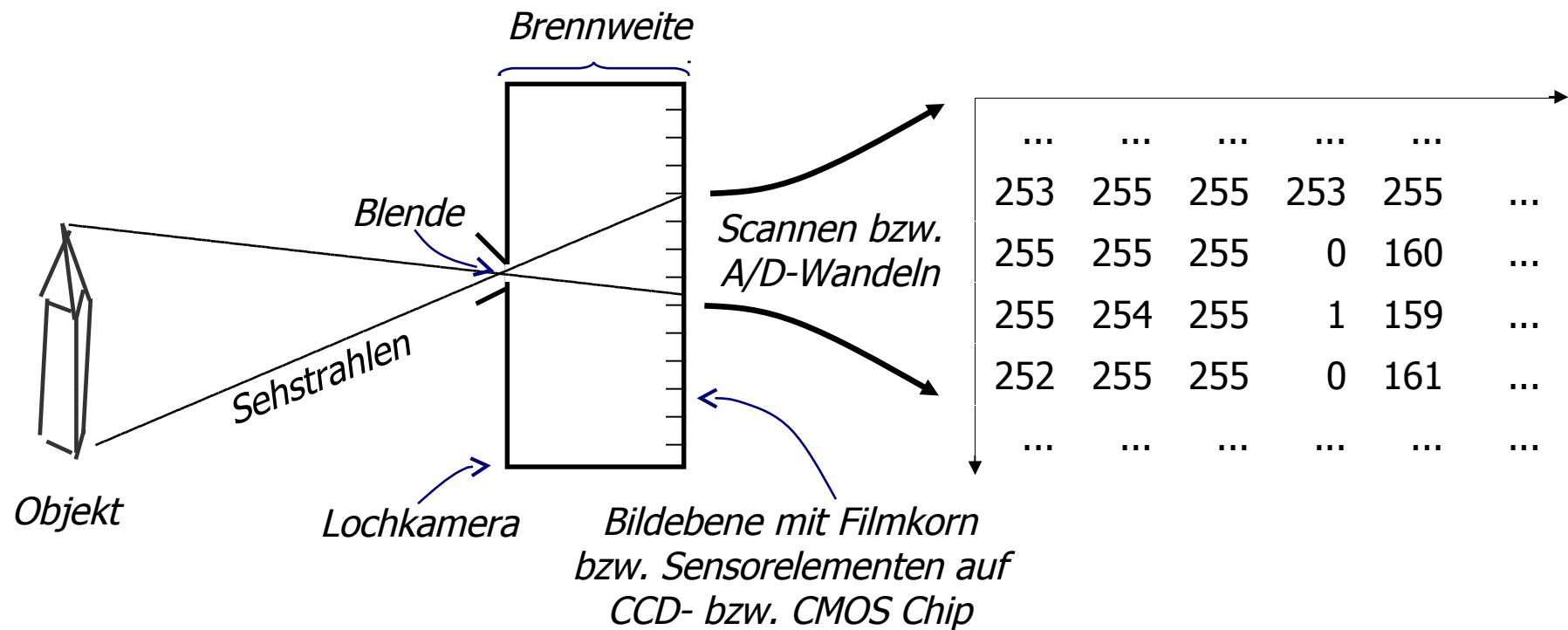
# aktive und passive Sensoren



# Einfachstes Modell einer Kamera: Die Lochkamera



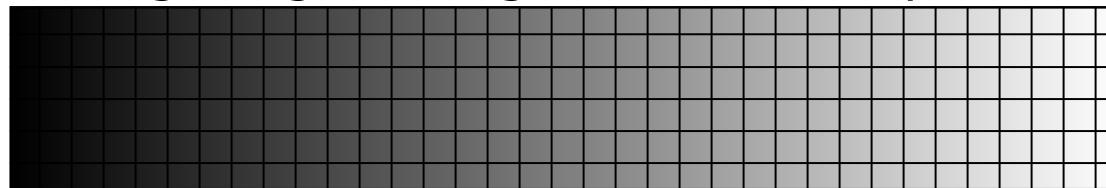
# Die Lochkamera



# Digitalisierung eines Bildes

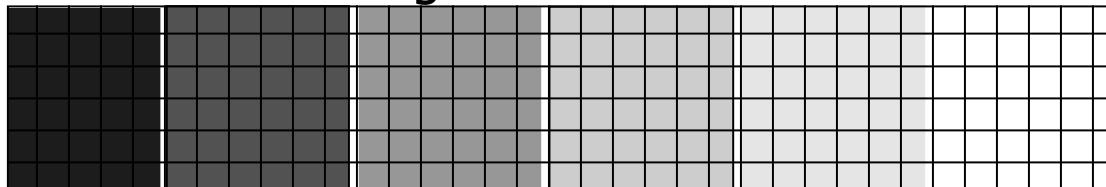
- **Rasterisierung:**

Überlagerung des Originals durch ein quadratisches Gitter



- **Quantisierung**

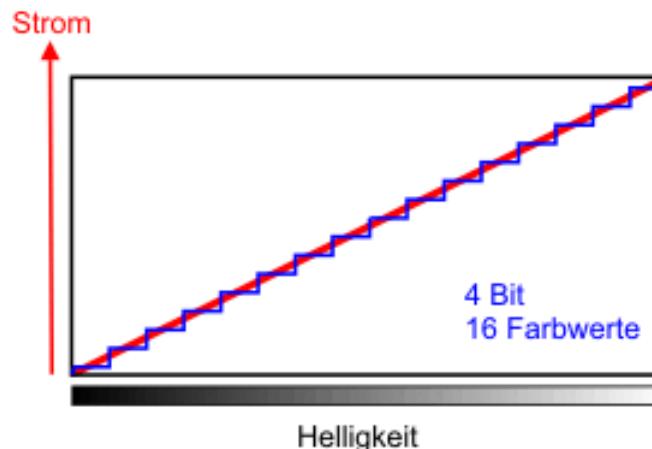
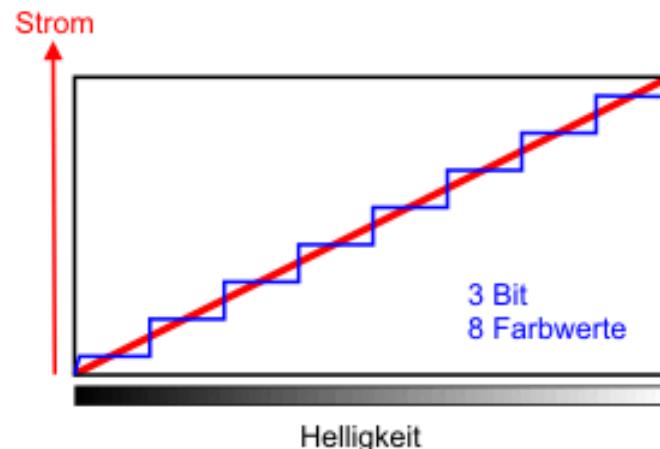
Jeder Rasterfläche wird ein Grauwert des diskreten Wertebereichs zugewiesen.



# CCD (Charge Coupled Device)

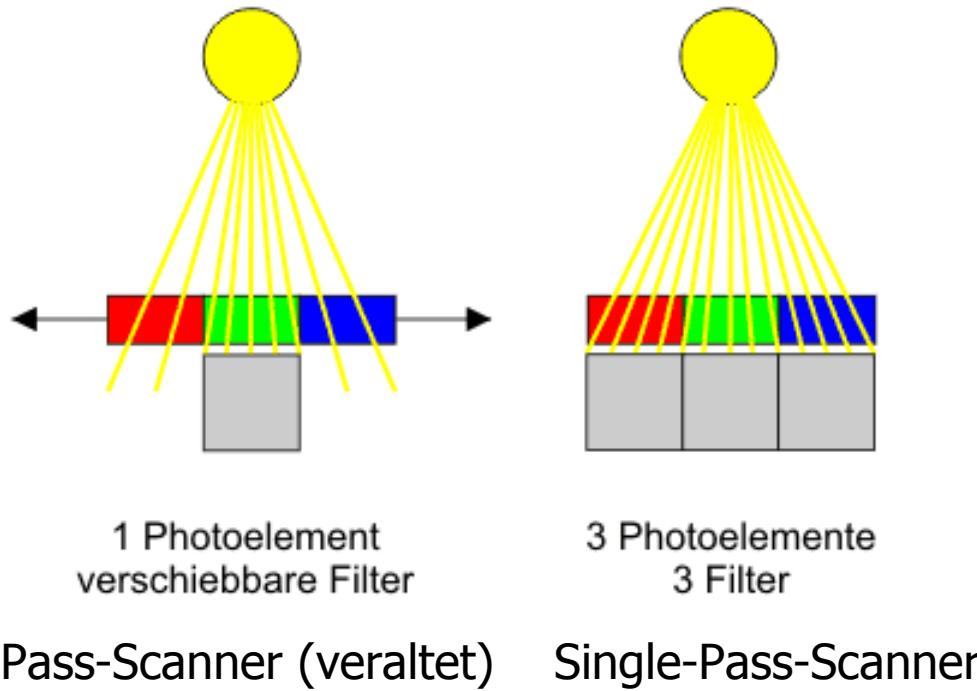
## CMOS (complementary metal oxide semiconductor)

- Ladungsgekoppelte Bildsensoren
- Zu finden in: Scanner, Digitalkamera
- Wandelt Lichtenergie in elektrischen Strom um
- Die Spannung wiederum wird mittels A/D-Wandler in eine Grauwert überführt:



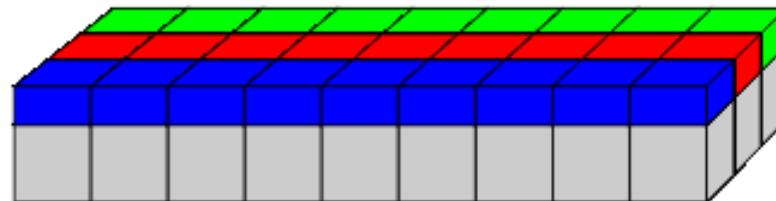
# Farbfiltersysteme

- Die Photozelle ist eigentlich farbenblind.
- Nur durch entsprechende Filter kann sie Farbe wahrnehmen.

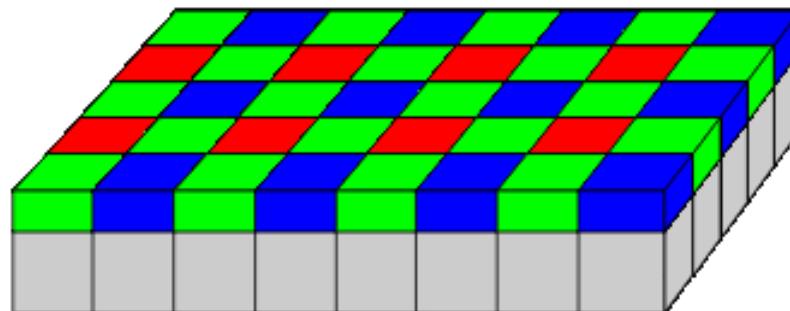


# Single-Pass-Scanner

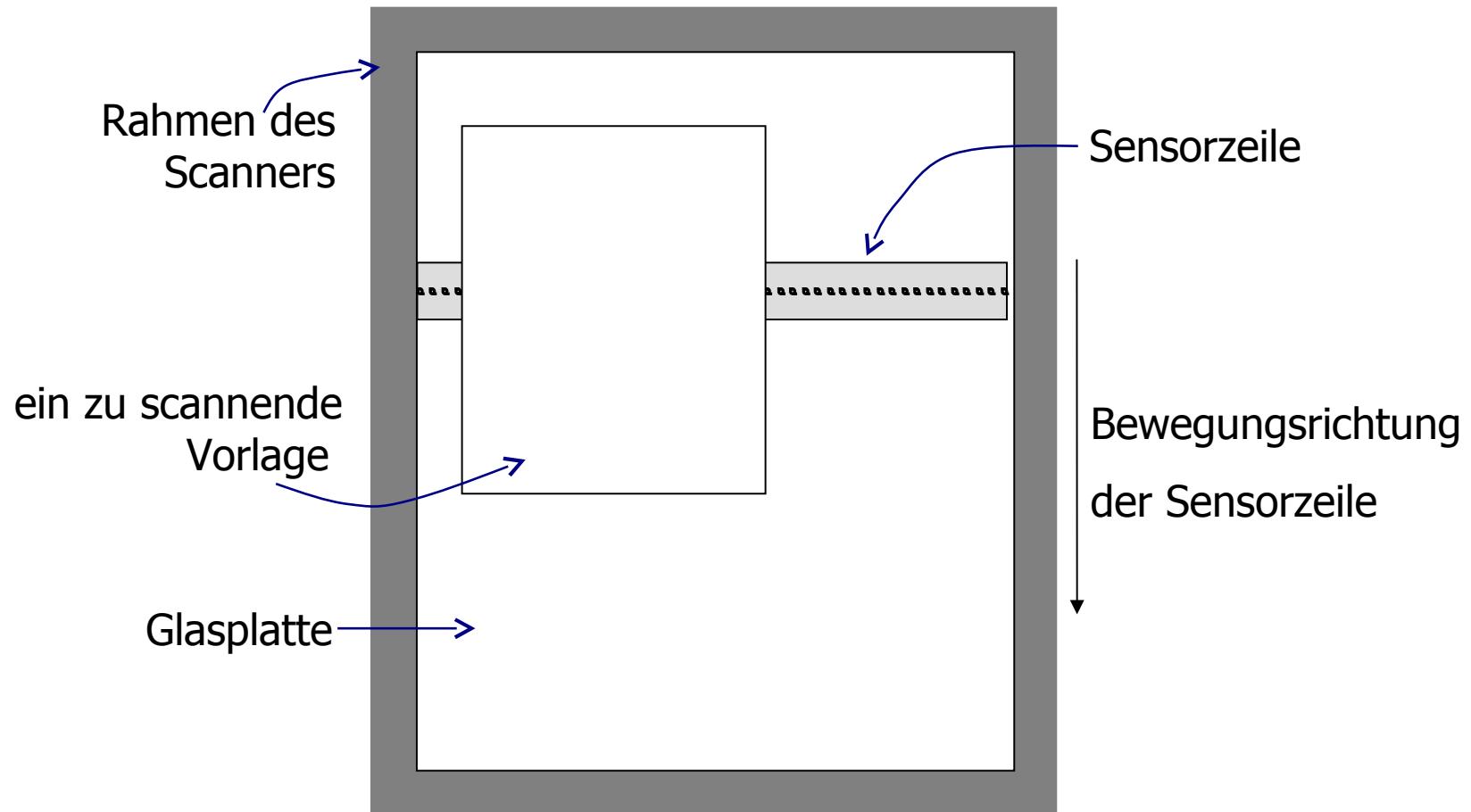
- CCD-Zeilen in Scannern



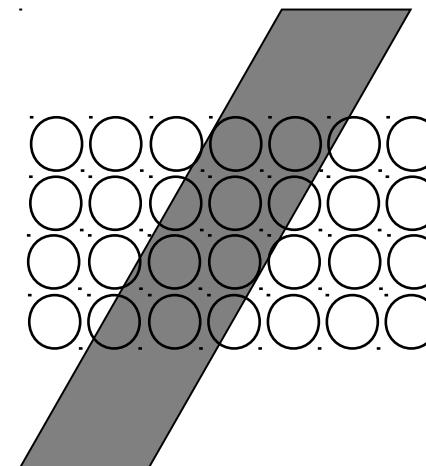
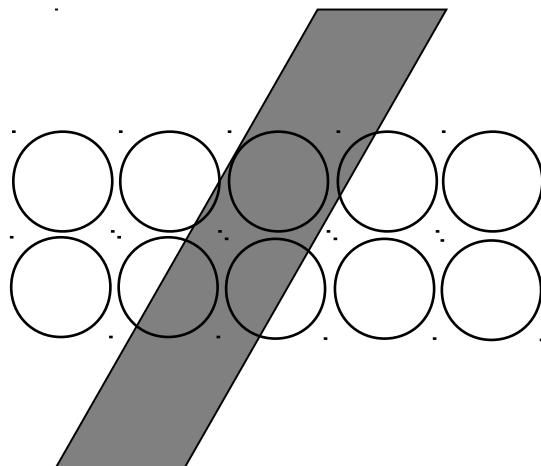
- CCD-Chips in Digitalkameras



# Prinzip des Flachbrettscanners

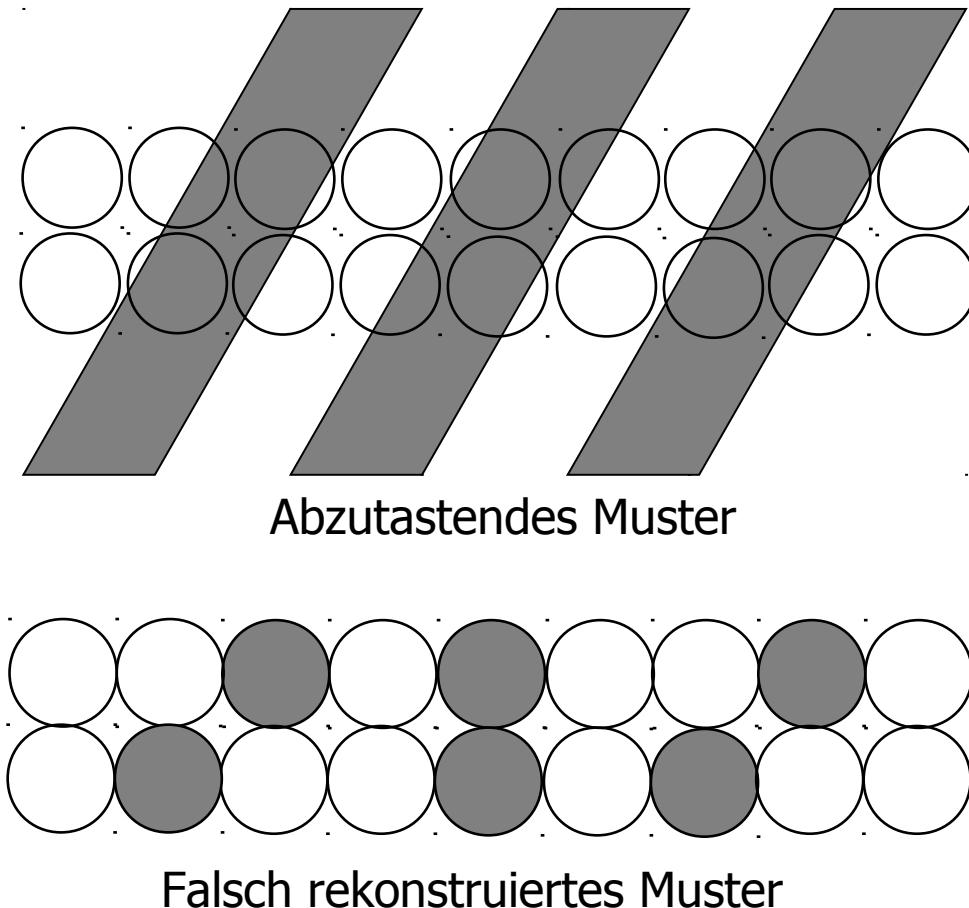


# Prinzip des Abtasttheorems



**Abtastung bedeutet:** Alle Information außerhalb der Gitterpunkte geht verloren.

# Das Abtasttheorem von Shannon / Nyquist

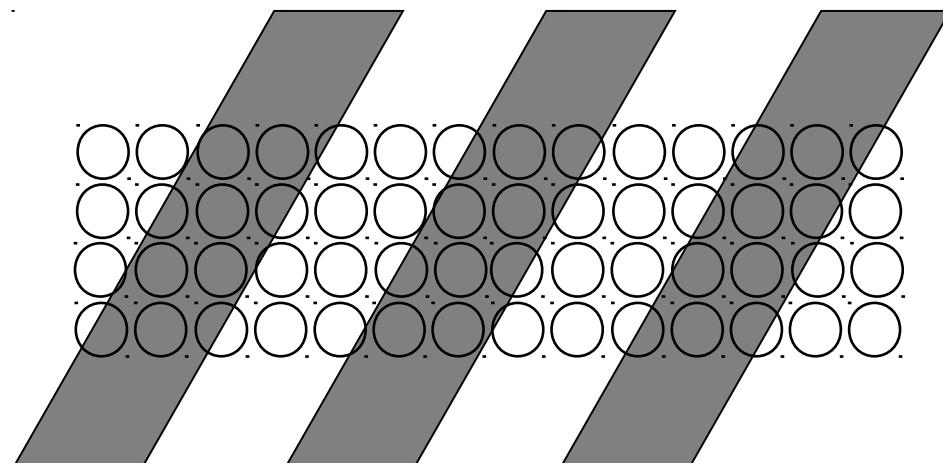


**Das Abtasttheorem besagt:**

Wir erhalten **nur dann** eine korrekte periodische Struktur, wenn wir in das **kleinste Element des Musters** mehr als zwei Abtastpunkte setzen.

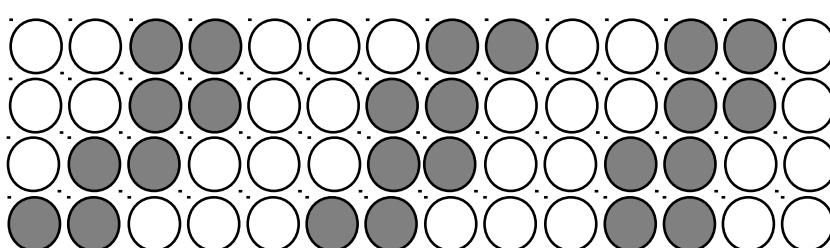
D.h. das kleinste zu rekonstruierende Bildelement gibt die Abtastdichte vor.

# Das Abtasttheorem von Shannon / Nyquist



Das kleinste zu rekonstruierende Bildelement gibt die Abtastdichte vor.

D.h. in unserem Fall müssten in einen Streifen mehr als 2 Abtastpunkte reinpassen.



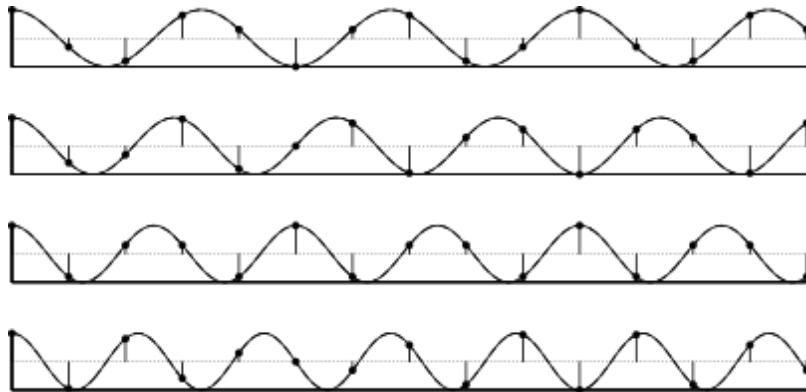
# Das Abtasttheorem von Shannon und Nyquist

Bildinformation zerlegt in Zeilen, Spalten oder Blöcke kann in eine Reihe unterschiedlicher Frequenzen zerlegt werden. Daher muss auch beim Scannen das Abtasttheorem beachtet werden.

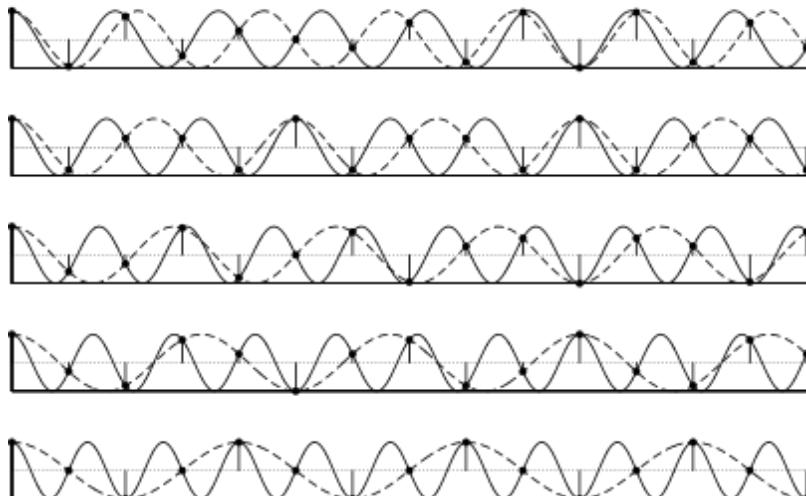
Es lautet wie folgt:

„Die Abtastfrequenz muss mehr als doppelt so hoch gewählt werden, als das kleinste abzutastenden Signal..“

# Das Abtasttheorem von Shannon und Nyquist



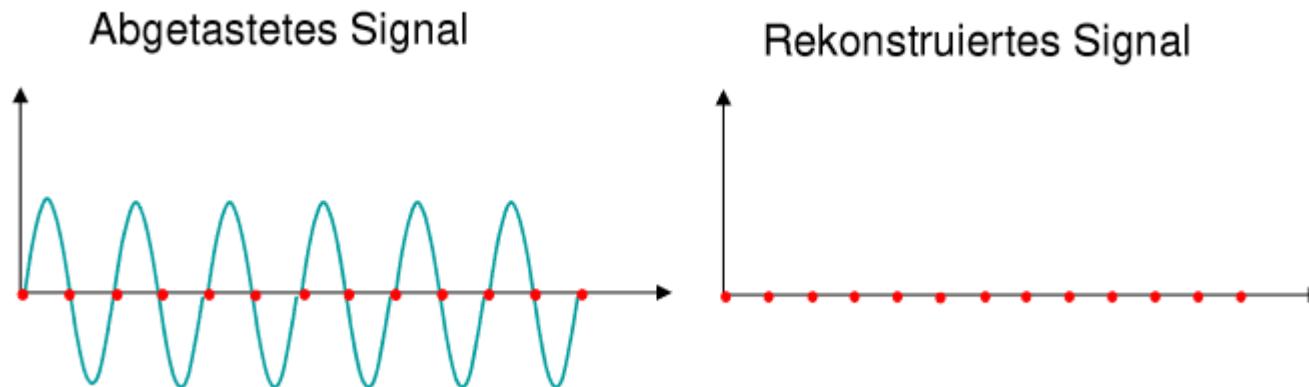
Abtastfrequenz ist mehr als doppelt so hoch als das kleinste abzutastende Signal; ist also konform mit dem Abtasttheorem. Das Signal kann korrekt rekonstruiert werden.



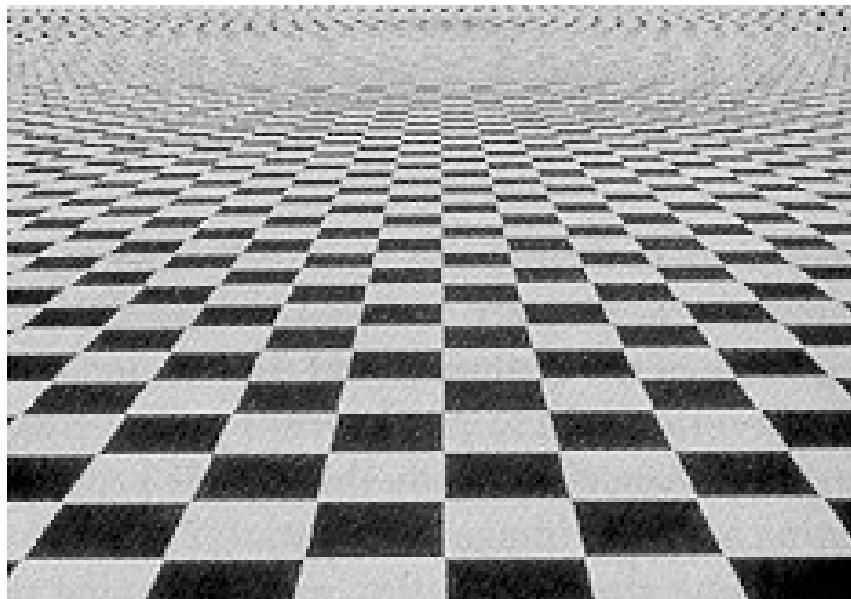
Abtastfrequenz ist niedriger als doppelt so hoch als das kleinste abzutastende Signal. Widerspricht also dem Abtasttheorem. Das Signal kann nicht korrekt rekonstruiert werden.

# Das Abtasttheorem von Shannon und Nyquist

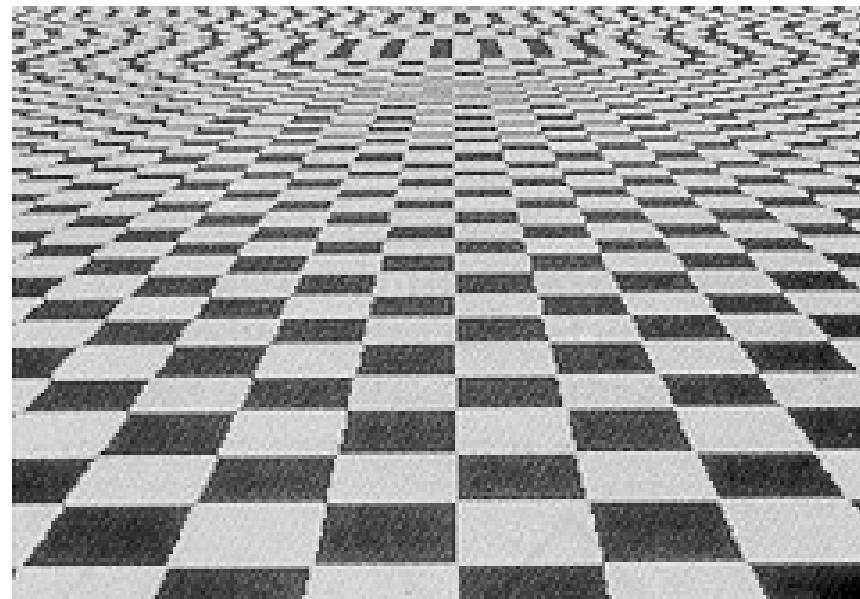
Warum genügt eine Abtastung mit doppelter Signalfrequenz nicht?



## Artefakte infolge einer Unterabtastung: Moiré-Effekt



Originalbild



Moiré-Effekt infolge einer zu geringen Abtastfrequenz.

## Artefakte infolge einer Unterabtastung: Moiré-Effekt

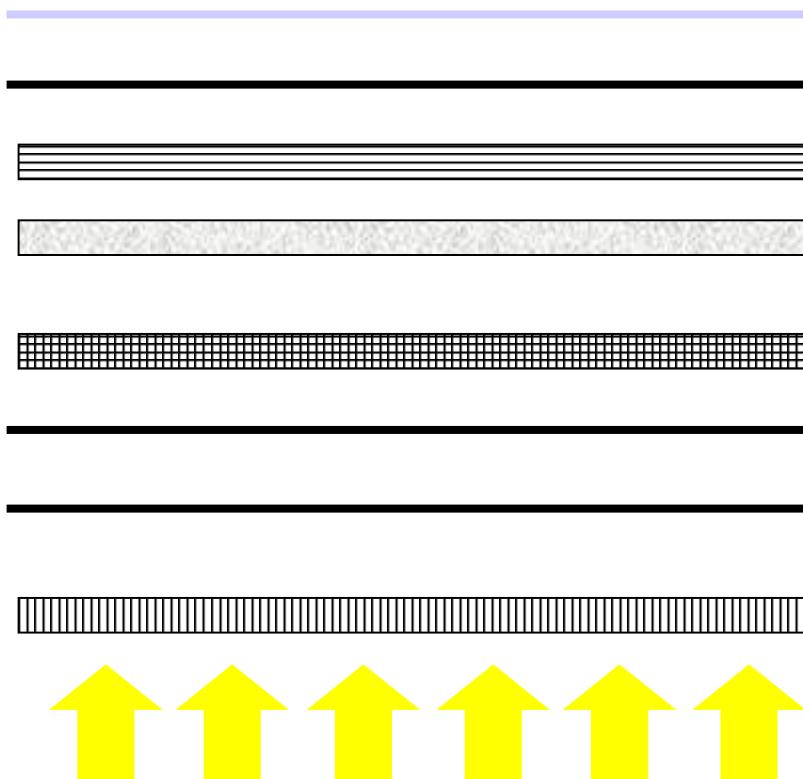


[www.fotoschule-  
ruhr.de/images/  
Moirée\\_257.jpg](http://www.fotoschule-ruhr.de/images/Moiree_257.jpg)

# Displays und Projektoren

- TFT/LCD Displays
- Plasma Displays
- DLP-Projektoren
- Laser-Projektoren

# TFT/LCD-Display



Glasplatte (Vorderseite)

RGB-Farbfilter

2. Polarisationsfilter

Flüssigkristallschicht

**TFT-Array (Thin Film  
Transistors)**

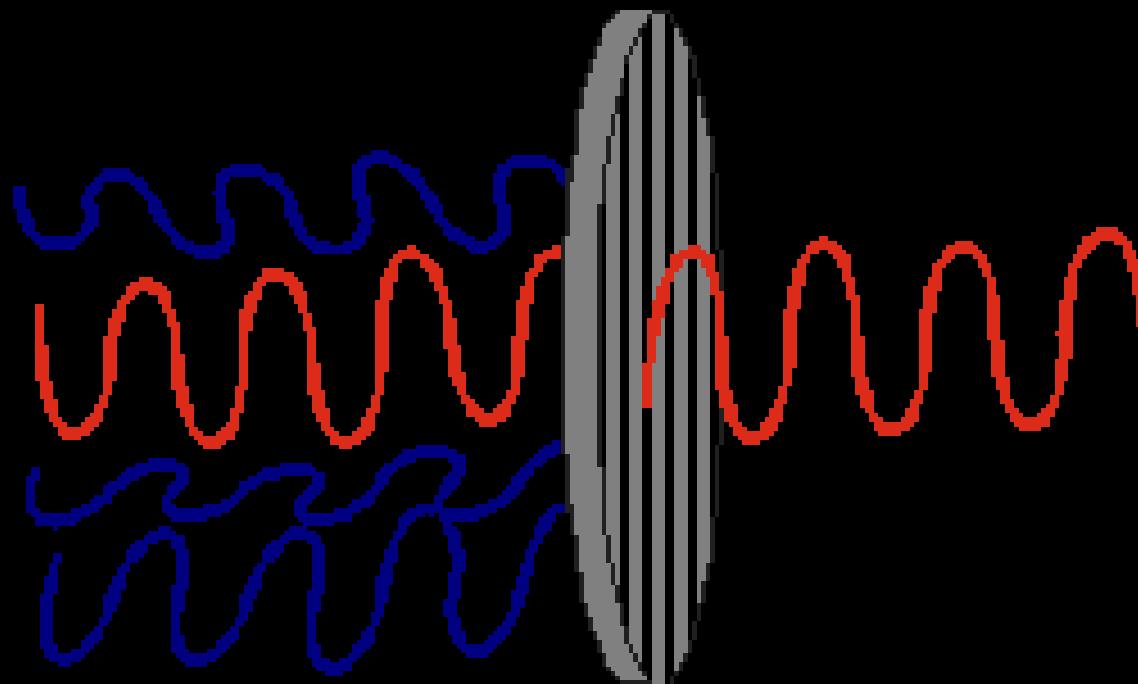
Schicht mit Spaltenelektroden

Schicht mit Zeilenelektroden

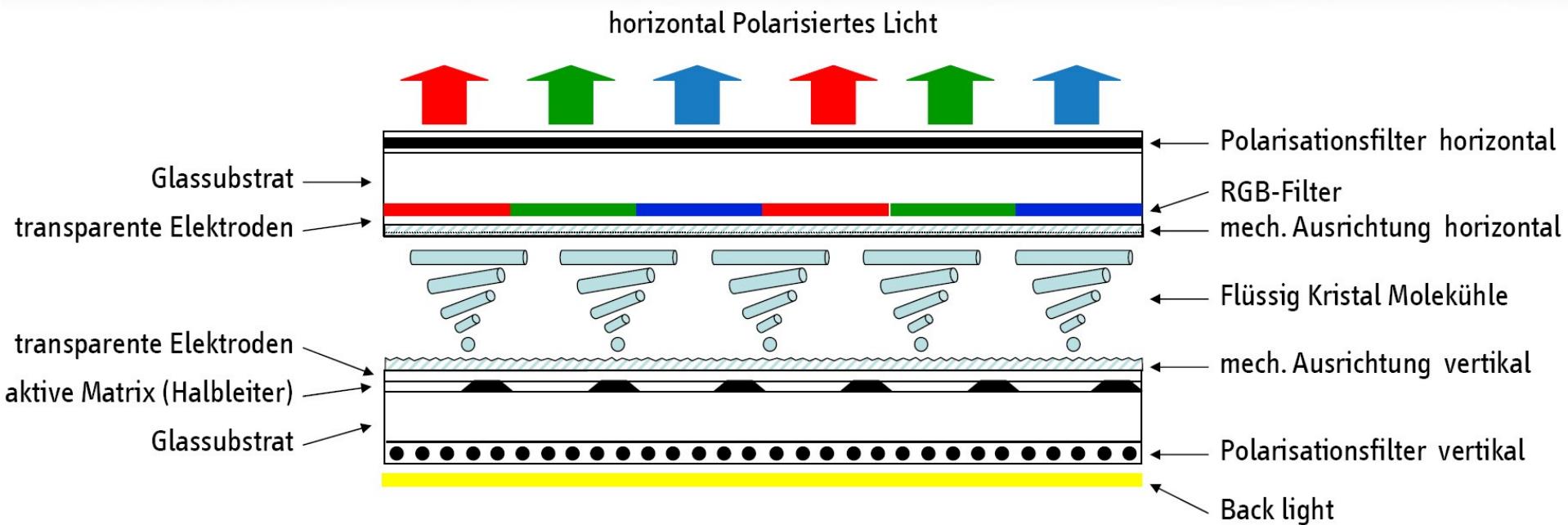
1. Polarisationsfilter

**Hintergrundbeleuchtung**

# Wirkungsweise von Polarisationsfiltern

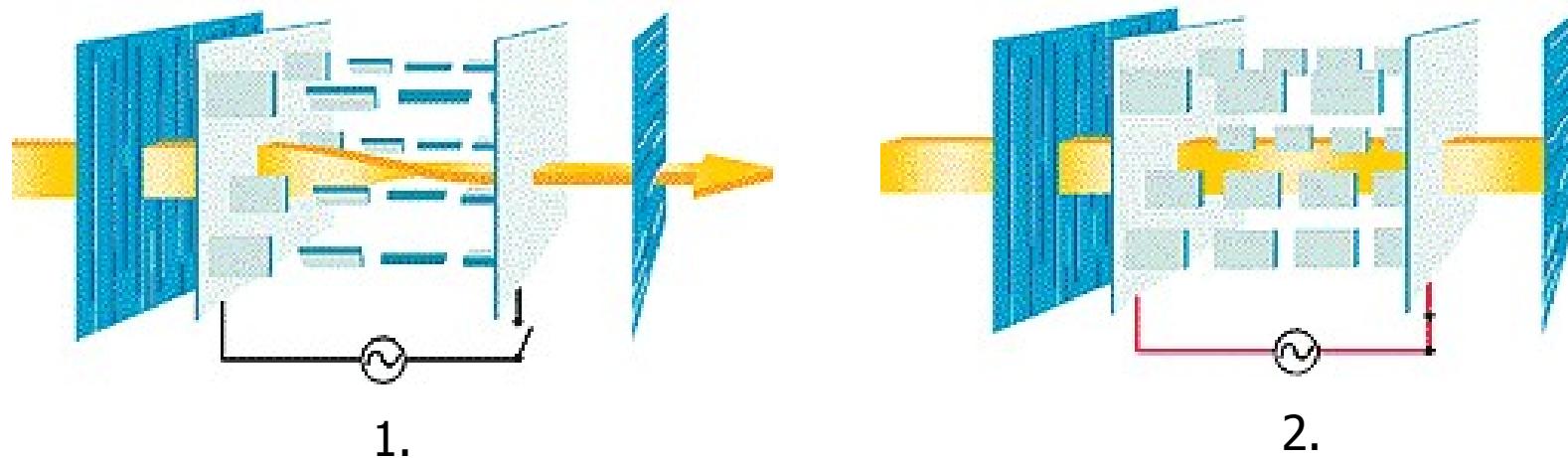


## Funktionsprinzip von LC - Displays



Quelle: chip.de

# TFT/LCD-Display

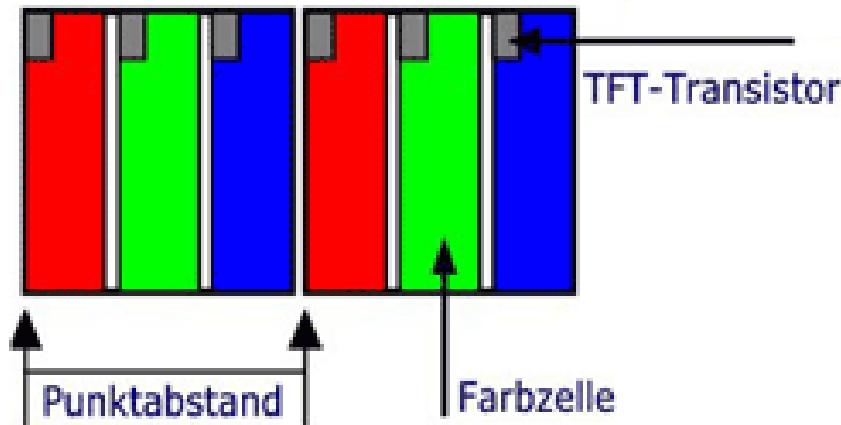


## LCD (Liquid Crystal Display)

1. Im ausgeschalteten Zustand
2. Im angeschalteten Zustand

Aus: [http://www.beamer.de/produkte/lcd/lcd-tft\\_technik-anwendung.html](http://www.beamer.de/produkte/lcd/lcd-tft_technik-anwendung.html)

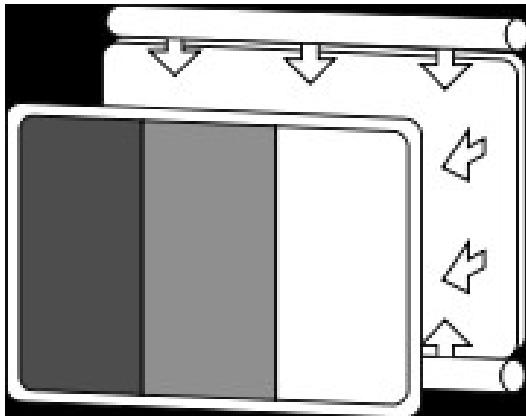
# TFT/LCD-Display



- Ansteuerung der Zelle durch TFT-Elemente
- Licht eines Bildpunktes wird durch 3 TFT Elemente erzeugt

Aus: [http://www.beamer.de/produkte/lcd/lcd-tft\\_technik-anwendung.html](http://www.beamer.de/produkte/lcd/lcd-tft_technik-anwendung.html)

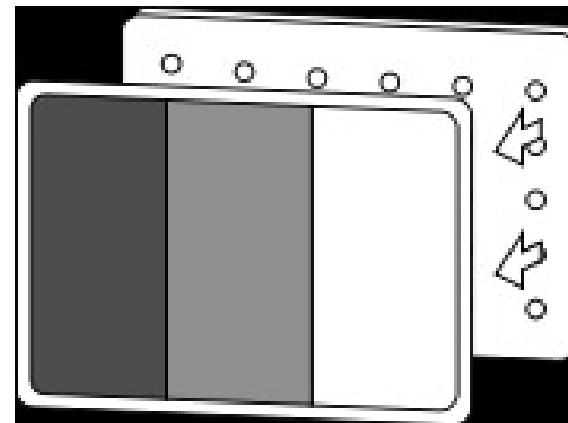
# LED-Backlight bei LCD-Fernseher



LCD mit Hintergrundbeleuchtung durch eine Leuchtstoffröhre, sogenannte Kathodenstrahler (CCFL), diese können nur gemeinsam gedimmt werden. Dunkle Szenen, die in schneller Folge mit hellen abwechseln, verlieren stark an Kontrast.

Ganz dunkle und sehr helle Bildinhalte können nicht gemeinsam dargestellt werden.

([http://www.hdplusv.de/content/hdtv\\_44202.html](http://www.hdplusv.de/content/hdtv_44202.html))



LCD mit Hintergrundbeleuchtung aus gruppenweise ansteuerbaren LEDs. Damit kann man komplett schwarze und sehr helle Bildinhalte gemeinsam darstellen.

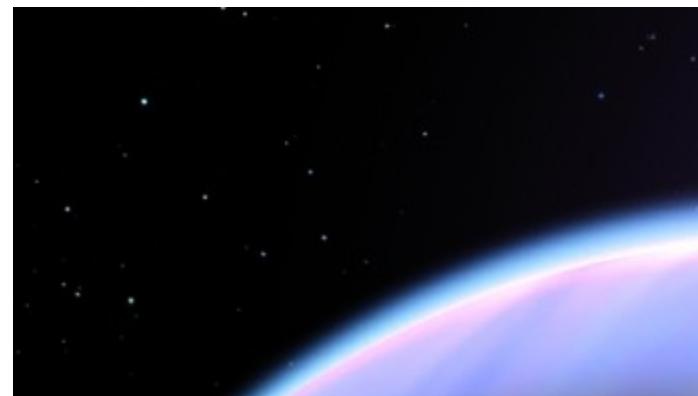
In der Regel erzeugen drei zusammengeschaltete LEDs (RGB) das weiße Hintergrundlicht für eine Gruppe von Pixeln. LED liefern sehr reine Farben. Je mehr LEDs, je kontrastreicher das Bild, je höher der Preis ☺.

# Standard LCD und LCD-LED im Vergleich

(Aus: [http://www.hdplustv.de/content/hdtv\\_44202.html](http://www.hdplustv.de/content/hdtv_44202.html))



LCD Normalfall, in dunklen Bereichen zeigen LCDs eine deutliche Aufhellung oder bei gedrosselter Hintergrundbeleuchtung verlieren die hellen Bereiche an Leuchtkraft



Mittels partieller LED-Beleuchtung sind gleichzeitig helle und dunkle Bereiche möglich. Eine Verbesserung des Dynamikbereichs ist aber nur bei relativ großen hellen und dunklen Flächen möglich. Für die Sterne sind zu wenig LEDs vorhanden ☹.

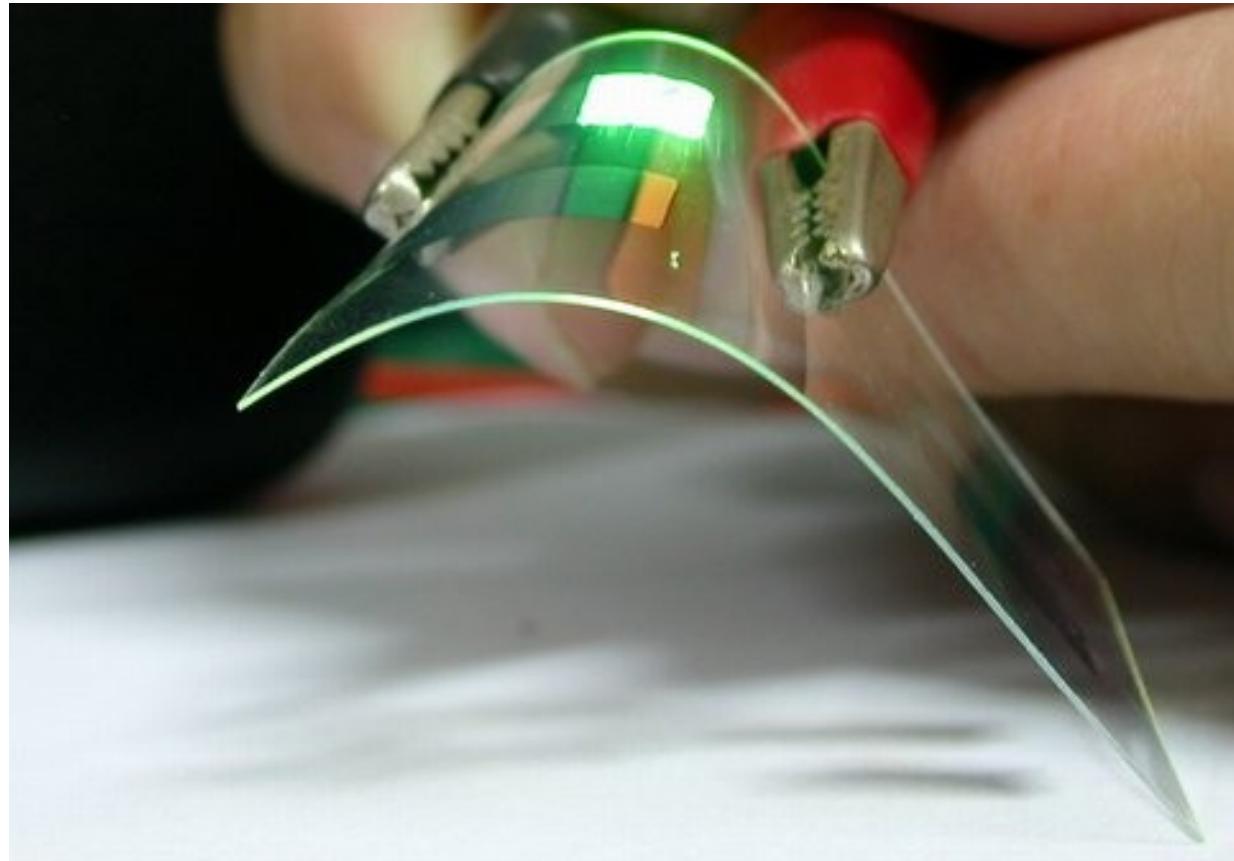
# LED-Großbildleinwände



Bilder Screen Visions GmbH

# OLED organische Leuchtdiode (*organic light emitting diode*, OLED)

- Dünnfilmiges leuchtendes Bauelement
- Relativ kurze Lebensdauer



# OLED-Displays

Auszug aus:

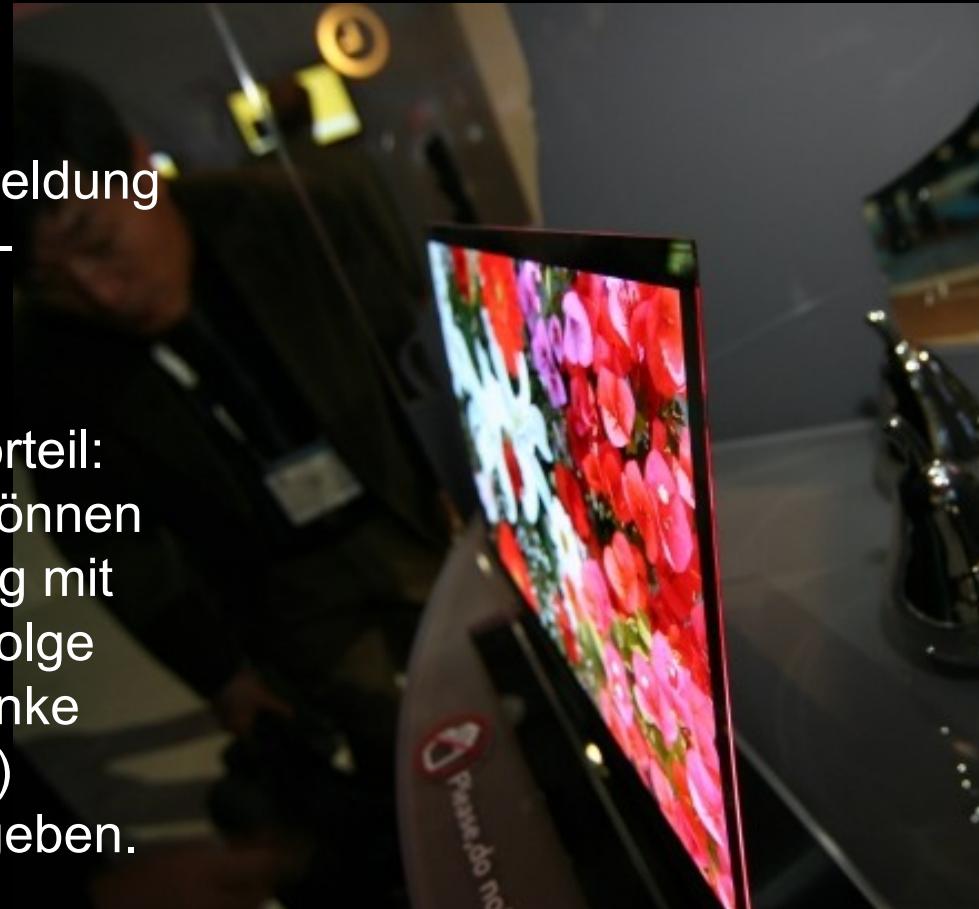
„<http://www.heise.de/newsticker/meldung/Grosse-OLED-Fernseher-von-LG-1069626.html>“ (31.08.2010)

... Organische Displays haben hier gegenüber LCDs einen großen Vorteil: Sie sind sehr flinke Schalter und können deshalb die für eine 3D-Darstellung mit Shutterbrillen nötige schnelle Bildfolge (Bild fürs rechte Auge – Bild fürs linke Auge – Bild fürs rechte Auge usw.) problemlos gestochen scharf ausgeben.

...

... Es gibt derzeit keine Fabriken für große OLED-Displays. Die gezeigten größeren Schirme sind Prototypen

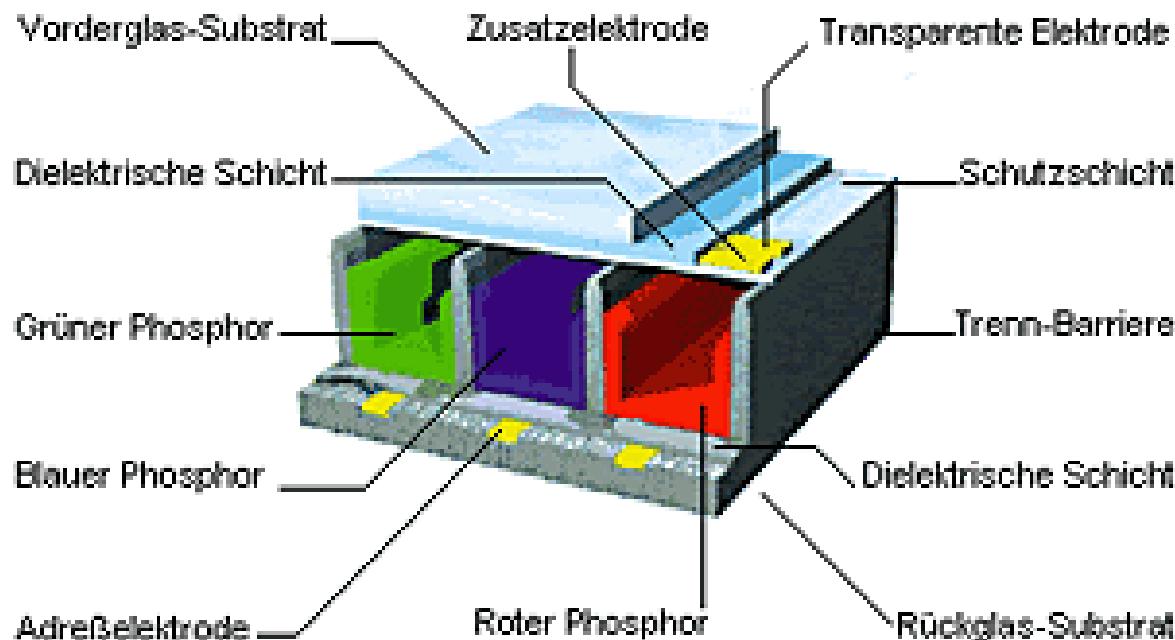
Prof. Dr. Elke Hergenröther



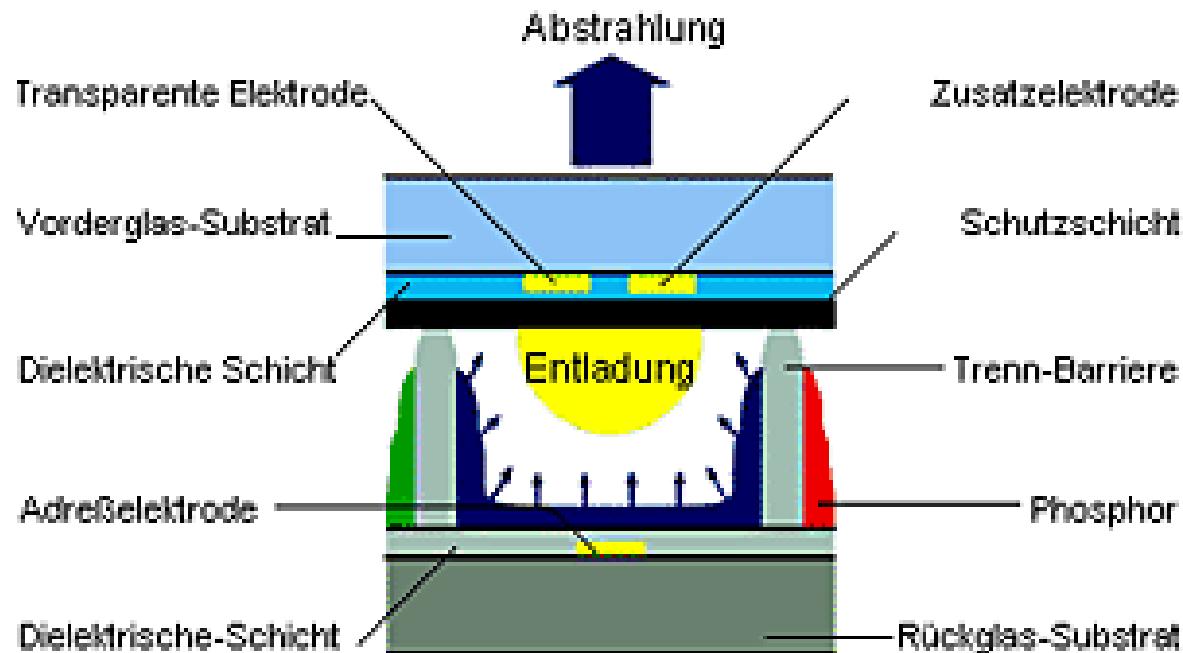
OLDE-TV von LG

# Plasma Display

- Jeder Pixel hat seine eigene Lichtquelle



# Plasma Display



# Plasma Display

Vorteil gegenüber LCD:

- Farbraum ist ungefähr genauso groß wie der vom CRT
- Gleichmäßige Ausleuchtung über das ganze Display
- Breiter Betrachtungswinkel
- (extrem hell)

Nachteil gegenüber LCD:

- Starke Wärmeentwicklung

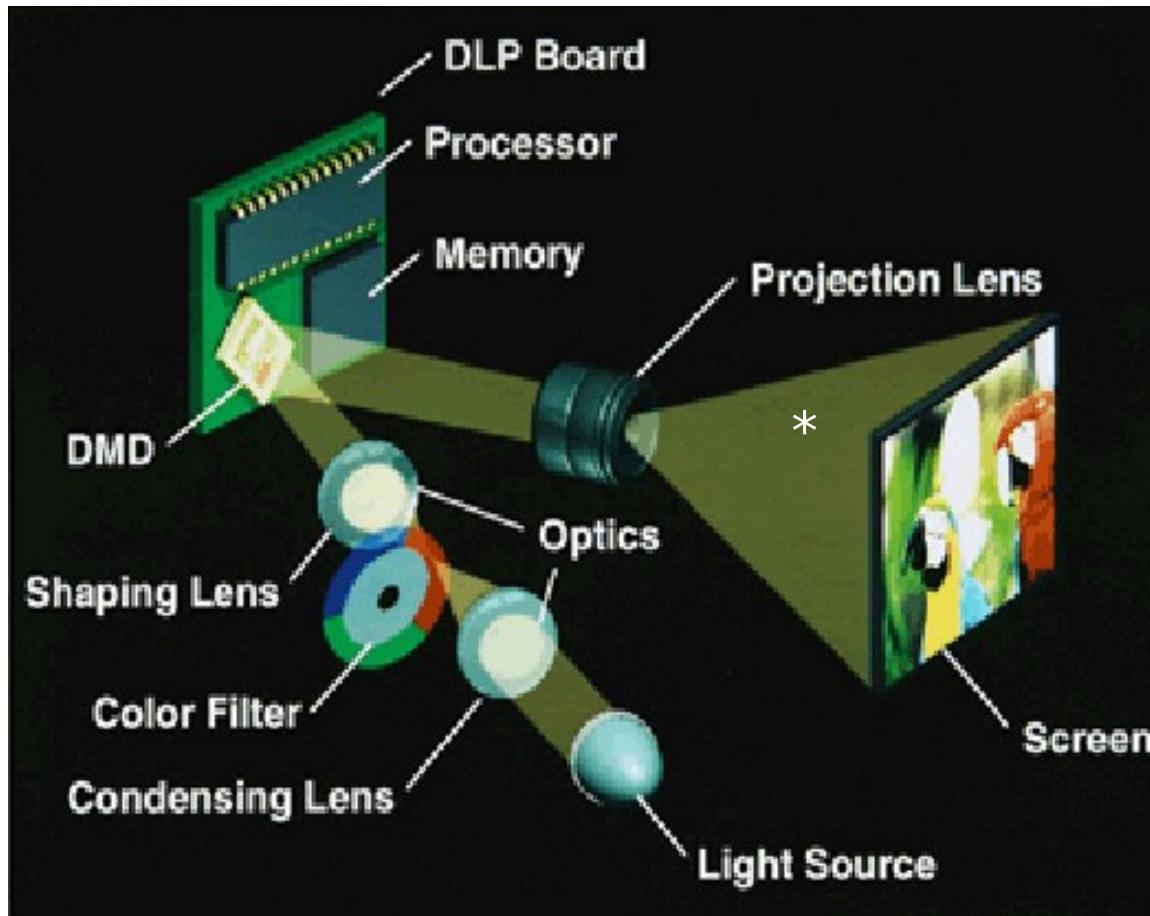
Vorteile gegenüber CRT:

- Geringe Tiefe
- Diagonale bis zu 1,80 m in serienreife  
(LCD 1,20 m serienreif, CRT max. ca. 1m)
- Erzeugt keine elektromagnetischen Störungen



Betrachtungswinkel eines  
Plasma Displays

# DLP (Digital Light Processing)



\*DMD: Digital Micromirror

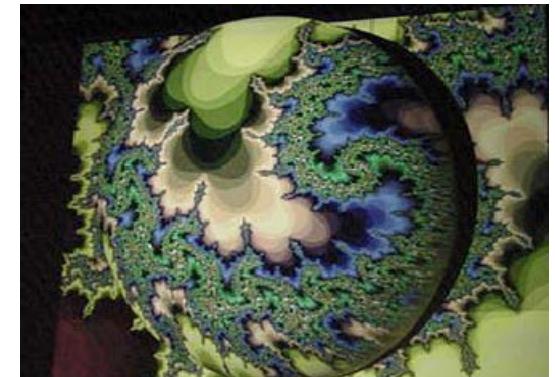
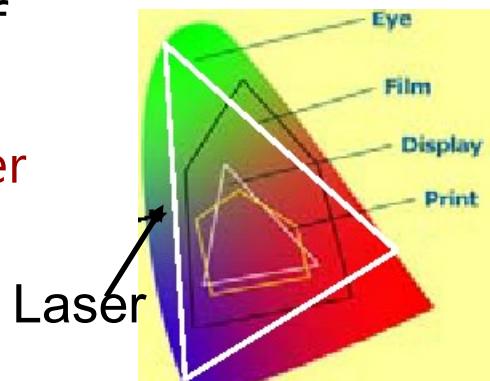
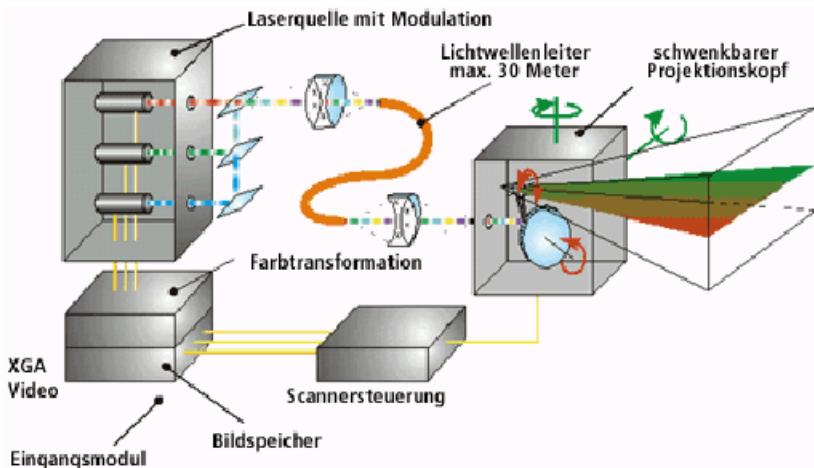
# DLP (Digital Light Processing)

- Auf einem Chip sind bis zu ca. 1 Mio. kleine Spiegel in einem Raster flächig angeordnet
- Jeder Spiegel kann einzeln elektronisch gekippt werden (ein/aus)
- Spiegel wendet sich vom Farbrad ab → Pixel ist schwarz.
- Besseres Schwarz  
(im Vergleich zu LCD)
- Bis zu 20.000 ANSI-Lumen



# Laser-Projektor (Schneider) ca. 1999

- Ein (tischgroßer) Festkörperlaser erzeugt Laserlicht, dass durch Modulation in 3 Grundfarben zerlegt wird.
- Das Laserlicht wird durch ein Drehrad mit Spiegeln „gescannt“
- Enormer Farbraum !
- Das Bild ist immer scharf
- (Prototyp)
- **Projektion auf gewölbter Oberfläche möglich (Tiefenschärfe)**



# Laser Projektor

Laser-Projektor von israelischer Firma Explay  
vorgestellt:

- Streichholz-Schachtel groß
- Bereits an mehreren Handy-Typen getestet
- Projektionen bis zu 90 Zentimeter Bilddiagonale
- Bilder gestochen scharf
- Laser-Strahl soll für das menschliche Auge nicht schädlich sein

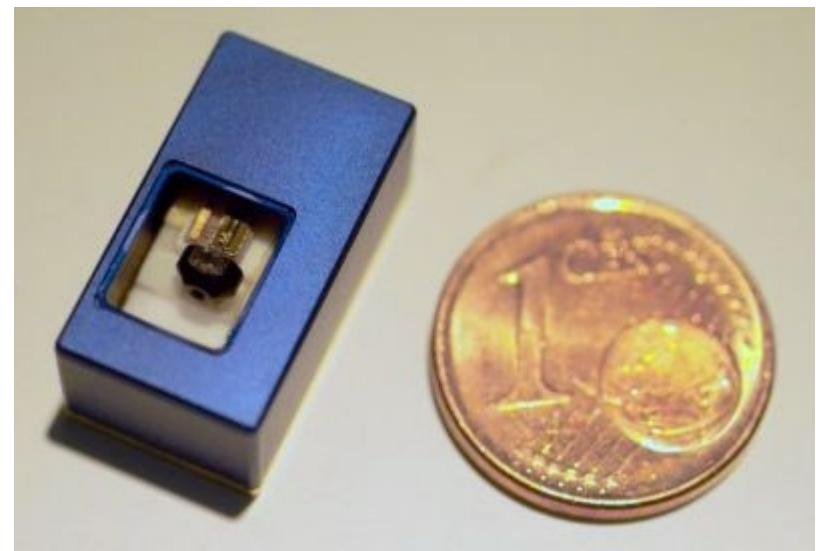


Juli 2006

# Laser Projektor

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden und am Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena

- Laser-Projektor als Prototyp
- Gerät ist nicht größer als ein Zuckerwürfel
- einzelnen Spiegel, der zeilenweise die Projektionsfläche bestrahlt
- Nur roter und blauer Laser, grün Laser ist noch zu groß



September 2006

# Laserprojektor für die Hosentasche



Aus:

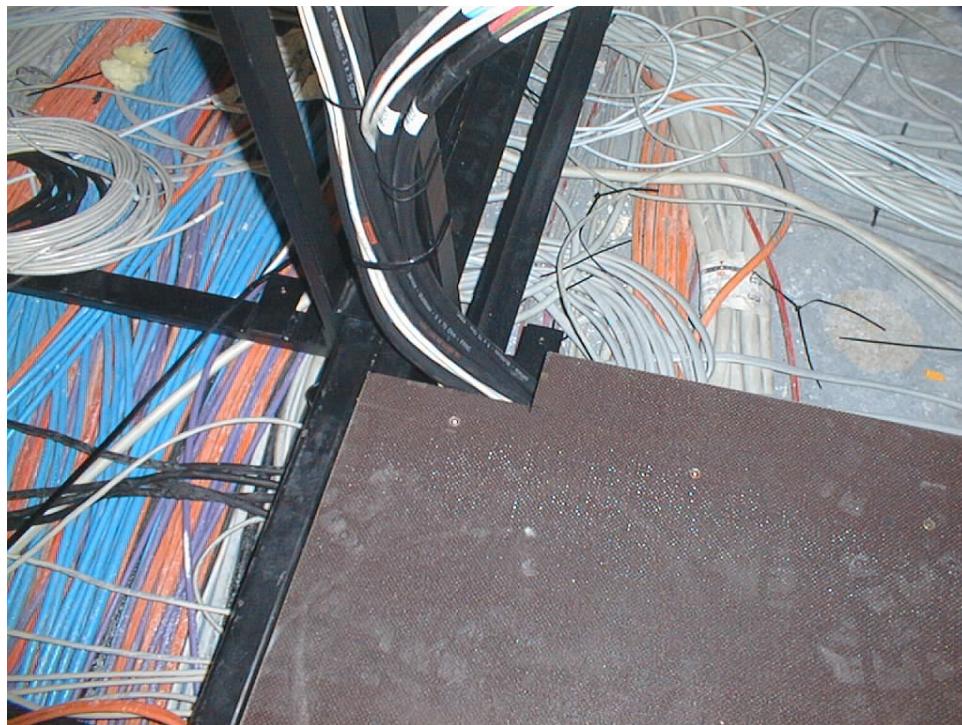
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/Iammer-fokussiert-Laserprojektor-fuer-die-Hosentasche-896454.html>

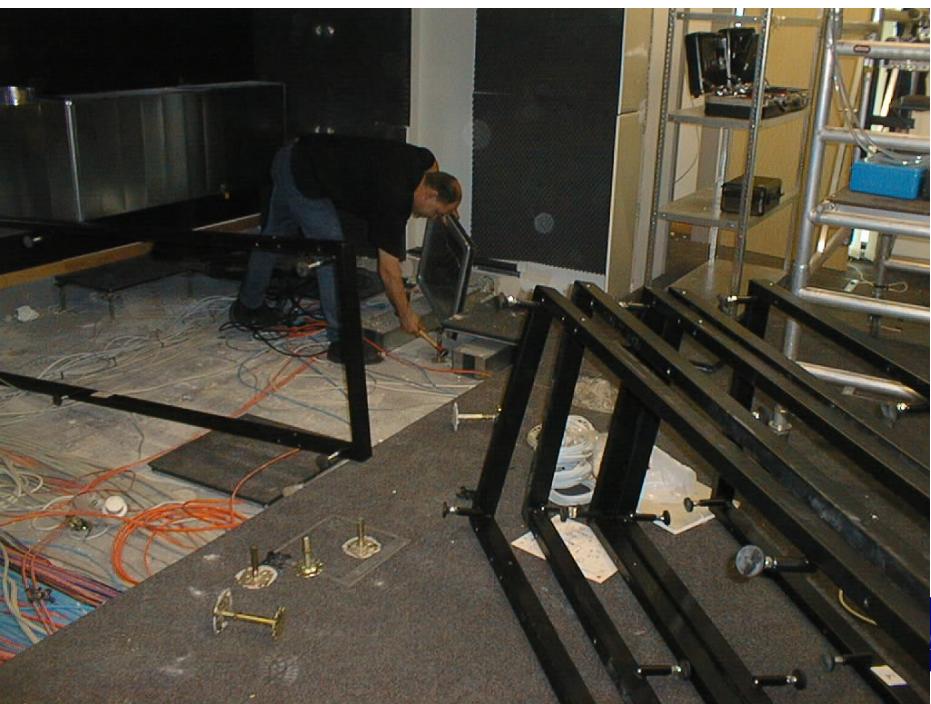
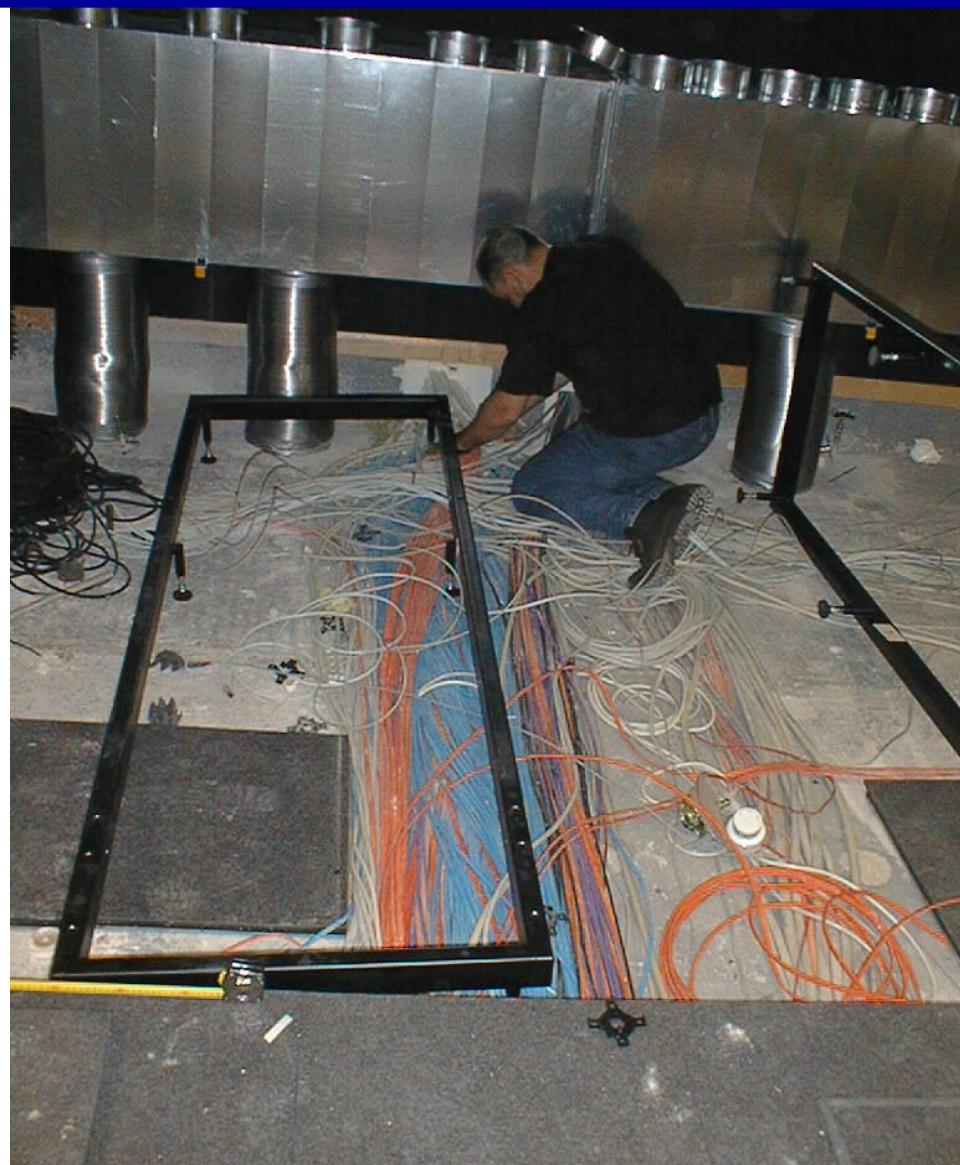
# HEyewall

## am Fraunhofer Institut für graphische Datenverarbeitung (IGD)



# HEyewall (IGD)



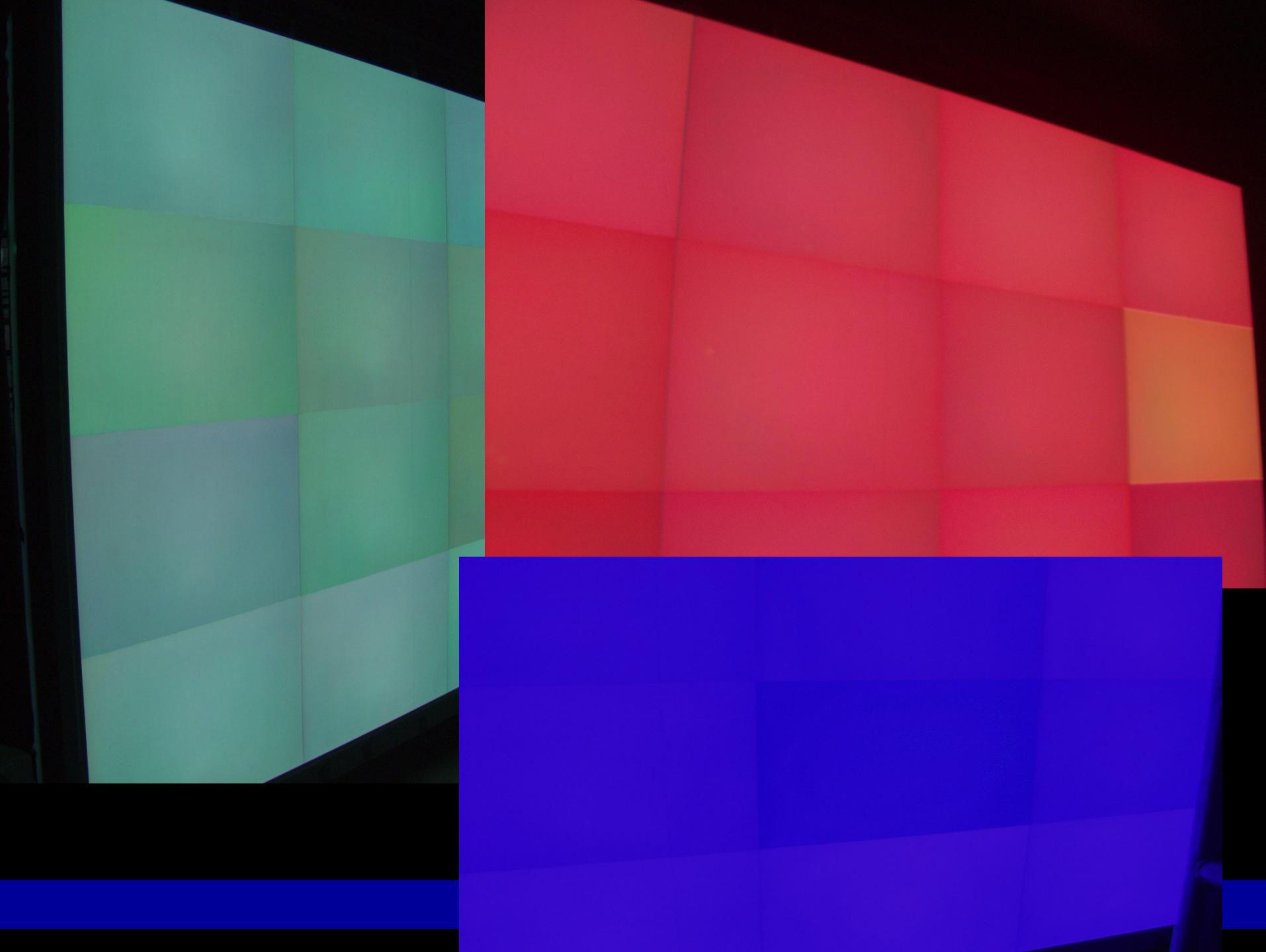


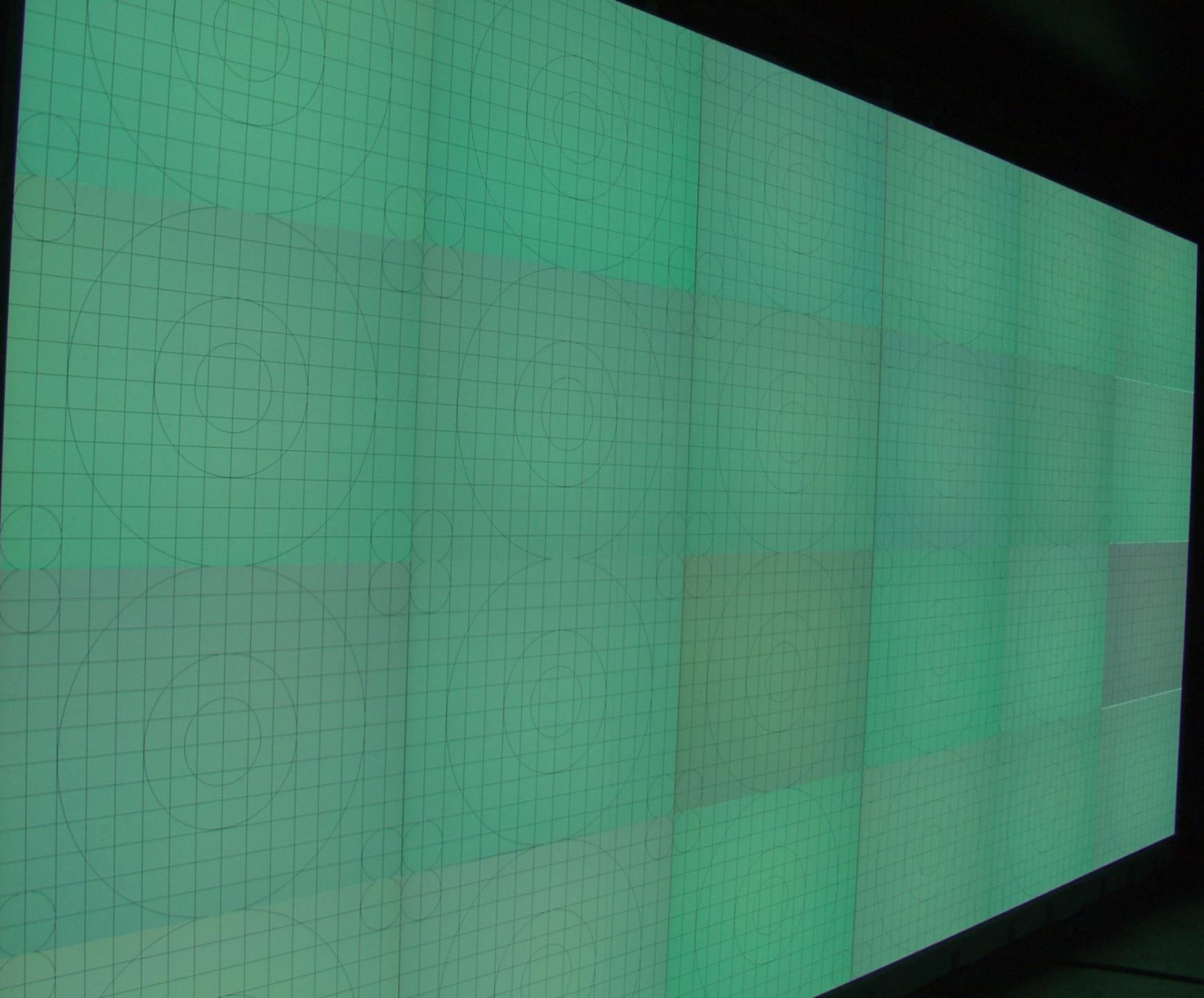
# HEyewall (IGD)



# HEyewall (IGD)







# TiME Lab des Heinrich Hertz Institutes (HHI gehört zur Fraunhofer-Gesellschaft)



# TiME Lab des Heinrich Hertz Institutes „Kino der Zukunft“



# TiME Lab des Heinrich Hertz Institutes „Kino der Zukunft“

Aus heise-online:  
Auch die Kamera-  
technik muss für  
das Kino von  
morgen komplett  
umgestaltet  
werden.



# Head Mounted Display (HMD)

Vorteil:

- volle Immersion

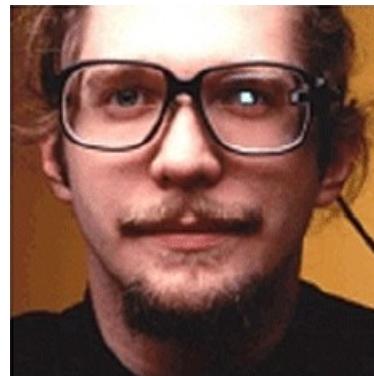
Nachteil:

- Eingeschränktes „Field of View“
- Simulatorkrankheit
- Gewicht
- mitzuführendes Kabel
- Lüftung/Hygiene
- Kostenfaktor
- beschränkte Auflösung



## Monokulare Displays (um 1995)

- hohe Belastung für Benutzer
- ein Auge nimmt reale Außenwelt uneingeschränkt wahr



*Clip-On Display und Integrated Eyeglass von Microoptical*

# Monokulare Displays

29.01.2007: Rodenstock präsentiert Technologiestudie  
“Informance®”: Die Brille der Zukunft

Anwendungen:

- Visualisierung des Herzschlags
- Mit GPS:  
Routendarstellung



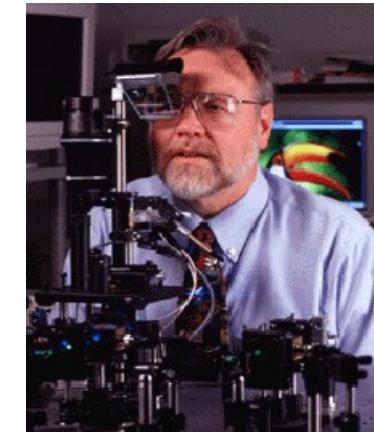
## Zeiss Cinemizer OLED



- Simuliert eine zwei Meter entfernte Leinwand mit einer Diagonalen von 115 Zentimetern
- Videobrille Zeiss Cinemizer OLED lässt sich neben Smartphones und iPod/iPhone nun auch an PCs, Laptops, Netbooks, Spielekonsolen oder Blu-ray-Player anschließen
- 3D-fähig
- (290 Euro)

# Virtual Retinal Displays (VRD)

- Projektion direkt auf die Netzhaut
  - Laser
  - LED
- Erfunden vom HITLab, Seattle, in 1991
- Kommerziell weiterentwickelt von Microvision, Inc.

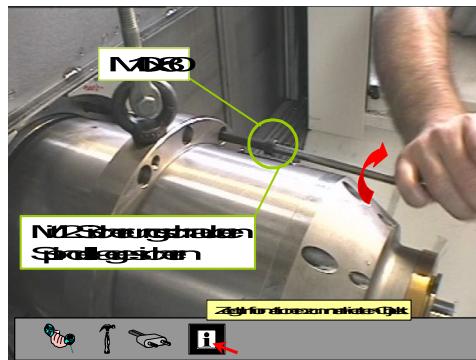
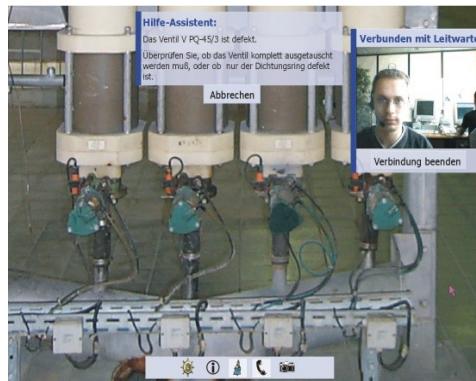


# Augmented Reality (Erweiterte Realität)

Virtuelle Objekte werden in das Sichtfeld des Anwenders eingeblendet.



# Weitere Anwendungsbereiche



## Servicebereich:

- Remote-Experte
- Reparaturanleitungen

# Positionierung dreidimensionaler Objekte in AR

