



Informatik der digitalen Medien

Ergänzungs-Studienangebot der Mediendidaktik für
Lehramtstudenten
Dr. Harald Sack
Institut für Informatik
FSU Jena
Sommersemester 2007

<http://www.informatik.uni-jena.de/~sack/SS07/infod.htm>

Informatik der digitalen Medien

1 2 3 4 14.05.2007 – Vorlesung Nr. 5 6 7 8 9 10 11 12
13
14

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (Teil 3)

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

2

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Grafikkodierung und -komprimierung**
 - **Raster- und Vektorgrafik**
 - Farbe und Farbmodelle
 - GIF und PNG
 - Visuelle Wahrnehmung des Menschen
 - Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

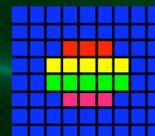
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Raster- und Vektorgrafik**
 - Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - Grundsätzlich unterscheidet man Grafikdaten nach der Art ihrer Darstellung in

1. Vektorgrafiken und



2. Bitmapgrafiken



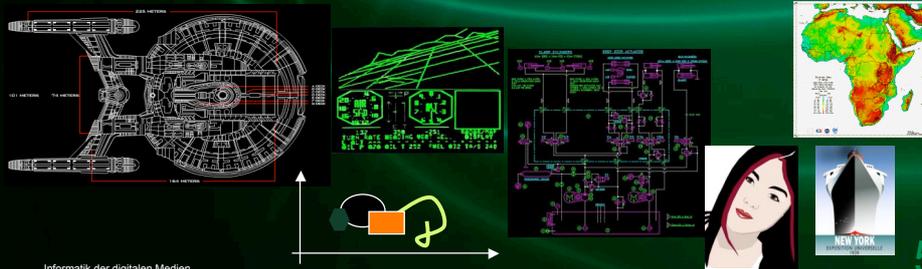
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Raster- und Vektorgrafik

- Darstellung von Grafikdaten im Computer

1. Vektorgrafik

- **Linien, Polygone, Kurven** werden durch Angabe von Schlüsselpunkten charakterisiert
- zusätzliche Attributinformationen wie **Farbe, Linienstärke, etc.**
- Programm rekonstruiert daraus die darzustellende Figur

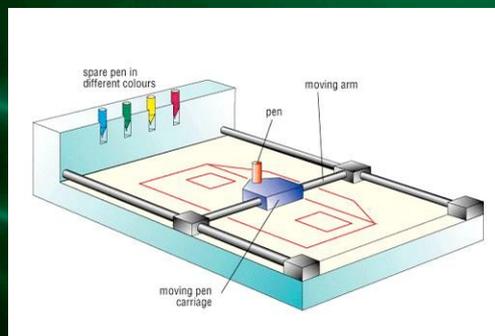


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

1. Vektorgrafik

- Format entwickelte sich zusammen mit **Plotter** als Ausgabegerät für den Computer



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

6

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

1. Vektorgrafik

- Vektorgrafiken können (beliebig) **skaliert** (vergrößert) werden, ohne dass Raster-Effekte (Qualitätsminderung) eintreten



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

7

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Raster- und Vektorgrafik

- Darstellung von Grafikdaten im Computer

2. Bitmapgrafik

- Grafik wird in Matrix aus einzelnen Bildpunkten (**Pixel**) aufgerastert (Rastergrafik)
- Jeder Bildpunkt ist charakterisiert durch
 - **Helligkeit**
 - **Farbe**



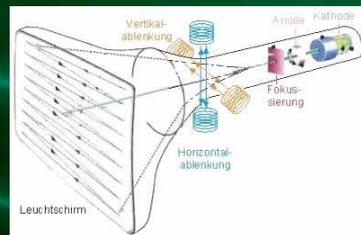
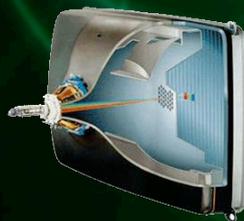
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

8

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

2. Bitmapgrafik

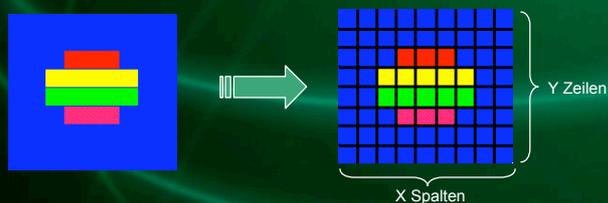
- Grafikformat entwickelte sich zusammen mit Kathodenstrahlröhre (**Bildschirm**) als Ausgabegerät für den Computer



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

2. Bitmapgrafik

- kontinuierliches Bild räumlich diskretisieren → **Rasterung**
- jeder Pixel erhält Farbwert → **Quantisierung**



- Speicherung der Bildinformationen ist formatabhängig

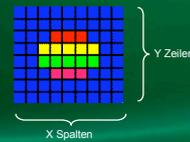
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Raster- und Vektorgrafik

○ Charakteristische Eigenschaften

○ Bildauflösung

- Anzahl der Bildpunkte entlang der x-/y-Achse
z.B. 1024 x 768 (Bildschirm)



○ Farbtiefe

- Anzahl der Farben mit denen ein Bildpunkt eingefärbt werden kann.
- Wird als Logarithmus über die tatsächlich mögliche Anzahl an Farben angegeben
- z.B. 256 Farben – Farbtiefe 8 Bit
Echtfarbdarstellung – Farbtiefe ab 24 Bit

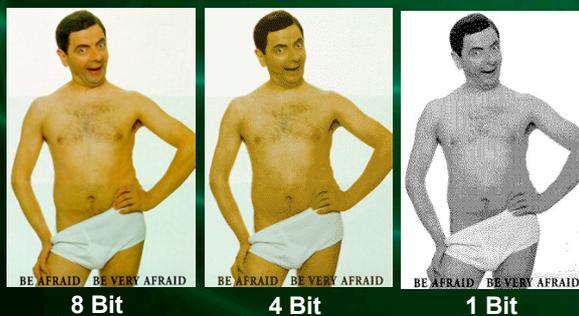
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Raster- und Vektorgrafik

○ Charakteristische Eigenschaften

○ Farbtiefe

- Anzahl der Farben mit denen ein Bildpunkt eingefärbt werden kann.



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Raster- und Vektorgrafik

○ Charakteristische Eigenschaften

○ Farbpalette



Verfügbare Farben aus einer beschränkten Menge möglicher Farben, mit denen ein Bildpunkt eingefärbt werden kann

○ Bildauflösung (Dichte)

Wird auch oft als Dichte der einzelnen Bildpunkte pro Längeneinheit angegeben

Maßeinheit: **dpi** – dots per inch (Bildpunkte pro 2,54cm)

z.B.	Bildschirm	> 72 dpi
	Drucker	> 300 dpi

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Raster- und Vektorgrafik

○ Charakteristische Eigenschaften

○ Bildauflösung (Dichte)

- Je höher die Dichte (Auflösung), desto detailreicher die Grafik
- Je höher die Auflösung, desto größer die Speichermenge

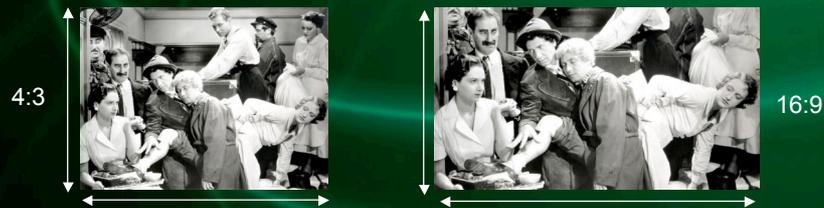


Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Raster- und Vektorgrafik

○ Charakteristische Eigenschaften

- **Seitenverhältnis (Aspect Ratio)**
Verhältnis der x/y-Dimension des Bildes



- **Pixel Aspect Ratio**
Seitenverhältnis eines einzelnen Bildpunktes

Informatik der digitalen Medien

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Raster- und Vektorgrafik
 - **Farbe und Farbmodelle**
 - GIF und PNG
 - Visuelle Wahrnehmung des Menschen
 - Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

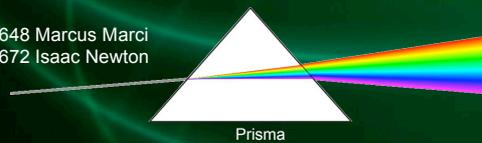
○ Farbe und Farbmodelle

- Was ist **Farbe**?
- Farben sind die Grundbestandteile des weißen Lichts
- **Prisma** zerlegt weißes Licht in seine spektralen Bestandteile



Marcus Marci
(1595-1667)

1648 Marcus Marci
1672 Isaac Newton



Isaac Newton
(1643-1727)

Elektromagnetisches Spektrum



17
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

- Was ist **Licht**?
- Elektromagnetische Strahlung im Bereich $380\text{nm} < \lambda < 780\text{nm}$
- Quantenmechanische Erscheinung → dualer Charakter
- **Welle:**
 - Brechung, Beugung, Dispersion, Streuung
- **Teilchen:**
 - Absorption, Emission in Form von Lichtquanten
- Licht breitet sich in optisch homogenen Medien geradlinig aus
- Lichtstrahlen kreuzen sich ohne gegenseitige Beeinflussung
- Lichtstrahlen besitzen keine **Farbe** sondern eine **spektrale Energieverteilung**

18
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

- Was ist **Farbe**?
- Am **Prisma** werden die einzelnen Bestandteile des weißen Lichts (monochromatisches Licht unterschiedlicher Wellenlänge) mit unterschiedlichen Winkeln gebrochen (**chromatische Aberration**)



Thomas Young
(1773-1829)



- Th. Young (1801) weist nach, dass das menschliche Auge nur in der Lage ist, 3 Grundfarben wahrzunehmen (**3-Farbtheorie**)
 - übrige wahrgenommene Farben ergeben sich durch **Mischung** der 3 Grundfarben in unterschiedlicher Intensität

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

- **Farbtemperatur und Schwarzkörperstrahlung**
 - In einem geschlossenem Hohlraum stellt sich eine nach allen Richtungen gleiche **elektromagnetische Strahlung** bestimmter **Gesamtenergie** und bestimmter **spektraler Verteilung** ein, die nur von der **Temperatur** der Hohlraumwände abhängt.



2200 K



5500 K

Farbtemperatur
(Kelvin)



Max Planck
(1858-1947)

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

● Farbmodelle

- Um Farben korrekt (auf dem Computer) reproduzieren zu können dienen **mathematische Farbmodelle**
- Diese basieren auf unterschiedlichen Arten der **Mischung** von Anteilen der jeweiligen Grundfarben, deren Helligkeit und anderer Farbeigenschaften
- Unterscheide:



- **additive** Farbmodelle
- **subtraktive** Farbmodelle
- Farbmodelle mit Variation von **Farbeigenschaften**
- Farbmodelle mit Trennung **Helligkeit** und **Farbdifferenz**

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

21

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

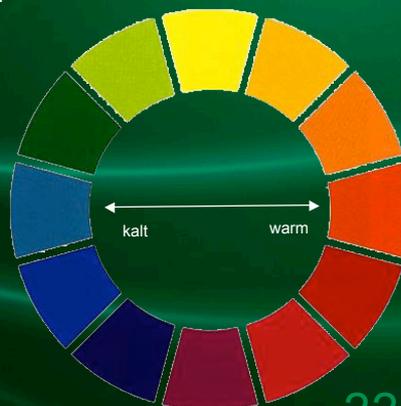
○ Farbe und Farbmodelle

● Farbmodelle

- **Newton** verbindet die beiden Enden des optischen elektromagnetischen Spektrums zum **Farbkreis**



Isaac Newton
(1643-1727)



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

22

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

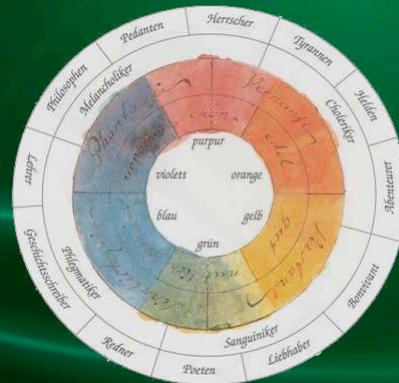
○ Farbe und Farbmodelle

● Farbmodelle

- Auch **Goethe** beschäftigte sich mit der Farbenlehre. Er entwickelte einen Farbkreis und ordnete den einzelnen Farben spezifische Eigenschaften zu



Johann Wolfgang v. Goethe
(1749-1832)



Farbenkreis zur Symbolisierung des menschlichen Geistes- und Seelenlebens, 1809

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

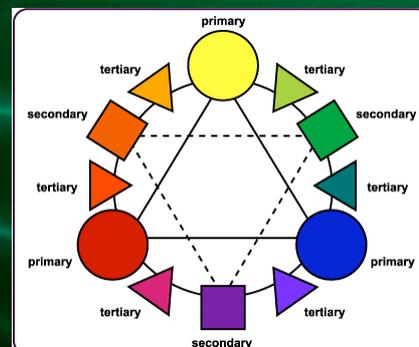
23

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

● Farbmodelle

- Farben werden eingeteilt in
 - **Primärfarben**
 - Sekundärfarben
 - Tertiärfarben
- entsprechend dem Mischungsgrad der beteiligten Grundfarben



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

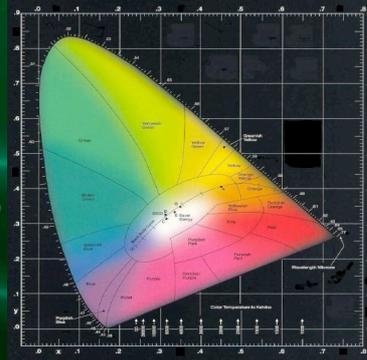
24

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

● Farbmodelle

- 1931 wurde als erstes Modell zur objektiven Farbbestimmung die **Farbnormtafel** von der internationalen Beleuchtungskommission festgelegt (Commission Internationale d'Eclairage, **CIE**)
- Farben werden aus Farbanteilen der Grundfarben (Rot, Grün, Blau) gemischt und in 2-dimensionales Koordinatensystem projiziert



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

25

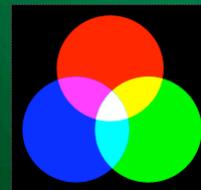
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

○ RGB-Farbmodell

- additive Farbmischung
- Mischung **selbstleuchtender** Grundfarben
 - **Rot** (700nm)
 - **Grün** (546,1nm)
 - **Blau** (435,8nm)
- Farbe wird als **Tripel (r,g,b)** aus den jeweiligen Farbanteilen angegeben
- z.B. bei 8 Bit pro Farbkanal:

gelb = **(255,255,0)**
rot grün blau



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

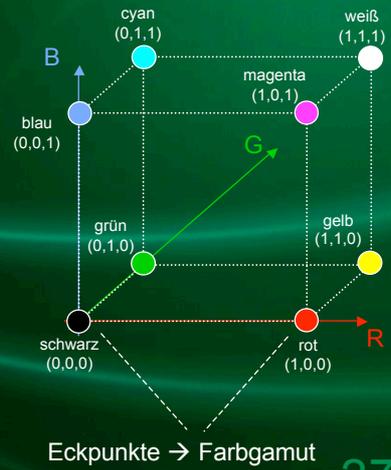
26

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **RGB-Farbmodell**
 - RGB-Farbwürfel

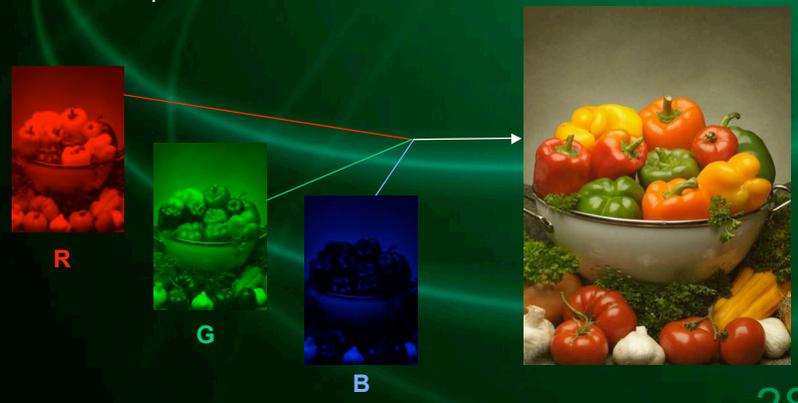
- Echtfarbdarstellung ab 24 Bit Farbtiefe, d.h. pro Grundfarbe 8 Bit



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **RGB-Farbmodell**
 - Beispiel

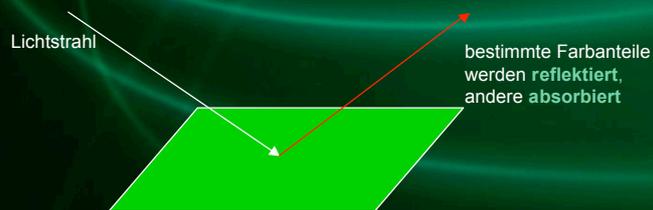


Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **CMY(K)-Farbmodell**

- subtraktive Farbmischung
 - Farbe entsteht durch **Reflektion/Absorption** an unterschiedlichen Oberflächen

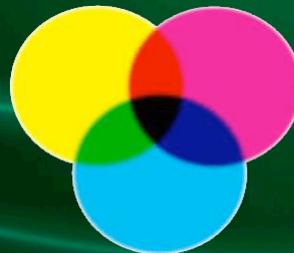


Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **CMY(K)-Farbmodell**

- subtraktive Farbmischung
 - Grundfarben können auch **subtraktiv gemischt** werden
 - **Cyan**
 - **Magenta**
 - **Yellow**



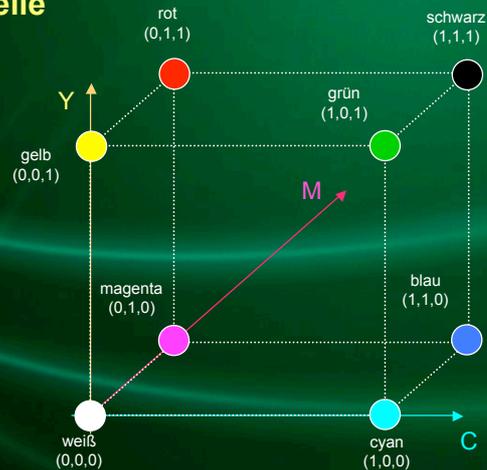
- **Druckprinzip:** Farbpigmente der Grundfarben werden auf weiße Oberfläche aufgetragen

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **CMY(K)-Farbmodell**

- Farbraum



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

31

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **CMY(K)-Farbmodell**

- subtraktive Farbmischung

- **Druckprinzip:** Farbpigmente der Grundfarben werden auf weiße Oberfläche aufgetragen
- Wird die bedruckte Oberfläche beleuchtet, **absorbiert** jede der drei verwendeten Grundfarben anteilig die ihr zugeordnete **Komplementärfarbe** des einfallenden Lichts
- Mischung aller Farben: **schwarz**
- in der Praxis ergibt sich aber nur dunkles dunkelbraun, daher zusätzliche Grundfarbe: **schwarz (K)**
- Farbe wird als Tripel angegeben: **(c,m,y)** bzw. **(c,m,y,K)**

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

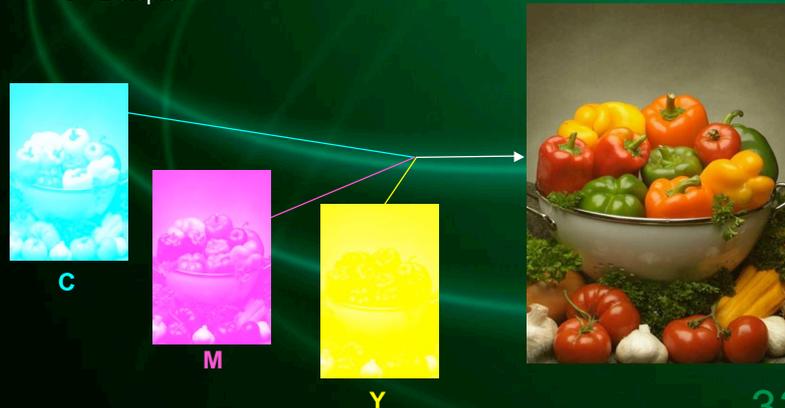
32

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **CMY(K)-Farbmodell**

- Beispiel



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

33

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

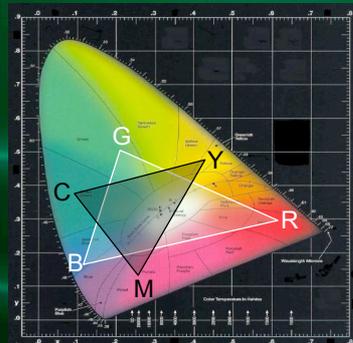
- **Probleme der Farbendarstellung**

- Ausgabegeräte des Computers verfügen über **unterschiedliche Farb Räume**

- Bildschirm: RGB

- Drucker: CMY, CMYK

- Konvertierung von einem Farb-
raum in den anderen oft
problematisch



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

34

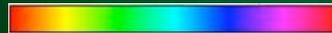
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

○ HSV-Farbmodell

- Variiert Farbeigenschaften um neue Farben zu erzeugen
- Eigenschaften:

- **Farbton** (Hue) (rot, orange, blau, etc...)



- **Sättigung** (Saturation)

Weißanteil im gewählten Farbton



10%

50%

100%

- **Intensität** (Value)

Eigenleuchtkraft (Selbstluminiszenz) eines Farbtons



10%

50%

90%

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

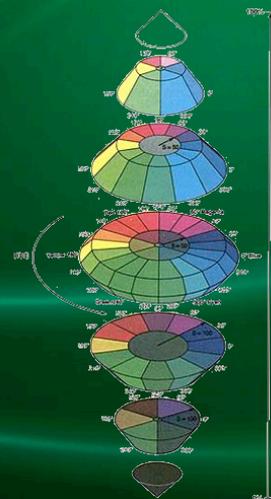
35

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Farbe und Farbmodelle

○ HSV-Farbmodell

- ähnelt der Farbmischung beim Malen mit Ölfarben
- Abstufungen von reinen Farbtönen werden durch Zumischung von weiß oder schwarz erzielt
- andere Farbmodelle, die Farbeigenschaften eines Farbtons (Hue) variieren:
 - **HLS** - Hue, Lightness, Saturation
 - **HSI** - Hue, Saturation, Intensity
 - **HBL** - Hue, Brightness, Luminosity



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

36

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **YUV-Farbmodell**

- Zerlegung der Farben in
 - **Helligkeitsanteil** (Luminanz) – **Y**-Komponente
 - **Farbanteil** (Chrominanz) – **U** und **V** Komponente
- Historisch in Verbindung mit dem **Farbfernsehens** entstanden
 - Rückwärtskompatibilität mit **Schwarzweiß-Empfängern**
 - daher separater Helligkeitskanal
 - Ausnutzung der unterschiedlichen Empfindlichkeit des menschlichen Auges für Helligkeits- und Farbunterschiede



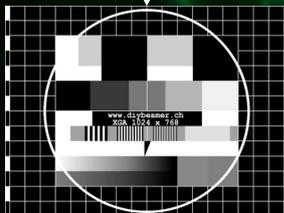
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

37

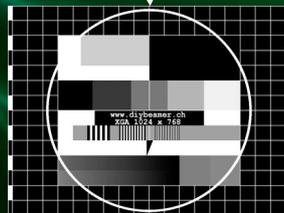
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Farbe und Farbmodelle**

- **YUV-Farbmodell**



rot



grün



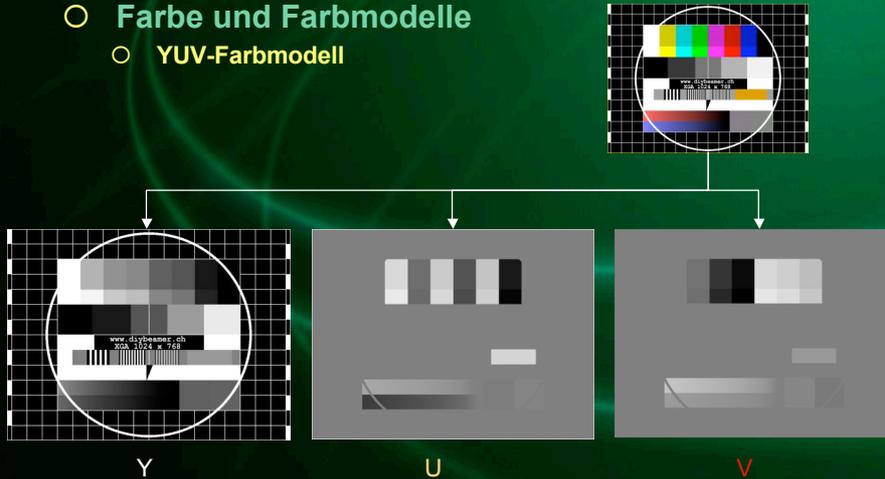
blau

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

38

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Farbe und Farbmodelle
 - YUV-Farbmodell

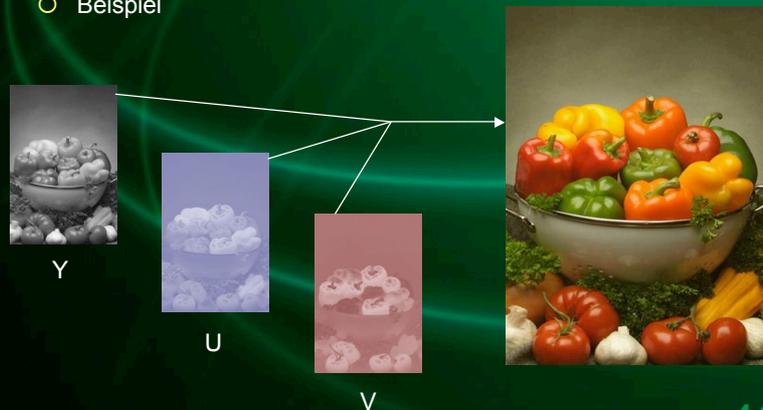


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

39

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Farbe und Farbmodelle
 - YUV-Farbmodell
 - Beispiel



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

40

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Raster- und Vektorgrafik
 - Farbe und Farbmodelle
 - **GIF und PNG**
 - Visuelle Wahrnehmung des Menschen
 - Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Grafikdatenformate – GIF und PNG**
 - **BMP - Bitmap**
 - Einfachstes Rastergrafikdatenformat
 - Farbtiefe: 1- /4- /8- /24-Bit
 - Komprimierung: keine / RLE
 - Max. Größe: $2^{16} \times 2^{16}$ Pixel (65536 x 65536)



1-Bit



4-Bit



8-Bit



24-Bit

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Grafikdatenformate – GIF und PNG

○ BMP - Bitmap

- Dateiaufbau



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Grafikdatenformate – GIF und PNG

○ Graphic Interchange Format - GIF

- weit verbreitetes Rastergrafikdatenformat für **einfache, computergenerierte, grafische Objekte** (z.B. Icons) mit geringer Farbtiefe
- Farbtiefe: 1-8 Bit
- Komprimierung: LZW
- Max. Größe: $2^{16} \times 2^{16}$ Pixel (65536 x 65536)
- Copyright-geschützt (CompuServe Inc., bis 2004)
- GIF87a und GIF89a



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Grafikdatenformate – GIF und PNG**
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - **Interlaced:**
zeilenverschobener Bildaufbau
(z.B. erst ungerade, dann gerade Zeilen)
 - wichtig für Bildübertragung mit
langsamer Kommunikationsverbindung



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

45

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Grafikdatenformate – GIF und PNG**
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - **Transparenz:**
 - eine transparente Farbe kann festgelegt werden
 - Transparenz wird als Alpha-Kanal bezeichnet
(Abstufungen der Transparenz sind möglich)
 - GIF ermöglicht folglich:

Farbtiefe: bis zu 8-Bit
Alpha-Kanal: 1 Bit



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

46

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Grafikdatenformate – GIF und PNG**
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - **Animated GIF:**
 - Speicherung mehrerer Bilder in einem GIF-Datensatz möglich
 - Einzelbilder können als aufeinander folgende Bildsequenz dargestellt werden

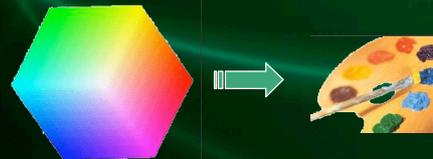


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

47

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Grafikdatenformate – GIF und PNG**
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - **Farbpalette**
 - GIF ermöglicht die gleichzeitige Darstellung von 256 unterschiedlichen Farben ($=2^8$, 8-Bit Farbtiefe)
 - Diese können aber aus 2^{24} möglichen Farben ausgewählt werden
 - Auswahl wird als **Farbpalette** bezeichnet
 - Wie stellt man Bilder mit mehr als 256 Farben dar?



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

48

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Grafikdatenformate – GIF und PNG**

- **Graphic Interchange Format - GIF**

- Wie stellt man Bilder mit **mehr als 256 Farben** dar?

- Approximation oder **Dithering**
(Farbmischung, z.B. hellblau = blau/weiß)



- Qualität der Darstellung ist abhängig vom gewählten Ditheringverfahren



256 Farben



32 Farben



8 Farben

49

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

Original, 24-Bit



8-Bit, no-dithering, adaptiv



50

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

Original, 24-Bit



8-Bit, dithering, adaptiv



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

51

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ **Grafikdatenformate – GIF und PNG**

○ **Portable Network Graphics - PNG**

- soll GIF ablösen
- Farbtiefe: bis 48 Bit
- keine Beschränkung der Bilddimension
- verlustfreie und lizenzfreie Komprimierung (LZ77-Komprimierung)
- Alphakanal: 8-Bit ermöglicht **stufenlose Transparenz**
- Gamma-Korrektur (Anpassung an verschiedene Ausgabegeräte)
- Interlace-Darstellungen



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

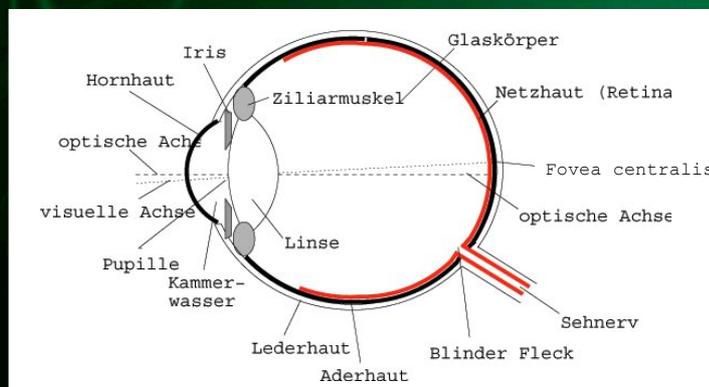
52

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Raster- und Vektorgrafik
 - Farbe und Farbmodelle
 - GIF und PNG
 - **Visuelle Wahrnehmung des Menschen**
 - Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Visuelle Wahrnehmung des Menschen**
 - Das menschliche Auge

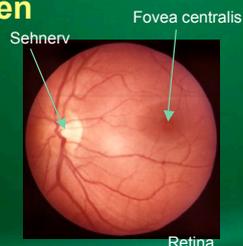


Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Visuelle Wahrnehmung des Menschen

○ Menschliches Sehen

- Licht fällt durch Pupille und Linse auf die **Netzhaut (Retina)**, die einfallende Lichtenergie in Nervenreize umsetzt
 - Pupille (Iris) = Blende
 - Brechungsverhalten der Linse durch Ziliarmuskulatur anpassbar (Akkommodation), wodurch ein scharfes Bild auf der Netzhaut entsteht
- Netzhaut enthält **Photorezeptoren**, die Photonen absorbieren und deren zeitliche Dichte in elektrische Signale umwandeln



55

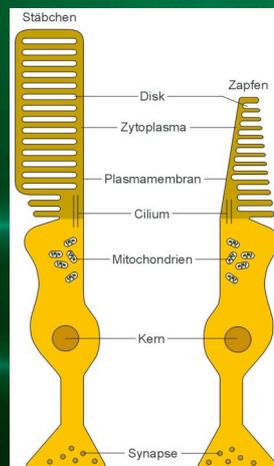
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Visuelle Wahrnehmung des Menschen

○ Licht- / Farbempfindlichkeit

- Netzhaut enthält zwei Typen von Lichtrezeptoren im menschlichen Auge:
 - **Zapfen**
Farb- und Helligkeitsempfindlich, verantwortlich für Farbsehen, im zentralen Retinabereich, ca. 6 Millionen
 - **Stäbchen**
Helligkeitsempfindlich auch bei geringer Beleuchtung im peripheren Retinabereich ca. 120 Millionen

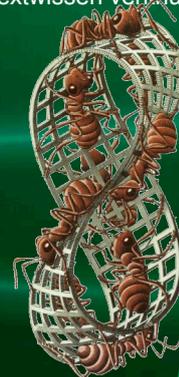
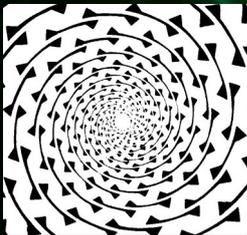


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Visuelle Wahrnehmung des Menschen**
 - **Verarbeitung der Sinneswahrnehmung im Gehirn**
 - Wahrgenommene Bilder werden
 - vorverarbeitet, interpretiert und mit Kontextwissen verknüpft

➡ **Filterfunktion**, die ausgenutzt werden kann



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

59

Informatik der digitalen Medien

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

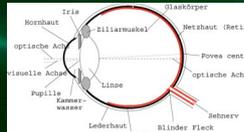
- **Grafiikkodierung und -komprimierung**
 - Raster- und Vektorgrafik
 - Farbe und Farbmodelle
 - GIF und PNG
 - Visuelle Wahrnehmung des Menschen
 - **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

60

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**
 - **Verarbeitung der Sinneswahrnehmung im Gehirn**
 - Joint Photographic Experts Group
 - **verlustbehaftete** Komprimierung
 - sehr gut geeignet für **natürliche Bildquellen**
 - Komprimierung bis **1:20** bei kaum nennenswerten Verlust der Darstellungsqualität
 - Ausnutzung der Physiologie der **menschlichen Wahrnehmung**
 - **menschliches Auge reagiert auf Änderungen der Helligkeit empfindlicher als auf Farbänderungen**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

61

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**
 - **Natürliche Bildquellen**
 - häufig Farb- / Helligkeitsverläufe
 - häufig keine starken Kontrastchwankungen



Helligkeit benachbarte Bildpunkte unterscheidet sich kaum

Idee:

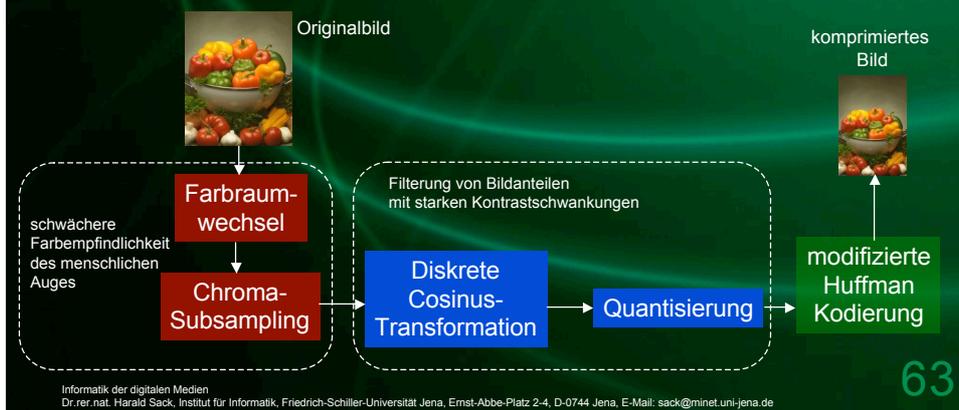
Das Herausfiltern von Bildanteilen mit starken Kontrastchwankungen fällt bei den meisten „natürlichen“ Bildern nicht auf

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

62

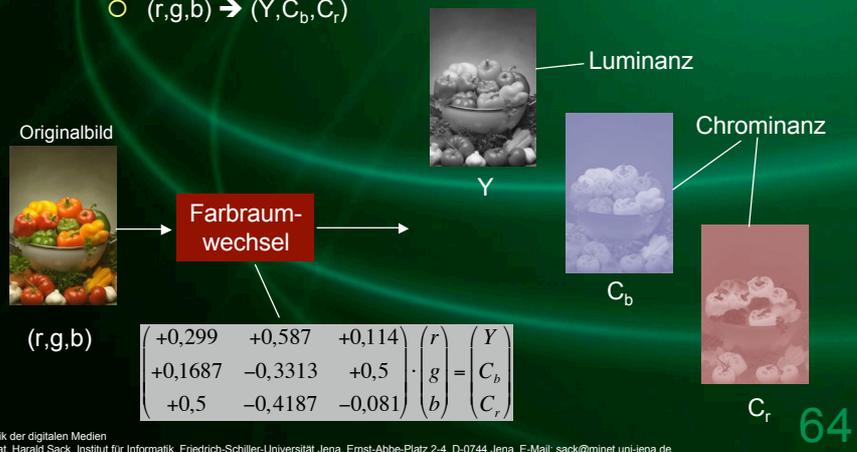
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung - Ablauf



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung – Farbraumwechsel
 - $(r, g, b) \rightarrow (Y, C_b, C_r)$

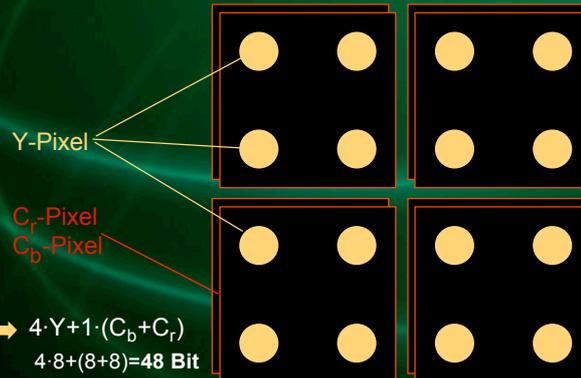


Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**

- **JPEG-Komprimierung – Chroma-Subsampling**

- 4:2:0



Statt $4 \cdot (r, g, b) \rightarrow 4 \cdot Y + 1 \cdot (C_b + C_r)$
 $4 \cdot (8+8+8) = 96 \text{ Bit}$ $4 \cdot 8 + (8+8) = 48 \text{ Bit}$

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

65

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**

- **JPEG-Komprimierung – Chroma-Subsampling**

- Beispiel



4:2:0 Subsampling
285 KB

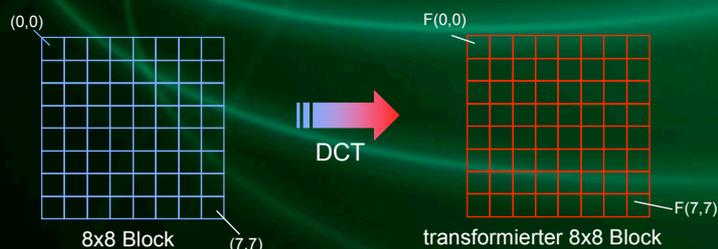
Original PNG
968 KB

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

66

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**
 - **JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)**
 - versetzt einzelne Helligkeitswerte von **Ortsraum** in **Frequenzraum**
 - Jede Komponente (Y, C_b, C_r) wird separat transformiert
 - Bild wird dazu in Blöcke 8x8-Pixel zerlegt

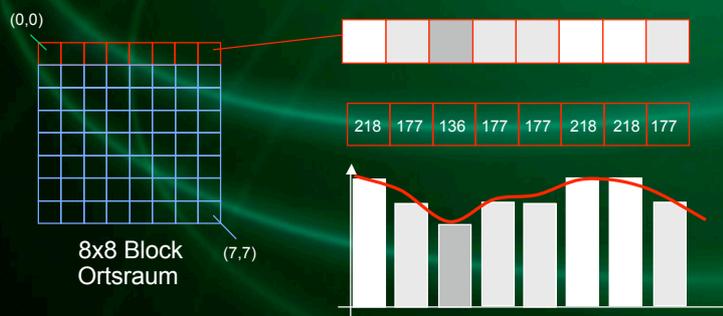


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

67

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**
 - **JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

68

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

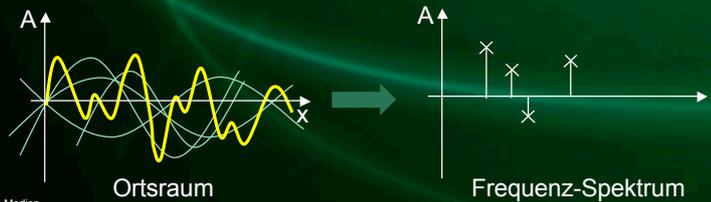
- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)
 - Prinzip der Fourier-Transformation

Jean-Baptiste Joseph Baron de Fourier (1768-1830):

Jede periodische Funktion lässt sich als Summe von Sinus- und Cosinus-Funktionen darstellen.



$$f(x) = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} (a_i \cos(ix) + b_i \sin(ix))$$

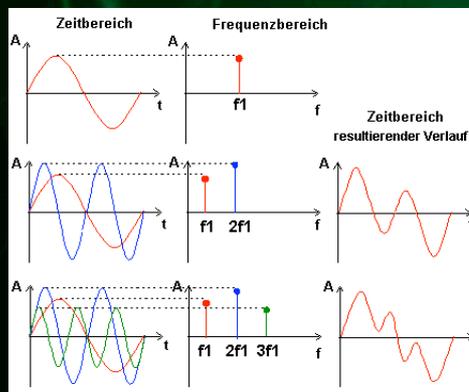


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

69

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)
 - Prinzip der Fourier-Transformation



• Jede periodische Schwingung kann als eine **Überlagerung von Sinusschwingungen** unterschiedlicher Amplituden und Frequenzen dargestellt werden

• Trägt man die Amplituden der beteiligten Schwingungen in Abhängigkeit der Frequenz auf, erhält man das **Frequenzspektrum**

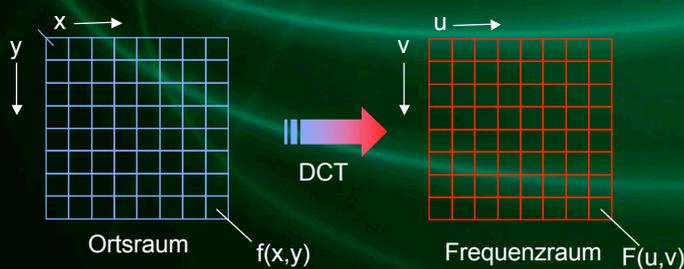
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

70

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \left[\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16} \right] \quad \text{mit} \quad C(z) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & , z = 0 \\ 1 & , \text{sonst} \end{cases}$$

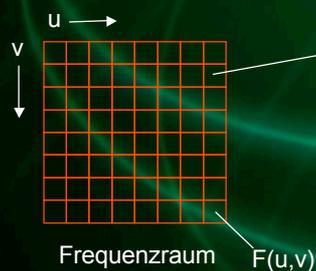


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

71

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)



- Jeder Punkt bezeichnet Anteil einer bestimmten Frequenz
- F(0,0) - niedrigste Frequenz
- F(7,7) - höchste Frequenz

Niedrige Frequenz = langsame Änderung
Hohe Frequenz = rasche Änderung

„natürliche“ Bilder besitzen viele kontinuierliche Farb-/Helligkeitsübergänge
d.h. Hauptanteil der Bildinformation liegt in den **niedrigen Frequenzen**

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

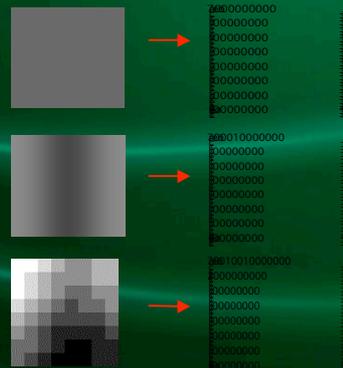
72

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

○ JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)

- große, regelmäßig gefärbte Flächen → **niedrige Frequenzanteile**
- feine Details, hohe Kontrastunterschiede → **hohe Frequenzanteile**
- **DC** (Direct Current) = $F(0,0)$ enthält Durchschnittswert der 8×8 -Matrix
- **AC** (Alternating Current) = $F(0,1) \dots F(7,7)$ speichern Veränderungen zum DC



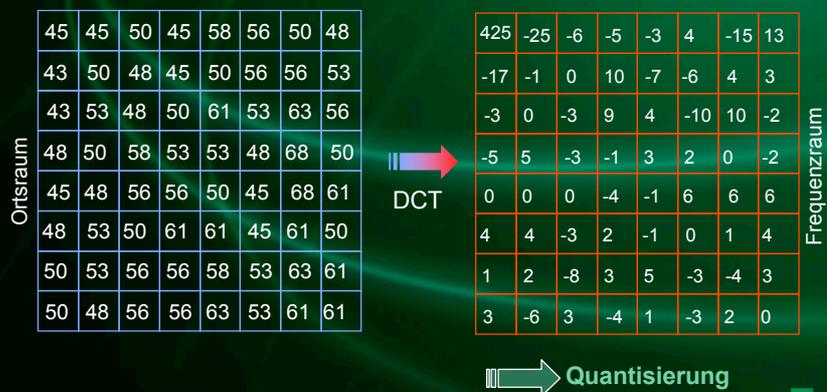
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

73

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

○ JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

74

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)

Niedrige Frequenzen bleiben erhalten

Quantisierungsmatrix = $Q(u,v)$

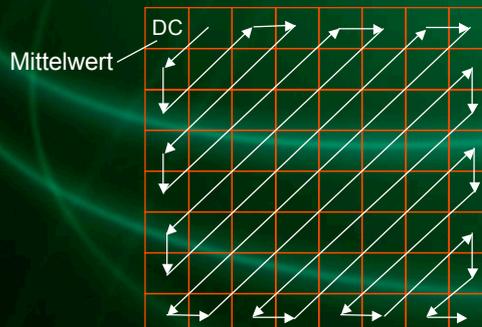
1	1	1	1	1	4	8	16
1	1	1	1	4	4	8	16
1	1	1	2	4	4	8	16
2	8	8	8	8	16	16	16
4	8	8	8	8	16	16	32
4	8	8	8	16	16	16	32
4	8	8	8	16	16	32	32
8	8	8	16	16	32	32	64

$$\left\lfloor \frac{F(u,v)}{Q(u,v)} + 0,5 \right\rfloor$$

Hohe Frequenzen werden entfernt

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung – Zig-Zag-Encoding



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

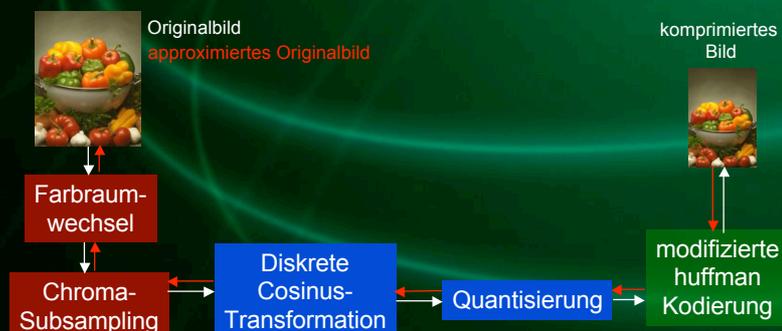
- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung – modifizierte Huffman-Kodierung

- Kodierung variabler Länge mit **fester Kodierungsvorschrift**
- Zusammenfassung von Null-Ketten mit Lauflängenkodierung (**RLE-Kodierung**)

Bits	Wertebereich
1	-1, +1
2	-3,-2, +2,+3
3	-7...-4, +4...7
4	-15...-8, 8...15
5	-31...-16, 16...31
6	-63...-32, 32...63
7	-127...-64, 64...127
8	-255...-128, 128...255
9	-511...-256, 256...511

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung
 - JPEG-Komprimierung – Dekodierung



Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**
 - **JPEG-Komprimierung – Bildqualität**



Original, 717 kB



JPEG, 43kB

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

79

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- **Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung**
 - **JPEG-Komprimierung – Bildqualität**



Original, 717 kB



JPEG, 27kB

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

80

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

- **Geht es noch besser?**
 - Höhere Qualität bei gleicher Komprimierung
 - Höhere Komprimierung bei gleicher Qualität



- verwendet statt **DCT** eine **Wavelet-Transformation**
- **Wavelets** sind keine periodischen Funktionen wie sinus/cosinus, sondern nur „kurze, ungleichmäßige Pulse“, die nach wenigen Schwingungen enden
- nicht-periodische Signale lassen sich mit Wavelets in besserer Qualität komprimieren (bis zu 100:1)

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

- **JPEG2000 Bildqualität**
 - Vergleich mit herkömmlicher JPEG Komprimierung



JPG (DCT)

JPG2000

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Raster- und Vektorgrafik
 - Farbe und Farbmodelle
 - GIF und PNG
 - Visuelle Wahrnehmung des Menschen
 - Verlustbehaftete JPEG-Komprimierung

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

○ Literatur



Ch. Meinel, H. Sack:
WWW-Kommunikation, Internetworking, Web-Technologien,
Springer, 2004.



P.A. Henning:
Taschenbuch Multimedia,
3. Aufl., Fachbuchverlag Leipzig, 2003.