



Informatik der digitalen Medien

Ergänzungs-Studienangebot der Mediendidaktik für
Lehramtstudenten
Dr. rer. nat. Harald Sack
Institut für Informatik
FSU Jena

Sommersemester 2004

<http://www.informatik.uni-jena.de/~sack/SS04/info-digitalemedien.htm>

Informatik der digitalen Medien

1 2 3 **05.05.2004 – Vorlesung Nr. 4** 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Informatik der digitalen Medien

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

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Grundbegriffe
 - Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - Farbräume und Farbmodelle
 - Menschliche Wahrnehmung
 - Grafikdatenformate
 - GIF und PNG
 - JPEG Komprimierung
 - JPEG 2000

Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de



Informatik der digitalen Medien

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

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Grundbegriffe
 - **Darstellung von Grafikdaten im Computer**
 - Farbräume und Farbmodelle
 - Menschliche Wahrnehmung
 - Grafikdatenformate
 - BMP, GIF und PNG
 - JPEG Komprimierung
 - JPEG 2000

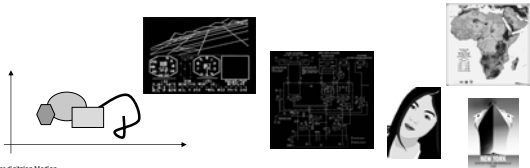
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe -
Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - Grundsätzlich unterscheidet man Grafikdaten nach der Art ihrer Darstellung in
 1. **Vektorgrafiken** und 
 2. **Bitmapgrafiken** 

Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe -
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

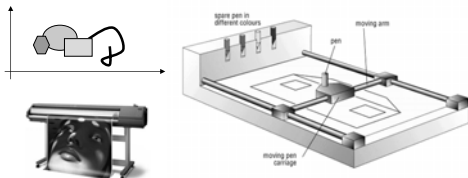
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe - Darstellung von Grafikdaten im Computer

1. Vektorgrafik

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



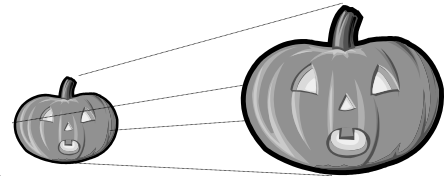
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe - Darstellung von Grafikdaten im Computer

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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe – Darstellung von Grafikdaten im Computer

2. Bitmapgrafik

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



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe – Darstellung von Grafikdaten im Computer

2. Bitmapgrafik

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



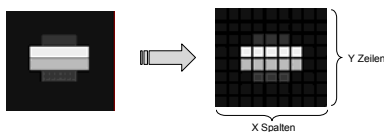
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe – Darstellung von Grafikdaten im Computer

2. Bitmapgrafik

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



- Speicherung der Bildinformationen ist formatabhängig

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe - Darstellung von Grafikdaten im Computer

○ 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

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe - Darstellung von Grafikdaten im Computer
- **Charakteristische Eigenschaften**
 - Farbtiefe



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe – Darstellung von Grafikdaten im Computer
- **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

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe – Darstellung von Grafikdaten im Computer
- **Charakteristische Eigenschaften**
 - Je höher die Dichte (Auflösung), desto detailreicher die Grafik
 - Je höher die Auflösung, desto größer die Speichermenge



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Informatik der digitalen Medien

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

- **Grafikkodierung und -komprimierung**
 - Grundbegriffe
 - Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - **Farbräume und Farbmodelle**
 - Menschliche Wahrnehmung
 - **Grafikdatenformate**
 - BMP, GIF und PNG
 - JPEG Komprimierung
 - JPEG 2000

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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



Marcus Marci
(1596 1687)



Isaac Newton
(1643 1727)



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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



Thomas Young
(1773 1829)



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
- **Farbenmodelle**
 - Um Farben korrekt (auf dem Computer) reproduzieren zu können dienen **mathematische Farbenmodelle**
 - Diese basieren auf unterschiedlichen Arten der Mischung von Anteilen der jeweiligen Grundfarben, deren Helligkeit und anderer Farbeigenschaften
 - Unterscheide:
 - **additive** Farbenmodelle
 - **subtraktive** Farbenmodelle
 - Farbenmodelle mit Variation von **Farbeigenschaften**
 - Farbenmodelle mit Trennung **Helligkeit** und **Farbdifferenz**



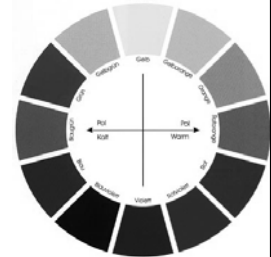
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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



Isaac Newton
(1643-1727)



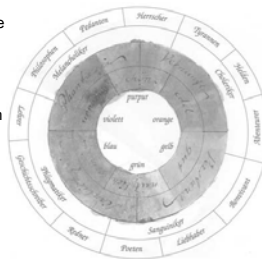
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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



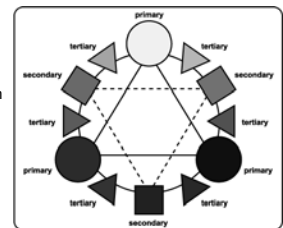
Johann Wolfgang v. Goethe
(1749 - 1832)



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

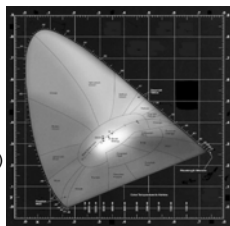
- Grundbegriffe
- **Farbenmodelle**
 - Farben werden eingeteilt in
 - **Primärfarben**
 - Sekundärfarben
 - Tertiärfarben
 - entsprechend dem Mischungsgrad der beteiligten Grundfarben



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
- **Farbenmodelle**
 - 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

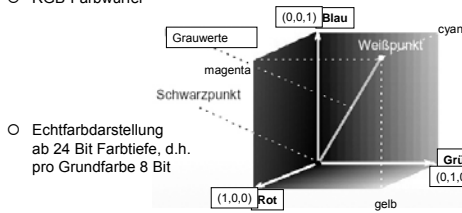
- Grundbegriffe
- **RGB-Farbmmodell**
 - additive Farbmischung
 - Mischung **selbstleuchtender** Grundfarben
 - **Rot** (700nm)
 - **Grün** (546,1nm)
 - **Blau** (435,8nm)
 - Farbe wird als **Tripel (r,g,b)** aus den jeweiligen Farbanteilen angegeben
 - z.B. **gelb** = **(255,255,0)**
 - rot
 - grün
 - blau



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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

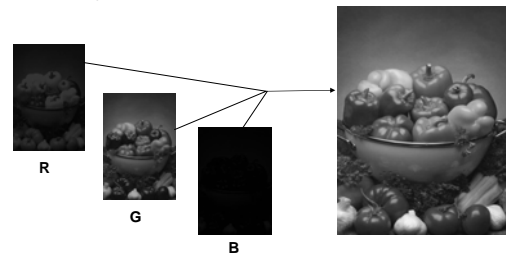


- Echtfarbdarstellung ab 24 Bit Farbtiefe, d.h. pro Grundfarbe 8 Bit

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

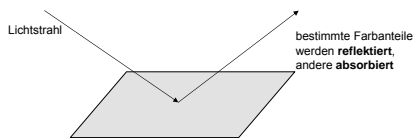
- Grundbegriffe
 - **RGB-Farbmodell**
 - Beispiel:



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

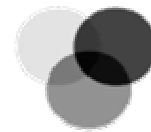
- Grundbegriffe
 - **CMY(K)-Farbmodell**
 - subtraktive Farbmischung
 - Farbe entsteht durch **Reflektion/Absorption** an unterschiedlichen Oberflächen



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - **CMY(K)-Farbmodell**
 - subtraktive Farbmischung
 - Grundfarben können auch **subtraktiv gemischt** werden
 - Cyan
 - Magenta
 - Yellow
 - **Druckprinzip:** Farbpigmente der Grundfarben werden auf weiße Oberfläche aufgetragen



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

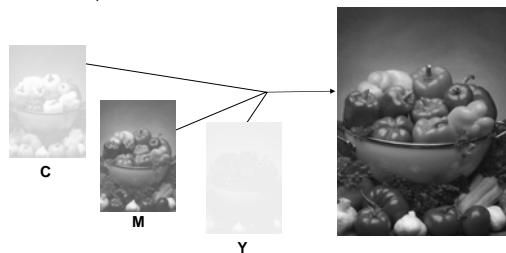
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - **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)**

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

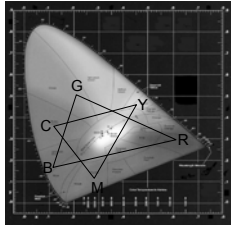
- Grundbegriffe
 - **CMY(K)-Farbmodell**
 - Beispiel:



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de


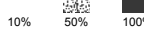

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - Probleme der Farbenarstellung
 - Ausgabegeräte des Computers verfügen über **unterschiedliche Farbräume**
 - Bildschirm: RGB
 - Drucker: CMY, CMYK
 - Konvertierung von einem Farbraum in den anderen oft problematisch



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

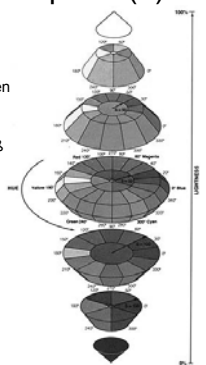
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - HSV-Farbmodell
 - Variiert Farbeigenschaften um neue Farben zu erzeugen
 - Eigenschaften:
 - **Farbton** (Hue) (rot, orange, blau, etc...)
 
 - **Sättigung** (Saturation)
 - Weißanteil im gewählten Farbton
 
 - **Intensität** (Value)
 - Eigenleuchtkraft (Selbstluminiszenz) eines Farbtons
 

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

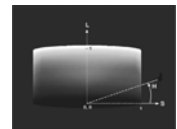
- Grundbegriffe
 - HSV-Farbmodell
 - ähnelt der Farbmischung beim Malen mit Ölfarben
 - Abstufungen von reinen Farbtönen werden durch Zumischung von weiß oder schwarz erzielt



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - HSV-Farbmodell
 - 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

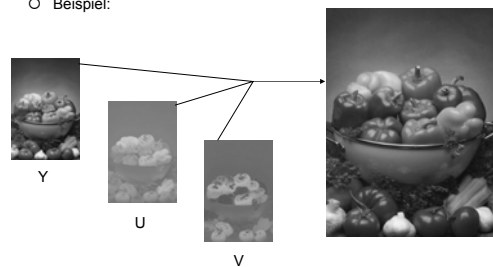
Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - YUV-Farbmodell
 - Zerlegung der Farben in
 - **Helligkeitsanteil** (Luminanz) – Y-Komponente
 - **Farbanteil** (Chrominanz) – U und V Komponente
 - Historisch in Verbindung mit dem Farbfernsehen 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - YUV-Farbmodell
 - Beispiel:



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Informatik der digitalen Medien

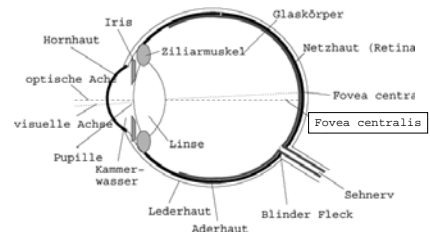
2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikkodierung und -komprimierung
- Grundbegriffe
 - Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - Farbräume und Farbmodelle
 - **Menschliche Wahrnehmung**
- Grafikdatenformate
 - GIF und PNG
 - JPEG Komprimierung
 - JPEG 2000

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

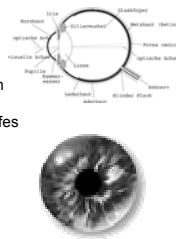
- Grundbegriffe
 - **Menschliche Wahrnehmung**



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

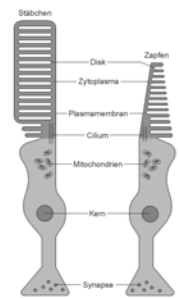
- Grundbegriffe
 - **Menschliche Wahrnehmung**
 - Licht fällt durch Pupille und Linse auf die **Netzhaut (Retina)**, die einfallende Lichtenergie in Nervenreize umsetzt
 - Pupille (Iris) = Blende
 - Brechungsverhalten der Linse durch Ziliarmuskulatur anpaßbar (Akkommodation), wodurch ein scharfes Bild auf der Netzhaut entsteht



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

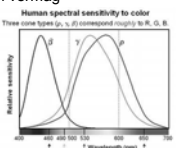
- Grundbegriffe
 - **Menschliche Wahrnehmung**
 - Netzhaut enthält zwei Typen von Lichtrezeptoren im menschlichen Auge:
 - **Zapfen**
Farb- und Helligkeitsempfindlich, verantwortlich für Farbsehen, im zentralen Retinabereich, ca. 6 Millionen
 - **Stäbchen**
Helligkeitsempfindlich auch bei geringer Beleuchtung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



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - **Menschliche Wahrnehmung**
 - Das vom Menschen wahrgenommene Spektrum reicht von 780 nm (rot) bis 390 nm (violett)
 - Entsprechend der Farbempfindlichkeit unterscheidet man drei Typen von Zapfen, die jeweils über unterschiedliches Sehsegment verfügen
 - Das menschliche Wahrnehmungssystem vermag bis zu 1000 Graustufen zu unterscheiden und gleichzeitig bis zu 7 Mio Farben



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grundbegriffe
 - **Menschliche Wahrnehmung**
 - 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Informatik der digitalen Medien

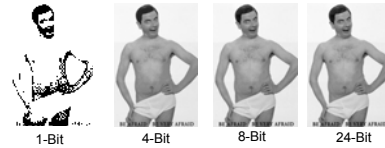
2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikkodierung und -komprimierung
- Grundbegriffe
 - Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - Farbräume und Farbmodelle
 - Menschliche Wahrnehmung
- Grafikdatenformate
 - **BMP, GIF und PNG**
 - JPEG Komprimierung
 - JPEG 2000

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

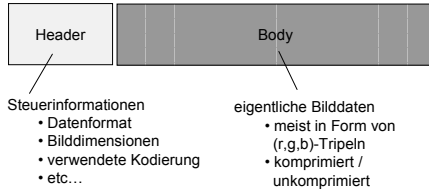
- Grafikdatenformate
 - **Bitmaps – BMP**
 - Einfachstes Rastergrafikdatenformat
 - Farbtiefe: 1- /4- /8- /24-Bit
 - Komprimierung: keine / RLE
 - Max. Größe: $2^{16} \times 2^{16}$ Pixel (65536 x 65536)



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

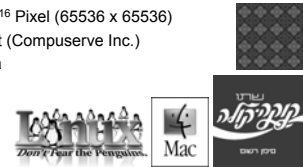
- Grafikdatenformate
 - **Bitmaps – BMP**
 - Dateiaufbau



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **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.)
 - GIF87a und GIF89a



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - **Transparenz:**
 - eine transparente Farbe kann festgelegt werden
 - Transparenz als Alpha-Kanal bezeichnet (Abschneiden: Transparenz sind möglich)
 - GIF erlaubt Transparenz
- Farbtiefe: bis zu 8-Bit
Alpha-Kanal: 1 Bit

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

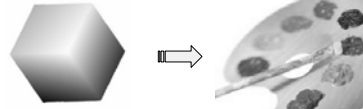
- Grafikdatenformate
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - **Animated GIF:**
 - Speicherung mehrerer Bilder in einem GIF-Datensatz möglich
 - Einzelbilder können als aufeinanderfolgende Bildsequenz dargestellt werden



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - **Farbpalette**
 - GIF ermöglicht die gleichzeitige Darstellung von 256 unterschiedlichen Farben (=2⁸, 8-Bit Farbtiefe)
 - Diese können aber aus 2²⁴ 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **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

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

Original, 24-Bit



8-Bit, no-dithering, adaptiv



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

Original, 24-Bit



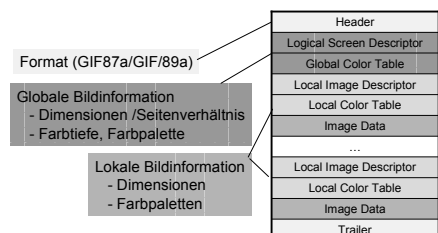
8-Bit, dithering, adaptiv



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **Graphic Interchange Format - GIF**
 - Dateiformat



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **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**
 - Korrektur an verschiedene Ausdrucks- und Darstellungsmöglichkeiten



Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Informatik der digitalen Medien

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

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Grundbegriffe
 - Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - Farbräume und Farbmodelle
 - Menschliche Wahrnehmung
 - Grafikdatenformate
 - BMP, GIF und PNG
 - **JPEG Komprimierung**
 - JPEG 2000

Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **JPEG-Komprimierung**
 - Joint Photographic Experts Group
 - **Verlustbehaftete** Komprimierung
 - sehr gut geeignet für „natürliche“ Bildquellen



Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

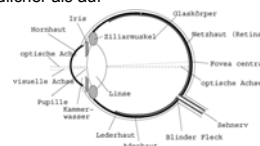
- Grafikdatenformate
 - **JPEG-Komprimierung**
 - Komprimierung bis **1:20** bei kaum nennenswerten Verlust der Darstellungsqualität



Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

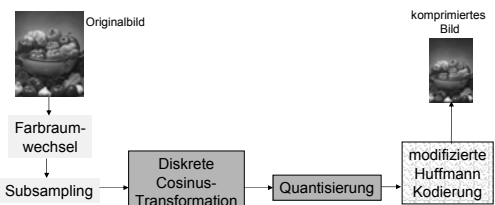
- Grafikdatenformate
 - **JPEG-Komprimierung**
 - Komprimierung bis **1:20** bei kaum nennenswerten Verlust der Darstellungsqualität
 - Ausnutzung der Physiologie der **menschlichen Wahrnehmung**
 - Das menschliche Auge reagiert auf Änderungen der Helligkeit empfindlicher als auf Farbänderungen



Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

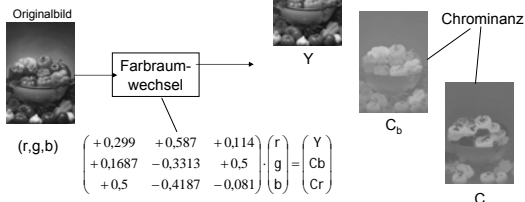
- Grafikdatenformate
 - **JPEG-Komprimierung**
 - Ablauf



Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

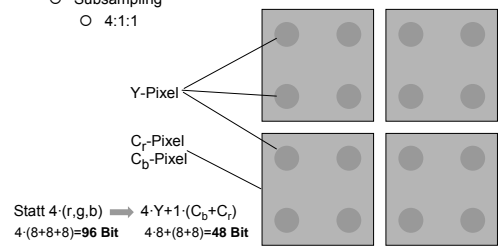
- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - Farbraumwechsel
 - $(r,g,b) \rightarrow (Y,C_b,C_r)$



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

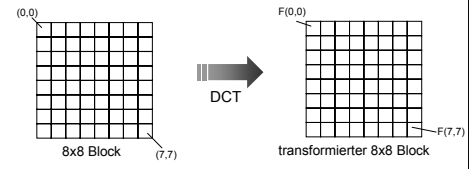
- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - Subsampling
 - 4:1:1



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

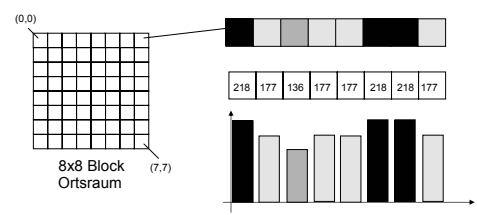
- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)
 - versetzt einzelne Helligkeitswerte von Ortsraum in Frequenzraum
 - Jede Komponente (Y,C_b,C_r) wird separat transformiert
 - Bild wird dazu in Blöcke 8x8-Pixel zerlegt



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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



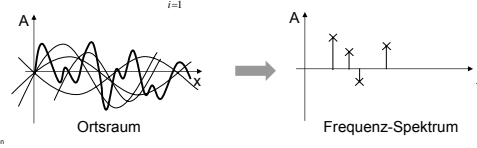
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - 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.

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

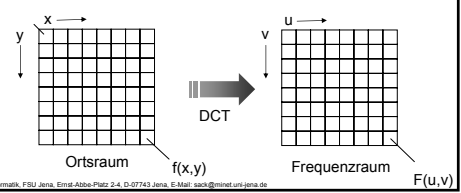


Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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

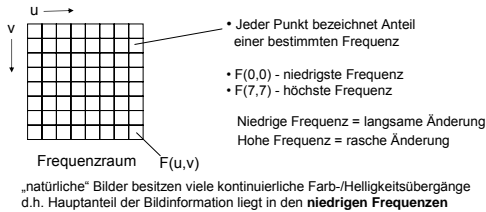
$$F(u,v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{7} \sum_{y=0}^{7} f(x,y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16} \text{ mit } C(z) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & , z = 0 \\ 1 & , \text{sonst} \end{cases}$$



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

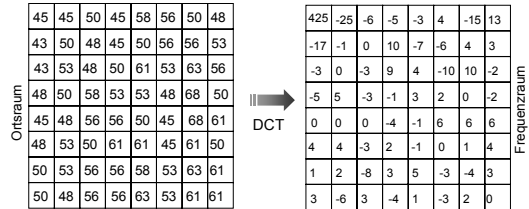
- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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

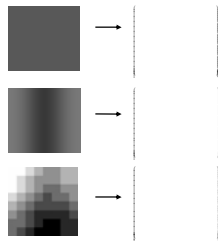


Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

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

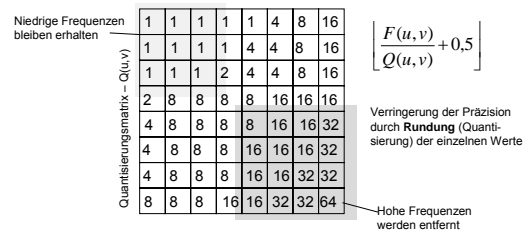
- große, regelmäßig gefärbte Flächen → niedrige Frequenzanteile
- feine Details, hohe Kontrastunterschiede → hohe Frequenzanteile
- **DC** (Direct Current) = $F(0,0)$ enthält Durchschnittswert der 8x8-Matrix
- **AC** (Alternating Current) = $F(0,1) \dots F(7,7)$ speichern Veränderungen zum DC



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

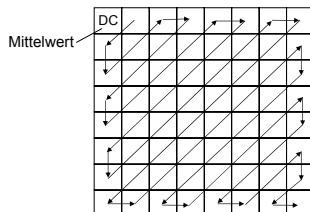
- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - Quantisierung



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - Zig-Zag Encoding



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - JPEG-Komprimierung
 - Modifizierte Huffman-Kodierung

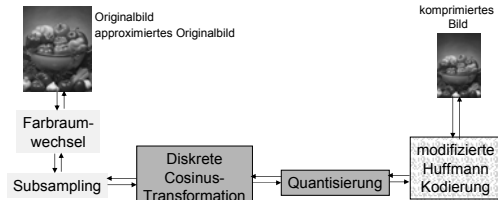
- Kodierung variabler Länge mit **fester Kodierungsvorschrift**
- Zusammenfassung von Null-Ketten mit **RLE-Kodierung**

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

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

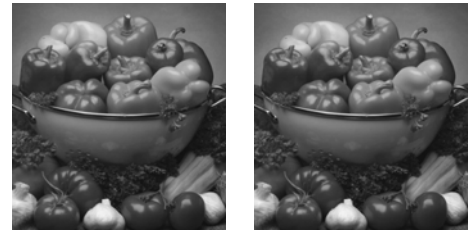
- Grafikdatenformate
 - **JPEG-Komprimierung**
 - Kodierung / Dekodierung



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

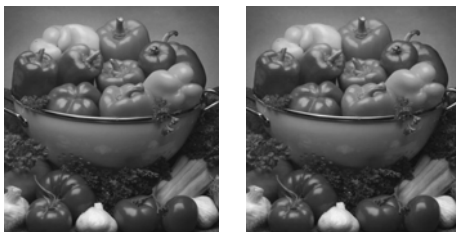
- Grafikdatenformate
 - **JPEG - Bildqualität**



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

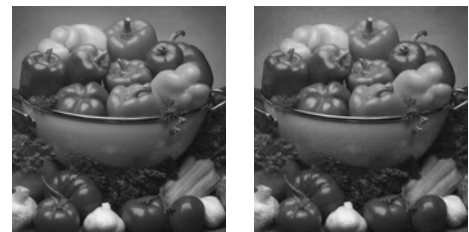
- Grafikdatenformate
 - **JPEG - Bildqualität**



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **JPEG - Bildqualität**



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Informatik der digitalen Medien

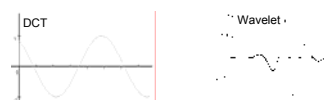
2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikkodierung und -komprimierung
 - Grundbegriffe
 - Darstellung von Grafikdaten im Computer
 - Farbräume und Farbmodelle
 - Menschliche Wahrnehmung
 - Grafikdatenformate
 - BMP, GIF und PNG
 - JPEG Komprimierung
 - **JPEG 2000**

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **JPEG2000**
 - 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 (Bilder/Musik) lassen sich mit Wavelets in besserer Qualität komprimieren (bis zu 100:1)



Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2.4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **JPEG2000**
 - durchschnittlich um 30% **bessere Kompressionsraten als JPEG**
 - Berechnungskomplexität der Wavelets-Kompression rund zehn Mal höher als DCT
 - ermöglicht progressiven Bildaufbau
 - geringere Datenmenge, bei gleicher Qualität zu JPEG
 - verbesserte Integration von Metadaten
 - 256 Informationskanäle für Bildbeschreibung
 - komplexe Farbräume integrierbar
 - "level-of-interest"-Zugriff

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **JPEG2000 – Bildqualität** (Komprimierung 1:35)



JPG (DCT)

JPG2000

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (3)

- Grafikdatenformate
 - **JPEG2000 – Bildqualität** (Komprimierung 1:50)



JPG (DCT)

JPG2000

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Informatik der digitalen Medien

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.

Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de