

## 6. Licht, Farbe und Bilder

- 6.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 6.2 Farbmodelle
- 6.3 Raster-Bilddatenformate
  - Grundbegriffe für Bildspeicherung und -Bearbeitung
  - Bitmap-Formate
  - Verlustfrei komprimierende Formate
- 6.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 6.5 Weiterentwicklungen bei der Bildkompression

Literatur:

Quelle für Informationen zu diversen Dateiformaten: <http://www.wotsit.org>

John Miano: Compressed Image File Formats, Addison-Wesley 1999

## Bildgröße und Auflösung

- *Pixel (picture element)*: Kleinste Einheit eines Bildes, Bild„punkt“
  - Die tatsächliche Größe eines Pixels hängt vom Ausgabegerät ab.
  - Seitenverhältnis (*pixel aspect ratio*) muss nicht 1 sein
- Bildgröße für Bildschirmdarstellung in Pixel
  - Beispiel: Bild der Größe 131 x 148 Pixel
- *Auflösung*: Anzahl der Pixel, die auf einer bestimmten Strecke zur Verfügung stehen
  - Angabe in *ppi (pixel per inch)*, Standardwert 72 ppi (d.h. 1 Pixel = 1 Pica-Punkt)
- Zusammenhang Abmessungen / Auflösung / Pixelgröße:
  - Breite [px] = Breite [in] \* Auflösung [ppi]
- *Skalierung*: Konversion des Bildes auf andere Auflösung (*resampling*)
  - Abwärtsskalierung, „Herunterrechnen“: Bildung von Mittelwerten
  - Aufwärtsskalierung, „Hochrechnen“:
    - » Nur eingeschränkt automatisch möglich
    - » Diverse Interpolationsalgorithmen (z.B. "Bi-kubische Interpolation")







## Farbtiefen und Farbkanäle

- *Farbtiefe (color resolution)*: Anzahl der Farben, die pro Pixel gespeichert werden können
  - Typische Werte:
    - » 2 Farben (1 bit) = schwarz-weiss
    - » 16 Farben (4 bit)
    - » 256 Farben (8 bit)
    - » 16,7 Millionen Farben (24 bit)
  - „True Color“:
    - » 24 bit Farbtiefe
    - » 1 Byte je Grundfarbe (R, G, B)
- *Farbkanal*: Teil der gespeicherten Information, der sich auf eine der Primärkomponenten des gewählten Farbmodells bezieht
  - Bei Rohdaten meist: Rot, Grün und Blau (RGB-Modell)
  - bei Druckvorbereitung auch CMY bzw CMYK („Vierfarbdruck“)

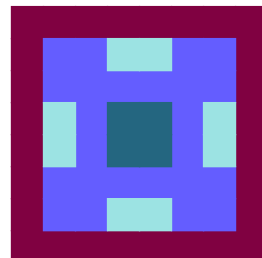
## Farbpaletten und indizierte Farben

- *Farbpalette*: Die Menge der in einem konkreten Bild tatsächlich enthaltenen Farben
  - Teilmenge der insgesamt möglichen Farben
- *Indizierte Speicherung*:
  - Farbpalette (Tabelle) enthält die im Bild vorkommenden Farben
  - Pro Pixel wird nur der Index in die Palettentabelle gespeichert

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

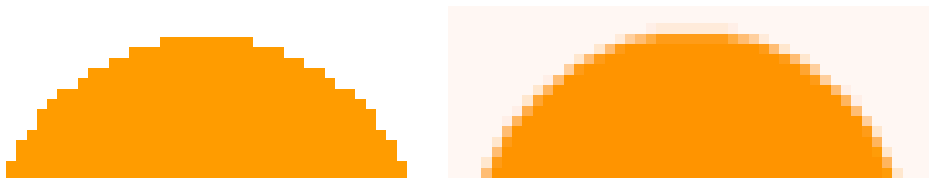
	R	G	B	
0	35	101	128	
1	128	0	64	
2	99	92	254	
3	156	227	227	

Speicherplatz:  
 $8 \times 8 \times 2 \text{ bit} +$   
 $4 \times 3 \times 8 \text{ bit} + 4 \times 2 \text{ bit} =$   
 232 bit  
 (statt 1536 bit)



## Anti-Aliasing

- Durch unzureichende Abtastrate können ungewünschte sichtbare Erscheinungen entstehen.
  - z.B. Treppeneffekte, verschwundene Öffnungen
- Anti-Aliasing-Technik für Farbübergänge und Kanten:
  - Bild einer höheren Auflösung wird künstlich erzeugt
  - Jedes neue (kleine) Pixel wird mit einer Mischfarbe nach Anteil an den beiden beteiligten Flächen belegt
  - Effekt: Kantenglättung
  - Problem: Finden der Objekte bei Bild-Nachbearbeitung (z.B. Objektmarkierung mit „Zauberstab“)



Ludwig-Maximilians-Universität München

Prof. Hußmann

Digitale Medien – 5 - 35

## Dithering

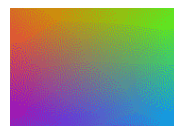
- Farbverläufe sind bei Reduzierung auf wenige Palettenfarben schlecht darstellbar
- Dithering: Darstellung von Verläufen durch Punktmuster höherer Auflösung, wobei die einzelnen Punkte Farben aus der verkleinerten Palette haben
  - Bekanntester Algorithmus: Floyd-Steinberg
  - Wird oft auch von Anzeigeprogrammen (z.B. Browsern) durchgeführt



16,7 Mio Farben

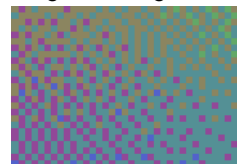


16 Indexfarben  
ohne Dithering



16 Indexfarben  
mit Dithering

Ausschnitt-  
vergrößerung:



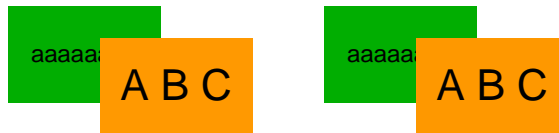
Ludwig-Maximilians-Universität München

Prof. Hußmann

Digitale Medien – 5 - 36

## Transparenz: Alphakanal

- Bilder bestehen oft aus verschiedenen Elementen, die sich überlagern
  - z.B. Hintergrund, Vordergrund
- Zum Überlagern müssen oft Objekte „transparent“ (durchscheinend) werden
- *Alphakanal*: Zusätzliche Information zu einem Bild, die den Grad der Transparenz angibt
  - Sinnvoll vor allem bei der Zusammensetzung eines Bildes aus verschiedenen Ebenen (*layers*)
  - Häufig verwendet in Bildbearbeitungsprogrammen
  - Technisch: Zusätzliche Information pro Pixel („RGBA-Farbmodell“)



## Gamma-Korrektur



- Jedes Ausgabegerät zeigt Farben geringfügig anders an
  - Phosphortypen bei Monitoren
  - Grafik-Subsysteme verschiedener Betriebssysteme (z.B. Macintosh vs. Windows)
- *Gammawert*: beschreibt das Verhältnis zwischen den gespeicherten und auf dem aktuellen Anzeigegerät angezeigten Farben
  - im Wesentlichen Änderung der Helligkeit
- *Gammakorrektur*: Anpassung der angezeigten Farben an die beabsichtigten Farben
  - Bei der Anzeige auf einem bestimmten Monitor (ohne Monitoreinstellungen zu verändern)
  - Bei der Anzeige von Dateien aus „fremden“ Plattformen, deren Gammawert bekannt ist
- Gammakorrektur wird realisiert in:
  - Bildbearbeitungsprogrammen
  - Anzeigeprogrammen für bestimmte Dateiformate (z.B. PNG)

# Klassifikation von Bild-Dateiformaten

- Vektorgrafik
  - Enthält *keine* Rasterdaten, sondern Beschreibung von Einzelobjekten
  - Beispiele: SVG (Scalable Vector Graphics) und div. proprietäre Formate
- Bitmap
  - Speicherung der Rasterdaten eines Bildes
  - Einfache verlustfreie Kompression
  - Beispiele: BMP, TIFF
- „Meta-Files“
  - Kombination von Vektorgrafik und Rasterdaten
  - Beispiele: WMF (Windows Meta File), Macintosh PICT
- Erweiterte Bitmap-Formate
  - Bessere Kompression, zusätzliche Funktionalität (z.B. Animation)
  - Beispiele: GIF, PNG
- Stark komprimierende Formate
  - (Auch) verlustbehaftete Kompression
  - Beispiel: JPEG

Hinweis:  
Mehr Informationen  
Zu SVG/Vektorgrafik  
später in der Vorlesung

## 6. Licht, Farbe und Bilder

- 6.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 6.2 Farbmodelle
- 6.3 Raster-Bilddatenformate 
  - Grundbegriffe für Bildspeicherung und -Bearbeitung
  - Bitmap-Formate 
  - Verlustfrei komprimierende Formate
- 6.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 6.5 Weiterentwicklungen bei der Bildkompression

Literatur:

Quelle für Informationen zu diversen Dateiformaten: <http://www.wotsit.org>



## Windows BMP-Format

- Standardformat aus Microsoft DOS und Windows
- Rasterformat mit zulässigen Farbtiefen 1, 4, 8 und 24 bit
- Verwendet eine Farbpalette (*color table*) (bei niedrigeren Farbtiefen als 24 bit)
- Besteht aus:
  - Kopfinformation
  - Farbtabelle
  - Daten
- Datenablage zeilenweise
- 4- und 8-bit-Variante unterstützen Lauflängen-Kompression:
  - RLE4 und RLE8
  - Zwei Bytes (RLE8) bzw. Halbbytes (RLE4) als Einheit:
    - » Erstes Byte: Anzahl der beschriebenen Pixel
    - » Zweites Byte: Index in Farbtabelle für diese Pixel
- Spezielle Variante mit Alphakanal: „BMP4“

## Tagged Image File Format TIFF

- Entwickelt ca. 1980 von Aldus (Firma Aldus inzwischen von Adobe übernommen)
  - Portabilität, Hardwareunabhängigkeit, Flexibilität
- Unterstützt ca. 80 verschiedene Varianten zur Datenspeicherung und deren Kombination
  - z.B. schwach aufgelöstes „Preview“-Bild und hochaufgelöstes Bild
  - Farbmodell explizit angegeben
- Kann Metainformation (z.B. über Ursprungshardware) speichern
- Grundstruktur:
  - Header
  - Liste von *Image File Directories*
    - » Image File Directory: Liste von Tags (jeweils pro Tag: Typ, Datentyp, Länge, Zeiger auf Daten)
  - Datenbereich

## 6. Licht, Farbe und Bilder

- 6.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 6.2 Farbmodelle
- 6.3 Raster-Bilddatenformate 
  - Grundbegriffe für Bildspeicherung und -Bearbeitung
  - Bitmap-Formate
  - Verlustfrei komprimierende Formate 
- 6.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 6.5 Weiterentwicklungen bei der Bildkompression

Literatur:

John Miano: Compressed Image File Formats, Addison-Wesley 1999

## GIF-Format: Allgemeines

- GIF = Graphics Interchange Format
  - eingeführt von CompuServe 1987 („GIF87a“)
  - Heute verwendete Version von 1989 („GIF89a“) mit kleinen Modifikationen
- Verlustfreie Kompression (mit LZW)
- Kleiner Farbumfang (max. 256 Farben in einem Bild)
- Flexible Anzeigeeoptionen (z.B. *interlaced* und Animation)
- Optimal für kleinere Grafiken und Gestaltungselemente
- Wenig geeignet für hoch auflösende Bilder (z.B. Fotos)
- Patent-Streit:
  - Unisys hat Patent auf den verwendeten LZW-Algorithmus
  - 1999: Ankündigung von Lizenzforderungen für GIF-Grafiken
  - Initiativen zum Ersatz von GIF (z.B. durch PNG)
- Im folgenden: Weit gehend komplette Darstellung des Formats (als typisches Beispiel)
  - Abgrenzungszeichen, Blocklängenfelder etc. hier nicht beschrieben

## BNF-Grammatik für das GIF-Format

```
<GIF Data Stream> ::= Header <Logical Screen> <Data>* Trailer
<Logical Screen> ::= Logical Screen Descriptor [Global Color Table]
<Data> ::=
    <Graphic Block> |
    <Special-Purpose Block>

<Graphic Block> ::=
    [Graphic Control Extension] <Graphic-Rendering Block>
<Graphic-Rendering Block> ::=
    <Table-Based Image> |
    Plain Text Extension

<Table-Based Image> ::=
    Image Descriptor [Local Color Table] Image Data
<Special-Purpose Block> ::=
    Application Extension |
    Comment Extension
```



## Global Color Table in GIF

- Eine GIF-Datei kann mehrere Bilder enthalten.
- Farbtabelle (Paletten)
  - entweder global für alle enthaltenen Bilder (Global Color Table)
  - oder lokal je Bild
- Lokale Farbtabelle hat Vorrang vor globaler Tabelle
- Hintergrundfarbe für Gesamtdarstellung möglich, wenn globale Farbtabelle existiert
- Sortierung der globalen Farbtabelle:
  - Reihenfolge der Farben in globaler Farbtabelle nach Häufigkeit sortiert



## GIF-Elemente im Detail (1)

- Header:
  - Signatur „GIF“
  - Version (87a oder 89a)
- Logical Screen Descriptor:
  - Breite und Höhe des „logischen Bildschirms“ in Pixel
  - Global Color Table Flag (ist eine solche Tabelle vorhanden?)
  - Color Resolution (Welche Auflösung hatte das Ursprungsbild?)
  - Sort Flag (Ist die globale Farbtabelle sortiert?)
  - Size of Global Color Table  $s$  (maximale Anzahl im Bild benutzter Farben)
  - Background Color Index (Hintergrundfarbe - Index in die globale Farbtabelle)
  - Pixel Aspect Ratio (Seitenverhältnis der Pixel)
- Global Color Table (optional)
  - $3 * 2^{s+1}$  Bytes, jeweils Rot-, Grün- und Blau-Wert

◀ Grammatik

## Transparenzfarbe in GIF

- In GIF (89) kann eine Farbe der Tabelle als „transparent“ gekennzeichnet werden.
  - Pixel dieser Farbe werden nicht angezeigt, statt dessen Hintergrund
  - Das ist keine echte Transparenz im Sinne eines Alphakanals!



## GIF-Elemente im Detail (2)

- Graphic Block:
  - entweder Bild (Table-Based Image) oder Textblock
  - Textblöcke in der Praxis kaum verwendet
- Graphic Control Extension (nur in GIF89):
  - Disposal Method (Was passiert nach abgeschlossener Anzeige?)
    - » Optionen: Keine Aktion, Hintergrundfarbe, früheres Bild
  - User Input Flag (Benutzereingaben erwartet? - kaum verwendet)
  - Transparency Flag (Wird eine Transparenzfarbe benutzt?)
  - Delay Time (Wartezeit bis nächstes Bild angezeigt wird)
  - Transparency Index (Index in Farbtabelle für Transparenzfarbe)

## Interlacing in GIF

- Ziel: Schnellere Reaktionszeit für Betrachter, z.B. bei Web-Grafik
- Bild wird schrittweise in Zeilen aufgebaut
  - 1. Durchlauf: Jede 8. Zeile beginnend in Zeile 0
  - 2. Durchlauf: Jede 8. Zeile beginnend in Zeile 4
  - 3. Durchlauf: Jede 4. Zeile beginnend in Zeile 2
  - 4. Durchlauf: Jede 2. Zeile beginnend in Zeile 1

## GIF-Elemente im Detail (3)

- Image Descriptor:
  - Image Top Position (Lage der linken oberen Ecke auf dem log. Bildschirm)
  - Image Width & Height (Breite und Höhe des Einzelbildes)
  - Local Color Table Flag (Gibt es eine lokale Farbtabelle?)
  - Interlace Flag (Wird Interlacing verwendet?)
  - Sort Flag (Ist die lokale Farbtabelle sortiert?)
- Local Color Table:
  - Analog zur Global Color Table
- Table Based Image Data
  - LZW Minimum Code Size: Startlänge der LZW-Codes
  - Image Data: Bilddaten, LZW-komprimiert, strukturiert in 255-Byte-Blöcke

## LZW-Algorithmus beim GIF-Format

- In den Datenbereich eingetragen werden
  - Indizes in die aktuelle Farbtabelle (Länge meist 8 bit) als Repräsentation von Einzel-Pixeln
  - Weitere Indizes (Länge zwischen Pixel-Indizes+1 und 12 bit) als Repräsentation von Pixelfolgen (zeilenweise)
- Startbelegung der LZW-Code-Tabelle
  - ist implizit mit der Farbtabelle gegeben
- Rücksetzen der LZW-Codierung
  - Spezieller Reset-Code (*clear code*) erlaubt völligen Neustart der Codierung
  - Im Prinzip an jeder Stelle möglich, v.a. am Beginn eines neuen Bildes
- Packen von Bitcodes in Bytes
  - Codes werden in Bytes (8-bit-Worte) gepackt
  - Platzersparnis gegenüber 1 Byte (oder mehr) je Codewert

## Animated GIF

- GIF-Datei mit mehreren Bildern als einfacher „Film“
  - Bilder enthalten verschiedene Stadien der Animation
  - Anzeigeprogramm zeigt zyklisch die verschiedenen Bilder an, mit definierter Wartezeit dazwischen
- Praktische Bedeutung:
  - Eine der einfachsten Formen, Besucher von Web-Seiten vom eigentlichen Inhalt abzulenken ...
  - Heutzutage sehr schwach im Vergleich zu Animationstechniken wie Macromedia Flash (sh. später)
  - Dennoch: Einfach handzuhaben und plattformübergreifend stabil implementiert



## Special Purpose Blocks in GIF

- Application Extension
  - Möglichkeit für Hersteller, nach Registrierung bei CompuServe spezielle Informationen zur Aktivierung von Programmfeatures zu hinterlegen
  - Weit verbreitet:
    - » Netscape 2.0 Loop Extension
    - » Realisiert Animation von GIFs
- Comment Extension
  - Möglichkeit zur Ablage von nicht angezeigter Metainformation
  - z.B. Autor, Copyright, Kontakt

# Portable Network Graphics PNG („Ping“)

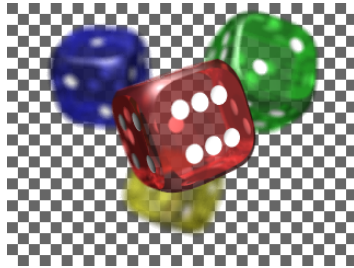
- Geschichte:
  - Ausgelöst durch CompuServe's Ankündigung, auf das GIF-Format Lizenzgebühren zu erheben (1994)
  - Arbeitsgruppe beim W3C für PNG, standardisiert 1996
  - PNG ist offen und lizenzfrei
- Ziel:
  - Besserer Ersatz für GIF, teilweise auch Ersatz für JPEG
  - Mäßige praktische Verbreitung
- Farbtiefen:
  - 24 oder 48 bit „TrueColor“, 8 oder 16 bit Graustufen, Paletten bis 256 Farben (optional)
- Hauptvorteile:
  - Völlig verlustfrei ("Deflate"-Algorithmus: Lempel-Ziv- + Huffman-Kompression)
  - Echter Alpha-Kanal
  - Gamma-Korrektur (Gamma-Wert der Quellplattform speicherbar)
  - Verbessertes Interlacing (7-Pass-Algorithmus „Adam7“)
  - Bessere Kompression (Kompressionsfilter)
  - Integritätstest für Dateien (*magic signature*, CRC-32)

## PNG: Beispiel



## Echter Alpha-Kanal in PNG

- Alpha-Werte pro Pixel gespeichert
  - 4 Bytes pro Pixel: „RGBA“-Farbmodell
  - Ermöglicht elegante Schatten und Übergänge zwischen Grafik und Hintergrund
- Vermeidet Wechselwirkungen zwischen Anti-Aliasing und Transparenzfarbe
  - Bei „binärer Transparenz“ wie in GIF oft „weißer Rand“ um transparente Grafiken aufgrund von Anti-Aliasing (erzeugt nicht-transparente Farben)



## Kompressionsverbesserung durch Filter in PNG

- Beispiel:
  - Wertfolge 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ...
  - Komprimiert extrem schlecht mit LZ-artigen Algorithmen
- Filter (Prädiktion):
  - Ersetze alle Zahlen (außer der ersten) durch die Differenz zur vorhergehenden
  - Wertfolge: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, ...
  - Komprimiert exzellent! (viele Wiederholungen)
- Filter in PNG:
  - Sub: Differenz zum linksstehenden Byte
  - Up: Differenz zum darüberstehenden Byte
  - Average: Differenz zum Durchschnitt der Sub- und Up-Bytes
  - Paeth: Differenz zum *Paeth-Prediktor*
    - » Benutzt linksstehendes, darüberstehendes und "links oben" stehendes Byte
  - Heuristiken zur Wahl des passenden Filters

## Welches Format wofür?

- Für Web-Grafiken (klein, geringe Farbanzahl)
  - GIF oder PNG
- Für Bilderzeugung mit Scanner oder Austausch über diverse Geräte hinweg:
  - TIFF
- Für hochauflösende Bilder mit vielen Farben (Fotos)
  - JPEG (wegen wesentlich besserer Kompression)
  - Bei grossen einheitlichen Farbflächen evtl. auch PNG (beste Qualität)