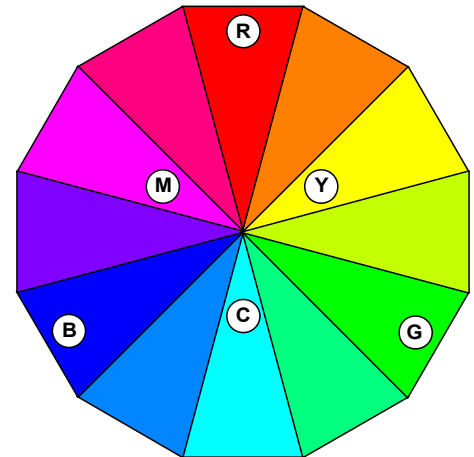


Farbmodelle.

Im bisherigen Beispiel wurde von einem Schwarz-Weiß Bild ausgegangen. Bei mehr als 2 Farben im Bild genügt nicht mehr 1 Bit pro Bildpunkt. Es müssen mehr sein! Bei der Beschreibung eines Pixels muß also dessen Farbwert festgelegt werden. Bei farbigen Bildern wird ein **Farbmodell** zugrunde gelegt. Zwei oft verwendete Farbmodelle sind das **RGB Modell** und das **CMY Modell** bzw. **CMYK Modell**. Aus den Grundfarben (**Primärfarben**) des jeweiligen Modells läßt sich jede andere Farbe (**Sekundärfarbe**) mischen. Beim **RGB Farbmodell** geschieht die Mischung der Sekundärfarben über den RGB Wert der drei Grundfarben **R**ot, **G**rün und **B**lau, beim **CMY Farbmodell** werden die Sekundärfarben aus den CMY Wert der drei Grundfarben **C**yan = Türkis, **M**agenta = Purpur und **Y**ellow = Gelb.



Farbmodelle und Mischfarben.

Man spricht von einer **additiven Farbmischung**, wenn weißes Licht **Filter durchläuft** oder **von farbigen Lichtquellen (LED) ausgeht und aufeinander projiziert** (Scheinwerfer im dunklen Raum) **wird**, bzw. Augen separate Farbpunkte nicht mehr auflösen können. Schwarz wird dadurch erzeugt, daß keiner der drei Scheinwerfer leuchtet. Weiß entsteht durch gleiche und maximale Intensität, während Grautöne durch gleiche aber nicht maximale Intensität der drei Scheinwerfer erzeugt wird. Additive Farbmischung nach dem **RGB Modell** wird angewendet bei Bildschirmen (LCD/TFT Monitore, Röhrenmonitore, TV), Beamer oder allgemein wenn die Farben nicht durch Absorption entstehen.

Farbe	RGB Farbmodell			CMY Farbmodell		
	R	G	B	C	M	Y
	100%	0%	0%	0%	100%	100%
	100%	100%	0%	0%	0%	100%
	0%	100%	0%	100%	0%	100%
	0%	100%	100%	100%	0%	0%
	0%	0%	100%	100%	100%	0%
	100%	0%	100%	0%	100%	0,00%

Anteile der Grundfarben beim RGB- und CMY-Modell.

Im Falle der **subtraktiven Farbmischung** werden die Sekundärfarben analog wie bei einem Tuschkasten gemischt. Farbpigmente entziehen weißem Licht (z. Bsp. Sonne) durch Absorption einen definierten Spektralbereich, sodaß die **Reflektion durch Absorption farbig** erscheint. Weiß wird dadurch erzeugt, daß auf das Papier überhaupt keine Farbe aufgetragen wird, Schwarz theoretisch(!) durch unverdünntes Auftragen aller drei Grundfarben. Die subtraktive Farbmischung nach dem **CMY Modell** findet Anwendung im Druckbereich, zum Beispiel beim Buch- und Zeitschriftendruck, bei Laser- und Tintenstrahldruckern oder allgemein wenn die Farben nicht durch Lichtmischung entstehen.

In der Praxis verhalten sich Farbpigmente jedoch nicht ideal bezüglich ihrer Absorptionsbanden, weshalb die Mischung aller drei Farben zu gleichen Anteilen nicht schwarz ergeben. Deshalb wird in der Praxis bei Druckern als weitere vierte Farbe Schwarz verwendet, die auch neutralere Grautöne erzeugen kann, als eine Mischung der Primärfarben. Dann spricht man vom **CYMK Farbmodell (Key = Schwarz)**. Es befindet sich deshalb auch eine vierte Tonerkassette bzw. Tintenpatrone im Drucker. Bei hochwertigen Tintenstrahldruckern können zu den 4 Farbpatronen weitere kommen, um Pastellfarben besser darstellen zu können.

Farbe	RGB Modell Monitor (Additive Mischung)			CMYK Modell Drucker (Subtraktive Mischung)			
	R	G	B	C	M	Y	K
	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%
	70%	70%	70%	0%	0%	0%	30%
	40%	40%	40%	0%	0%	0%	60%
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

	100%	100%	80%	0%	0%	20%	0%
	100%	100%	60%	0%	0%	40%	0%
	100%	100%	0%	0%	0%	100%	0%
	80%	80%	0%	0%	0%	100%	20%
	60%	60%	0%	0%	0%	100%	40%

RGB (Monitor) und CYMK Farbmodell (Drucker) im Vergleich.

Farbtiefe und Auflösung.

Aus der vorgesehenen binären Stellenanzahl (der Anzahl der Bits) pro Pixel ergibt sich die **Farbtiefe** bzw. **Farbanzahl**. Die Größe zur Beschreibung der Farbtiefe lautet **bpp**:

bpp = bits per pixel (Farbauflösung, bei n bpp können 2^n Farben aufgelöst werden).

Gebräuchliche **Farbtiefen**:

- 1 bpp (2 Farben, S/W monochrom)
- 8 bpp (256 Farben, sogenannte „Webfarben“)
- 16 bpp (65536 Farben, High Color)
- 24 bpp (16777216 Farben, True Color)
- 32 bpp (True Color mit Alpha Kanal)

Der **Alpha Kanal** ergänzt das Farbmodell um die **Transparenz** (Durchsichtigkeit auf Hintergrund), zum Beispiel beim RGBA Farbmodell. Der Alpha-Wert kann zwischen 0% und 100% liegen. Damit kann völlige Durchsichtigkeit bis volle Deckkraft eingestellt werden.

Werden Grafiken ausgegeben (oder eingelesen), ergibt sich deren Größe durch die **hardwaremäßige Auflösung** von Monitoren, Druckern, Scannern, ... Als Maß dient der **dpi** Wert:

dpi = dots per inch (1 inch = 2,54 cm)

Die **Auflösung für die Ausgabe**, abhängig vom Dateiformat ob vorgesehen oder nicht, kann auch in der Grafikdatei festgelegt sein. Fast alle Grafikdateiformate speichern im Header auch die Auflösung des Bildes. Als Maß dient der **ppi** Wert (Beispiel Webauflösung 72 ppi).

ppi = pixel per inch (oft auch ebenfalls als dpi bezeichnet).



Das menschliche Auge kann aus 25 cm Abstand ca. 350 dpi auflösen (es variiert mit dem Muster, ob Linien- oder Punktraster).

Verkleinert man ein Pixelbild, so verkleinert man die Fläche des Bildes. Werden Länge und Breite zum Beispiel halbiert, so verkleinert sich die Fläche auf $\frac{1}{4}$. So sollten auch die Dateigröße auf 25% der ursprünglichen Größe sinken, allerdings bleiben der Dateihheader unverändert groß und die interne Komprimierung könnte besser oder schlechter sein – weshalb sich praktisch ein abweichender Wert als 25% bei der Dateiverkleinerung ergibt:



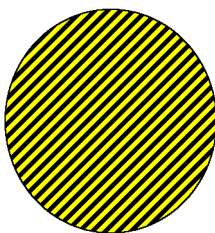
Bild 400 x 300 Pixel (BxH)
PNG Dateigröße 172 KiB



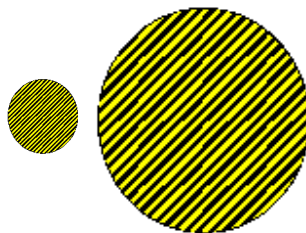
Bild 200 x 150 Pixel (BxH)
PNG Dateigröße 54 KiB

Unnötig große Bilddateien in Anwendungsprogrammen (Textverarbeitung, Präsentation) **vergrößern auch unnötig deren gespeicherte Dokumente**.

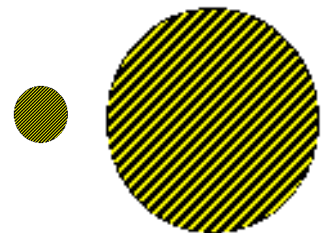
Beim **Verkleinern** oder **Vergrößern** von Pixelgrafiken sollte jedoch darauf geachtet werden, dass der **Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsfaktor ein Vielfaches von 2** beträgt, weil es sonst insbesondere bei Linien zu Ungleichmäßigkeiten kommt.



Originalgröße



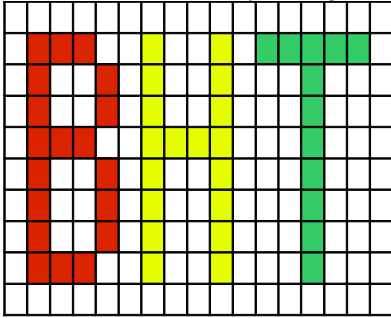
Verkleinerung Faktor 0,33
(Original und Vergrößerung)



Verkleinerung Faktor 0,25
(Original und Vergrößerung)

Indizierte Farbpaletten.

Einige Grafikdateiformate benutzen **indizierte Farbpaletten**. Dadurch werden ebenfalls die Dateilängen reduziert. Nehmen wir als Beispiel folgendes Bild:

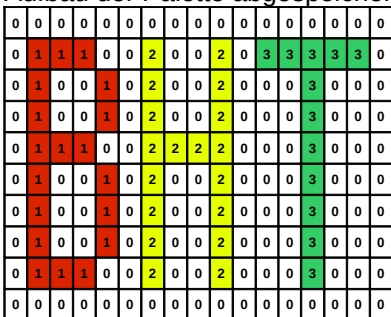


Das Bild enthält 4 Farben bei $B \times H = 17 \times 10 = 170$ Pixel. Bei einer Farbtiefe von 24 bpp ergäbe dies für den Bildteil eine Größe von $170 \times 24 = 4080$ Bit.

Bei einer **indizierten Farbpalette** werden die verschiedenen **Farben einmalig als 24 Bit RGB Wert dargestellt** (je 8 Bit für R, G und B). Jeder Farbwert bekommt eine Indexnummer, deren Bitlänge nicht größer als notwendig ist:

Farbe	RGB Dez	Index Hex (2 Bit)	RGB Hex (24 Bit)
	255 255 255	0	FFFFFF
	220, 35, 0	1	DC2300
	230, 255, 0	2	E6FF00
	51, 204, 102	3	33CC66

An den **Bildpunkten** selbst wird **nur der Indexwert** eingetragen. Im Beispiel also für das Bild $170 \times 2 = 340$ Bit. Damit hat sich die eigentliche Bildinformation mit einer indizierten Palette auf 340 Bit reduziert. Die Palette selbst mit $4 \times (2+24) = 104$ Bit muß bei dem Header mit hinzu gezählt werden. Damit hätte sich die Bildgröße überschlägig von 4080 auf 444 Bit reduziert. Praktisch ist die Reduzierung etwas ungünstiger, weil im Header noch Information zum Aufbau der Palette abgespeichert werden muß.



Gebräuchliche Grafikdateiformate.

• BMP (Bitmap)

Dateierweiterung: .bmp

Farben: Farbauflösung: 1, 4, 8, 24, 32 bpp (16 oder 32 bpp selten genutzt), bei 1, 4 und 8 bpp indizierte Farbpalette, keine Transparenz, kein Multipaging. (Abweichungen von normalen Farbtiefen: 16 bpp = 32768 Farben, da ein Bit ungenutzt bleibt, 32 bpp = 16777216 Farben, da 8 Bit nicht genutzt werden).

Komprimierung: Keine oder verlustfrei (RLE Verfahren - nicht sehr effizient).

Vorteile: Windows Programme können problemlos mit dem Dateityp umgehen.

Nachteile: Sehr große Dateien, Format nur unter Windows bzw. OS/2 üblich.

• GIF (Graphics Interchange Format)

Dateierweiterung: .gif

Farben: Indizierte Tabelle mit max. 256 Einträge für 24 bpp Farben. Transparenz, Multipaging.

Komprimierung: Verlustfrei (LZW Verfahren).

Besonderheiten: Transparenz, Animationen, Interlacing.

Vorteile: Relativ kleine Dateien bei Grafiken und Animation.

Nachteile: Zu wenig Farben für hohe Fotoqualität.

Verwendung: Grafiken, Strichzeichnungen, Webanwendungen mit animierter Grafik.

- **JPEG (Joint Photographic Experts Group)**

Dateierweiterung: .jpg oder .jpeg

Farben: Farbauflösung 24 bpp.

Besonderheiten: Keine Transparenz, kein Multipaging.

Komprimierung: verlustbehaftet, Kompressionsgrad wählbar.

Vorteile: Kleine Dateigröße bei Fotos (bei hohem Kompressionsgrad gehen zwar Bilddetails verloren, was je nach Motiv dem Betrachter kaum auffällt).

Nachteile: Bei hohem Kompressionsgrad gehen Bilddetails verloren, was insbesondere bei Grafiken besonders auffällt.

Verwendung: Fotos, bei denen die Dateigröße klein gehalten werden muß (Beispiel Webbilder) und/oder das Wiedergabemedium keine großen Auflösungen erfordert (Beispiel herkömmliche Bildschirme).

- **PNG (Portable Network Graphics)**

Dateierweiterung: .png

Farben: 24 bppt Farbtiefe und mehr, indizierte Farbtabelle bei max. 256 Farben aus Farbtiefebereich.

Besonderheiten: Interlacing, Transparenz.

Komprimierung: Verlustfrei (sehr effiziente Komprimierung - GNU ZIP).

Vorteile: Kleinere Dateigrößen als GIF, Farbanzahl größer als bei GIF.

Nachteile: kein Multipaging, keine Animation.

Verwendung: Grafik, Web.

- **TIFF (Tagged Image File Format)**

Dateierweiterung: .tif oder .tiff

Farben: bis zu 32 bpp, Transparenz über Alpha-Kanal.

Besonderheiten: Multipaging, Farbmodell CMY.

Komprimierung: Verlustfrei.

Vorteile: Beste Fotoqualität.

Nachteile: Trotz Kompression sehr große Dateien.

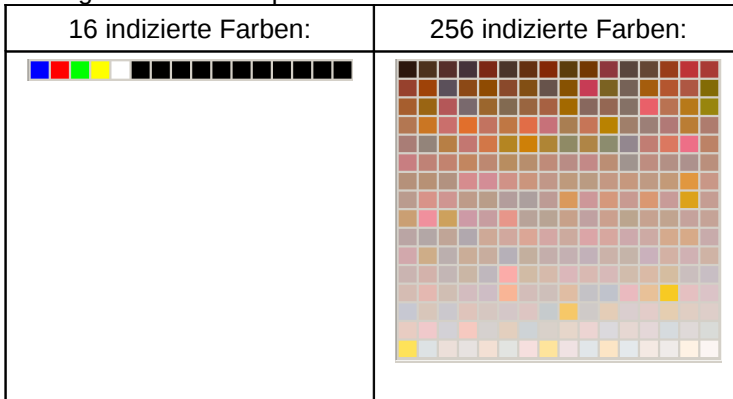
Verwendung: Hoch aufgelöste Fotos, professionelle Druckvorstufe, Scanner, Kameras, Fax (mit geringer dpi Auflösung).

Praktischer Vergleich der Dateiformate.

Hinweis: Die beiden Abbildungen in der Tabelle sind nicht die Originalbilder, sondern Verkleinerungen.

Grafikformat	 512 x 512 Pixel Graphik Design	 1600 x 1200 Pixel Foto
TIFF 24 bpp ohne Kompression	768 KB (100%)	5625 KB (100%)
BMP 16 bpp ohne Kompression	512 KB	5625 KB
BMP indiziert 16 (Grafik) / 256 (Foto) Farben o. Kompression	128 KB	1876 KB
TIFF 24 bpp LZW komprimiert	13 KB	1734 KB
JPEG Faktor 0,5 mittlere Qualität für Graphik Design	12 KB	---
TIFF 24 bpp Deflate komprimiert	11 KB	1674 KB
PNG 24 bpp GNU ZIP komprimiert	9 KB	1427 KB
BMP indiziert 16 (Grafik) / 256 (Foto) Farben, RL komprimiert	8 KB	734 KB
JPEG Faktor 0,3 schlechte Qualität für Graphik Design	4 KB	---
GIF indiziert 16 (Grafik) / 256 (Foto) Farben LZW komprimiert	4 KB	519 KB
PNG indiziert 16 (Grafik) / 256 (Foto) Farben, GNU ZIP	2 KB (0,26%)	256 KB
JPEG Faktor 0,2 mittlere Qualität für Foto	---	37 KB (0,66%)
JPEG Faktor 0,1 schlechte Qualität für Foto	---	25 KB

Anmerkungen zu den Farbpaletten für indizierte Grafikformate:



Fazit zur praktischen Verwendung von Bilddateien:

- Für **Druckvorstufe** verwende man TIFF komprimiert.
- Für **Fotos** (viele Details, viele Farben) verwende man JPEG. Den optimalen Kompressionsgrad muß man ausprobieren.
- Für **Strichzeichnungen und Grafiken (wenige gleichmäßige Farbflächen)** verwende man PNG. Nicht indiziert bei vielen Farben, indiziert bei wenigen Farben.
- Für **animierte Grafiken** verwende man GIF.
- Für Grafiken, bei denen **Transparenz** nötig ist, verwende man PNG.

Vektorgrafiken.

Bei Vektorgrafiken werden nicht Pixelwerte festgelegt, sondern Formen durch ihre charakteristischen Eigenschaften beschrieben. Zum Beispiel:

- Ein **Rechteck** (rect) durch die Koordinaten der linken oberen Ecke, die Breite und Höhe, die Füllfarbe usw.
- Ein beliebiges **eckiges Objekt** (path) durch die Koordinaten seiner Eckpunkte, die Füllfarbe usw.
- Ein **Kreis** (circle) durch die Koordinaten des Mittelpunktes, den Radius, die Füllfarbe, die Rahmenlinie, usw.
- Ein **Text** (text) durch seine Koordinaten, die Ausrichtung, den Schriftgrad, Schriftfarbe, Fettschrift, usw.

Beispiel, SVG Datei, Größe 577 Byte:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<svg version="1.2" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xml:space="preserve" width="600" height="600">

  <rect fill="yellow" x="0" y="0" width="600" height="600"/>

  <path fill="blue" stroke="rgb(128,128,128)" d="M 300,0 L 600,300 300,600 0,300 Z"/>

  <circle cx="300" cy="300" r="150" fill="#cc2200" stroke="white" stroke-width="5px"/>

  <text x="300" y="314" text-anchor="middle" font-size="32px" font-weight="bold"
    fill="white">SVG Vektor Grafik</text>

</svg>
```

Vorteile: Vektorgrafiken haben kleine Dateigrößen und lassen sich **ohne Qualitätsverluste verkleinern oder vergrößern** – mit beliebigen Faktoren. Zwar für Fotos nicht geeignet, aber für das gesamte grafische Design wie zum Beispiel Firmenlogos, CAD Software, Diagramme, diverse technische Pläne usw.



SVG Datei, Anzeigegröße 5 x 5 cm

SVG Datei, Anzeigegröße 3,33 x 3,33 cm



Verbreitete Vektor Dateiformate:

- .ai Adobe Illustrator Dateiformat, wird von vielen anderen Programmen unterstützt.
- .dwg Autodesk AutoCAD Dateien.
- .dwf Autodesk AutoCAD Dateien.
- .dxf Drawing Interchange Format (allgemeines Format, das viele Programme beherrschen).
- .igs Initial Graphics Exchange Specification (IGES), Austauschformat für CAD.
- .svg Scalable Vector Graphics.
- .wmf Windows Metafile (Standardformat des Windows Betriebssystems von Microsoft).
Tipp: Benutzen Sie dies Format für Einfügungen aus der Zwischenablage (wenn es möglich ist), keine Skalierungsprobleme.
- .emf Windows Enhanced Metafile, erweitertes .wmf Format.