

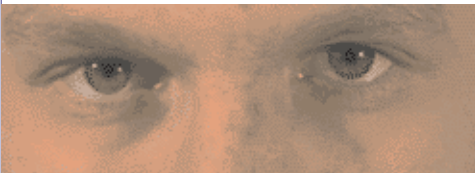
grafik (neben der Angabe, wie viele Grafikpunkte in einer Zeile aneinandergereiht werden) für jeden Grafikpunkt genau ein Bit.



Das damit darstellbare Bild entspricht einer reinen Schwarzweiß-Grafik ohne Zwischentöne.

**16 Farben, 4-Bit-Grafik**

Um Graustufen oder gar Farben darzustellen, müssen für jeden Bildpunkt mehrere Informationen (d.h. mehrere Bit) gespeichert werden. Das wird dadurch erreicht, daß beispielsweise 4 Bit für jeden Bildpunkt zusammengefaßt werden. In diesem Fall lassen sich 16-Farben-Grafiken erzeugen.



Um Verläufe herzustellen, reichen 16 Farben keinesfalls aus. Grundsätzlich

gilt: Je mehr Bit zu einem Bildpunkt zusammengefaßt werden, desto mehr Farben lassen sich darstellen.

**Pixel**

Bei Mehrfarbengrafiken spricht man im allgemeinen von **Pixel** als Grundelement. Ein Pixel wird in Helligkeit und Farbe bestimmt von einer definierten Anzahl Bit und beschreibt jeweils einen Punkt der Bilddatei.

Man unterscheidet zwischen **4-Bit** (16 darstellbare Farben), **8-Bit** (256 Farben), **24-Bit** (2563=16,7 Millionen Farben, True Color) und **32-Bit**-Dateien (2564 Farben, verwendet im Layout zum Vierfarbendruck).

**Speicherbedarf**

Mit der Anzahl gesetzter Punkte und mit der Anzahl der Farben wächst der Speicherbedarf der Pixelgrafik. Ein Punkt in einer reinen Schwarzweiß-Grafik läßt sich durch ein Bit darstellen. Im True-Color-Modus mit 16,7 Millionen Farben benötigt jeder einzelne Punkt 24 Bit. Der Speicherbedarf steigt um das 24-fache an.

Mit der Erhöhung der Farbtiefe vergrößert sich das Volumen der zu speichernden Informationen. Enthält eine Grafik beispielsweise 123 verschiedene Farben, wäre eine Speicherung in

16 Farben nicht sinnvoll, aber eine Farbtiefe von 256 Farben würde vollkommen ausreichen.

**Fotorealismus**

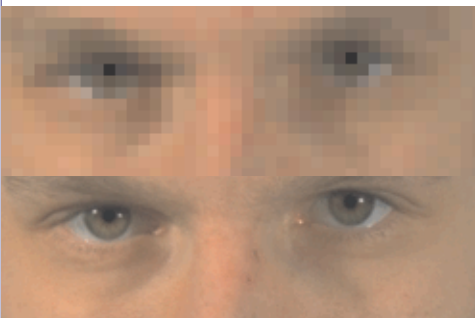
Zur optimalen Darstellung von fotorealistischen Bildern ist die **Pixelgrafik** (allgemein auch: **Bitmapgrafik**) am besten geeignet. Das liegt an der Art der digitalen Definition jedes einzelnen Bildpunktes - unabhängig von den umgebenden Pixeln. Daraus resultieren zwei Nachteile gegenüber der Vektorgrafik:

1. Bitmapgrafiken reservieren für sich vergleichsweise einen großen Speicherplatz;
2. die Bearbeitung einer Bitmapgrafik ist rechenintensiver und zeitaufwendiger - jeder betroffene Bildpunkt muß einzeln umgerechnet werden! [2]

**Pixel und Objekte**

**picture element**

Ein Pixel ist das kleinstmögliche Bildelement (picture element), das der



Rechner ansteuern, verändern und darstellen kann.

**Monitorpixel**

Bildschirmpixel sind in ihrer Größe physikalisch festgelegt - wieviele der Bildschirm darstellen kann, hängt vom Typ des Geräts ab. Die Größe dieser Monitorpixel ist immer gleich, auch dann, wenn ein Bild vergrößert oder verkleinert wird. Bei Vergrößerungen stellen mehrere Monitorpixel ein Bildpixel dar - bei Verkleinerungen funktioniert es umgekehrt. Nur bei einer 1:1-Darstellung entspricht jedem Bildpixel ein Monitorpixel.

**Bildpixel**

Bildpixel sind quadratisch und haben keine festgelegte Größe. Die Abmessungen einer digitalisierten Pixelgrafik bzw. der Bildpixel resultieren aus seiner Auflösung - definiert in **ppi** (Pixel per Inch).



Ein Bild kann bei gleichbleibender Pixelmenge flächenmäßig unterschiedliche Ausgabedimensionen annehmen, sie sind abhängig von den voreingestellten Pixel per Inch.

**Pixelbild**

Ein Pixelbild ist durch Koordinaten unterteilt, jedes Pixel hat eine feste Adresse: etwa 17. Spalte, 345. Reihe. Diese Daten speichert der Computer, und dazu die Farb- und Helligkeitswerte des Pixels.

Da die Ortszuweisung im Bild der einer Landkarte ähnelt - mit Längen- und Breitengraden -, und die Landkar-

te auf englisch „**Map**“ heißt, nennt man solche Bilder auch „**Bitmap**“.

**Objekte**

In einem objektorientierten (vektororientierten) Grafikprogramm dagegen geht es anders zu. Hier gibt es keine Pixel, sondern nur Objekte mit bestimmten Merkmalen. Hier „weiß“ der Computer nichts von der Färbung einzelner Bildstellen, was er speichert, lautet etwa: Bei den Koordinaten x/y ist der Mittelpunkt des Kreises; dieser hat den Durchmesser von 73mm, seine Kontur eine Stärke von 0,3mm; Konturfarbe Schwarz, Flächenfüllung Rot.

Wenn Sie in einem pixelorientierten Programm einen Kreis zeichnen, „weiß“ der Computer nichts von dieser Kreisform. Er „merkt“ sich lediglich die Koordinaten der Pixel. [3]



Alle Farbabstufungen innerhalb einer Computergrafik entstehen durch Mischen von **Grundfarben**. Prinzipiell wird zwischen **additiver** und die **subtraktiver** Farbmischung unterschieden.

#### Menschliches Auge

Der menschliche Sehorganismus reagiert auf Farb- bzw. Lichtreize. In der Netzhaut des Auges befinden sich zwei Arten von Sensoren - Stäbchen und Zäpfchen. Die Stäbchen sind empfindlicher und für das Hell-Dunkel-Sehen verantwortlich. Die Zäpfchen hingegen reagieren auf Farben. Durch Mischen dieser Farb- bzw. Lichtreize im Auge können Menschen ca. 5 Millionen Farbnancen unterscheiden. (Das liegt deutlich unter dem theoretischen Wert von 16,7 Millionen Farben im Truecolor-Bild, jedoch weitaus höher als eine reduzierte Darstellung von 256 Palettenfarben!)

#### Farbmischung additiv

**Additive Farbmischung:** Die 3 Grundfarben ergeben addiert Weiß (**RGB-Modell**, Monitordarstellung): **Rot**, **Grün** und **Blau** sind die Primär- oder Grundfarben des additiven Modells, das auf der Mischung von Lichtfarben beruht.



Beleuchtet man eine weiße Fläche mit 3 Scheinwerfern oder Projektoren, die Licht in den Grundfarben Rot, Grün

und Blau ausstrahlen, so werden sich in der Überschneidung aller Lichtke-



gel die 3 Primärfarben zu weißem Licht mischen. Etwas abgewandelt funktioniert die optische Farbmischung am Bildschirm eines Computermonitors, wo winzige, in Primärfarben leuchtende Punkte, zu Dreiergruppen eng nebeneinander gebündelt, bei voller Intensität den Eindruck Weiß entstehen lassen.

#### Farbmischung subtraktiv

**Subtraktive Farbmischung:** Die 3 Grundfarben übereinandergelegt ergeben Schwarz (Körperfarben - Malerei und Druckgrafik):

Das **CMY-Modell** wird bei manchen Tintenstrahldruckern angewendet. Etwas modifiziert ist es im professionellen Vierfarbendruck: die 3 Grundfarben **Cyan**, **Magenta**, **Yellow** ergeben nur theoretisch Schwarz, deshalb kommt zur Qualitätsverbesserung die vierte Druckfarbe Schwarz dazu: **CMYK-Modell**.

#### RGB - Farbmodell

Das **RGB-Farbmodell** definiert eine Farbe anhand des enthaltenen **Rot**-, **Grün**- und **Blau**anteils, der üblicherweise in Prozentwerten angegeben wird. Alle Farben des Spektrums ergeben sich aus diesen prozentuellen Angaben. Ebenso alle Grauwerte zwi-

schen Schwarz und Weiß lassen sich dadurch definieren. **Schwarz** entspricht dem Wert **RGB 0, 0, 0** und Weiß **RGB 100, 100, 100**.

Das RGB-Modell dient zur Beschreibung additiver Farben. Das Bild eines Farbmonitors (aus der Nähe betrachtet) setzt sich aus roten, grünen und blauen Leuchtpunkten zusammen. Alle Farb- und Grautöne stellen ein Mischungsverhältnis dieser 3 Primärfarben dar.

#### CMYK - Farbmodell

Das **CMYK-Modell** gleicht dem RGB-Farbmodell insofern, als Prozentwerte von 0 bis 100 angegeben werden. Bei den Graustufen zwischen Schwarz und Weiß verhält es sich jedoch genau umgekehrt: Die Mischung aus 100% **Cyan**blau, 100% **Magenta**rot und 100% **Yellow** (Gelb) ergibt **Schwarz**, aus 0% aller Farbwerte definiert **Weiß**.

Theoretisch genügen auch hier die drei Grundfarben, um Schwarz zu mischen. Praktisch ergibt diese Kombination bestenfalls ein sehr dunkles Graubraun. Deshalb wird in der Praxis die vierte Druckfarbe **Schwarz** hinzugefügt, damit Grauwerte und tiefe Schattierungen in der Reproduktion intensiver erscheinen (Vierfarbendruck **CMYK**).

#### HSL - Farbmodell

Das **HSL-Farbmodell** mischt Farben bezüglich ihres **Farbtons**, ihrer **Sättigung** und **Helligkeit**. HSL definiert alle Farben mit Hilfe eines Farbkreises und unterscheidet grundsätzlich **360** verschiedene Farbtöne (Kreis=360°). Die Sättigungs- und Helligkeitsgrade der einzelnen Farbtöne entsprechen Millionen möglichen Mischungsverhältnissen mit Schwarz und Weiß. Das HSL-Farbmodell ist sehr intuitiv und als **Kreis**- oder **Kugelmodell** darstellbar (z.B. je näher eine Farbe dem Zentrum liegt, umso heller erscheint sie.) [4]

## Farbtiefe

Zusammengefaßte Bits bestimmen die **Farbtiefe** eines Pixelbildes: **8-Bit**-Pixel erzeugen eine Grauskala oder eine reduzierte Farbpalette von 256 Zwischennuancen, **24-Bit** bereits über 16 Millionen Farbtöne (im RGB-Farbmodell bereits eine Echtfarben-darstellung).

### 256 Graustufen



Die **Farbtiefe** eines Bildes kann mit speziellen Befehlen innerhalb eines Bildbearbeitungsprogramms verändert werden: Übliche Graustufen-oder farbreduzierte Bilder haben **256 Farben** - dazu muß ein **Byte**, das einen Bild-

punkt (Pixel) darstellt, aus **8 Bit** bestehen, denn  $2^8=256$ .

### Truecolor

Die Pixel eines Farbbildes hoher Qualität werden definiert durch 3 Bytes (für die **additiven Grundfarben** Rot, Grün, Blau) zu je 8 Bit, also **256x256x256=16,7 Millionen** Farbtöne. Das ergibt eine **24-Bit**-Datei (Echtfarben- oder Truecolor).

### Palettenfarben, Dithering

Echtfarben-Bilder (16,7 Millionen Farben) werden für bestimmte Zwecke **farbreduziert** (Palettenfarben) umgewandelt. Viele Präsentationsanwendungen, aber auch ein spezielles Dateiformat für Bild-Publikationen im Internet benötigen diese Reduktion - mit dem Vorteil, daß die Dateigröße des Bildes (gemessen in *Kilobyte* und *Megabyte*) auf ein Drittel des ursprünglichen Wer-

tes sinkt. In diesen Fällen sind 256 Farben ausreichend, um alle sichtbaren Farbtöne vorzutauschen. Nachteilig wirkt sich aus, daß alle Zwischentöne notwendigerweise gerastert werden: Die Software simuliert fehlende Farben, indem sie einige der verfügbaren Farben eng gepixelt nebeneinander abbildet und dadurch einen optischen Mischeffekt erreicht.

Dieses **Dithering** (Streuraster) ist auch auf dem Computermonitor sichtbar, wenn die Leistung der Hardware (Grafikkarte) auf die Darstellung von 256 Farben beschränkt ist. [5]



## Bits & Bytes

### Bit

Die Anzahl der maximal nutzbaren Farben wird durch die Farbtiefe beschrieben. Die Farbtiefe wird angegeben durch die Anzahl der Bit, mit der eine Farbe beschrieben wird. Bei einer Farbtiefe von 1 Bit sind zwei Farben nutzbar. Wird eine Farbtiefe von 8 Bit eingesetzt, erhöht sich die Zahl der Farben auf 256. Die hauptsächlich zur Grafikdarstellung genutzten Farbtiefen sind:

1 Bit	2 Farben
4 Bit	16 Farben
8 Bit	256 Farben
16 Bit	32767 Farben (nur 15 Bit werden genutzt)
24 Bit	16,7 Millionen Farben

### Farbtiefen

Theoretisch sind alle Farbtiefen möglich. Es gibt mögliche Farbtiefen von 2 Bit, 5 Bit oder 32 Bit, sie werden allerdings selten genutzt.

Bei der Darstellung von Farbtiefen erfolgt eine Zuordnung in **Farbebenen (Bitplane)**. Es existieren 4 Farbebenen, die den RGB-Grundfarben Rot, Grün

und Blau und der Intensität entsprechen.

Mit der Erhöhung der Farbtiefe erhöht sich auch die Größe der zu speichernden Information für einen darzustellenden Farbpunkt. Dieser Umstand sollte bei der Auswahl eines Grafikformates beachtet werden:

Wenn eine Grafik z.B. 123 verschiedene Farben enthält, wäre eine Speicherung mit 16 Farben nicht sinnvoll, aber eine Farbtiefe von 8 Bit (256 Farben) würde vollkommen ausreichen. Eine Darstellung von 24 Bit würde sich nicht unterscheiden, aber die Speicherung viel mehr Platz benötigen.

### 8 Bit, Farbpalette

Bei einer Farbtiefe bis zu 8 Bit wird eine Farbpalette genutzt. In den Bildspeicher wird nicht eine Farbinformation geschrieben, sondern ein Verweis auf eine Tabelle mit Farbinformationen. Zur Änderung der Farben ist nicht der Inhalt des Bildspeichers zu ändern, sondern nur der Eintrag in der Farbtabelle.

Jeder Eintrag in der Farbtabelle besteht bei den meisten Computersystemen aus drei Werten. Der erste

Wert stellt den Anteil der Farbe Rot, der zweite den Anteil der Farbe Grün und der dritte den Anteil der Farbe Blau dar.

### 16 Bit

Wird die Farbtiefe über den Wert von 8 Bit erhöht, dann wird die Farbinformation für jeden Punkt direkt in den Bildschirmspeicher eingetragen. Bei der Farbtiefe von 16 Bit werden die Farbanteile zu einem Word zusammengefaßt. Für jeden Farbanteil werden 5 Bit bereitgehalten. Das 16. Bit wird nichtgenutzt, so daß es sich eigentlich um eine Farbtiefe von 15 Bit handelt. Da aber 16 Bit pro Farbpunkt gespeichert werden, wird in den meisten Fällen auch diese Angabe genutzt.

### 24 Bit, 32 Bit

Bei einer Farbtiefe von 24 Bit werden für jeden Punkt die drei Anteile Rot, Grün und Blau durch je ein **Byte** angegeben. Die Farbbestandteile Rot, Grün und Blau werden für jeden Punkt (Pixel) abgespeichert. Bei der Farbtiefe von 32 Bit wird zusätzlich zu den drei Farbanteilen noch ein Byte mit der Intensität angegeben. [9]