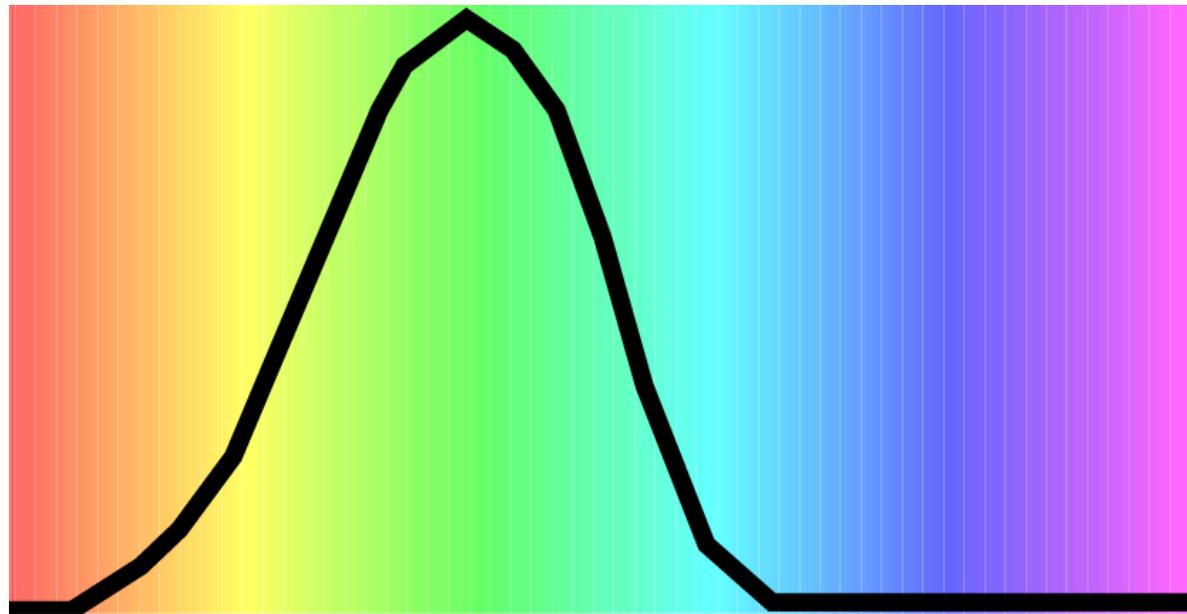


Farbdarstellung

- *Erinnerung* aus dem Biologieunterricht: Das menschliche Auge hat
 - ◇ "Stäbchen" zur Unterscheidung von Helligkeiten
 - ◇ drei verschiedene Arten von "Zäpfchen", die für rot, grün und blau empfindlich sind.
- *Genauer*:
 - ◇ Jede Art von Zäpfchen ist für einen großen Bereich des sichtbaren Frequenzspektrums empfindlich,
 - ◇ aber mit einem ausgeprägten Empfindlichkeitsmaximum im roten, grünen bzw. blauen Bereich.
 - ◇ Das Signal eines Zäpfchens an das Gehirn besteht aus einem einzelnen *Intensitätswert*, der sich aus der Stärke und Frequenzverteilung des Lichtstrahls ergibt.

Beispiel: Grüne Zäpfchen

- Die Abbildung unten ist rein schematisch und ohne Anspruch auf Exaktheit im Detail!



- Schwarze Kurve: Sensibilität der grünen Zäpfchen für die einzelnen Frequenzen.
→ Der Intensitätswert, den jede Frequenz bei gleicher Lichtenergie im grünen Zäpfchen erzeugt.

RGB

Konsequenz:

- Die Farbtöne zweier Lichtstrahlen sind für das subjektive Farbempfinden ununterscheidbar, wenn die drei Intensitätswerte der Zäpfchen identisch sind.
- Eine (subjektiv) vollständige Farbpalette muss also nur für jedes mögliche Tripel aus rotem, grünen und blauen Intensitätswert eine Farbe, die diese Intensitätswerte erzeugt.

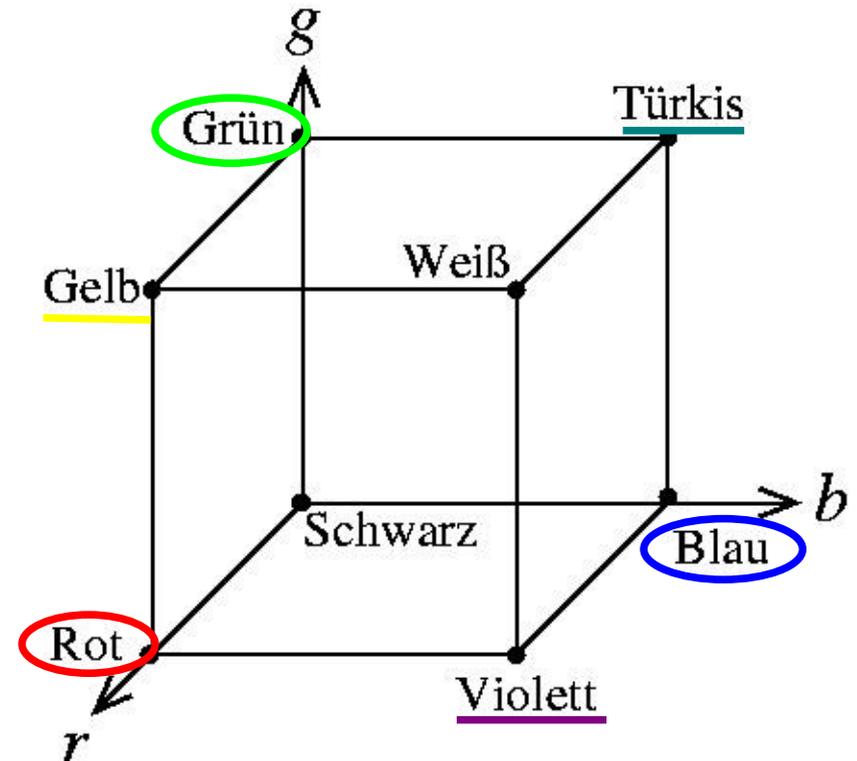
Fundamentales Schema: RGB

- Besteht aus drei Farbmischungen (Rot, Grün, Blau), die sich ähnlich wie auf der letzten Folie aus den einzelnen Frequenzen zusammensetzen,

→ Jede subjektiv mögliche Farbempfindung kann daraus annähernd "gemischt" werden.

RGB Farbschema

- Eine Farbe wird definiert durch ein Zahlentripel (r, g, b) .
- Jede der Zahlen r , g und b hat einen Wert im Bereich $[0...1]$ (in endlich vielen Abstufungen, in der Praxis oft auch $[0..255]$).
- *Interpretation:*
 - ◇ 0: Farbe leistet keinen Beitrag.
 - ◇ 1: Farbe leistet maximalen Beitrag.
- *Veranschaulichung:*
der sogenannte *RGB-Würfel*.



Rechnen mit Farben

- *Einfaches Beispiel:*

- ◇ Der Rotanteil r soll um 10% gesteigert werden.
- ◇ Die Gesamthelligkeit $r + g + b$ soll aber gleich bleiben.

→ Rechenregeln dieser Art stehen hinter den Möglichkeiten zur Farbmanipulation in Graphikprogrammen.

- *Ungefähre Realisierung:*

- ◇ Der Wert r wird um 10% (aber maximal bis 1) erhöht.
- ◇ Die Werte g und b werden anteilig soweit (aber höchstens bis 0) vermindert, dass $r + g + b$ wieder den ursprünglichen Wert hat.

→ Farbmanipulationen solcher Art lassen sich arithmetisch formulieren und daher von Computern durchführen.

HSB/HSV Farbschema

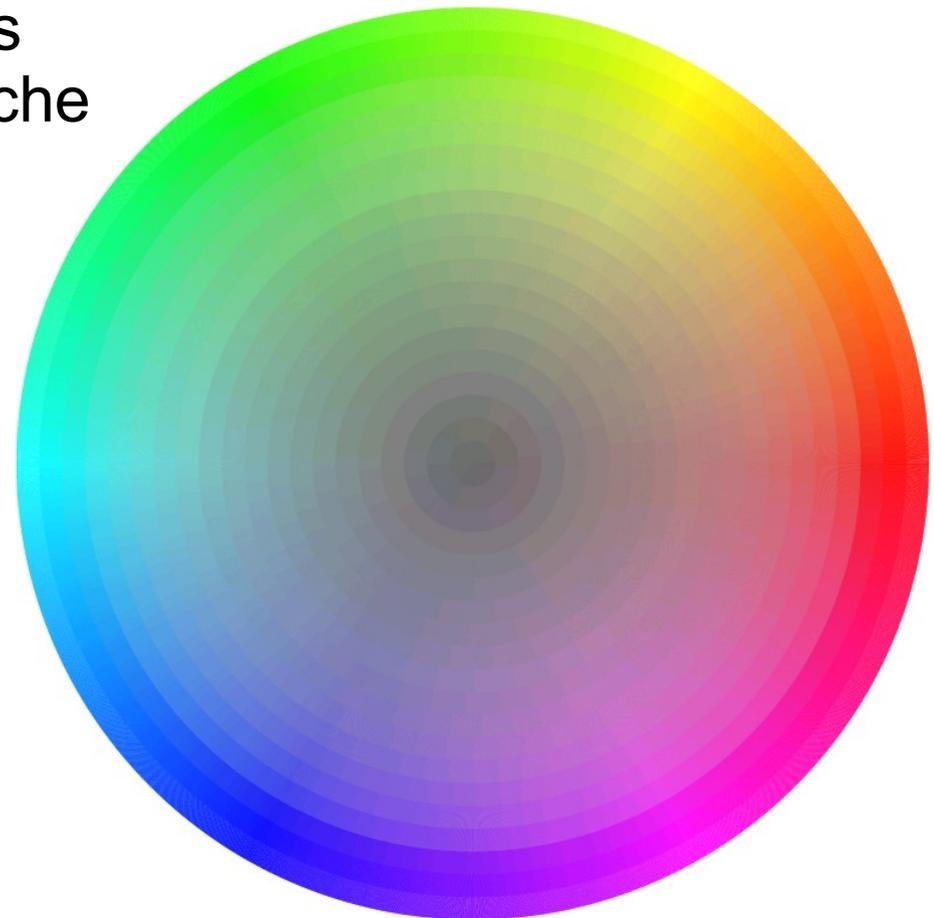
- Zerlegung von Farben in Komponenten RGB ist nicht sehr intuitiv
 - Man versuche etwa, ein möglichst reines, "leuchtendes" Braun aus rot, grün und blau zu mischen!
 - *Idee*: Lege der Farbpalette drei Freiheitsgrade zugrunde, die intuitiver verwendbar sind als rot, grün und blau.
 - *Heuristischer Ansatz*: Wie würde man denn Farben typischerweise mit Worten beschreiben?
 - *Oft verwendete Kandidaten*:
 - ◇ Farbton (*Hue*): rot, gelb, grün, blau...
 - ◇ Sättigung (*Saturation*) : von pastell bis grell leuchtend
 - ◇ Helligkeit (*Brightness*), manchmal auch *Value*
- *HSB*-Schema (bzw. HSV-Schema)

Farbkreis

Die beiden Enden des Regenbogens erzeugen subjektiv praktisch identische Farbempfindungen (violett).

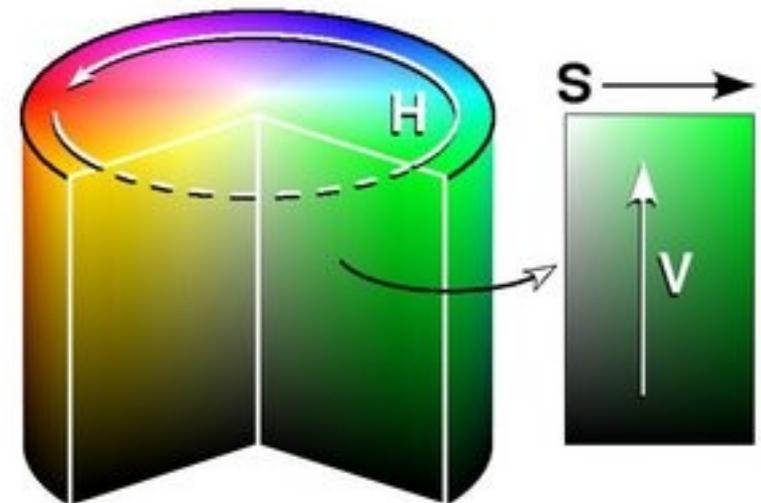
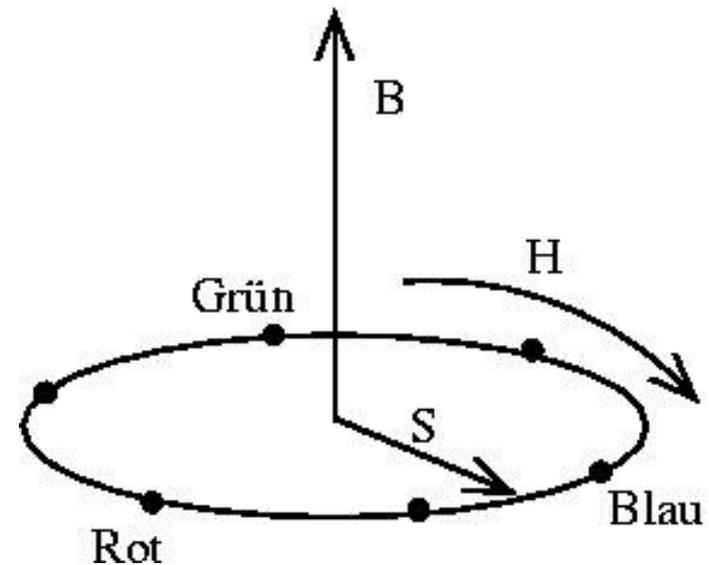
Umsetzung:

- Der Farbton als Parameter bildet einen Kreis.
- Sättigung und Helligkeit variieren die Farbmischung unabhängig davon (im Bild nur Sättigung).



HSB Zylinder

- Farbton, Sättigung und Helligkeit sind drei unabhängig variierende *Zylinderkoordinaten*.
- Farbton und Sättigung bilden *Polarkoordinaten* in jedem Querschnitt des Zylinders:
 - ◊ Farbton = Winkel $[0^\circ \dots 360^\circ]$,
 - ◊ Sättigung = Radius $[0..1]$.
- Die Helligkeit $[0..1]$ ist die Koordinate auf der darauf senkrechten Zylinderachse.

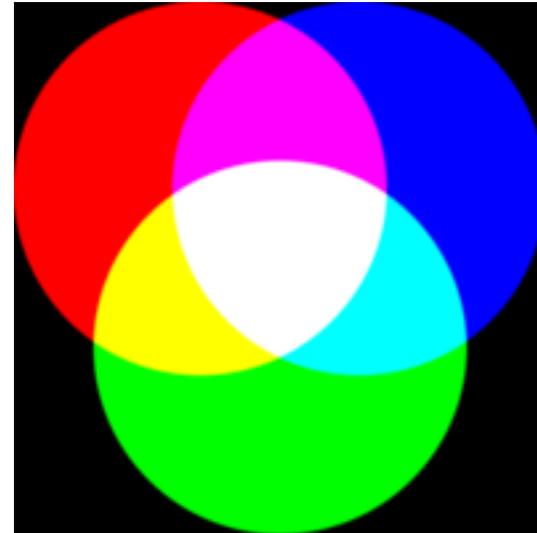


Diskussion

- Das HSB–Schema ist damit ebenfalls auf einfache Zahlentripel zurückgeführt.
- Intuitive Farbmanipulationen wie die Erhöhung/Verminderung von Sättigung und Helligkeit sind mit HSB trivialerweise arithmetisierbar und daher durch Computer ausführbar.
- *Beispiel von vorhin*: Leuchtendes Braun ist
 - ◊ Farbton gelb,
 - ◊ maximale Sättigung,
 - ◊ mittlere Helligkeit.
- RGB ist als Grundlage für Bildschirme u. ä. wesentlich besser geeignet als HSB (aus technischen Gründen).
- HSB kann aber durch ein einfaches mathematisches Schema in RGB (und umgekehrt) umgerechnet werden.

Additive Farbmischung

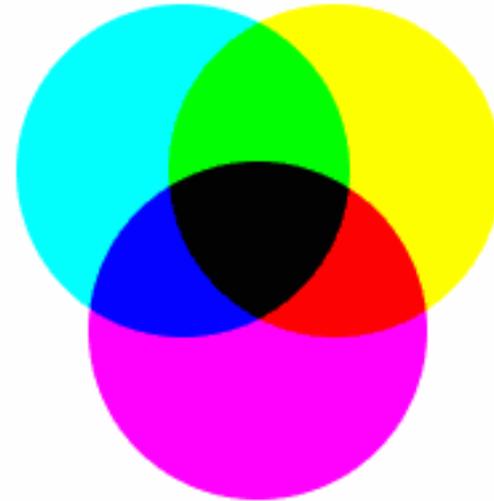
- das Licht von mehreren Lichtquellen verschiedener Farbe zusammenkommt, ergibt sich *additive Farbmischung*.



- Beispiele:
 - ◇ Der Widerschein mehrerer verschiedenfarbiger Lampen auf einer weißen Leinwand.
 - ◇ Die Farbwahrnehmung bei einem Farbfernseher oder Monitor, zusammengesetzt aus den rot, grün und blau leuchtenden Pixeln.

Subtraktive Farbmischung

- Wenn mehrere Farbtöne zusammengemischt werden, spricht man von *subtraktiver Farbmischung*.
- Beispiele
 - ◇ Farben mischen beim Malen.
 - ◇ Beim Farbdrucker wird die Farbe durch Aufspritzen von (meist vier) Grundfarben erzeugt.



Physikalischer Unterschied

- Bei der Überlagerung von Lichtquellen werden deren Farbanteile **addiert**.

→ rot + grün + blau = weiß

- Ein Objekt hingegen, das nur das Licht einer Lichtquelle reflektiert, bekommt dadurch seine Farbe, dass seine Oberfläche die entgegengesetzten Farbanteile **verschluckt**.

Komplementärfarben:

cyan ↔ red

magenta ↔ green

yellow ↔ blue

- Beim Farben Mischen u.Ä. werden alle Farbanteile verschluckt, die in irgendeiner der Farben verschluckt werden.
→ Nicht die subjektiv wahrnehmbaren Farbanteile, sondern die verschluckten (also subtrahierten) Farbanteile werden addiert.

→ rot + grün + blau = schwarz

CMYK Farbmodell

- Subtraktives Farbmodell zum Einsatz bei Druckern etc.
- Verwendete Farben:
 - **C**yan
 - **M**agenta
 - **Y**ellow
- Das Mischen dieser drei Farben (zu gleichen Anteilen) sollte Schwarz ergeben. Funktioniert aber nicht ganz, ist zudem ineffizient.
- Daher üblicherweise 4. Farbe
 - **Black**.
- Schwarz wird auch zu geringen Teilen ($< \min(c, m, y)$) zur Abmischung anderer Farben verwendet.

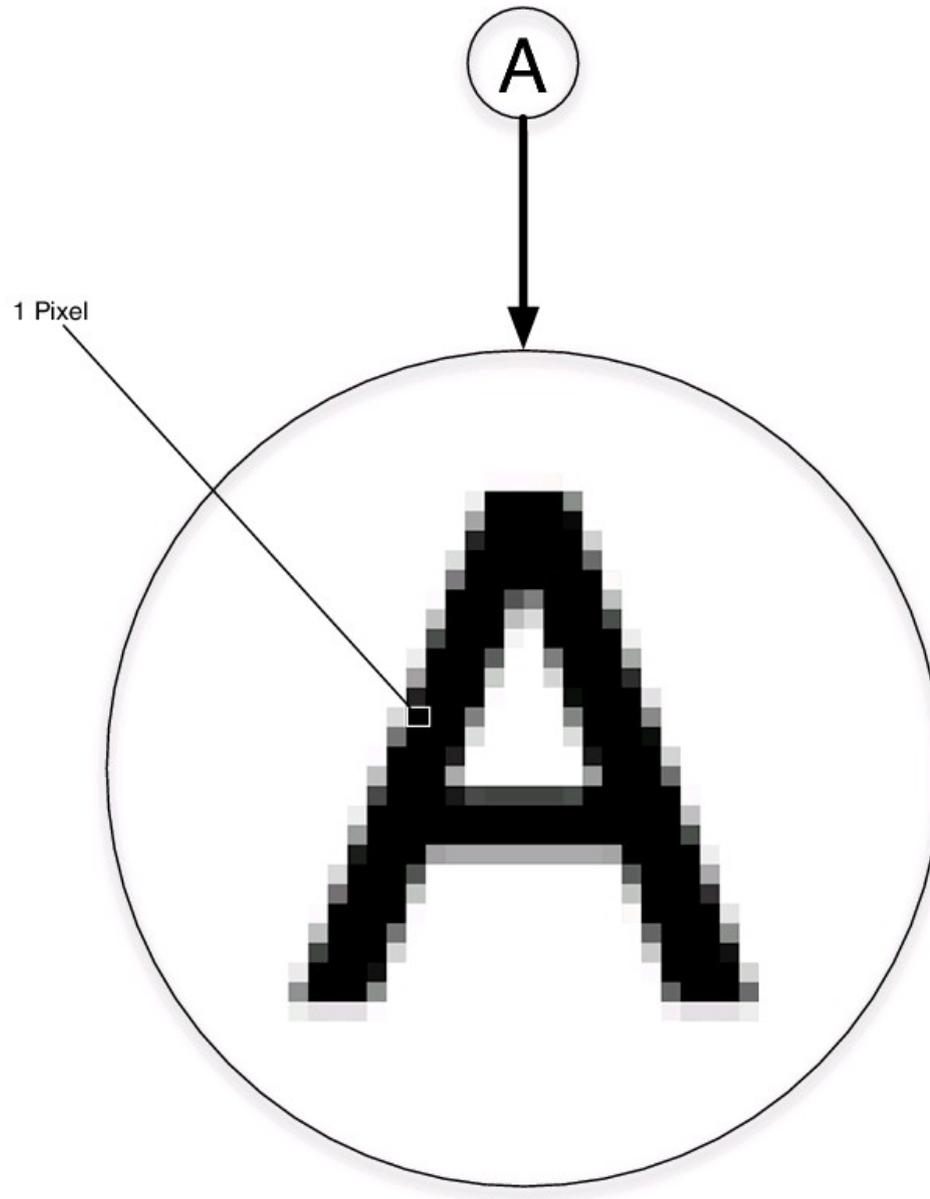
RGB vs. CMYK

- Da auch das Auge die Farbwahrnehmung additiv aus Rot, Grün und Blau mischt, eignet sich RGB gut für additive Farbmischung.
 - Standard bei Bildschirmen.
- Bei subtraktiver Farbmischung kann man aber zum Beispiel Weiß oder Gelb nicht aus Rot, Grün und Blau mischen.
 - Intuitiv: Eine Farbenmischung kann ja nur dunkler sein als die hineingemischten Farben.
- Für subtraktive Farbmischung eignen sich aber andere Kombinationen aus Grundfarben.
- *Zum Beispiel:* Die Kombination Cyanblau, Magentarot, Gelb und Schwarz.
 - Oft benutzt bei Farbdruckern.

Bilder

- Bilder sind im Prinzip Matrizen/Tabellen aus Farbwerten:
 - ◇ Im Standardfall RGB-Tripel
 - ◇ Für Graustufen-Bilder einzelne Helligkeitswerte
- Jeder Farbwert bezeichnet einen Bildpunkt, ein sogenanntes **Pixel** (= **P**icture **E**lement).
- Dieser Bildpunkt bekommt durch den Farbwert seine Farbe. Seine Position in der Matrix bestimmt seinen Ort im Bild.
- Die Größe der Matrix ist die Größe des Bildes.

Beispiel: Graustufen



Speicherung von Bildern

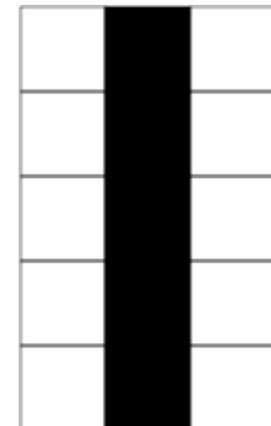
- Computer-Speicher sind eindimensionale Strukturen
 - vergleichbar mit einer langen Folge von Werten
- Tabellen bzw. Matrizen sind aber 2-dimensional
 - „passen“ daher nicht direkt in die verschiedenen Speicher eines Rechners
- Ansatz:
 - Die Farbwerte der Pixel werden einfach hintereinander gesetzt.
 - Am Anfang der Datei („im Header“) wird vermerkt, wie lang eine Zeile des Bildes ist.
 - Daraus kann das eigentliche Bild wiederhergestellt werden.

Beispiel: Bitmap

- Einfachster Fall: Bitmaps
Jedes Pixel ist ein Punkt, der entweder Schwarz (1) oder Weiß (0) ist, d.h. Darstellung durch ein einziges Bit
- Speicherinhalt (jeder Kasten entspricht einem Pixel)



- Mit Hilfe der Angabe „eine Zeile besteht aus 3 Pixeln“ läßt sich das Bild bestimmen:



Praxis

In den Headern tatsächlicher Bilddateien stehen noch viel mehr Informationen als nur die Anzahl der Pixel pro Zeile:

- Der Name des verwendeten Dateiformates (Beispiel: JPEG, GIF, PNG).
- Kommentare zum Inhalt des Bildes.
- Datum der Aufnahme und andere Hinweise zur Entstehung (vor allem bei Digitalfotos).
- ...

Pixel- vs. Vektorgrafik

- Alle bisher zu Bildern gemachten Aussagen beziehen sich auf sog. **Pixel-Grafiken**.
 - Diese eignen sich sehr gut für Fotos, jedoch kaum für Zeichnungen, da sich Pixel-Grafiken z.B. nur sehr schlecht vergrößern lassen.
- Es gibt aber noch einen weiteren Typ von Grafiken am Rechner: **Vektorgrafiken**.
 - Grundidee:
 - Bilder werden nicht in Punkte zerlegt, sondern in geometrische Basiselemente (Punkte, Linien, Polygone, Kurven).
 - Diese lassen sich leichter an neue Größen anpassen.