

Erzeugung, Repräsentation
und Speicherung von digitalen
Bildern

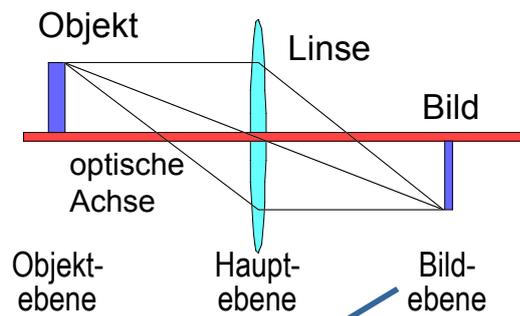
Inhalt

- Erzeugung digitaler Bilder
- Repräsentation von Bilddaten
- Speicherung von Bilddaten

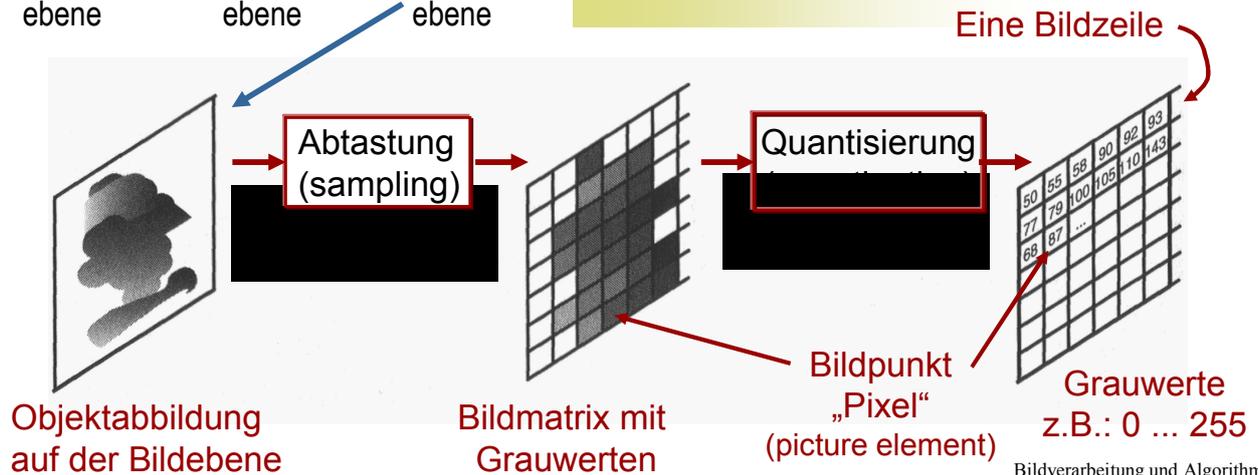


Was ist Quantisierung und wo findet
Quantisierung bei der Bildaufnahme
statt?

Erzeugung digitaler Bilddaten



Bei der **Bilddigitalisierung** wird die Projektion eines Objekts auf der Bildebene (örtlich) **abgetastet**, und die einzelnen Intensitätswerte (Bildpunkte) werden **quantisiert**.



Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.3 ©Konen, Zielke

Bildabtastung / Rasterung (image sampling)

- Die Projektionsfläche auf der Bildebene wird durch ein regelmäßiges Raster von Photosensoren abgetastet.
- Je nach Dichte der Abtastpunkte pro Flächeneinheit (bei Scannern gemessen in $dpi = dots\ per\ inch$) entsteht ein hochaufgelöstes oder ein "grobkörniges" Bild.



Abtastpunkte:
 160×120



Abtastpunkte:
 80×60



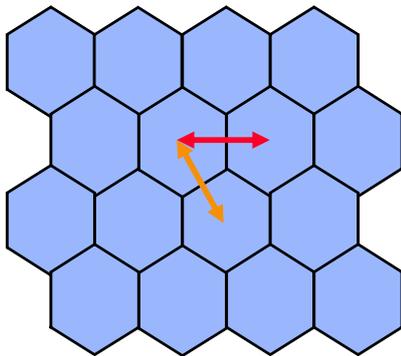
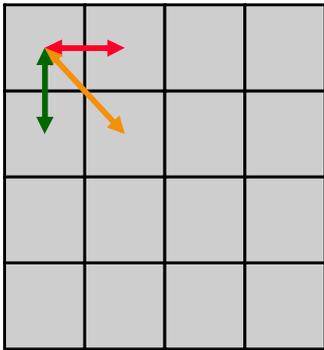
Abtastpunkte:
 40×30



Abtastpunkte:
 20×15

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.4 ©Konen, Zielke

Kartesisches und hexagonales Bildraster



- Technische bildverarbeitende Systeme benutzen (heute) fast ausschließlich ein kartesisches Basisgitter für das Bildraster:
 - rechteckige bzw. quadratische Pixel.
 - Pixelabstände (Zellenabstände) inhomogen.
 - einfache mathematische Behandlung (Matrix).
- Bei biologischen Augen sind die Photorezeptoren in einer "Wabenstruktur" angeordnet.
- Auch bei neueren technischen Entwicklungen (elektronische Chip- Augen) werden *hexagonale* Gitter benutzt:
 - bessere Chip-Flächenfüllung bei integrierter Signalverarbeitungselektronik.
 - Pixelabstände (Zellenabstände) sind homogen.
 - gleiche Trennflächen zwischen allen Nachbarn

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.5 ©Konen, Zielke

Unterabtastung (undersampling)

- Ein Detail im Bild, das Ortsfrequenzen größer als die doppelte Abtastrate besitzt, bezeichnet man als unterabgetastet.

Korrekt abgetastete
Bildzeile ▲
die Detail-Frequenz
ist wiedergegeben.

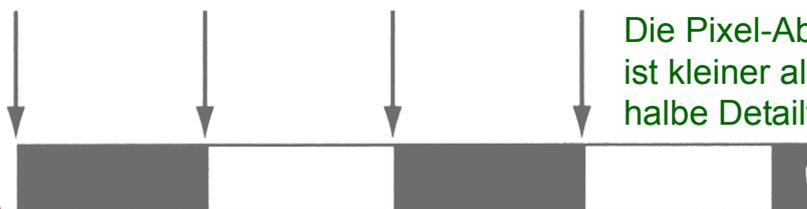


Die Pixel-Abtastrate
ist doppelt so hoch
wie die Detailfrequenz.

Original-Bildzeile
mit Helligkeitsdetails



Unterabgetastete
Bildzeile
▲ die Detailfrequenz
ist verfälscht (**Aliasing**).



Die Pixel-Abtastrate
ist kleiner als die
halbe Detailfrequenz.

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.6 ©Konen, Zielke

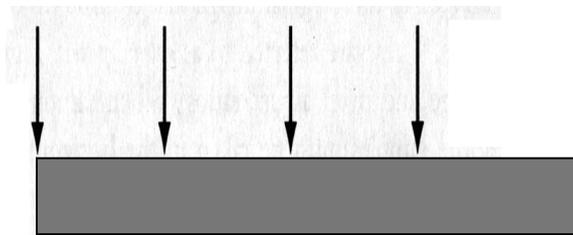
Unterabtastung (2) (undersampling)

- Man mache sich klar, dass bei Unterabtastung je nach Abtastrate auch noch viel drastischere Effekte eintreten können: Wenn der Pfeil etwa alle zwei Kästchen kommt (also Detailfrequenz = Abtastfrequenz) und immer im "Schwarzen" des Originals liegt, dann wird der Sample&Hold-Wert immer schwarz sein!
- Dies ist der Effekt des **Aliasing**: Frequenzen, die für die Abtastrate zu hoch sind, sehen so aus wie tiefe. Die hohen Frequenzen geben sich sozusagen als jemand anderes aus, daher die Bezeichnung *Alias*.

Original-Bildzeile
mit Helligkeitsdetails



Bei der Abtastung läuft ein Marker von li nach re. Bei jedem Pfeil wird der aktuelle Grauwert abgelesen und für das folgende Pixel fortgeschrieben (Sample & Hold)



Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.7 ©Konen, Zielke

Abtastung und Quantisierung (Zusammenfassung)

- Unter **Bildabtastung bzw. Rasterung** versteht man die Aufteilung des Bildes in diskrete Bildpunkte (Pixel) mit festgelegten Abständen (Diskretisierung der örtlichen Dimensionen x und y).
- Unter **Quantisierung** versteht man die Bewertung der Helligkeit (Intensität) eines Pixels mittels einer festgelegten Grauwert- bzw. Farben-Menge, z.B. natürliche Zahlen von 0 bis 255.
- **Digitalisierung** besteht aus Abtastung und Quantisierung.
- Ein digitales Bild ist immer nur eine Annäherung (Approximation) der Originalabbildung.

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.8 ©Konen, Zielke

Graustufen Quantisierung (grey-level quantization)

256 Graustufen



- Bei einem digitalen Bild ist die Anzahl der möglichen Grau- bzw. Farbstufen begrenzt.
- Die minimal benötigte Anzahl von Stufen hängt vom Bildinhalt und von dem Zweck der Bildauswertung ab!



64 Graustufen
6 Bit/Pixel



16 Graustufen
4 Bit/Pixel



8 Graustufen
3 Bit/Pixel



4 Graustufen
2 Bit/Pixel



2 Graustufen
1 Bit/Pixel

"Binärbild"

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.9 ©Konen, Zielke

Technische Grenzen bei der Bildquantisierung

- Die physikalischen Grenzen des darstellbaren Intensitätsbereichs des Bildes werden in erster Linie durch den Bildsensor bestimmt
→ Dynamikbereich.
- Weitere limitierende Faktoren:
 - Auflösung bzw. Geschwindigkeit des analog-zu-digital Wandlers (ADC)
 - Begrenzung der Übertragungsrate und/oder des Speicherplatzes für das Bild.

Kameraaufnahme von Autogen-Schweißen mit konventionellem CCD-Sensor:



... mit hochdynamischem CMOS-Sensor:

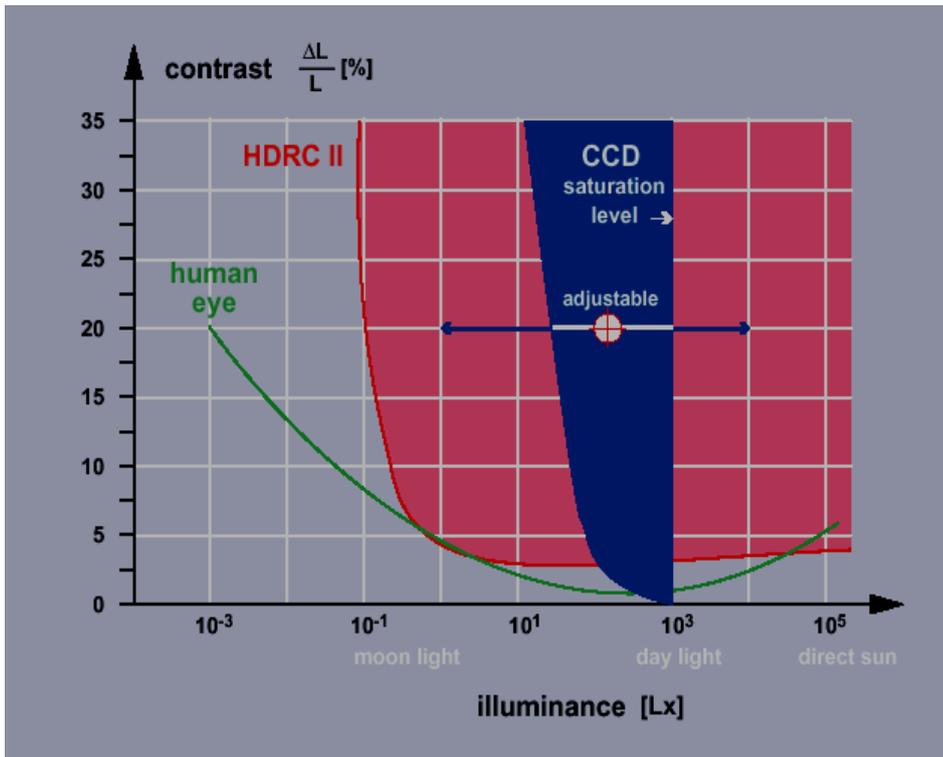


Versuch,
unzureichende
Bilddynamik
zu
kompensieren
→



Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.10 ©Konen, Zielke

Kontrastauflösung des menschlichen Auges, eines Std.-CCD-Chips und eines High-Dynamic-Range-CMOS -Chips (HDRC)



□ Maximale Helligkeitsdynamik in einem Bild

- CCD: 2...3 Dekaden
- HDRC: 4...6 Dekaden
- Auge: 8...10 Dekaden

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.11 ©Konen, Zielke

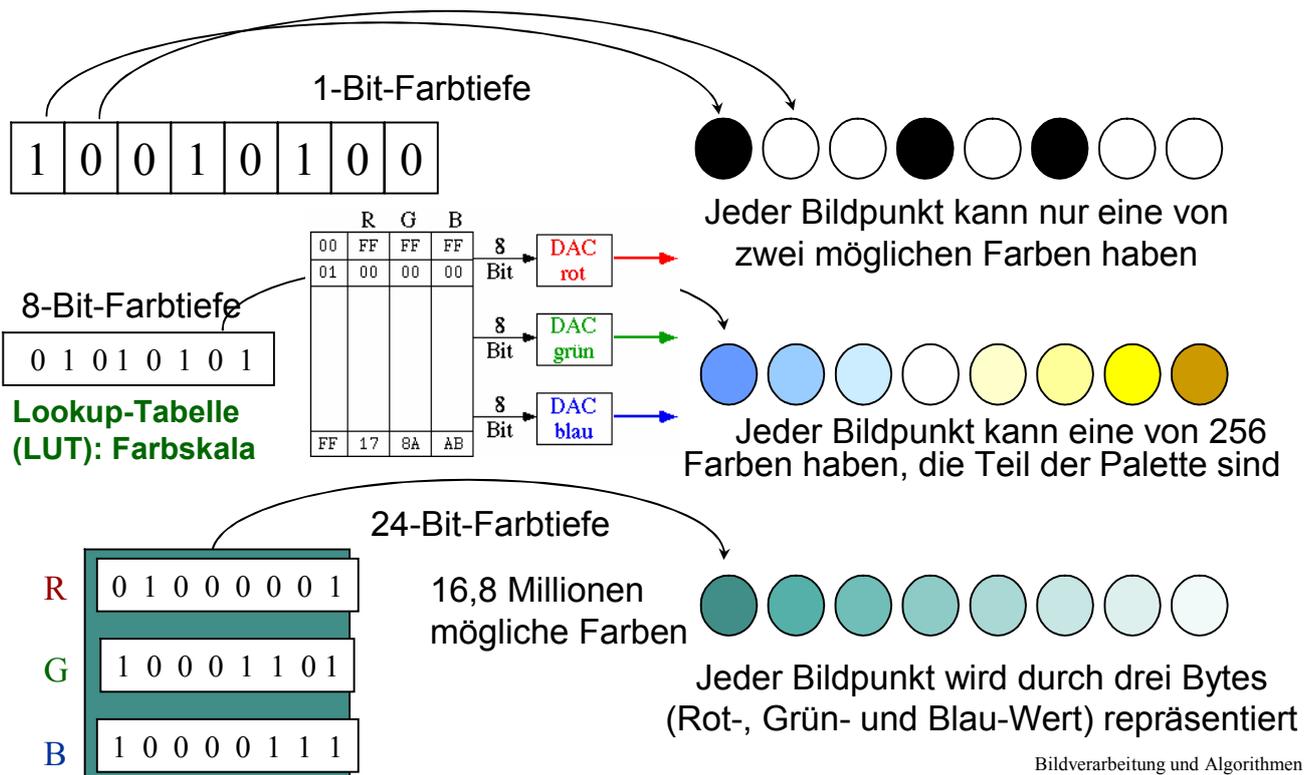
Inhalt

- Erzeugung digitaler Bilder
- **Repräsentation von Bilddaten**
- Speicherung von Bilddaten

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.12 ©Konen, Zielke

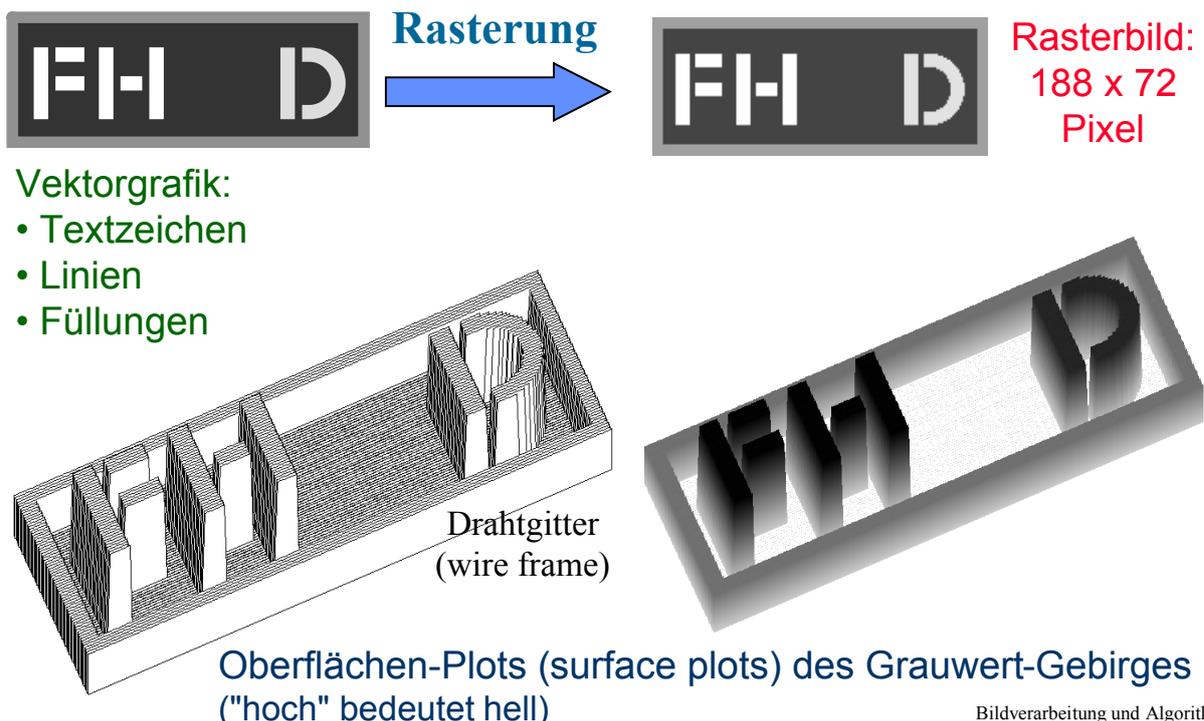
Darstellung von Rasterbildern im Speicher

Bitmuster repräsentieren die Pixel-Farben



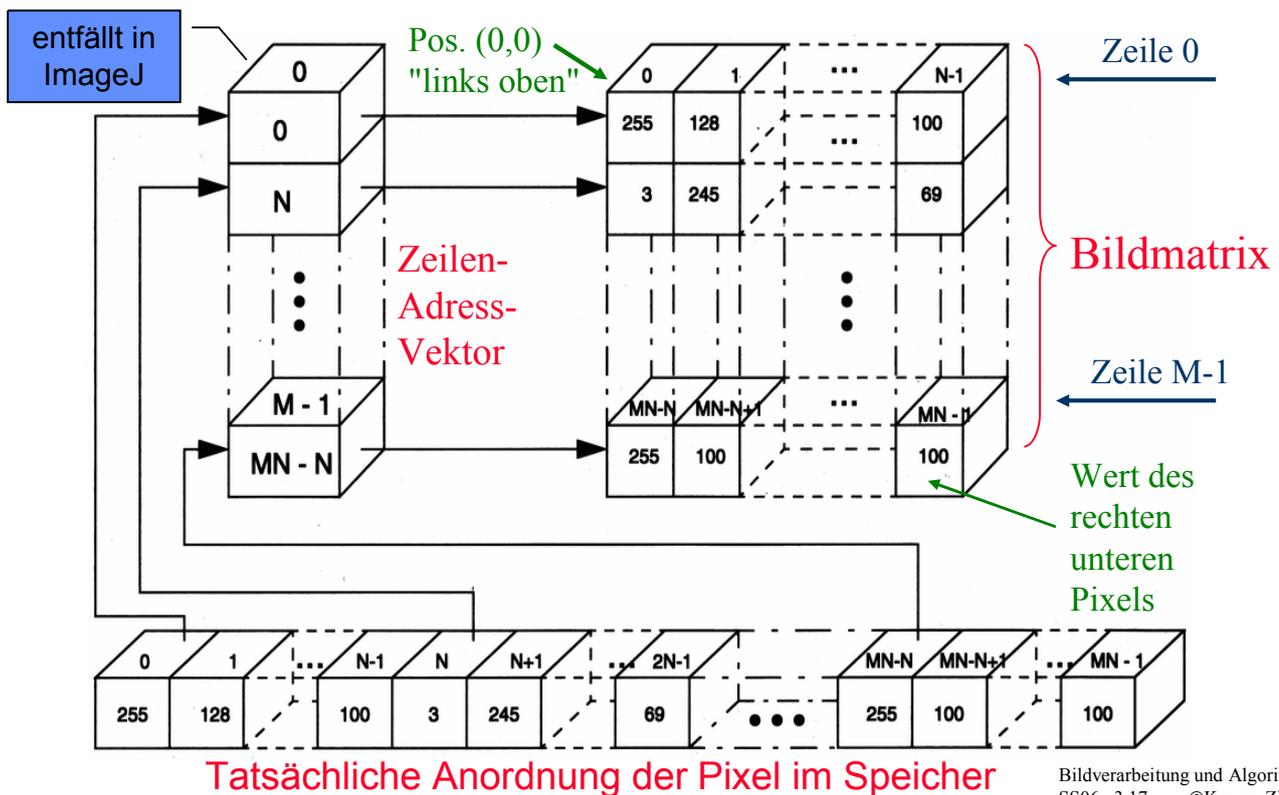
Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.13 ©Konen, Zielke

Verschiedene Darstellungsformen der selben Bildinformation (1)



Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.14 ©Konen, Zielke

Bilddaten-Organisation im Hauptspeicher z.B. bei dem Programmpaket ImageJ



Klasse ImageProcessor in ImageJ (Definitionen in der Programmiersprache Java)

```

package ij.process;

public abstract class ImageProcessor {
    ...
    int width;
    int height
}

public class ByteProcessor extends ImageProcessor {
    protected byte[] pixels;
    ...
}
    
```

Programmbeispiel

"Binarisierung"

```

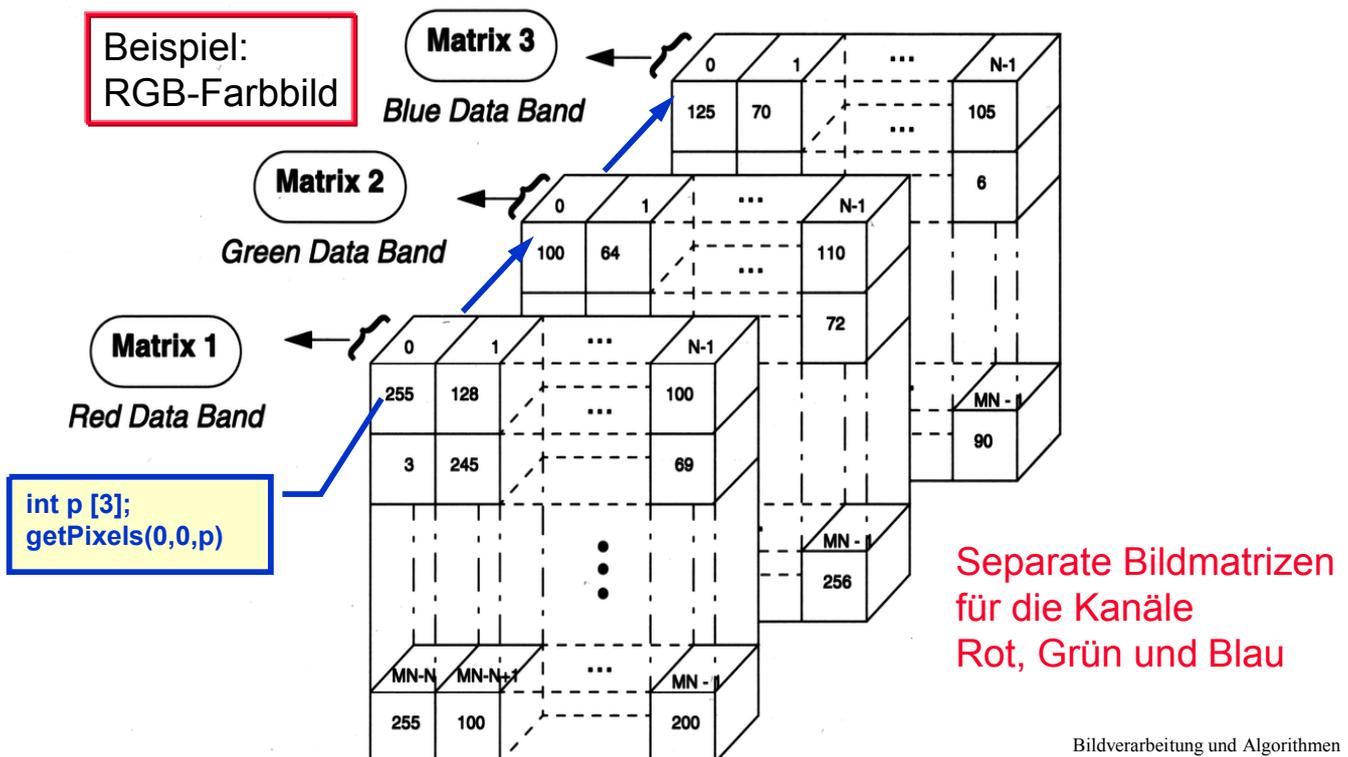
import ij.*;
import ij.process.*;
int white = 255;
int black = 0;
int threshval = 54;

void run(ImageProcessor ip) {
    for (r=0; r < no_of_rows; r++) {
        for (c=0; c < no_of_cols; c++) {
            int p = ip.getPixel(r,c);
            ip.putPixel(r,c,black);
            if (p > (byte) threshval)
                ip.putPixel(r,c, white);
        }
    }
}

```

Kern des Algorithmus:
 "gehe durch die gesamte Bildmatrix und setze alle Pixel, die heller als der Schwellwert sind auf weiß, die anderen auf schwarz"

ImageJ Datenstruktur für mehrkanalige Bilder: ColorProcessor



- Erzeugung digitaler Bilder
- Repräsentation von Bilddaten
- Speicherung von Bilddaten**



Welche Dateiformate für Bilder kennen Sie? Was wissen Sie über diese Formate?

Dateiformate zur Archivierung von Bildern auf Externspeichern Raster/Bitmap-Formate (1)

- GIF - Graphics Interchange Format (CompuServe)
 - meistverbreitetes Grafikformat im Internet
 - technisch gleichwertig und lizenzmäßig besser: **PNG** (Portable Networks Graphics)
 - LZW-Kompression (spezielle verlustfreie Lauflängen-Codierung (benannt nach den Entwicklern Lempel, Ziv und Welch):
 - ◆ bis ca. 5:1, bei nur einer Farbe bis ca. 30:1
 - ◆ 256 Farben (neue Version: 16 Millionen Farben)
 - ◆ bewegte Bilder möglich (animated GIF)
 - Lokale Farbskala:
Definition für einzelnes Bild möglich (Vorrang gegenüber globaler Farbskala)
 - Daten:
sequentieller Modus oder "interlaced mode"
(gestattet Gesamtbildarstellung, bevor das File vollständig übertragen ist)

Dateiformate zur Archivierung von Bildern auf Externspeichern Raster/Bitmap-Formate (2)

- TIFF-Format
(Tagged Image Format, Firma Aldus Cooperation)
 - eines der wichtigsten Formate
 - hohe Flexibilität - komplizierter Aufbau
 - optionale Komprimierung (nach den Methoden Run-Length-Codierung, LZW, JPEG, Human)
 - Speicherung mehrerer Bilder in einer Datei möglich
- BMP-Format
(Bitmap von MS-Windows)
 - optionale Kompression
 - RGB-Farbmodell
 - Farbtabelle:
je Eintrag 4 Byte (R,G,B,leer)
 - Bilddaten: Zeilenweise Speicherung (letzte Zeile zuerst, Zeilenlänge muß Vielfaches von vier sein)

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.23 ©Konen, Zielke

Dateiformate zur Archivierung von Bildern auf Externspeichern Raster/Bitmap-Formate (3)

- JPEG-Format
(Joint Photographic Expert Group Format)
 - stark verbreitetes Format im Internet
 - Transformation in den YUV-Farbraum
 - verlustbehaftetes Kompressionsverfahren (Artefakte bei Strichzeichnungen, Kompression bis ca. 20:1)
 - 24 Bit-Farbtiefe (16 Millionen Farben)
 - sehr gut geeignet für Graustufen- und Farbbilder aller Farbtiefen
 - ungeeignet für S/W-Bilder (höhere Datenmenge als bei GIF-Bildern)

Bildverarbeitung und Algorithmen
SS06 3.24 ©Konen, Zielke



Exit-Point

Datenstrukturen für digitale Bilder (1)

In Abhängigkeit von Bildeigenschaften (z.B. Zeichnungen oder Grauwertbild), Bildverarbeitungsalgorithmen, Speicherkapazität usw. werden angepasste Datenstrukturen verwendet:

Pixel-Matrix

- Speicherung der kompletten Bildmatrix
- einfacher direkter Zugriff zu jedem Pixel
- keine spezielle Unterstützung von Verarbeitungsalgorithmen
- keine Bildkompression

Lauflängencodes

- Für jede Zeile Speicherung von Paaren (Anzahl gleichwertiger Pixel, Bildfunktionswert)
- Bildkompression
- Codierung von topologischen Strukturen möglich (z.B. Zusammenhangskomponenten mithilfe einer übergeordneten Graphenstruktur)

Datenstrukturen für digitale Bilder (2)

- Richtungscode
 - Speziell zur Darstellung von Linienzügen (Konturen) in Binärbildern
 - Bildkompression
 - Unterstützung von Algorithmen (z.B. Berechnung von Fläche und Länge, Transformationen)
- Baumstrukturen
 - Quad-Tree:
 - ◆ rekursive Zerlegung des Bildes in vier Teile, solange Bildteil inhomogen ist (Blätter = homogene Quadranten)
 - Pyramiden:
 - ◆ Speicherung eines Bildes mit der Kantenlänge $N = 2^k$ in $k + 1$ Ebenen wachsender Auflösung
 - Kompression und Unterstützung von Auswerte-Algorithmen

Datenstrukturen für digitale Bilder (3)

- Vektorbilder
 - Speicherung der parametrischen Beschreibung von Bildelementen (z.B. Polygone) und deren charakterisierenden Attribute (z.B. Füllfarbe von Flächen)
 - Kompakte Darstellung
 - Effektive und genaue Ausführung von Bildtransformationen (insbesondere geometrischen) und anderen Verarbeitungsschritten
- Zellenkomplexe
 - Speicherung der Topologie und Geometrie durch Bildelemente unterschiedlicher Dimension (Verzweigungspunkte, Linien, homogene Flächen)
 - Kompression von segmentierten Bildern
 - Unterstützung der Bildanalyse