

Bildverarbeitung

Digitale Bilder

Werner Backfrieder

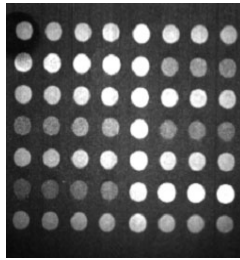
Backfrieder-Hagenberg

cDNA Arrays auf Glas

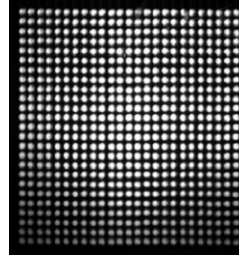
- Glas Arrays
 - Bis zu 40.000 Proben pro Halter, oder 5.000 pro cm² Fläche
 - Fluoreszierende Target
 - Spezialisierter Scanner

Backfrieder-Hagenberg

Ink Jet Spot Deposition Results



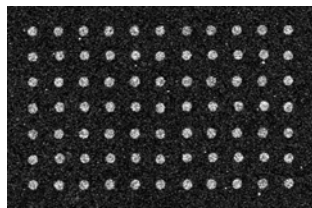
Volume per spot: 250 nl
Spot size: 1100 μm
Spot density: 70/cm²



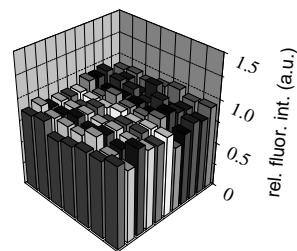
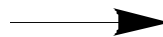
Volume per spot: 0.5 nl
Spot size: 115 μm
Spot density: 4800/cm²

Backfrieder-Hagenberg

Typical Pin Spot Deposition Microarray Results



7x11 microarray consisting of identical Cy5-BSA spots (pitch 500 μm)



Typical CV: $\leq 5\%$

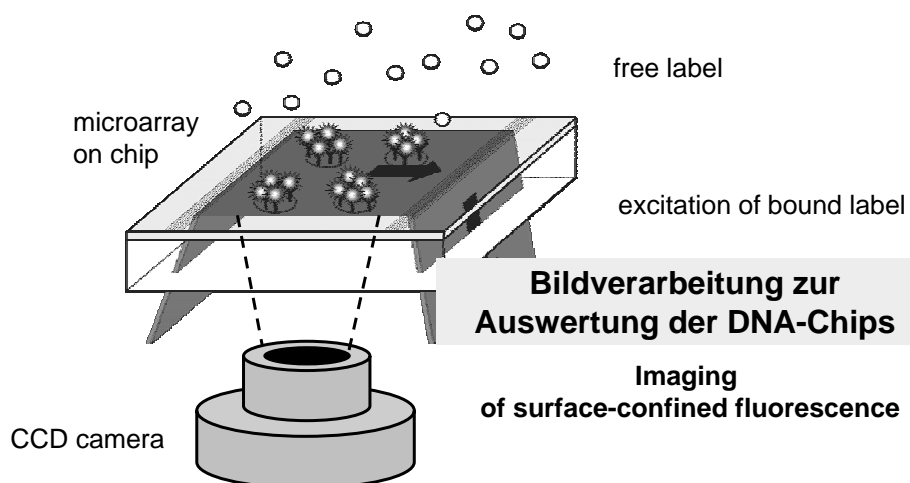
Backfrieder-Hagenberg

Auslesen der Arrays

- Laser Scanner
 - Sehr gute örtliche Auflösung
 - Gute Empfindlichkeit, aber Gefahr des Ausbleichens der fluoreszierenden Farbstoffe
 - derzeit eher langsam
- CCD Scanner
 - örtliche Auflösung an der Grenze
 - Sensitivität variabel (Aufnahmezeit)
 - Schneller und billiger als Laser
- Raw-Daten bilden Fluoreszenz ab

Backfrieder-Hagenberg

CCD-Scan eines Micro-Arrays



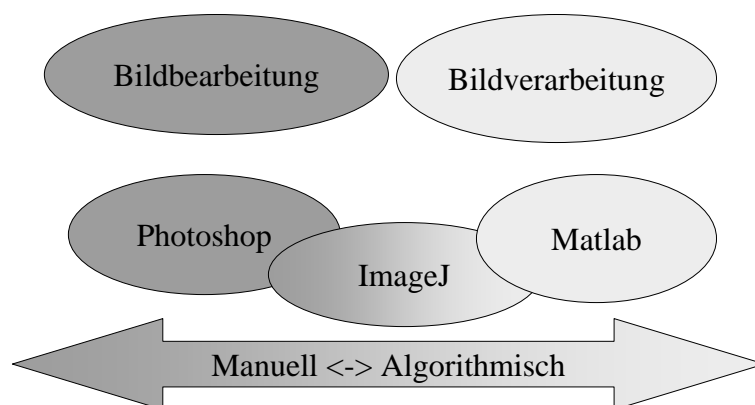
Backfrieder-Hagenberg

Bildverarbeitung

- Computer-Graphik
- Bildbearbeitung
 - manuell, semi-automatisch
 - gestalterisch
 - Setzen von Parametern
- Bildverarbeitung
 - algorithmische Verarbeitung,
 - Automatisierung angestrebt
 - Transformation, Verbesserung

Backfrieder-Hagenberg

Kontext



Backfrieder-Hagenberg

Grauwertbilder: Modell

- physikalisch
 - materialbedingte Reflexion von Lichtquanten (-wellen) wird als Helligkeit wahrgenommen
 - reflektierte Intensität bestimmt den Helligkeitswert (=Grauwert)
 - Grauwertspektrum: von *schwarz über Graustufen bis weiß*.
 - z.B. Scanner: reflektiertes Licht wird durch Photodiode in Strom umgewandelt, Stromstärke proportional zum Grauwert

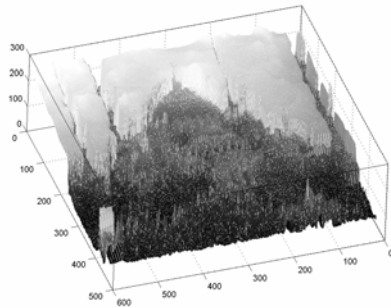
Grauwertbild: Modell

- mathematische Formulierung
 - jedem Punkt (x,y) wird ein Grauwert zugeordnet
 - skalare Funktion in zwei Variablen (Koordinaten)

$$f : R^2 \rightarrow R, \quad z = f(x, y)$$

- z ... Grauwert (Skalar)
- (x,y) Koordinaten des Punktes
 - $x \in [0,B]$, $y \in [0,H]$, B...Breite, H...Höhe
- Koordinatensysteme:
 - Ursprung LO Bildschirmkoordinaten
 - Ursprung LU mathematische Koordinaten

Darstellung skalarer Funktionen (Bilder)



Reliefdarstellung

Grauwert- oder
Falschfarbendarstellung

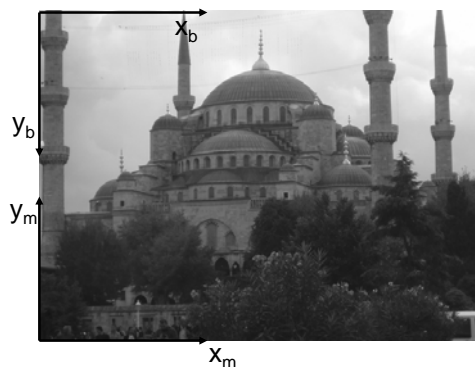


Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder

Koordinatensysteme

Bildschirmkoordinaten (x_b, y_b) , Ursprung links oben (LO), wird auch für Matrizespeicherung in Zeilen und Spalten verwendet.



Relationen :

$$x_m = x_b$$

$$y_m = H - y_b$$

H ... Bildhöhe

Mathematisches Koordinatensystem (x_m, y_m) , Ursprung linke untere Ecke (LU)

Digitale Signal & Bildverarbeitung

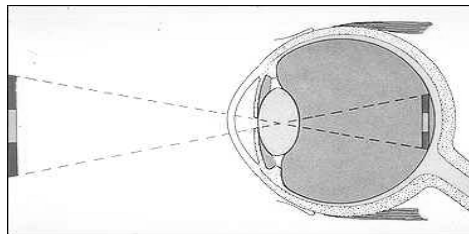
Werner Backfrieder

Problem

- mathematische Formulierung $f(x,y)$ besitzt „unendlich“ viele Bildpunkte
- Graustufen kontinuierlich => „unendlich“ viele Graustufen
- => computergestützte Verarbeitung benötigt bestimmte Digitalisierung (Quantisierung) der Bildinhalte
- Unsere Wahrnehmung benützt eine „biologische“ Digitalisierung

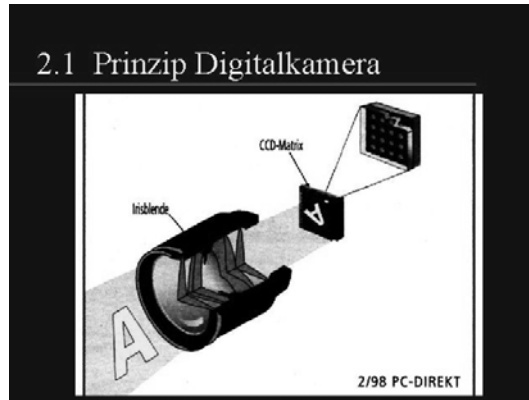
Auge

- Abbildungssystem bestehend aus:
Hornhaut, Linse, Netzhaut (Stäbchen=Grau-Sehen,
Zäpfchen=Farb-Sehen)



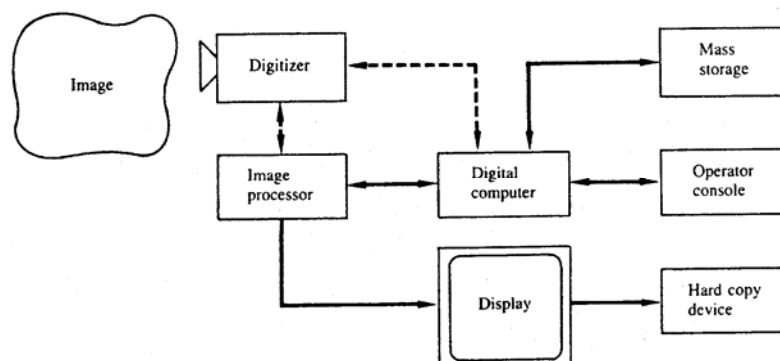
Digitale Kamera

- Digitalisierung eines Bildes durch CCD-Array (Charge coupled device)



Backfriedler-Hagenberg

Digitales Abbildungssystem



Backfriedler-Hagenberg

Sampling

- Digitalisierung
- Örtliche Digitalisierung
 - Bildwerte werden auf (un)regelmäßigem Gitter gespeichert (örtliche Auflösung)
- Quantitative Digitalisierung
 - Bildwert wird quantisiert, d.h. Speichertiefe wird festgelegt
 - 8 Bit Grauwert, 24 Bit Farbe, ...

Backfrieder-Hagenberg

Wie oft abtasten?

- Nyquist'sches Sampling Theorem:

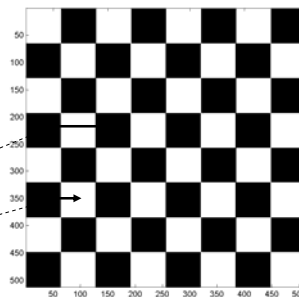
Um ein Bild ohne Informationsverlust zu digitalisieren, muss die Abtastfrequenz doppelt so hoch wie die Grenzfrequenz gewählt werden.

Erklärung

- $f=1/T$
 - F ... Frequenz
 - T ... Periodendauer(Abstastintervall)
- $f_N=1/(2 \cdot T)$
 - Nyquistfrequenz

kleinste Periode

Abtastintervall



Digitalisierung/2

- Quantisierung (Werte-Digitalisierung)
 - zB. Stromstärke der Photodiode wird im AD-Wandler in einen digitalen Wert umgeformt
 - kontinuierlicher Wert auf einen Wertebereich der Basis 2 abgebildet.

$$[f(x_i, y_j)] \rightarrow \sum_{k=0}^K a_k \cdot 2^k$$

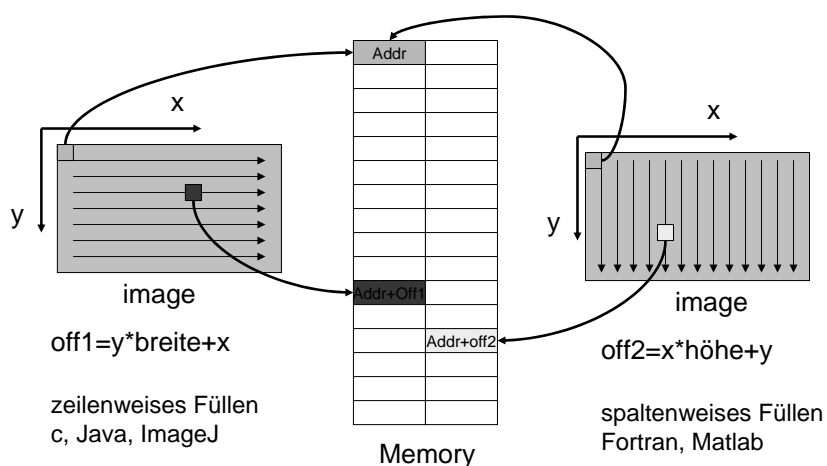
- [z] größte ganze Zahl $< z$
- $K=0$ binäres Bild 2 Werte {0,1} oder SW
- $K=7$ 8 Bit Grauwerte [0,255]
- $K=15$ 16 Bit Grauwerte [0,65535]
- Farbbild Vektor mit 3 Farbkanälen (R,G,B) mit 8 Bit/Kanal

Datenstrukturen

- Aufgrund der Anordnung auf einem regelmäßigen Gitter ist die Position eines Bildpunktes definiert durch:
 - Ausdehnung des Bildelements ($\Delta x, \Delta y$)
 - Anzahl der Bildelemente in horizontaler (Breite) und vertikaler Richtung (Höhe)
 - Index bei zeilen- oder spaltenweiser Anordnung
 - => Positionsdaten redundant
- Mindestanforderung für Persistierung
 - Header-Information: Pixeldimension, Höhe, Breite, Speichertiefe
 - Raw-Data: Pixelstream

Bildelement = Picture Element = Pixel

Datenstrukturen/2



Speicheraufwand

- Seite A4 (21x 29,9 cm²)
- 300dpi

- RGB
- $21/2,54 * 300 * 29,9/2,54 * 300 * 3 \sim 25\text{MB}$
- 8Bit Grauwert $\sim 8,5\text{MB}$
- Binary (Schrift) $\sim 1\text{MB}$

Operatoren auf Bilder

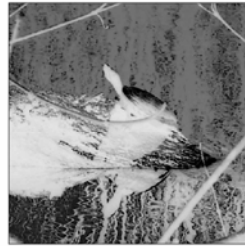
- Folgende Operatoren werden pixel-weise angewandt
- Arithmetisch: $p+q$, $p-q$, $p*q$, p/q
- Logisch: $p \text{ AND } q$, $p \text{ OR } q$, $\text{NOT } q$, $p \text{ XOR } q$

Beispiel 1

Kontrastinversion durch Subtraktion von einem Skalar



A



$A1=(\max(A)-A)$

Beispiel 2

Bildaufhellung durch Multiplikation mit einem Skalar. Untenstehende Grauwerteskala stellt die Pixelwerte aus dem Bereich 0 bis 64 linear dar.



A



$A1=A*1.5$

Beispiel 3

Überblenden durch Addition



A



B

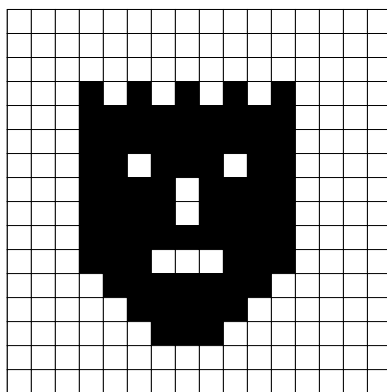


$C=A+B$

Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder

Beispiel 4

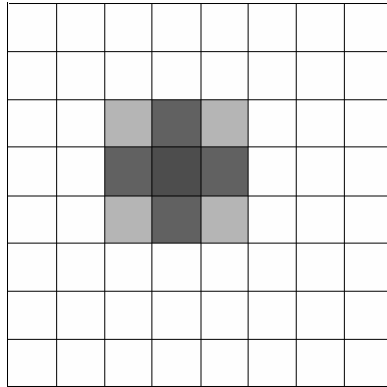


A	B	AxorB
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder

Nachbarschaftsrelationen

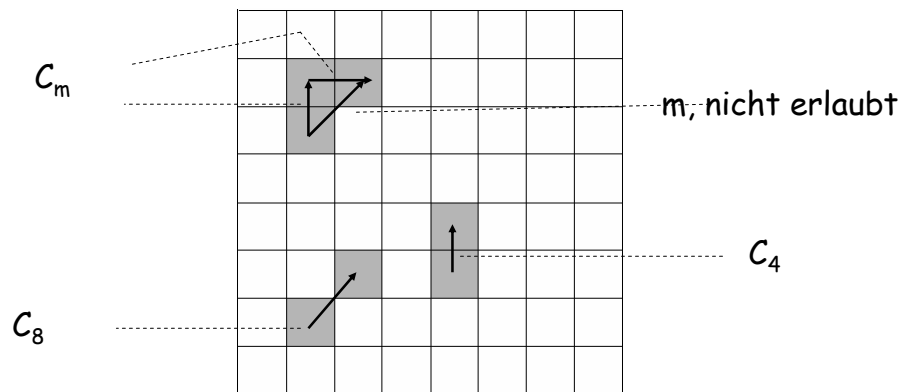


Pixel q
Vierer-Nachbar N_4
Diagonal-Nachbar N_D
 $N_8 = N_4 + N_D$

Nachbarschaftsrelationen (Connectivity)

- C_4
 - p, q in V und q ist 4er Nachbar von p
- C_8
 - p, q in V und q ist 8er Nachbar von p
- mixed
 - p, q in V , q in $N_4(p)$ oder q in $N_D(p)$ sowie $C_4(p)$ und $C_4(q)$ schneiden sich nicht

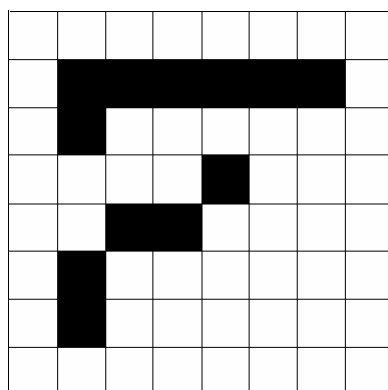
Connectivity



Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder

Pfade



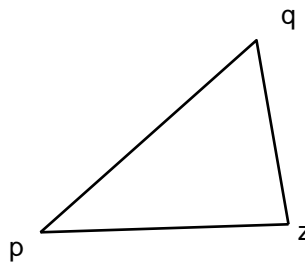
Zwischen Pixel p und q existiert ein Pfad, wenn eine Folge von Pixeln existiert, die bei vorgegebener Connectivity beide Pixel verbindet.

Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder

Abstand-Bedingungen

- Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, um einen Abstand zwischen den Pixeln p und q zu definieren:
- $d(p,q) \geq 0$;
- $d(p,q) = d(q,p)$
- $d(p,q) \leq d(p,z) + d(z,q)$
 - „Dreiecksungleichung“

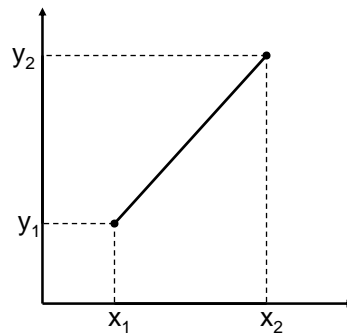


Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder

Abstands-Normen

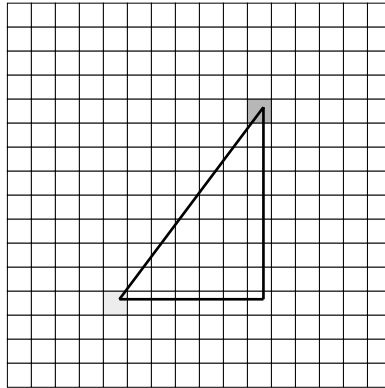
- Euklid
 $d = ((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2)^{1/2}$
- Manhattan
 $d = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$
- Schachbrett
 $d = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|)$



Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder

Beispiel: Abstandsnormen



Euklid=10pix

Manhattan=14pix

Checkerboard=8pix

Take Home Message

- komplexe Auswertung von DNA-Spotts
- Grauwertbild
- Digitalisierung (örtlich und quantitativ)
- Speichermodell für Bilder
- Operatoren auf digitale Bilder
- Nachbarschaftsrelationen (Pfade, Abstandsmaße)