

# Bildverarbeitung

Digitale Bilder

Werner Backfrieder

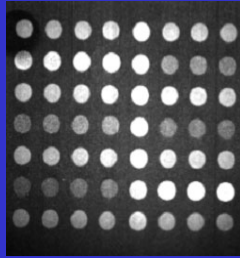
Backfrieder-Hagenberg

# cDNA Arrays auf Glas

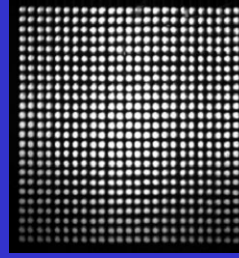
- Glas Arrays
  - Bis zu 40.000 Proben pro Halter, oder 5.000 pro cm<sup>2</sup> Fläche
  - Fluoreszierende Target
  - Spezialisierter Scanner

Backfrieder-Hagenberg

# Ink Jet Spot Deposition Results



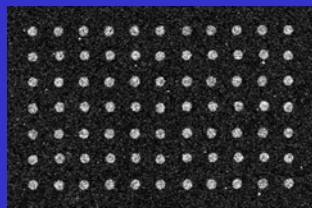
Volume per spot: 250 nl  
Spot size: 1100  $\mu\text{m}$   
Spot density: 70/cm<sup>2</sup>



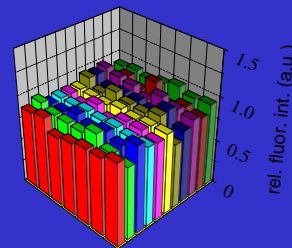
Volume per spot: 0.5 nl  
Spot size: 115  $\mu\text{m}$   
Spot density: 4800/cm<sup>2</sup>

Backfrieder-Hagenberg

# Typical Pin Spot Deposition Microarray Results



7x11 microarray consisting of identical Cy5-BSA spots (pitch 500  $\mu\text{m}$ )



Typical CV:  $\leq 5\%$

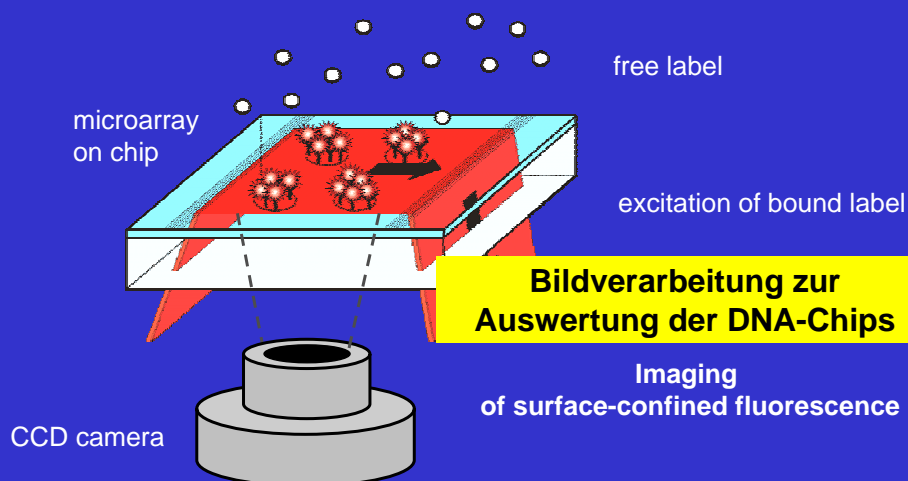
Backfrieder-Hagenberg

## 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

Backfriedler-Hagenberg

## CCD-Scan eines Micro-Arrays



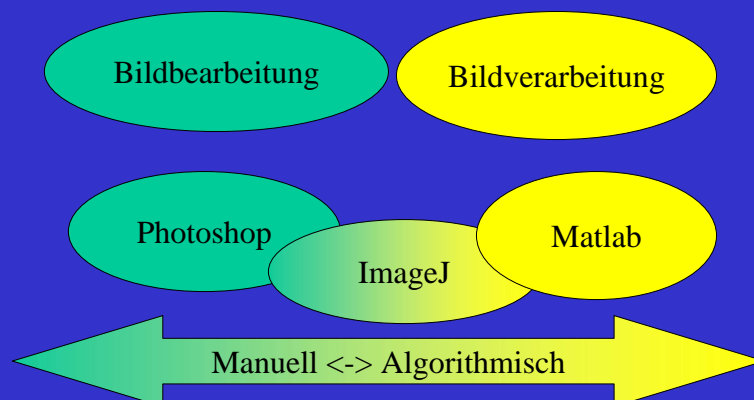
Backfriedler-Hagenberg

# 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

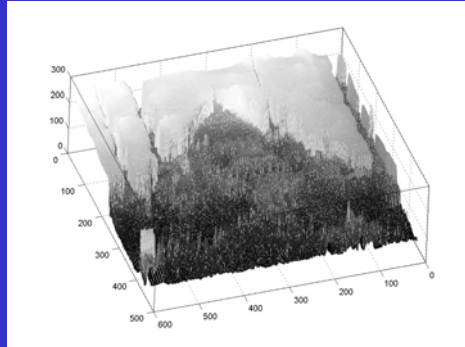
## Grauwertbild: Modell

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

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

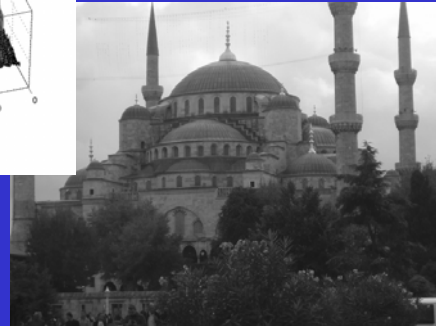
- z ... Grauwert (Skalar)
- (x,y) .... Koordinaten des Punktes
  - $x \in [0, B]$ ,  $y \in [0, H]$ , B...Breite, H...Höhe
- Koordinatensysteme:
  - Ursprung LO Bildschirmkoordinaten
  - Ursprung LU mathematische Koordinaten

## Darstellung skalarer Funktionen (Bilder)



Reliefdarstellung

Grauwert- oder  
Falschfarbendarstellung



## Koordinatensysteme

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



Relationen :

$$x_m = x_b$$

$$y_m = H - y_b$$

H... Bildhöhe

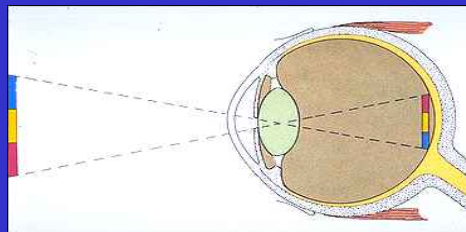
Mathematisches Koordinatensystem  $(x_m, y_m)$ , Ursprung linke untere Ecke (LU)

## 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

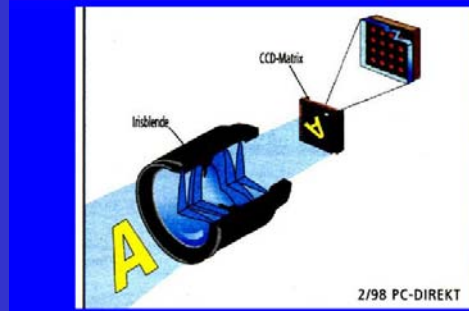
- Abbildungssystem bestehend aus:  
Hornhaut, Linse, Netzhaut (Stäbchen=Grau-Sehen,  
Zäpfchen=Farb-Sehen)



# Digitale Kamera

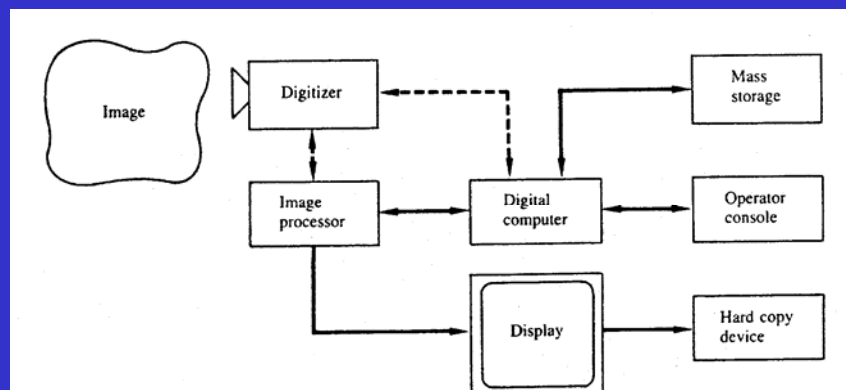
- Digitalisierung eines Bildes durch CCD-Array (Charge coupled device)

## 2.1 Prinzip Digitalkamera



Backfrieder-Hagenberg

# Digitales Abbildungssystem



Backfrieder-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:

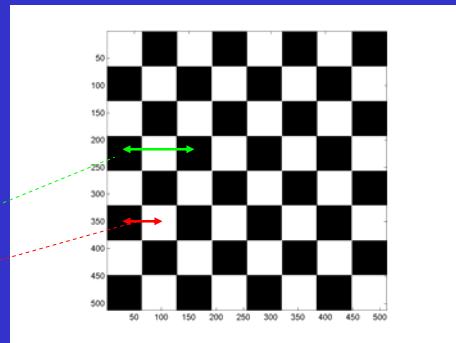
*Um ein Bild ohne Informationsverlust zu digitalisieren, muss die Abtastfrequenz doppelt so hoch wie die Grenzfrequenz gewählt werden.*

## 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.

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

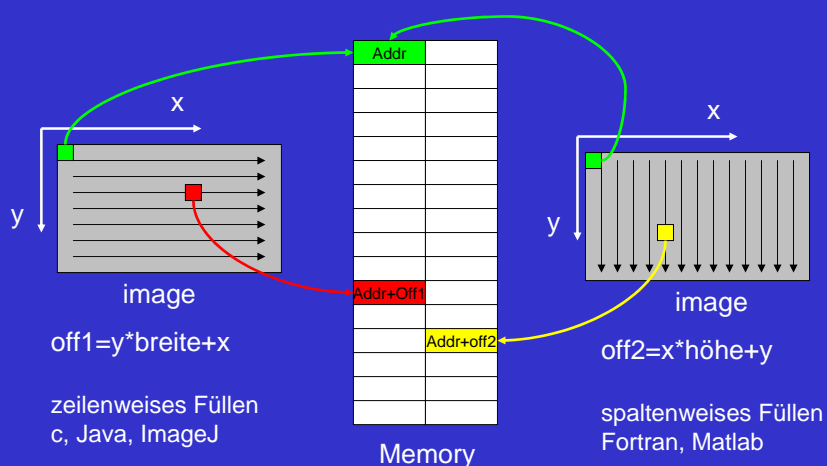
- [z] größte ganze Zahl  $< z$
- $K=0$  binäres Bild 2 Werte {0,1} oder SW
- $K=7$  8 Bit Grauwerte [0,255]
- $K=15$  16 Bit Grauwerte [0,65535]
- Farbbild Vektor mit 3 Farbkanälen (R,G,B) mit 8 Bit/Kanal

## 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 cm<sup>2</sup>)
- 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

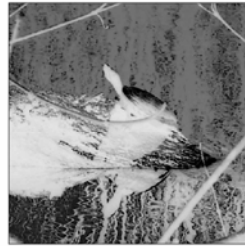
- Folgende Operatoren werden pixel-weise angewandt
- Arithmetisch:  $p+q$ ,  $p-q$ ,  $p*q$ ,  $p/q$
- Logisch:  $p \text{ AND } q$ ,  $p \text{ OR } q$ ,  $\text{NOT } q$ ,  $p \text{ XOR } q$

## 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

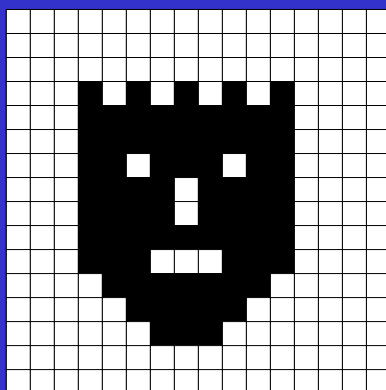


B



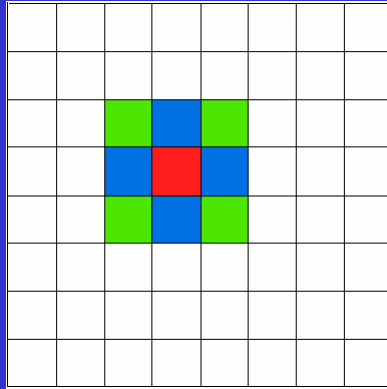
C=A+B

## Beispiel 4



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

## Nachbarschaftsrelationen

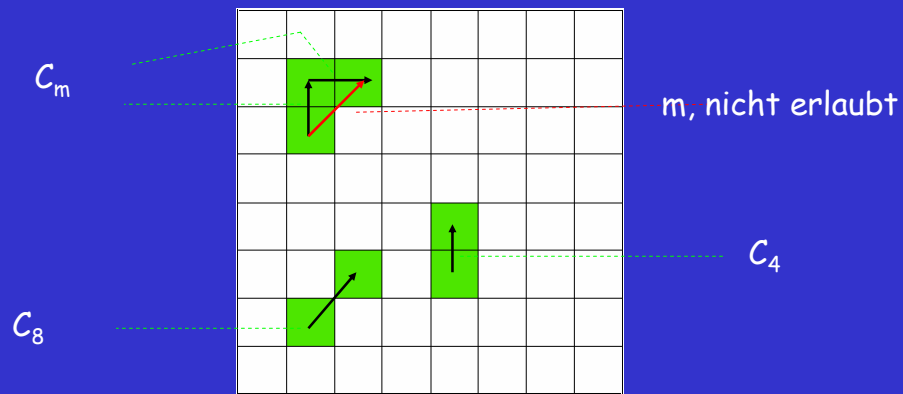


Pixel  $q$   
Vierer-Nachbar  $N_4$   
Diagonal-Nachbar  $N_D$   
 $N_8 = N_4 + N_D$

## 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

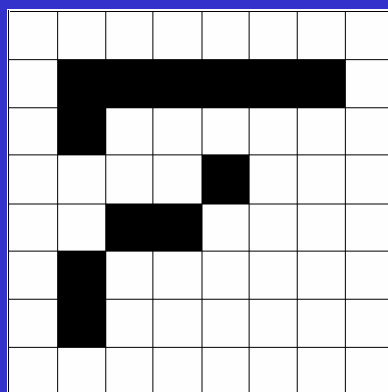
## Connectivity



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.

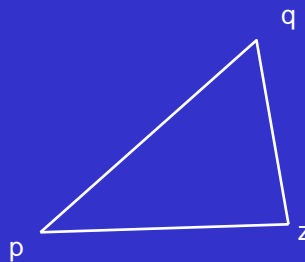
Digitale Signal & Bildverarbeitung

Werner Backfrieder



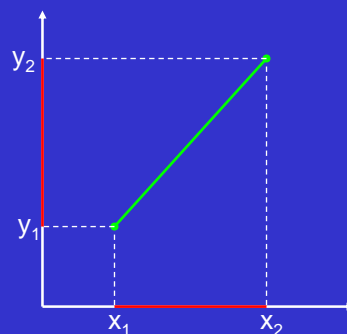
## Abstand-Bedingungen

- 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“

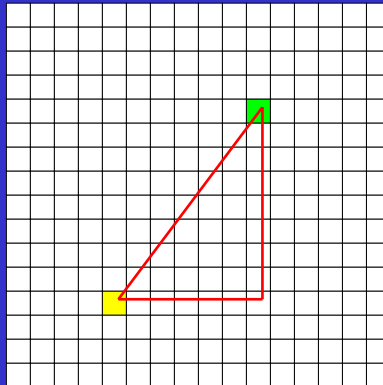


## Abstands-Normen

- **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**  
 $d = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|)$



## 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)