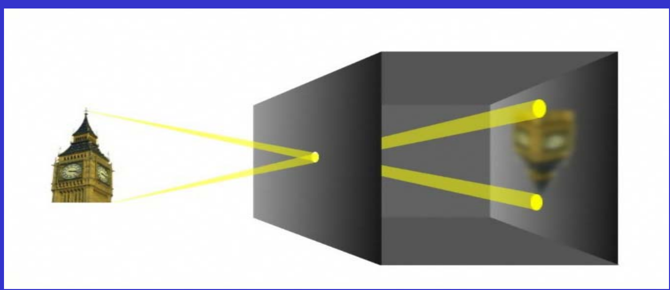
Digitalisierung

Vorlesung FH-Hagenberg
DSB

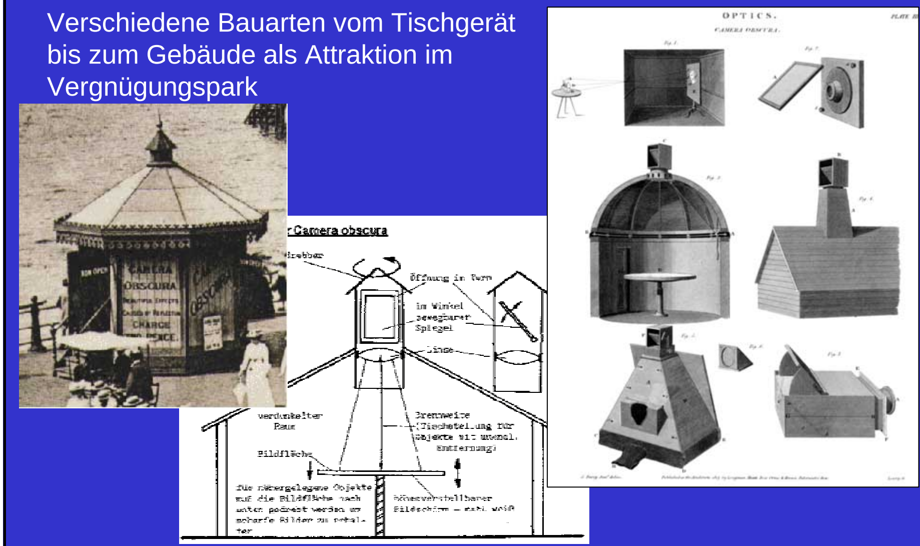
Abbildungssysteme

- Camera obscura einfachstes Abbildungssystem
- bekannt seit dem Altertum
- Licht fällt durch eine Lochblende in das Innere einer abgedunkelten Kammer (camera obscura)
- Objekt wird an der Hinterwand abgebildet



Camera Obscura, historisch

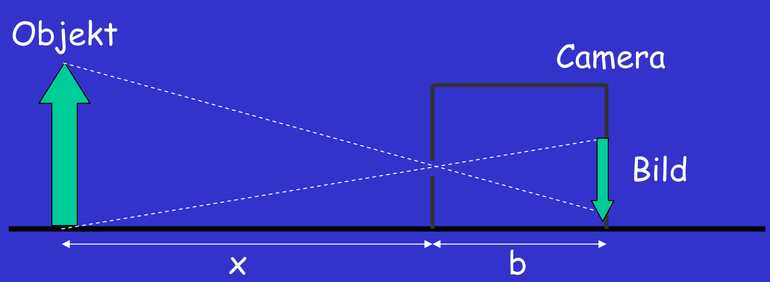
Verschiedene Bauarten vom Tischgerät bis zum Gebäude als Attraktion im Vergnügungspark



Abbildungssysteme

- Camera Obscura
  - Seit Altertum, Abbildung durch Lochblende, verkehrt und verkleinert

$$z_1 = \frac{b * z}{x}$$



Grauwertbilder: Modell

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

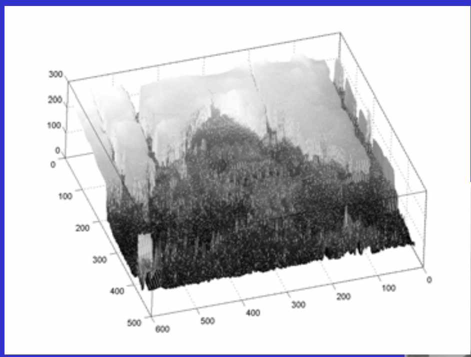
Grauwertbild: Modell

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

$$f : R^2 \to R, \qquad z = f(x, y)$$

  - z ... Grauwert (Skalar)
  - (x,y) .... Koordinaten des Punktes
    - x ∈ [0,B], y ∈ [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)

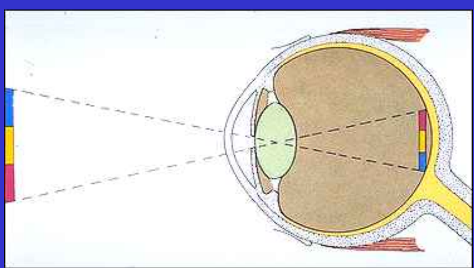
Problem

- 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)

Sampling

- Digitalisierung: kontinuierliches -> diskretes Modell
- Örtliche Digitalisierung
  – Funktionswerte *f* werden nur an bestimmten Positionen (x_i, y_j) berücksichtigt.
  – Bild *B* wird durch Menge von 3-fach Tupel beschrieben

$$B = \{(f_n, x_n, y_n) \mid f_n = f(x_n, y_n), x_n \in [0, x_{\max}], yn \in [0, y_{\max}], n \in [1, N]\}$$

  – Bildwerte werden üblicherweise in einem regelmäßigen Gitter *G* strukturiert
  –

$$X = \{x_i \mid x_i = i \cdot \Delta x, i \in [0, I-1]\}$$
$$Y = \{y_j \mid y_j = j \cdot \Delta y, j \in [0, J-1]\}$$
$$G = X \times Y$$

Wie oft abtasten?

- Nyqist‘sches Sampling Theorem:

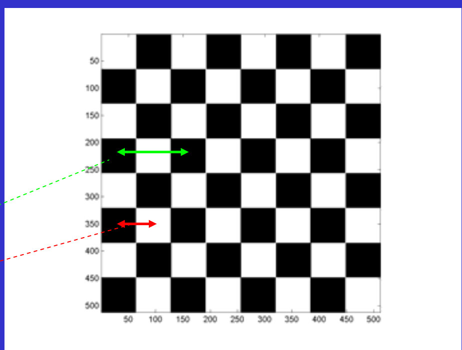
  Um ein Bild ohne Informationsverlust zu digitalisieren, muß die Abtast-frequenz doppelt so hoch wie die Grenzfrequenz gewählt werden.

Erklärung

- f=1/T
  - F ... Frequenz
  - T ... Periodendauer(Abtastintervall)
- $f_N=1/(2*T)$
  - Nyquistfrequenz

kleinste Periode

Abtastintervall



Digitalisierung/2

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

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

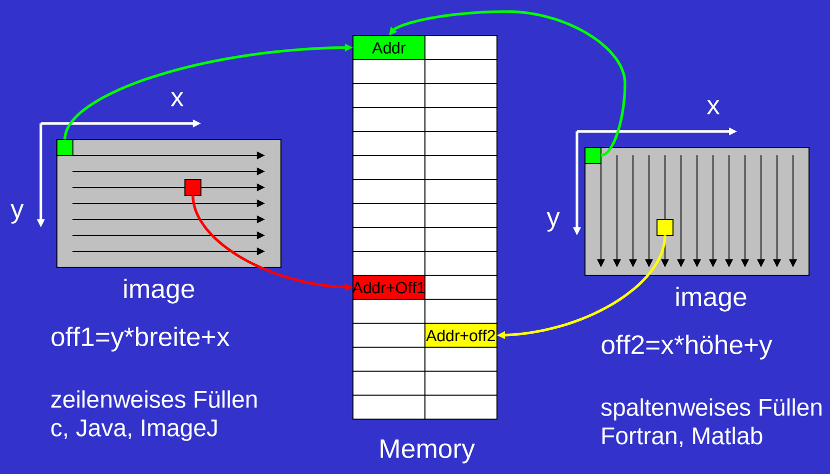
  - [z] größte ganze Zahl < z
  - K=0 binäres Bild 2 Werte {0,1} oder SW
  - K=7 8 Bit Grauwerte [0,255]
  - K=15 16 Bit Grauwerte [0,65535]
  - Farbbild Vektor mit 3 Farbkanälen (R,G,B) mit 8 Bit/Kanal

Datenstrukturen

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

Bildelement = Picture Element = Pixel

Datenstrukturen/2



Speicheraufwand

- Seite A4 (21x 29,9 cm^2)
- 300dpi

- RGB
- 21/2,54*300*29,9/2,54*300*3 ~ 25MB
- 8Bit Grauwert ~ 8,5MB
- Binary (Schrift) ~ 1MB

Operatoren auf Bilder

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

Anmerkung: Beispiele

Beispiel 1

Kontrastinversion durch Subtraktion von einem Skalar

A

A1=(*max*(A)-A)

Beispiel 2

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

A

A1=A*1.5

Beispiel 3

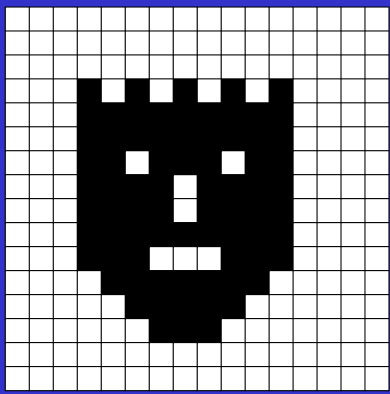
Überblenden durch Addition

A

B

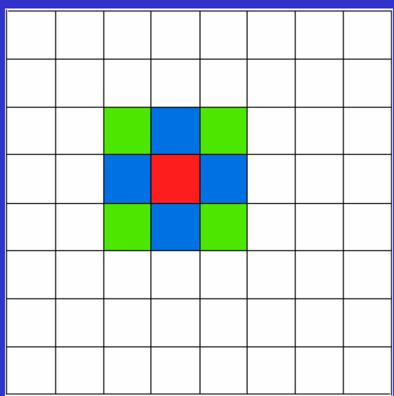
C=A+B

Beispiel 4



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

Nachbarschaftsrelationen

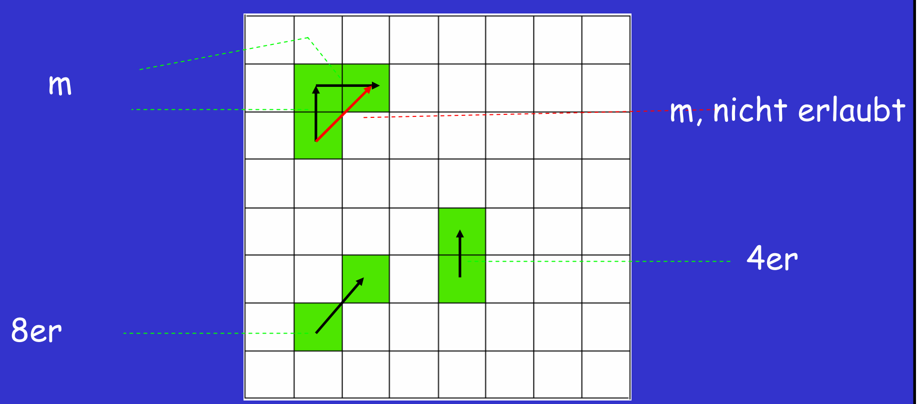


Pixel q
Vierer-Nachbar N_4
Diagonal-Nachbar N_D
$N_8=N_4+N_D$

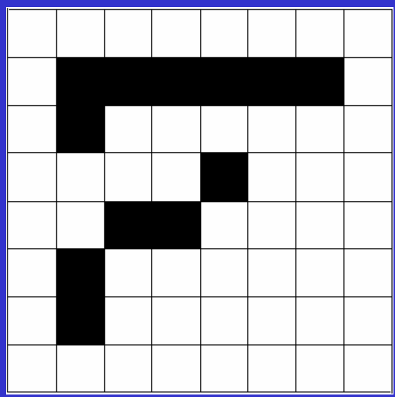
Nachbarschaftsrelationen (Connectivity)

- 4er
  - p,q in V und q ist 4er Nachbar von p
- 8er
  - 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 $N_4(p)$ und $N_4(q)$ schneiden sich nicht

Connectivity



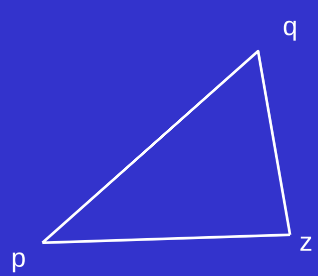
Pfade



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

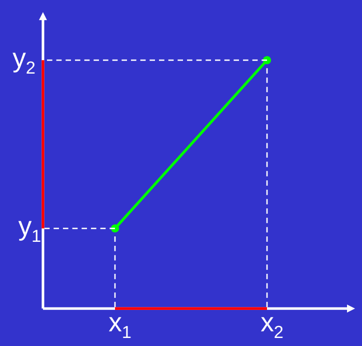
Abstand-Bedingungen

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

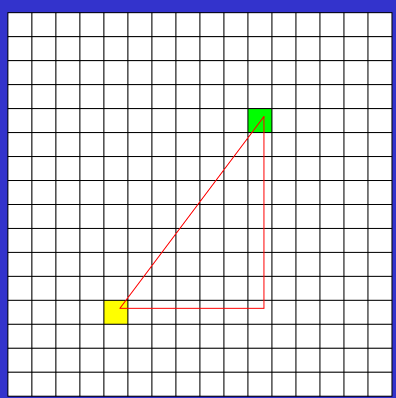


Abstands-Normen

- 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=14x

Checkerboard=8pix

Beispiel 4