

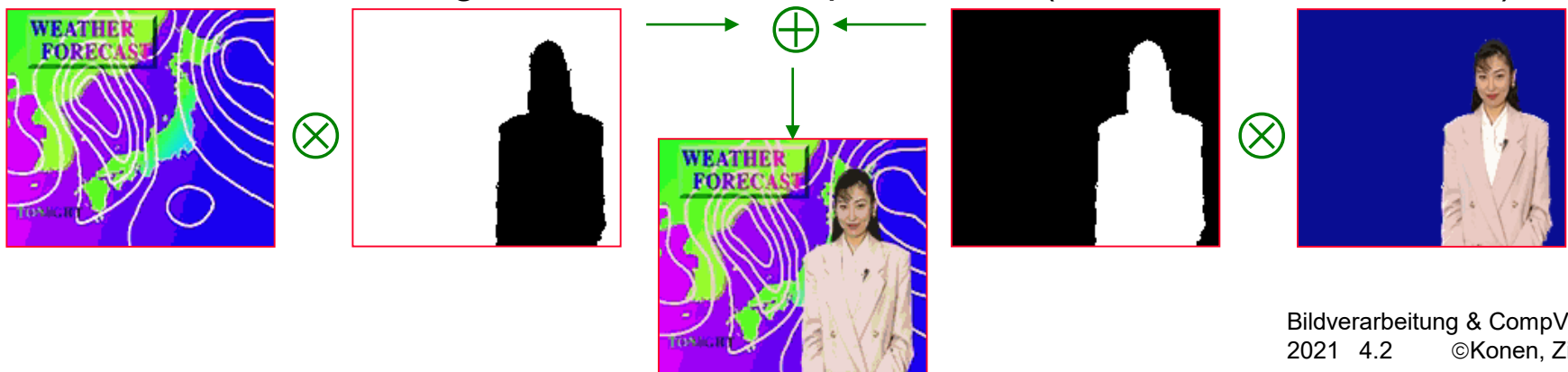
Bildverarbeitung und Computer Vision

Prof. Dr. Wolfgang Konen

Binärbildverarbeitung

Anwendungen von Binärbildern

- Ein Bild mit nur zwei Grau/Farb-Stufen nennt man **Binärbild**.
 - In der Regel werden Bildpunkte mit dem Wert Null (0) als Hintergrund und Bild-punkte mit dem Wert 1 (bzw. 255 bei 8-Bit-Bildern) als Objektpunkte betrachtet.
- Wichtige Anwendungen von Binärbildern sind:
 - Übertragung und Speicherung von Textdokumenten in Form von Rasterbildern (Fax, Archivierung von eingescannten Papierdokumenten).
 - Einfache Objektanalyse und Vermessungsaufgaben in der industriellen Bildverarbeitung.
 - Repräsentation bzw. Maskierung von Bildregionen bei der digitalen Bildverarbeitung und bei der Videoproduktion (z.B. Bluebox-Verfahren).





□ Wie kommt man vom Grauwertbild zum Binärbild?

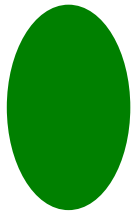
- schwierige Frage der Segmentierung, viele komplexe Ansätze. In einfachsten Fällen z.B. durch Schwellwert im Histogramm

□ Was wissen Sie über Histogramm?

- x-Achse: Grauwert, y-Achse: wie häufig dieser Grauwert vorkommt

Entstehung von Binärbildern (1)

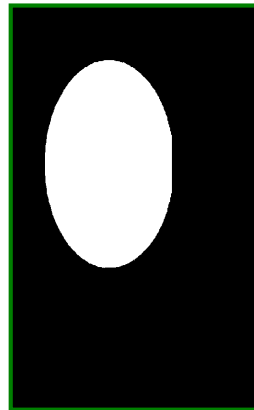
- Bei der digitalen Verarbeitung von Textdokumenten oder Zeichnungen werden die Rasterbilder oft direkt als Binärbilddateien erzeugt (i.d.R. mit Hilfe eines Scanners).
- Binärbilder entstehen auch als Zwischenergebnisse in komplexen Bildauswerteprozessen (**labeling**).
- Aus Grafikelementen erzeugt man Binärbilder durch Rasterung der Objektregionen. Anwendungsbeispiel: Bildmaskierung.



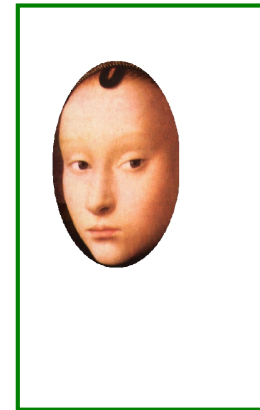
Grafisches
Grundelement



Positionierung



Binäre Maske



Maskiertes Originalbild

Entstehung von Binärbildern (2)

Binarisierung

- Als **Binarisierung** bezeichnet man die Anwendung einer **Schwelwert-Operation** auf ein Graustufenbild (**thresholding**):

Sei $B[i,j]$ ein Binärbild mit $i \in 0 \dots N-1$ (N Zeilen) und $j \in 0 \dots M-1$ (M Spalten), dann entsteht $B[i,j]$ aus einem Grauwertbild $G[i,j]$ und einem Schwellwert T durch die Operation :

$$B[i,j] = \begin{cases} 1 & \text{wenn } G[i,j] \geq T \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Alternativ kann die Schwelwert-Operation von zwei Schwellen

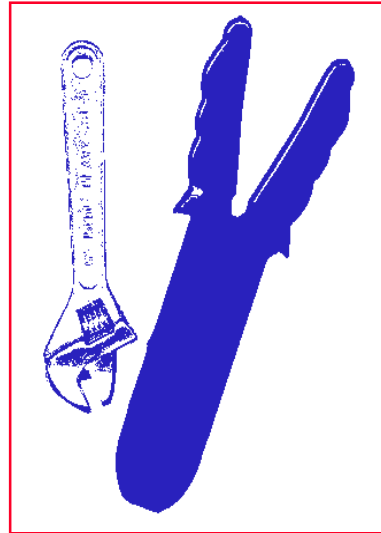
T_1 und T_2 abhängen:

$$B[i,j] = \begin{cases} 1 & \text{wenn } T_1 \leq G[i,j] \leq T_2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

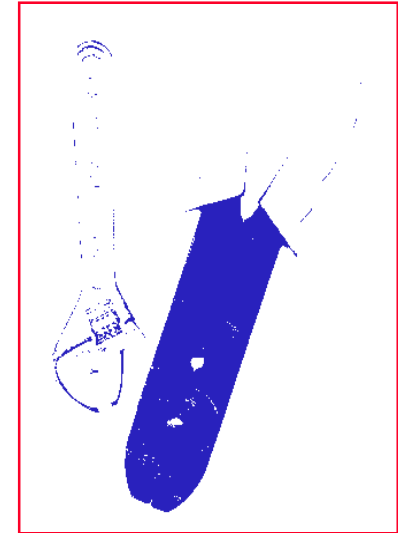
Beispiele für Schwellwert-Operationen (Binärwert "0" in Blau dargestellt)



Originalbild,
Grauwertbereich:
0...255

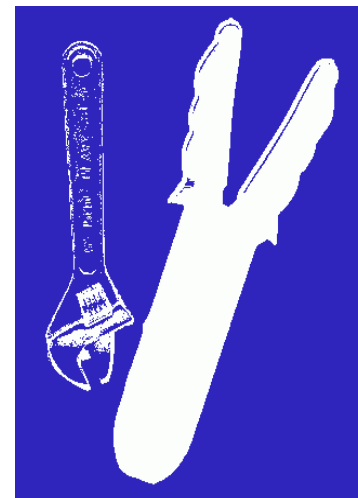
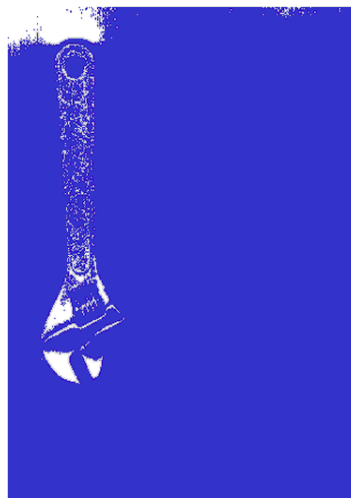


Binärbild
mit $T=48$



Binärbild
mit $T=21$

Binärbild mit
 $T_1=135$ und
 $T_2=255$



Binärbild mit
 $T_1=2$ und
 $T_2=48$

Helligkeithistogramm (1)

brightness histogram

- Ein Histogramm der Helligkeits- bzw. Intensitätswerte eines Bildes beschreibt die Häufigkeit mit der die einzelnen diskreten Intensitätsstufen im Bild vorkommen.
- Das Histogramm ist eines der einfachsten und wichtigsten statistischen Analyseverfahren in der Bildverarbeitung.

```
unsigned char image[480][640];
int histo[256];
int i, j, k;

for (k=0; k<256; k+=1)
    histo[k]=0; /* clear array */

for (i=0; i<480; i+=1)
    for (j=0; j<640; j+=1)
        histo[ image[i][j] ] += 1;
```

Algorithmus zur Berechnung eines Helligkeithistogramms in der Programmiersprache C. Das Bild hat max. 256 Graustufen im Bereich von 0 bis 255.

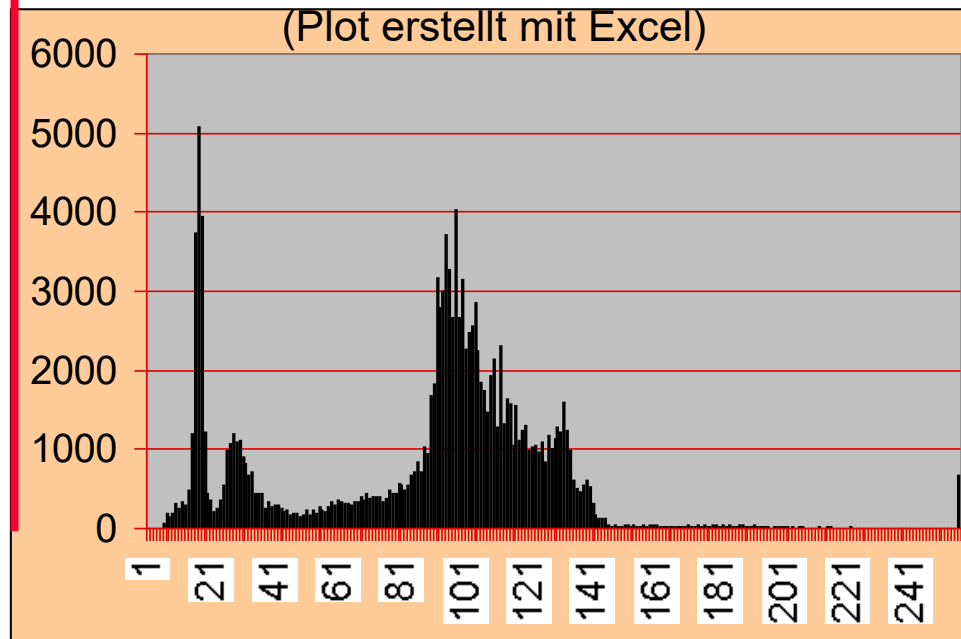
Helligkeitshistogramm (2)

Beispiel

Absolute Häufigkeit
der Intensitätsstufen

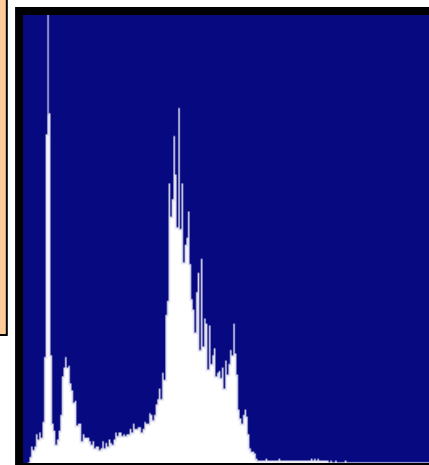
Helligkeitshistogramm von
"tools"

(Plot erstellt mit Excel)



Intensitätsstufen: 0...255

Original-
Grauwertbild
"tools"



Histogramm-
Ausgabe
von
CVIPtools

□ Aufgabe A.1. durchführen



□ Was kann man aus einem Histogramm alles ablesen?

- Belichtung
- Kontrast
- Dynamik (Anzahl genutzter Intensitätswerte)
- Bildfehler
 - ◆ Sättigung
 - ◆ Spitzen und Löcher

Schwelwert-Bestimmung zur Binarisierung von Grauwertbildern (1)

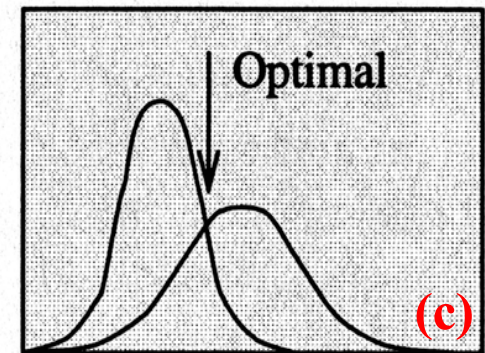
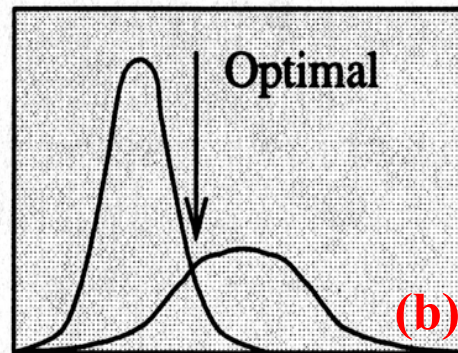
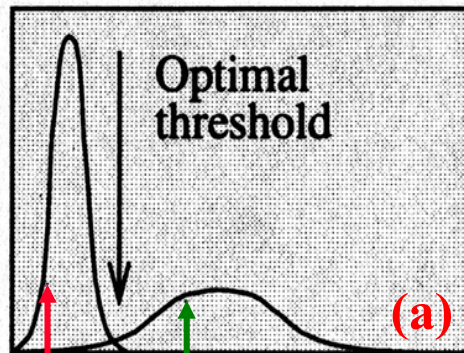
- Mit einem "idealen" Schwellwert sollte man **Objekt** und **Hintergrund** exakt trennen können → nur selten möglich.
 - ◆ zeigen an tools.jpg mit ImageJ
- Das Histogramm ist das wichtigste Hilfsmittel für die Bestimmung des "besten" Schwellwerts.
Zur **Histogrammanalyse** gibt es viele z.T. komplexe Verfahren.
- In Bildern von **natürlichen Szenen** (normale Lebensumgebungen von Menschen) können Objekte i.d.R. nicht durch Grauwertschwellen vom Hintergrund unterschieden werden!

Schwelwert-Bestimmung zur Binarisierung von Grauwertbildern (2)

□ In Bildern von künstlichen Szenen können Objekte mit homogenen Oberflächen oft durch eine Schwellwertoperation getrennt werden.

- Übliche Annahme: Die Helligkeitsverteilungen sowohl der Objekte als

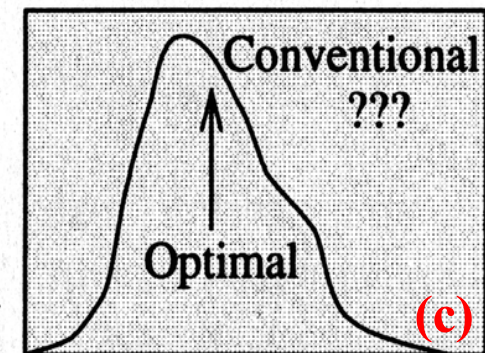
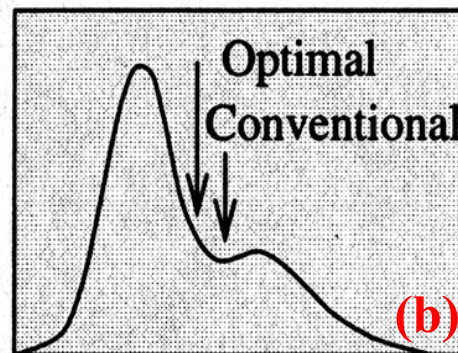
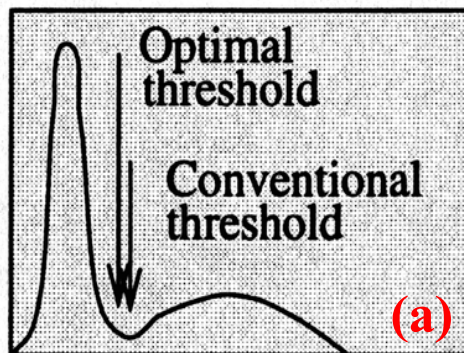
Modell



Hintergrund

Helligkeitsverteilung des Objekts

Histogramm





□ **Wenn man ein binäres Objekt vor weißem Hintergrund hat, welche Eigenschaften kann man für es ermitteln?**

- Größe,
- Lage (Schwerpunkt, Orientierung)
- Umfang
- Rundheit
- Projektion auf x-, auf y-Achse
- Bounding Box

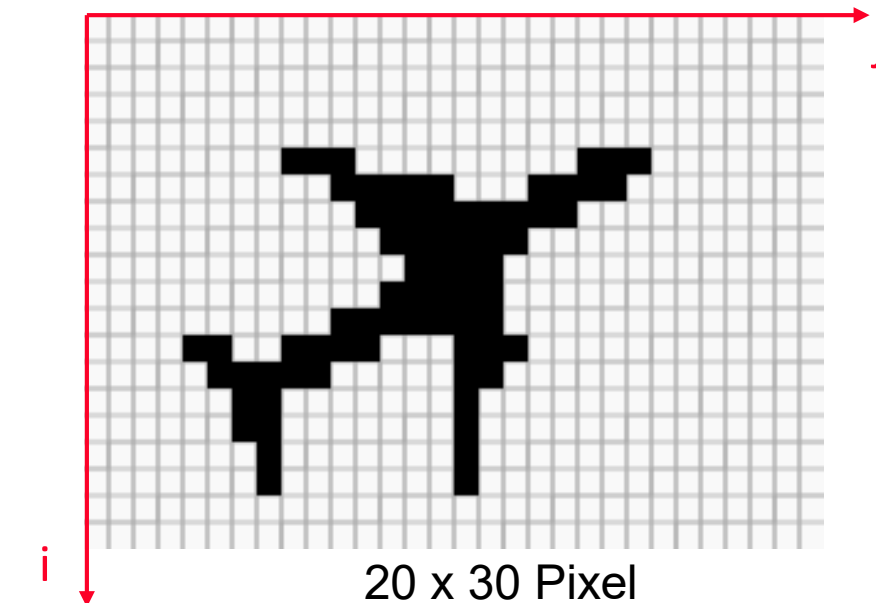
Vermessung von binären Bildobjekten (1)

Größe / Fläche (size / area)

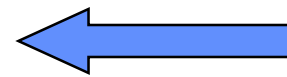
- Es sei $B[i,j]$ ein Binärbild mit dem Wertevorrat $\{0,1\}$ und den Dimensionen N (Zeilenanzahl) und M (Spaltenanzahl). Die Fläche (Größe) A des Binärbildes berechnet sich als:

Bsp. "Flugzeug": $A=72$
(Objektpixel schwarz)

(0,0)



$$A = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} B[i, j]$$



Auflösungsreduktion
um Faktor 10 in
beiden Dimensionen
(Faktor 100 in Zahl
der Pixel)



200 x 300 Pixel

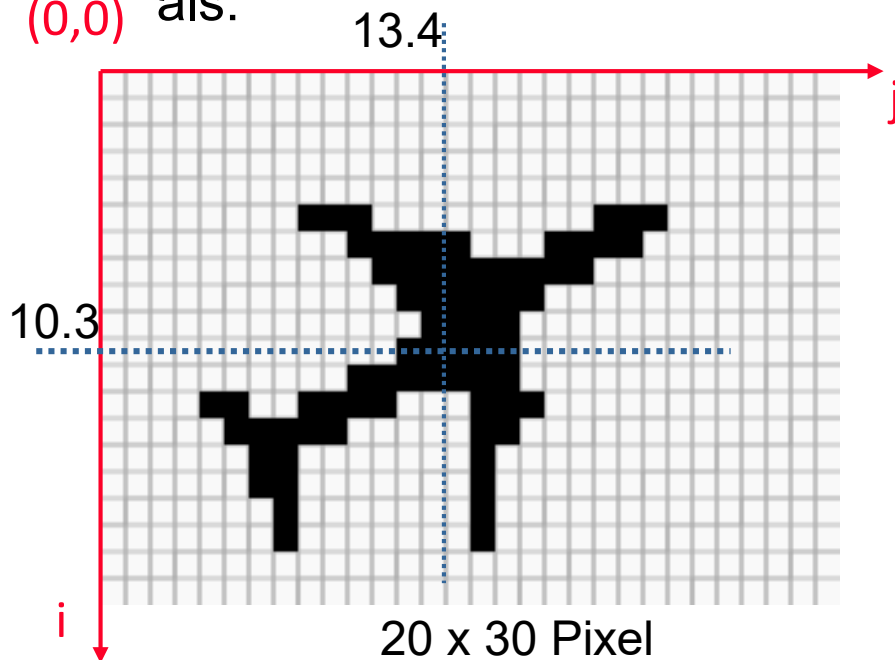
Vermessung von binären Bildobjekten (2)

Position / Schwerpunkt (position / center of area)

- Das Binärbild $B[i,j]$ hat Hintergrund-Pixel mit dem Wert 0 (hier weiß dargestellt) und Objektpixel mit dem Wert 1 (hier schwarz dargestellt).

Die Flächenschwerpunkt (y_c, x_c) des Binärbildes berechnet sich

als:



$$x_c = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} j \cdot B[i, j]}{A}$$

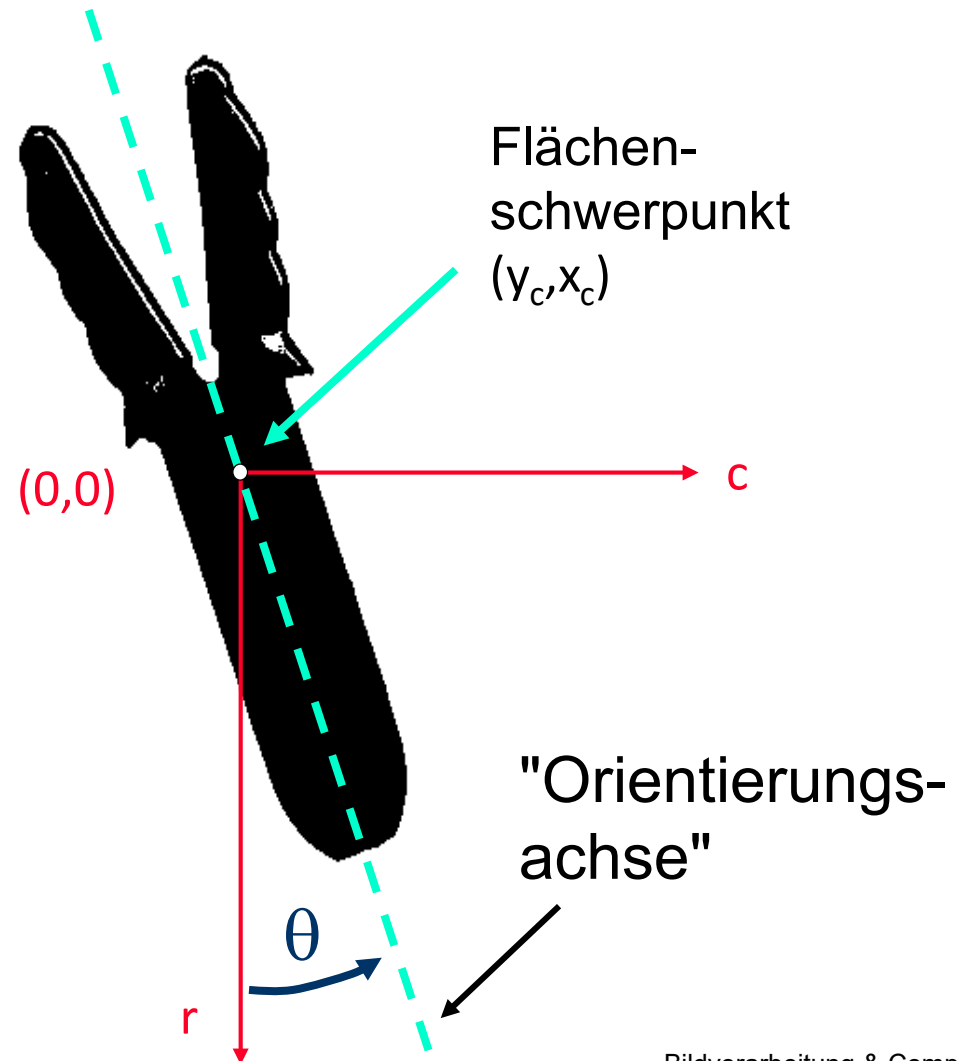
$$y_c = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} i \cdot B[i, j]}{A}$$

Flächenschwerpunkt des Flugzeugs: $y_c = 10.3$, $x_c = 13.4$

Vermessung von binären Bildobjekten (3)

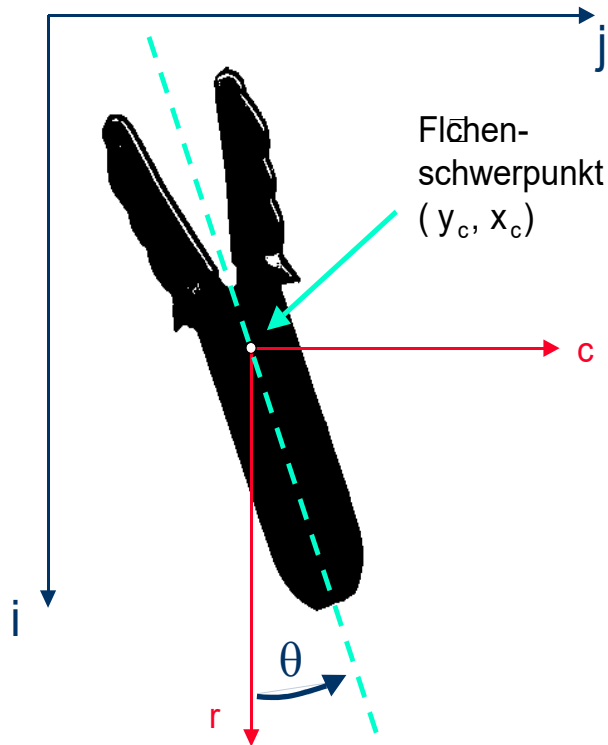
Orientierung (orientation)

- Die "Massenträgheitsachse" (axis of least second moment) liefert eine Information über die **Orientierung** eines Binärbilds.
- Für die Berechnung der Orientierung wird der Ursprung des Koordinatensystems zunächst in den Flächenschwerpunkt (y_c, x_c) des Bildobjekts verschoben.



Vermessung von binären Bildobjekten (4)

Berechnung der Orientierung



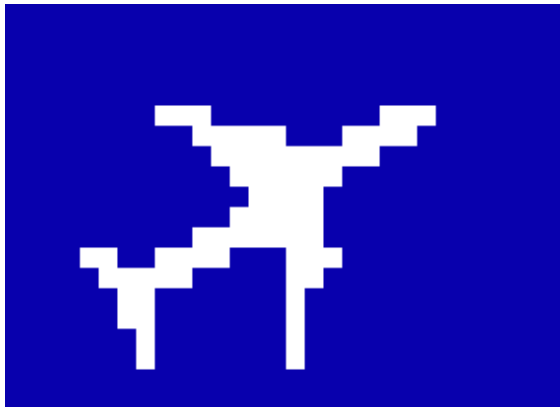
- Der Winkel θ wird von der r-Achse gegen den Uhrzeigersinn gemessen. Die **Orientierungsachse** wird durch den Flächenschwerpunkt und den Winkel θ bestimmt:

$$\tan(2 \theta) = 2 \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} i j B[i, j]}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} i^2 B[i, j] - \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} j^2 B[i, j]}$$

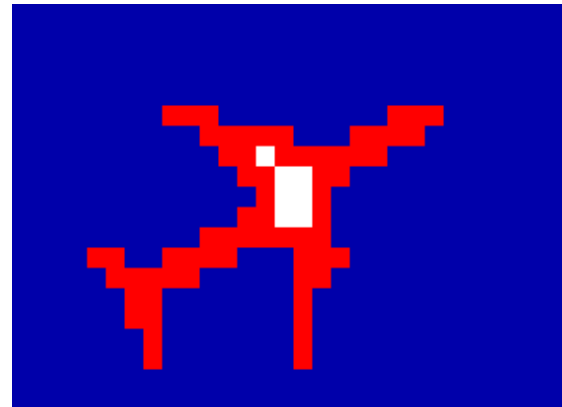
Vermessung von binären Bildobjekten (5)

Umfang (perimeter)

- Einen einfachen Schätzungswert für den Umfang eines binären Bildobjekts erhält man durch Zählen aller Objektpixel, die mindestens ein Hintergrundpixel zum Nachbarn haben.
- Verschiedene gebräuchliche Definitionen des Umfangs einer digitalen Bildregion liefern zum Teil signifikant unterschiedliche Ergebnisse.



"Flugzeug"
(Objektpixel weiß
und Hintergrundpixel
blau dargestellt)



Umfang des Objekts
"Flugzeug": Die
Randpixel (rot)
werden gezählt.

Umfang
 $P = 64$
←
8er-
Nachbarschaft

Form (shape) von binären Bildobjekten (1)

Rundheit (roundness)

- Der Kreis ist die *rundeste* (*kompakteste*) geometrische Figur. Langgestreckte Figuren sind weniger rund.
- Für ein Objekt mit **Fläche A** und **Umfang P** gilt:

$$\frac{P^2}{A} \geq 4\pi$$

- Rundheit (roundness) wird definiert als:

$$R = 4\pi \frac{A}{P^2}$$

A: 2188
P: 173
Rundheit R: 0.92



A: 2311
P: 260
Rundheit R: 0.43



A: 3680
P: 250
Rundheit R: 0.74



A: 3422
P: 232
Rundheit R: 0.8



A: 750
P: 255
Rundheit R: 0.14



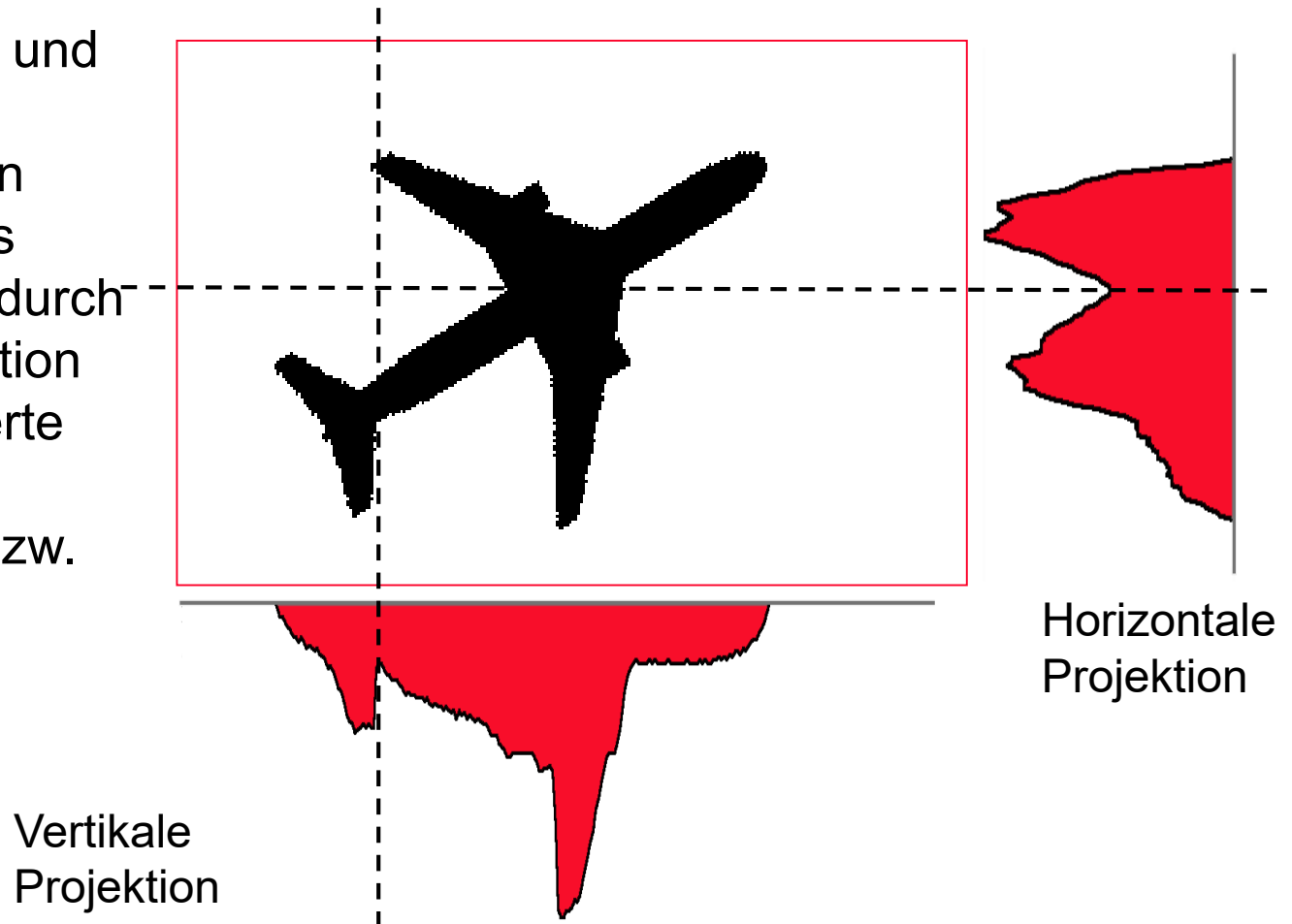
A: 507
P: 129
Rundheit R: 0.38



Projektionen (1)

(projections)

- Horizontale und vertikale Projektionen eines Bildes erhält man durch die Summation der Pixelwerte entlang der Bildzeilen bzw. Bildspalten.



Projektionen (2)

(projections)

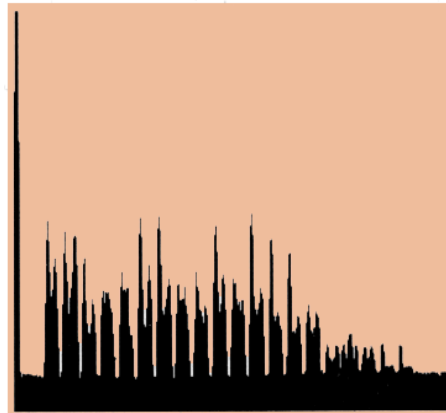
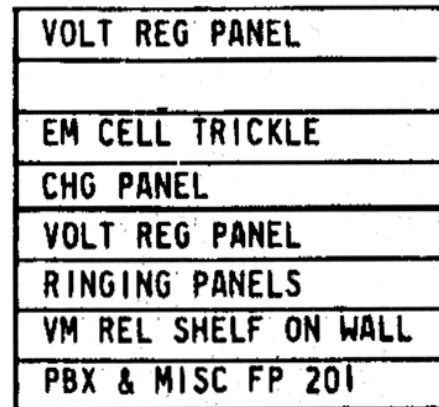
- Die Projektion $H[i]$ entlang der Zeilen und die Projektion $V[j]$ entlang der Spalten eines Bildes $B[i,j]$ sind definiert als:

Horizontale
Projektion

$$H[i] = \sum_{j=0}^{M-1} B[i, j]$$

Vertikale
Projektion

$$V[j] = \sum_{i=0}^{N-1} B[i, j]$$

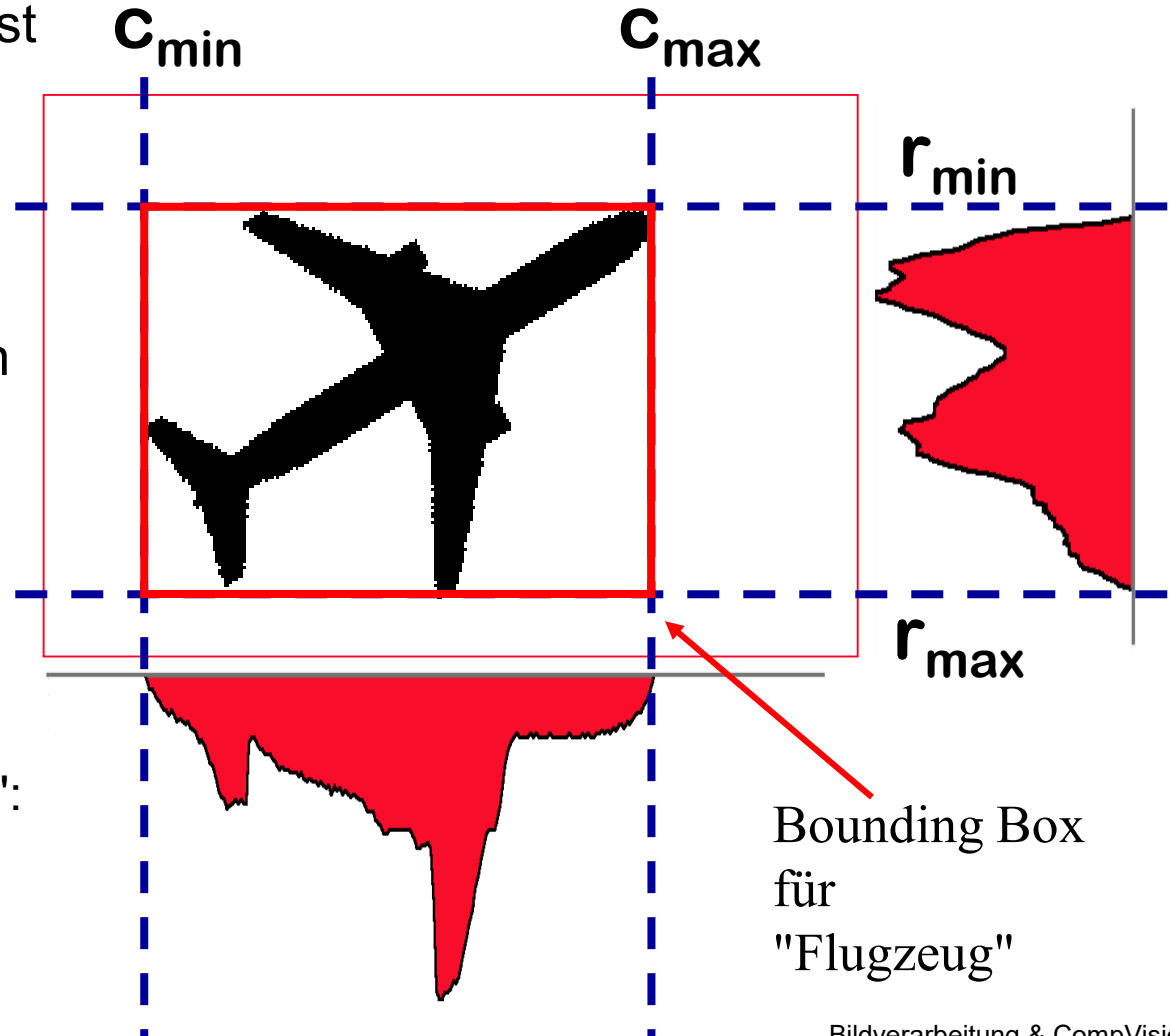


Anwendungsbeispiel
für Projektionen:
Textsegmentierung
und Textobjekt
richtig drehen

Bounding Box (Umschließendes Rechteck)

- Die "bounding box" ist das kleinste umschließende Rechteck eines Objekts im Bild.
- Projektionen sind ein Hilfsmittel um eine bounding box zu bestimmen.
- Das Seitenverhältnis (aspect ratio) der bounding box ist ein "Länglichkeitsmerkmal":

$$\frac{c_{\max} - c_{\min} + 1}{r_{\max} - r_{\min} + 1}$$



Arithmetische und logische Operationen auf Bildern

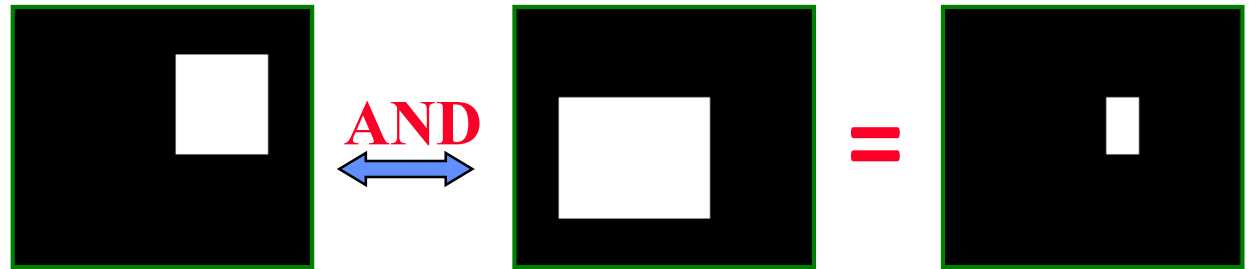
- Arithmetische und logische Operationen werden pixelweise auf das (die) gesamte(n) Bild(er) angewandt. Es gibt drei Formen von Operationen:
 - Einstellige (unäre) Operation.
Beispiel: NOT → logische Negation der Pixelwerte.
 - Zweistellige Operation mit einem Bild und einer Konstanten als Operanden.
Beispiel: Multiplikation aller Pixelwerte mit dem Faktor 1,2 (→ Bild wird 20% heller).
 - Zweistellige Operation mit zwei Bildern als Operanden. Beide Bilder müssen gleiche Dimensionen (Zeilenanzahl und Spaltenanzahl) und den gleichen Pixel-Typ (z.B. Byte oder 24-Bit Integer) haben.
Beispiel: Addition zweier Bilder (→ Bilder werden "gemischt").

Logische Operationen auf Bildern

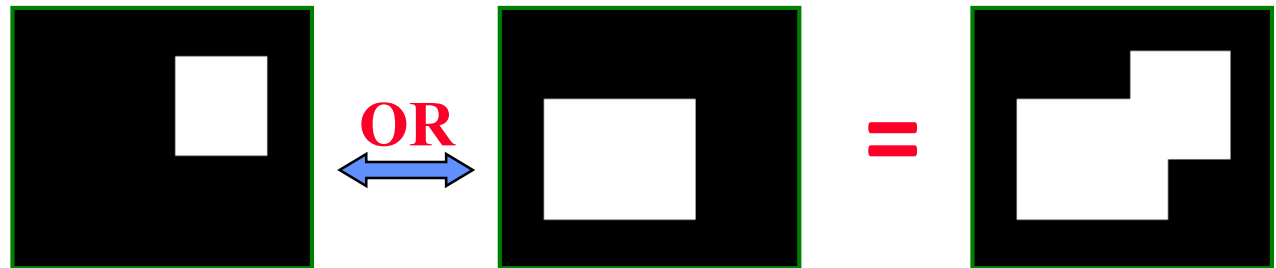
□ Logische Operationen sind in erster Linie wichtig zur Maskierung von Bildregionen.

□ Häufig verwendete logische Operationen:

- AND



- OR



- NOT

