

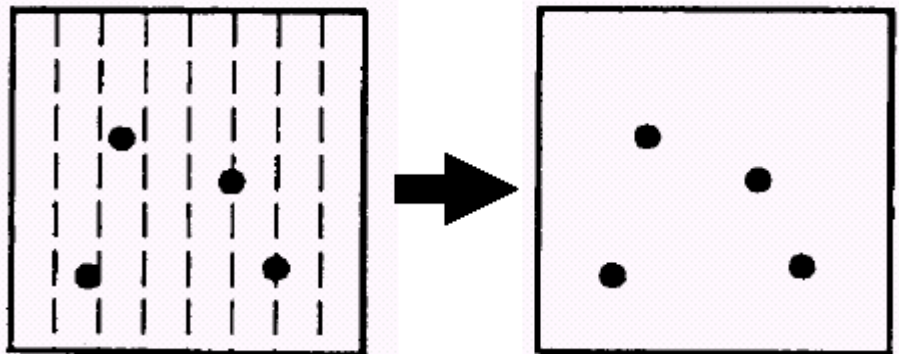
# Erkennung von Olivenhainen im Luftbild

## Gliederung

1. Morphologische Grundlagen
  - Erosion / Dilatation
  - Öffnung / Schließung
  - Zylinderhut-Transformationen
2. Motivation / Gründe für die Anwendung
3. Datenbeschreibung
4. Segmentierung von Olivenhainen
5. Erkennen einzelner Bäume
6. Anwendung der Methode auf Beispieldaten
7. Schlußfolgerungen

# 1. Morphologische Grundlagen

- Morphologie ist die Lehre von der Form
- Interpretation eines digitalen Bildes als Menge von geordneten Bildpunkten
- Idee: Über ein strukturierendes Element Einfluss auf zu extrahierende Formen nehmen
- Bsp.: Detektion der Kreise mittels morphologische Operatoren



Ursprungsbild

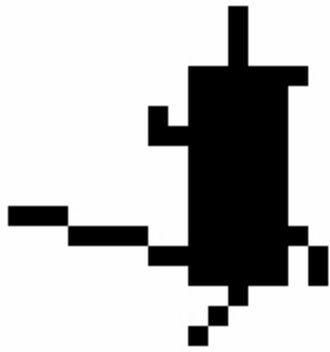
H. Bässmann, "Bildverstehen - Ad Oculos", Springer-Verlag, 1991

## Erosion

- $E_B(X)$  = alle diejenigen Punkte, für die das strukturierende Element (B), dorthin verschoben, ganz in X liegt

$$E_B(X) = \{ x \mid B_x \subseteq X \} = \{ x \mid \forall b \in B: x+b \in X \}$$

- ➔ Durch Erosion werden Pixel entfernt
- Vorgehensweise für Binärbilder
  - ➔ Strukturelement wird Pixelweise über das Bild geschoben
    - ➔ B vollständig in X enthalten: Referenzpixel bekommt den Wert 1
    - ➔ Ansonsten: Referenzpixel bekommt den Wert 0



**Ursprungsbild**



**Erosion durch B**



**Ergebnisbild**

## Dilatation

- Duale Operation zur Erosion (  $E = CDC$  )
- $D_B(X)$  = alle diejenigen Punkte, für die das strukturierende Element (B), dorthin verschoben, die Menge X trifft

$$D_B(X) = \{ x \mid B_x \cap X \neq \emptyset \} = \{ x \mid \exists b \in B: x+b \in X \}$$

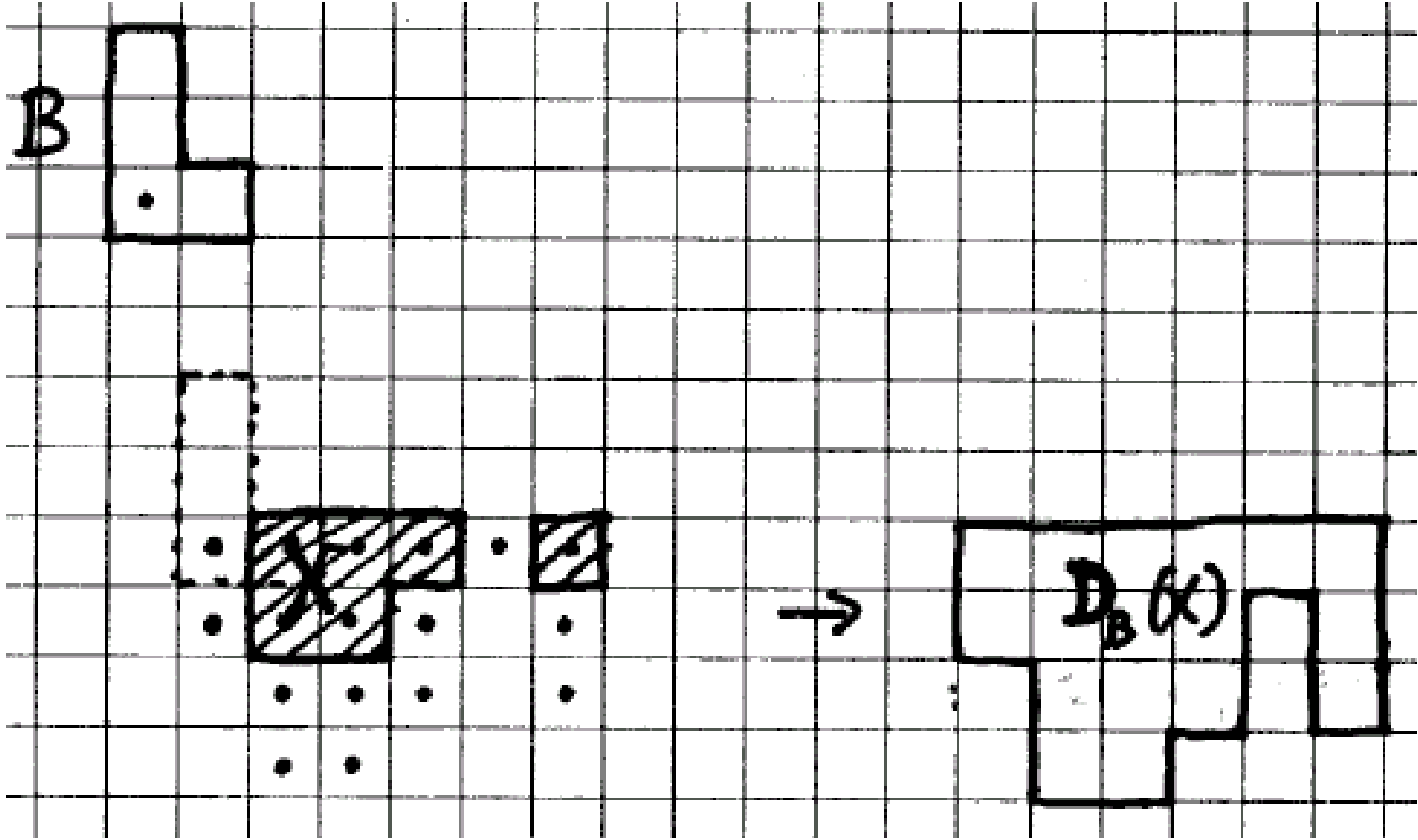
➔ Durch Dilatation werden Pixel hinzugefügt

- Vorgehensweise für Binärbilder

➔ Strukturelement wird Pixelweise über das Bild geschoben

➔ B teilweise in X enthalten: Referenzpixel bekommt den Wert 1

➔ Ansonsten: Referenzpixel bekommt den Wert 0



Aus „Bildanalyse und Bildverstehen“, Prof. Kurth SS2004

- Verallgemeinerung auf Grauwertbilder:
  - $f$  = Intensitätsfunktion des Bildes
  - Erosion:  $\mathbf{E}_B(f)(x) = \min \{ f(x+b) \mid b \in B \}$
  - Dilatation:  $\mathbf{D}_B(f)(x) = \max \{ f(x+b) \mid b \in B \}$

## Öffnung / Schließung

- Öffnung:  $\mathbf{O}_B = \mathbf{D}_{-B}\mathbf{E}_B$  (symmetrisches  $B$ :  $\mathbf{O}=\mathbf{DE}$ )
  - ➔ Aufbrechen von Regionen mit nur schwachen Zusammenhang
- Schließung:  $\mathbf{S}_B = \mathbf{E}_{-B}\mathbf{D}_B$  (symmetrisches  $B$ :  $\mathbf{S}=\mathbf{ED}$ )
  - ➔ Schließt kleine Zwischenräume



Aus „Bildanalyse und Bildverstehen“, Prof. Kurth SS2004



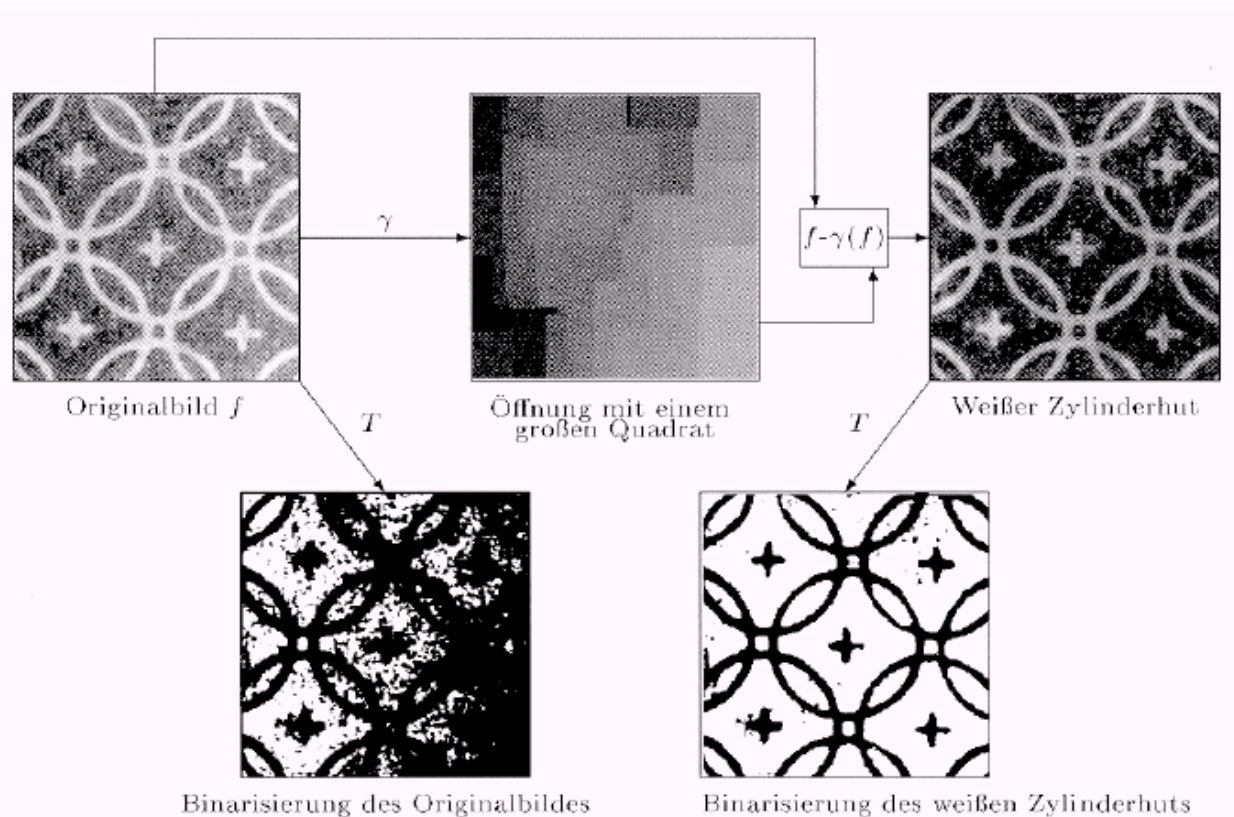
# Zylinderhut-Transformationen

- 2 Arten

- ➔ Weißen Zylinderhut:  $WZH(f) = f - O(f)$

- ➔ Schwarzen Zylinderhut:  $SZH(f) = S(f) - f$

Einsatz des Zylinderhuts zur Shadingkorrektur:



(aus Soille 1998)

## 2. Motivation / Gründe für die Anwendung

- Landwirtschaftliche und wirtschaftliche Grundlage für einige Gebiete
  - ➔ Finanzielle Zuschüsse aus der EU
  - ➔ Zuschüsse müssen richtig abgeschätzt werden
- Datenbank mit Informationen über Produzenten
- Periodisch auf den neuesten Stand gebracht durch:
  - Manuelles Auswerten von Luftaufnahmen durch Experten
  - Überprüfung an Ort und Stelle
  - ➔ Versuch: durch Mustererkennungsverfahren zu realisieren
- Olivenbäume charakterisiert durch ein reguläres räumliches Muster entlang von Reihen und Linien
- Jeder Baum kann durch kreisförmige Region (Kuppel) über einem anderen Hintergrund identifiziert werden

### 3. Datenbeschreibung

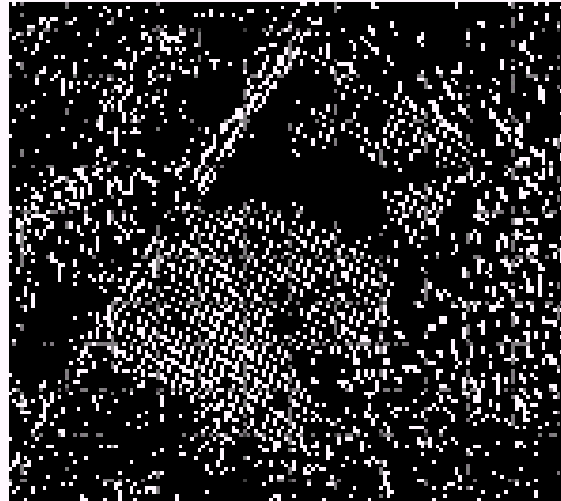
- Luftaufnahmen aus Portugal (geometrisch korrigiert)
- Auflösung 2500x2500 Pixel, 256 Graustufen, 1 Meter / Pixel
- Olivenbäume regulär in Reihen und Linien angeordnet in Standardabständen
- Problem: Globale Form von Olivenhainen variiert je nach Region
  - ➔ 1. Schritt: Erkennen von Olivenhainen

## 4. Segmentierung von Olivenhainen

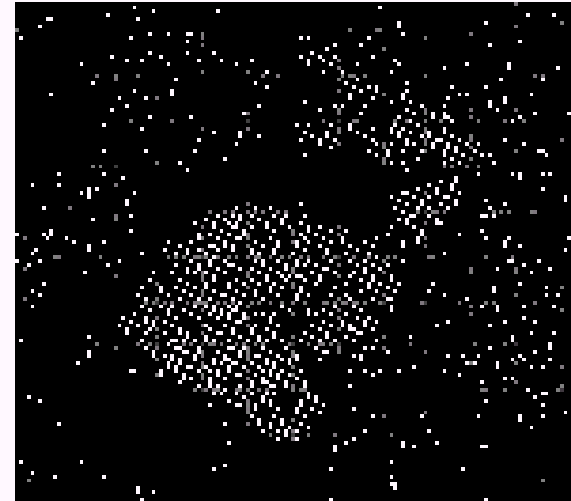
- Ziel: Schaffen einer groben Maske → Enthalten der individuellen Bäume
- Maske kann mehr Informationen enthalten als nur Olivenbäume  
→ Später Verifizieren
- Schwarzer Zylindertransformation am geeignetsten  
→ Identifiziert lokal dunklere Regionen auf helleren Untergrund
- Problem: segmentiert auch dunklere Regionen gleicher Größe  
→ Alle Strukturen deren Dicke kleiner als der Durchmesser des SE  
(z.B. kontinuierlich angeordnete Bäume und andere Bäume)
- Modifikation: direktionale Schließung in den Hauptrichtungen des Gitters  
- Hier: Hexagon 3 Richtungen ( $\alpha$ ,  $\alpha + 60^\circ$ ,  $\alpha + 120^\circ$ )
- $X_1 = \mathbf{ISZH}(f) = T[ \inf (S_B(f, \alpha), S_B(f, \alpha + 60^\circ), S_B(f, \alpha + 120^\circ)) - f ]_{(t_1, t_2)}$



(a)



(b)



(c)

T. Barata, P. Pina: „MORPHOLOGICAL SEGMENTATION OF REMOTELY SENSED FOREST COVERS IN HIGH SPATIAL RESOLUTION IMAGES“

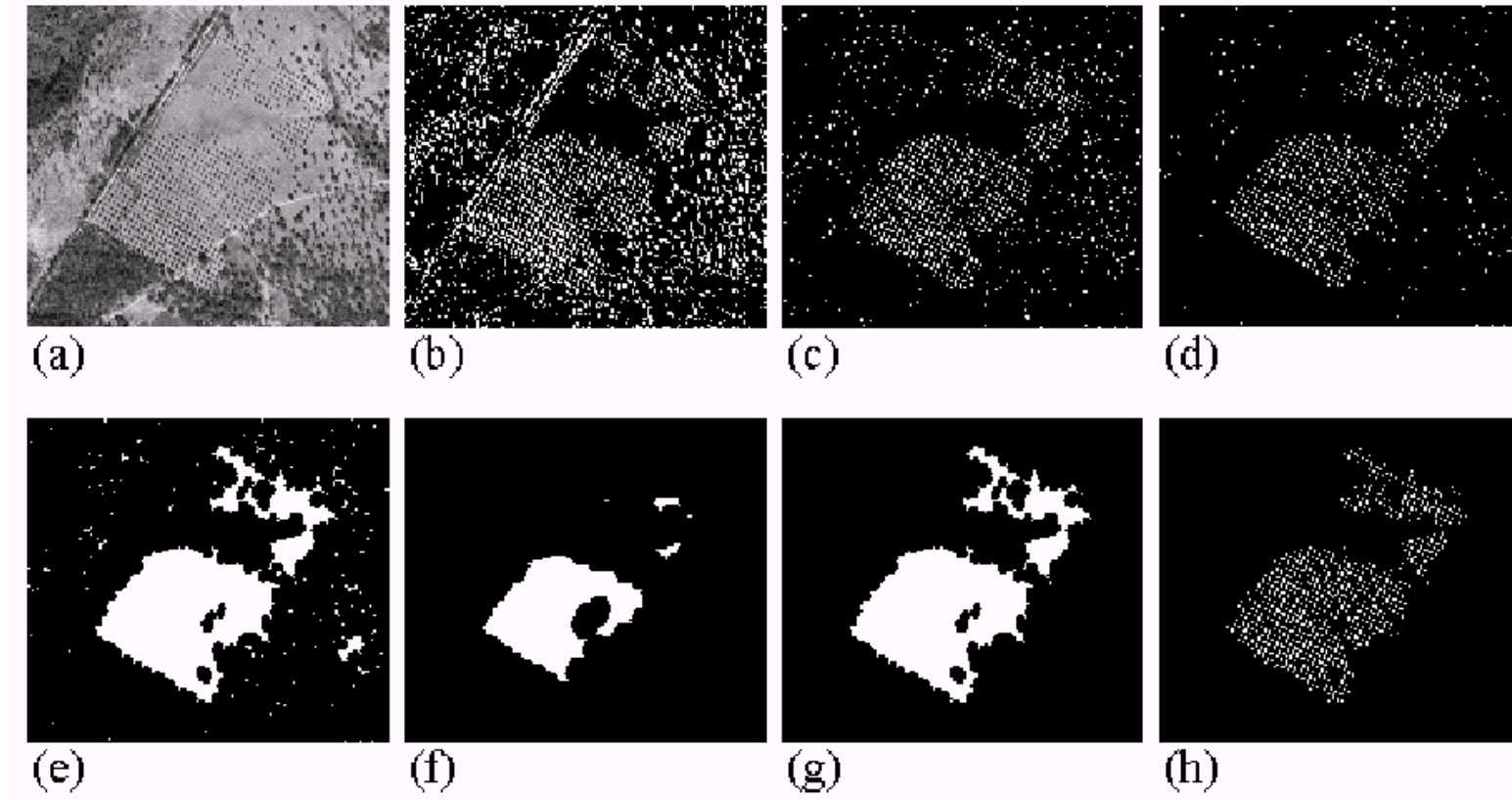
Erklärung: (a) Initial image (intensity component);(b) Classic black top-hat of (a); (c) Isotropic black top-hat of (a);

- Schon besseres Ergebnis, aber immer noch Rauschen
  - ➔ Schließung mit SE der halben Größe des Abstands benachbarter Bäume
  - ➔ Starkes Cluster resistent gegen Erosion gebildet
- Erosion zur Entfernung von Rauschen außerhalb des Clusters

- Davon Rekonstruktion durch geodätische Dilatation (mit elementar SE)

$$\mathbf{R}_g = \mathbf{D}_g^{(i)}(f) \quad (\mathbf{D}_g^{(1)}(f) = \mathbf{D}(f) \wedge g \text{ [ } g: \text{ spezielle Maske]})$$

- Ergebnis geschnitten mit  $X_1$  ergibt:  $X_2 = (\mathbf{R}_g (\mathbf{E}_B (\mathbf{S}_B (X_1)))) \cap X_1$



*Figure 1.* Olive tree segmentation sequence: (a) Initial image (intensity component); (b) Classic black top-hat of (a); (c) Isotropic black top-hat of (a); (d) Opening of (c); (e) Closing of (d); (f) Erosion of (e); (g) Reconstruction of (f) in (e); (h) Intersection between (g) and (c) (final result).

## 5. Erkennen einzelner Bäume

- Keine Verifikation der Strukturen innerhalb der Maske (falsche Bäume)
- Identifizieren des geodätischen Zentrums jedes Objektes des Olivenhains

➔ Verdünnung ( $X \circ B = X \setminus \text{ANT}_B(X)$ ) mit dem Buchstaben D

$$\text{ANT}_B(X) = \{x \mid (B_1)_x \subseteq X, (B_2)_x \subseteq X^c \}$$

[ $B_1$  und  $B_2$  sind SE, zusammengesetzt ergeben sie B]

- Identifizieren des Einflußbereiches jedes Objekts

➔ Verdickung ( $\otimes$ ) des geodätischen Zentrums mit dem Buchstaben L

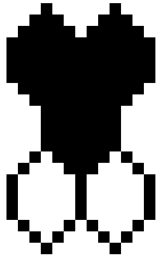

$$X \otimes B = X \cup \text{ANT}_B(X)$$

- $Y_1 = (((X_2 \circ D)_\infty \otimes L)$

➔ Objekt gehört zum Hain: Einflußbereich isotropische Form

➔ Überschneidungen Indiz für falsche Bäume

- Golay: SE dieser Formen oder beliebige Drehung [schwarz B1, weiß B2]

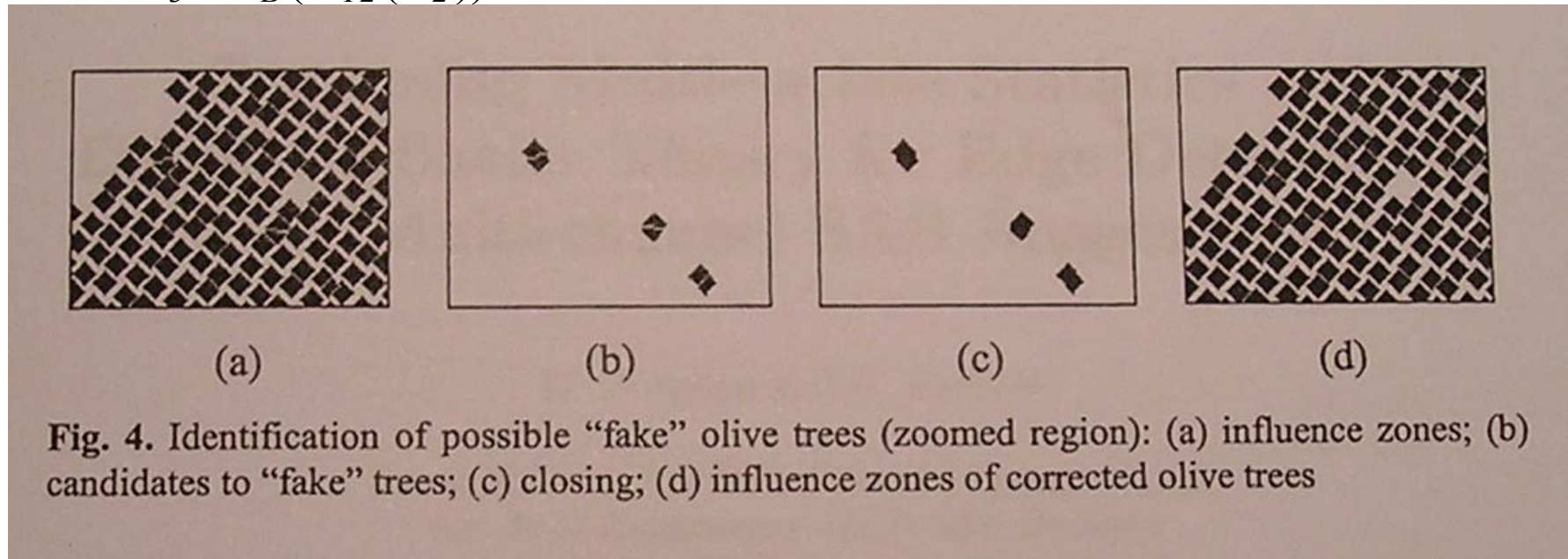
L	D
	

- Erkennen der irregulären Formen durch isotropische Öffnungen mit SE in Linienform anwachsender Größe

$$Y_2 = (\text{sup} (\mathbf{O}_B (Y_1)) \setminus Y_1$$

- Durch Rekonstruktion entstehen Objekte getrennt durch eine oder mehr Linien
- Darauf Schließung anwenden

$$\rightarrow Y_3 = \mathbf{S}_B (\mathbf{R}_{Y_2} (Y_2))$$



T. Barata, P. Pina: „MORPHOLOGICAL Recognition of Olive Grove Patterns“

- Geodätische Zentrum dieser Objekte finden  $\rightarrow$  initialen Zentren ersetzen



$$Y_4 = (Y_3 \circ D)_\infty \cup (Y \setminus Y_3)$$

→ Ergebnisbild sollte alle Olivenbäume enthalten

## 6. Anwendung der Methode auf Beispieldaten

- 60 Aufnahmen zur Entwicklung der Methode; 30 größere als Testmengen
- Erkennungsrate von Olivenhainen:  $59/66 \approx 0,8939$
- Gründe:
  - Eigenschaften des Bildes (Terrain nicht ausreichend eben, viel Vegetation bei Bildern mit geringen Kontrast)
  - Algorithmische Probleme (sehr kleine Haine werden gefiltert)
- Erkennen einzelner Bäume:
  - Positiv erkannte:  $36073 / 38266 \approx 0.9427$
  - Falsch als Positiv erkannt: 2497
    - Bäume klassifiziert als Olivenbäume, tatsächlich aber andere [größtenteils Korkeiche]

## 7. Schlußfolgerungen

- Haine bilden typische Muster → darauf basiert die Methode
- 2 Phasen: Segmentierung von Olivenhainen und Erkennen einzelner Bäume
- Algorithmus arbeitet mit mathematischen morphologischen Operationen
- Ergebnisse sind höchst zufriedenstellend für die Entwickler
- Einige Probleme: Ähnlichkeit anderer regulären Muster
- Zukünftig:
  - Nicht nur Kuppel als unterscheidendes Element
  - Vergleichende Studie zwischen Aufnahmen in unterschiedlicher räumlicher Auflösung

## Literatur

- H. Bässmann, Ph. Besslich: „Bildverstehen - Ad Oculos" , Springer-Verlag, 1991
- Prof. Kurth: „Bildanalyse und Bildverstehen“ Kapitel 4, SS2004
- P.Soille: „Morphologische Bildverarbeitung“, Springer-Verlag, 1998
- T.Barata, P.Pina: „Morphological Recognition of Olive Grove Patterns“, Springer-Verlag, 2003
- T.Barata, P.Pina: „Morphological Segmentation of remotely Sensed Forest Covers in High Spatial Resolution Images“, ISMM2002
- [http://www.igd.fhg.de\(igd-a7/lectures/morphologie.pdf](http://www.igd.fhg.de(igd-a7/lectures/morphologie.pdf)
- J. Serra: „Image analysis and mathematical morphology“, Academic Press, London,1982