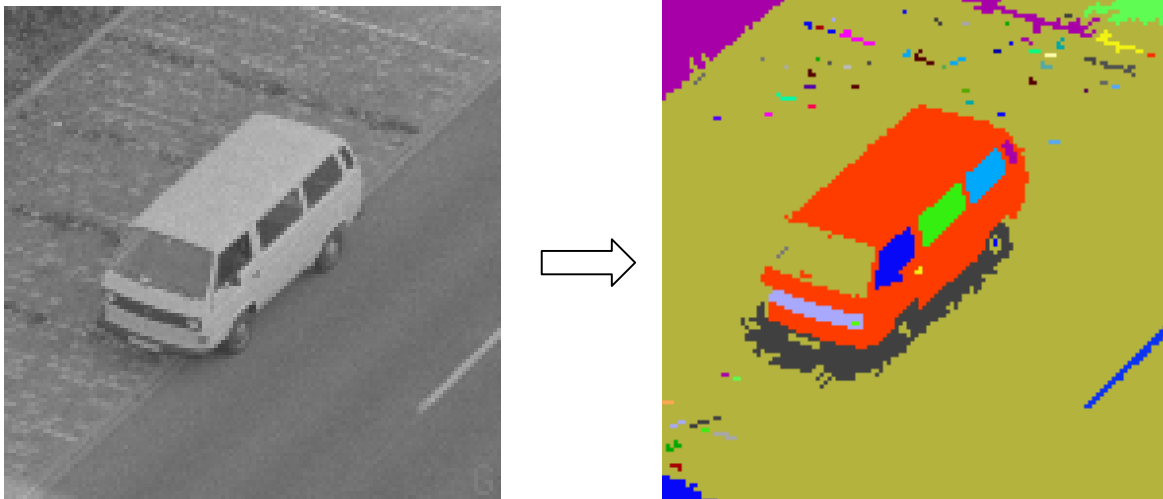


Ergänzende Folien zu Kapitel 4:

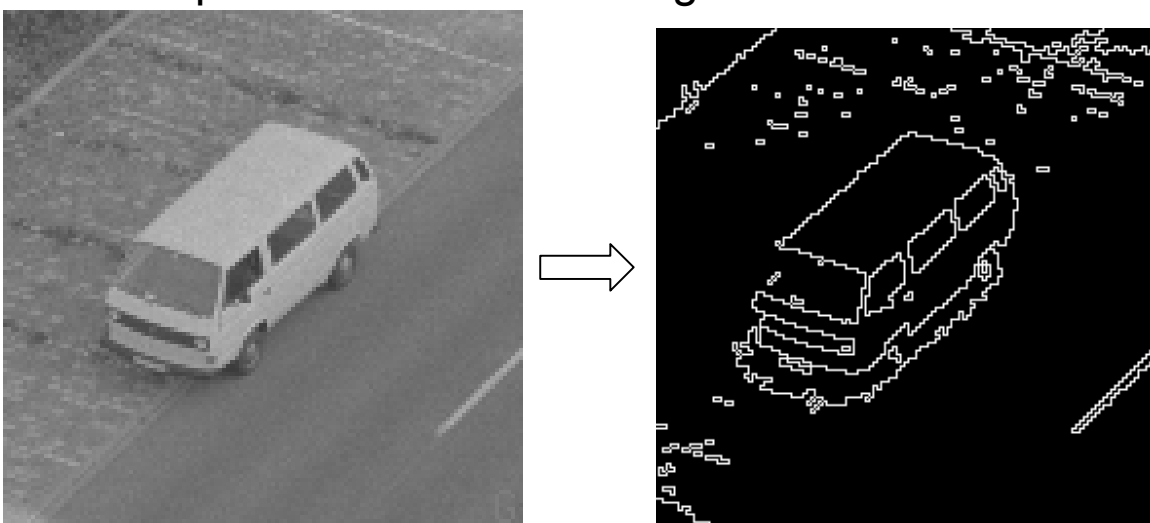
Konturorientierte Segmentierung

Segmentierung: Zerlegung eines Bildes in relevante Teile (Regionen)

Flächenorientierte Segmentierung: Ermittlung homogener Bildbereiche durch Zusammenfassung aller Pixel, die einheitlich eingefärbt oder texturiert sind; siehe auch „2D- und 3D-Bildverarbeitung“, Kapitel 2.



Konturorientierte Segmentierung: Ermittlung des “Randes” homogener Bildbereiche und Zusammenfassung dieser Konturpixel zu zusammenhängend verketteten Pixeln.



Kanten- und Liniendetektion

Kantendetektoren:

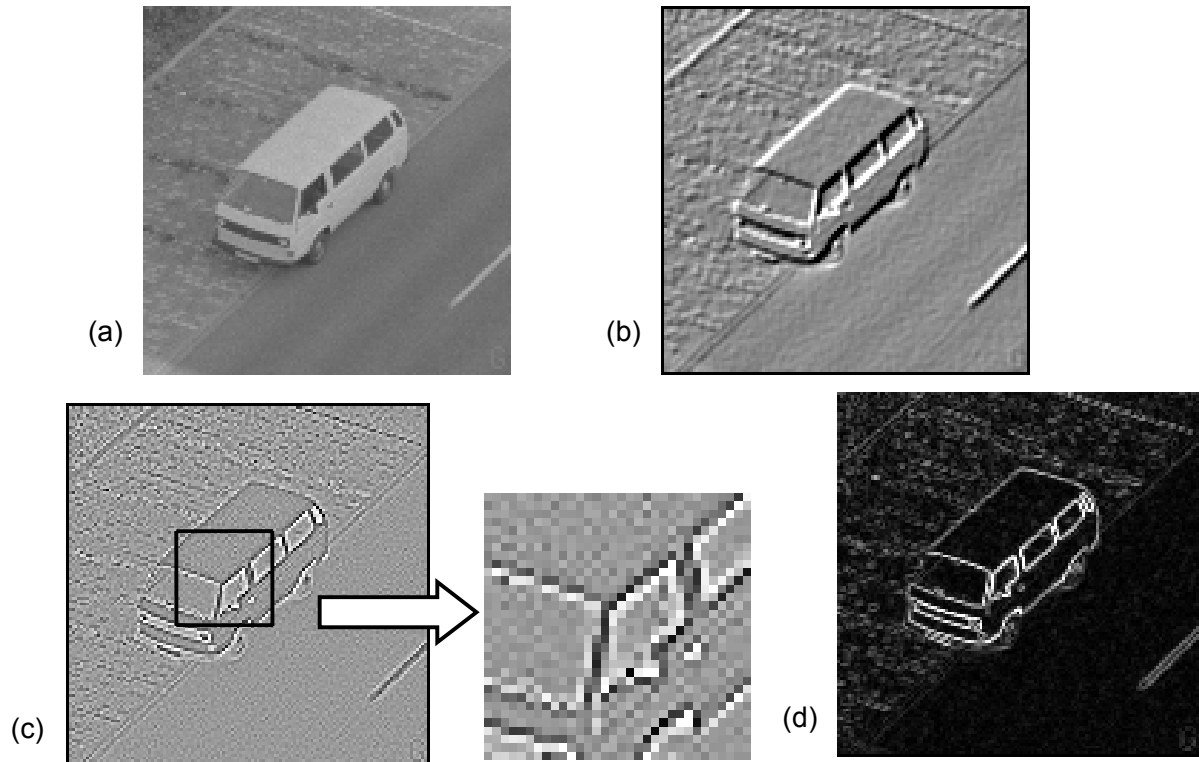
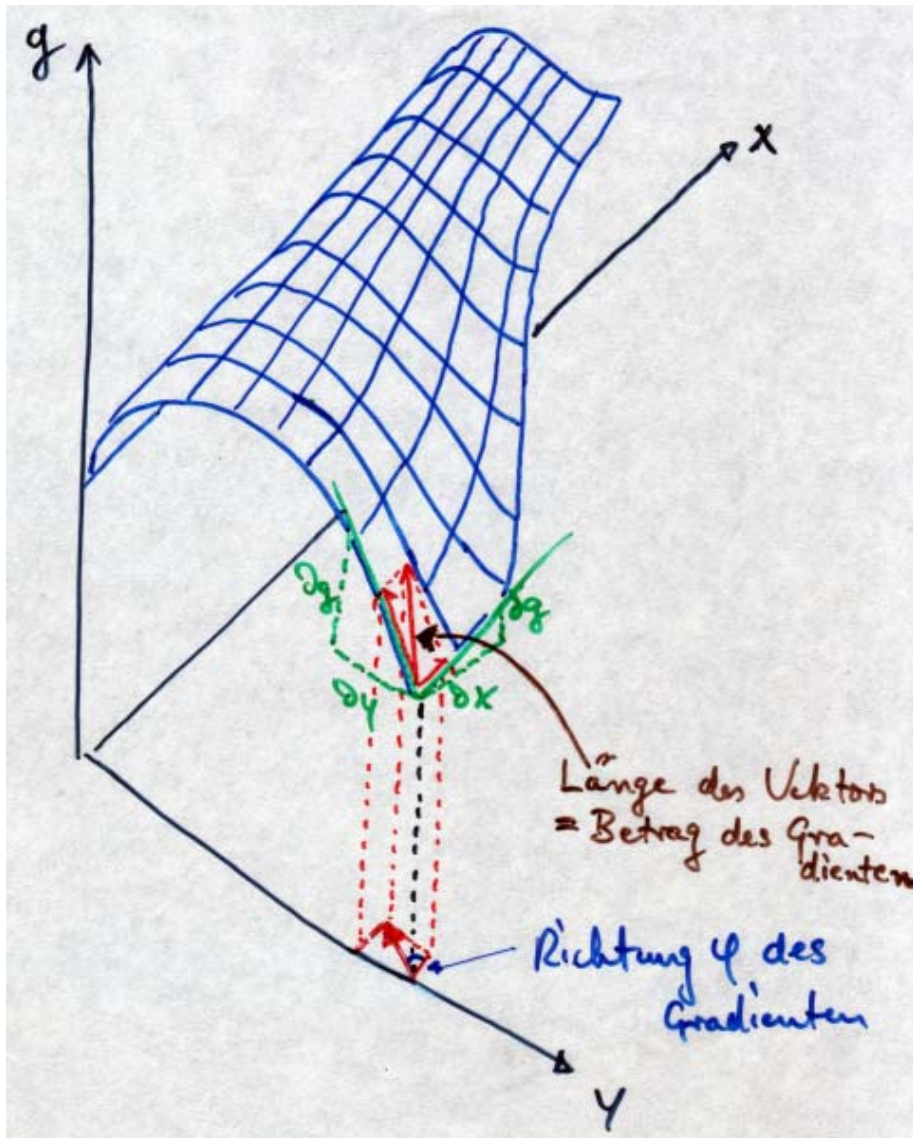


Abb. 4.1: Beispiele für die Anwendung von Kantendetektoren:

- (a) Originalbild,
- (b) Korrelation mit diagonal (/) verlaufender Kanten-Schablone,
- (c) Laplace-Operator,
- (d) Robert's-Kreuz-Operator.

Bestimmung des Gradienten:

Gradient: Vektor in Richtung der größten Steigung



Grauwert-Gebirge mit Darstellung des Gradienten $\nabla g = \left(\frac{\partial g}{\partial x}, \frac{\partial g}{\partial y} \right)^t$.

1D-Kantendetektion / Ableitung:

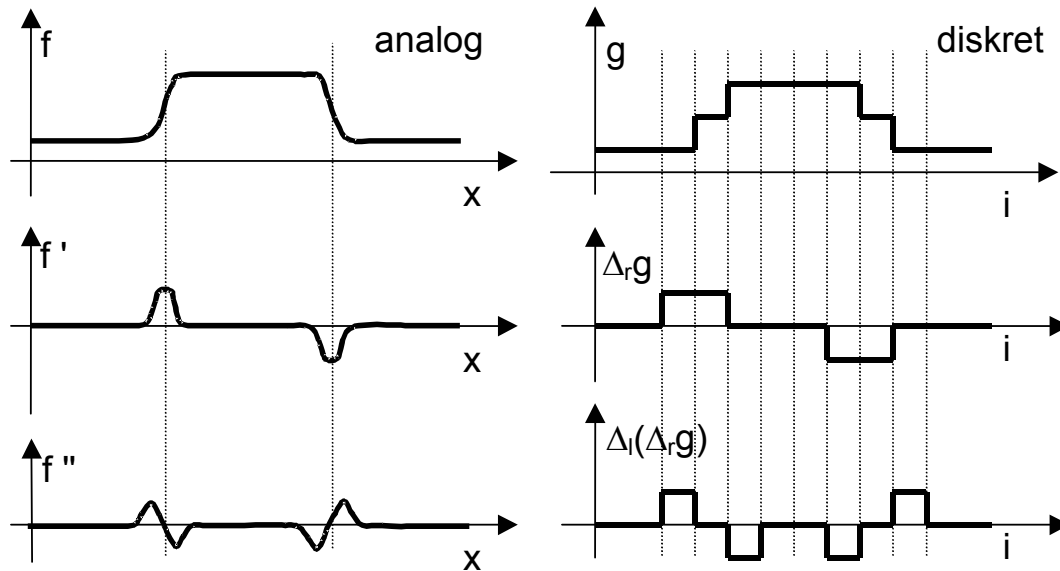
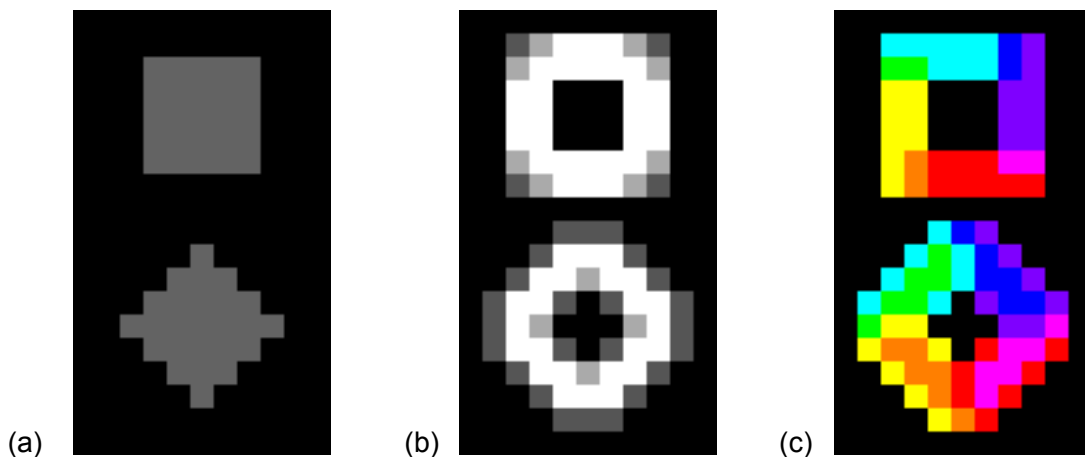
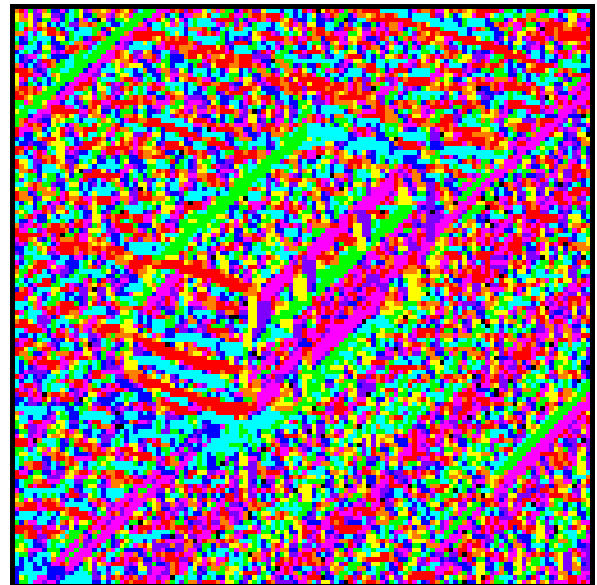
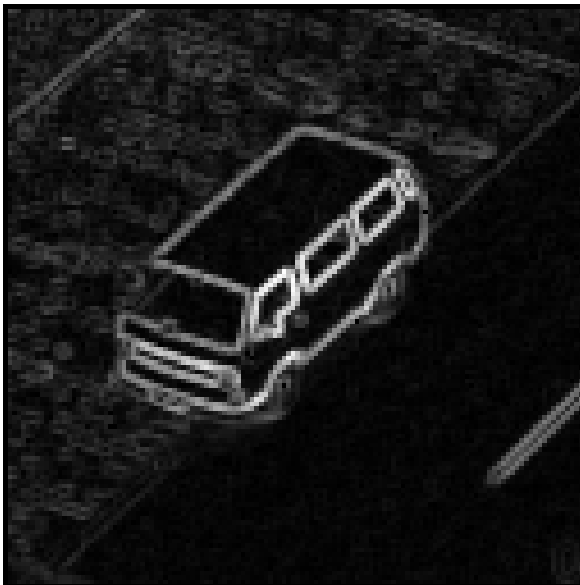
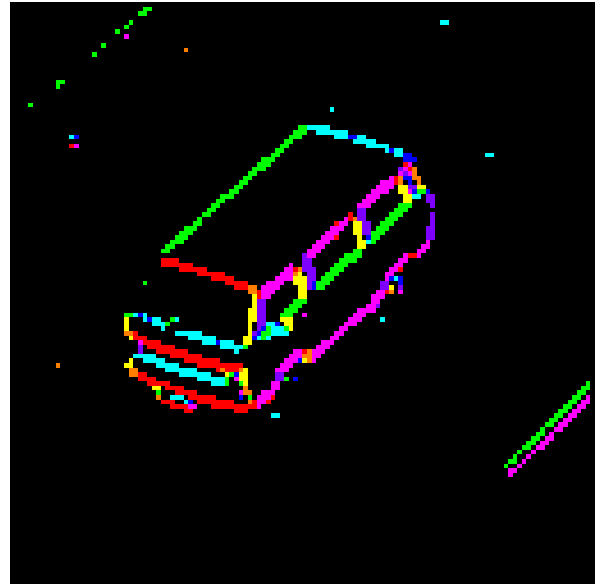


Abb. 4.2: Beispiel für die erste und zweite Ableitung einer analogen Funktion f bzw. einer diskreten 1D-Bildfunktion g .

Kirsch-Operator:



Beispiel für den Kirsch-Operator: (a) Originalbild (11*19 Pixel); (b) "Kantenstärke"; (c) Richtungen.

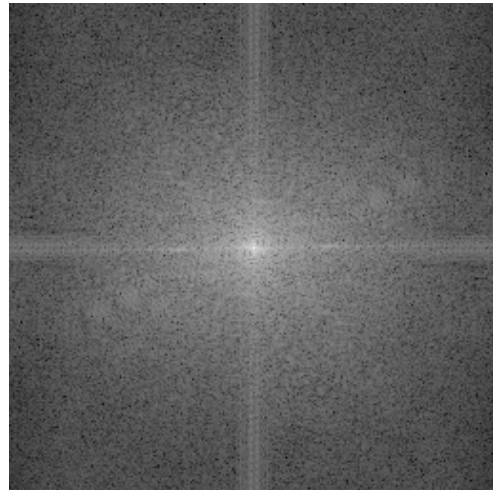
Kirsch-Operator:**Beispiel für den Kirsch-Operator:**

(oben) Originalbild und maskiertes Richtungsbild (dazu wurde die "Kantenstärke" binarisiert);
(unten) Zwischenergebnisse "Kantenstärke" und "Richtungen".

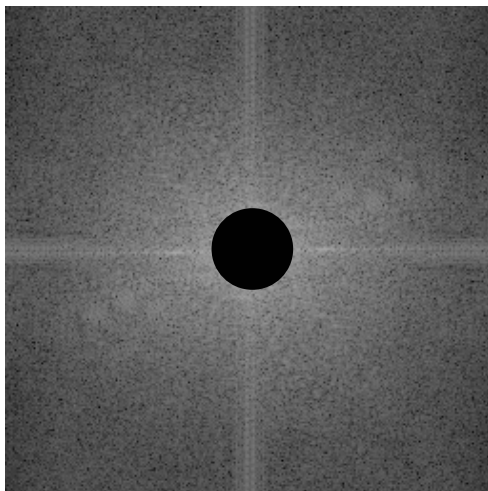
Alternative Kantendetektion durch Frequenz-Filterung im Orts-Frequenzraum:



Originalbild



Fourier-Frequenz-Spektrum



Frequenz-Spektrum mit Hochpassfilter



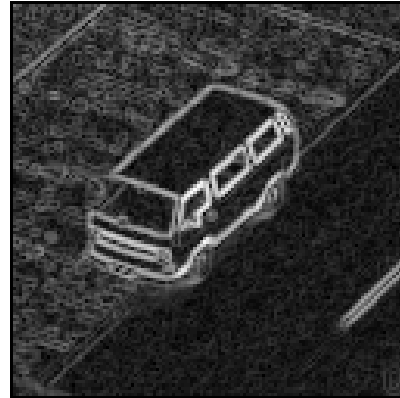
Rücktransformation = Kanten-Bild

Quelle: [//homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/libcln1.htm](http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/libcln1.htm)

Nachverarbeitung der Ergebnisse der Kanten-/Linien-Detektion:



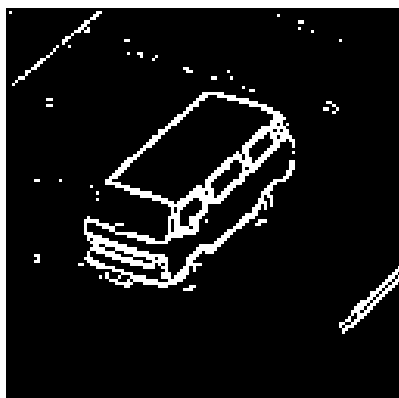
Originalbild



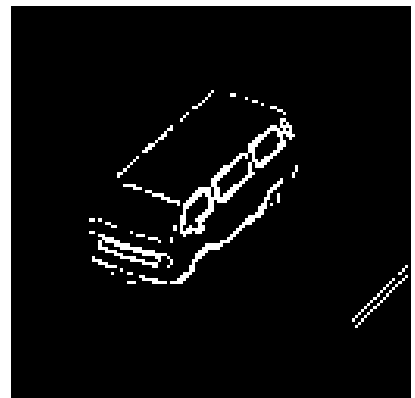
Ergebnis Sobel-Kanten-Detektion



Binarisierung mit zu niedriger ...



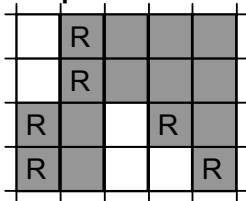
...etwa passender ...



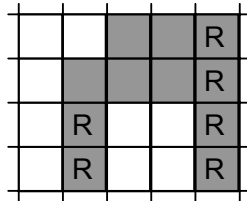
... zu hoher Schwelle

Verdünnung:

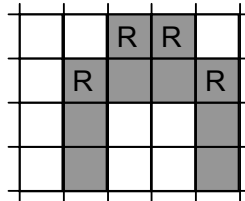
Beispiel:



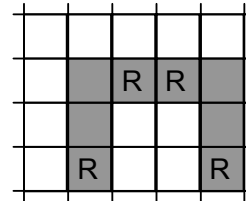
Originalbild-Ausschnitt mit markierten linken Randpunkten; das Objekt ist dunkel gezeichnet.



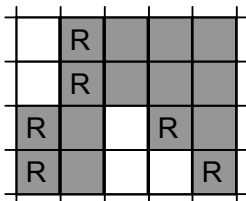
Nach N4-Löschung "von links" mit rechten Randpunkten für den nächsten Schritt.



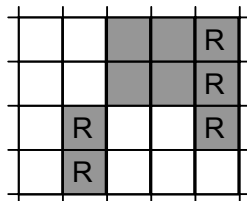
Nach N4-Löschung "von rechts" mit oberen Randpunkten für den nächsten Schritt.



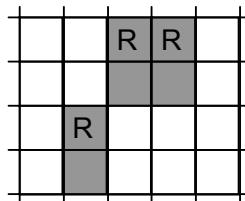
Nach N4-Löschung "von oben" mit unteren Randpunkten für den nächsten Schritt.



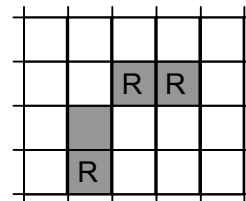
Originalbild-Ausschnitt mit markierten linken Randpunkten; das Objekt ist dunkel gezeichnet.



Nach N8-Löschung "von links" mit rechten Randpunkten für den nächsten Schritt.



Nach N8-Löschung "von rechts" mit oberen Randpunkten für den nächsten Schritt.



Nach N8-Löschung "von oben" mit unteren Randpunkten für den nächsten Schritt.

Bildbeispiel:



(a)



(b)



(c)

Abb. 4.4: Beispiel für eine Verdünnung:

- (a) Grauwertbild,
- (b) Binarisiertes Ergebnis des Sobel-Kantendetektors,
- (c) Ergebnis einer N8-Verdünnung.

Relaxation:

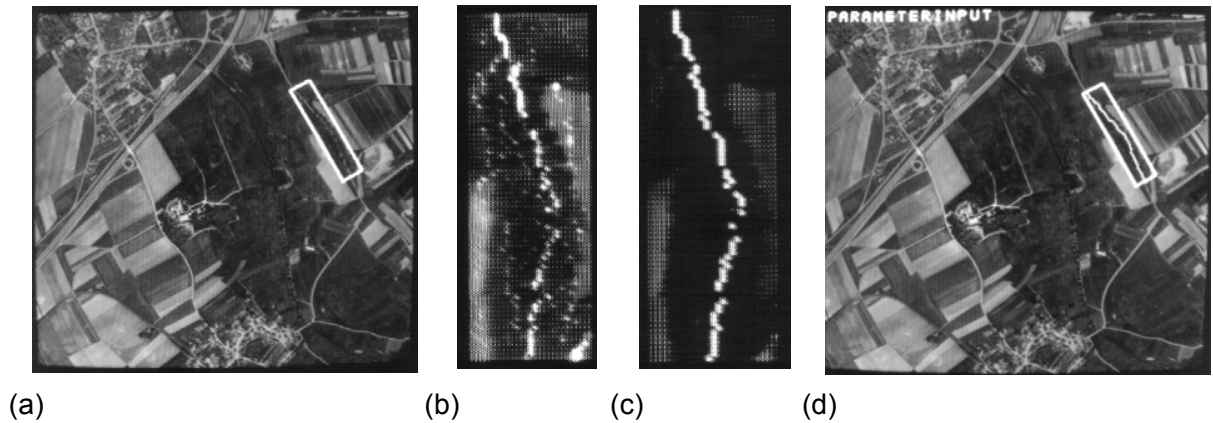
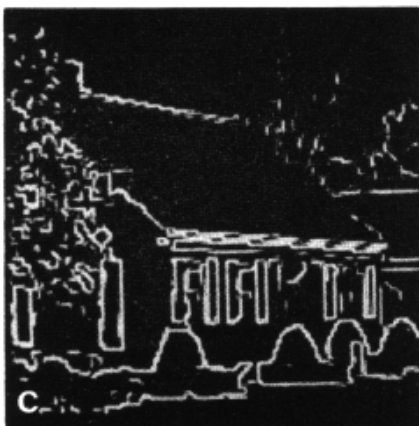
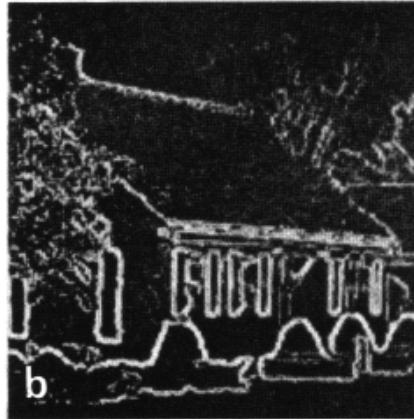
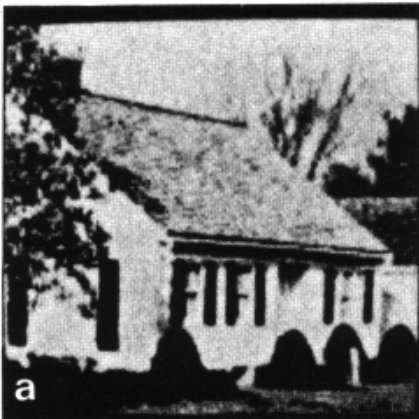


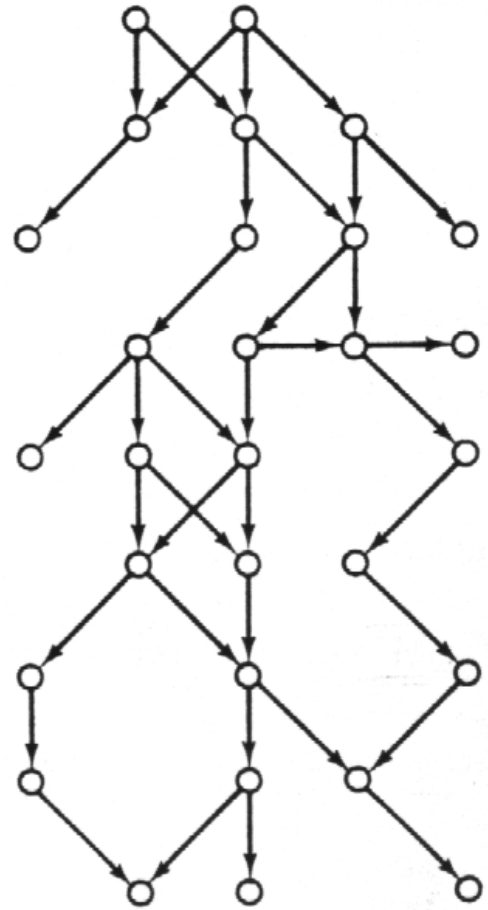
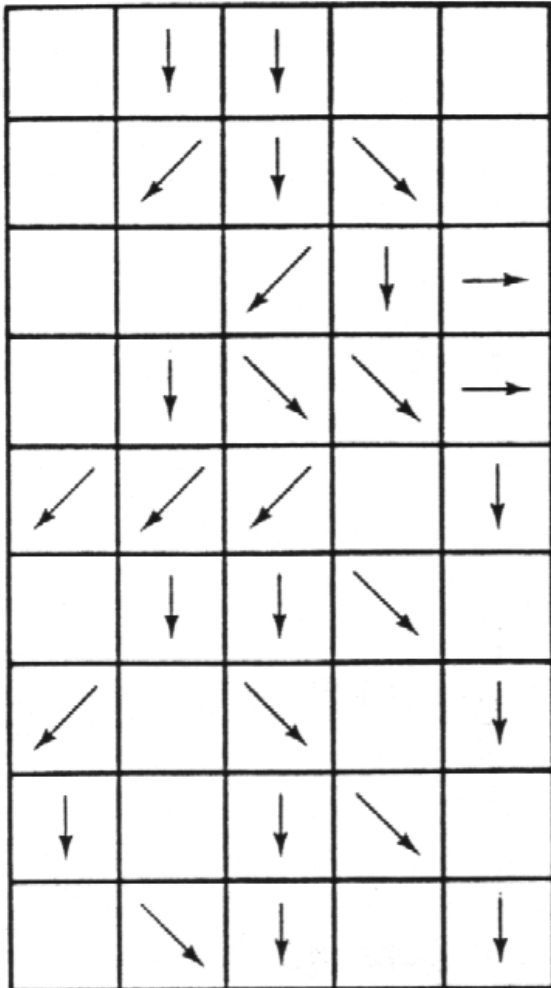
Abb. 4.4: Beispiel für die Anwendung eines Relaxationsverfahrens zur Linien-Extraktion:
 (a) Original-Luftbild mit schlecht erkennbarem Straßenstück;
 (b) Ergebnis der Linien-Detektion innerhalb des Rahmens aus (a);
 (c) Ergebnis der Anwendung eines Relaxationsverfahrens;
 (d) Einblendung des Relaxations-Ergebnisses in das ursprüngliche Luftbild.



Relaxationsverfahren zur Kanten-Verbesserung

Quelle: „Three-Dimensional Computer Vision“, Y. Shirai

Konturverfolgung als Graph-Suche:



Hough-Transformation:

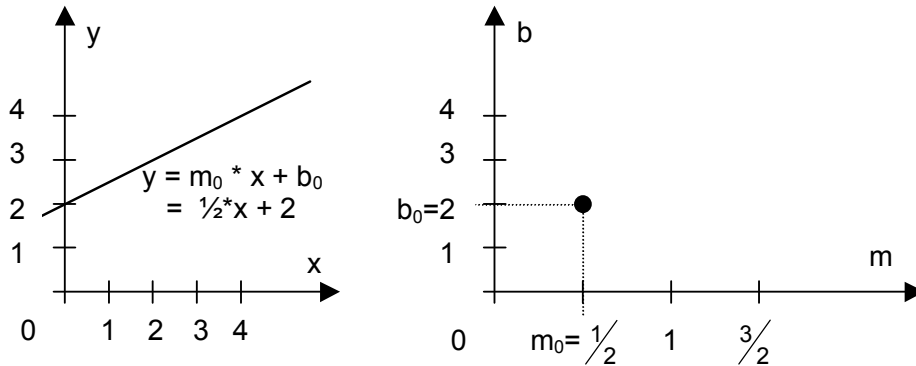


Abb. 4.5: Beispiel für die Hough-Transformation in den m-b-Raum: eine Gerade im x-y-Raum entspricht einem Punkt im m-b-Raum.

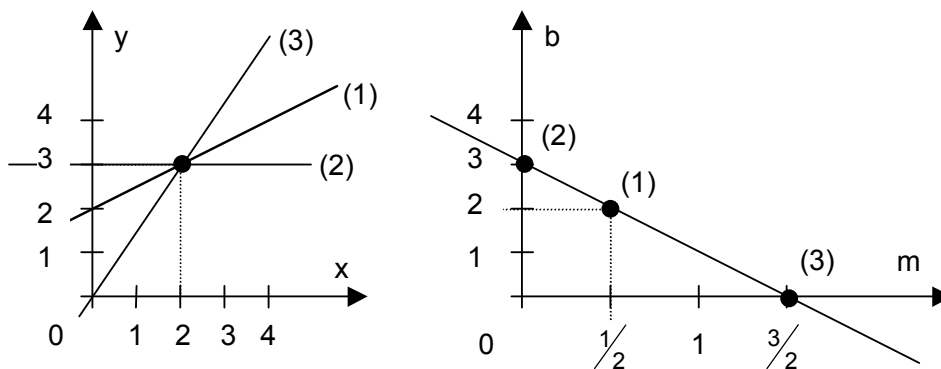


Abb. 4.6: Beispiel für die Hough-Transformation in den m-b-Raum: ein Punkt im x-y-Raum entspricht einer Geraden im m-b-Raum.

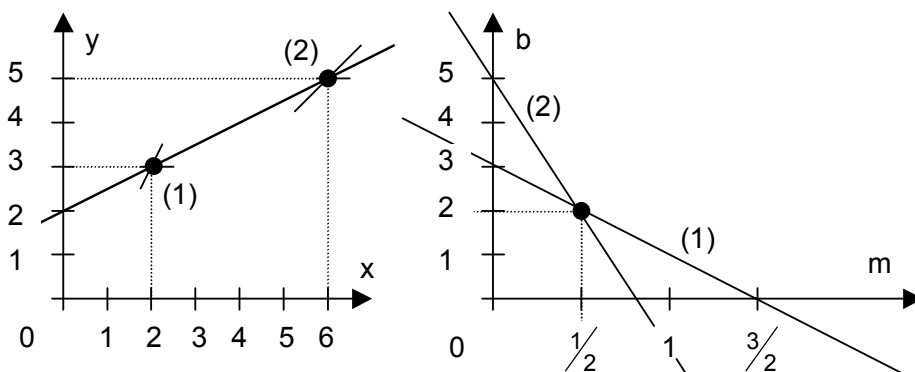


Abb. 4.7: Beispiel für die Hough-Transformation in den m-b-Raum: zwei Punkte im x-y-Raum entsprechen zwei Geraden im m-b-Raum, die sich in einem Punkt schneiden.

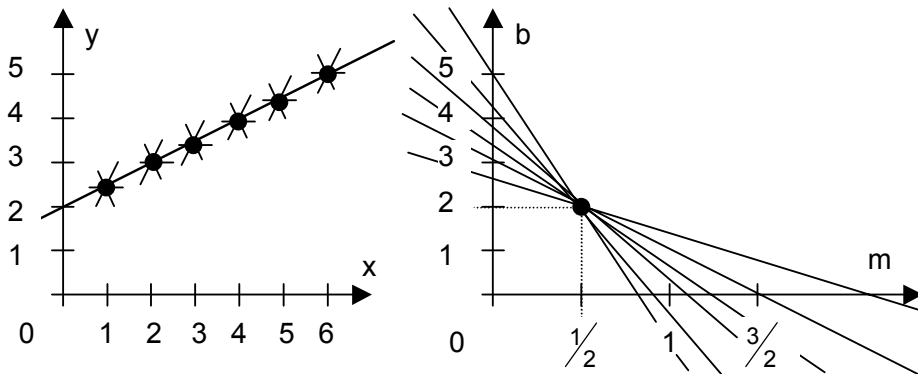


Abb. 4.8: Beispiel für die Hough-Transformation in den m - b -Raum: n kollinear angeordnete Punkte im x - y -Raum entsprechen n Geraden im m - b -Raum, die sich in einem Punkt schneiden.

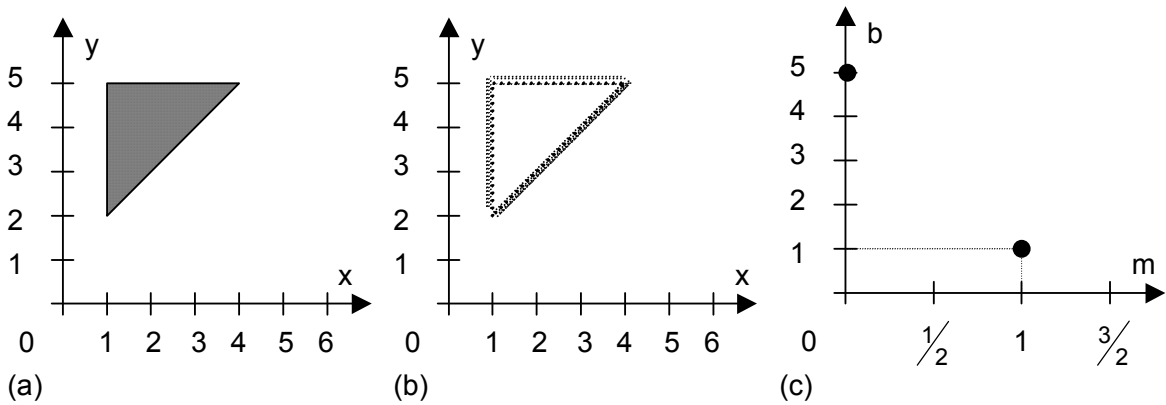


Abb. 4.9: Synthetisches Beispiel für die Hough-Transformation in den m - b -Raum:
 (a) Originalbild; (b) Ergebnis der Kantendetektion;
 (c) m - b -Raum mit zwei n -fachen Schnittpunkten.

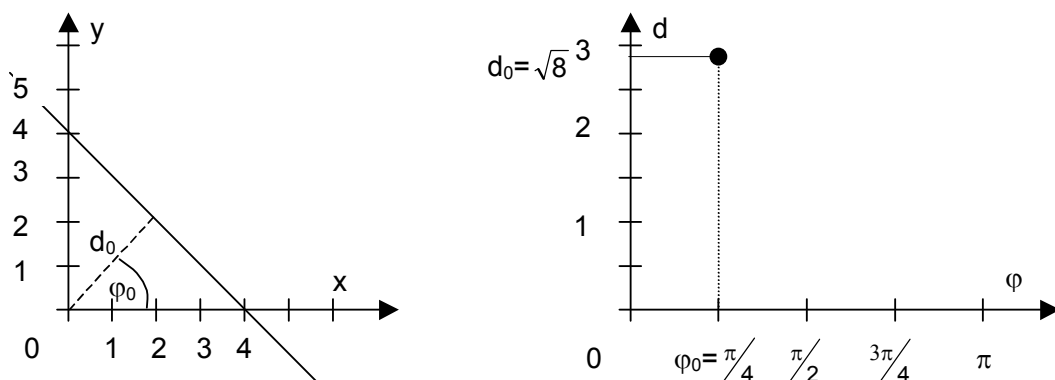


Abb. 4.10: Beispiel für die Hough-Transformation in den φ - d -Raum: eine Gerade im x - y -Raum entspricht einem Punkt im φ - d -Raum.

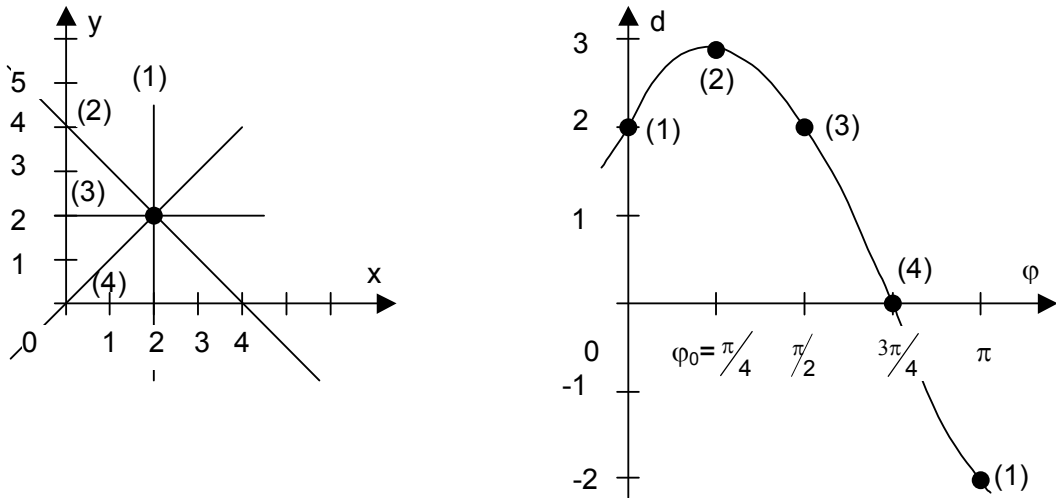


Abb. 4.11: Beispiel für die Hough-Transformation in den φ -d-Raum: ein Punkt im x-y-Raum entspricht einem Abschnitt einer sinusförmigen Schwingung im φ -d-Raum.

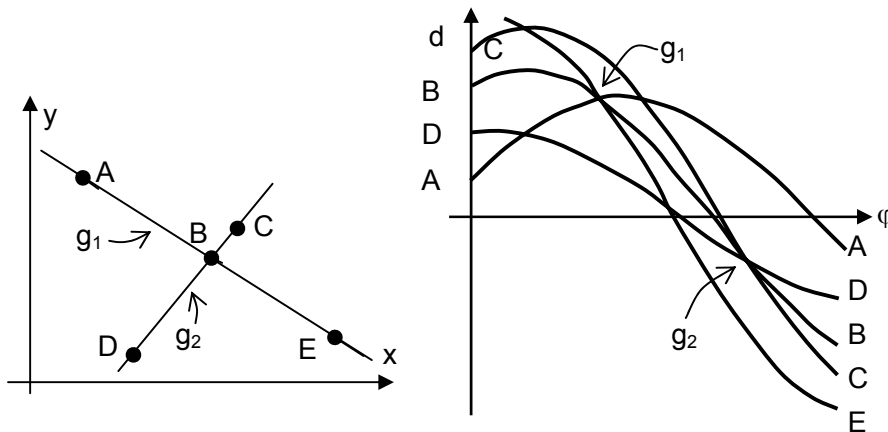


Abb. 4.12: Beispiel für die Hough-Transformation in den φ -d-Raum.

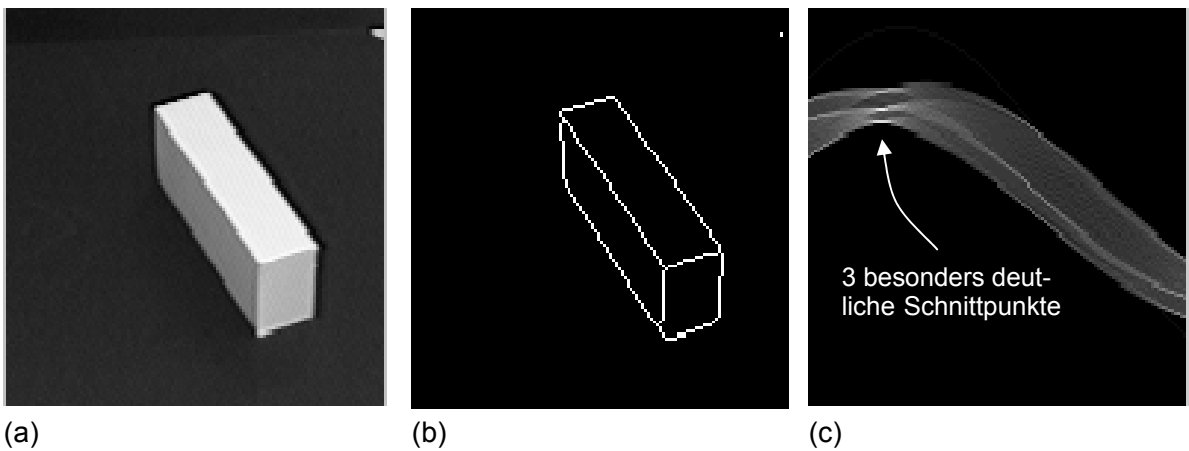
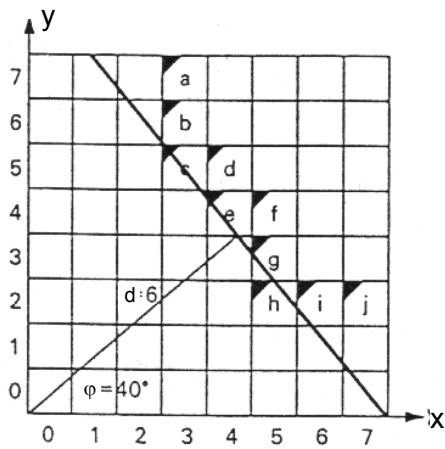
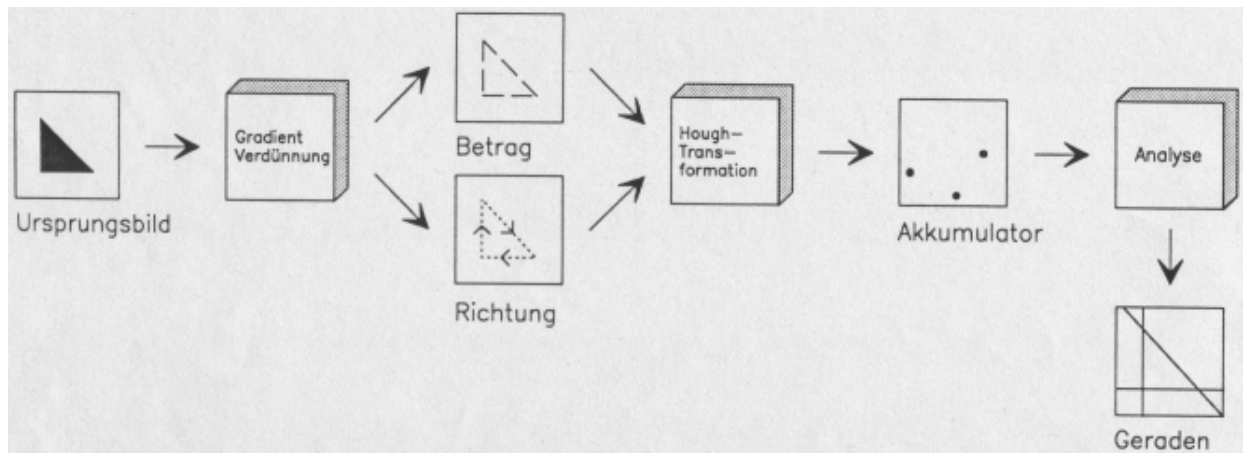


Abb. 4.13: Reales Beispiel für die Hough-Transformation in den φ -d-Raum: (a) Originalbild; (b) Kantendetektion und Verdünnung; (c) φ -d-Raum.

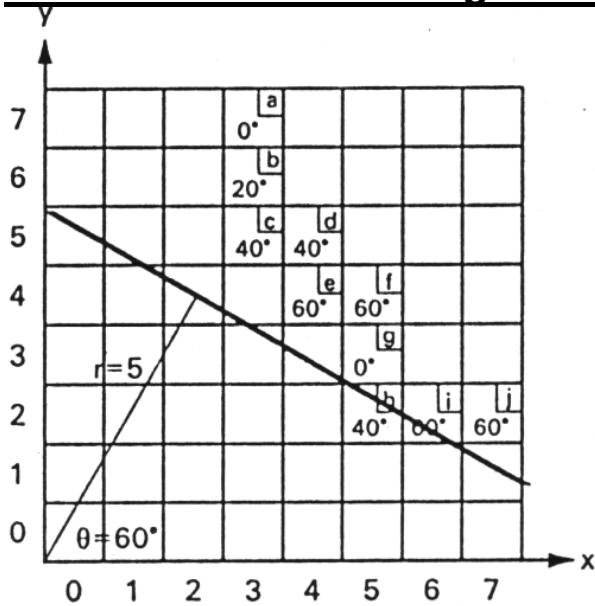
Prinzipielles Vorgehen bei der Hough-Transformation:



$d \setminus \varphi$	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
-10										
-9										
-8										
-7										j
-6									j	i
-5									i	fgh
-4								j	gh	de
-3								hi	f	abc
-2							j	g	de	
-1							hi	f	bc	
0							g	de	a	
1						hij	ef	c		
2						g	d	b		
3	abc				hij	ef	c	a		
4	de			h	g	cd	b			
5	fgh	abc deh	h	eij	cef	b	a			
6	i	fgi	bcd efgi	cd fg	bd	a				
7	j	j	ja	b	a					
8				a						
9										
10										

Abb. 4.14: Beispiel für ein Akkumulatorfeld bei der Hough-Transformation (Quelle: Bässmann, Besslich: "Konturorientierte Verfahren in der DBV", Springer-Verlag).

Modifikationen zur Hough-Transformation:

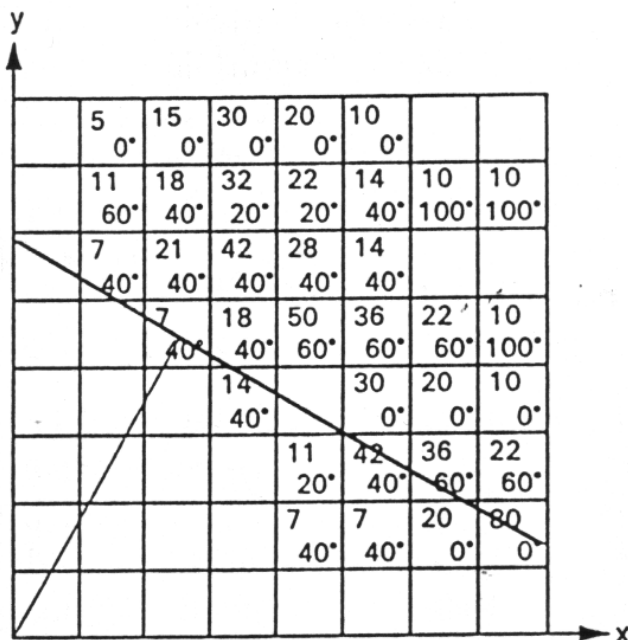


(a)

$d \setminus \psi$	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°
0							
1							
2							
3	a						
4							
5	g	b	h	e i j			
6			c d	f			
7							

(b)

Kanten-Elemente (links) und Akkumulatorfeld (rechts) unter Berücksichtigung der Gradienten-Richtungen. Links zusätzlich Rücktransformation



(a)

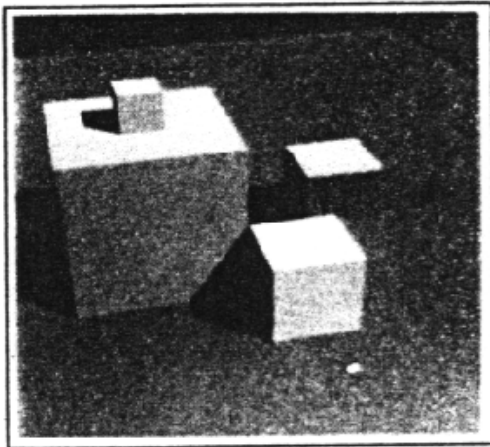
$d \setminus \psi$	0°	20°	40°	60°	80°	100°
0						
1	5					
2	15					
3	30					10
4	20	11	42			
5	40	32	99	108		20
6	40	22	70	69		
7	30		14			
8			14			

(b)

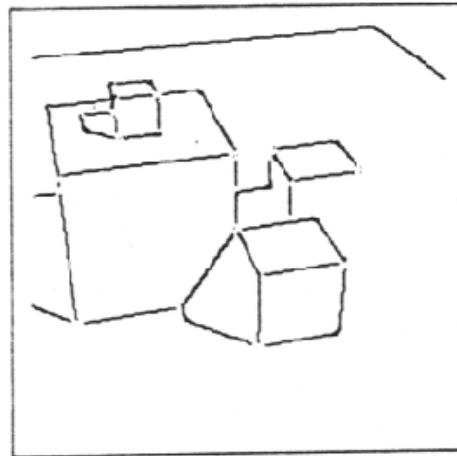
Kanten-Elemente (links) und Akkumulatorfeld (rechts) unter Berücksichtigung der Gradienten-Richtungen und -Beträge. Links zusätzlich Rücktransformation der am höchsten bewerteten Akkumulatorzelle

(Quelle: Bässmann, Besslich: "Konturorientierte Verfahren in der DBV", Springer-Verlag).

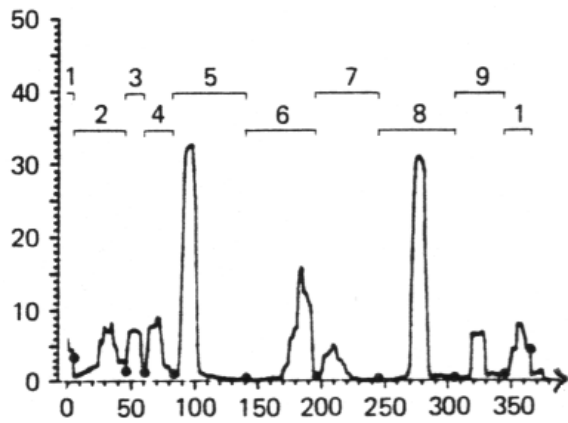
Modifikationen zur Hough-Transformation:



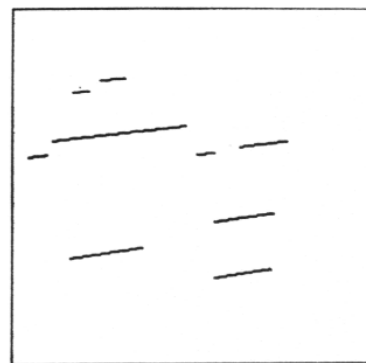
Originalbild



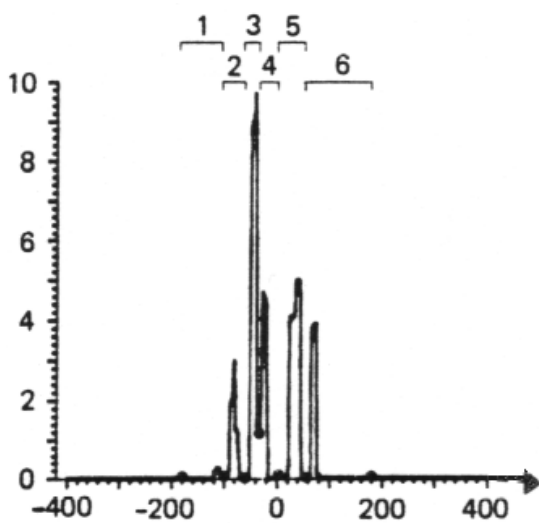
Kantenbild



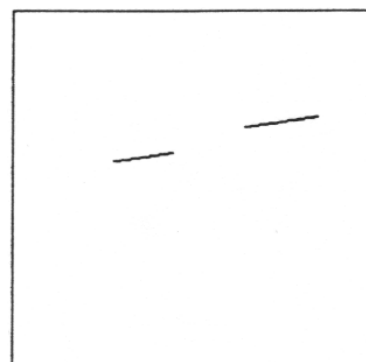
Histogramm über die ϕ -Richtungen



Rücktransformation der Richtungs-Gruppe Nr. 8

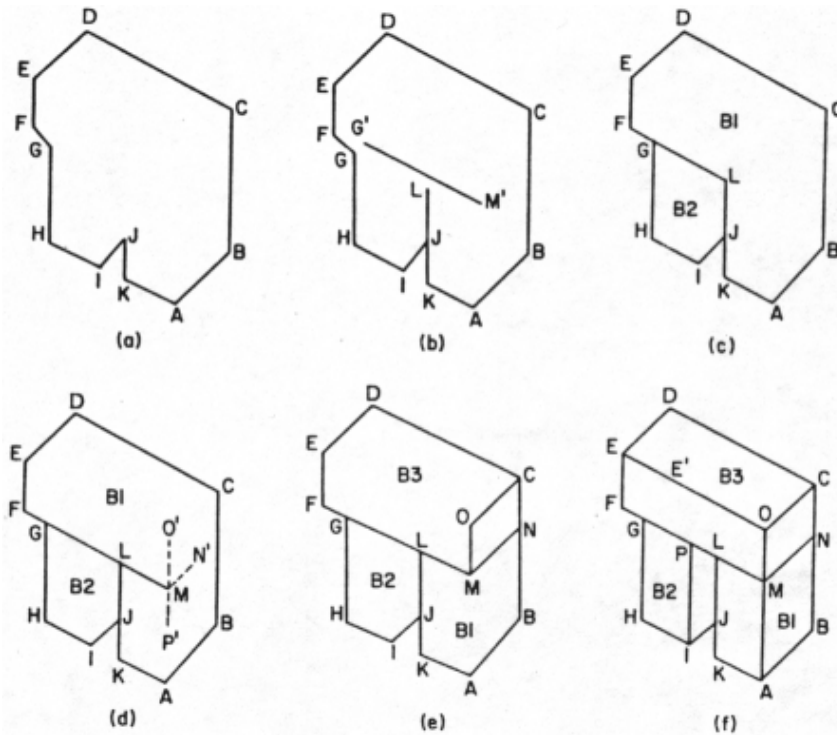


Histogramm über die d-Abstände der Richtungs-Gruppe 8



Rücktransformation der d-Gruppe Nr. 5

Kontur-Findung mittels Hypothesen:



(Quelle: Shirai: "Three-Dimensional Computer Vision", Springer-Verlag).

Sequentielle Kanten-Linienextraktion:

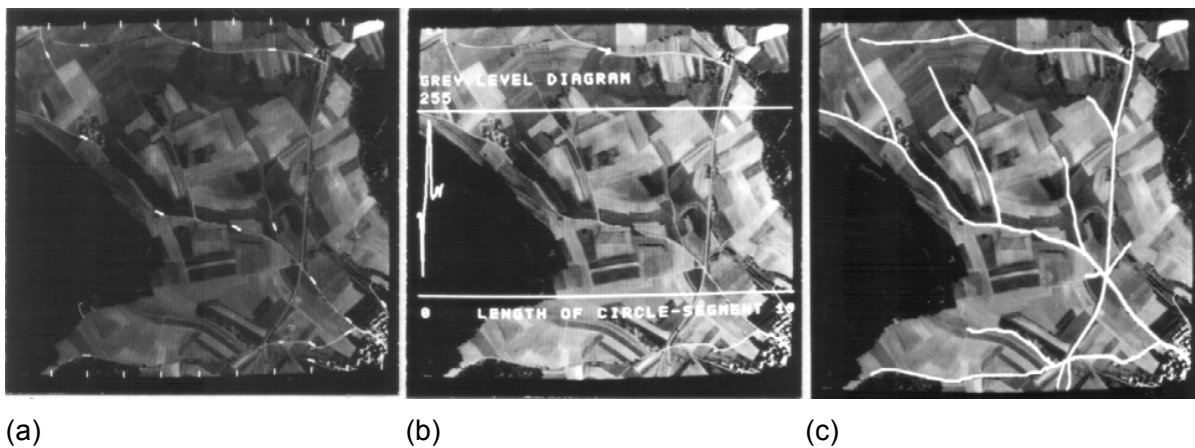


Abb. 4.15: Beispiel für ein sequentielles Linienextraktionsverfahren.

Konturorientierte Repräsentationen:

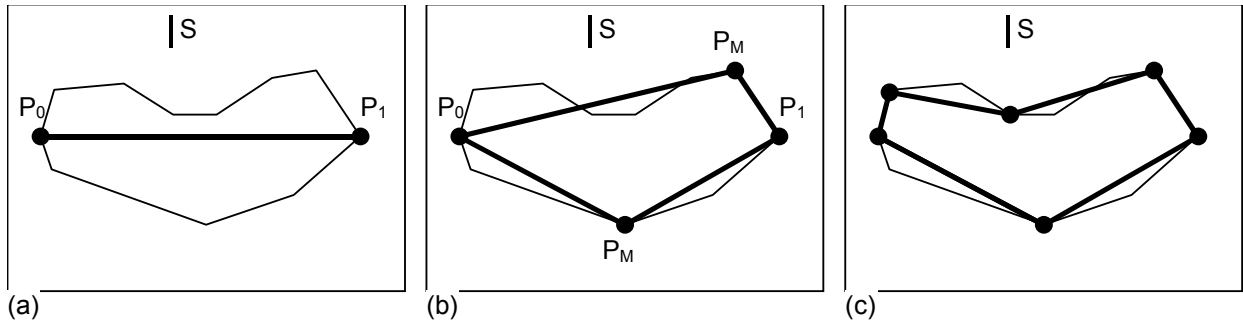


Abb. 4.16: Beispiel für die Polygonzug-Approximation einer Kontur:
 (a) Originalkontur mit diametral angeordneten Punkten P_0 und P_1 , einem initialen Polygonzug (P_0 nach P_1 und zurück) und dem Abstands-Schwellwert S ,
 (b) die beiden Strecken des initialen Polygonzuges werden aufgespalten,
 (c) endgültige Polygonzugapproximation (abhängig vom Abstands-Schwellwert S).



Abb. 4.17: Beispiel für die Polygonzug-Approximation einer Kontur:
 (a) Originalbild,
 (b) binarisiertes Ergebnis einer Kantendetektion; (Ergebnis ist rasterorientiert),
 (c) Polygonzug-Approximation des Ergebnisses der Verdünnung von Bild (b) und nachfolgender Linienverfolgung; (Ergebnis ist vektororientiert).

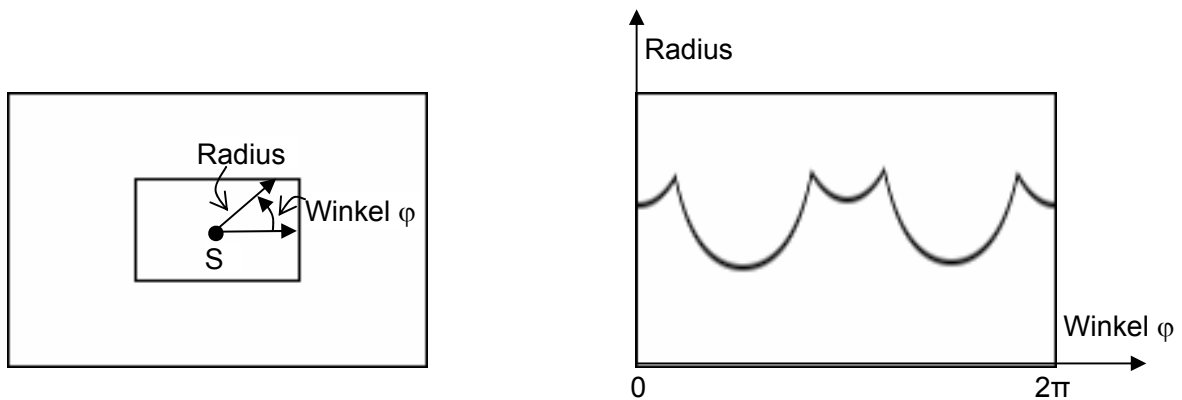


Abb. 4.18: Beispiel für die Polar-Koordinaten-Repräsentation einer Kontur:
 (a) Originalbild,
 (b) Polar-Koordinaten-Darstellung