

DBV-Projekt:

**Strukturanalyse
von
Halbleiterelementen
mit der
Hough-Transformation**

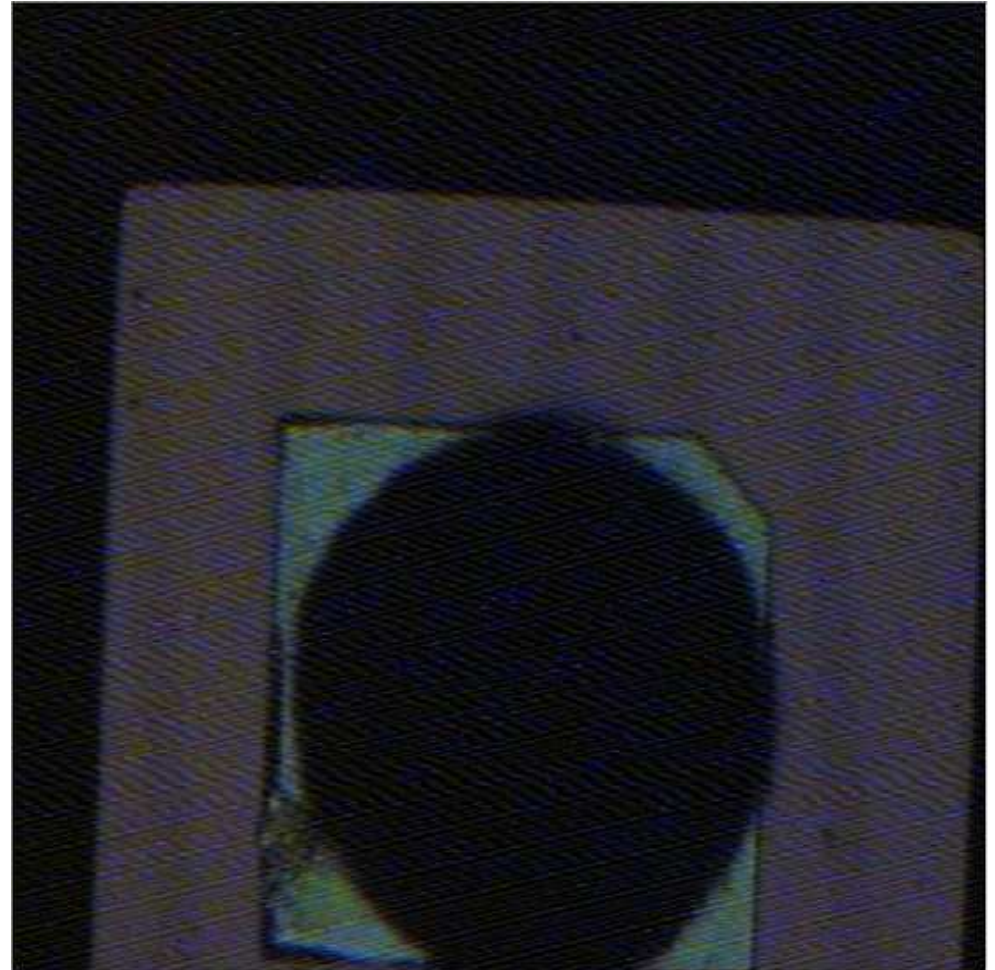
André Betz

Inhalt:

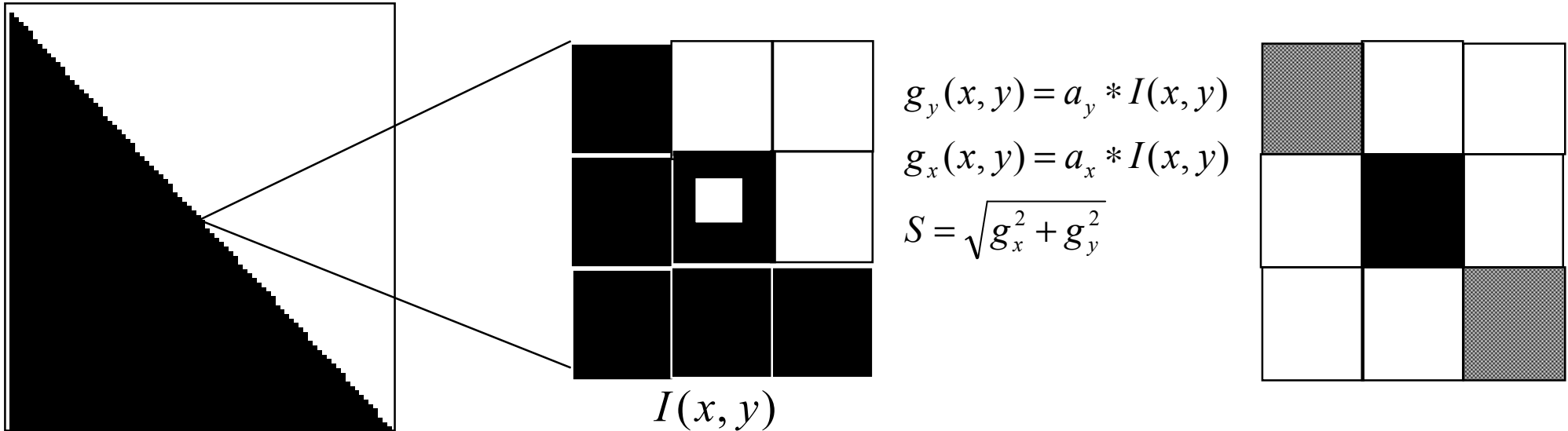
- Problemstellung
- Hough-Transformation
 - Geraden
 - Kreise
- Beurteilung

Problemstellung:

- Erkennen von unterbrochenen Rechtecken und Kreisen
- unterschiedliche Lichtverhältnisse
- Entfernung von Schlieren



Generierung von Binärbildern : Sobelfilter

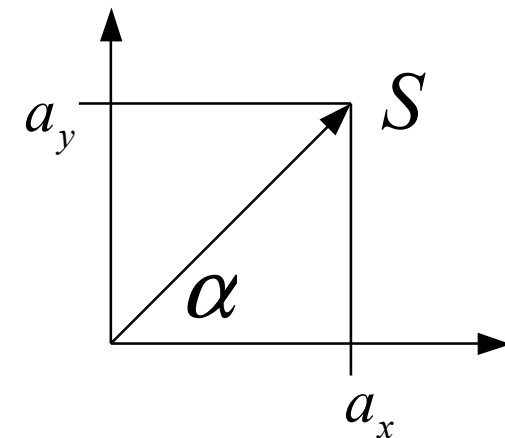


$$a_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Faltungsoperator in y-Richtung

$$a_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Faltungsoperator in x-Richtung



Hough-Transformation:

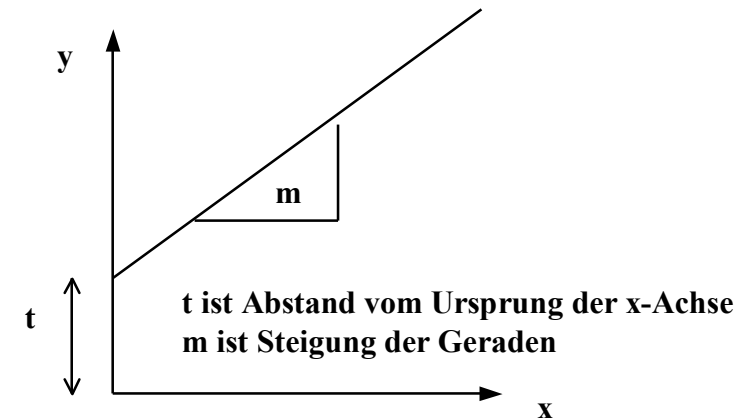
- alle Randpunkte, die zur Struktur (Objekt) gehören, werden im Transformationsraum abgebildet
- Transformationsraum (Hough-Raum) wird durch ein Akkumulatorarray repräsentiert
- je mehr Punkte zu einer Struktur gehören, desto deutlicher wird dies im Akkumulator sichtbar
- Maximum in den Akkumulatorzellen enthält die Parameter des gesuchten Objektes

Hough-Transformation: Geradengleichung

Geradengleichung 1:

$$y(x) : y = m \cdot x + t$$

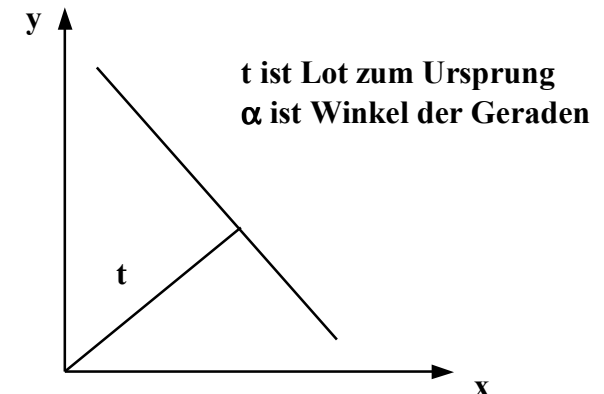
$$\Leftrightarrow t(m) : t = y - m \cdot x$$



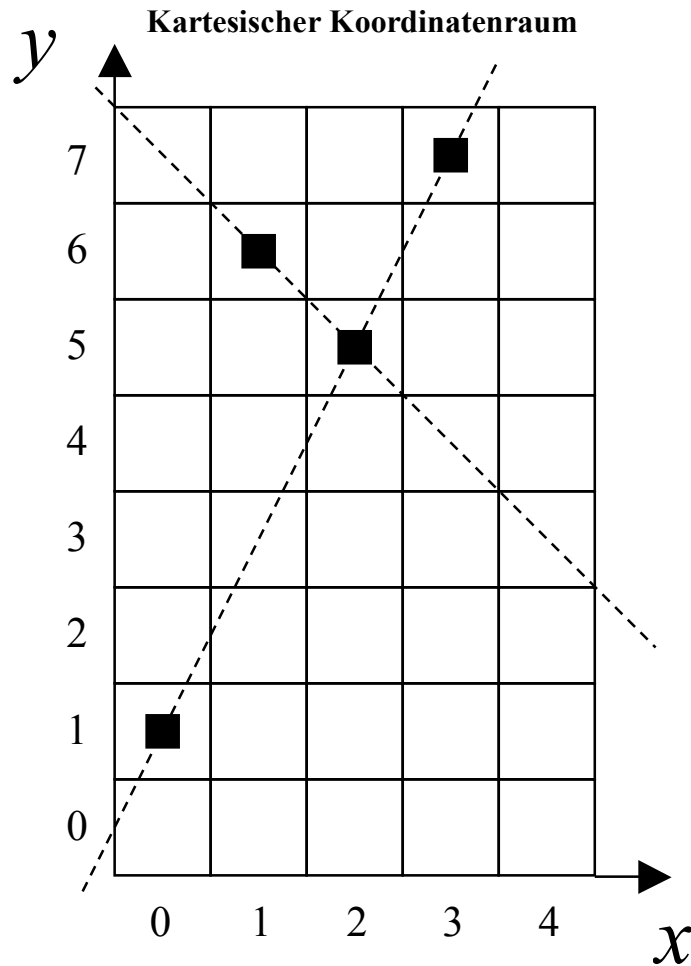
Geradengleichung 2:

$$t(\alpha) : t = x \cdot \cos(\alpha) + y \cdot \sin(\alpha)$$

Hessche Normalform



Hough-Transformation: Transformation Gerade 1



$$t(m) = y - m \cdot x \Rightarrow$$

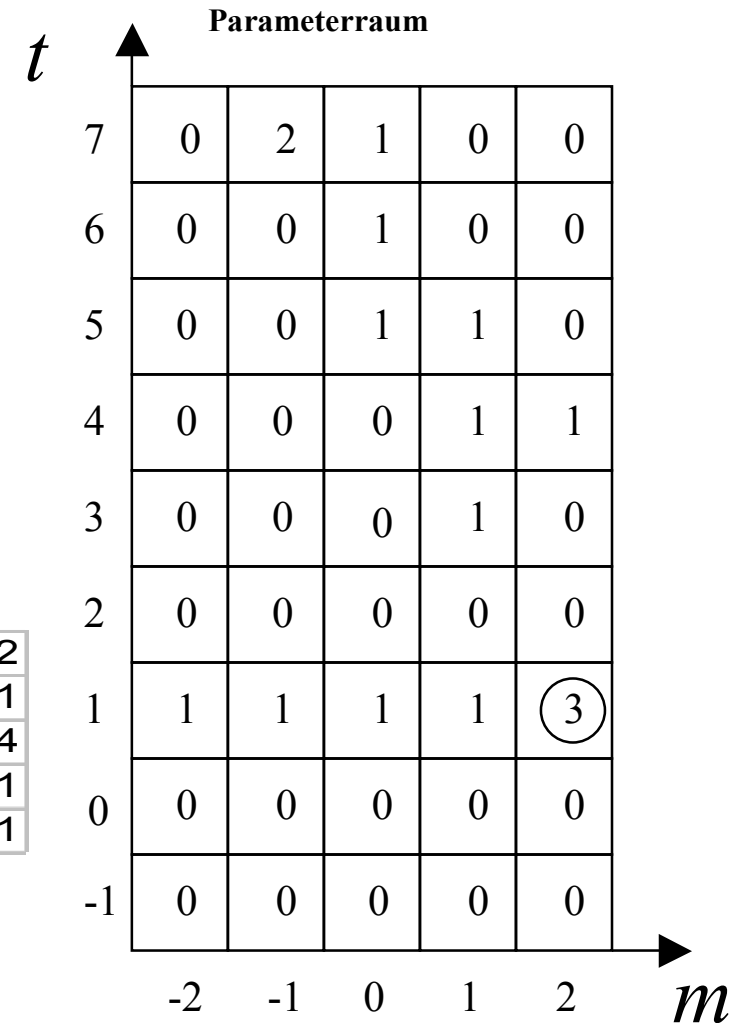
$$t_1(m) = 7 - m \cdot 3$$

$$t_2(m) = 6 - m \cdot 1$$

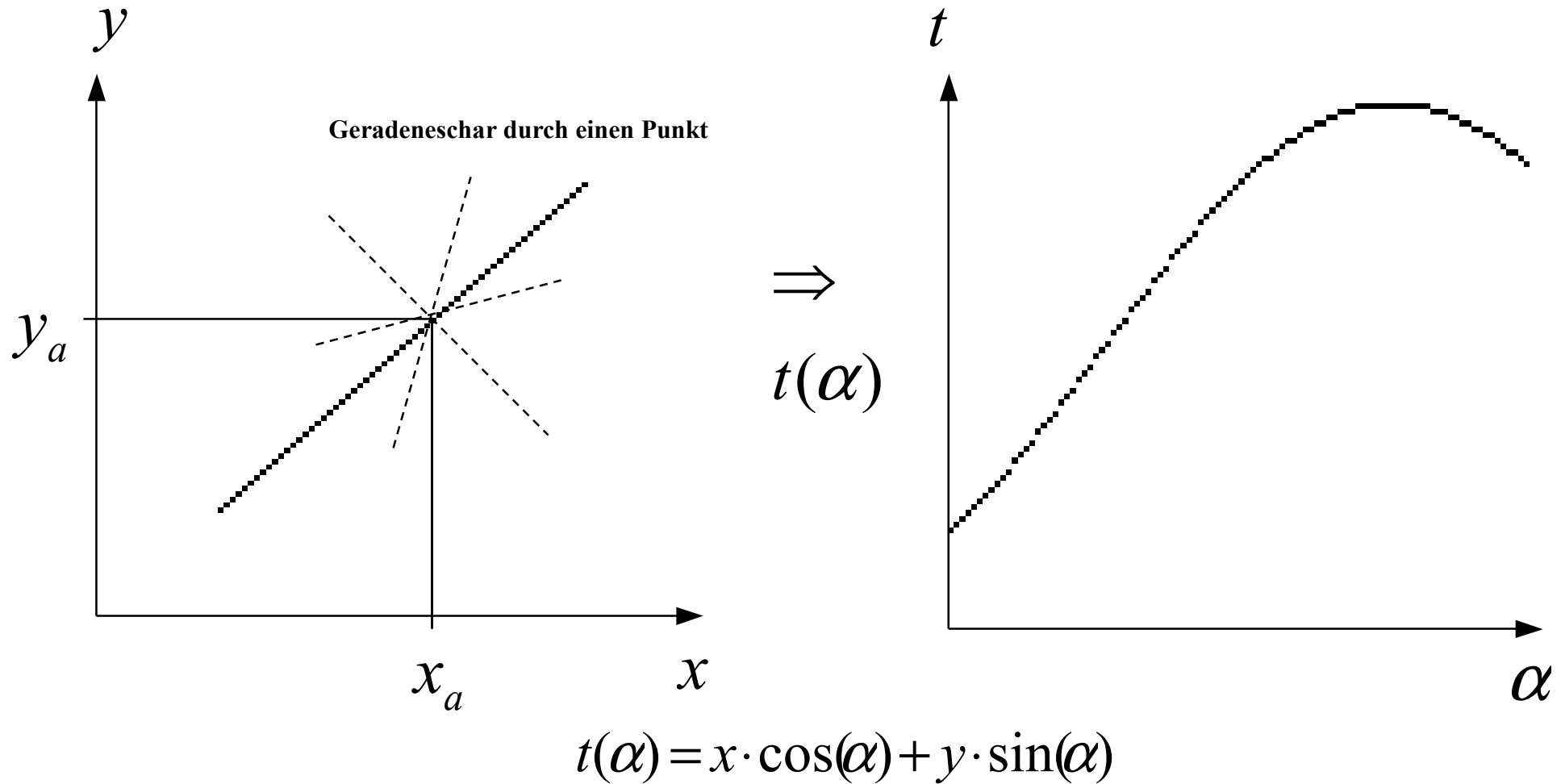
$$t_3(m) = 5 - m \cdot 2$$

$$t_4(m) = 1 - m \cdot 0$$

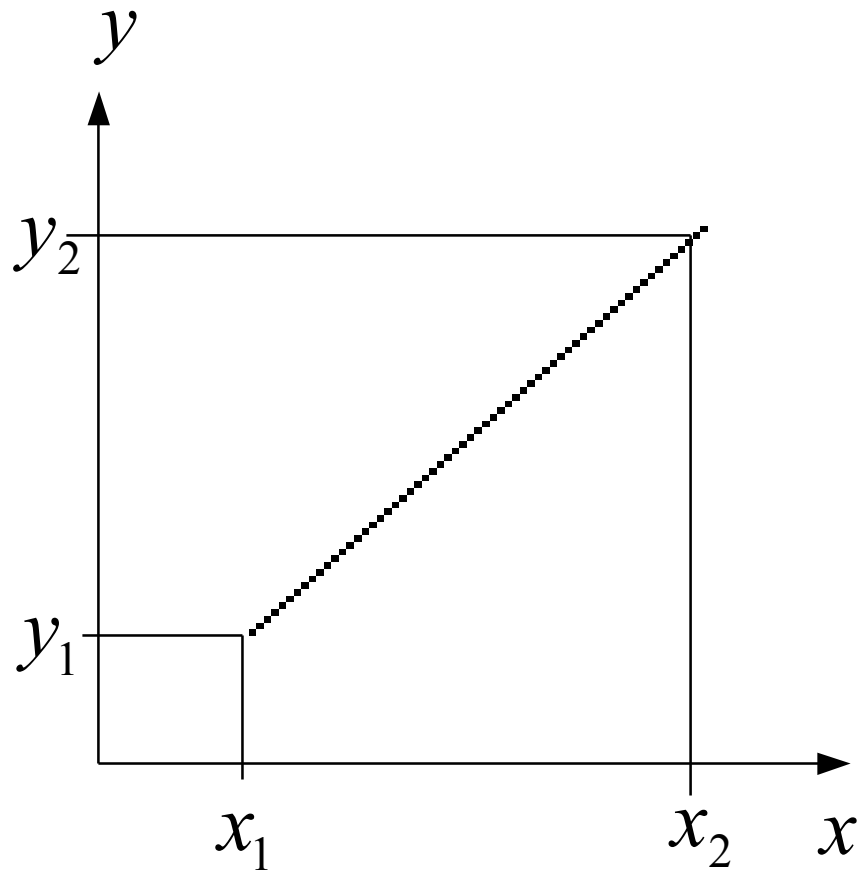
m	-2	-1	0	1	2
t1	13	10	7	4	1
t2	8	7	6	5	4
t3	9	7	5	3	1
t4	1	1	1	1	1



Hough-Transformation: Transformation Gerade 2

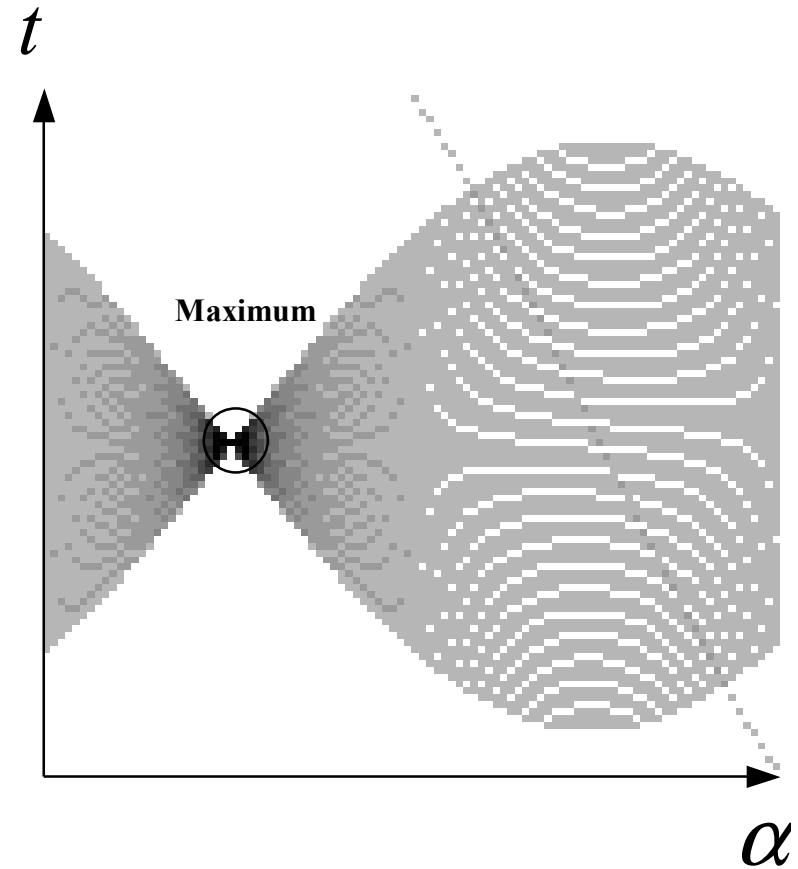


Hough-Transformation: Transformation Gerade 2



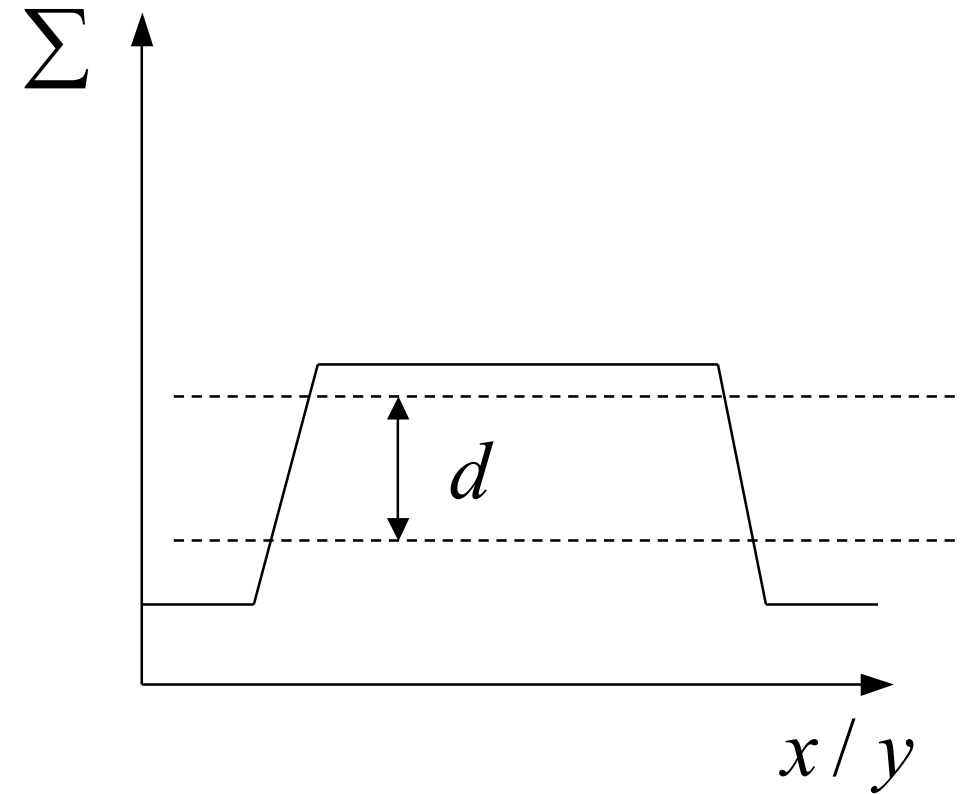
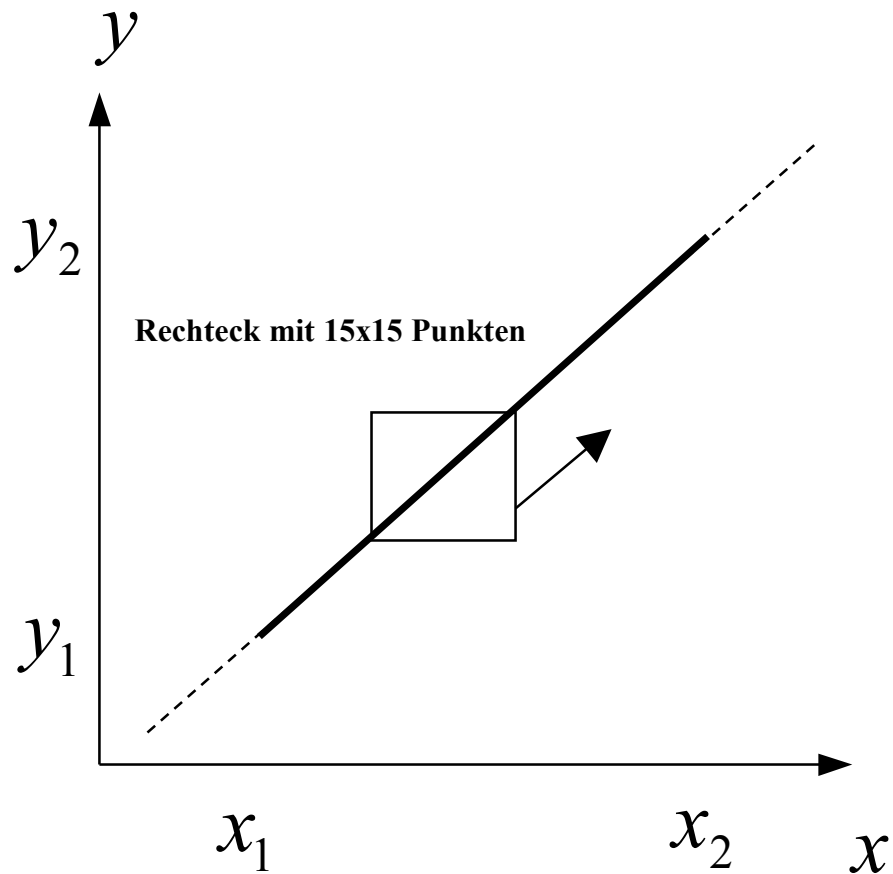
\Rightarrow

$t(\alpha)$



$$t(\alpha) = x \cdot \cos(\alpha) + y \cdot \sin(\alpha)$$

Hough-Transformation: Endpunkte der Geraden



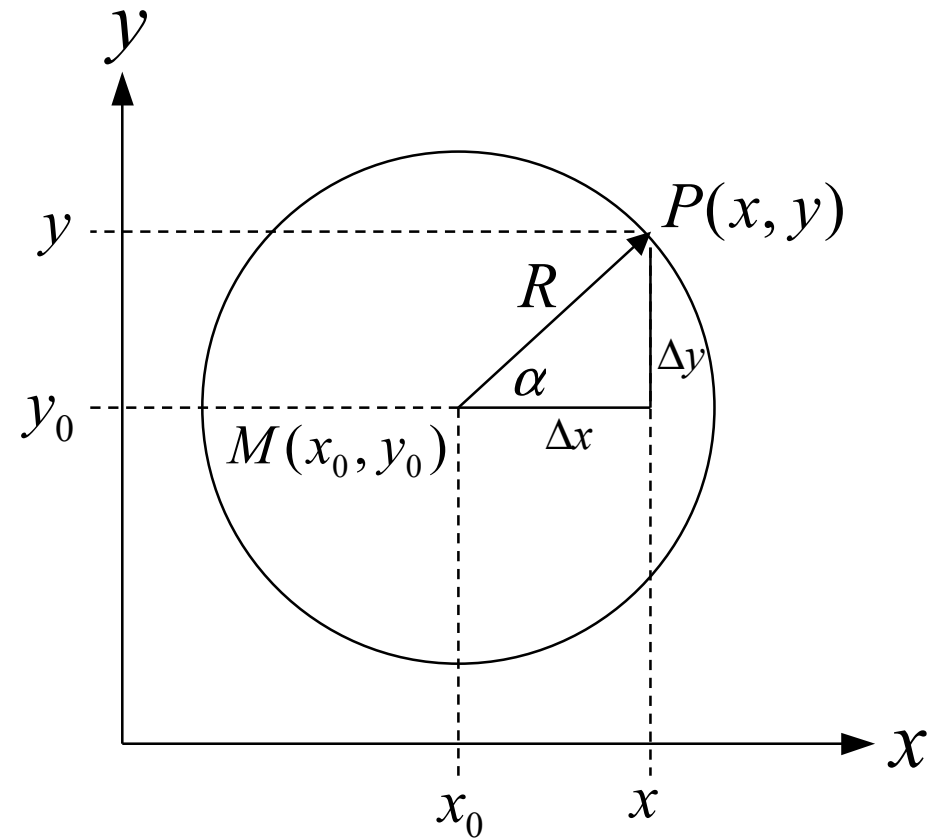
Hough-Transformation: Kreise

Kreis in kartesischen Koordinaten

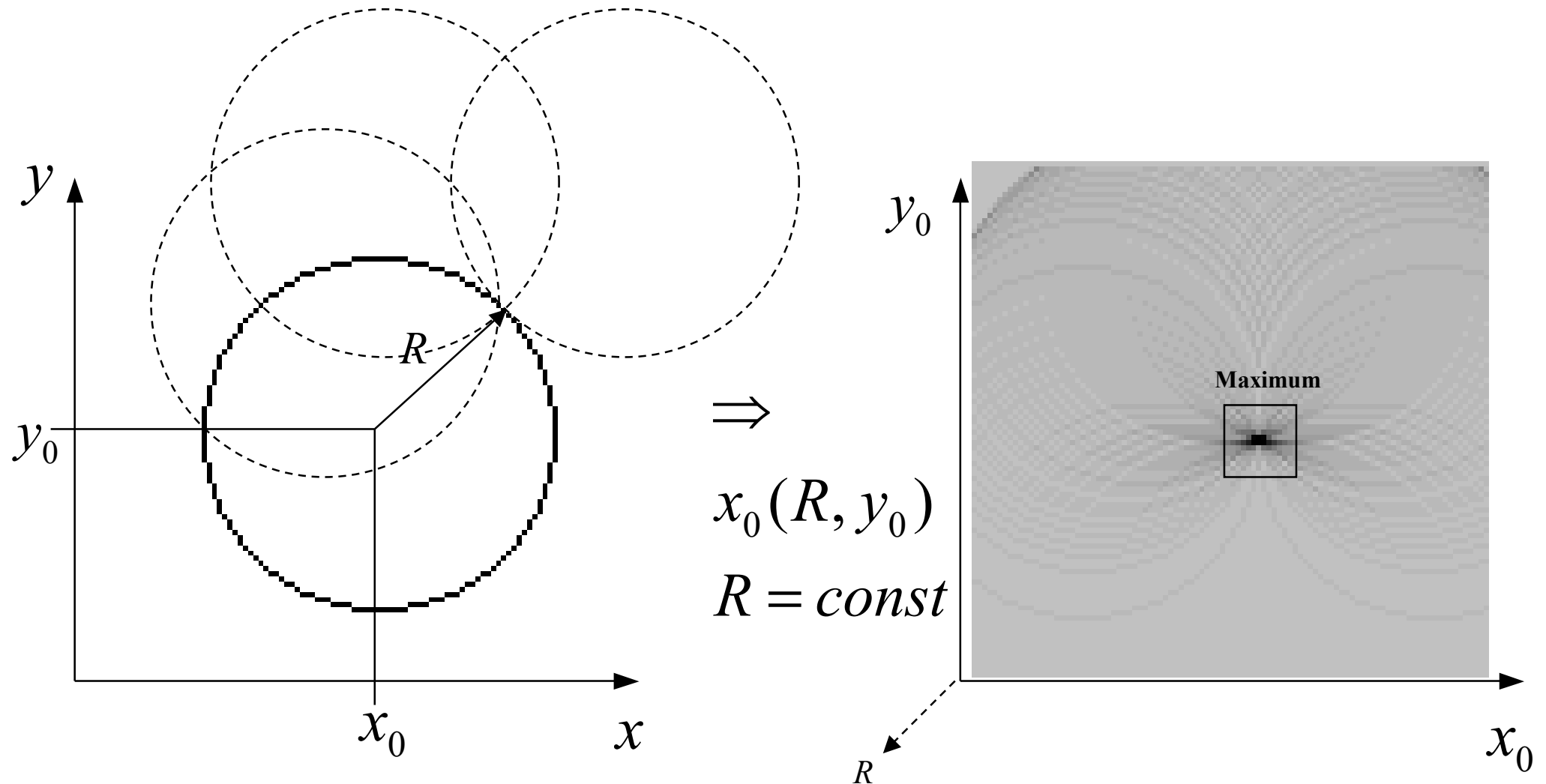
$$R^2(x, y) = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2$$
$$\Leftrightarrow x_0(R, y_0) = x - \sqrt{R^2 - (y - y_0)^2}$$

Kreis in Parameterdarstellung

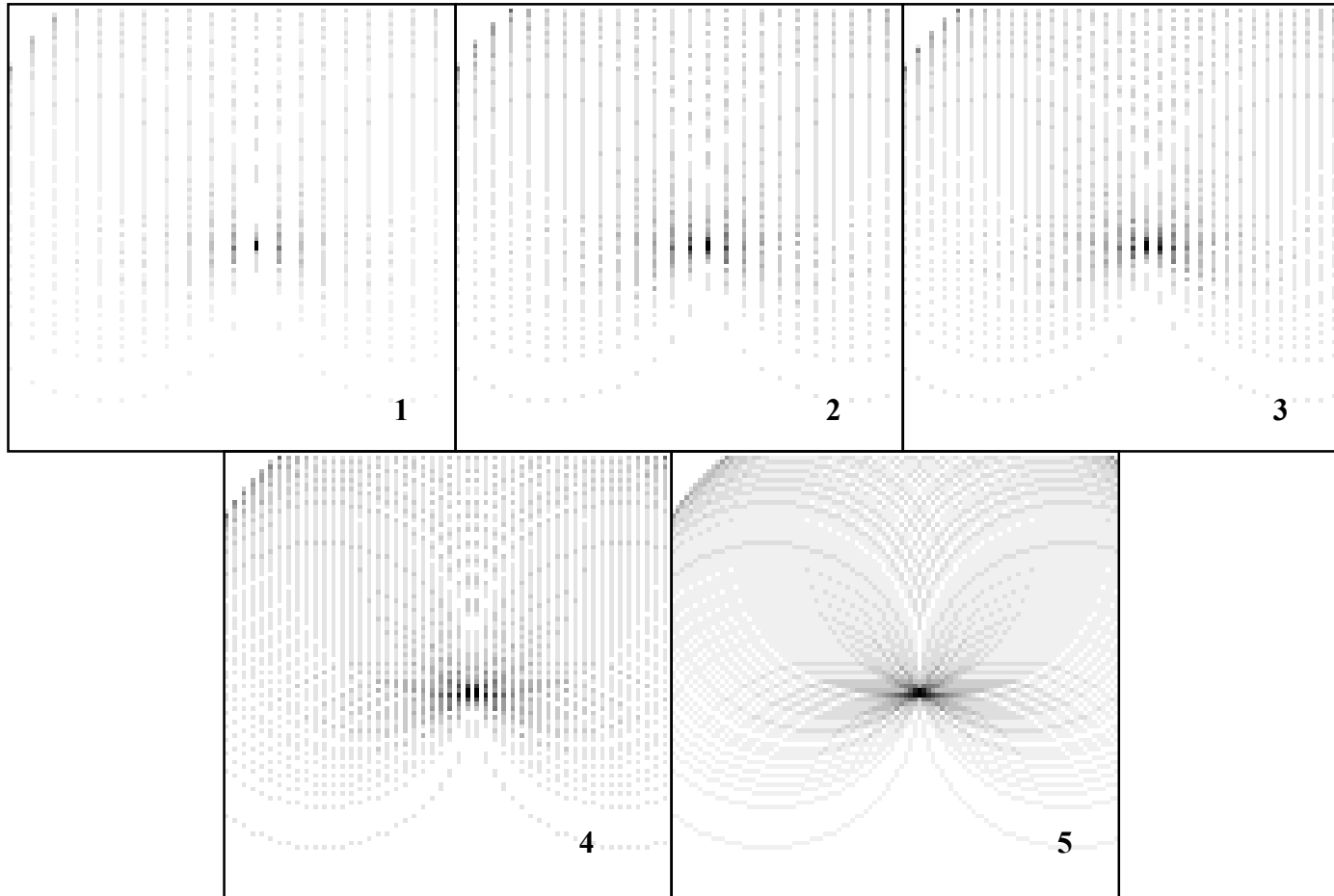
$$x = x_0 + R \cos(\alpha)$$
$$y = y_0 + R \sin(\alpha)$$



Hough-Transformation: Kreise

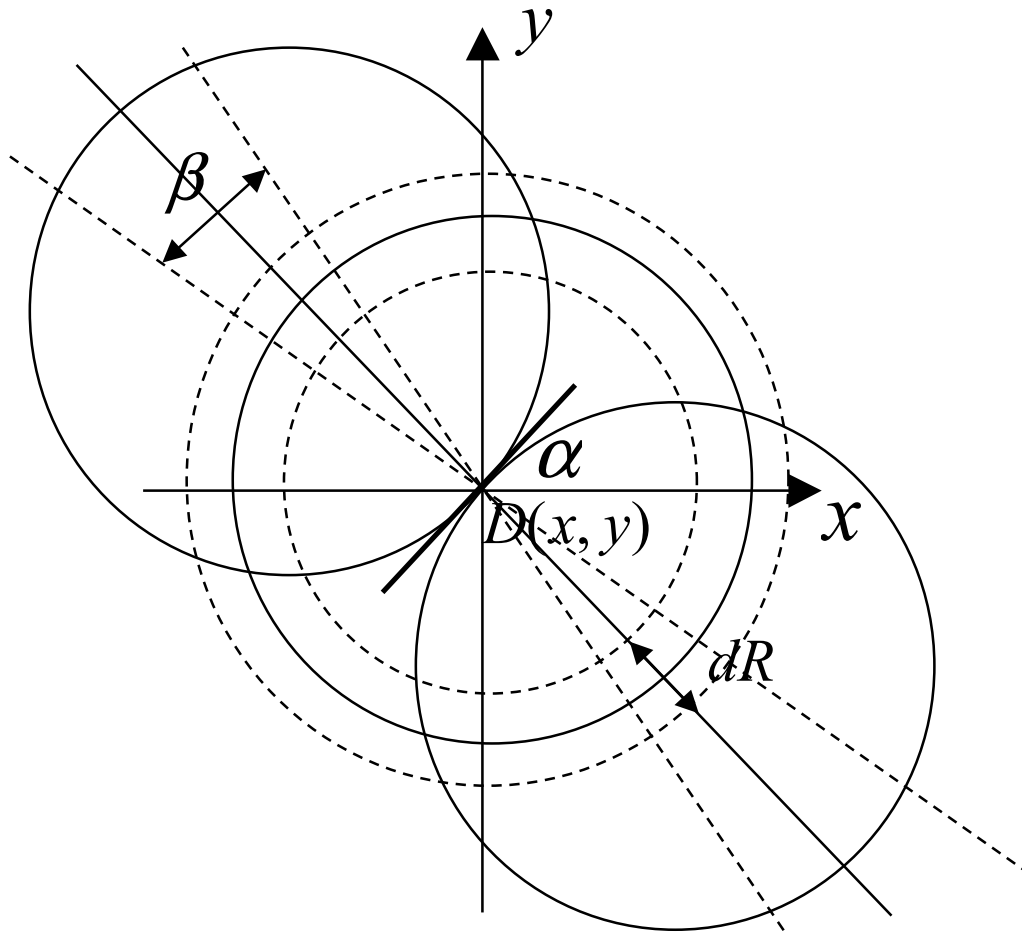


Hough-Transformation: intelligentes Suchen



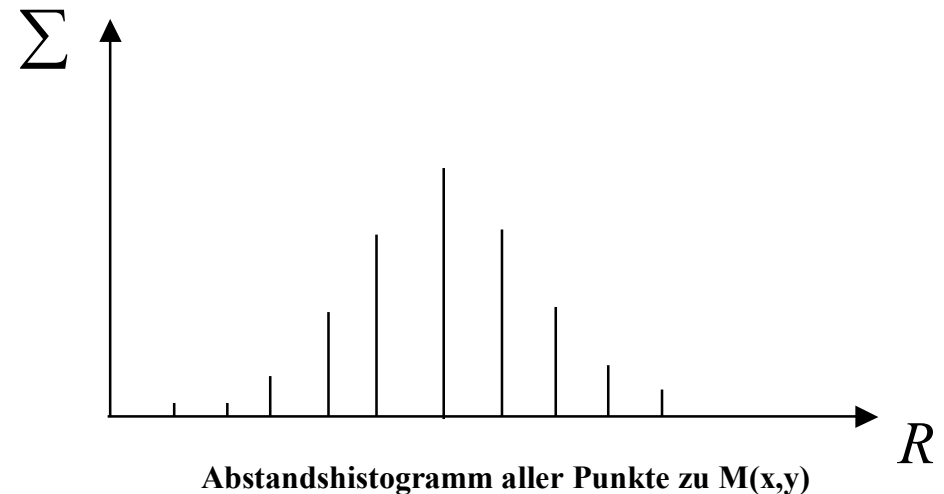
Auflösung der Parameter wird im Maximum schrittweise erhöht

Hough-Transformation: Kreise (optimiert)



Häufungspunkt der geschnittenen Mittelsenkrechten im Parameterraum entspricht dem Kreismittelpunkt $M(x, y)$

- $D(x, y)$: **Kantenrichtungspunkt**
- α : **Kantenrichtung**
- β : **Schwankungsfehler der Mittelsenkrechten der Kante**
- dR : **minimaler/maximaler Radius**



Hough-Transformation: Beurteilung

- + Robust gegenüber Helligkeitsschwankungen
- + Erkennung von unterbrochenen Kanten eines Objektes
- trotz einfacher Formeln recht komplex in der Handhabung
- hoher Rechenaufwand