



# Bildverarbeitung 1 Vom Pixel zum Objekt

Dr. Andrea Miene

# Prüfungsmodalitäten

Zwei Möglichkeiten, das Modul abzuschließen:

## ► Übungen

- Bearbeitung von Übungsaufgaben in Gruppen
- Details siehe Folie 3 v. 30.10.06
- Fachgespräch in der Gruppe mit dem Tutor
  - Befragung jedes einzelnen Gruppenmitglieds 5-10 Minuten
  - Codeinspektion
  - Vorlesungsinhalte
- Besuch der Übungen sinnvoll

## ► Mündliche Prüfung

- Prüfung durch Andrea Miene + Beisitzer(in)
- Inhalte der Vorlesung und der Übungen (keine Fragen zu Implementierungsdetails)
- In der Regel einzeln
- Dauer 20-30 Minuten
- Kann als Modulprüfung in den Studienabschluss eingebracht werden
- Besuch der Übungen nicht nötig

# Anmeldung, Übungen

- ▶ Insgesamt bisher 58 Anmeldungen (Stand 4.11.06)
  - 23 mündliche Prüfungen
  - 8 Teilnehmer zur Übung am Donnerstag
  - 27 Teilnehmer zur Übung am Dienstag
- ▶ Bitte meldet euch an, falls noch nicht geschehen!
- ▶ Übungen
  - Bitte teilt euren Tutoren eure Gruppenzugehörigkeit mit
  - Bitte nur Gruppen mit 4 oder 5 Teilnehmern!
  - Gruppen, denen noch Teilnehmer fehlen, informieren bitte die Tutoren per Mail
  - Gruppen müssen bis zur ersten Abgabe zusammengestellt sein!

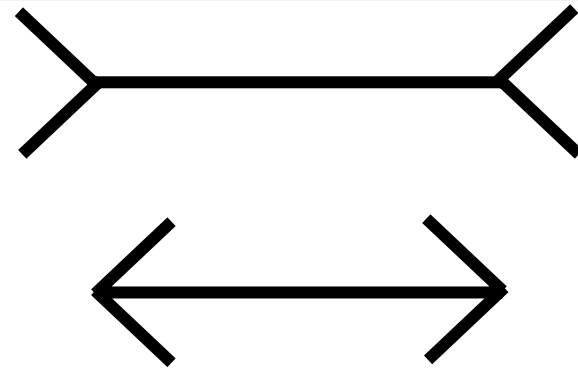
# Grundlagen der Bildverarbeitung

- ▶ Anwendungsbereiche
- ▶ Schwierigkeiten in der Bildverarbeitung
- ▶ Menschliches versus maschinelles Sehen
  - Biologische Grundlagen
  - Optische Täuschungen und visuelle Wahrnehmung
  - Repräsentation von Bildern im Rechner
- ▶ Verarbeitungsstufen der Bildanalyse (Überblick)

# Optische Täuschungen

- ▶ Eine optische Täuschung ist eine visuelle Wahrnehmungstäuschung
- ▶ Fehlleistung im Zusammenspiel von Auge und Gehirn
- ▶ Falsche Annahmen bezüglich objektiv messbarer Phänomene
- ▶ Die Täuschung verschwindet nicht, wenn man weiß, dass der Eindruck falsch ist

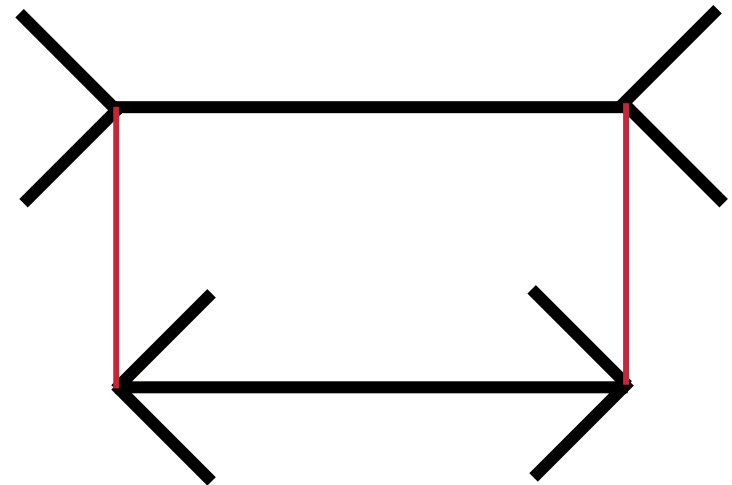
# Größentäuschungen



- ▶ Geometrisch-Optische Täuschungen bestehen aus
  - auslösenden Komponenten (hier kurze Linien) und
  - Testkomponenten (hier lange Linien),  
hinsichtlich derer man sich täuscht
- ▶ Es existieren verschiedene Erklärungsversuche
- ▶ Klar ist: Täuschung betrifft die Wahrnehmung und nicht Denken
  - Selbst wenn man weiß, das Eindruck falsch ist, verschwindet die Täuschung nicht

# Größentäuschungen

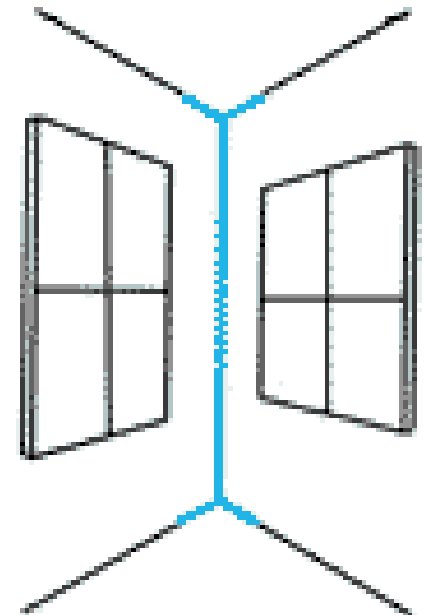
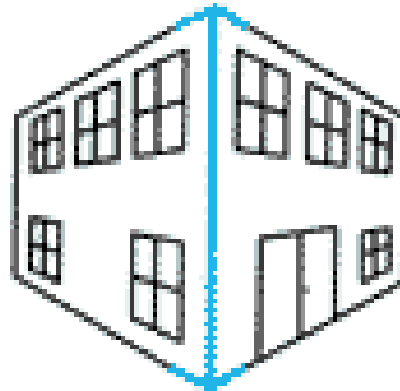
- ▶ Müller-Lyer Täuschungen (Größenkonstanz)
- ▶ Entdeckt vor ca. 100 Jahren von Franz Müller-Lyer
- ▶ Linie zwischen spitzen Winkeln erscheint kürzer als zwischen stumpfen Winkeln
- ▶ Die beiden Linien sind gleich lang



[Experiment](#)

# Größentäuschungen

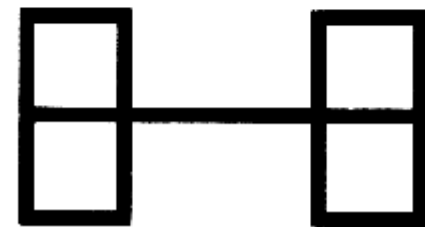
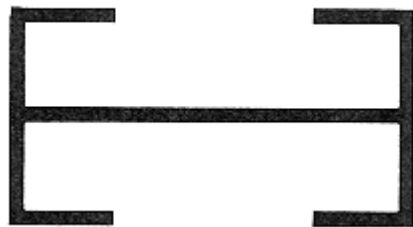
- ▶ Müller-Lyer  
Größenkonstanz
- ▶ Häufige Erklärung:  
Wahrnehmung der  
Konstrukte als  
Objekte im Raum





# Größentäuschungen

- ▶ Müller-Lyer Größenkonstanz
  - Täuschung auch bei rechteckigen Gebilden
  - Stärkerer Effekt bei geschlossenen Rechtecken

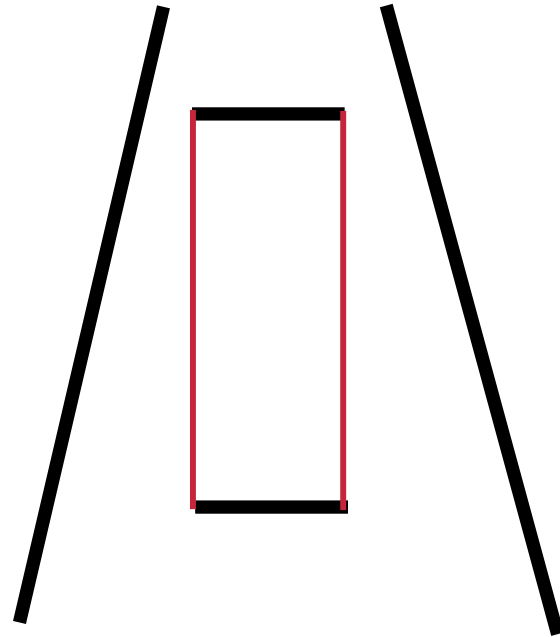


[Spektrum 86], S. 111

# Größentäuschungen

- ▶ Ponzo Täuschung
- ▶ Die beiden waagerechten Linien sind gleich lang

Experiment



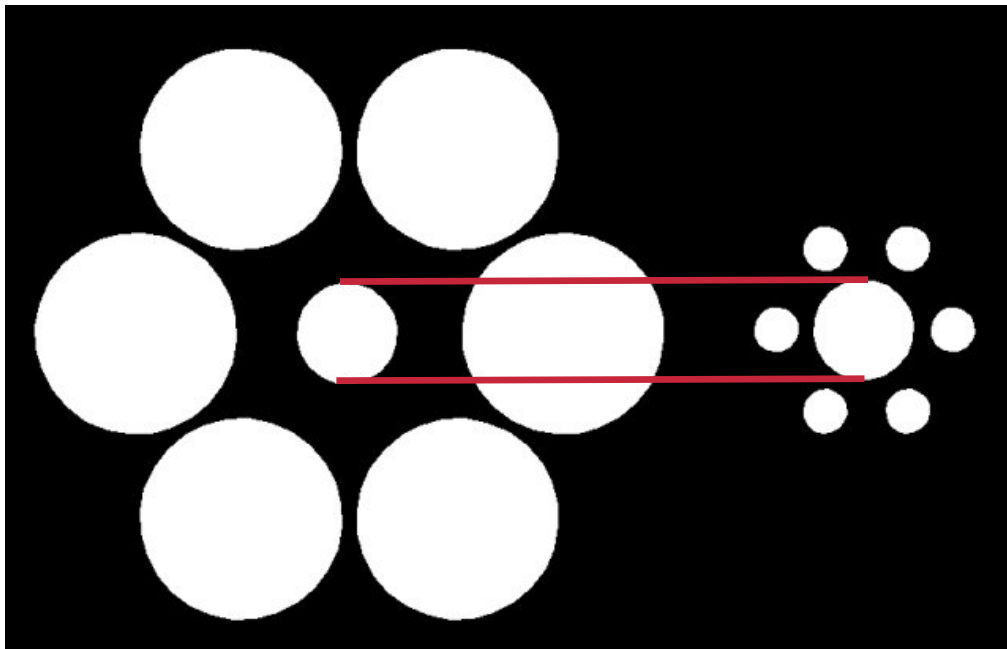
# Größentäuschungen

- ▶ Horizontal-Vertikal-Täuschung nach Oppel
- ▶ Die beiden Linien sind gleich lang



[Experiment](#)

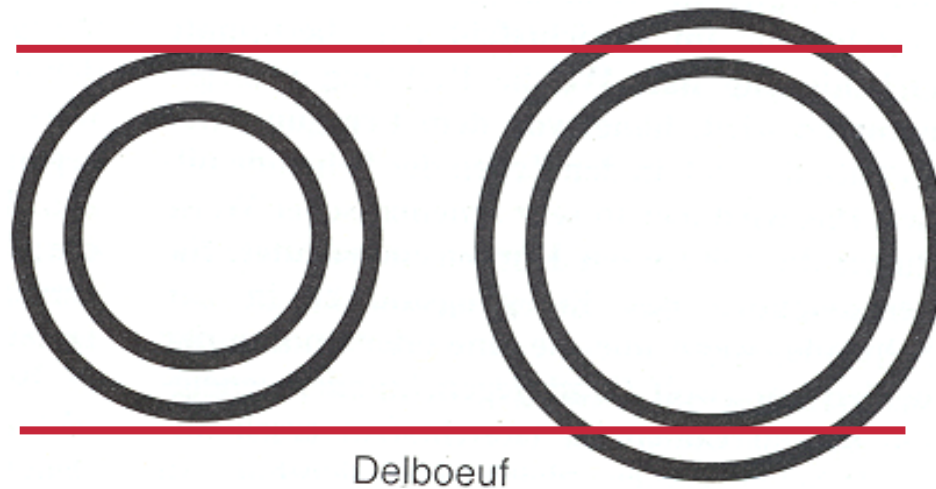
# Größentäuschungen



- ▶ Titchener Täuschung
- ▶ Der linke mittlere Kreis erscheint kleiner als der rechte
- ▶ Übertragung von relativ klein und relativ groß aufgrund der benachbarten Kugeln
- ▶ Die beiden mittleren Kreise sind tatsächlich gleich groß

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Equal\\_circles\\_illusion.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Equal_circles_illusion.jpg)

# Größentäuschungen



- ▶ Delboeuf Täuschung
- ▶ Der linke äußere Kreis erscheint kleiner als der rechte innere
- ▶ Übertragung von Eigenschaften zwischen benachbarten Objekten
- ▶ Der linke äußere Kreis hat die gleiche Größe wie der rechte innere Kreis

[Spektrum 86], S. 105

# Größentäuschung

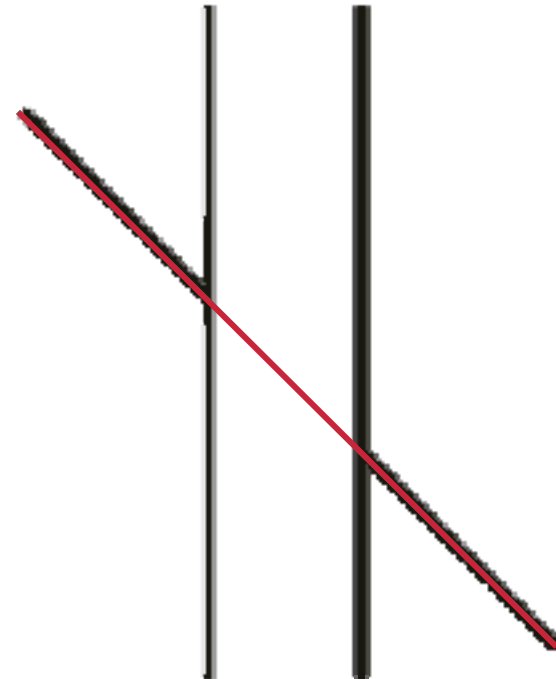


- ▶ Alle Schwesternpaare sind gleich groß dargestellt
- ▶ Je weiter entfernt, desto größer wird eine Person wahrgenommen
- ▶ Unsere „Bildverarbeitung“ berücksichtigt die Dreidimensionalität

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/c/ce/Opt\\_taeuschung\\_groesse.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/c/ce/Opt_taeuschung_groesse.jpg)

# Poggendorff-Täuschung

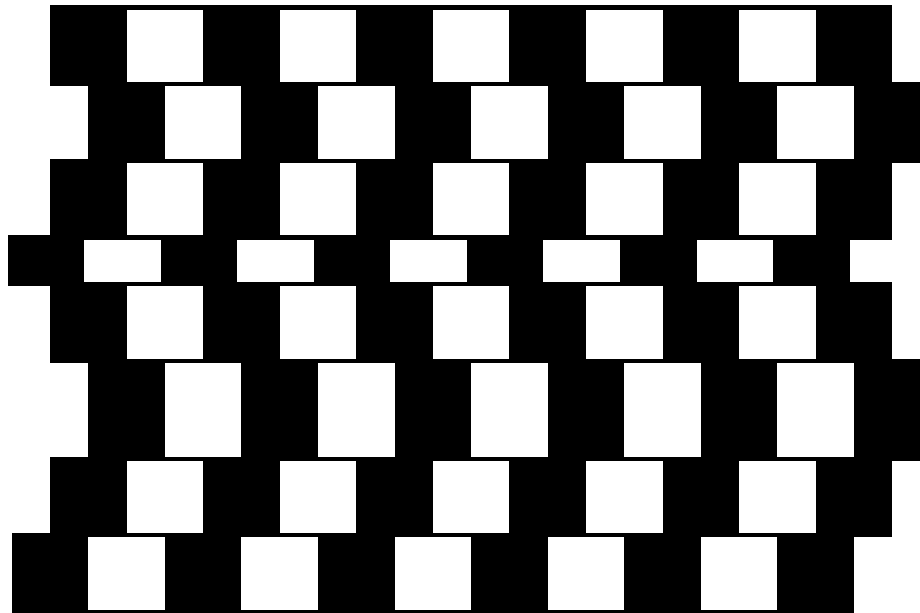
- ▶ Johann Christian Poggendorff, 1860
- ▶ Die schrägen Linien liegen auf einer Geraden
- ▶ Stumpfe Winkel werden kleiner, und spitze Winkel werden größer wahrgenommen, als sie sind
- ▶ Je steiler die Diagonale desto stärker die Täuschung



Experiment

[Spektrum 86], S. 105

# Täuschung bezüglich der Parallelität

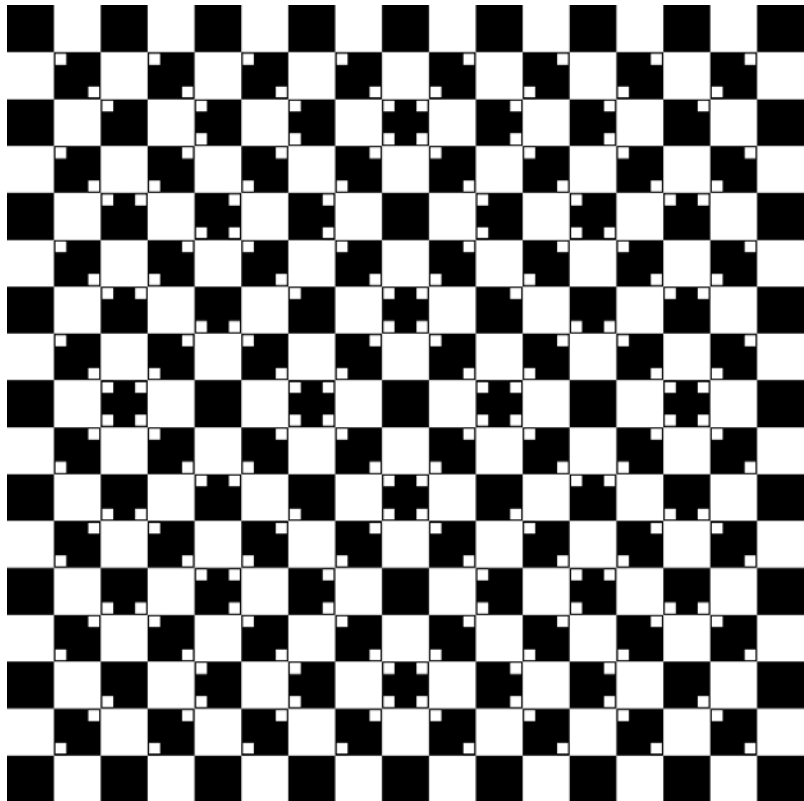


- ▶ Relative Parallelität
  - Café Wall Illusion
  - Waagerechte Balken erscheinen keilförmig
  - Tatsächlich sind die waagerechten Linien parallel

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Optische\\_taeuschung\\_balken.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Optische_taeuschung_balken.png)



# Täuschung bezüglich der Parallelität

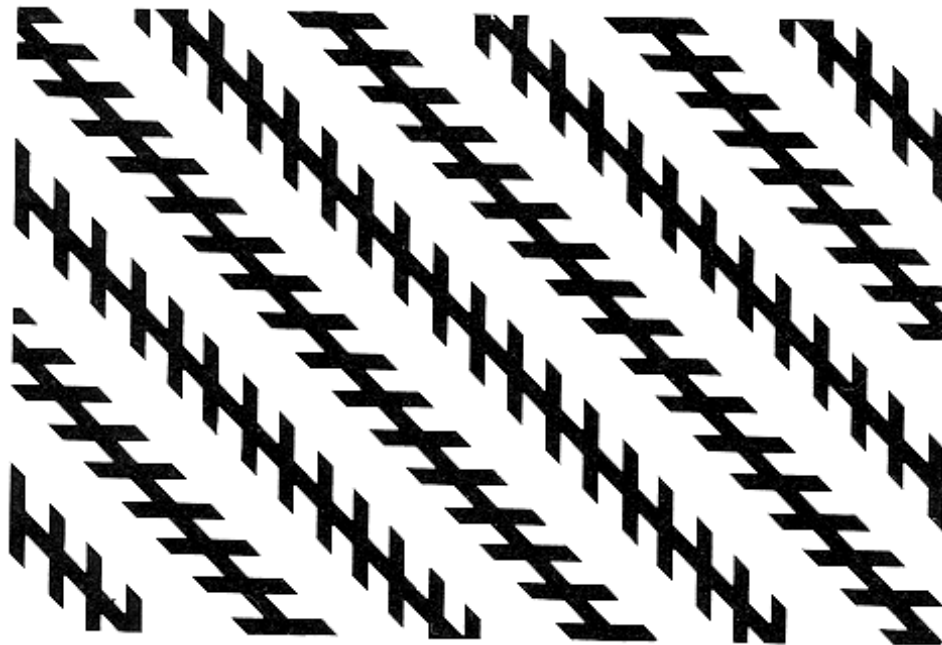


## ► Relative Parallelität

- Linien erscheinen wellenförmig
- Tatsächlich sind auch hier alle Linien parallel

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Optische\\_taeuschung\\_balken.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Optische_taeuschung_balken.png)

# Täuschung bezüglich der Parallelität

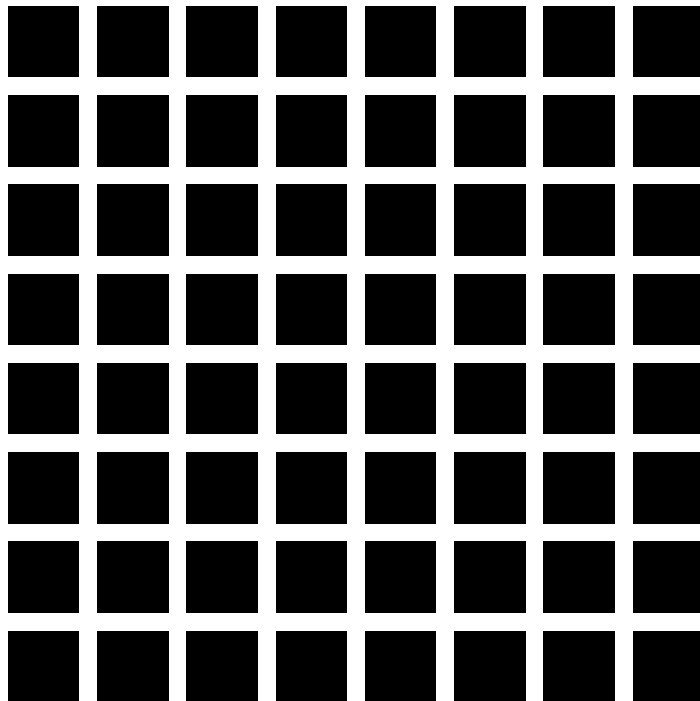


- ▶ Zöllner
  - Scheinbar gegeneinander geneigte Linien
  - Tatsächlich sind die Linien auch hier parallel
  - Stumpfe Winkel werden kleiner, spitze größer wahrgenommen, als sie tatsächlich sind

[Experiment](#)

[Spektrum 86], S. 105

# Kontrasttäuschung



## ► Hermann-Gitter

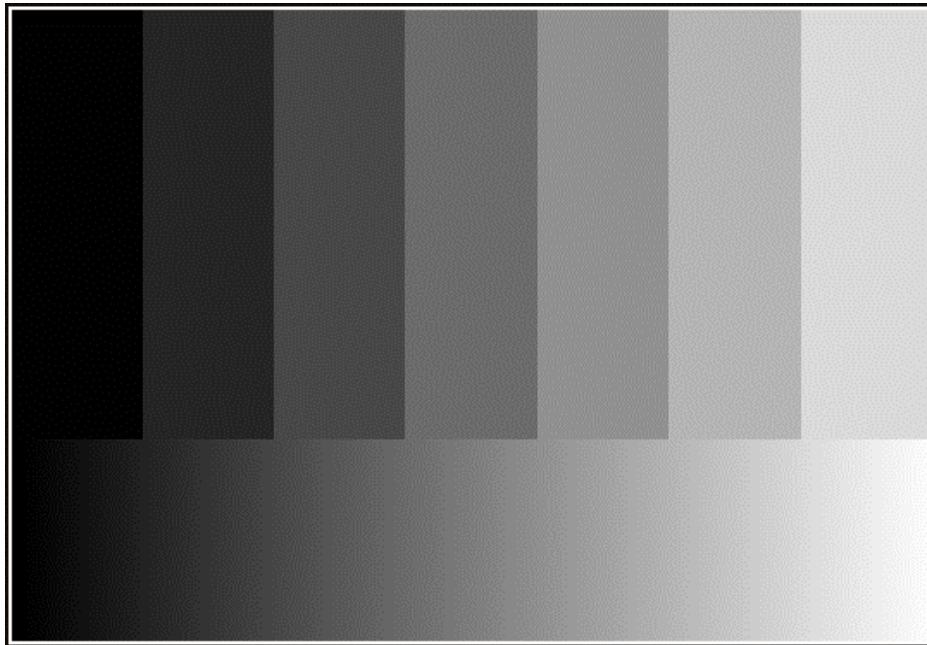
- Ludimar Hermann, 1870
- Illusion grauer Punkte an den Stellen, wo sich die weißen Linien kreuzen
- Punkt verschwindet, wenn man eine Kreuzung fixiert
- Illusion diagonalen dunkler Linien
- Verursacht durch laterale Hemmung der Rezeptoren

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/7/78/Optische\\_taeuschung\\_2.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/7/78/Optische_taeuschung_2.png)

# Kontrasttäuschung

- ▶ Laterale Hemmung von Rezeptoren
  - Starke Reizung bestimmter Rezeptoren hemmen benachbarte Rezeptoren
  - Laterale Hemmung funktioniert durch horizontale Verschaltung der Bipolarzellen über die Horizontalzellen
  - Ergebnis: Verstärkte Wahrnehmung von Kontrasten

# Kontrasttäuschung



- ▶ **Machsche Streifen**
  - Flächen mit verschiedenen einheitlichen Intensitäten
  - Illusion von Grauwertverläufen
  - Flächen erscheinen an der Grenze zur dunkleren Fläche heller und umgekehrt
  - Kontrastverstärkung durch laterale Hemmung

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/9/94/Machsche\\_Streifen.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/9/94/Machsche_Streifen.png)

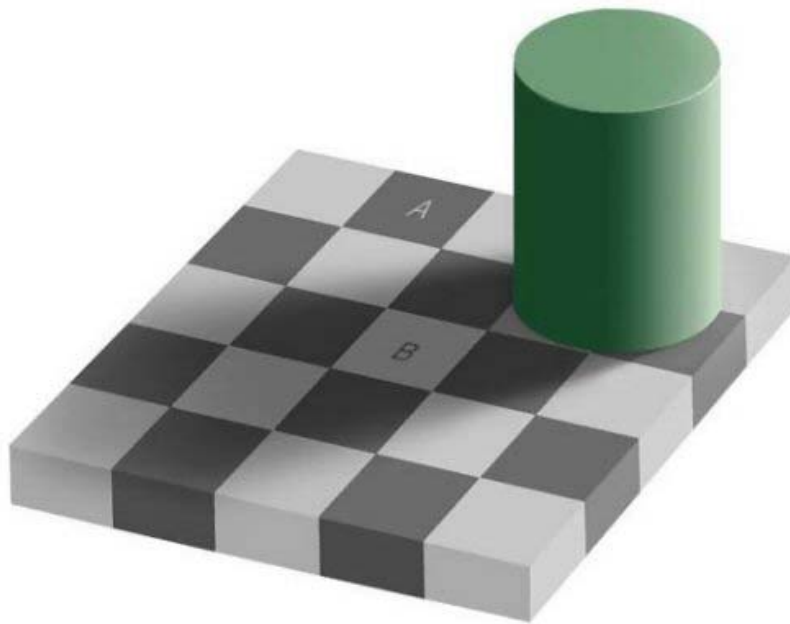
# Helligkeitstäuschung



- ▶ Relativer Kontrast
  - Illusion einer unterschiedlichen Helligkeit des grauen Balkens durch die Umgebung
  - Balken hat tatsächlich einen einheitlichen Grauton

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Relconstrp.jpg>

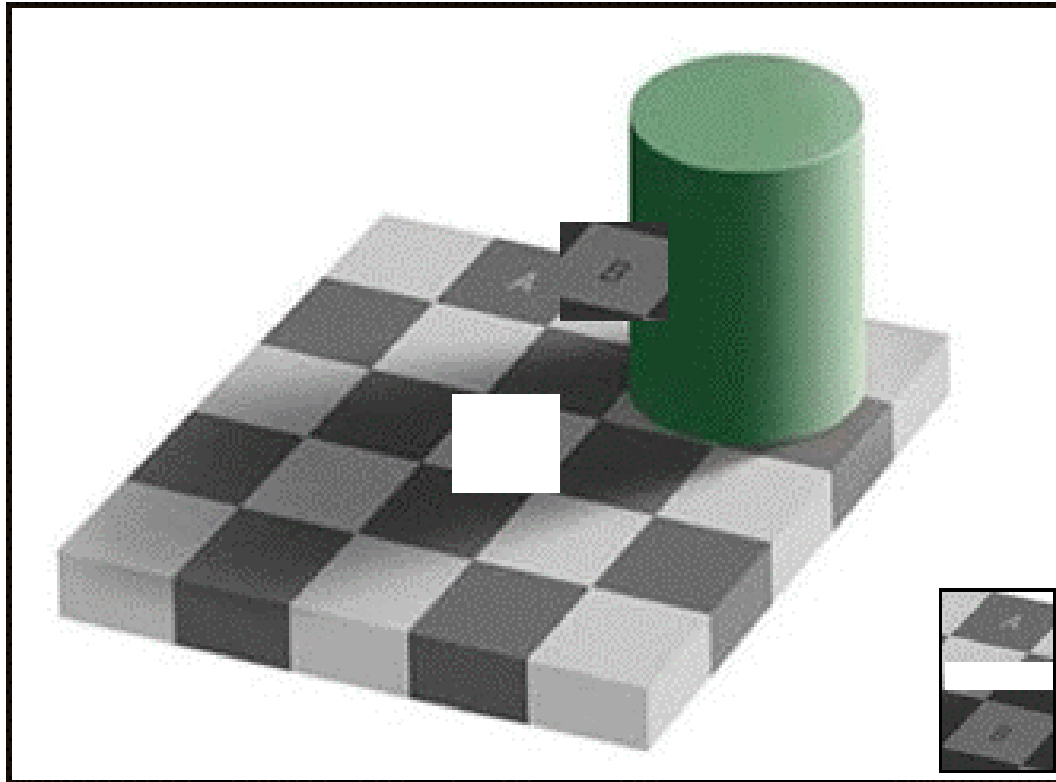
# Helligkeitstäuschung



- ▶ Wahrnehmung von Intensitäten relativ zu ihrer Nachbarschaft
  - B erscheint heller als A
  - Tatsächlich haben A und B die gleiche Helligkeit

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Optical.greysquares.arp.jpg>

# Helligkeitstäuschung



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/2/2a/Optical\\_greysquares\\_proof.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/2/2a/Optical_greysquares_proof.png)

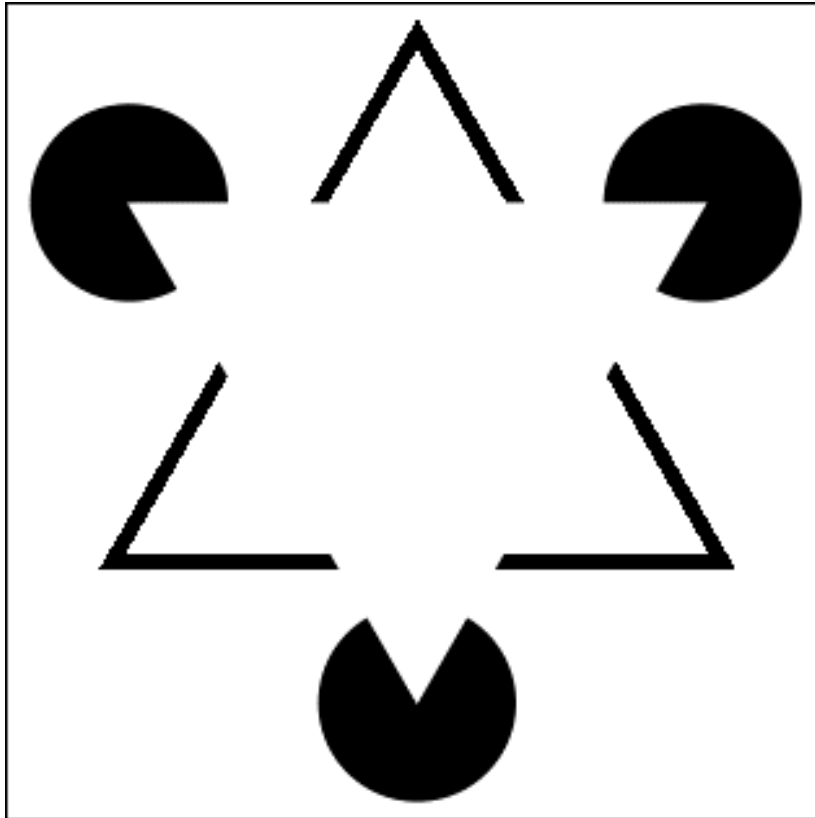


# Wahrnehmung und Kontext

A, B, C, D, E, F  
10, 11, 12, 13, 14

[http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/lehre/wct/w/w7\\_form/pictures/w7\\_kontexteffekte.jpg](http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/lehre/wct/w/w7_form/pictures/w7_kontexteffekte.jpg)

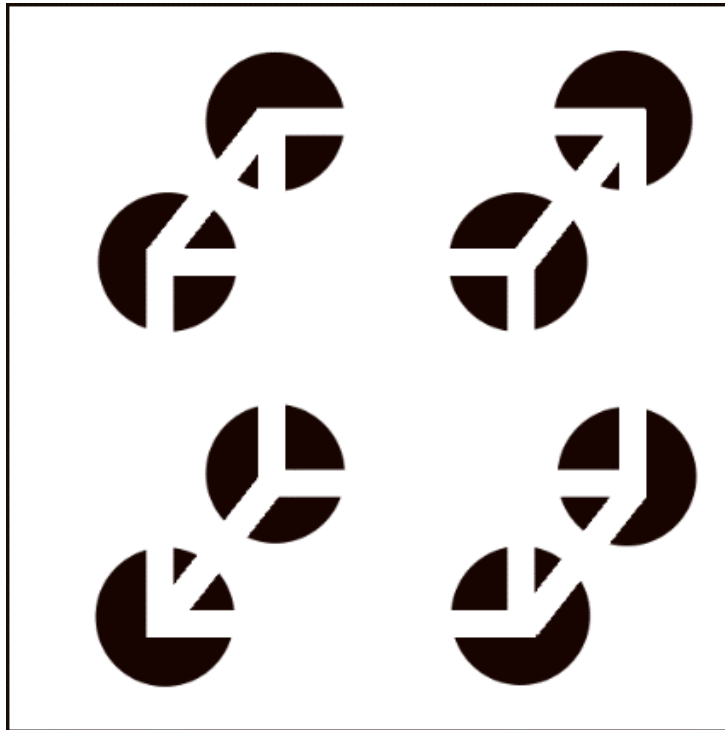
# Nicht vorhandene Objekte



- ▶ Gaetano Kanizsa
  - Illusion von Dreiecken
  - Wahrnehmung subjektiver Konturen
  - Bild zeigt tatsächlich nur Linien und Kreissegmente
  - „Bildverarbeitung“ im Gehirn ergänzt Wahrgenommenes zu Bekanntem (hier Dreieck)

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Kanizsatriangle.png>

# Nicht vorhandene Objekte



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/8/8d/Nocube.png>

- ▶ Gaetano Kanizsa
  - Dreidimensionale Illusion der Kanten eines Würfels
  - Bild zeigt tatsächlich nur Kreissegmente

# Subjektive Objektwahrnehmung



[Marr 82]

Hilfe: [http://www.michaelbach.de/ot/cog\\_dalmatian/index.html](http://www.michaelbach.de/ot/cog_dalmatian/index.html)

# Subjektive Objektwahrnehmung

[Frisby 83] S.21



# Gruppierungsprozess



- ▶ Zu wenige Anhaltspunkte für den Bottom up Gruppierungsprozess

[Lowe 85] S.17

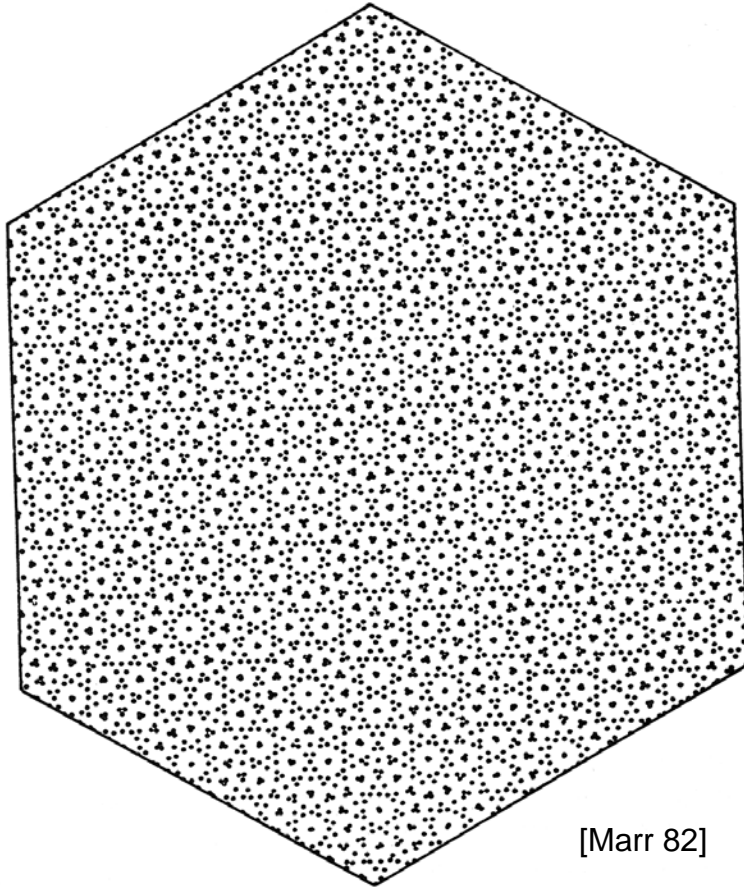
# Gruppierungsprozess

[Lowe 85] S.18



- ▶ Hinzufügen einer zusätzlichen Kante
- ▶ Gruppierung zum Kreis wird wahrscheinlicher
- ▶ Das Fahrrad wird erkannt

# Aktive Gruppierungsprozesse



[Marr 82]

- ▶ Wahrnehmung wechselnder kreisförmiger Strukturen bei andauernder Betrachtung des Musters



# Subjektive Konturen/ Objekte



Bev Doolittle <http://www.bnr-art.com/doolitt/foresteyes.htm>

# Literatur und Quellen

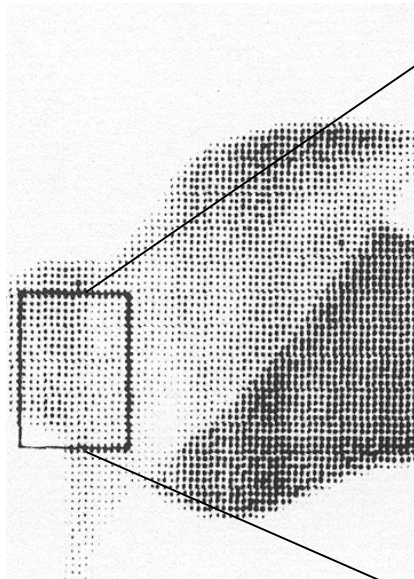
- ▶ Visuelle Wahrnehmung und Optische Täuschungen
  - [Frisby 83] J. Frisby. Sehen. Heinz Moos Verlag. 1983.
  - [Lowe 85] D.G. Lowe. Perceptual Organization and Visual Recognition. Kluwer Academic Publishers. 1985.
  - [Spektrum 86] Wahrnehmung und visuelles System. Spektrum der Wissenschaft. Verständliche Forschung. 1986.
  - [Marr 82] David Marr. *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. Freeman, New York, 1982
- ▶ Links
  - <http://www.michaelbach.de/ot/>
  - <http://www.ophtasurf.com/en/illusion.htm>
  - Interaktive Experimente: <http://www.tzi.de/~fmike/multilearn>

# Grundlagen der Bildverarbeitung

- ▶ Anwendungsbereiche
- ▶ Schwierigkeiten in der Bildverarbeitung
- ▶ Menschliches versus maschinelles Sehen
  - Biologische Grundlagen
  - Optische Täuschungen und visuelle Wahrnehmung
  - Repräsentation von Bildern im Rechner
- ▶ Verarbeitungsstufen der Bildanalyse (Überblick)



# Repräsentation von Bildern im Rechner



[Marr 82]

X =	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Y																
58	171	169	167	167	166	165	166	164	167	171	171	174	174	175	173	171
57	168	168	168	167	166	167	167	165	169	168	174	176	175	175	175	172
56	168	167	167	165	166	166	167	167	168	170	178	177	176	174	174	173
55	168	168	165	169	167	168	167	165	168	175	177	177	175	175	172	171
54	169	170	167	169	169	168	163	166	172	169	174	173	175	178	173	173
53	171	169	170	168	169	168	169	168	168	170	175	173	175	177	178	176
52	172	171	170	168	169	169	167	168	173	172	173	177	174	175	178	176
51	172	174	171	170	166	168	167	168	172	172	172	177	179	172	175	175
50	171	167	176	169	170	169	168	169	171	172	174	174	173	173	174	178
49	174	172	173	173	173	174	171	171	172	174	172	172	172	169	173	173
48	173	173	173	176	178	172	171	174	174	173	175	175	175	173	173	171
47	173	175	178	173	173	171	171	175	175	177	178	175	174	173	175	178
46	178	175	174	169	173	175	177	175	177	177	174	175	176	177	177	174
45	173	175	173	174	172	173	174	175	174	171	173	174	175	174	172	171
44	177	174	175	175	172	171	172	176	172	173	172	172	173	170	170	175
43	173	171	174	168	176	172	173	173	173	174	171	174	175	173	174	174
42	175	173	171	172	170	171	176	175	178	172	174	175	175	175	175	172
41	181	179	177	172	170	170	169	179	175	174	175	174	172	175	174	175
40	188	184	179	178	176	176	176	174	172	178	172	174	173	172	174	173
39	195	191	188	186	185	183	180	177	178	175	174	176	175	174	176	176
38	200	199	197	193	190	187	185	180	176	175	180	177	175	175	176	177
37	202	202	199	202	199	194	187	180	175	179	177	176	174	175	176	173

# Repräsentation von Bildern im Rechner

- ▶ Bilderfassung durch bildgebendes System
  - Vielfältige Verfahren, z.B. Kamera, Scanner etc.
- ▶ Diskrete Darstellung der Daten als Matrix, Informationsverlust durch
  - (meistens) Projektion von 3D Welt auf 2D Bildebene
  - Quantisierung der Ortskoordinaten auf eine endliche Zahl von  $M \times N$  Bildpunkte auf  $p$  Ebenen
  - Diskretisierung der Intensitäten auf einen endlichen Wertebereich

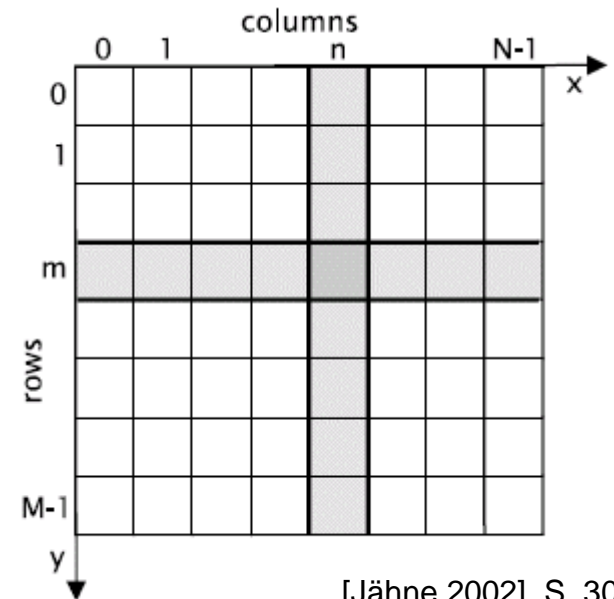
# Repräsentation von Bildern im Rechner

- ▶ Quantisierung der Ortskoordinaten
- ▶ Digitalisierung ist die Rasterung des Bildes auf 2D-Bildmatrix

$$g(x_1, x_2) \xrightarrow{D} g_{m,n}$$

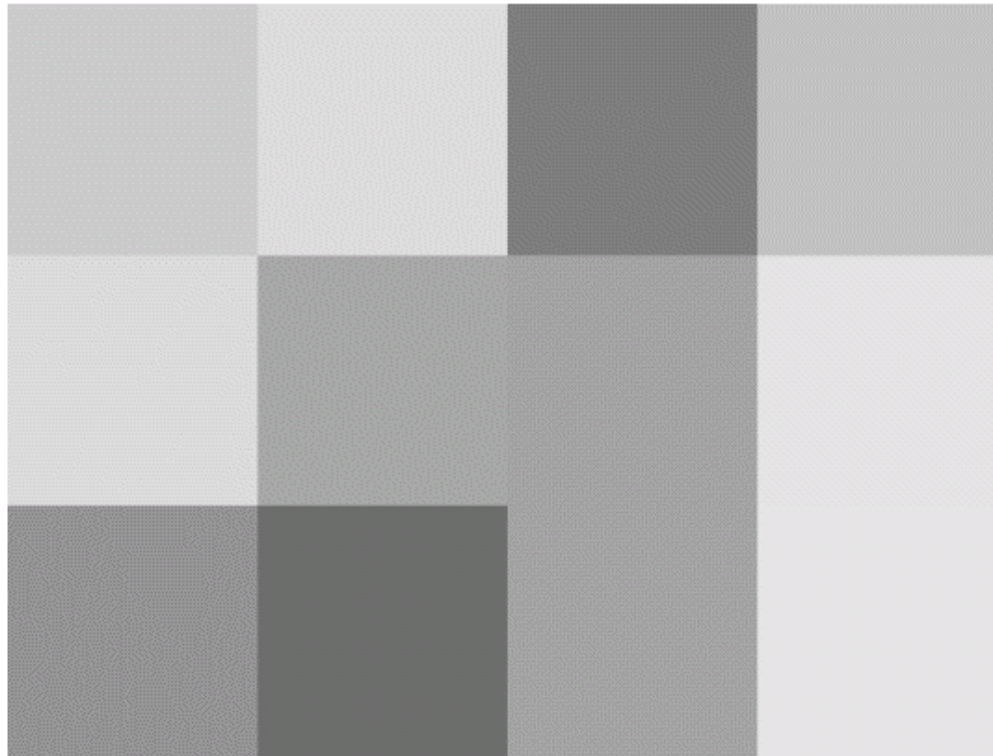
$$x_1, x_2 \in R \quad m, n \in N$$

- ▶ Größe des Rasters hat wesentlichen Einfluss auf Detailgenauigkeit
- ▶  $N$  Spalten und  $M$  Zeilen und  $m$  Zeilenindex sowie  $n$  Spaltenindex



[Jähne 2002], S. 30

# Repräsentation von Bildern im Rechner



3x4 Bildpunkte

[Jähne 2002], S. 31

# Repräsentation von Bildern im Rechner



12x16 Bildpunkte

[Jähne 2002], S. 31



# Repräsentation von Bildern im Rechner



48x64 Bildpunkte

[Jähne 2002], S. 31

# Repräsentation von Bildern im Rechner



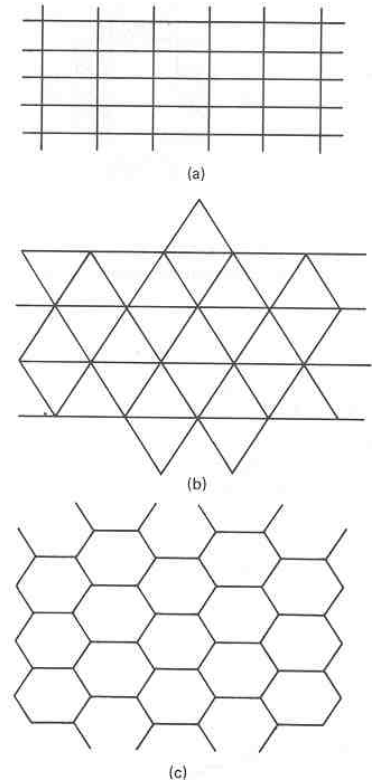
192x256 Bildpunkte

[Jähne 2002], S. 31

# Repräsentation von Bildern im Rechner

► Tessellierung: Aufteilung des Raums während der Quantisierung

- Quadratisch (Normalfall)
- Rechteckig
- Dreieckig
- Hexagonal



[Ballard & Brown 82], S. 39

# Repräsentation von Bildern im Rechner

## ► Eigenschaften der Matrix

- Abmessungen: Höhe, Breite
- Anzahl der Kanäle (1: Grauwertbild,  $\geq 3$ : Farbbild)
- Wertebereich bzw. Datentyp für die Bildpunkte in der Matrix, z.B.
  - Unsigned char (Ganzzahlig, 0...255) → am häufigsten
  - Boolean (0 oder 1, oft auch 0 oder 255) → Binär-BV
  - Float, double: Gleitkommawerte → Sonderfall, zum genaueren Rechnen
- Siehe auch OpenCV

# Repräsentation von Bildern im Rechner

- ▶ Bildtransformationen mit Informationsverlust bzw. -veränderung
  - Rotation
    - Quadratisches Raster kann verlustfrei nur in 90° Schritten gedreht werden, sonst Interpolation!
  - Skalierung (→ Interpolation!)
    - Vergrößerung bringt keine neue Information
    - Verkleinerung: Verlust durch Abbildung  $n \rightarrow 1$  Punkt
  - Kontrastmanipulation
    - Abbildung verschiedener Intensitäten auf eine
    - Extremfall Histogrammebnung
  - Filteroperationen → hier i.d.R. gewollte Veränderung

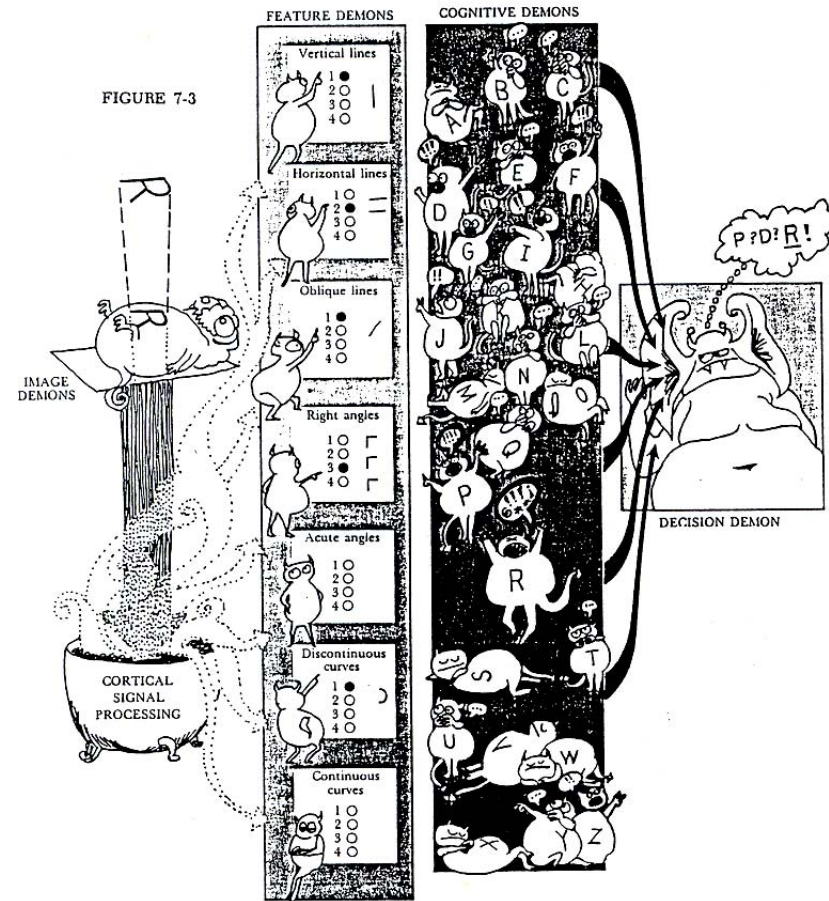
# Grundlagen der Bildverarbeitung

- ▶ Anwendungsbereiche
- ▶ Schwierigkeiten in der Bildverarbeitung
- ▶ Menschliches versus maschinelles Sehen
  - Biologische Grundlagen
  - Optische Täuschungen und visuelle Wahrnehmung
  - Repräsentation von Bildern im Rechner
- ▶ Verarbeitungsstufen der Bildanalyse (Überblick)



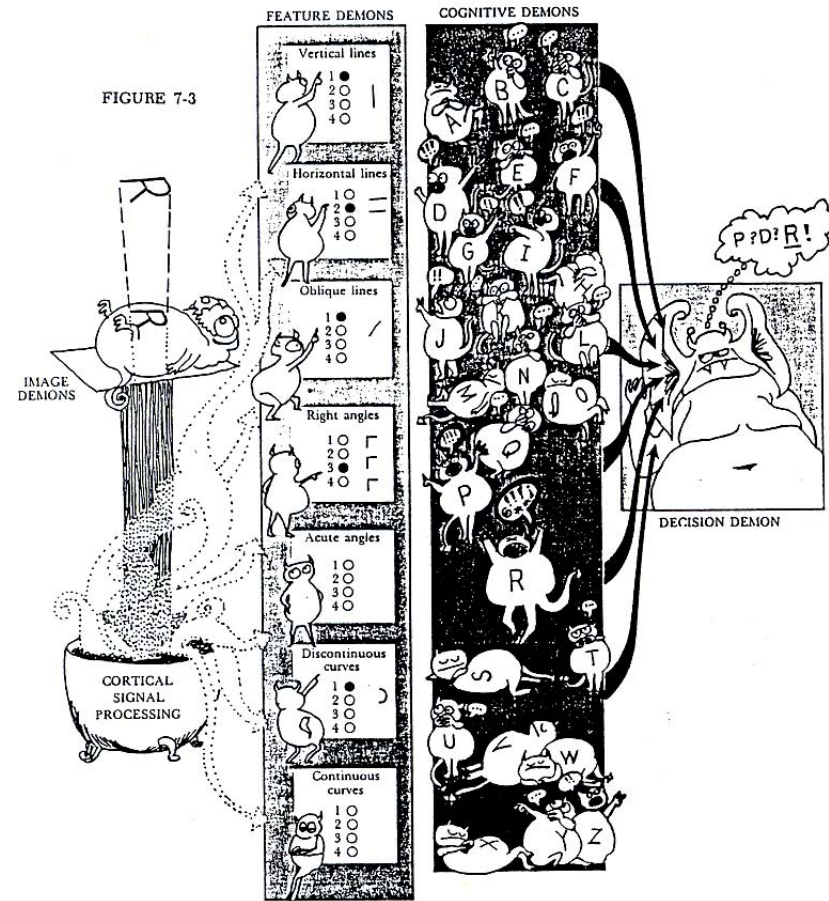
# Selfridges Pandämonium Modell

- ▶ Historische Herkunft des Mustererkennungsparadigmas
- ▶ Oliver G. Selfridge.  
Pandemonium: A paradigm for learning. In Mechanisation of Thought Processes, pages 511-531. Her Majesty's Stationary Oce, 1959.
- ▶ „Augen“ und „Ohren“ für den Rechner



# Selfridges Pandämonium Modell

- ▶ Image-Dämon
  - erhält das Bild von der Retina
  - gibt es an die Merkmals-Dämonen weiter
- ▶ Merkmals-Dämon
  - erkennt ein bestimmtes Merkmal
  - schreit, wenn „sein“ Merkmal vorkommt

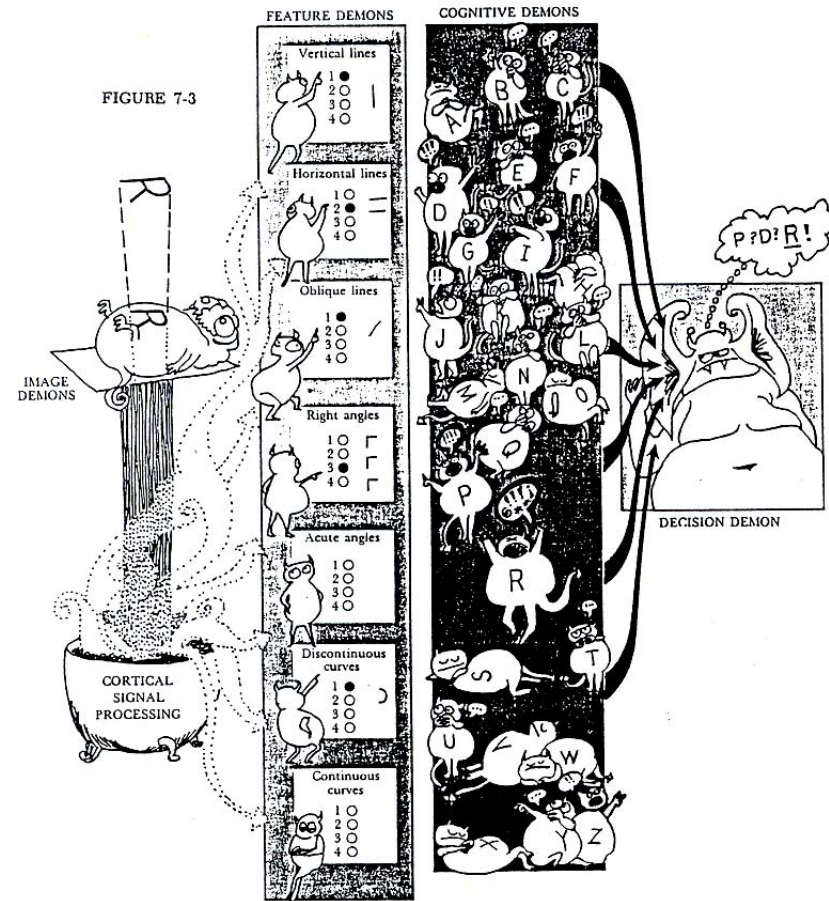




# Selfridges Pandämonium Modell

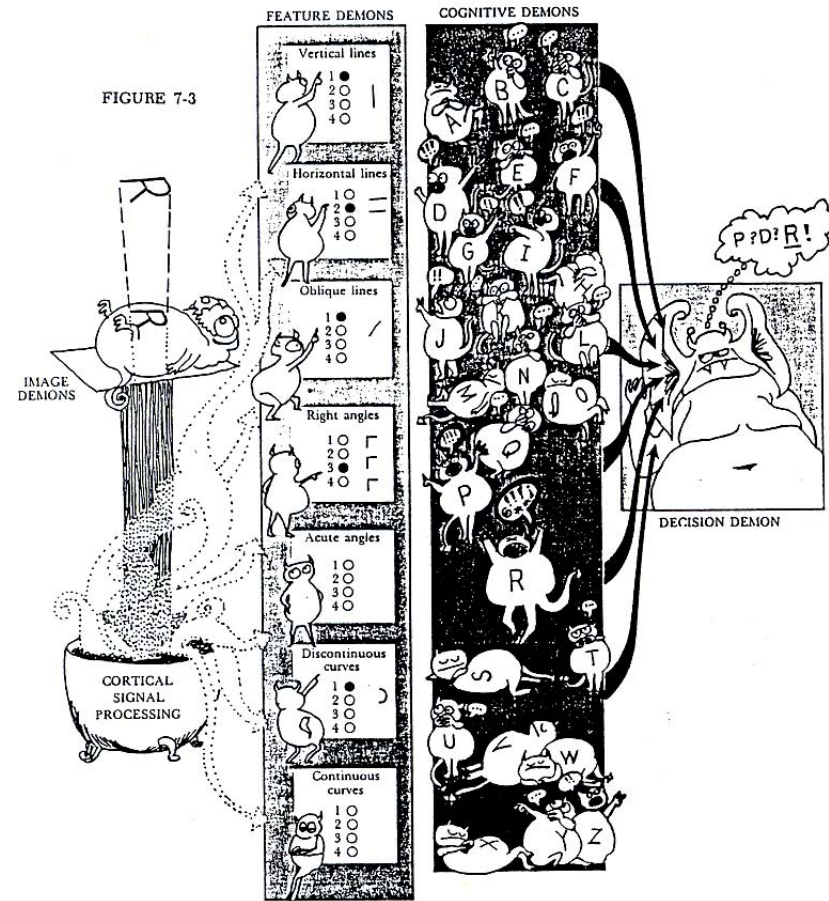
## ► Kognitiver Dämon

- hört die Schreie der Merkmals-Dämonen
- achtet auf „seine“ spezifische Kombination von Schreien
- Schreit um so lauter, je genauer die Kombination von Schreien der Merkmals-Dämonen zu seinem eigenen Muster passt



# Selfridges Pandämonium Modell

- ▶ Entscheidungs-Dämon
  - Entscheidet, welcher der kognitiven Dämonen am lautesten schreit
  - identifiziert somit das Muster



# Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

- ▶ Bilderfassung (Bildgebung)
- ▶ Vorverarbeitung
- ▶ Segmentierung
- ▶ Merkmalsextraktion
- ▶ Klassifikation

# Bildgebende Verfahren

- ▶ Prinzip: Physikalische Größen messen und als Bild darstellen
  - Licht (Fotografie)
  - Infrarotstrahlung (z.B. Thermografie)
  - Röntgenstrahlung (Röntgen, Computertomographie (CT))
  - (Ultra-)Schall
  - Kernspinresonanz (NMR, *Nuclear Magnetic Resonance*)
  - Zeit (z.B. Echolot, Laser-Entfernungsmessung)
  - ...

# Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

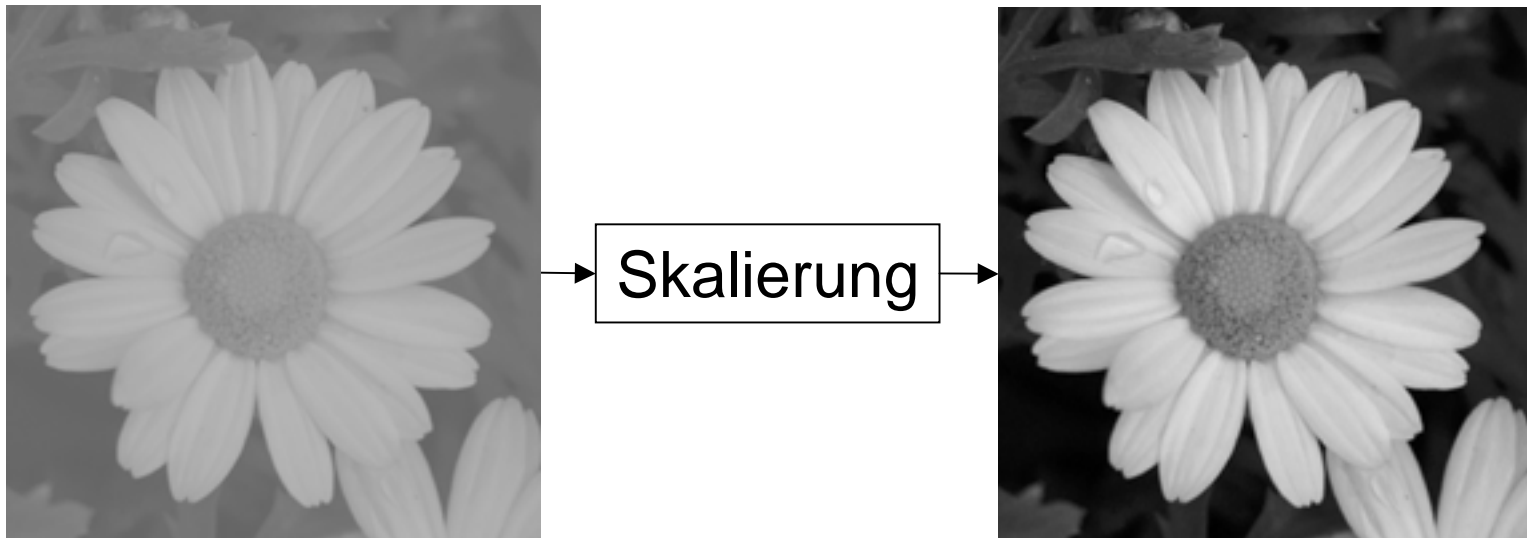
- ▶ Bilderfassung (Bildgebung)
- ▶ Vorverarbeitung
- ▶ Segmentierung
- ▶ Merkmalsextraktion
- ▶ Klassifikation

# Vorverarbeitung

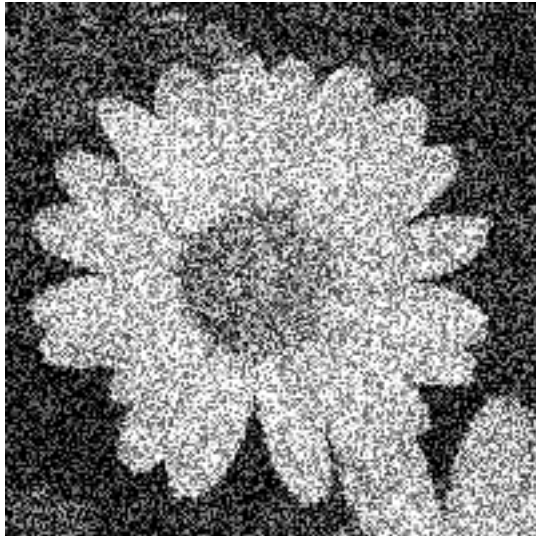
- ▶ Bildmodifikationen zur Verbesserung der Bildqualität
- ▶ Keine wesentliche Veränderung des Informationsgehalts
- ▶ Oft direkt nach der Bildgebung, gelegentlich auch vor folgenden Verarbeitungsschritten
- ▶ Bildtransformation mit Eingabe- und Ausgabebild
- ▶ Ziele
  - Beleuchtungskorrekturen (inhomogene Beleuchtung)
  - Kontrastverstärkung
  - Glättung, Entfernen von Störungen und Bildrauschen
  - Geometrische Entzerrungen

# Vorverarbeitung: Kontrast

- ▶ Kontrastverbesserung durch Streckung der Grauwertskala
- ▶ I.d.R. Verbesserung der visuellen Erkennbarkeit

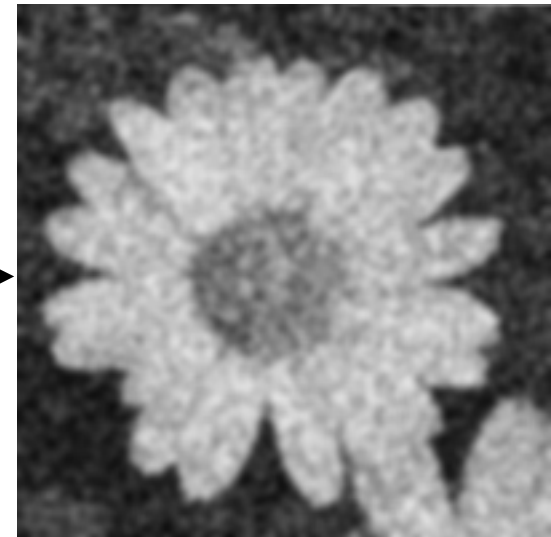


# Vorverarbeitung: Rauschunterdrückung



- ▶ Glättung durch Mittelwertbildung

Mittelwert



- ▶ Nachteil: Meist Verlust an Bildschärfe durch Schwächung der Grauwertdiskontinuitäten



# Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

- ▶ Bilderfassung (Bildgebung)
- ▶ Vorverarbeitung
- ▶ Segmentierung
- ▶ Merkmalsextraktion
- ▶ Klassifikation

# Segmentierung

- ▶ Zerlegung des Bildes in interessierende Strukturen (Objekte) und nicht interessierende Strukturen (Hintergrund)
- ▶ Trennung von sich berührenden Objekten
- ▶ Zerlegung in Unterobjekte
- ▶ Einfache Verfahren arbeiten auf Ebene einzelner Punkte
- ▶ Komplexe Verfahren beziehen durch Betrachtung von Punktnachbarschaften den Zusammenhang mit ein

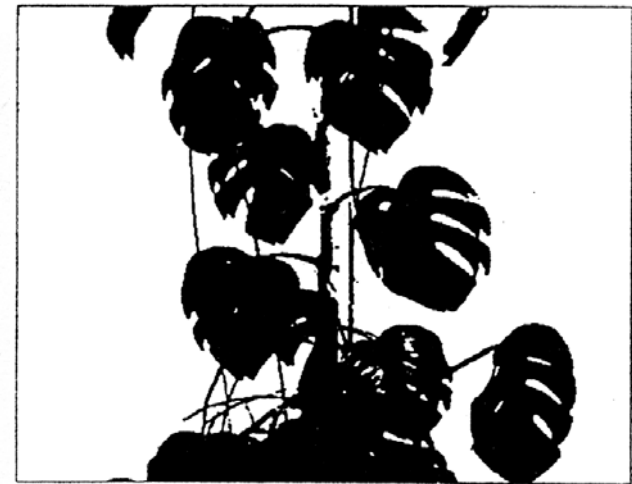
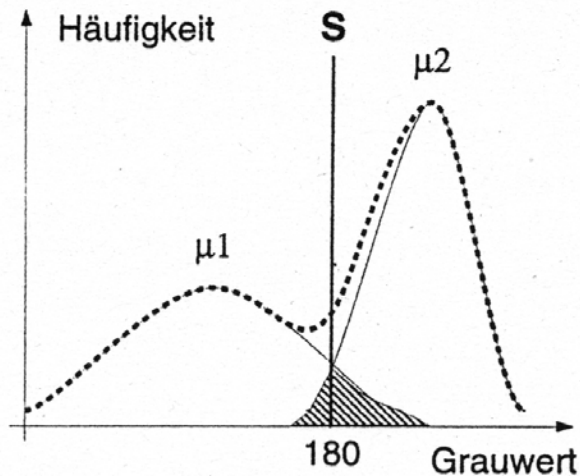
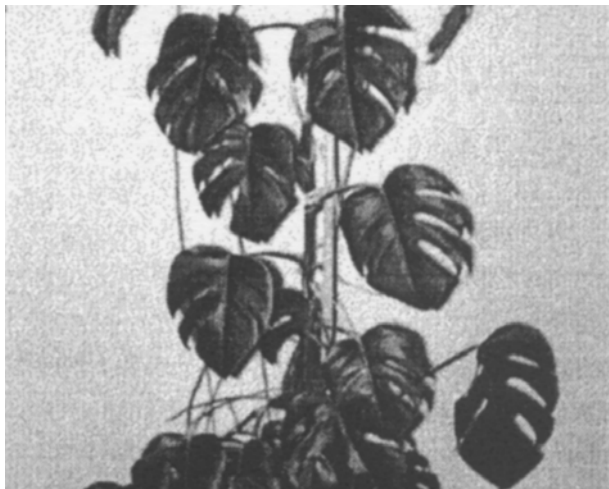
# Segmentierung

- ▶ Einfache Verfahren: Klassifikation auf Punktebene (Objektpixel/Nichtobjektpixel)
  - Geeignete Merkmale auf Ebene einzelner Punkte (Pixel)
- ▶ Komplexe Verfahren
  - Diskontinuitätskriterium (Kanten)
  - Homogenitätskriterium (Intensitätswert, Farbe)
  - Hybride Verfahren (Kombination aus beiden Kriterien)

# Segmentierung

## ► Beispiel: Punktorientierte Verfahren

- Einfachste Methode: Absoluter Schwellwert zwischen den Maxima eines bimodalen Histogramms



[Pinz 94] S. 47 + 50

# Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

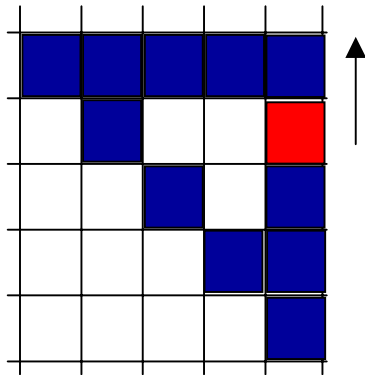
- ▶ Bilderfassung (Bildgebung)
- ▶ Vorverarbeitung
- ▶ Segmentierung
- ▶ Merkmalsextraktion
- ▶ Klassifikation

# Merkmalsextraktion: Merkmale

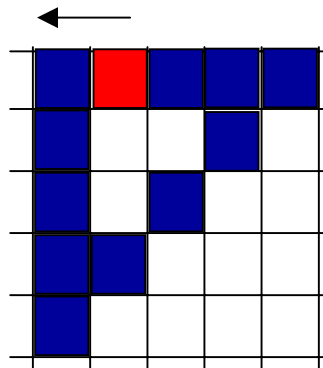
- ▶ Intensitätswert bzw. Farbe
- ▶ Form und Fläche
  - Umfang, Größe
  - Schwerpunkt, Hauptachsen, Orientierung
  - Länge, Breite
  - Kreisförmigkeit, Füllfaktor
- ▶ Kontur (Umriss)
  - Kettencode
  - Polygonale Approximation
- ▶ Textur
  - Statistiken ersten, zweiter und höherer Ordnung
  - Visuelle Eigenschaften (Kontrast, Gerichtetheit, Grobheit ...)

# Merkmalsextraktion - Kontur

- ▶ Beispiel: Beschreibung einer Kontur mit dem Kettencode



Dreieck=355558888333



Kettencode für  
8er Nachbarschaft

	4	3	2	
	5	x/y	1	
	6	7	8	

Drehung:  $90^\circ ::= +2$

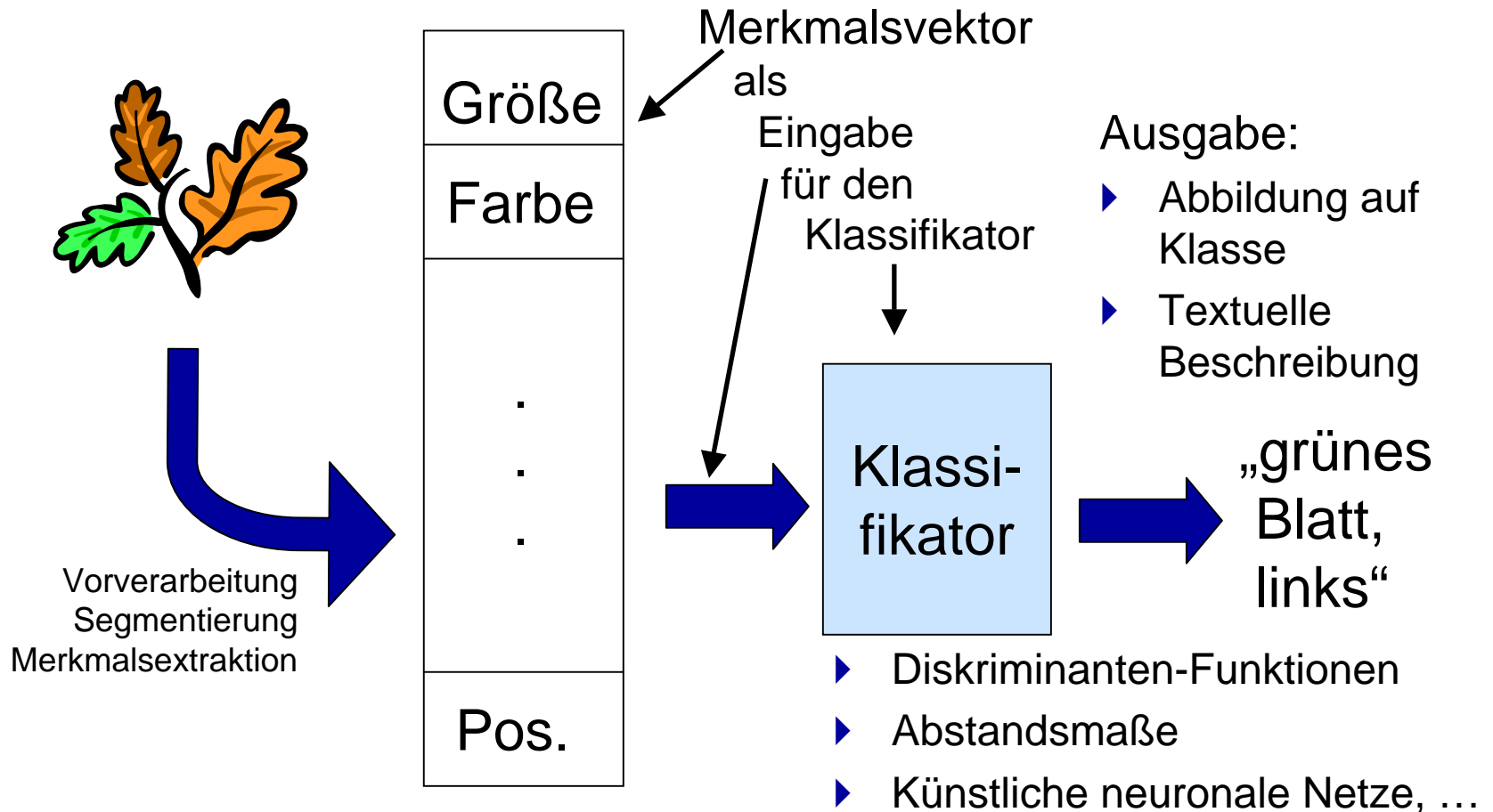
Dreieck=577772222555

# Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

- ▶ Bilderfassung (Bildgebung)
- ▶ Vorverarbeitung
- ▶ Segmentierung
- ▶ Merkmalsextraktion
- ▶ Klassifikation



# Klassifikation



# Verarbeitungsstufen der Bildanalyse

- ▶ **Bilderfassung/Bildgebung**
  - Bilderfassung durch verschiedene Sensoren
- ▶ **Vorverarbeitung**
  - Bildverbesserung, ...
- ▶ **Segmentierung**
  - Trennung: Objekt/Hintergrund
- ▶ **Merkmalsextraktion**
  - Farbe, Kontur, Textur...
- ▶ **Klassifikation**
  - Diskriminantenfkt., Abstand, Wahrscheinlichkeit,...)



**Mustererkennungs-  
Paradigma**

# Literatur und Quellen

## ► Grundlagen Bildverarbeitung

- [Abmayr 94] Wolfgang Abmayr. *Einführung in die digitale Bildverarbeitung*. B.G. Teubner, 1994.
- [Jähne 05] Bernd Jähne: *Digitale Bildverarbeitung*. Springer-Verlag, 2005.
- [Pinz 94] Axel Pinz. *Bildverstehen*. Springer, Wien, 1994
- [Hermes 04] Thorsten Hermes. *Digitale Bildverarbeitung. Eine praxisorientierte Einführung*. Hanser, 2004.