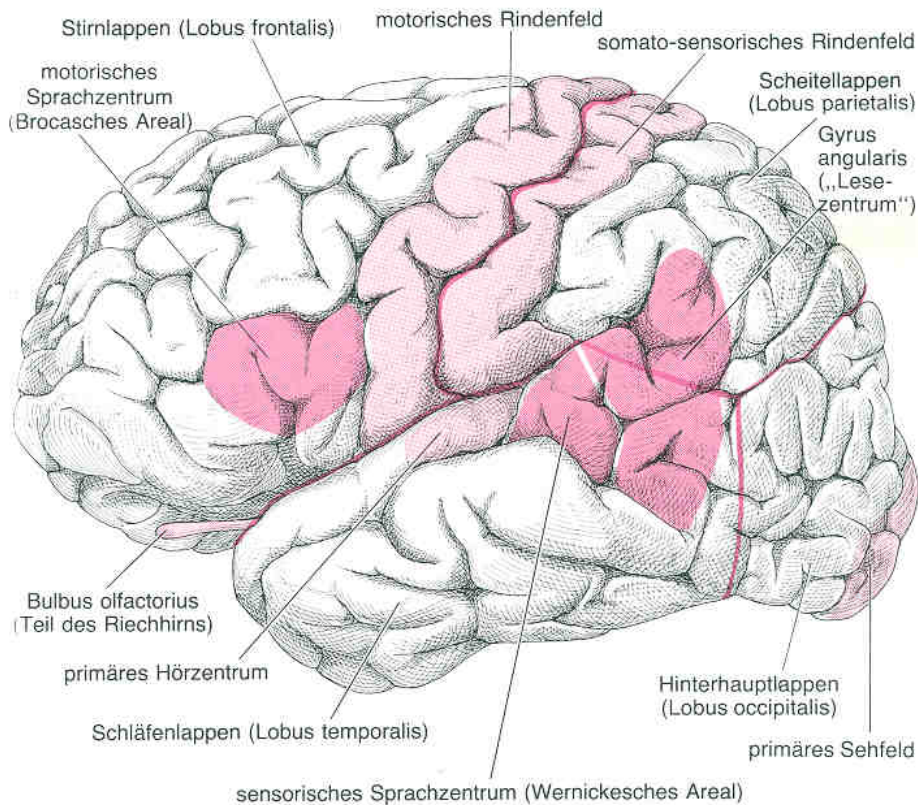


Bio- & physiologische Grundlagen

- Großhirnrinde (Exkurs)
- Sehbahn
 - Auge
 - Chiasma
 - LGNs
 - Sehstrahl
 - visueller Cortex
- Binärbildverarbeitung/Morphologie

Großhirnrinde



[Spektrum 86], S. 29

- 2mm dicke Schicht
- Ca. 100.000 Neurone pro mm^2
- entfaltet ca. 1350 cm^2
- besteht aus 6 Schichten
- Beobachtungen (Ende 19tes Jhd.): verschieden örtliche Schädigungen rufen unterschiedliche Störungen hervor

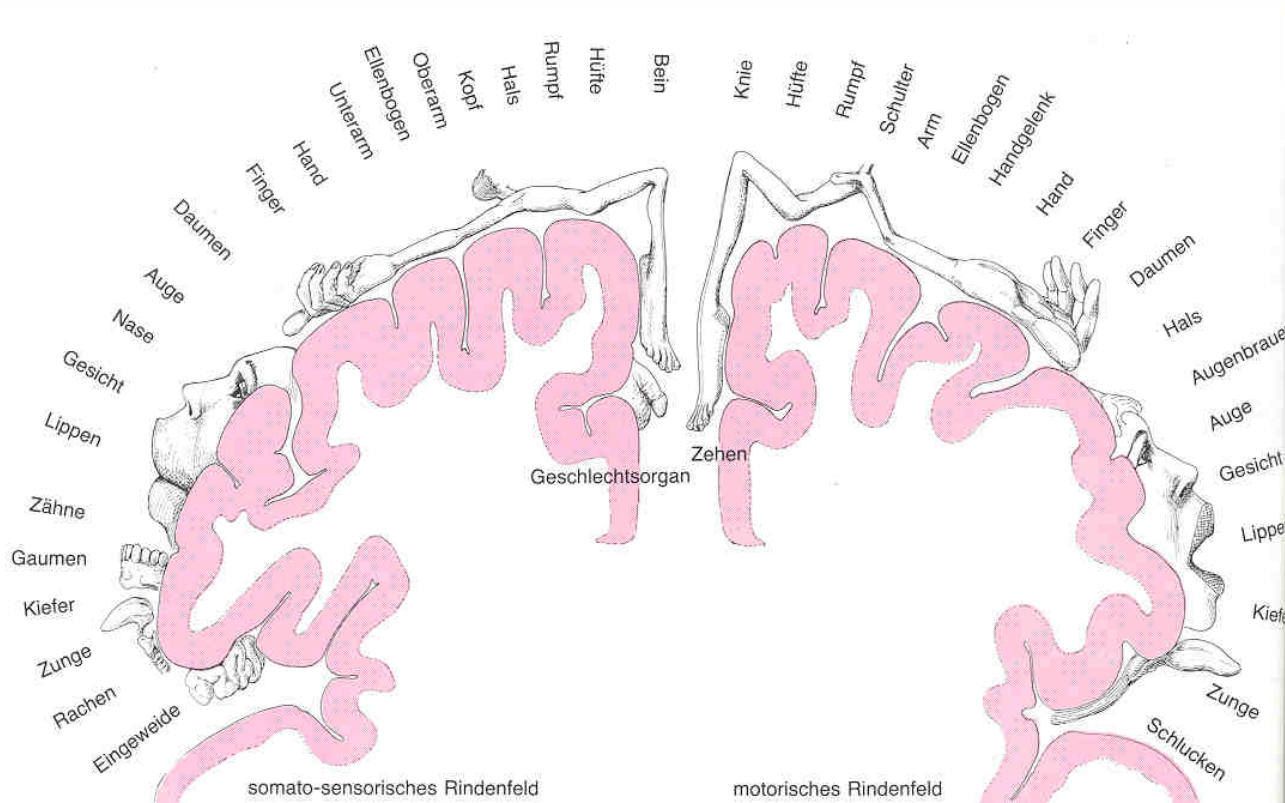
Großhirnrinde

- Teile des Körpers sind z.B. auf die sensorischen und motorischen Felder der GHR abgebildet
- (I.d.R.) besonders „empfindliche“ Regionen (Finger, Zunge,...) werden auf relativ große Bereiche abgebildet

Großhirnrinde

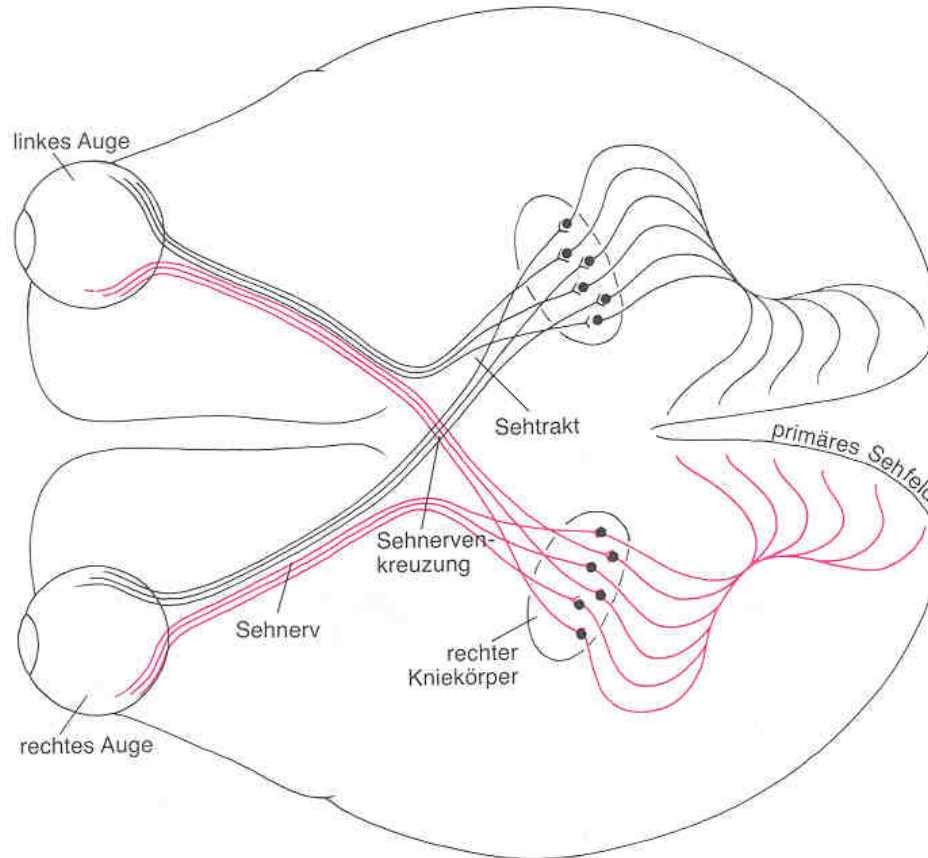
Bsp. Somato-sensorisches Rindenfeld

Bild: Spektrum S. 28



Bio- & physiologische Grundlagen

Sehbahn



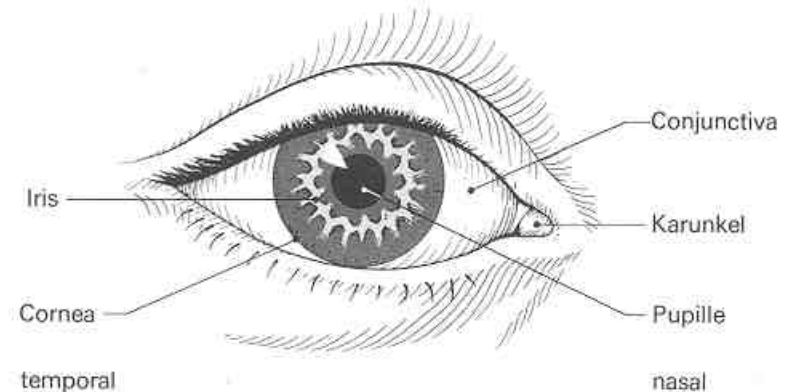
[Spektrum 86], S. 40

Sehbahn/Auge

- Aufgabe: auf beiden Netzhäuten ein klares und scharfes Bild festhalten
- 3 Muskelpaare (senkrecht zueinander)
- Nachführen der Augen in wenigen Bogenminuten
 - 60 Bogenminuten entsprechen einem Winkel von 1°

Sehbahn/Auge

- Hornhaut (Cornea) + Linse dienen der Scharfstellung
 - 2/3 durch Lichtbrechung an der Grenzfläche Luft/Cornea
 - 1/3 durch Brechkraft der Linse (durch Verformung ->Ciliarmuskel)
 - Nahe Objekte: kugelförmig
 - Entfernte Objekte: flach
- vs. Kameraobjektiv: Abstand Linse/Film



[Schmidt 80], S. 155

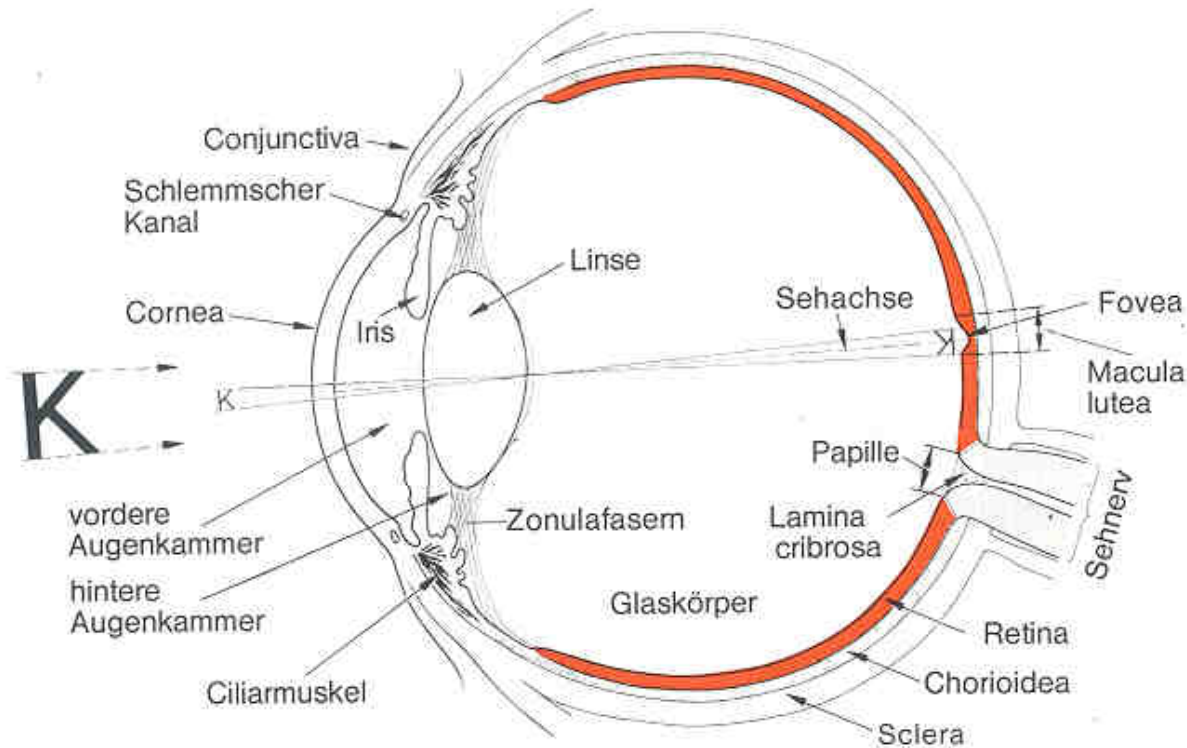
Sehbahn/Auge

- Durchmesser der Pupille bestimmt einfallende Lichtmenge
 - Öffnen: radial angelegte Muskelfasern
 - Schließen: konzentrisch angelegte Muskelfasern
- Selbstreinigung

Sehbahn/Auge

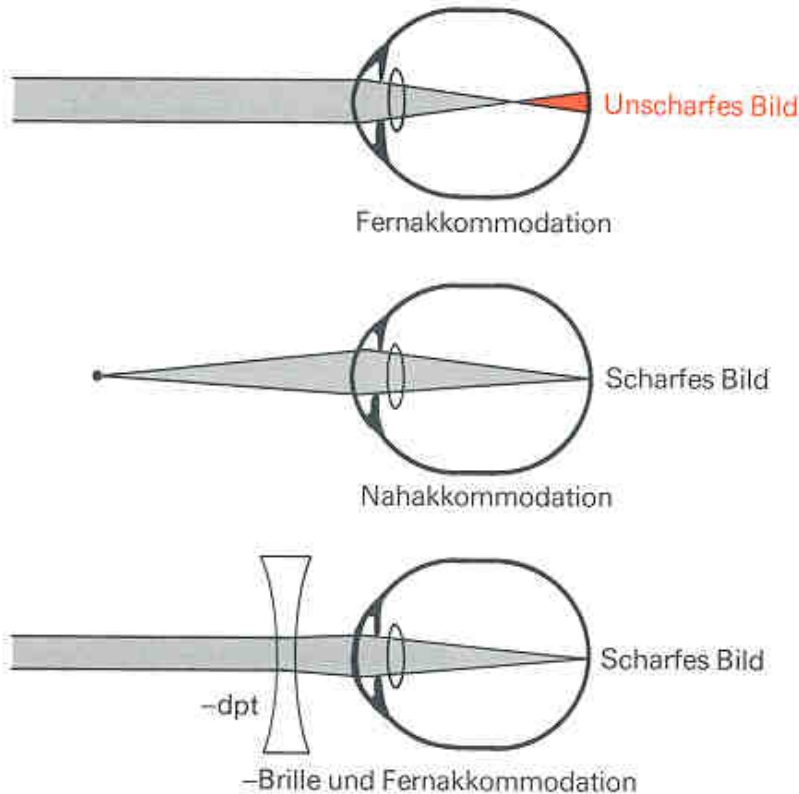
Auge: schematisch

[Schmidt 80], S. 156



Sehbahn/Auge

Kurzsichtigkeit (Myopie)



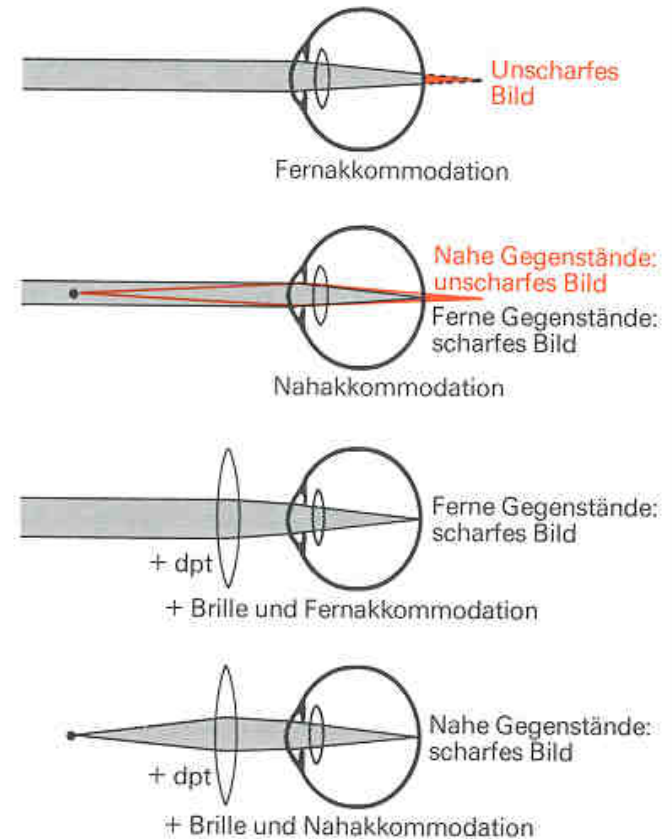
- Normale Brechkraft des Auges 58,6 dpt (ca. 42 dpt. An der Grenzfläche Luft/Cornea)
- Distanz: vordere Cornea zur Retina 24,4 mm
- Distanz zu groß ->Myopie
- Korrektur durch zerstreuliche Linse

[Schmidt 80], S. 161

Sehbahn/Auge

Weitsichtigkeit (Hyperopie)

- Distanz zu klein
->Hyperopie
- Korrektur durch sammelnde
Linse



[Schmidt 80], S. 161

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Wandelt Lichtsignale in Nervensignale (elektr. Impulse)
- Ermöglicht sowohl bei Sternenlicht als auch bei Sonnenlicht zu sehen
- Unterscheidet verschiedene Wellenlängen
- Präzision: aus ca. 1 Meter Entfernung kann noch ein Haar (oder Staubkorn) gesehen werden

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Ist Teil des Gehirns („Absonderung“ früh im Entwicklungsprozess)
- Verbunden über den Sehnerv
- Dicke beträgt $\frac{1}{4}$ mm
- 3 Schichten Nervenzellen +
2 Zwischenschichten (Synapsen für Axone und Dendriten der Nervenzellen)

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Zellschicht am „hinteren“ Ende des Auges
- Hier befinden sich die Photorezeptoren
 - Zapfen
 - Stäbchen
- Stäbchen häufiger als Zapfen
- Stäbchen für Dämmerungssehen (funktionieren nicht bei sehr heller Beleuchtung)

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Zapfen reagieren nicht auf schwaches Licht
- Zapfen Detail- und Farbsehen
- Verteilung auf der Retina variiert
- In der Mitte der Retina nur Zapfen
- „stäbchenfreies“ Gebiet: Fovea Centralis
- Ort des schärfsten Sehens (Durchmesser ca. $\frac{1}{2}$ mm)

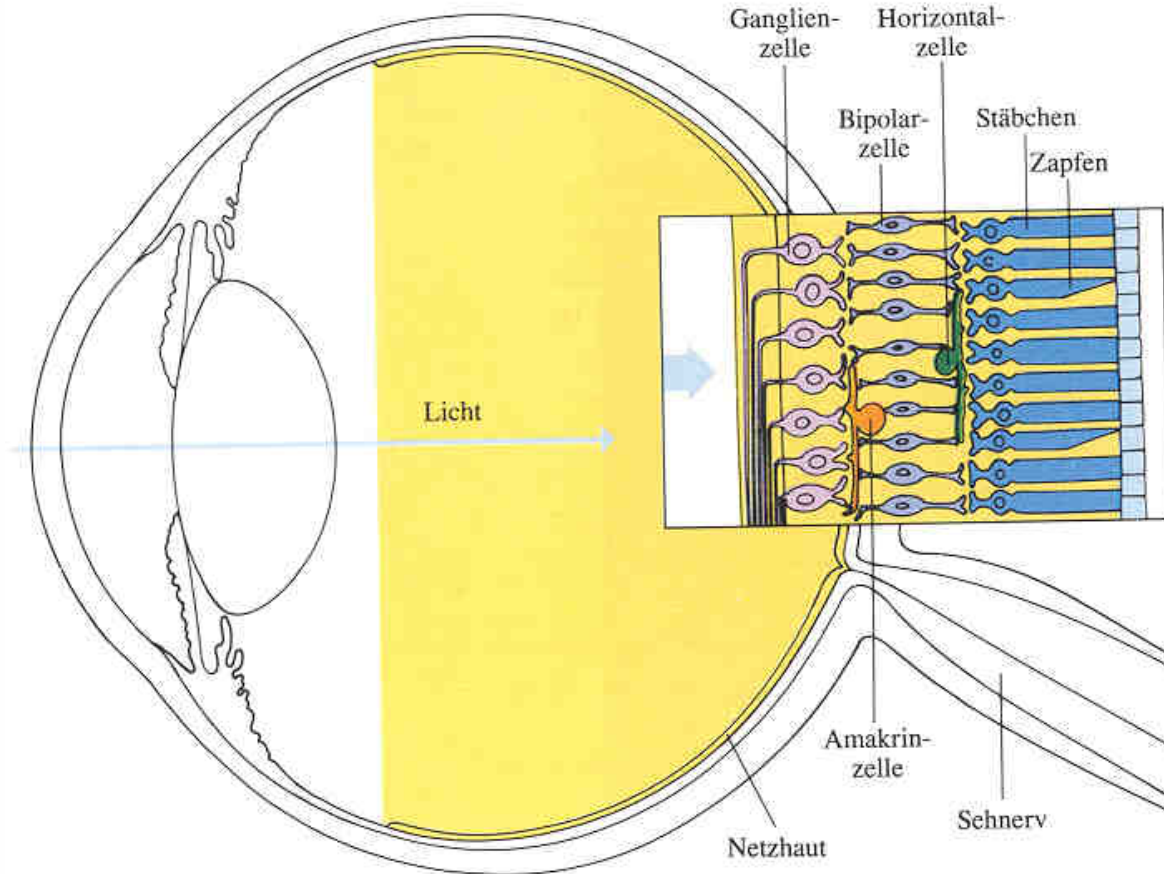
Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Zellreihe „hinter“ den Photorezeptoren enthält Pigment Melanin (schwarzer Farbstoff)
- Melanin „schluckt“ einfallendes Licht
- Schichten vor den Rezeptoren sind nahezu durchsichtig
- Keine Schichten vor der Fovea Centralis (dadurch auch Grube)
- Papille („Blinder Fleck“)

Sehbahn/Auge

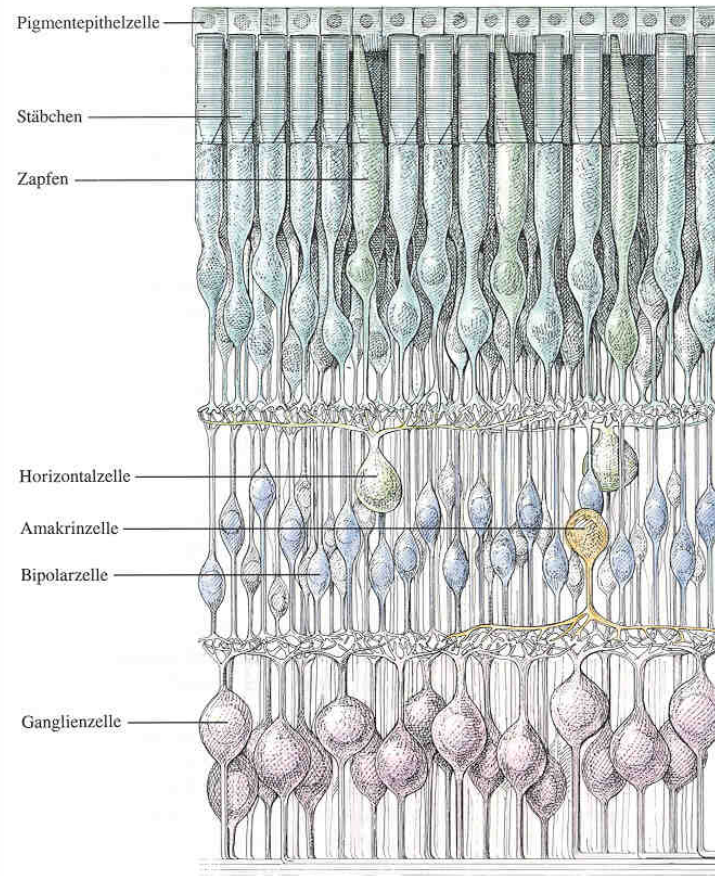
Netzhaut
(Retina)



[Hubel 90], S. 46

Sehbahn/Auge

Netzhaut
(Retina)



[Hubel 90], S. 47

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Mittlere Schicht besteht aus
 - Bipolarzellen:
Input von den Rezeptoren, viele Bipolarzellen projizieren direkt auf die Ganglienzellen
 - Horizontalzellen:
Verknüpfungen von Bipolar und Rezeptoren (rel. Lange Verbindungen, parallel zu den Retinaschichten)
 - Amakrinenzellen:
Verknüpfungen von Bipolar. und Ganglien

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- vorderste Schicht besteht aus Ganglienzellen
- Bündelung in der Papille
- Verlassen dort als Sehnerv das Auge
- Ca. 125 Mio. Stäbchen und Zapfen aber nur ca. 1 Mio. Ganglienzellen
- Frage: *Wie kann trotz dieser Datenreduktion detaillierte visuelle Information erhalten bleiben?*

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Antwort: *Untersuchung der Verbindungen zwischen den Netzhautzellen.*
- Direkter und indirekter Informationsfluss
 - Direkt:
 - Rezeptoren -> Bipolar -> Ganglien
 - Sehr kompakt und hochspezialisiert
 - Indirekt:
 - Rezeptoren -> *Horizontal* -> Bipolar -> *Amakrinen* -> Ganglien
 - Wg. Lateraler Verbindungen diffuser und ausgedehnter

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Rezeptives Feld: Gesamtfläche der Abbildung
Rezeptoren -> Ganglienzelle
- RF beeinflusst das Feuern einer Ganglienzelle
- Spontanentladung (unregelmäßig) 1-20 x pro
Sekunde
- Verschaltung variiert von der Fovea bis zum Rand der
Retina
 - Z.B. Fovea: 1:1:1

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- S. Kuffler (um 1950): systematisches Absuchen der Retina
- Reiz: kleiner Lichtfleck
- Entdeckung: On-Zentrum- und Off-Zentrum-Neurone
 - On-Zentrum: erhöhte Impulsrate, wenn Region (Zentrum von RF) mit Lichtfleck gereizt -> On-Reaktion
 - Off-Zentrum: Unterdrückung der Aktivität und starke Entladung nach Ausschalten des Lichtreizes -> Off-Reaktion

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

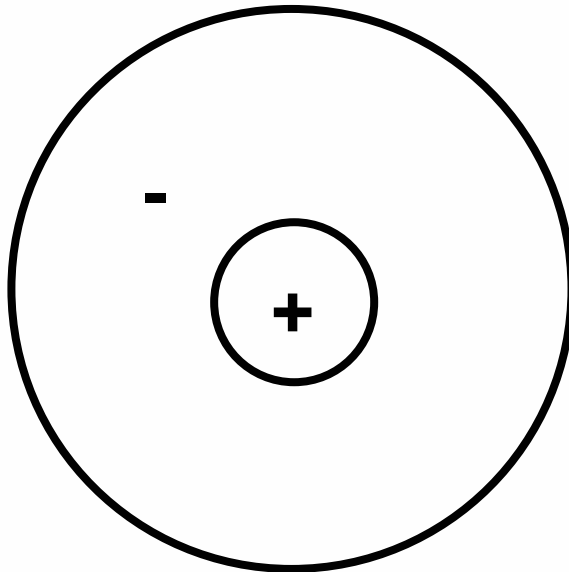
- Je mehr von bestimmter On/Off-Region mit passendem Stimulus bedeckt, desto heftiger die Reaktion
- Max. On-Reaktion bei passendem kreisförmigen Lichtfleck
- Max. Off-Reaktion bei passendem ringförmigen Lichtkranz
- Antagonistische Beeinflussung

Sehbahn/Auge

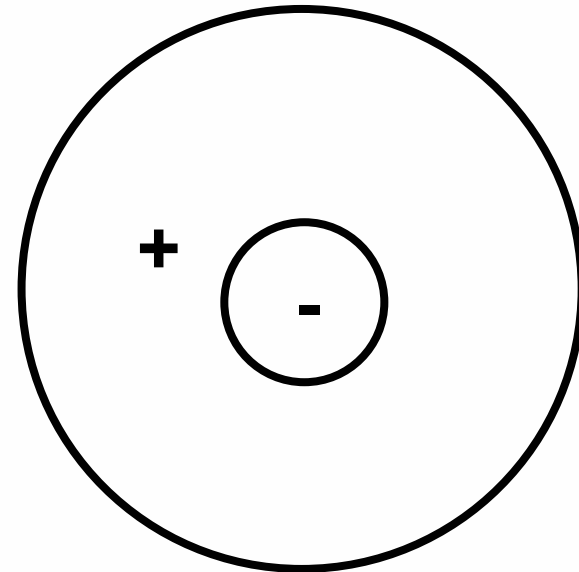
Netzhaut (Retina)

➤ Rezeptive Felder (RF)

On-Zentrum



Off-Zentrum



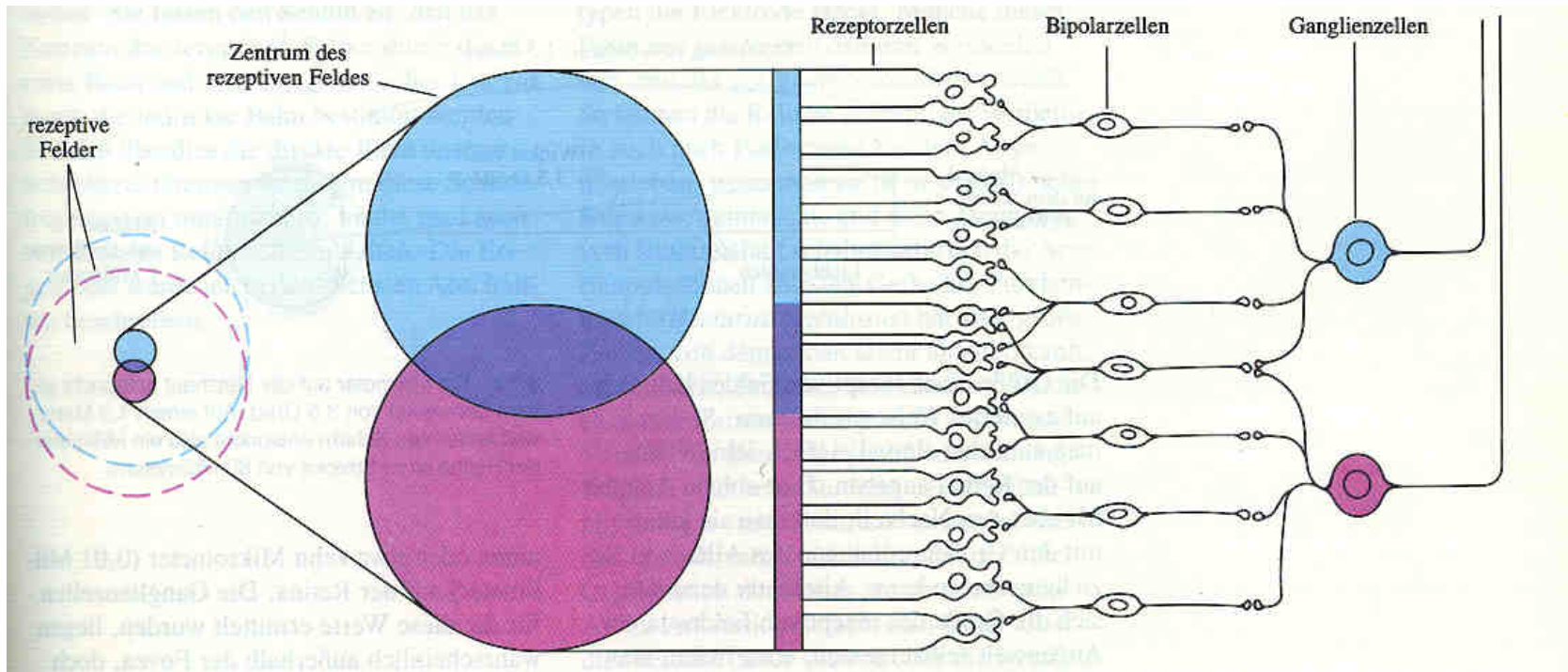
Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- RF: *Rezeptoren, die über eine oder mehrere Synapsen zu einer bestimmten einzelnen Ganglienzelle führen*
- Je tiefer man ins ZNS vordringt, desto komplexer die RF
- Überlappung einzelner RF von benachbarten Ganglienzellen

Sehbahn/Auge

Überlappende RFs



[Hubel 90], S. 53

Sehbahn/Auge

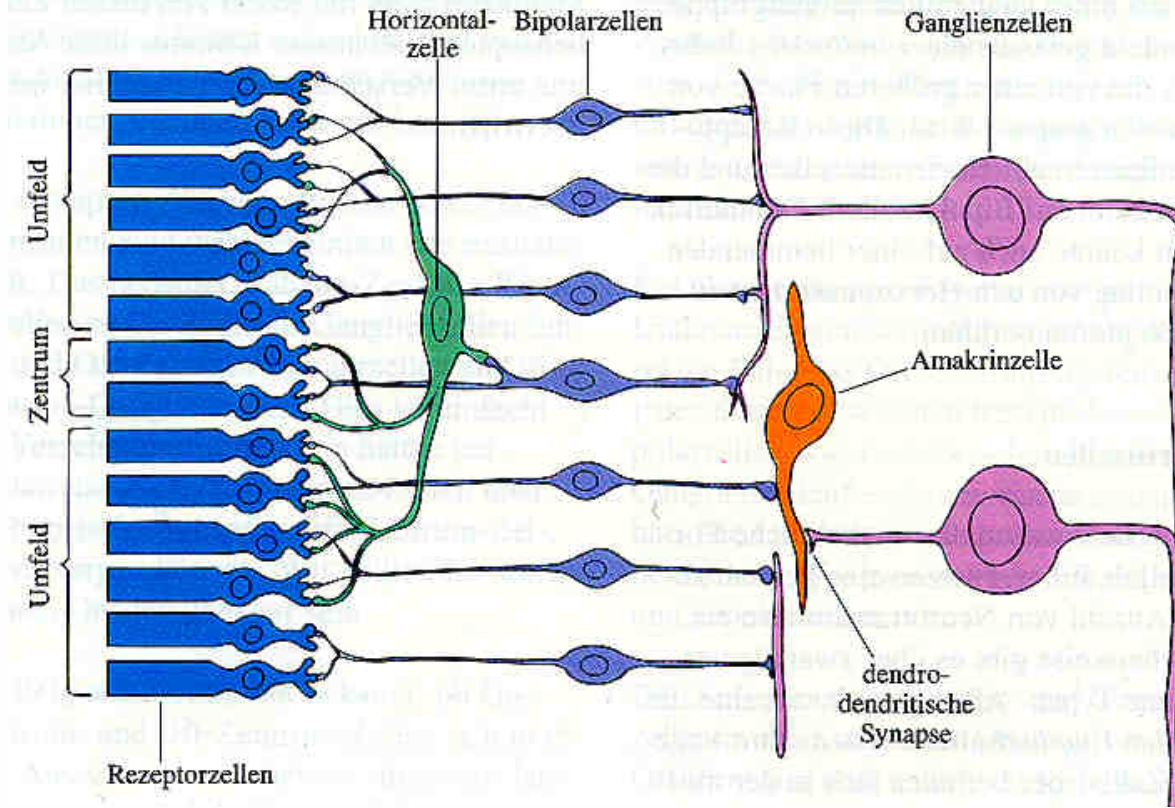
Netzhaut (Retina)

- Bipolarzellen (BPZ):
 - „Strategisch“ wichtige Position, da alle Signale von den Rezeptoren durchfließen oder
 - BPZ sind sowohl an der direkten als auch indirekten Bahn beteiligt
- Frage: *Weisen BPZ ebenfalls RF auf?*

Sehbahn/Auge

RF & Verschaltung von BPZ

[Hubel 90], S. 61



Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Horizontalzellen(HZ):
 - Mehrere Untertypen
 - Funktion der HZ noch nicht geklärt
 - Kein Axon! Präsynaptische Verbindungen über Dendriten
 - Rel. große Fläche bzgl. RF \leftrightarrow ca. der Fläche von Zentrum + Umfeld einer BPZ oder GZ
 - Einheitliche Reaktion auf Stimulus: Hyperpolarisation
 - Je größer die gereizte Fläche, desto stärker die Hyperpolarisation

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Horizontalzellen(HZ):
 - Zuständig für Umfeld der RFs der BPZ (Vermutung!)

- BPZ besitzen RF mit Zentrum/Umfeld
 - Zentrum erhält direkt Input aus kleiner Rezeptorengruppe
 - Umfeld erhält indirekt Input aus größerer Rezeptorengruppe

Sehbahn/Auge

Netzhaut (Retina)

- Amakrinzellen(AZ):
 - große Vielfalt -> große Funktionalitätsvielfalt
 - Funktionen noch nicht geklärt...
 - Spezifische Reaktion auf Bewegung vs.
 - Input direkt vom Stäbchen über BPZ
 - Unklar, ob AZ an Aufteilung der RF der GZ in Zentrum/Umfeld beteiligt sind

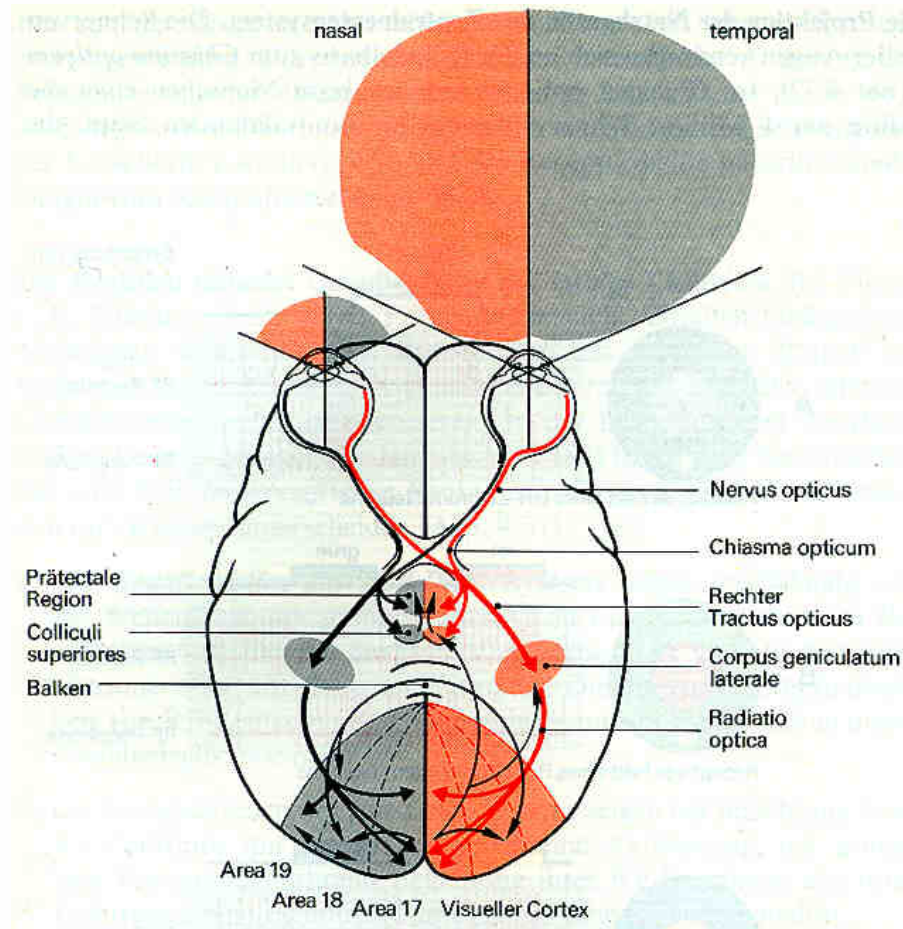
Sehbahn/Chiasma

Chiasma opticum (Sehnervkreuzung)

- Aufteilung der Sehnerven zum rechten und linken *Tractus Opticus*
- Axon von jeweils temporalem und nasal Teil werden zusammengeführt
- Hauptanteil in den Tractus Opticus zu den LGNs
- Weiterer Input in Areale für Augenbewegung oder Pupillenreflex

Sehbahn/Chiasma

Chiasma



[Schmidt 80], S. 198

Sehbahn/seitliche Kniehöcker



Corpus Geniculatum
Lateralis (seitl.
Kniehöcker)

- 6 Schichten
(alternierende
Augenzugehörigkeit)
- Geringfügige
wechselseitige
Hemmung links/rechts

[Hubel 90], S. 75

Sehbahn/seitliche Kniehöcker

Kniehöcker

- Farbsehen durch 3 verschiedenen Nervenzellenklassen: Hell/Dunkel-, Gelb/Blau- und Rot/Grün-System
- „zwei“ Organe in einem:
 - Beide untere Schichten: größere Zellen -> magnozellular
 - Vier obere Schichten: kleiner Zellen -> parvozellulär
- Output als Radiatio Optica (Sehstrahlung zum visuellen Cortex - Area 17)

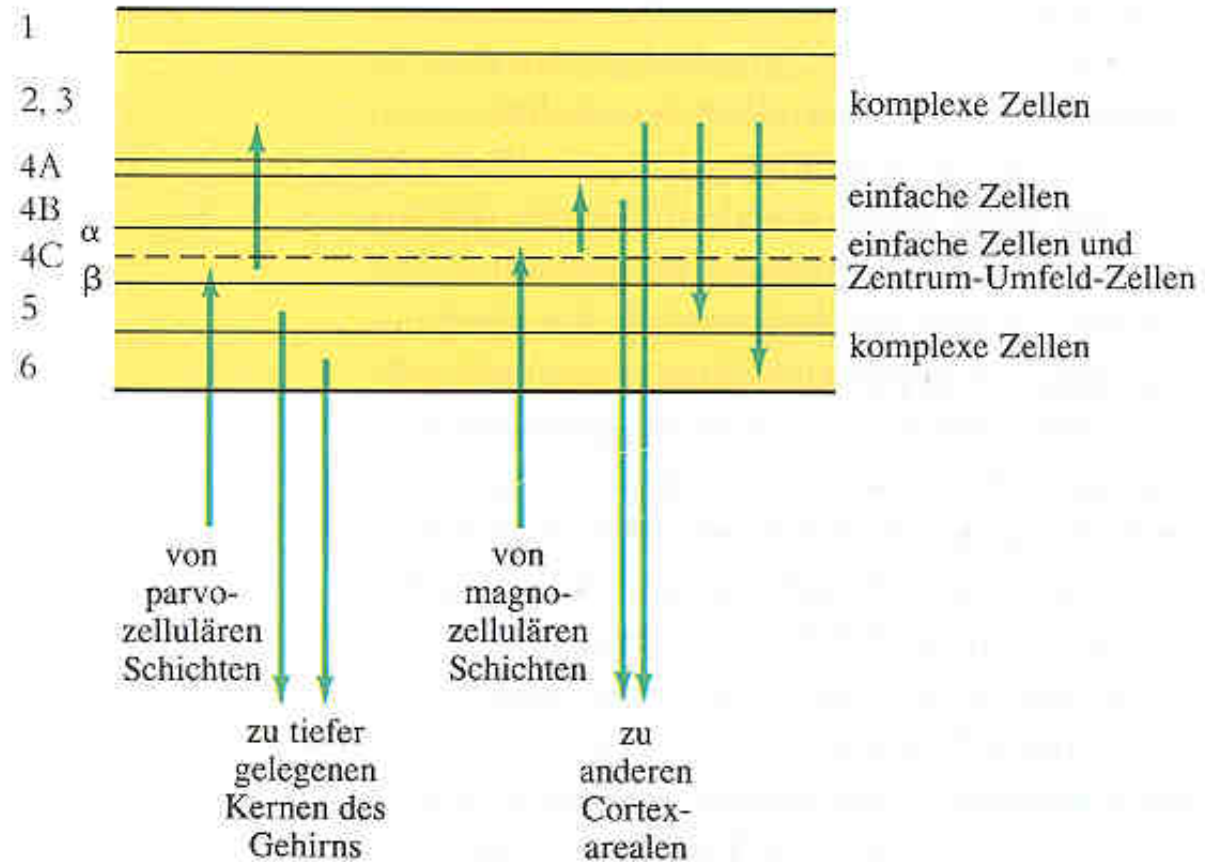
Sehbahn/Visueller Cortex

Visueller Cortex (Area17,V1)

- 6 Schichten
 - Schicht 4 in A,B,C
 - Schicht 4C in α und β
 - simple cells: sensitiv gegenüber Lichtschlitz, Balken, Gerade
 - complex cells: kurzem Aufleuchten und evtl. Bewegung
 - hyper complex cells: Bewegung und Orientierung

Sehbahn/ Visueller Cortex

Visueller
Cortex:



[Hubel 90], S. 108

Sehbahn/ Visueller Cortex

3-Kanal-Theorie (Livingston 1988)

- 3 unabhängige Kanäle zur visuellen Informationsverarbeitung
 - Parvo-System -> interblob -> blasse Streifen
 - Magno-System -> 4B-Schicht -> dicke Streifen
 - Magno/Parvo-System -> blob -> dünne Streifen

Sehbahn/Zusammenfassung

- Hierarchischer Aufbau
- Datenreduktion bei Merkmalsextraktion
- Vieles noch ungeklärt
 - weiterverarbeitende Schichten
 - Kniehöcker
 - Amakrin- und Horizontalzellen
- ...

Binär BV (Morphologie) - Überblick

- Einleitung
- Punktegruppen
- Mathematische Morphologie
- Komplexe Morphologie

Einleitung

- Binärbild („0“ & „1“) vs. Farb- und GW-Bild
- Binärbild wird i.d.R. durch Schwelle T bestimmt
- Methoden der Binärbildverarbeitung zur
 - Vorverarbeitung
 - Segmentierung
 - Merkmalsextraktion
- Ermittlung topologischer Zusammenhänge
- Binärbilder als Masken

Einleitung

➤ Konventionen:

Eingabebild: $E(x, y)$

Ausgabebild: $A(x, y)$

➤ Bildpunktoperationen

$$E(x, y) \xrightarrow{MO} A(x, y)$$


➤ Lokale Nachbarschaftsoperationen

$$E(x, y) \otimes \langle \text{Umgebung} \rangle \xrightarrow{MO} A(x, y)$$

Einleitung

- Binärbildformate
 - Ungepackt:
 - 1 Byte pro Pixel, 0 oder 255
 - Bitebenen
 - 8 Bilder pro Byte
 - Gepackt
- Format ist abhängig vom genutzten Rechnersystem

Punktgruppen



	X			X	
X	X		X	X	X
	X			X	
		X			
					X
X	X	X			X

- Topologie von Bildpunkten bzgl. einer 4er-Nachbarschaft
 - B_{KNP} : Einzelpunkte
 - B_{ENP} : Endpunkte
 - B_{ZNP} : Verbindungspunkte
 - B_{DNP} : Randpunkte
 - B_{VNP} : Mittenpunkte

Punktgruppen

- Gegeben:
Eingabebilder E_1 und E_2 und
Ausgabebild A
- Definitionen: Invertieren von E_1 $\Rightarrow A = \overline{E_1}$
- E_1 ODER E_2 $\Rightarrow A = E_1 \cup E_2$
- E_1 UND E_2 $\Rightarrow A = E_1 \cap E_2$
- E_1 EXOR E_2 $\Rightarrow A = E_1 / E_2$
- SHIFT E_1 nach rechts $\Rightarrow A = E_{1rechts}$
- SHIFT E_1 nach links $\Rightarrow A = E_{1links}$
- SHIFT E_1 nach unten $\Rightarrow A = E_{1unten}$
- SHIFT E_1 nach oben $\Rightarrow A = E_{1oben}$

Punktgruppen

- Pixel, die **R**echts, **L**inks, **U**nten und **O**ben **K**einen **N**achbarpunkte haben (B_{RKN} , B_{LKN} , B_{UKN} und B_{OKN}):

Beispiel für B_{RKN} :

Ausgangsbildzeile E_1	1111111100000000
$A_1 = \overline{E_1}$	0000000011111111
$A_2 = A_{1links}$	0000000011111110
$A_3 = E_1 \cap A_2$	0000000010000000

Punktgruppen

- Pixel, die **R**echts, **L**inks, **U**nten und **O**ben einen **N**achbar**P**unkt haben (B_{RNP} , B_{LNP} , B_{UNP} und B_{ONP}):

Beispiel für B_{RNP} :

Ausgangsbildzeile E_1 111111111000000000

$A_1 = E_{1links}$ 111111111000000000

$A_2 = E_1 \cap A_1$ 111111111000000000

Punktgruppen

- Durch boolesche Gleichungen lassen sich die Punktgruppen ($B_{KNP}, B_{ENP}, B_{ZNP}, B_{DNP}$ und B_{VNP}) finden

- Kein Nachbarpunkt

$$B_{KNP} = B_{RKN} \cap B_{LKN} \cap B_{OKN} \cap B_{UKN}$$

- Ein Nachbarpunkt

$$B_{KNP} \cup B_{ENP} = (B_{LKN} \cap B_{OKN} \cap B_{UKN}) \cup$$

$$(B_{RKN} \cap B_{LKN} \cap B_{UKN}) \cup$$

$$(B_{RKN} \cap B_{LKN} \cap B_{OKN}) \cup$$

$$(B_{RKN} \cap B_{OKN} \cap B_{UKN})$$

$$B_{ENP} = B_{KNP} \cup B_{ENP} / B_{KNP}$$

Punktgruppen

- Zwei Nachbarpunkte

$$\begin{aligned}
 B_{KNP} \cup B_{ENP} \cup B_{ZNP} &= (B_{RKN} \cap B_{LKN}) \cup \\
 &\quad (B_{RKN} \cap B_{OKN}) \cup \\
 &\quad (B_{RKN} \cap B_{UKN}) \cup \\
 &\quad (B_{LKN} \cap B_{UKN}) \cup \\
 &\quad (B_{LKN} \cap B_{OKN}) \cup \\
 &\quad (B_{OKN} \cap B_{UKN}) \\
 B_{ZNP} &= (B_{KNP} \cup B_{ENP} \cup B_{ZNP}) / \\
 &\quad (B_{KNP} \cup B_{ENP})
 \end{aligned}$$

Punktgruppen

➤ Drei Nachbarpunkte

$$\begin{aligned}
 B_{KNP} \cup B_{ENP} \cup B_{ZNP} \cup B_{DNP} &= B_{RKN} \cup B_{LKN} \cup B_{OKN} \cup B_{UKN} \\
 B_{DNP} &= (B_{KNP} \cup B_{ENP} \cup B_{ZNP} \cup B_{DNP}) / \\
 &\quad (B_{KNP} \cup B_{ENP} \cup B_{ZNP})
 \end{aligned}$$

Punktgruppen

- Vier Nachbarpunkte

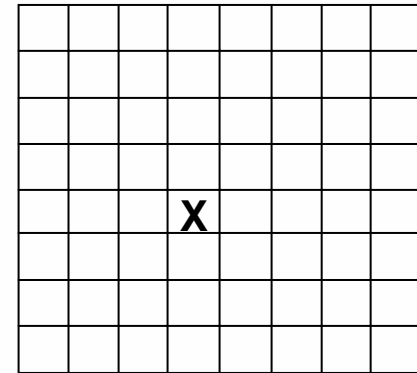
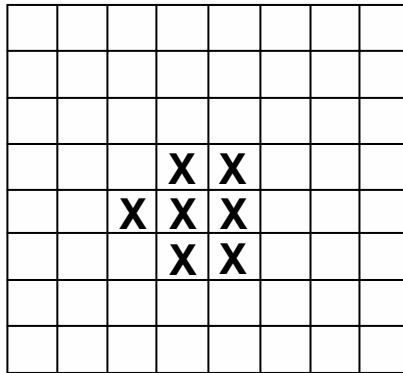
$$B_{VNP} = B_{RNP} \cap B_{LNP} \cap B_{ONP} \cap B_{UNP}$$

- Operation SHRINK
entspricht B_{VNP}

- Operation BLOW
Bild invertieren, „SHRINKEN“ und dann
wieder invertieren

Punktgruppen

SHRINK



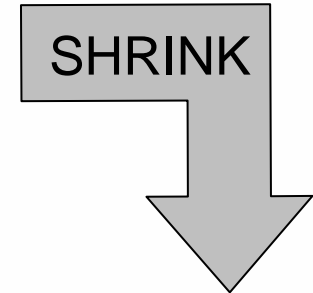
Punktgruppen

BLOW

				X	X				
		X	X	X					
				X	X				



X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X			X	X	X		
X	X				X	X	X		
X	X	X			X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X			X	X	X		
X	X					X	X		
X						X	X		
X	X					X	X		
X	X	X			X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

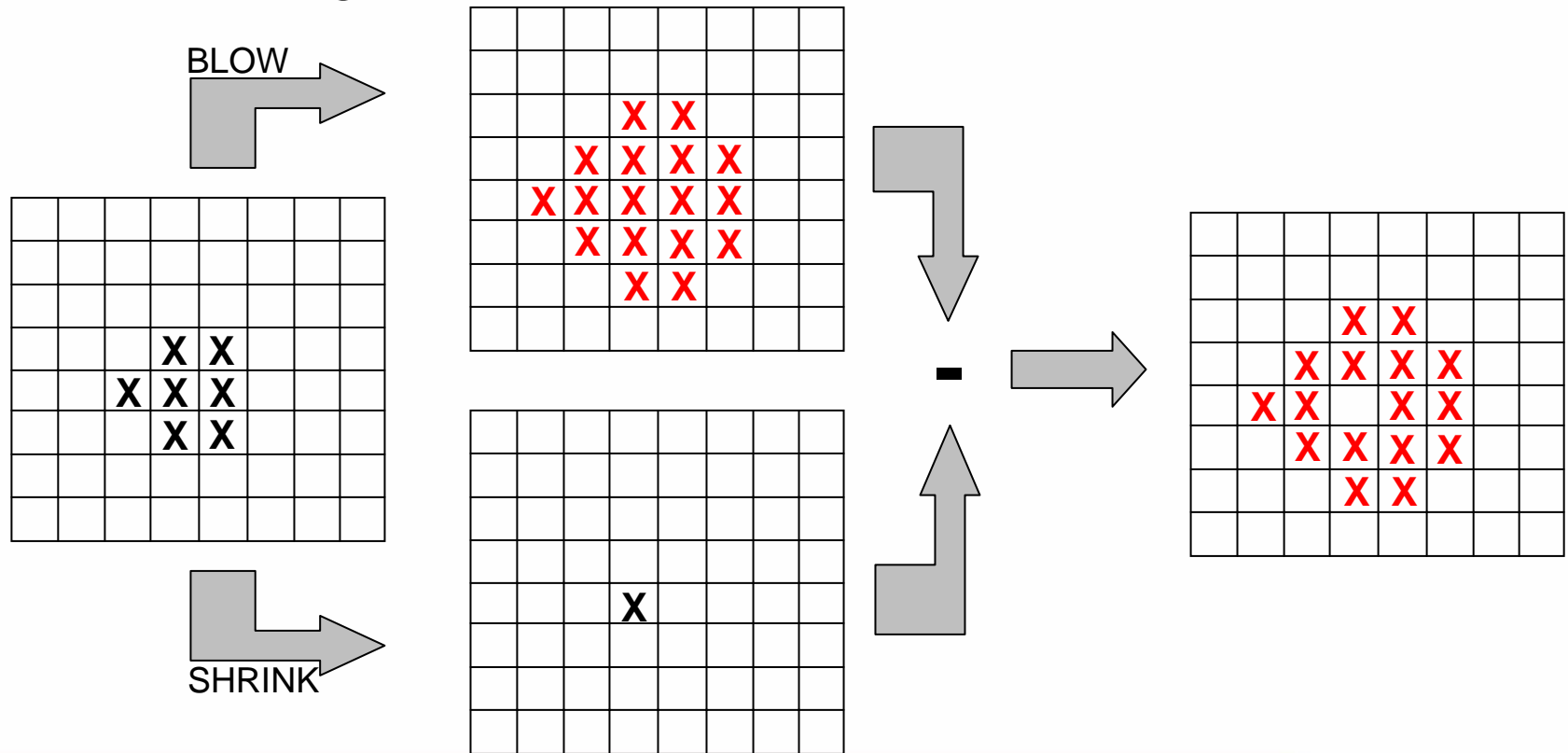


				X	X				
		X	X	X	X	X			
	X	X	X	X	X				
		X	X	X	X				
				X	X				




Punktgruppen

Anwendungsbeispiel



Mathematische Morphologie

- 
- A vertical decorative arrow pointing downwards, located on the left side of the slide. It has a grey fill and a black outline, with a series of downward-pointing chevrons along its length.
- Entwickelt von J. Serra
 - Exakte Aussagen zur Transformation eines Bildes mit lokaler Nachbarschaft
 - Umgebungselement = strukturierendes Element X
 - Basisoperationen: Dilatation, Erosion, Vereinigungsmenge, Schnittmenge und Mengendifferenz

Mathematische Morphologie

➤ Dilatation:

$$A = E \langle + \rangle X$$

Bild A entsteht durch dilatieren des Bildes E mit X

Am Rand des Objekts werden Pixel gemäß X zugefügt

Mathematische Morphologie

➤ Erosion:

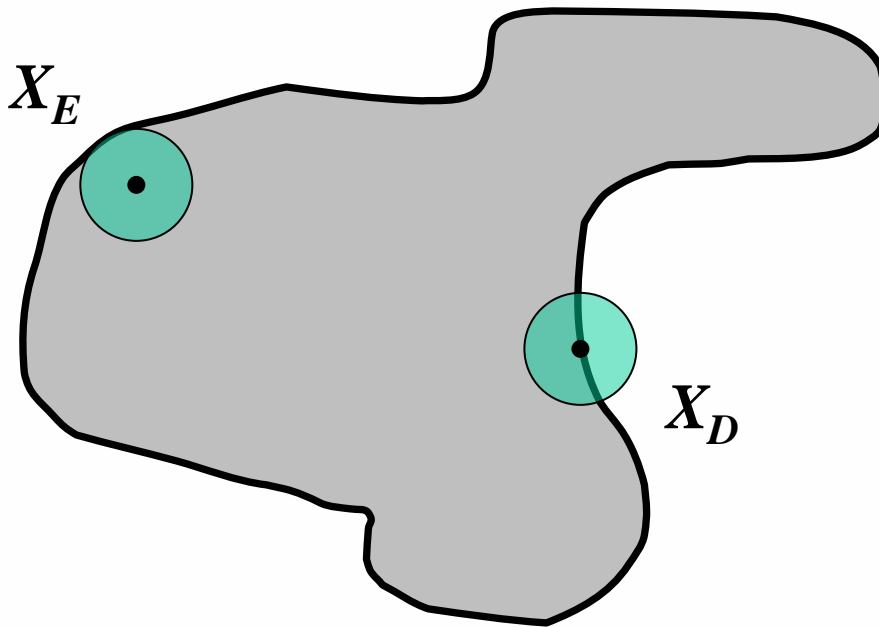
$$A = E \langle - \rangle X$$

Bild A entsteht durch erodieren des Bildes E mit X

Am Rand des Objekts werden Pixel gemäß X abgetragen

Mathematische Morphologie

Dilatation und Erosion



- Vereinigungsmenge von X_D und Objekt beschreibt dilatiertes Bild.
Translation von X_D entlang Objektkante
- Bezugspunkt von X_E beschreibt neue Objektkontur im erodierten Bild
Translation von X_E im inneren Objektrand

Mathematische Morphologie

➤ Vereinigungsmenge:

$$A = E_1 \cup E_2$$

Menge von Bild E_1 und Bild E_2 werden vereinigt

Entspricht logischem „OR“

Auch: „union“

Mathematische Morphologie

➤ Schnittmenge:

$$A = E_1 \cap E_2$$

Es wird die Schnittmenge von Bild E_1 und Bild E_2 gebildet

Entspricht logischem „AND“

Auch: „intersection“

Mathematische Morphologie

➤ Mengendifferenz:

$$A = E_1 / E_2$$

Es wird der Unterschied zwischen Bild E_1 und Bild E_2 bestimmt

Entspricht logischem „EXOR“

Mathematische Morphologie

- Eigenschaften von Dilatation und Erosion

Seien X_1 und X_2 zwei strukturierende Elemente, es gilt:

$$X_1 \subseteq X_2 \rightarrow E\langle - \rangle X_1 \supseteq E\langle - \rangle X_2 \rightarrow E\langle + \rangle X_1 \subseteq E\langle + \rangle X_2$$

Dilatation ist kommutativ, Erosion nicht, es gilt:

$$E\langle + \rangle X = X\langle + \rangle E$$

$$E\langle - \rangle X \neq X\langle - \rangle E$$

Mathematische Morphologie

- Eigenschaften von Dilatation und Erosion

Dilatation des Komplementbildes = dem Komplementbild des erodierten Bildes

$$\overline{E\langle + \rangle X} = \overline{E\langle - \rangle X}$$

Originalbild ist im dilatierten Bild enthalten und erodiertes Bild ist im Originalbild enthalten

$$E\langle - \rangle X \subseteq E \subseteq E\langle + \rangle X$$

Punktgruppen

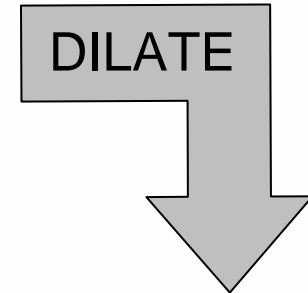
$$SE = \begin{array}{c} X \\ X \bullet X \\ X \end{array}$$

Dualität:

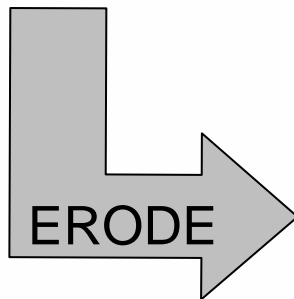
				X	X				
			X	X	X				
				X	X				



X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X			X	X	X		
X	X				X	X	X		
X	X	X			X	X	X		
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X





Mathematische Morphologie

- Eigenschaften von Dilatation und Erosion

monoton fallende oder steigende Transformationen

$$E_1 \supseteq E_2 \quad \rightarrow \quad E_1 \langle + \rangle X \supseteq E_2 \langle + \rangle X$$

$$E_1 \supseteq E_2 \quad \rightarrow \quad E_1 \langle - \rangle X \supseteq E_2 \langle - \rangle X$$

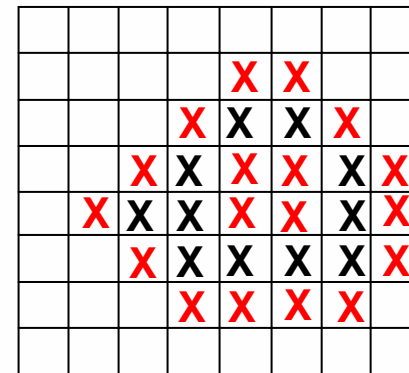
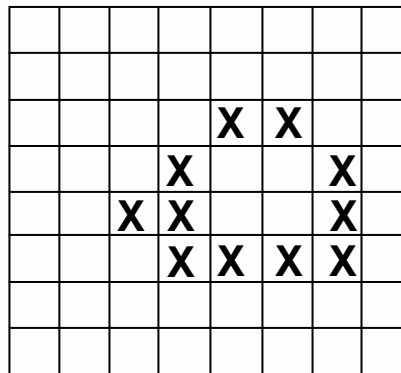
$$E \langle + \rangle (X_1 \cup X_2) = (E \langle + \rangle X_1) \cup (E \langle + \rangle X_2)$$

$$E \langle - \rangle (X_1 \cup X_2) = (E \langle - \rangle X_1) \cup (E \langle - \rangle X_2)$$

Mathematische Morphologie

- Durch Dilatation können neue Objekte entstehen
 - Löcher werden aufgefüllt
 - Konkave Randbereiche werden aufgefüllt
 - Keine Rücktransformation möglich

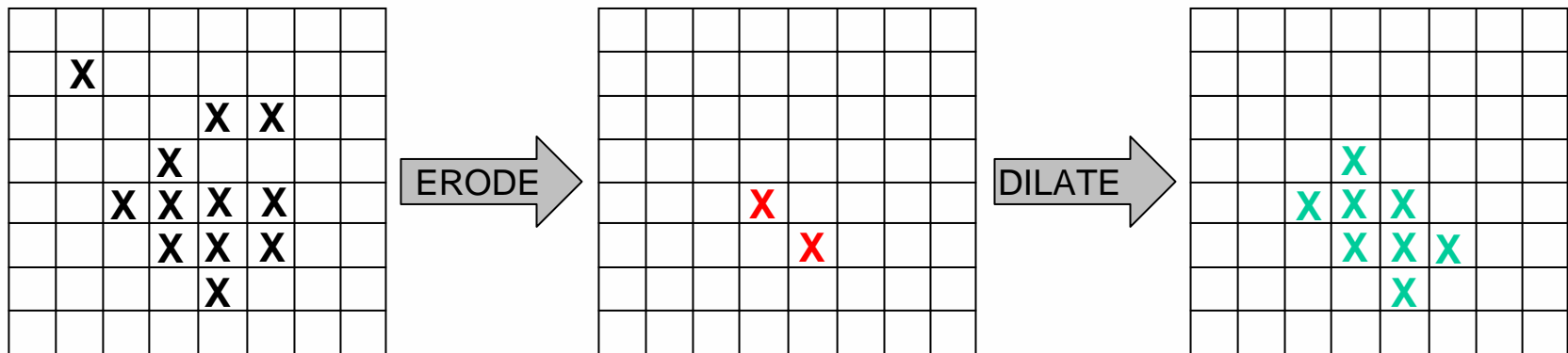
$$SE = \begin{array}{c} \text{X} \\ \text{X} \text{ } \text{X} \\ \text{X} \end{array}$$



Mathematische Morphologie

- Durch Erosion können vorhandene Objekte verschwinden
 - Konvexe Randbereiche werden angetragen
 - Objektteile werden abgetragen
 - Ebenfalls keine Rücktransformation möglich

$$SE = \begin{array}{c} X \\ X \bullet X \\ X \end{array}$$

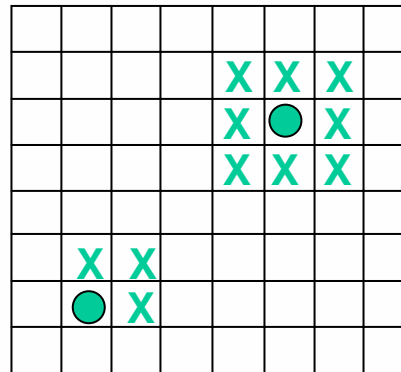


Mathematische Morphologie

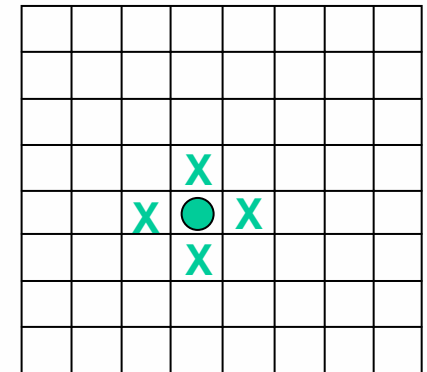
- Elementare SE bzgl. Rechteckraster

● = Bezugspunkt

Elementar-
„achteck“
&
rechteck



Elementar-
raute



- Für Weiterverarbeitung wichtig
 - Struktur und Form der „erwünschten“ Objekte sollte erhalten bleiben
 - Nicht „erwünschte“ Objekte sollte entfernt werden

Komplexe Morphologie

- Weitere Ebene in der Morphologie
- Komplexe Funktionen lassen sich auf einfache Funktion zurückführen
- *Öffnen*:
 - Erosion gefolgt von einer Dilatation
 - Gleiches strukturierendes Element X
 - # der Erosionsschritte gleich der # der Dilatationsschritte
 - Kleine Objekte
 - Konvex Objektränder werden abgetragen

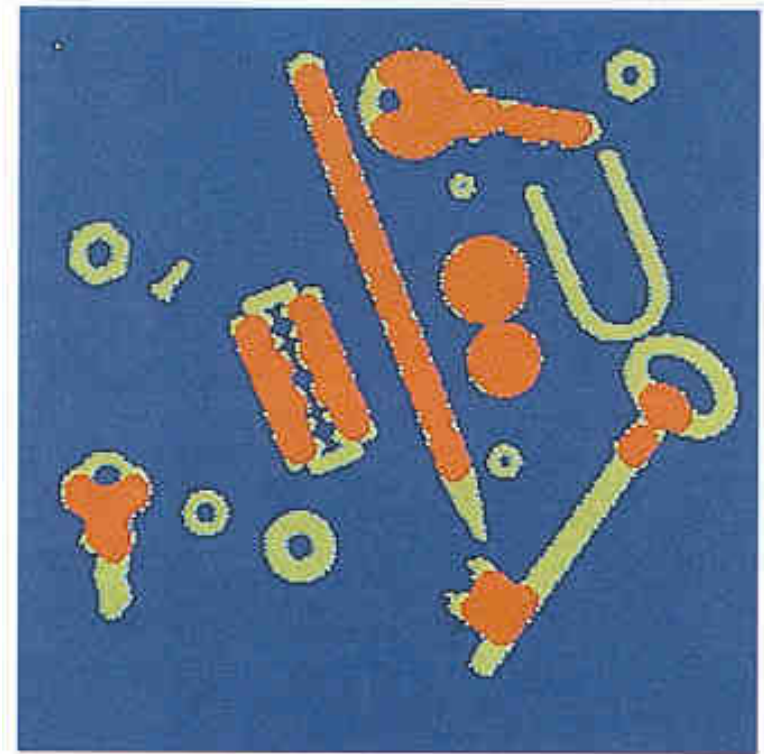
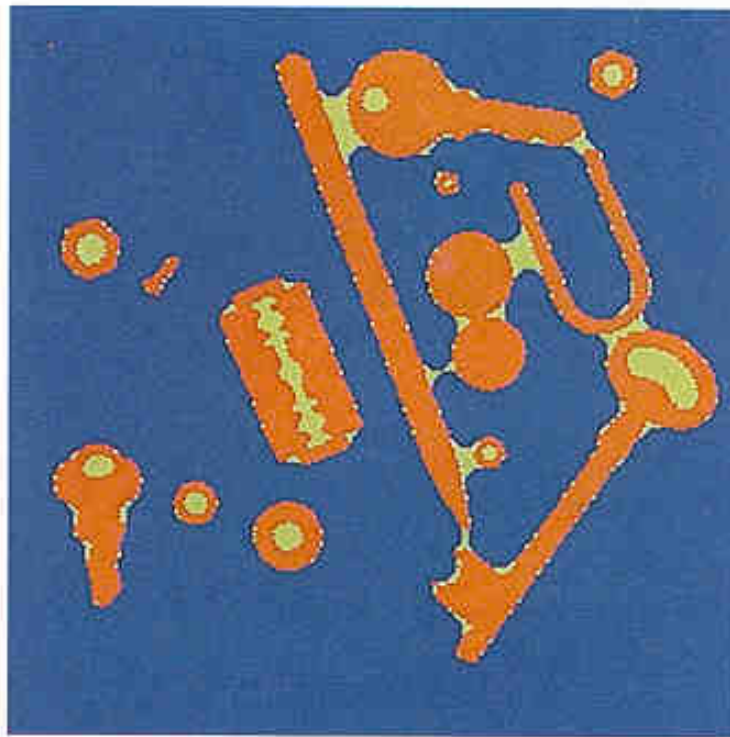
$$A = (E \langle - \rangle X) \langle + \rangle X$$

Komplexe Morphologie

- *Schließen:*
 - Dilatation gefolgt von einer Erosion
 - Gleiches strukturierendes Element X
 - # der Erosionsschritte gleich der # der Dilatationsschritte
 - Eng aneinanderliegende Objekte „schmelzen“ zusammen
 - Löcher in Objekten werden geschlossen
 - Entstehung von Brücken zwischen Objekten

$$A = (E \langle + \rangle X) \langle - \rangle X$$

Komplexe Morphologie



[Abmayr 94], S. 292

Komplexe Morphologie

- Bisher immer nur Verarbeitung ganzer Bilder
- Alle Objekte werden gleich behandelt
- Einzelnen Objekte können nicht individuell bearbeitet werden
- Erforderlich ist aber i.d.R. eine Objekttrennung
 - Unabhängig von der Form des Objektes
- Grassfire Methode

Komplexe Morphologie

- Grassfire Methode
 - Simuliert Steppenbrand
 - Abbrennen topologisch zusammenhängender und beliebig geformter Objekte
 - Abgebranntes Objekt wird in ein eigenes Bild geschrieben (Markierungsbild M)
 - Voraussetzung: „Zündpunkt“ ($P_M(x,y)$) oder Markierungspunkt muss bekannt sein
 - Mehrere Objekte => Mehrere Zündpunkte

Komplexe Morphologie

Grassfire Algorithmus

1. Starte beim Zündpunkt (im Markierungsbild) und dilatiere mit Elementarraute
2. Verknüpfe Originalbild mit Markierungsbild durch logisch „AND“
3. Abbruch, wenn sich Bitzahl im Markierungsbild nicht mehr ändert, sonst 1.

Komplexe Morphologie

- Grassfire Methode
 - (In Verbindung mit Erosion)
Rekonstruktion übriggebliebener Objekte
 - Auffüllen von Hohlräumen
 - Löschen von Randobjekten
 - Objektzählen
 - Extraktion von einzelnen Objekten

Komplexe Morphologie

➤ Letzte Erosion

kleine Objekte verschwinden nicht vollständig

1. Prüfen, ob Objekt durch Erosion verschwindet? -> testweise Erosion
2. Alle übriggebliebenen Objekte durch Grassfire rekonstruieren
3. Mengendifferenz zwischen Ausgangsbild und rekonstruiertem Bild
4. „Akku“ für verschwundene Objekte
5. Durchführen der echten Erosion. Starte wieder bei 1. Abbruch, wenn keine Objekte mehr vorhanden

Komplexe Morphologie

- Alles oder Nichts Transformation
 - Strukturierendes Element $X = (X_1, X_2)$
 - Zweiphasiges SE auf alle möglichen Bildpositionen
 - Prüfen ob $X_1 \subseteq E$ und $X_2 \subseteq \bar{E}$
 - Ist beides der Fall, dann ist neuer in der Ergebnismenge der Transformation

Komplexe Morphologie

- Es gilt:

$$\begin{aligned} A = E * X &= (E \langle - \rangle X_1) \cap \overline{(E \langle + \rangle X_2)} \\ &= (E \langle - \rangle X_1) \cap (\bar{E} \langle - \rangle X_2) \end{aligned}$$

mit

$$X = (X_1 \cup X_2) \text{ und } X_1 \cap X_2 = 0$$

- Erosion ist Spezialfall ($X_2 = 0$ und Scheibe X_1 enthält nur 1)

Komplexe Morphologie

- Abmagerung (Verdünnung)

$$\begin{aligned} A &= E \circ X = E / (E * X) \\ &= E \cap \overline{(E * X)} \end{aligned}$$

- Skelettierung
- Ziel: pixelbreite Konturen
- Aus Flächen Formbeschreibungen generieren
- Strichzeichnungen durch Scanner zu „dick“

Komplexe Morphologie

- Skelettierung
 - Erosion von Rand bis zur Mitte des Objektes (Skelettlinie)
 - Erosion + bestimmte Bedingungen
 - Bedingungen an Skelettlinie
 - 1 pixelbreit
 - Muss in der Mitte des Objektes verlaufen
 - Skelettlinie darf sich nicht weiter verändern
 - Bestimmte SE, die nur dann abtragen, wenn Punkte *keine* Skelettpunkte sind

Komplexe Morphologie

- Acht verschiedene SE
 - Suchen spezieller Bitmuster typisch für Skelettlinien
 - Keine Bitmuster gefunden -> Randpunkt wird gemäß Richtung des SE gelöscht
 - Reihenfolge der SE bestimmt Skelett

$$SE_0 = \begin{bmatrix} 1 & b & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ b & b & 0 \end{bmatrix}$$

$$SE_1 = \begin{bmatrix} b & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ b & 1 & b \end{bmatrix}$$

$$SE_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ b & 1 & b \\ 1 & 1 & b \end{bmatrix}$$

$$SE_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & b \\ 0 & 1 & 1 \\ b & 1 & b \end{bmatrix}$$

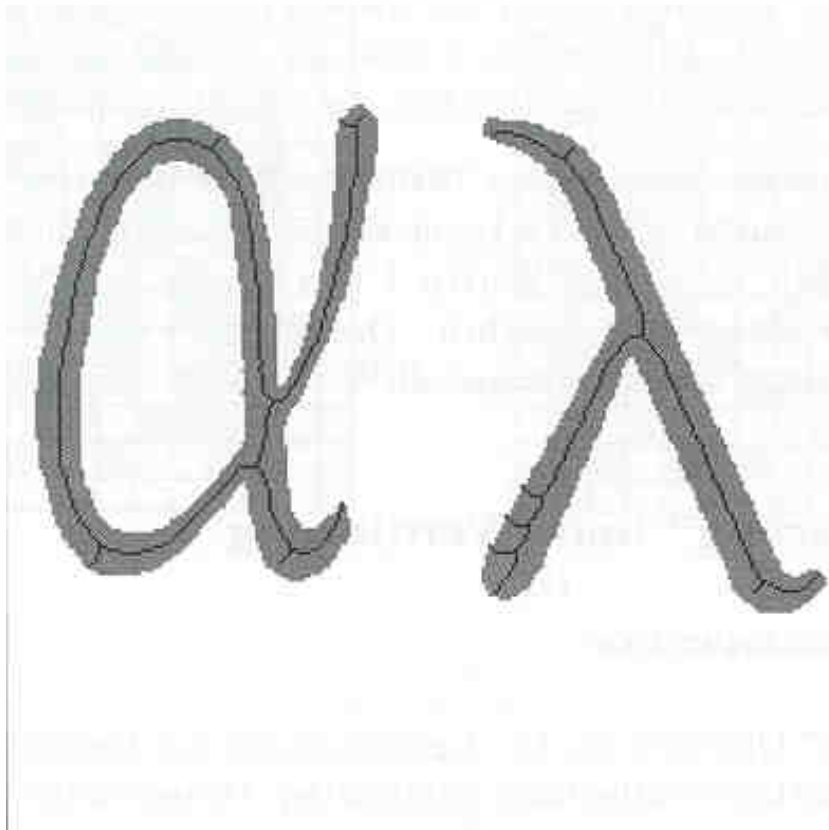
$$SE_4 = \begin{bmatrix} 0 & b & b \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & b & 1 \end{bmatrix}$$

$$SE_5 = \begin{bmatrix} b & 1 & b \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & b \end{bmatrix}$$

$$SE_6 = \begin{bmatrix} b & 1 & 1 \\ b & 1 & b \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$SE_7 = \begin{bmatrix} b & 1 & b \\ 1 & 1 & 0 \\ b & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Komplexe Morphologie



- Skelettierung
 - Entbartung fehlt:
 - Abtragen von Linienendpunkten

[Abmayr 94], S.134

Komplexe Morphologie

- Verdickung
 - Mengenaddition von Bild E und der Alles oder Nichts Transformation ($E * X$)

$$A = E \bullet X = E \cup (E * X)$$

- Sichtbarmachung von kleinen Objekten (z.B. Zellkernen)

Zusammenfassung

- Biologische und physiologische Grundlagen
 - Sehbahn
 - RFs
- Binärbildverarbeitung/Morphologie
 - shrink, blow,
 - öffnen, schließen,
 - Grassfire, Skelettierung