

Merkmalsdetektoren

Paul Natterer

2010

Das Sehfeld wird im primären Sehzentrum auf immer abstrakter werdende horizontale Schichten und Unterschichten abgebildet und komprimiert.

- In diesen Schichten gibt es erstens **vertikale** Säulen oder Module, die ihre Daten jeweils vom rechten oder linken Auge erhalten. Sie enthalten **Orientierungs-Untersäulen**, deren rezeptive Felder auf bewegte Kontrastgrenzen bestimmter Orientierung ansprechen, die stetig variierend alle Orientierungen von 0 bis 360° analysieren.
- In diesen Schichten gibt es zweitens **Farbsäulen**, welche auch für die Analyse von Struktur und Gestalt zuständig sind. Man nennt sie *Blobs*. Die erstgenannten Module heißen folgerichtig *Interblob*-Schichten. Dazu treten drittens aus beiden Augen gleichzeitig gespeiste (binokuläre) Zwischenbereiche; und viertens Rückprojektionen aus höheren Verarbeitungsstufen.
- Die Architektur des primären visuellen Kortex ist darüber hinaus in 500–1000 **Module** (Hyperkolumnen) strukturiert:

„Man muß also schließen, daß jedes Stück der primären Sehrinde mit einer Oberfläche von ein/zwei mal ein/zwei Millimetern die gesamte Maschinerie enthält, um einen bestimmten Ausschnitt des Gesichtsfeldes vollständig zu bearbeiten [...] Dazu wählt er [= der Kortex] als Grundparameter jene zwei Variablen, welche die Koordinaten des Gesichtsfeldes festlegen (seitliche und vertikale Entfernung von der Fovea), und in diese Karte trägt er durch feinere Unterteilungen die weiteren Variablen wie Orientierung und Augenpräferenz ein.“ (Hubel: *Auge und Gehirn. Neurobiologie des Sehens*, 2. Aufl. Heidelberg 1990, 135–137). Der Kortex insgesamt arbeitet mit solchen Modulen. Man schätzt ihre Anzahl auf 1–2 Millionen mit je etwa 10000 Neuronen.
- Auch im primären und sekundären visuellen Sehzentrum liegt die bereits bekannte weitgehend getrennte, parallele Verarbeitung von Helligkeit, Lokalisation und Bewegung einerseits (etwa die sog. *Interblob*-Schichten) und Struktur, Farbe, Gestalt andererseits (etwa in den *Blobs*) vor. Etwas genauer unterscheidet man insgesamt vier getrennte Nervenbahnen für die Signalübermittlung in der Sehrinde, welche als parallel arbeitende

Untersysteme vier Eigenschaften der visuellen Reize unterscheiden. Ein Untersystem für **Bewegung**, eines für **Farbe**, zwei für Formen, nämlich in der Verbindung **Form-Bewegung** und **Form-Farbe**.

- Diese vier Systeme lassen sich anatomisch und funktional in der Sehrinde lokalisieren, wobei Verletzungen bzw. Ausfälle der spezifischen Areale des Kortex (Großhirnrinde) entsprechende Formen der Blindheit hervorrufen. Die wichtigsten Formen sind: Farbenblindheit, Bewegungsblindheit, Orientierungsblindheit (Wahrnehmung reduziert auf desorientierte bewegte Formen), Tiefenblindheit und Formblindheit. Dazu kann die sogenannte Gestaltblindheit treten, die elementare Formen wahrnimmt, aber keine ganzheitliche Objekterkenntnis leistet.
- Damit ergeben sich bisher die in Folge aufgelisteten **atomaren** und **komplexen** Merkmale oder Kategorien der visuellen Informationsverarbeitung, die als vieldimensionaler Koordinatenraum beschreibbar sind, der alle vorkommenden Kombinationen zu definieren gestattet.
- Zu den **Merkmalsdetektoren** in Folge eine zusammenfassende Übersicht über 24 Merkmale, die durch jeweils eigene, hierauf ansprechende Neuronen entdeckt und identifiziert werden. Die Leistungen (1) bis (5) liegen bereits im Vorfeld des Sehzentrums; die Neurodetektoren und Wahrnehmungsleistungen (6) bis (24) gehören dem Sehzentrum des Gehirns an. Dabei ist der primären Sehrinde die elementare Konturentdeckung und das Herausziehen von Merkmalen, d.h. die **Merkmalsextraktion** zugeordnet, die sekundäre Sehrinde leistet die **Integration** komplexer und abstrakterer Formen und Muster.
- Die Merkmale sind im Einzelnen:
 - (1) **Lichtintensität** (Helligkeit).
 - (2) **Wellenlänge** (drei Typen von Farbdetektoren: lang bzw. Blau – mittel bzw. Grün – kurz bzw. Rot).
 - (3) **Zentrum-Umfeld-Unterscheidung** (im rezeptiven Feld).
 - (4) **Erregung – Hemmung** (jeweils von Zentrum oder Umfeld des rezeptiven Feldes).
 - (5) **Gegensatz** (Gegenfarbentzellen: Schwarz-Weiß, Rot-Grün, Gelb-Blau).
 - (6) **Position** im Gesichtsfeld.
 - (7) **Reizposition** im rezeptiven Feld.
 - (8) **Reizorientierung**.
 - (9) **Helle Formen** (Lichtschlitze, Linien etc.).
 - (10) **Dunkle Formen** (Schwarze Balken, Linien etc.).
 - (11) **Kanten**.
 - (12) **Krümmung**.
 - (13) **Bewegung**.
 - (14) **Bewegungstempo**.
 - (15) **Bewegungsrichtung**.

- (16) **Längensummation**, d.h. fortlaufende Linien, Balken, Kanten etc.
- (17) **Längenbegrenzung**, d.h. begrenzte Strecken, Ecken, Winkel, Kurven (Endhemmung oder Endinhibition).
- (18) **Stimulusbreite**.
- (19) **Stimuluslänge**.
- (20) **Helligkeitskontrast** (Breitbandzellen: seitliche Hemmung / laterale Inhibition).
- 21) **Farbkontrast** (Doppelgegenfarbenzellen).
- (22) **Augenpräferenz** (Dateneingang vom rechten oder linken Auge).
- (23) Stereopsis oder **Tiefensehen** (auf beide Augen ansprechende, entfernungsempfindliche und orientierungs- spezifische Fern-, Nah- und Korrespondenzzellen).
- (24) **Stereomotion** oder dynamisches Tiefensehen (auf beide Augen ansprechende, bewegungsrichtungsspezifische Zellen).