

The Physiology of color vision „Gegenfarben“

Seminar: Farbwahrnehmung SS 2004
Seminarleiter: Dr. Thorsten Hansen
Referent: Mario Dirks

Peter Lennie



- Professor für Neurowissenschaften
- NYU-CNS (New-York University, Center for Neural Science)
- Das „L“ des DKL-Farbraums
- 1972 PhD. Cambridge

Peter Lennie



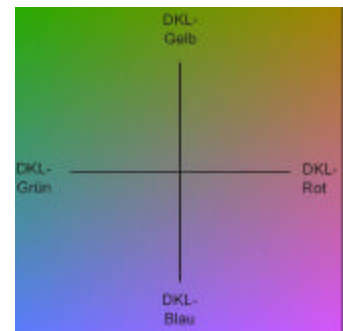
„My work sits at the interface between visual perception and visual physiology. All my research is connected by the idea that visual perception can be explained in terms of underlying neural mechanisms. The work involves both perceptual experiments to explore performance, and physiological ones to record the activity of single neurons, the aim being, where possible, to link observations in the two domains. My recent work has focused on three problems: mechanisms of color vision, the functional organization of visual cortex, and the how the visual system combines information from the two eyes.“

DKL - Farbraum

Derrington

Krauskopf

Lennie



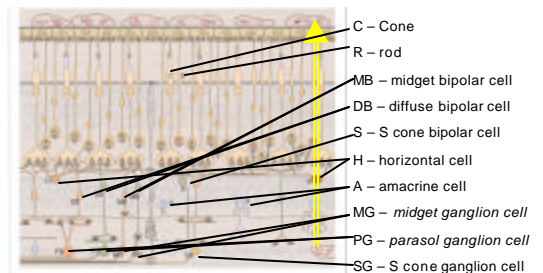
Derrington, Krauskopf, Lennie

Andrew Derrington, Professor of Cognitive Neural Science; University of Nottingham Cognitive Neuroscience: visual memory, visual perception, neurophysiology, psychophysics.

John Krauskopf, Research Professor of Neural Science and Psychology; Ph.D. 1953, University of Texas. Higher-order mechanisms of color vision

Peter Lennie, Professor of Neural Science; Dean for Science; Ph.D. 1972, Cambridge University. Functional organization of vision.

Aufbau der Retina



Erregung der Zapfen auf der Retina



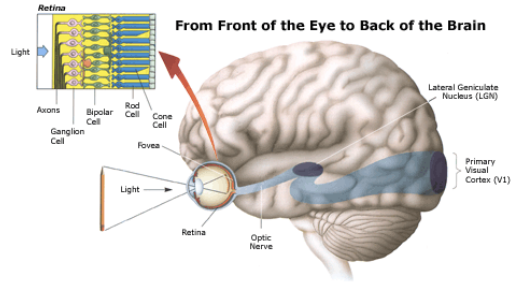
Cones (Zapfen)

Rods (Stäbchen)

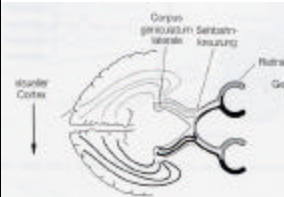


Anwendung

Vom Auge zum Gehirn



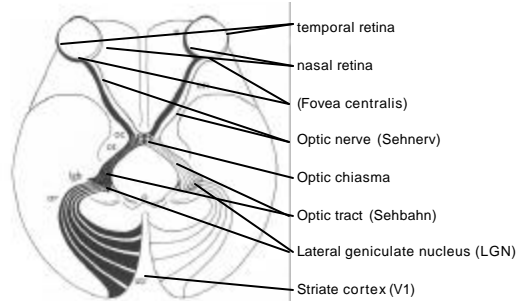
Retina zu V1



- Fasern von nasalen und temporalen Retinahälften führen zum Chiasma opticum
- im Chiasma opticum (Sehbahnkreuzung) werden die temporalen Fasern ungekreuzt und die nasalen Fasern gekreuzt zum LGN (auch CGL, Corpus Geniculatum Laterale) weitergeleitet

- Im LGN werden die meisten der 1Mio umfassenden Fasern der retinalen Ganglienzellen über Synapsen verschaltet
- Vom LGN aus gehen die Signale weiter über den Tractus opticus (die Sehbahnen) bis in den primären visuellen Cortex (V1)

Retina zu V1



Informationsverarbeitung im LGN

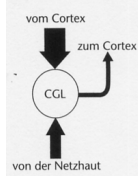
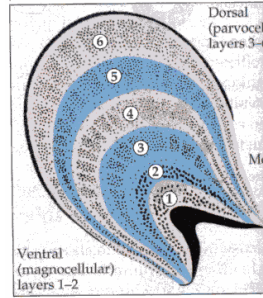


Abb. 3.3 Informationsfluss in das Corpus geniculatum laterale hinein und aus ihm heraus. Die Breite der Pfeile bedeutet das Ausmaß der Signale.

- LGN empfängt Signale aus Sehbahn, Sehrinde, Hirnstamm und Thalamuskernen
- 90% der Fasern führen in LGN, 10% in Colliculus superior (Eye movement)
- LGN empfängt mehr Signale aus V1, als von der Retina kommen
- LGN reguliert sich z.T. selbst über Rückkopplung mit Cortex (kleiner Pfeil)
- Interaktion!!!

Querschnitt durch den LGN



- 6 Schichten des LGN
- kontralaterale (Schichten 1,4,6) und ipsilaterale (Schichten 2,3,5) Bahnen (ipsilateral: Signale von dem Auge auf der selben Seite des Gehirns, wo sich LGN befindet) (kontralateral: Signale vom Auge auf der anderen Seite des Gehirns...)
- jeder Ort im LGN entspricht einem Ort auf der Retina (retinotrop)
- benachbarte Orte im LGN entsprechen benachbarten Orten auf der Retina

Magno- und Parvozelluläre Zellen im LGN

- In der Retina gibt es midget- und parosol Ganglien Zellen
- M- Ganglienzelle: große Zellen, feuert in Salven
- P- Ganglienzelle: kleinere Zellen, feuern anhaltend
- die Schichten 1 und 2 des LGN erhalten ihre Signale von den M- Ganglienzellen (Magno- Schicht für Erkennung von Bewegung)
- die Schichten 3,4,5 und 6 von den P- Ganglienzellen (Parvo-Schicht für Erkennung von Farbe, feine Textur, Muster, räumliche Tiefe)
- desweiteren wurde noch eine 3. Gruppe von Ganglienzellen, die K- Ganglienzellen entdeckt, deren Funktion aber noch unklar ist (Casagrande, 1994; Xu et al., 2001)

Der primäre visuelle Cortex (V1), Striate Cortex

- 1,5 Millionen Axone von NGL über die Sehbahnen in den occipital lobe (Hinterhauptlappen) des Gehirns
- V1 umfasst mehr als 250 Millionen Neuronen
- „Striate Cortex“ (der gefurchte, gestreifte Cortex) wegen den weißen Streifen aus Nervenfasern, der ihn durchzieht
- wie NGL ist auch der primäre visuelle Cortex in Schichten gegliedert
- Signale aus LGN treffen in Schicht IVc der Sehrinde ein und werden in darüber- und darunterliegende Schichten weitergeleitet

Striate Cortex „V1“

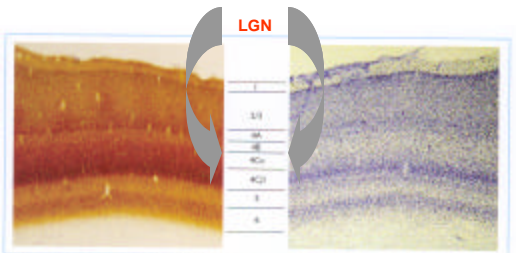
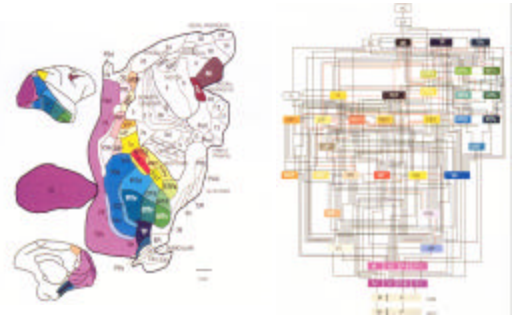
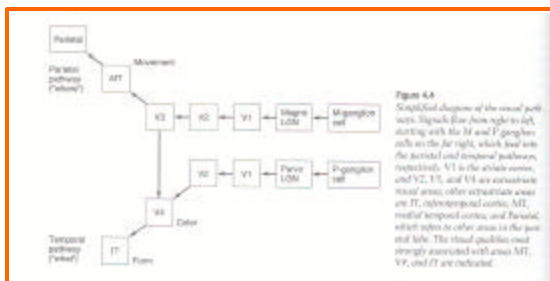


Figure 6.8 The arrangement of layers in striate cortex, revealed by two stains that highlight different aspects of the organization. (Right) A stain that reveals the locations of the cell bodies of neurons. (Left) A stain for the synaptic ribosomes cytochrome oxidase, which labels densely the input layers in the middle of cortex, and also shows the 'holes' in layer 3/3 that are a distinctive feature of the upper layers.

Visual Pathways I



Visual Pathways II



Gegenfarben Theorie (Opponent processes)

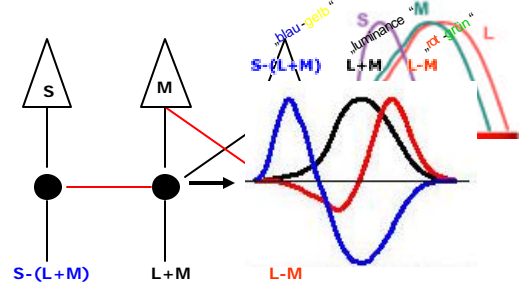
- Es ist nicht möglich Komplementärfarben am selben Ort zur selben Zeit zu sehen, Hering (1905)
- Weder ist es Möglich ein rötliches Grün oder ein grünliches Rot o.ä. zu mischen oder es sich vorzustellen
- „unique colors“ „rot“, „gelb“, „grün“, „blau“

Gegenfarbenzellen in der Retina und im LGN



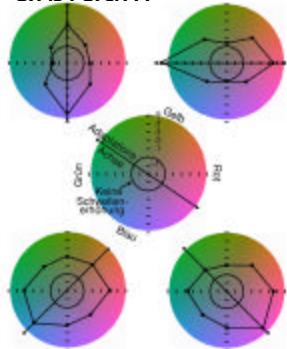
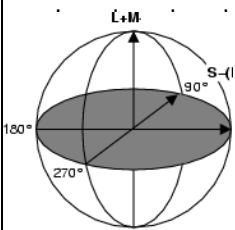
Russell De Valois fand 1960 als erster Zellen im LGN, die bei Licht einer Wellenlänge am einen Ende des Spektrums heftig feuerten und am anderen Ende nur sehr wenig feuerten

Gegenfarbkanäle (Retina)



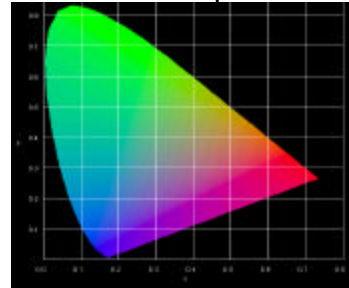
DKL Farbraum

- 1984 erstellt



Durch Habituation gefundene Hauptfarbachsen

Ausflug zu Krauskopfs Experimenten



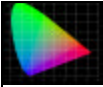
Krauskopfs Habituationsexperimente

Stages:

- 1) Ausgehend von drei Typen von Zapfen, mit spezifischem Absorptionsoptimum
- 2) Schließt auch Mechanismen ein, die von mehr als einer Zapfenart abhängen (interaktiv)

John Krauskopf, David R. Williams, David W. Heeley(1982)

- Svaetichin (1956) & De Valois (1965) zeigten, dass Signale von verschiedenen Zapfen in einer „opponent fashion“ kombiniert werden
- Bei anhaltender Betrachtung zeitlich modulierter Felder erhöhen sich die Schwellen zum erkennen von Helligkeit und Farbigkeit



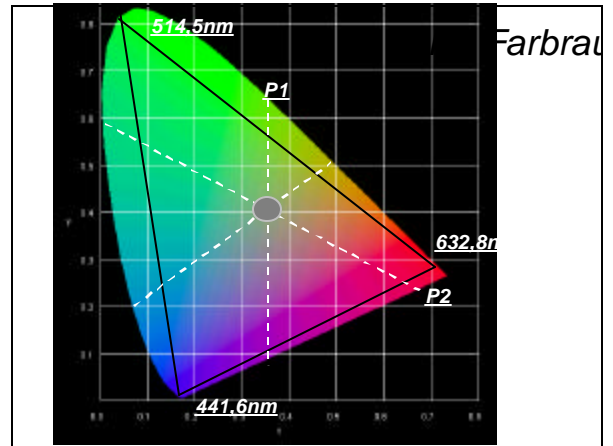
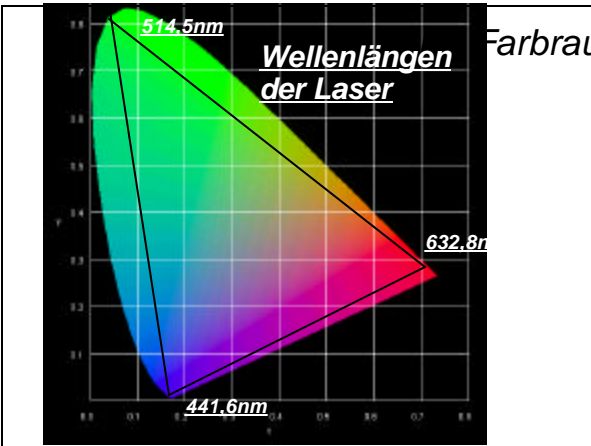
Methode

- Drei Laser, die Licht von 632.8 , 514.5 , und 441.6nm erzeugen (Primärfarben)
- Laser bilden einen 2° Kreis, der vom Beobachter fixiert wird
- Beobachter bestimmte ein Feld, dass ihm Weiß erschien (durch einstellen der rot + blau Primärfarben, während grün auf der Hälfte des max. voreingestellt war)



CIE- Farbraum

- Commission internationale de l'éclairage (Internationale Beleuchtungskommission)
- Seit 1931 Normfarbensystem
- Grundlage der Normfarbtafel (DIN 5033)
- Basiert auf additiver Farbmischung (subtraktive Farbmischung ist im dreidimensionalen Farbraum nicht darstellbar und daher eher ungeeignet)



Teststimulus

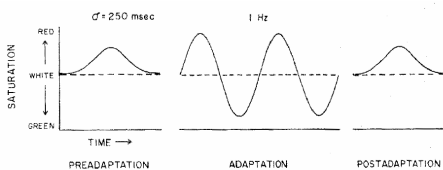
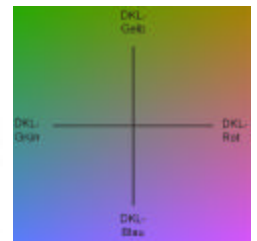
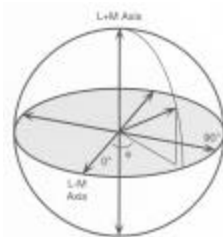


Fig. 2. Gaussian test pulses whose amplitude is varied to measure threshold before and after exposure to sinusoidal variation in color space whose mean level is a neutral white. A reddish test pulse and a reddish-greenish habituation stimulus are depicted.



DKL- Farbraum



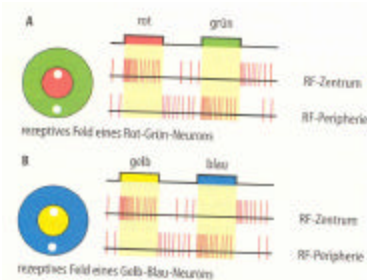
Gegenfarbenzellen im Cortex

- Im Cortex wurden eine Reihe von Gegenfarbenzellen nachgewiesen
- die meisten werden von Wellenlängen an einem Ende des Spektrums erregt und durch Wellenlängen vom anderen Ende des Spektrums gehemmt
- Zwei Arten von Gegenfarbenzellen
 - Typ1 Gegenfarbenzelle
 - Typ2 Gegenfarbenzelle

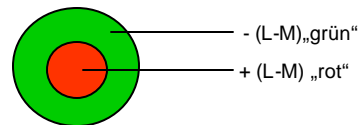
Zwei Arten der corticalen Gegenfarbenzellen

- Typ 1 Gegenfarbenzelle
 - Hat ein „on“- bzw. „off“- Zentrum
 - Wird von bestimmten Wellenlängenbereich im Umfeld gehemmt und von anderem Wellenbereich im Zentrum erregt (oder umgekehrt)
- Typ 2 Gegenfarbenzelle
 - „double opponent cell“ – doppelte Gegenfarbenzelle
 - Können von einer Wellenlänge im Zentrum erregt und gleichzeitig von einer anderen im Umfeld erregt werden

Gegenfarbenzellen im Cortex



Theorie von Margaret Livingstone und David Hubel (1984)



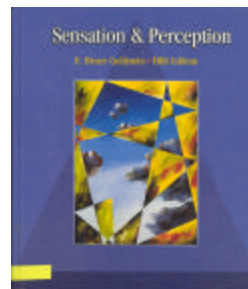
- Margaret Livingstone und David Hubel fanden 1984 heraus, dass diese Art der Opponenten Zellen, mit einem (Gegenfarbenzellen) am häufigsten vorkommen. (Altweltaffen, Catarrhini)
- Sie vermuten einen praktischen Nutzen: In ihrer natürlichen Umgebung sind Affen darauf angewiesen, reife von unreifen Früchten unterscheiden zu können.

Literatur



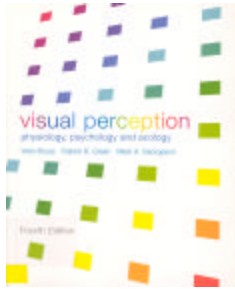
„The Science of Color“,
2nd Edition;
Steven K. Shevell;
Optical Society of
America OSA, 2003

Literatur



„Sensation &
Perception“
5th Edition;
E. Bruce Goldstein;
Brooks/Cole Publishing
Company, 1999
(Auch als deutsche
Übersetzung im Spektrum
Verlag erschienen, von
Manfred Ritter herausgegeben)

Literatur



„Visual Perception“;
Vicky Bruce,
Patrick R. Green,
Mark A. Georgeson;
4th Edition;
Psychology Press,
2003