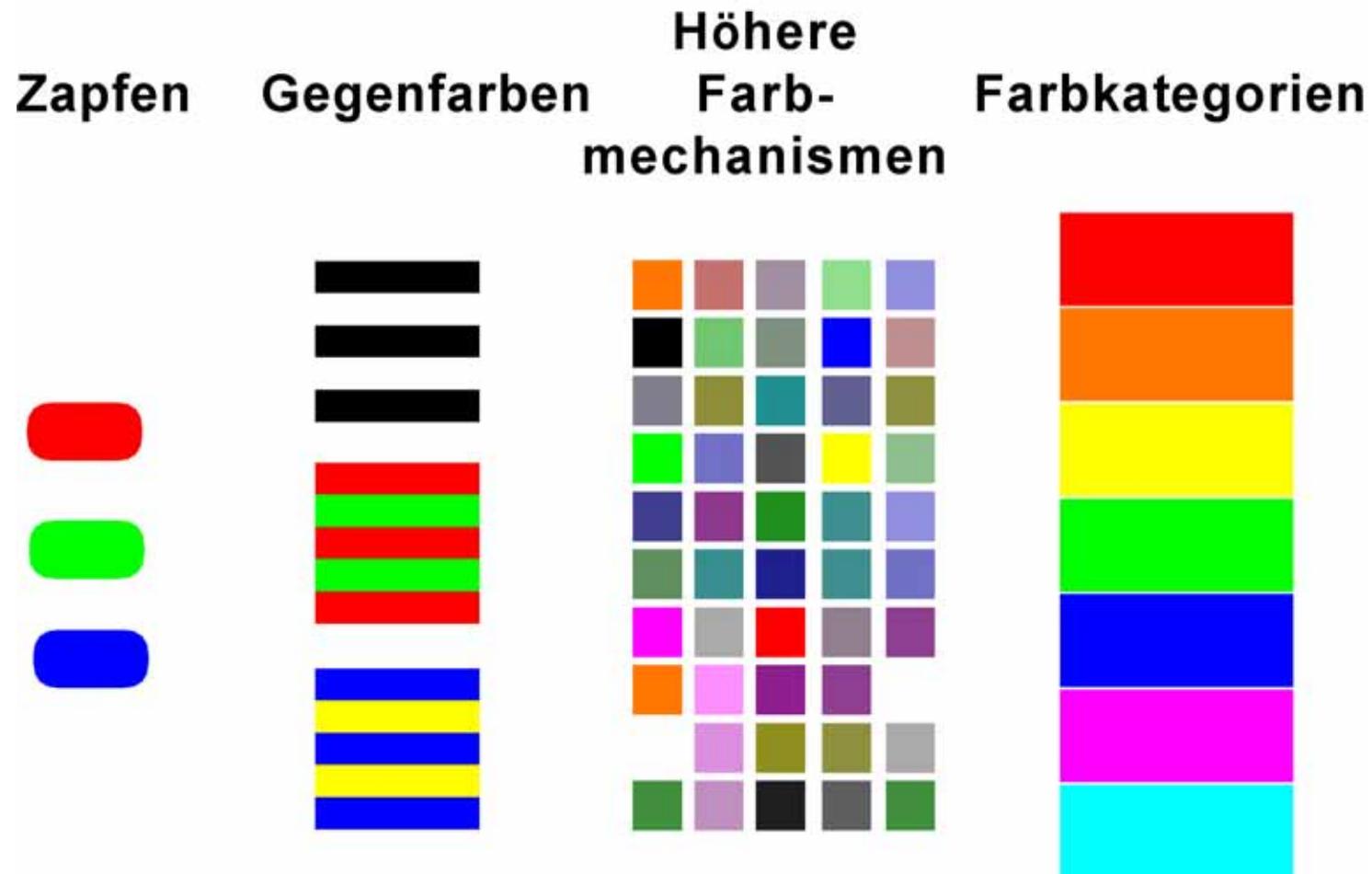


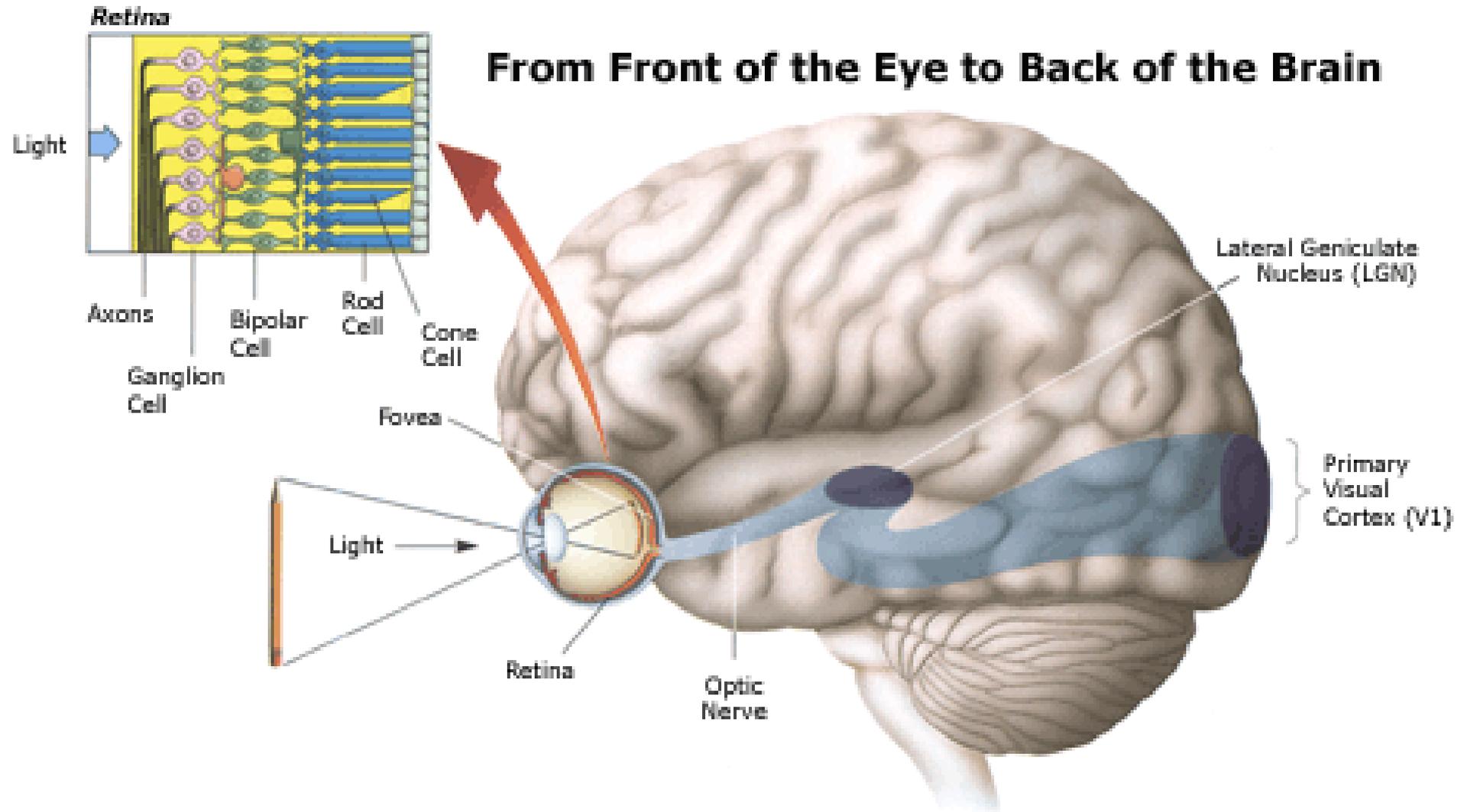
Farbwahrnehmung 2

- Farbe ist eine Empfindung (color versus paint)
- Im Auge gibt es drei Arten von Zapfen, die Licht in Nervenimpulse umwandeln
- Diese werden in den Ganglienzellen der Retina in Gegenfarben transformiert
- Im Gehirn werden diese Erregungsmuster dann als Farben interpretiert

Stadien der Farbverarbeitung



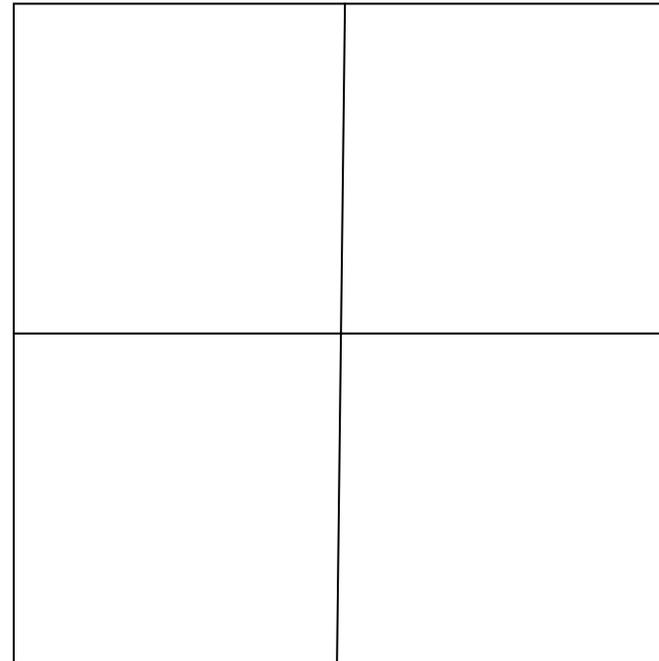
Visuelle Verarbeitung



Sensorische Kodierung von Farbe

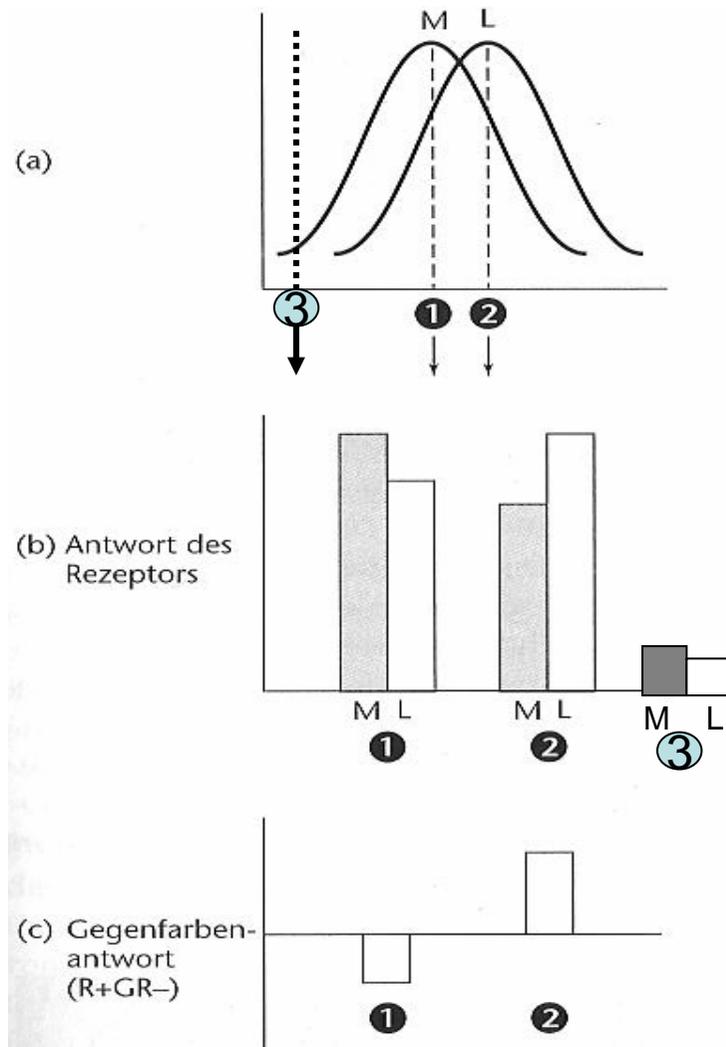
Zweite Stufe: Gegenfarben

Farbige Nachbilder



Bei längerer Betrachtung von farbigen Flächen entstehen farbige Nachbilder in den Komplementärfarben, wenn anschließend eine weiße Fläche betrachtet wird.

Gegenfarben



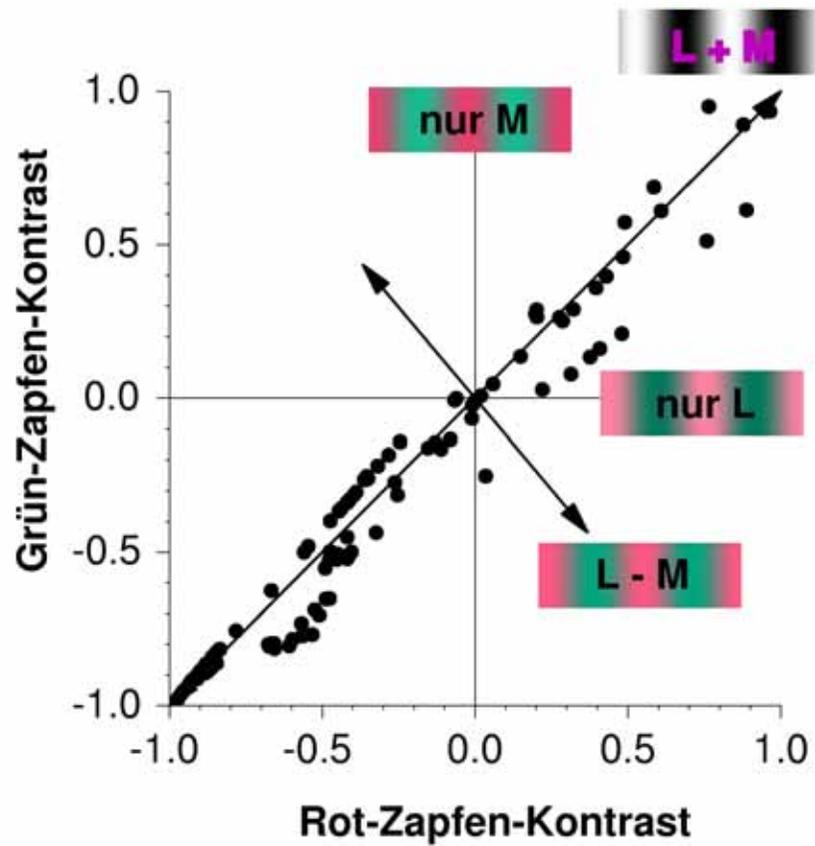
Die Absorptionsspektren der M- und L- Zapfen sind sehr ähnlich

Dadurch entsteht ein hohe Korrelation in den L- und M-Signalen.

Information wird redundant kodiert. Das ist nicht gut!

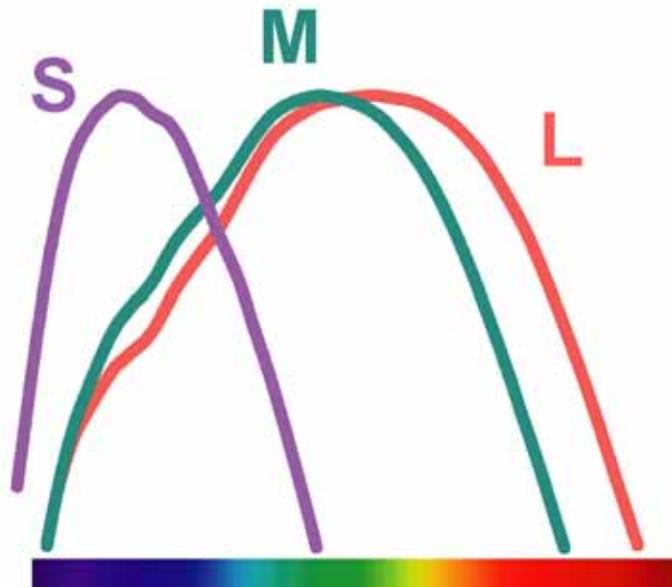
Differenzbildung dekorreliert die Signale.

Farbkontraste natürlicher Objekte

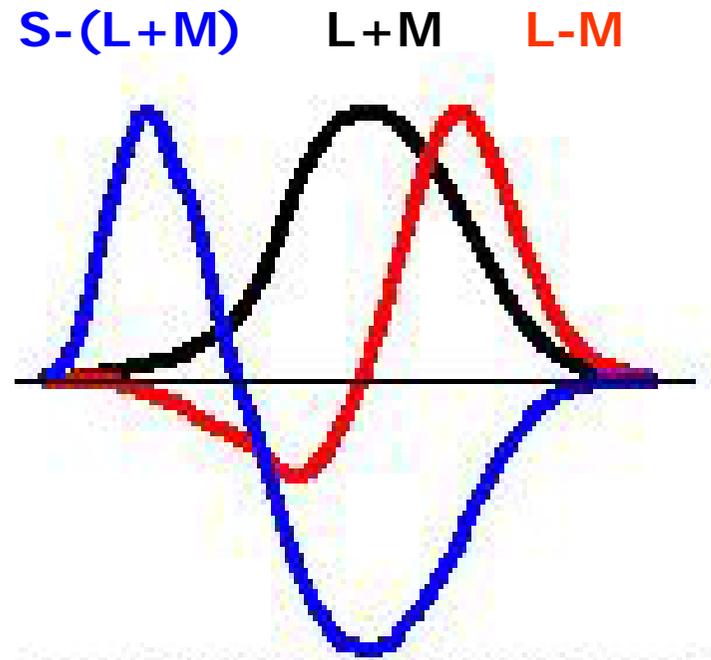


Funktion der Gegenfarbkanäle

Dekorrelation der überlappenden Spektren von L und M Zapfen



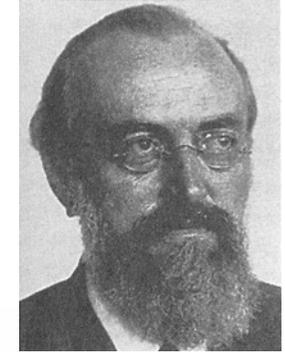
Zapfenspektren



Gegenfarbspektren

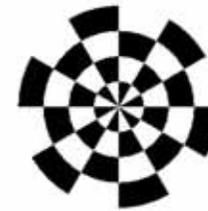
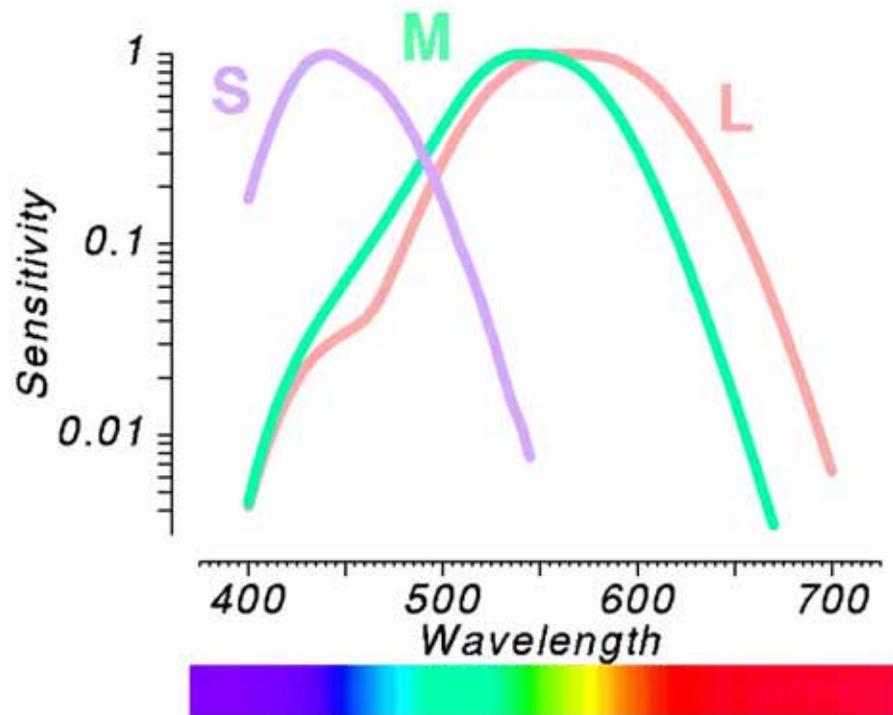


Dekorrelation

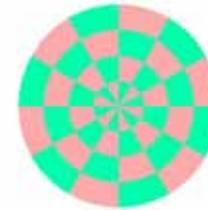


Cone photoreceptors →

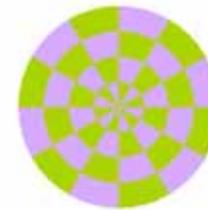
Retinal ganglion cells
LGN cells



L + M
"luminance"



L - M
"red-green"



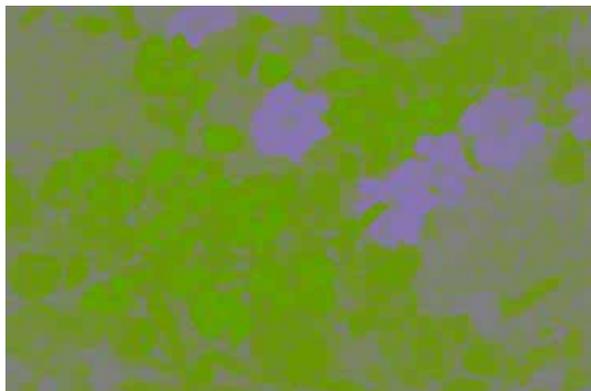
S - (L + M)
"blue-yellow"

Gegenfarbkanäle

Originalbild



Gegenfarbkanäle



S-(L+M)



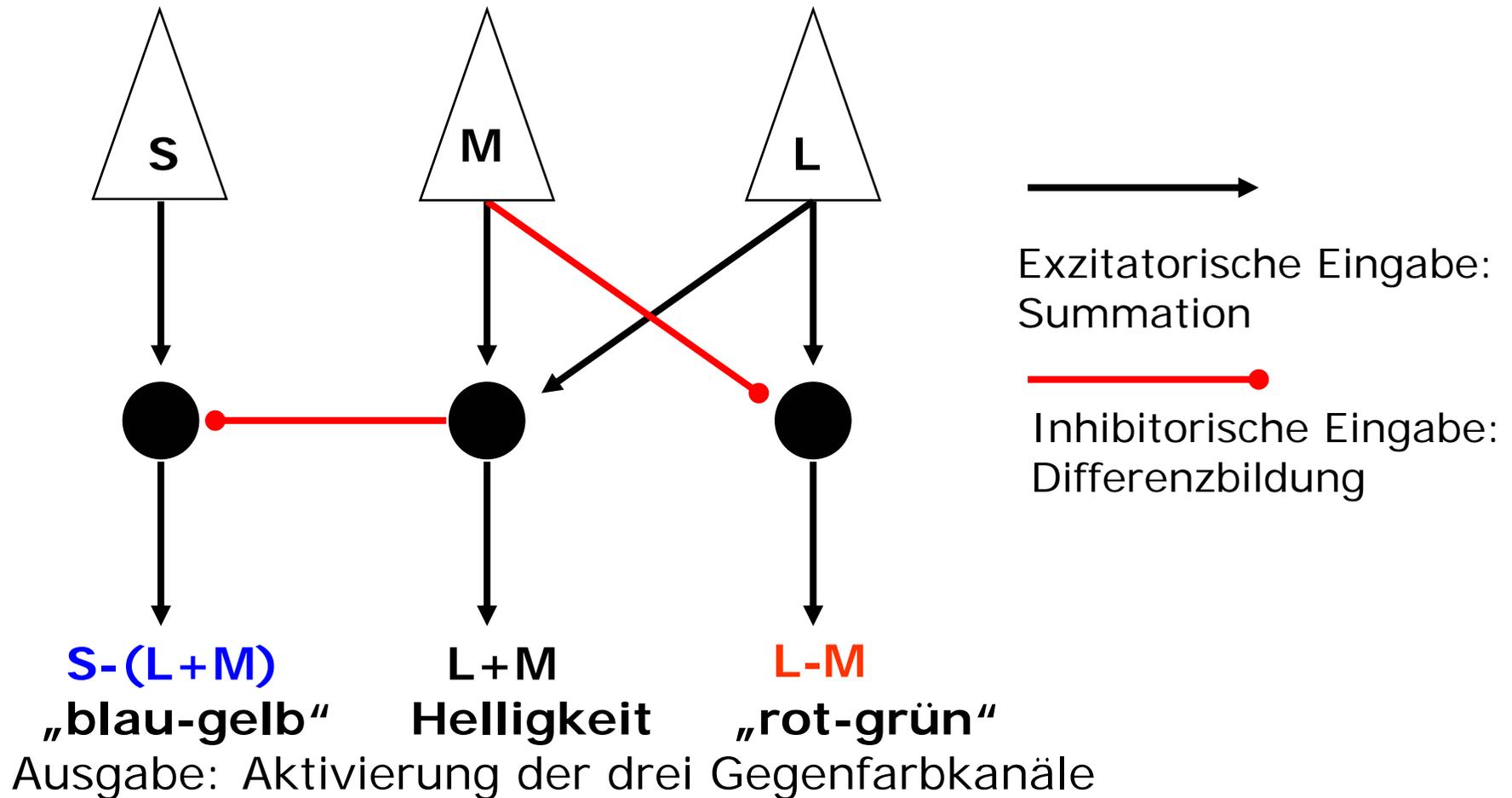
L+M



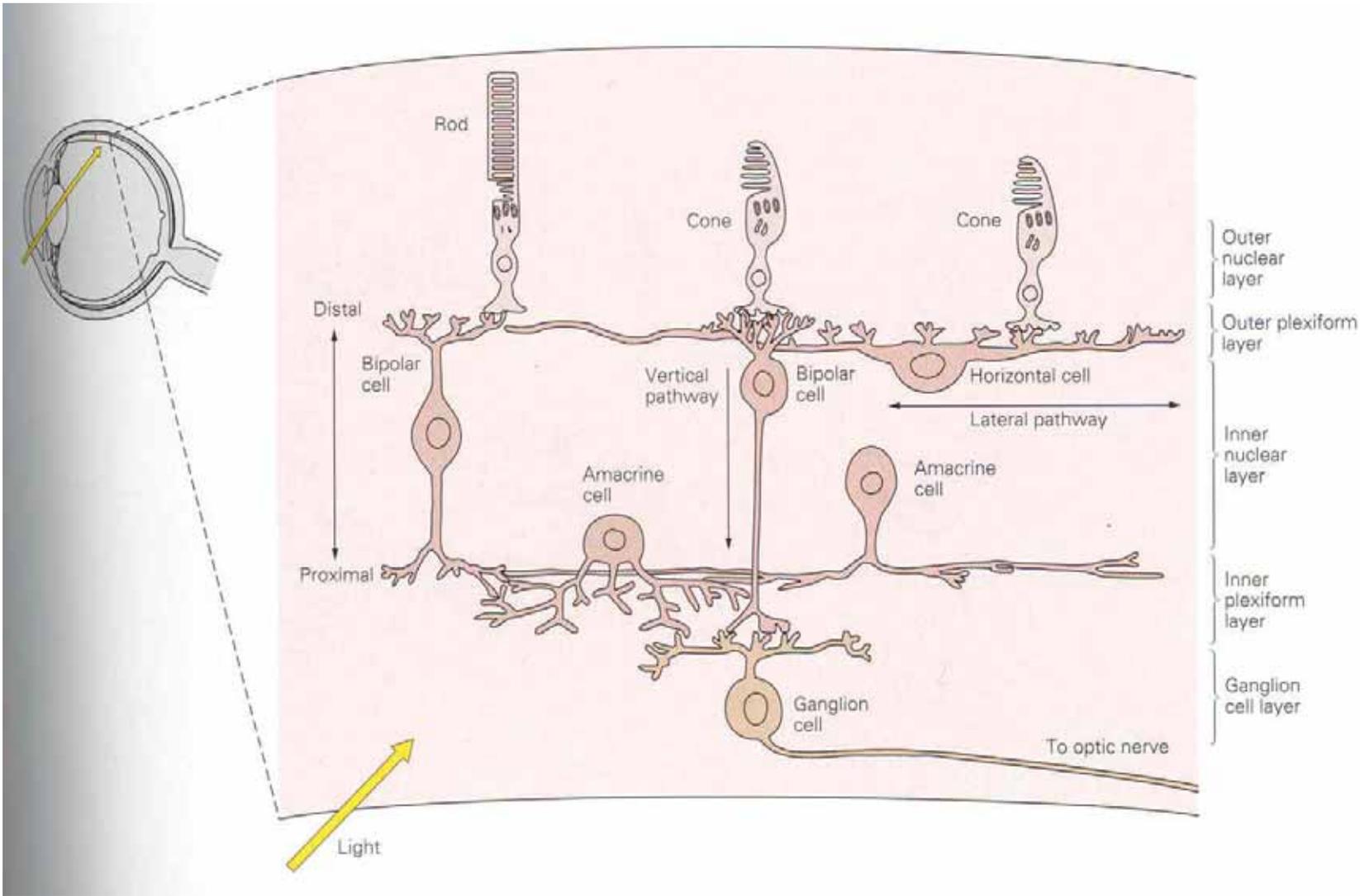
L-M

Verschaltung der Zapfen zu Gegenfarbkanälen (hypothetisch)

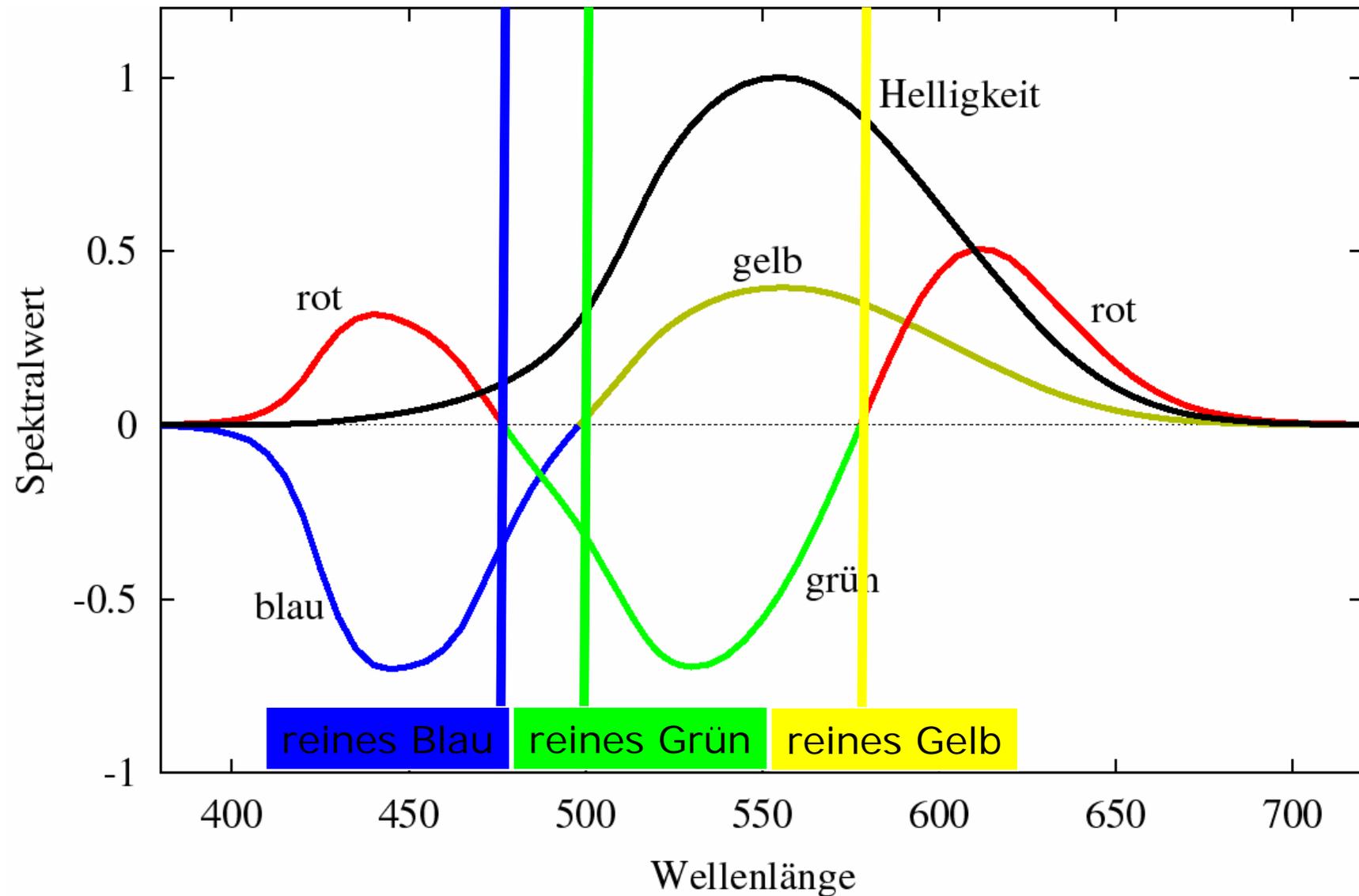
Eingabe: Aktivierung der drei Zapfen



Retina



Gegenfarbenanteile nach Judd

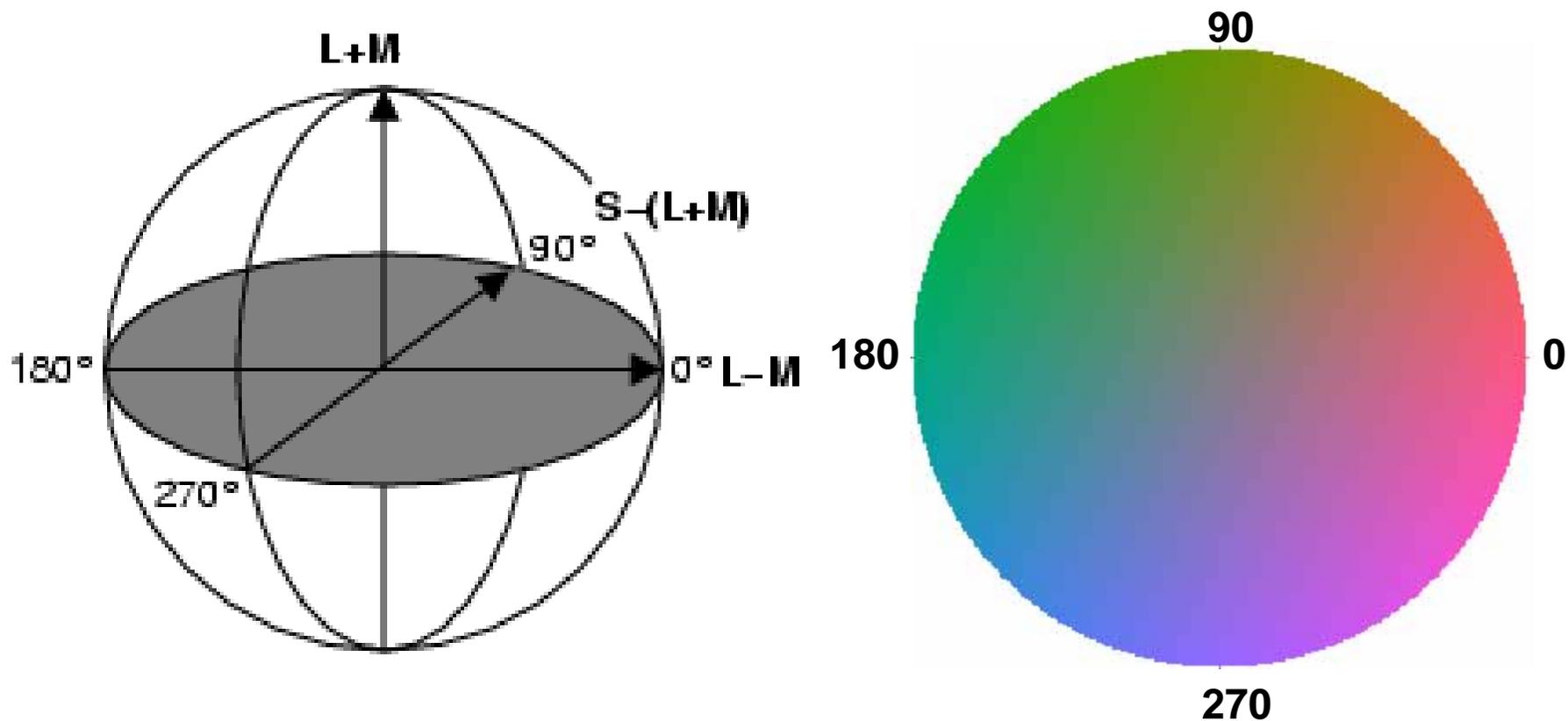


DKL color space

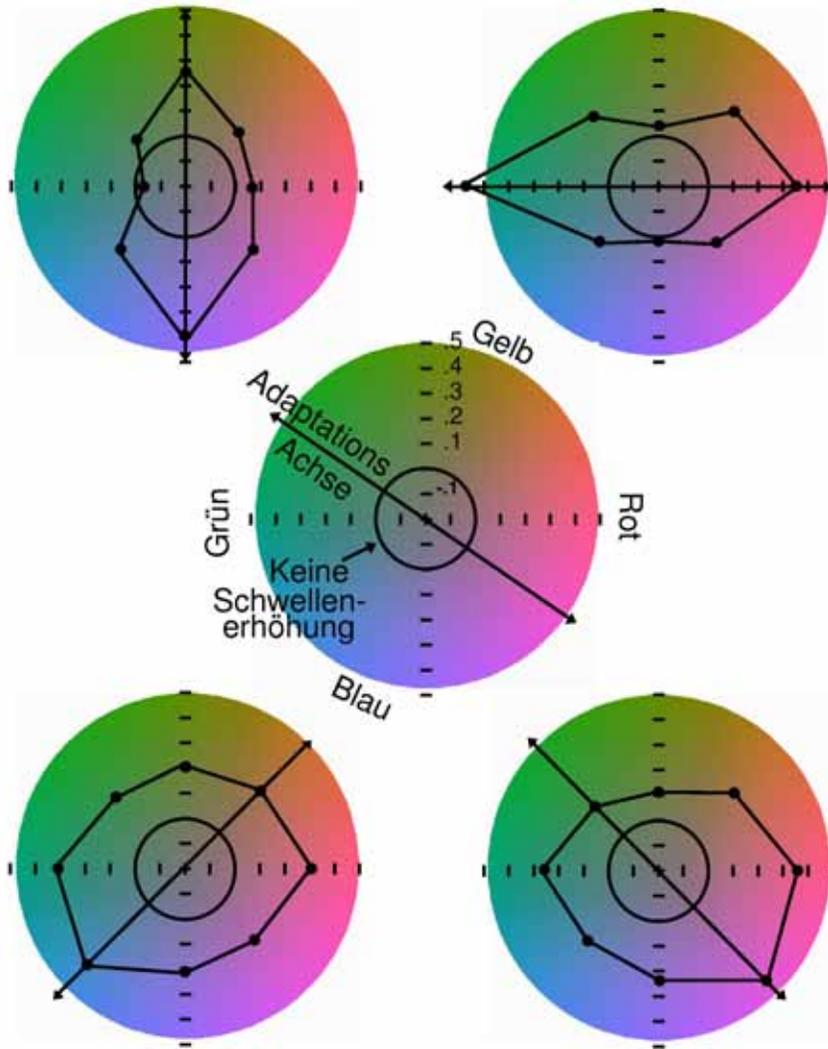
L+M: Helligkeitsachse, achromatisch

L-M: "rot/grün": Erregung der L und M Zapfen verändert sich, Erregung der S Zapfen bleibt konstant

S-(L+M): "gelb/blau": Erregung der S Zapfen verändert sich



Gegenfarben: Adaptation

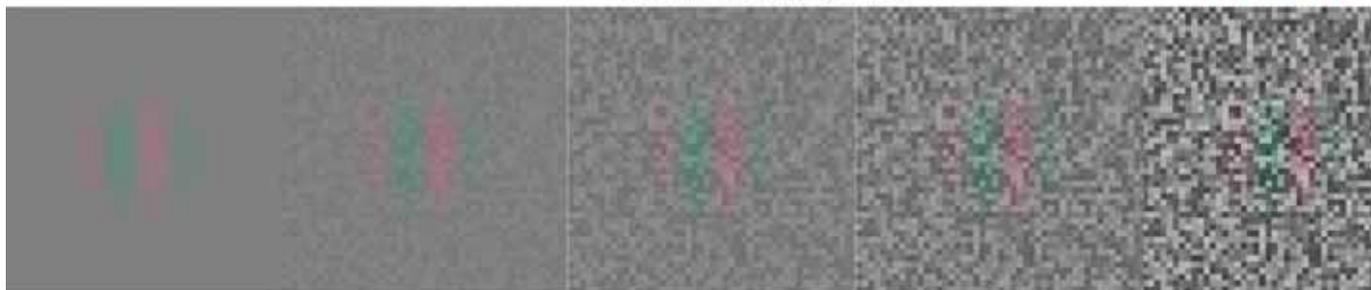
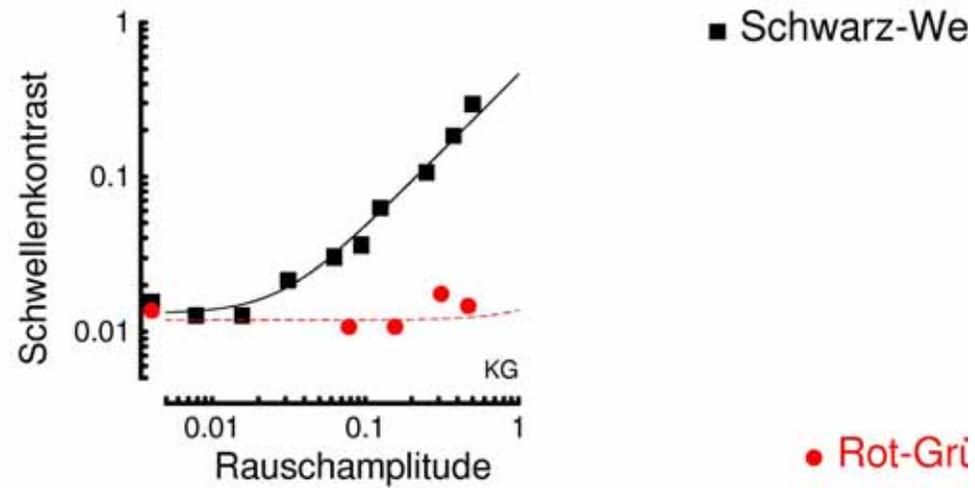
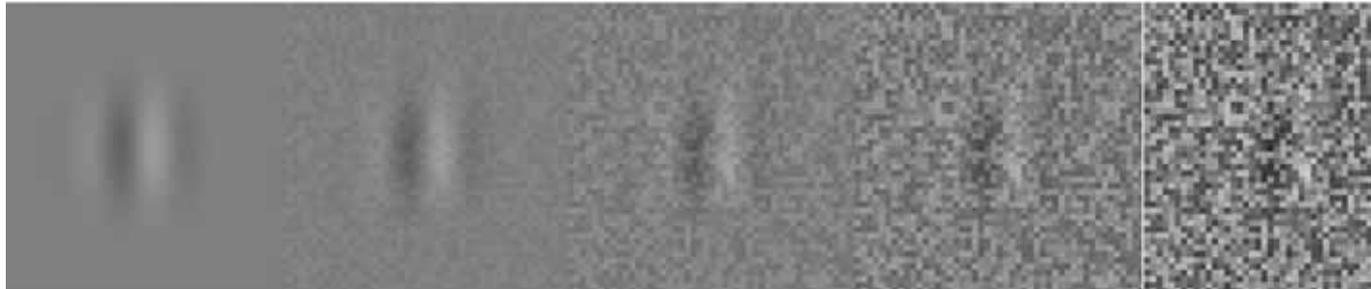


Adaptation entlang einer der Gegenfarbachsen führt dazu, dass anschliessend die Entdeckbarkeit von Signalen entlang dieser Achse vermindert wird

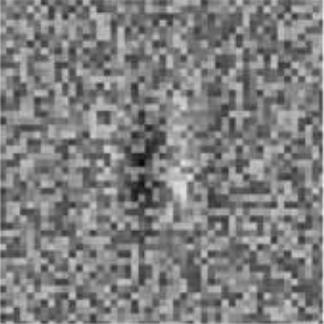
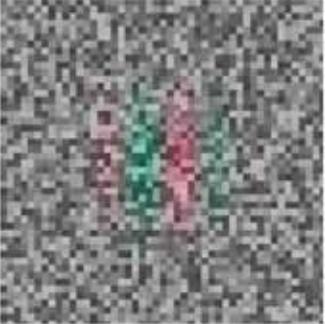
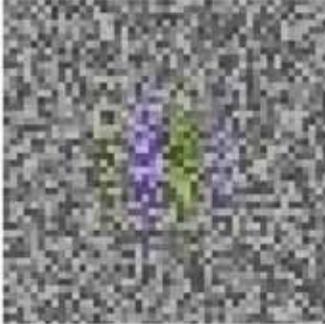
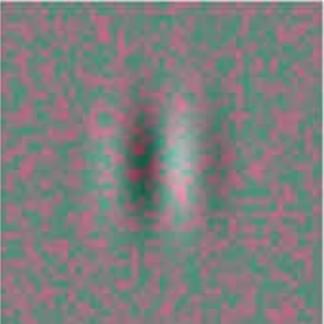
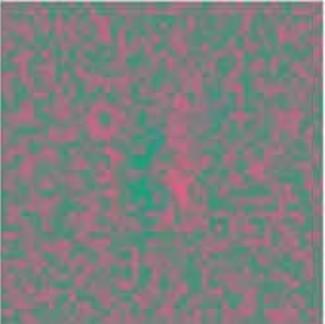
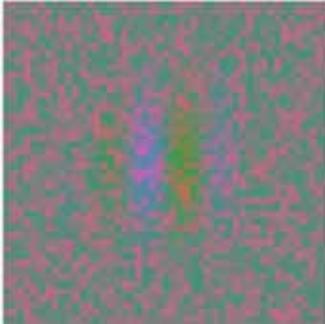
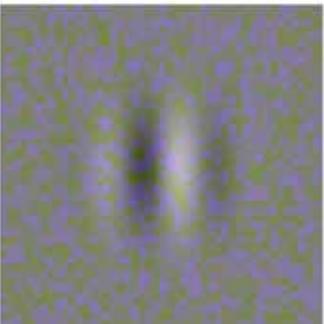
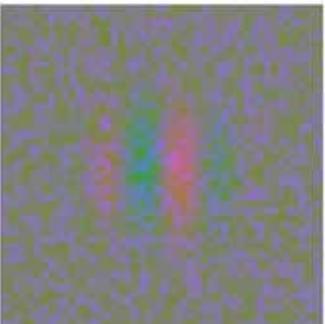
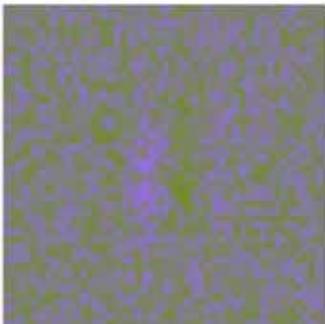
Signale entlang der anderen Gegenfarbchse sind davon nicht betroffen

Die Gegenfarbkanäle sind voneinander unabhängig und werden auch als *kardinale Farbrichtungen* bezeichnet

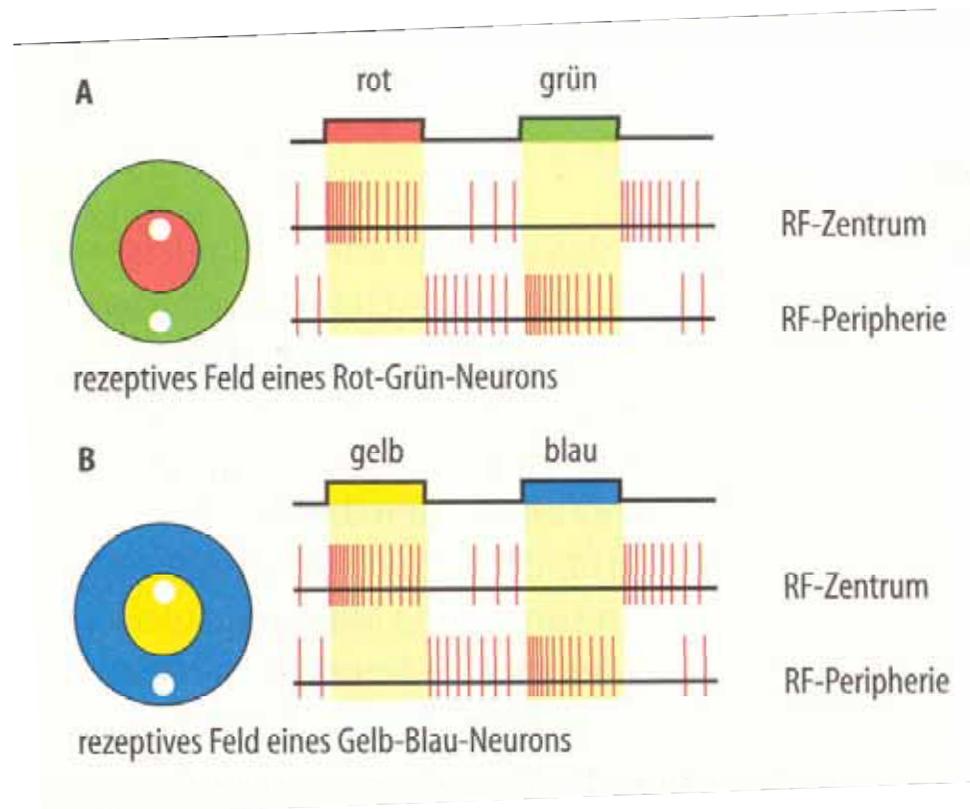
Gegenfarben: Maskierung



Noise

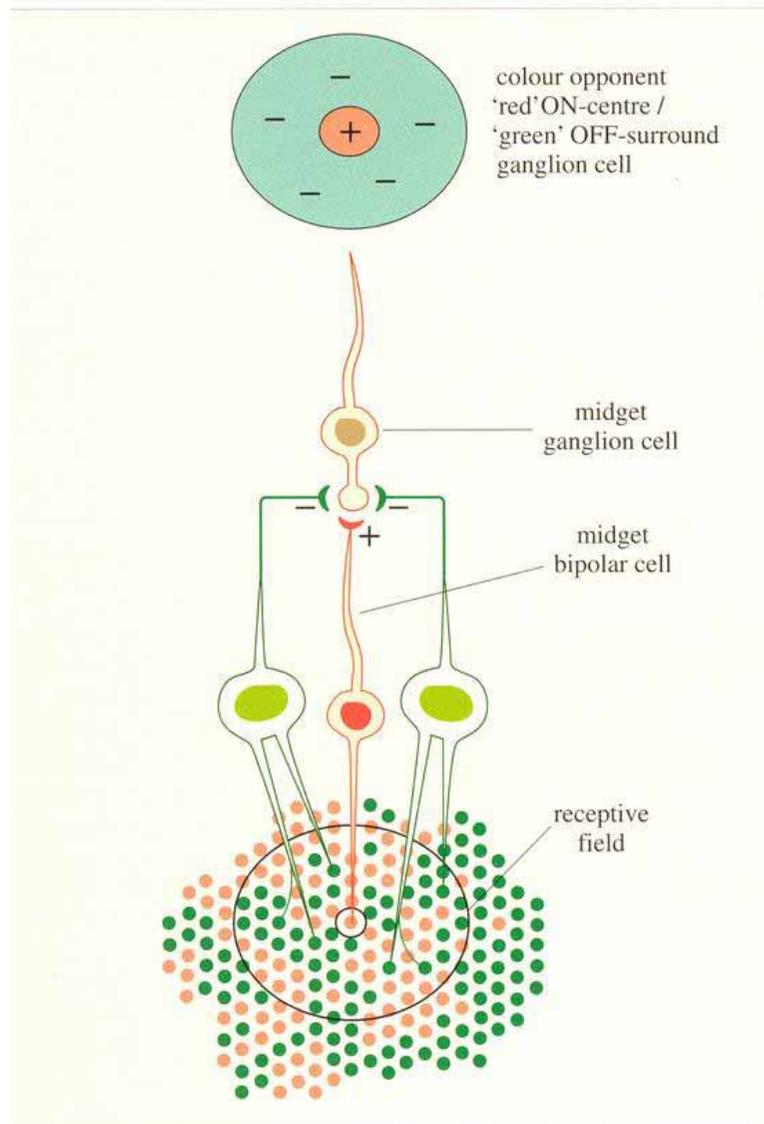
	Signal		
	Black & White	Red & Green	Blue & Yellow
Black & White			
Red & Green			
Blue & Yellow			

Zapfenverschaltung



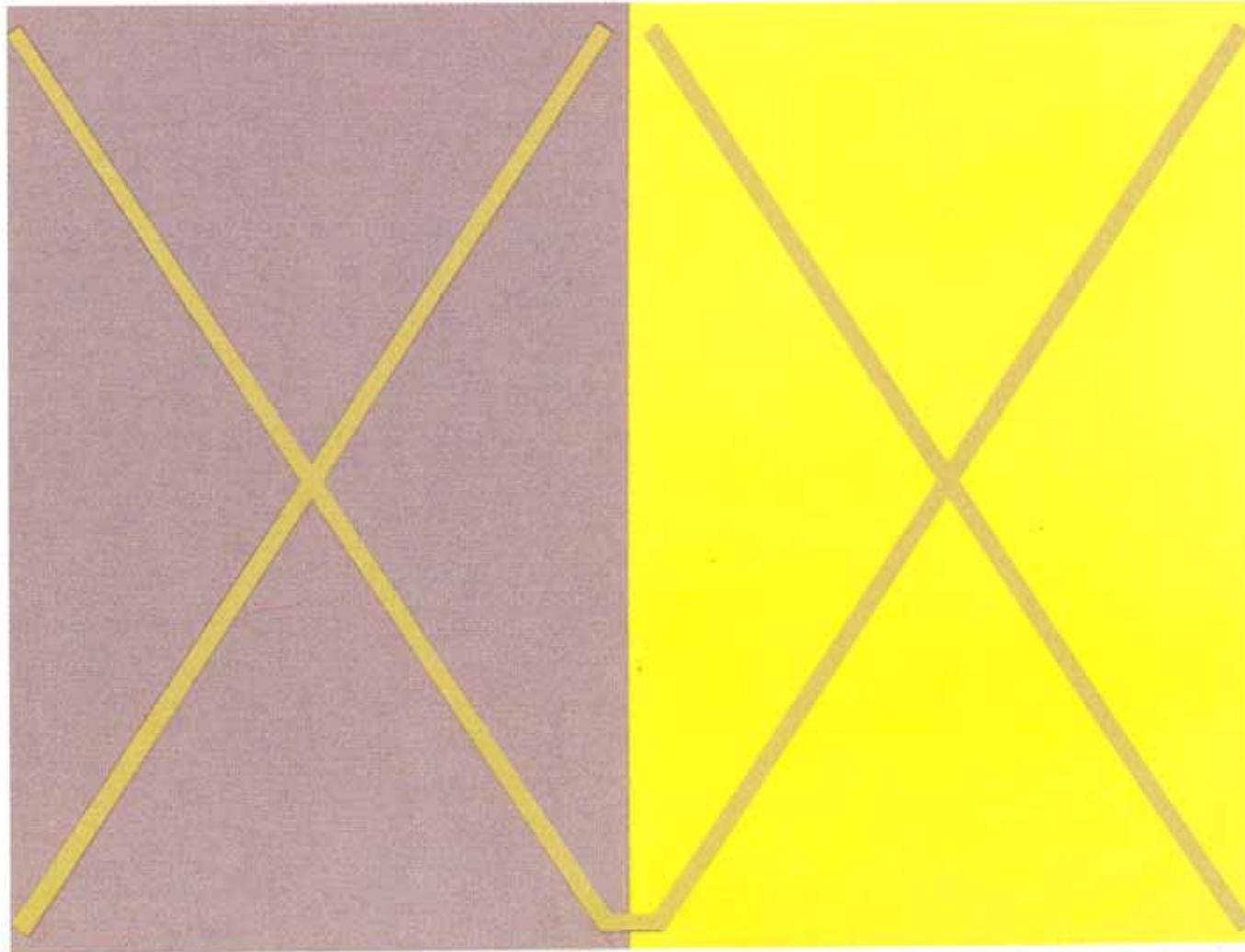
Antagonistische Verschaltung von Zentrum und Umfeld

Zapfenverschaltung

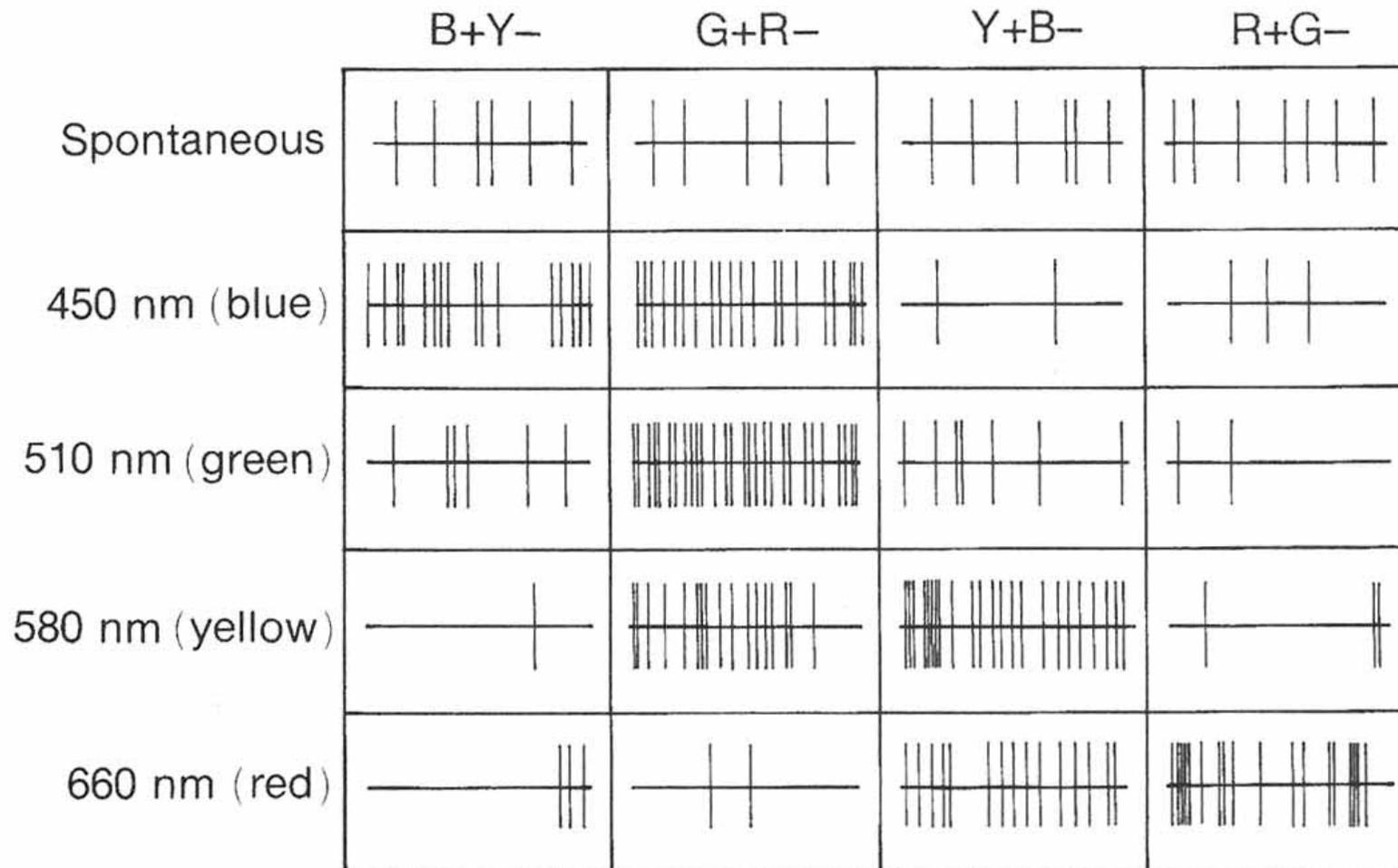


Simultankontrast

Josef Albers
(1888-1976)

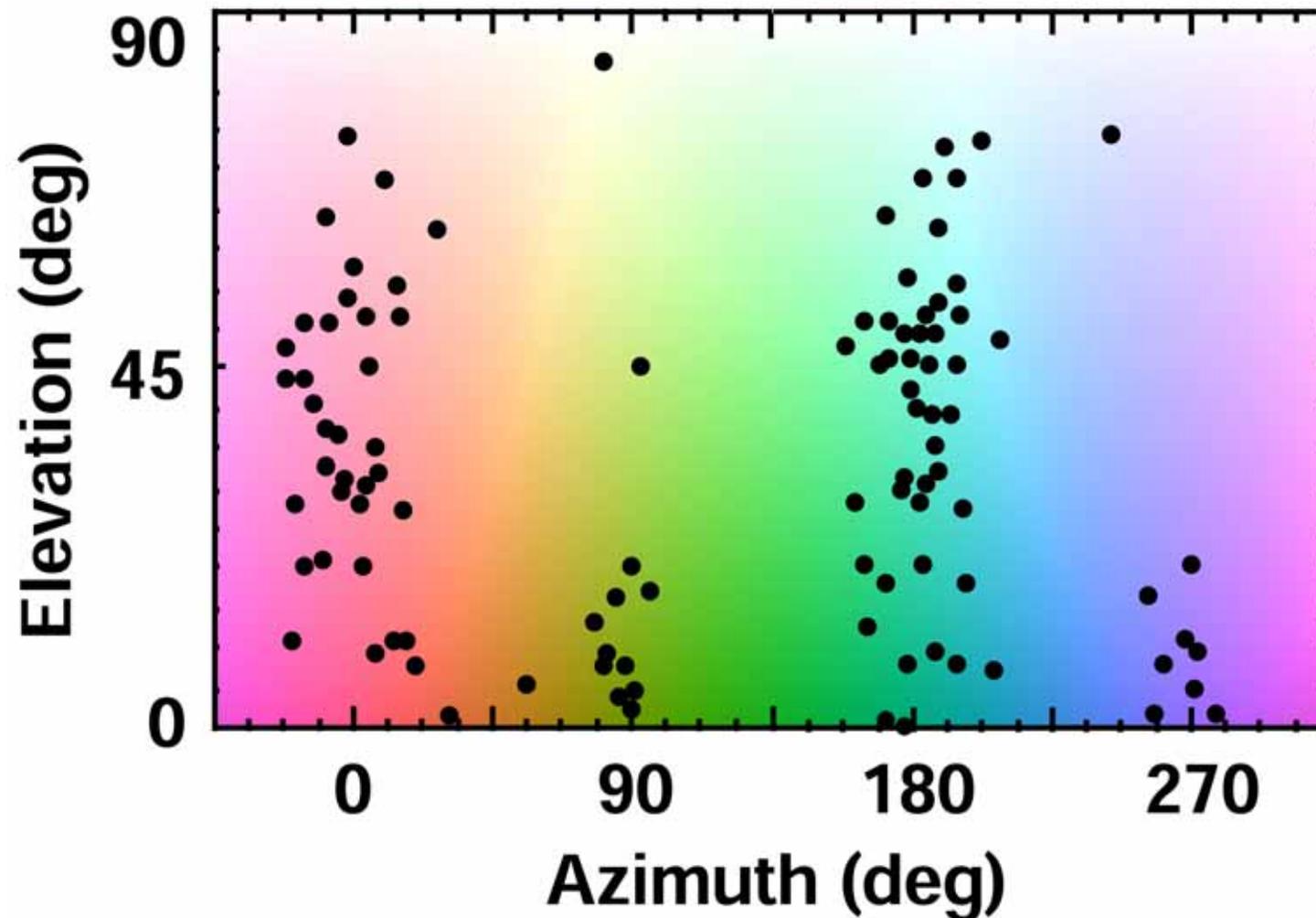


Gegenfarbzellen im LGN

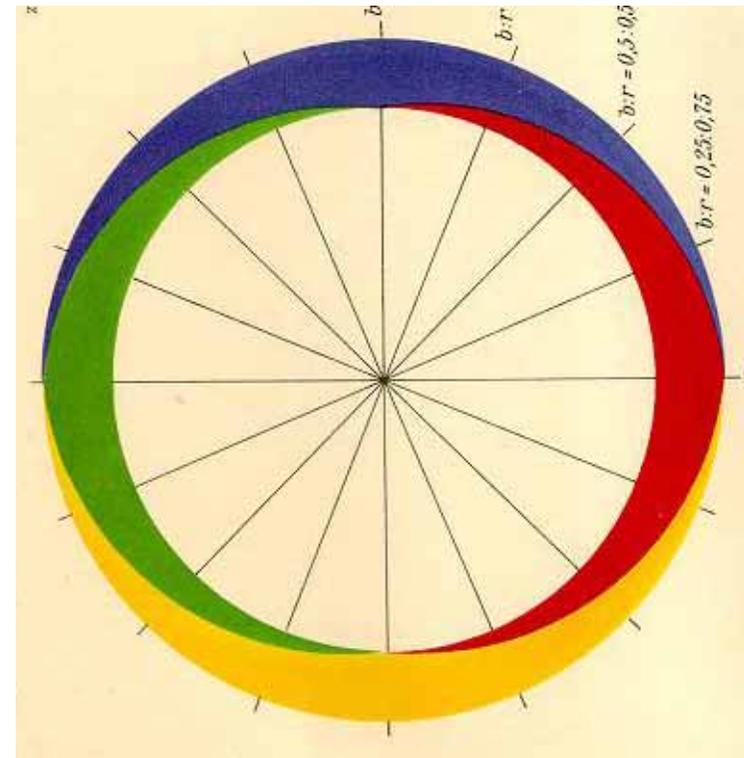
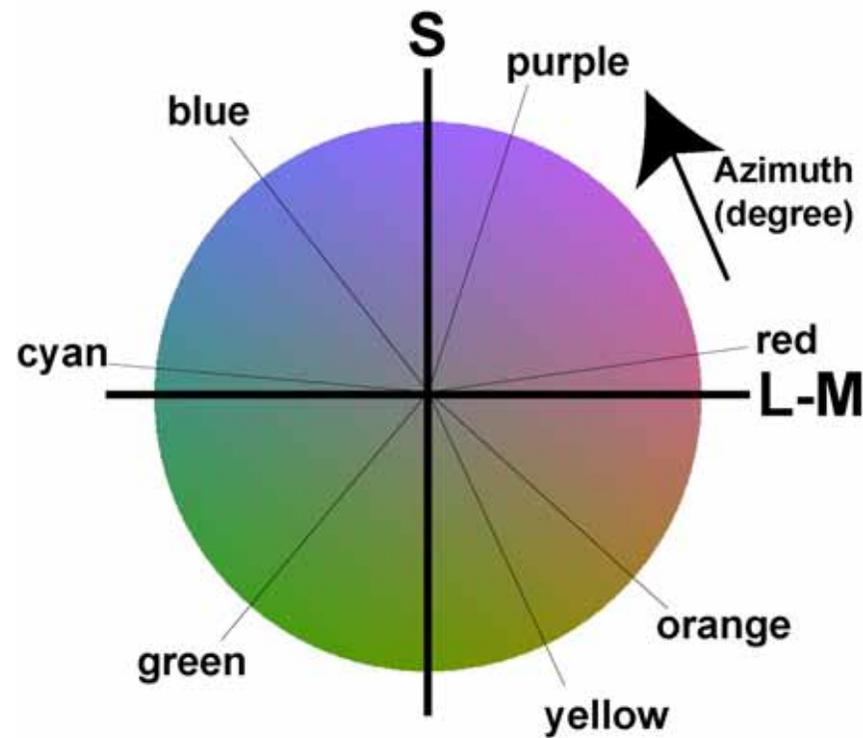


Gegenfarbzellen im LGN

... präferieren die kardinalen Richtungen



DKL Farbraum: Primärfarben und Herings Gegenfarbraum

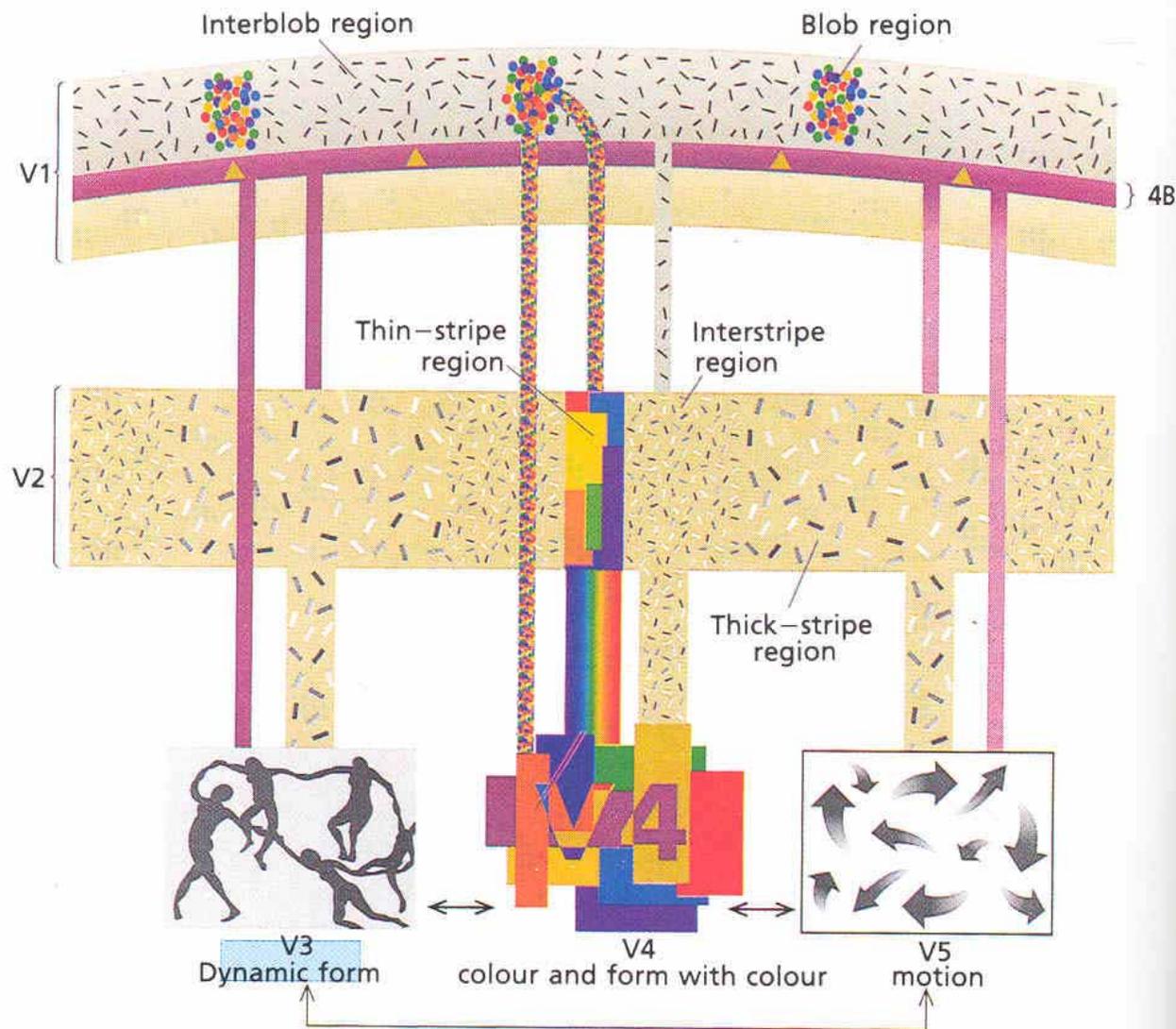


Wiederholung: Gegenfarben

- Noch im Auge werden die Signale aus den Zapfen neu kombiniert in drei Gegenfarbkanäle:
 - „Rot-grün“ **L-M**
 - „Blau-gelb“ **S-(L+M)**
 - „Schwarz-weiß“ **L+M**
- Die Gegenfarbkanäle
 - beseitigen die Korrelation zwischen L- und M-Zapfen
 - sind psychophysisch unabhängig
 - sind physiologisch und anatomisch getrennt in verschiedenen Ganglienzellen

Kortikale Farbverarbeitung

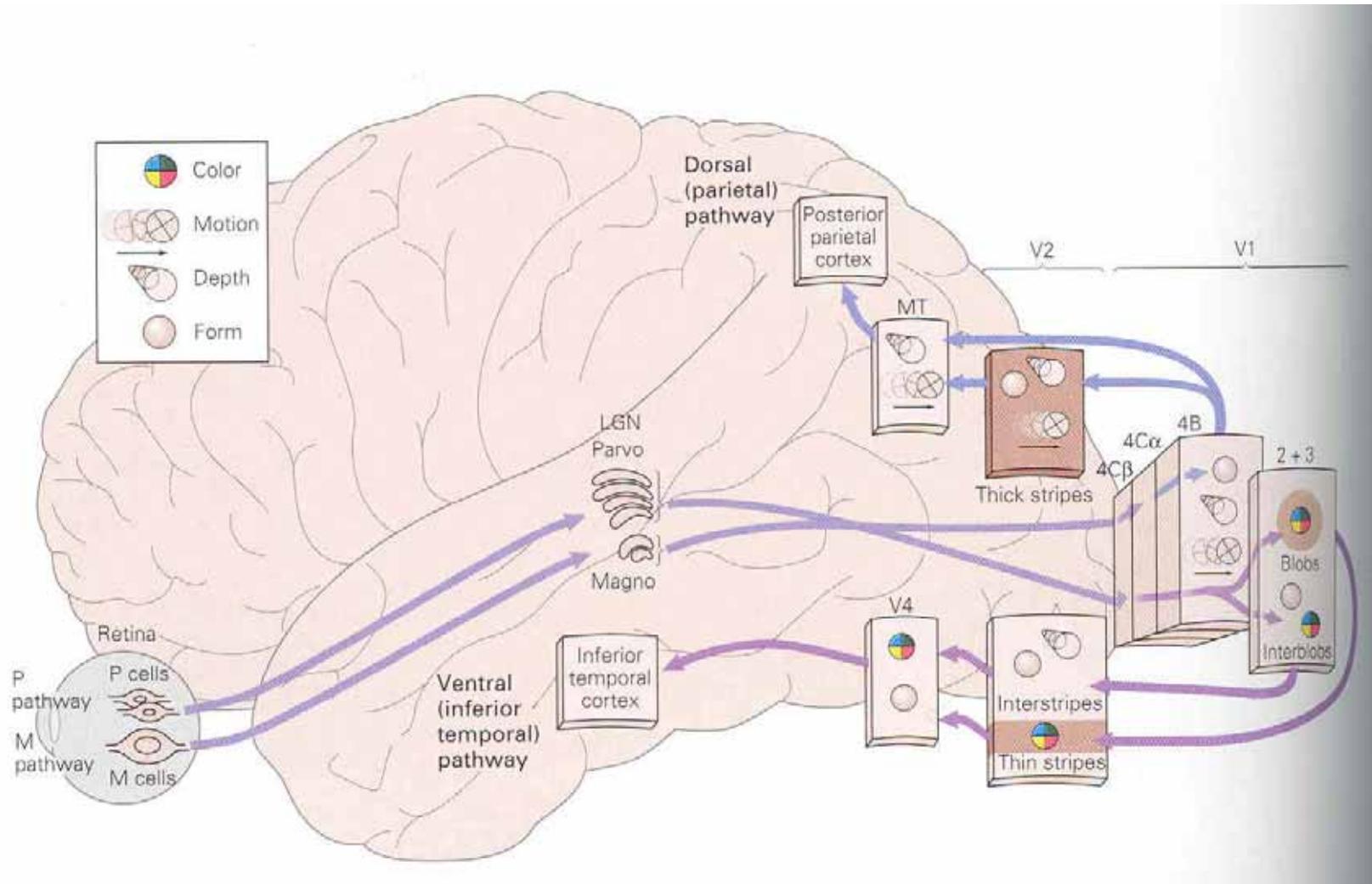
Kortikale Farbverarbeitung



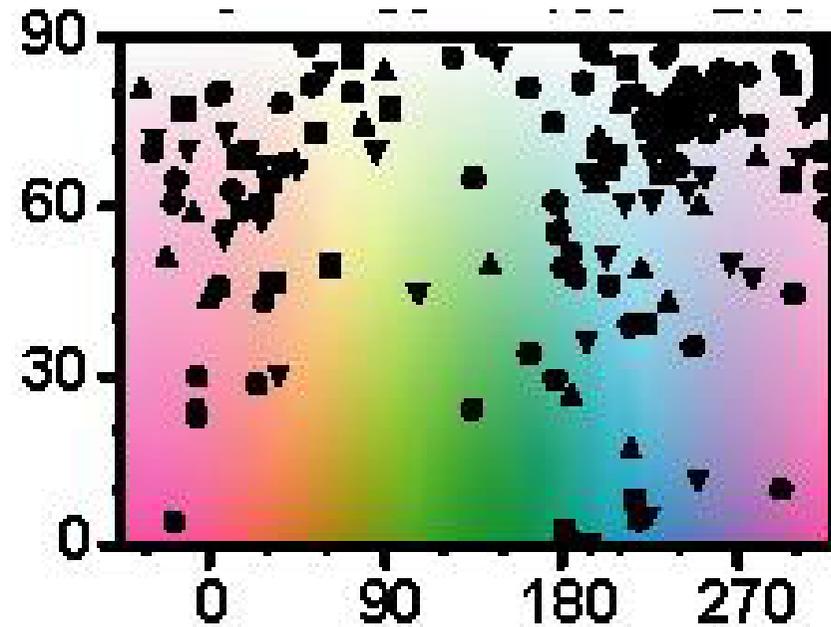
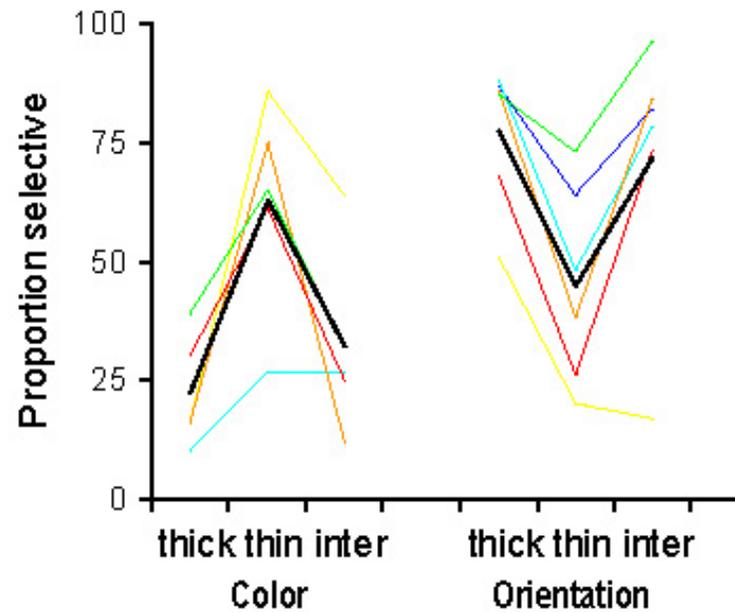
... ein (zu)
einfacher
Überblick

Kortikale Farbverarbeitung

... ein (zu) einfacher Überblick

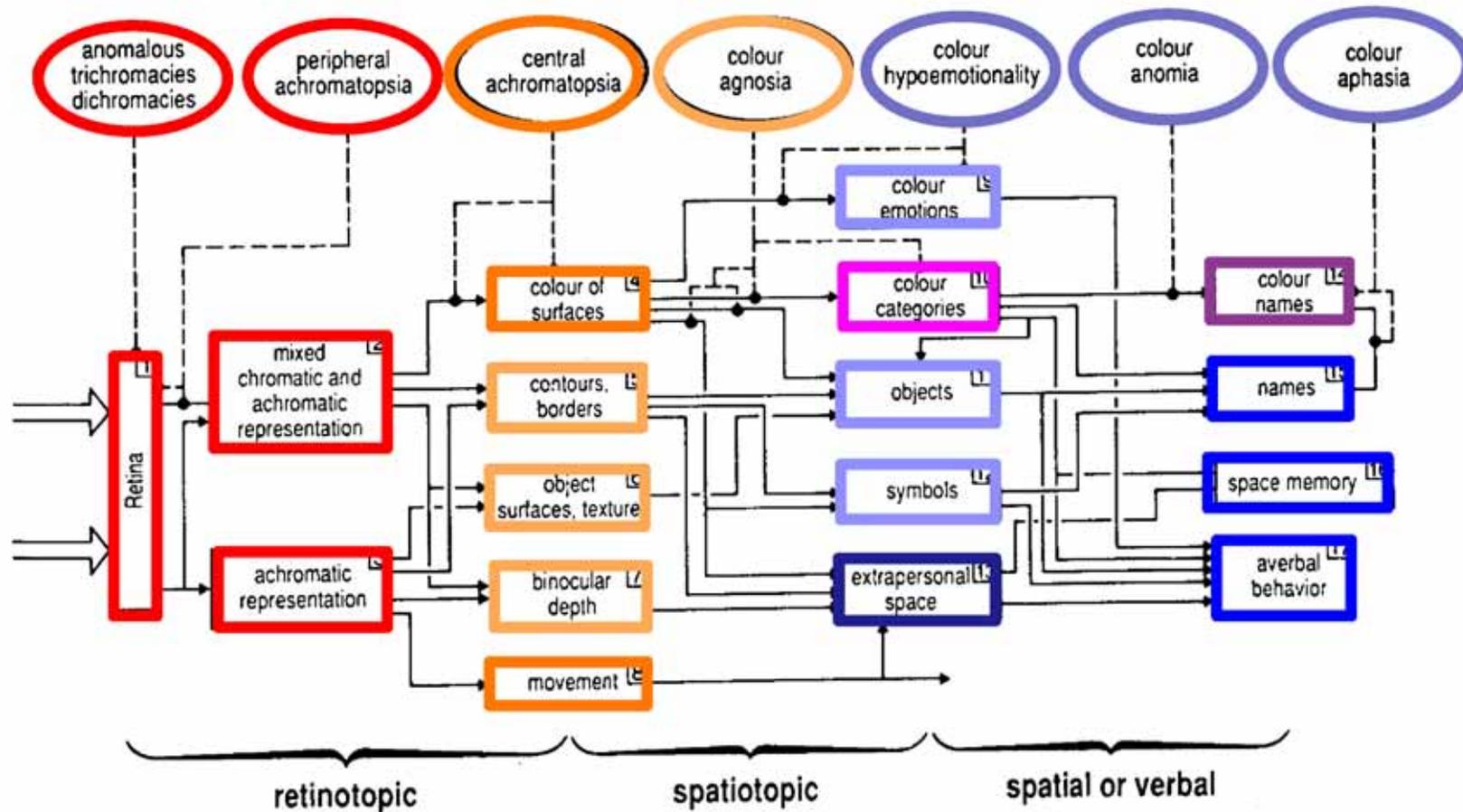


Farbe in V2

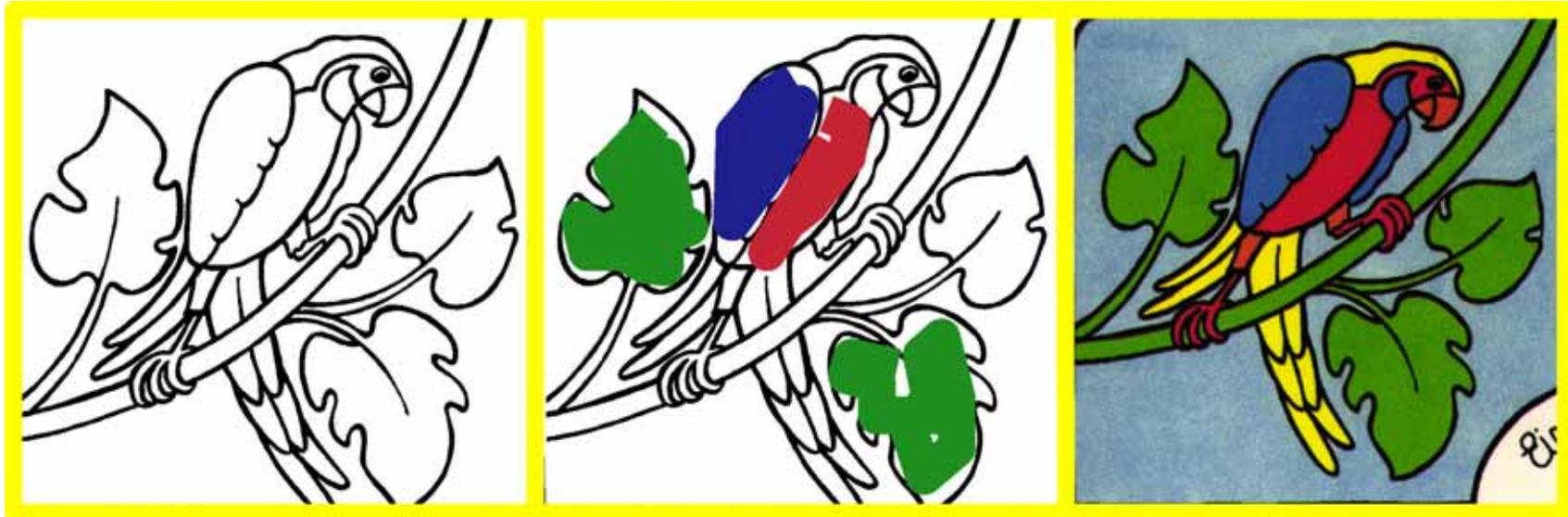


- Kontinuum zwischen reinen chromatischen und reinen achromatischen Zellen
- keine Bevorzugung der kardinalen Richtungen

Verarbeitung im Gehirn

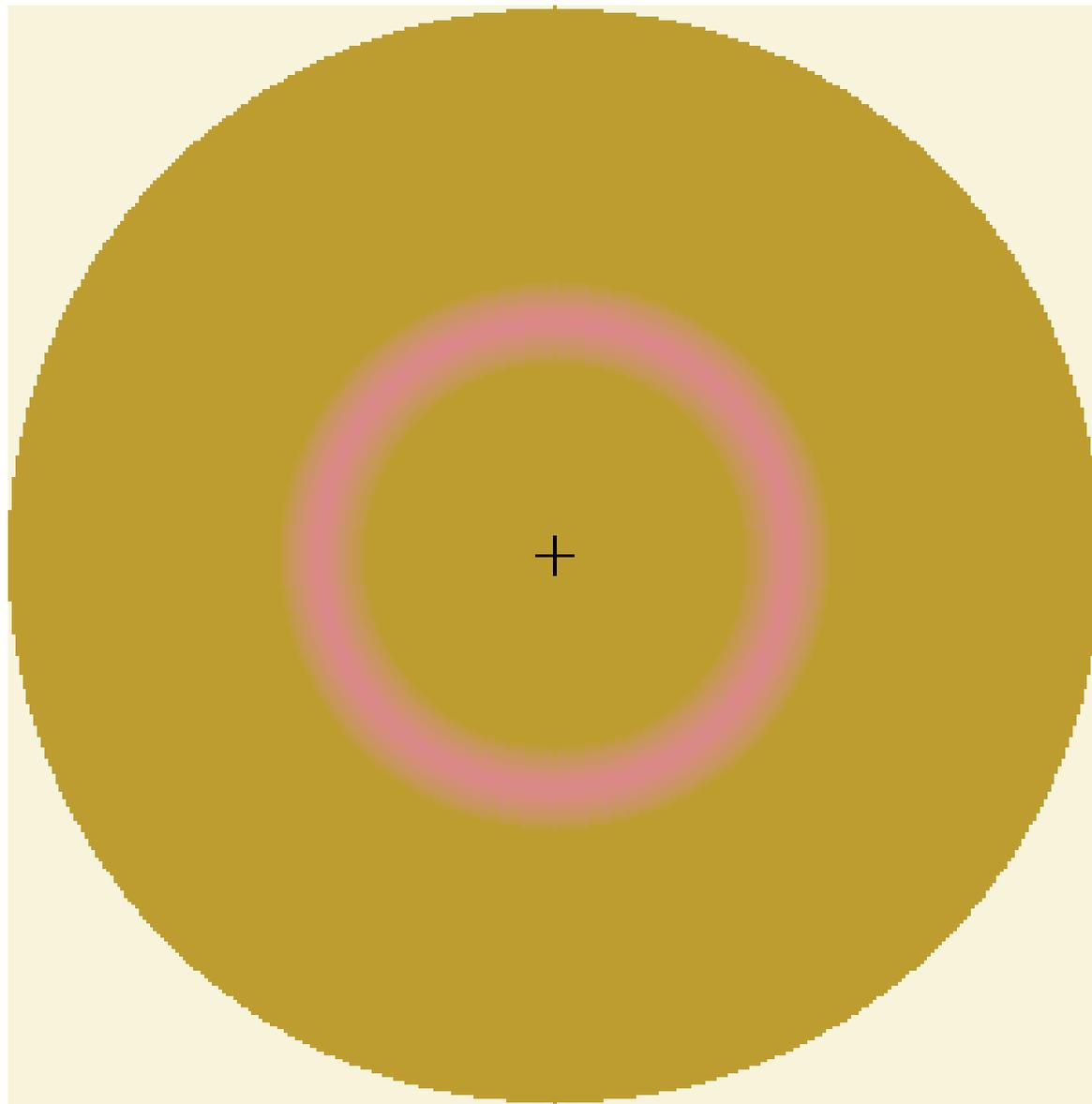


Malbuchtheorie

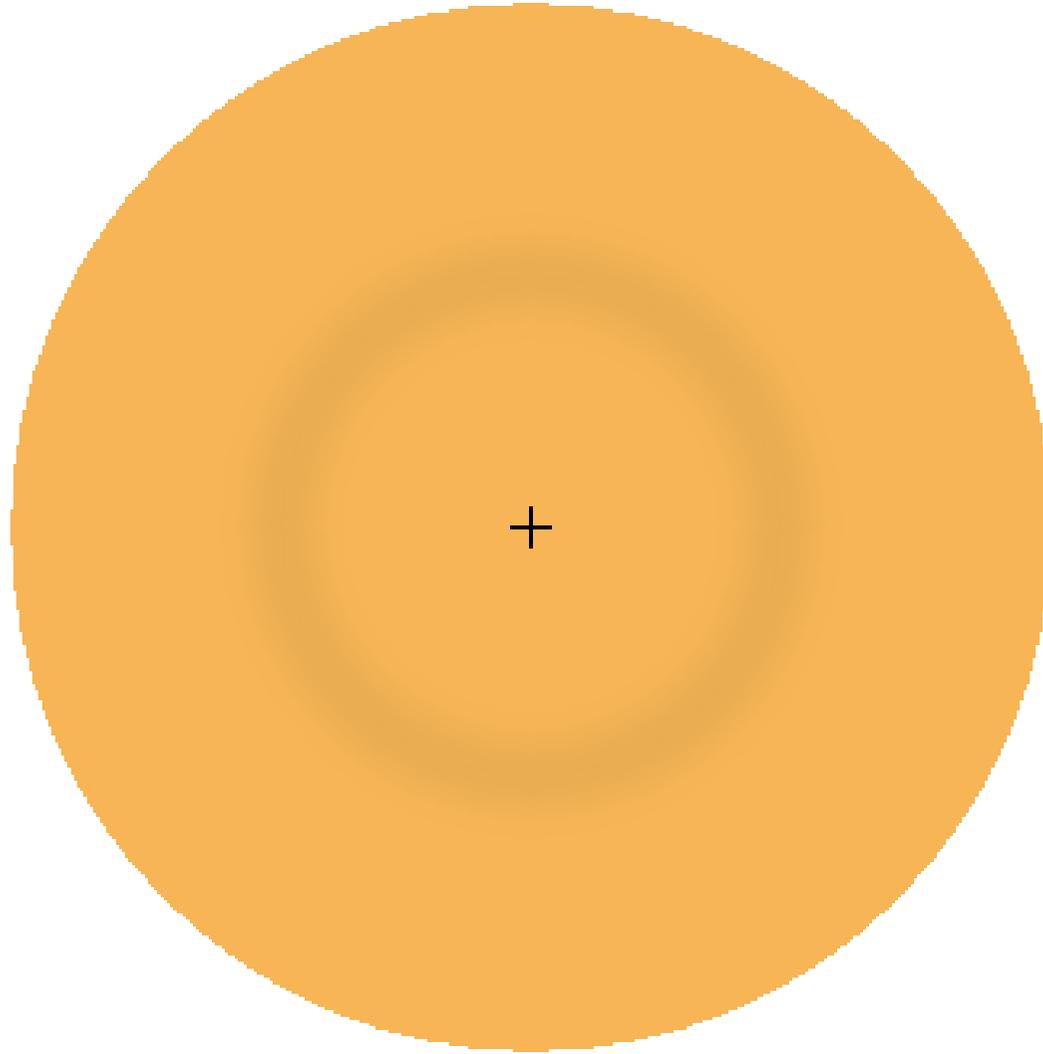


Lange Zeit galt die Meinung, dass das visuelle System zuerst auf Grund von Helligkeit Kanten extrahiert. Erst danach werden vom Farbsystem die Flächen eingefüllt. Dies ist nicht der Fall. Kanten und Oberflächen sind visuelle Prozesse, die bereits früh integriert werden.

Farbe braucht Konturen...



... und Helligkeit auch



Farbkonstanz

Farbe und Objekterkennung

- Farbe kann eine wichtige Rolle bei der Objekterkennung spielen
- Allerdings ändert sich die spektrale Zusammensetzung des Lichts, das ins Auge gelangt, wenn sich die Beleuchtung ändert
- Es werden Mechanismen benötigt, die diese Änderungen kompensieren
- Diese Leistung des Sehsystems wird *Farbkonstanz* genannt

Farbkonstanz

Original



rot



grün



blau



gelb



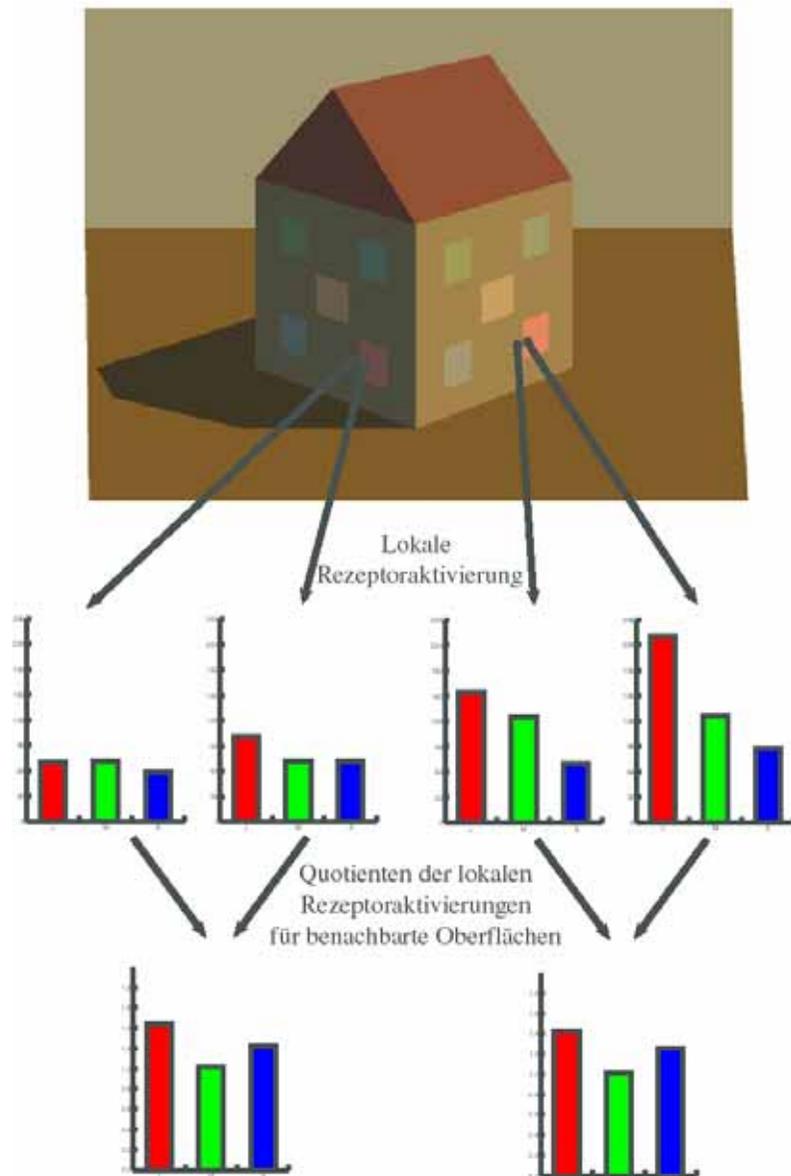
Die Landschaft verändert sich unter den verschiedenen Beleuchtungsbedingungen.

Im Laufe des Tages verändert sich das Tageslicht von blau nach gelb.

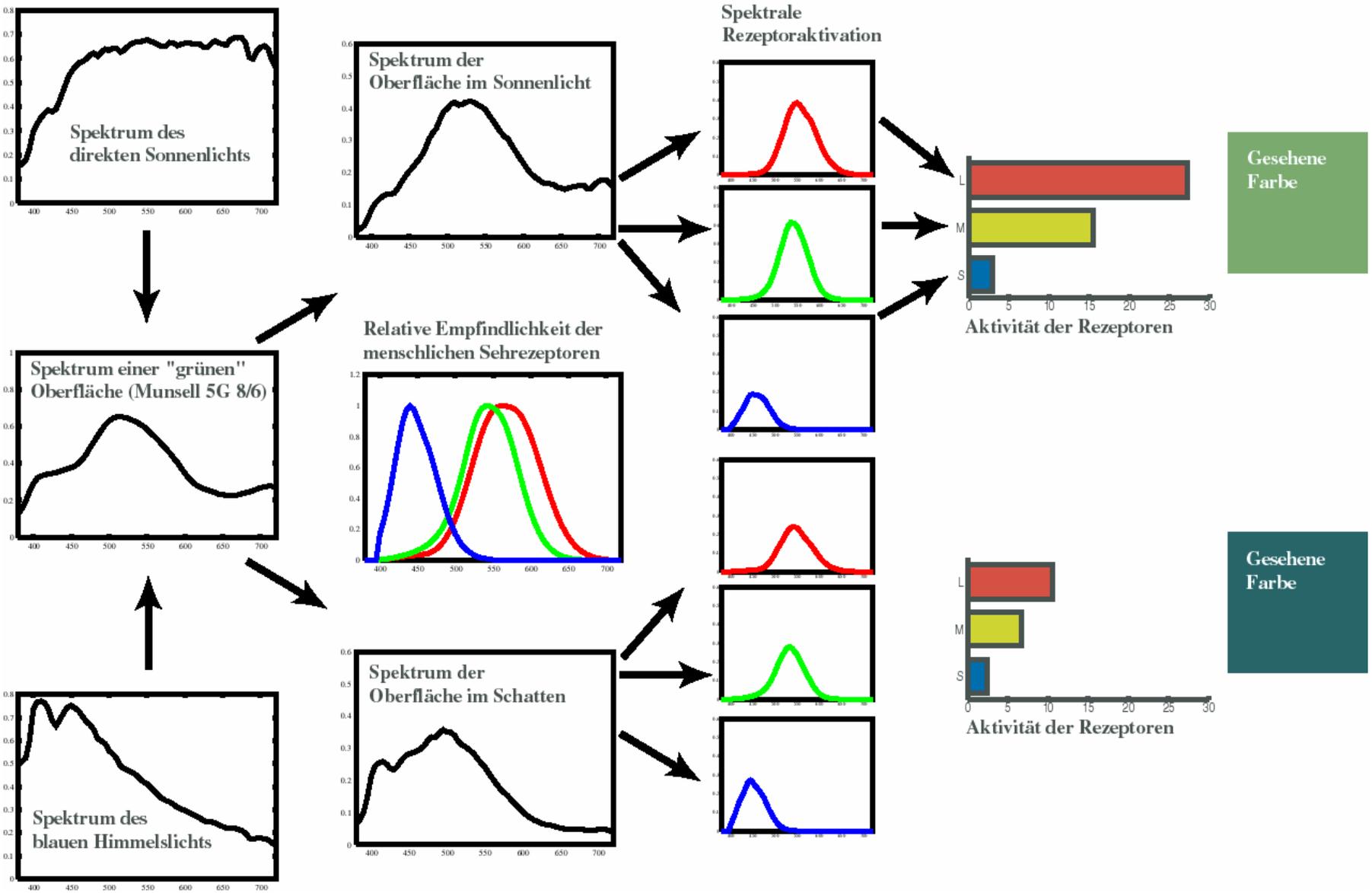
Die rote und grünliche Beleuchtung ist nicht natürlich.

Dennoch erscheint uns das Gras immer in derselben Farbe, wenn wir uns durch die Landschaft bewegen

Licht und Schatten



Licht-Oberfläche-Farbe:

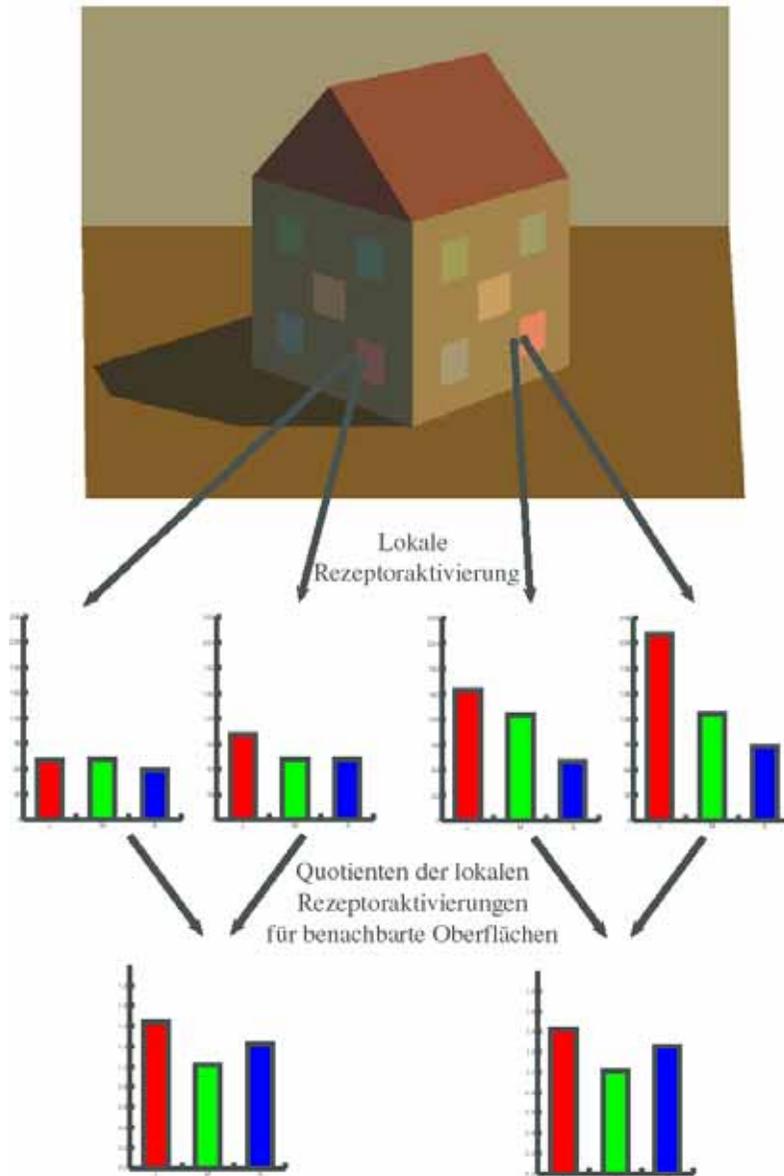


Farbkonstanz

Farbkonstanz ist das Ergebnis verschiedener Mechanismen im Auge und im Gehirn:

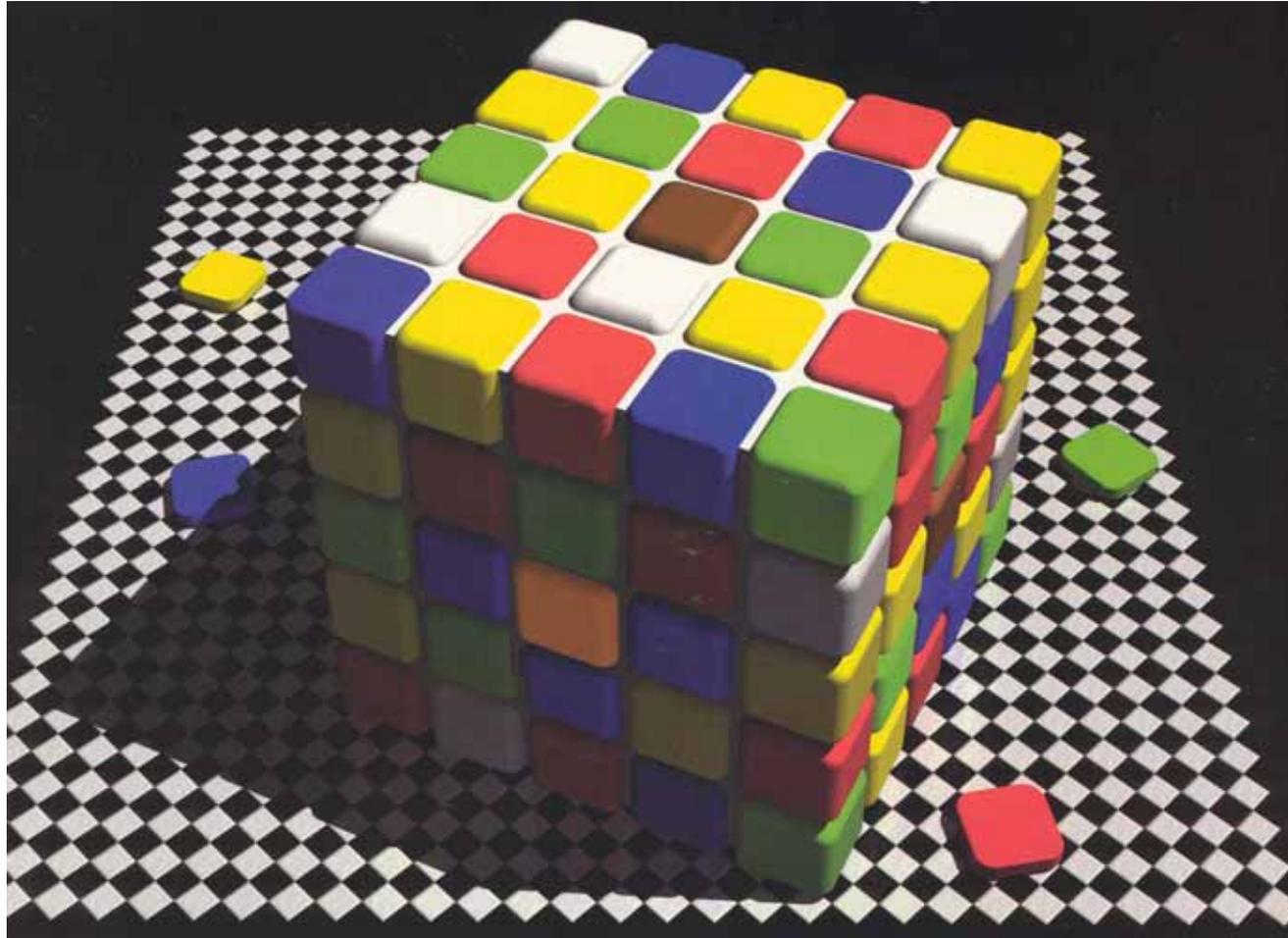
- Normierung lokaler Kontraste
- Normierung im gesamten Gesichtsfeld
- Kognitive Faktoren (Gedächtnisfarbe)

Simultankontrast

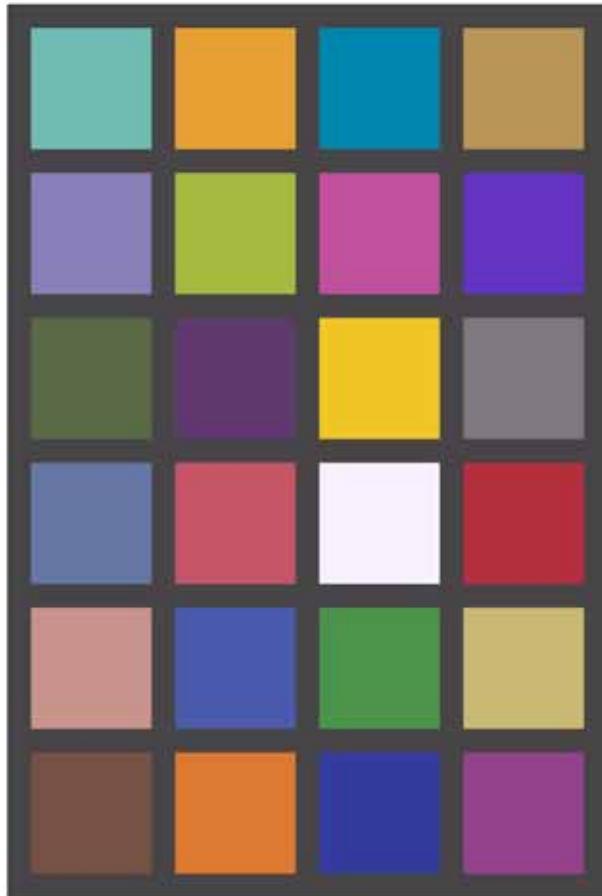


Lösung des
Farbkonstanzproblems
durch Quotienten von
Rezeptoraktivierungen an
Konturen.

Folge: Simultankontrast

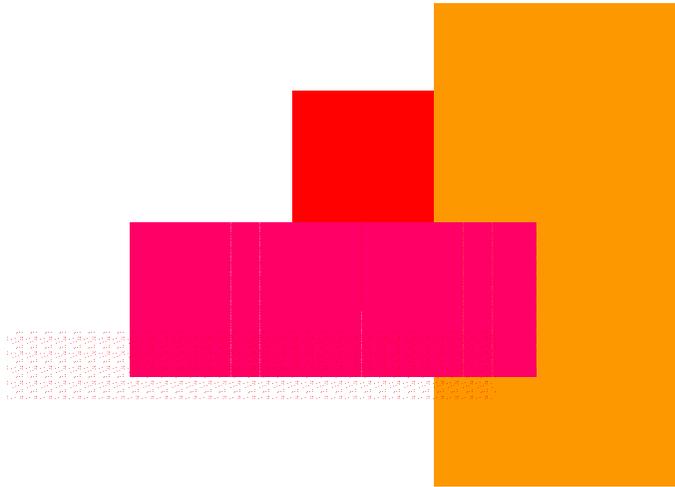


Globale Kompensation



Farbkategorien

Farbe und Sprache



381. Wie erkenne ich, dass diese Farbe Rot ist?— Eine Antwort wäre: »Ich habe Deutsch gelernt.«

Philosophische Untersuchungen



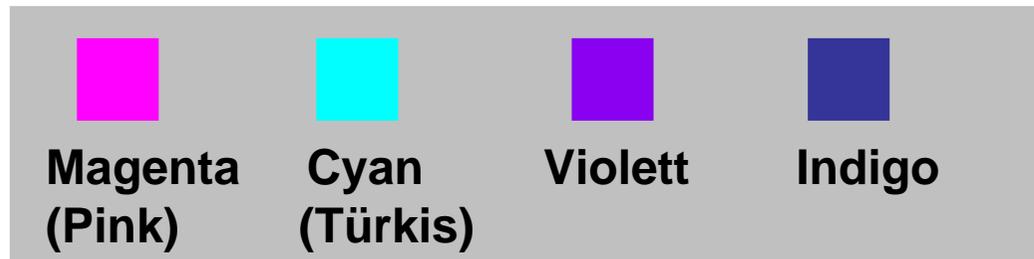
Ludwig Wittgenstein
1889-1951

Farbe und Sprache

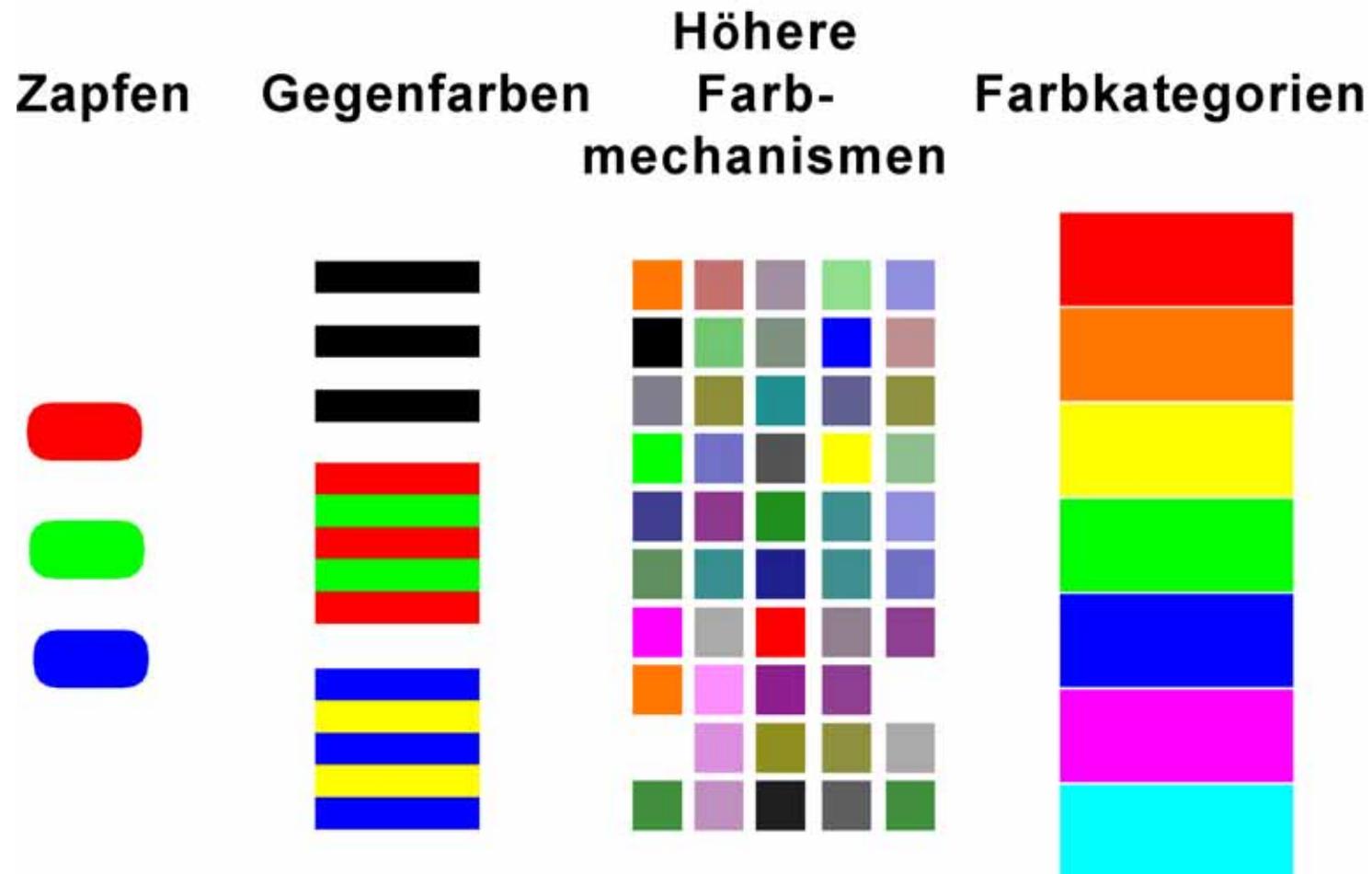
Berlin & Kay: Elf Hauptfarbnamen (basic color terms):



Nicht dabei z.B.



Stadien der Farbverarbeitung



Farbwahrnehmung

- Farbe ist eine Empfindung
- Im Auge gibt es drei Arten von Zapfen, die Licht in Nervenimpulse umwandeln
- Diese werden in den Ganglienzellen der Retina in Gegenfarben transformiert
- Im Gehirn werden diese Erregungsmuster dann als Farben interpretiert