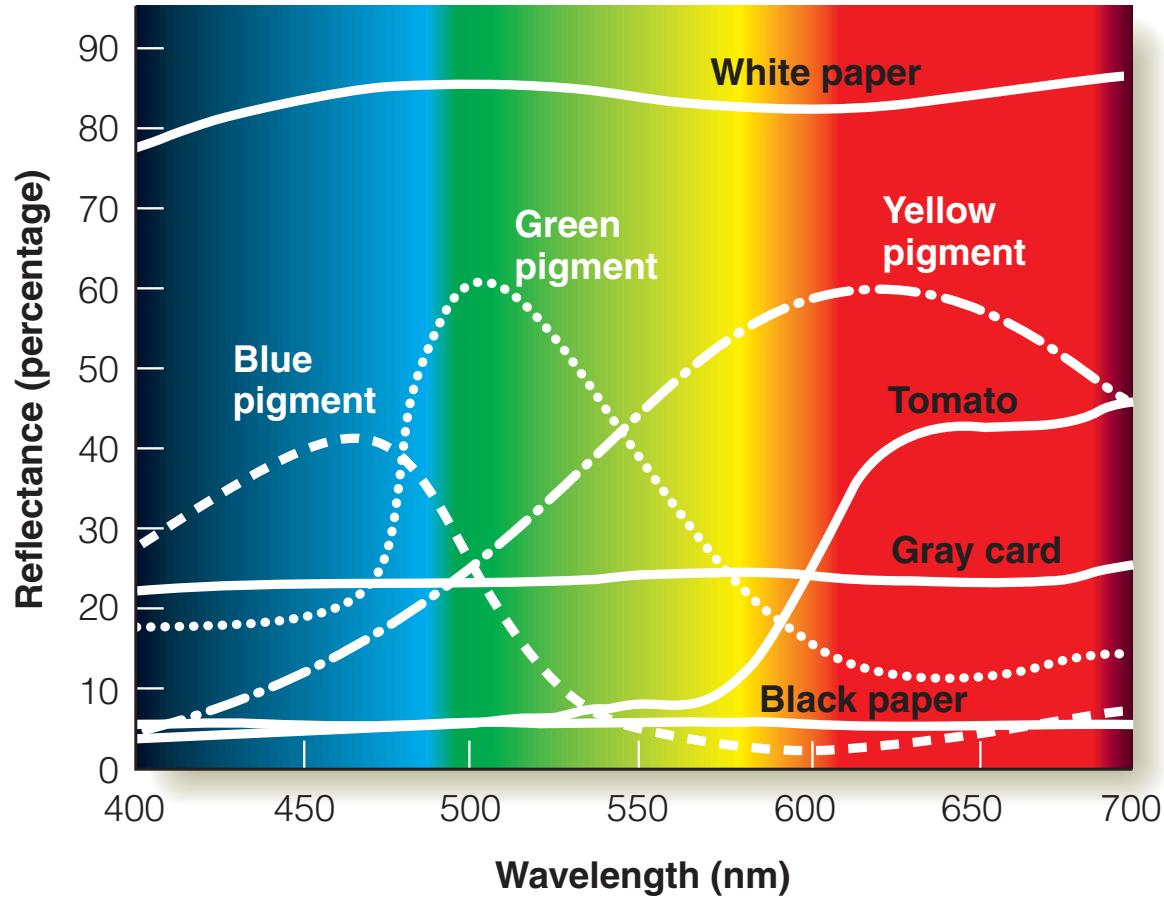


# Farbwahrnehmung

Komplementärinformation zur Form- und Objektwahrnehmung

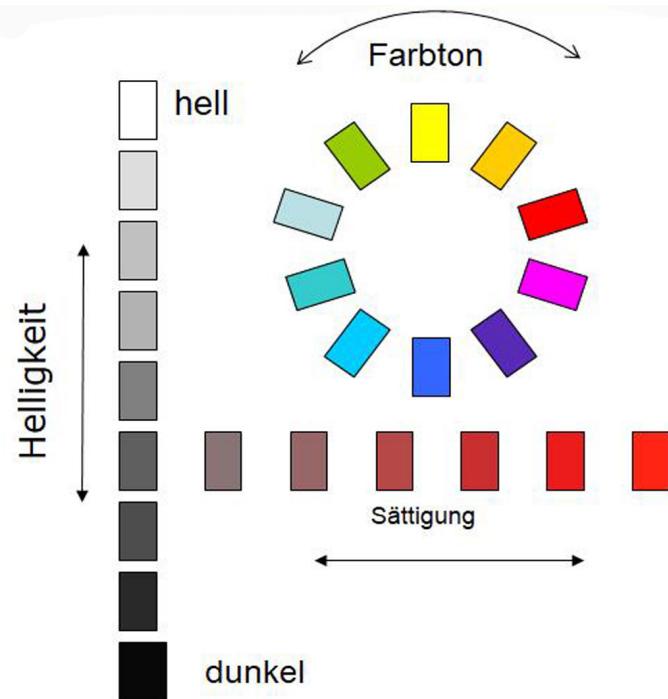


# Farbspektrum



# Farbspektrum

- Mündliche Beschreibung durch 4 Grundfarben (rot/gelb/grün/blau) möglich
- 3 Parameter von Farbe: Farbton (200), Sättigung (20), Helligkeit (500) -> 2Mio perzeptuell unterscheidbare Farben (Gouras, 1991)



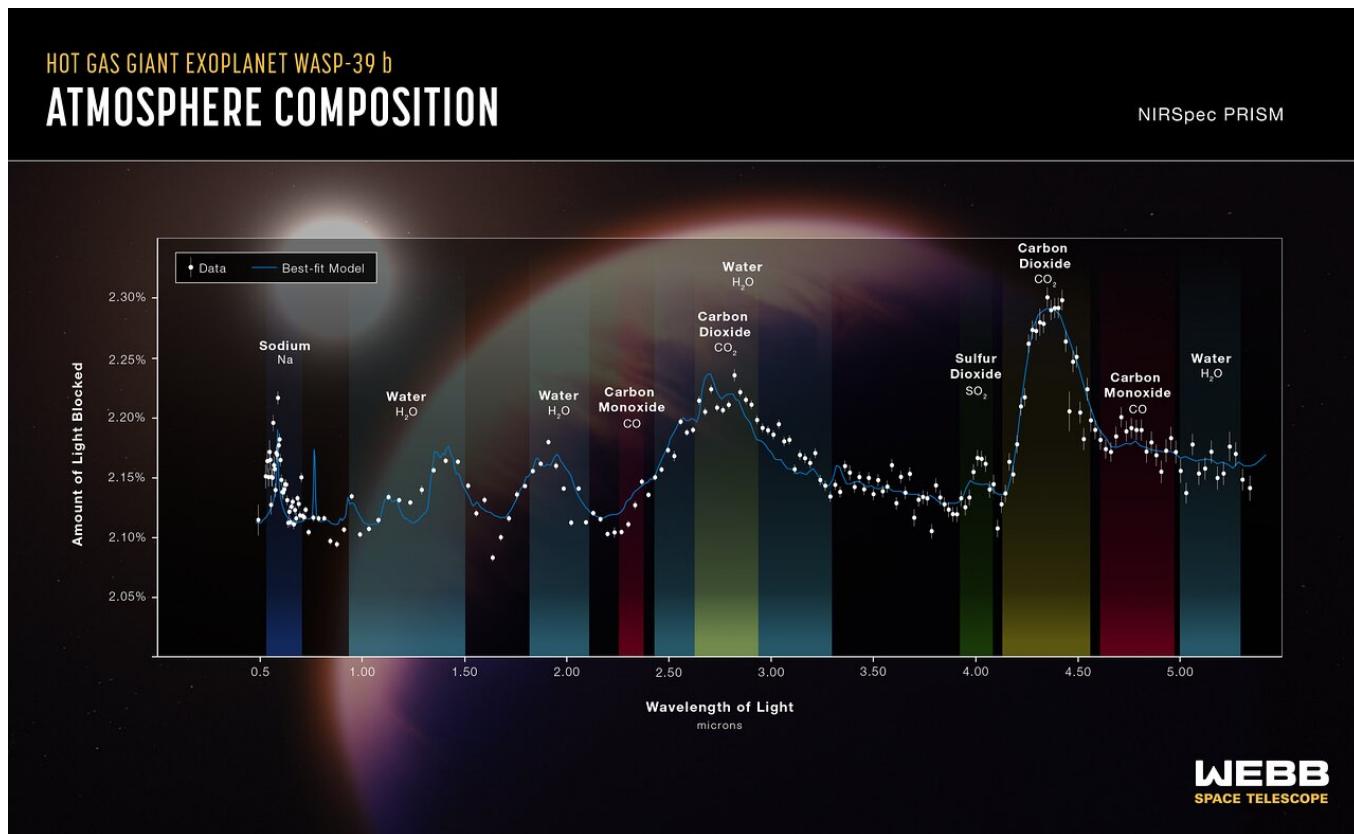
# Reflektion

- Durch Objekte selektiv reflektierte Wellenlängen bestimmen deren Farnton



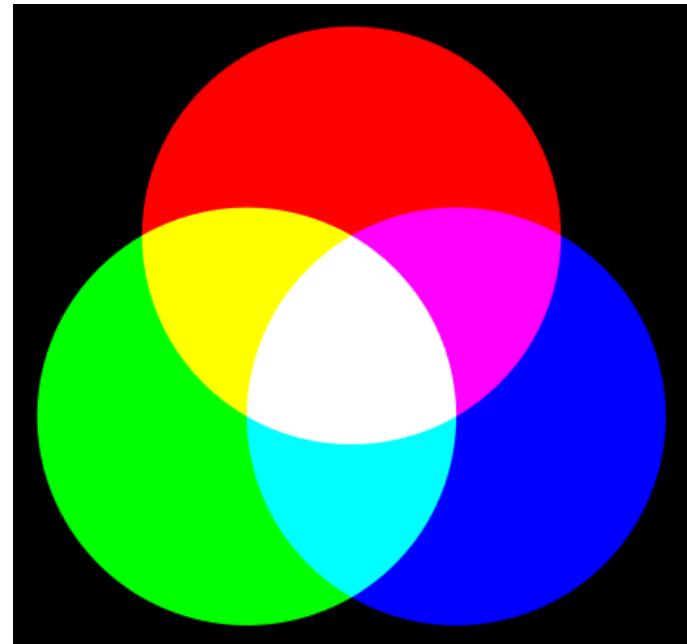
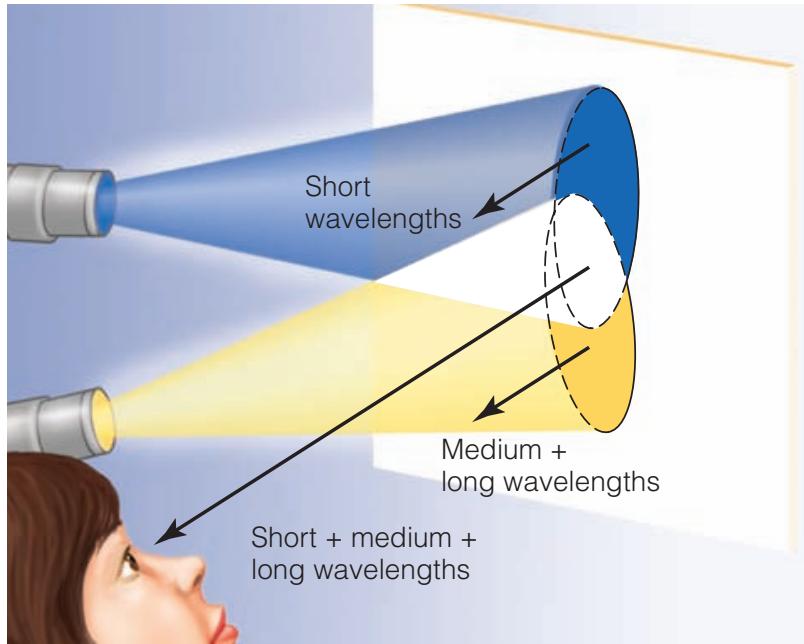
# Transmission

- Transparente Objekte lassen Licht bestimmter Wellenlänge passieren



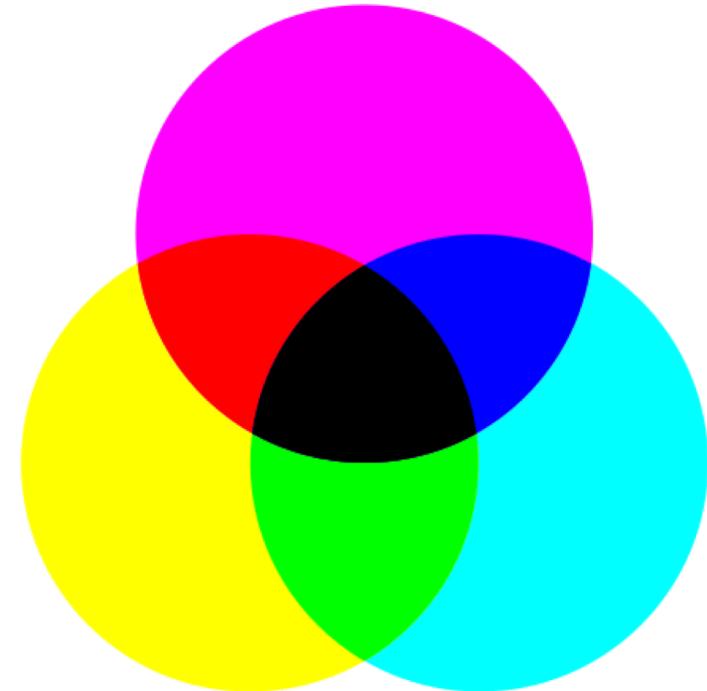
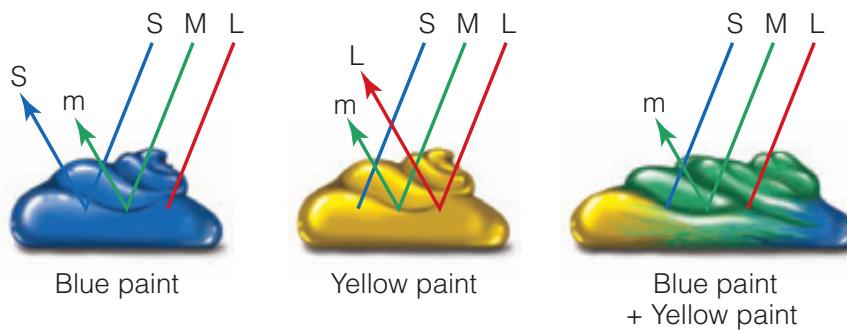
# Additive Farbmischung

Physiologisch



# Subtraktive Farbmischung

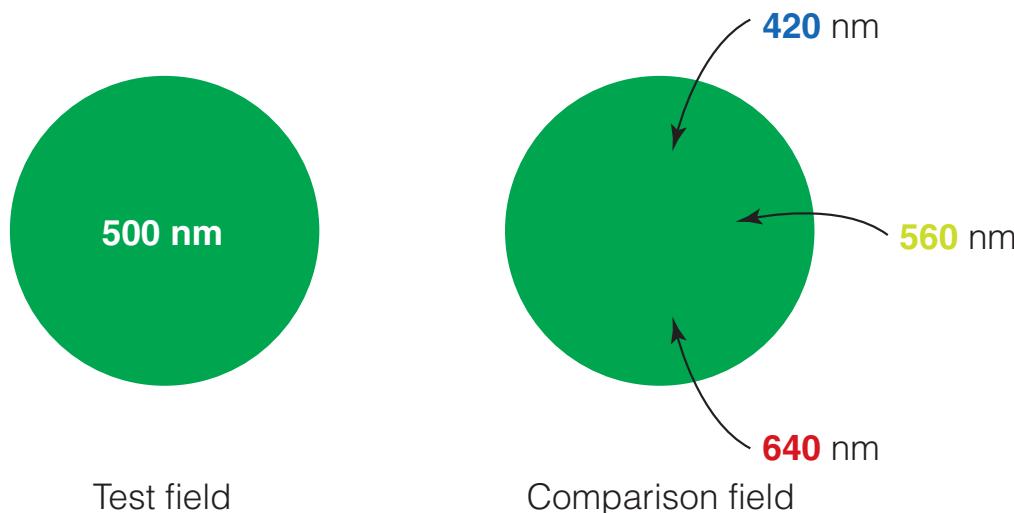
Physikalisch



# Drei-Farben (trichromatische) Theorie

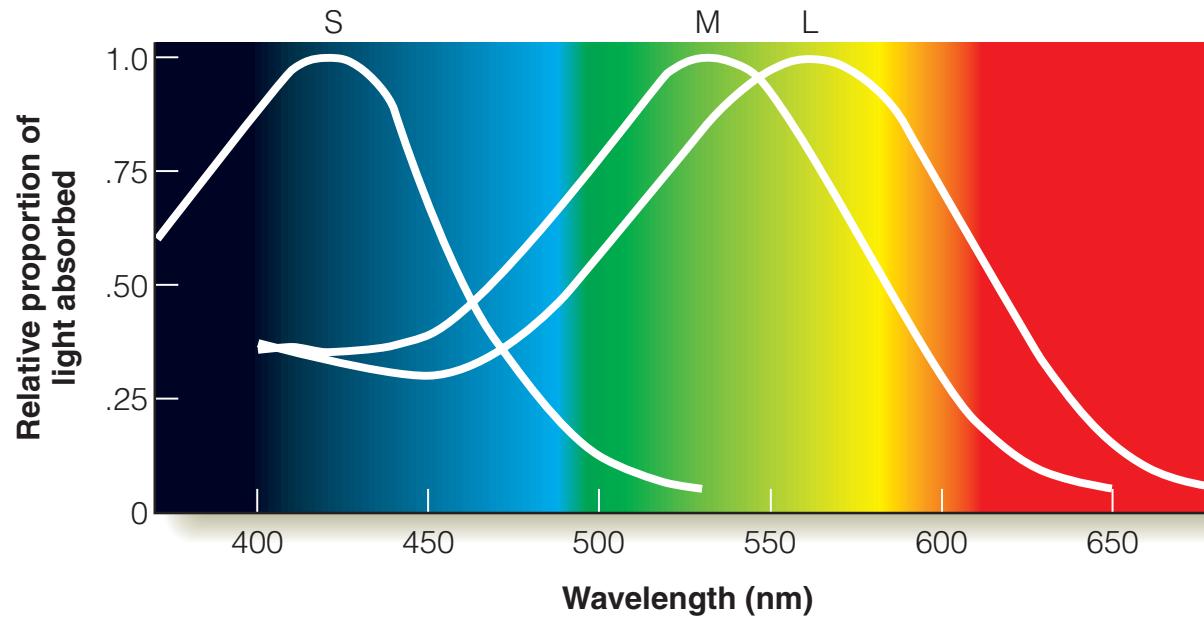
Young(1802)/Helmholtz(1852):

- Jede Farbe kann durch eine gewichtete Addition dreier Wellenlängen erzeugt werden



# Drei-Farben (trichromatische) Theorie

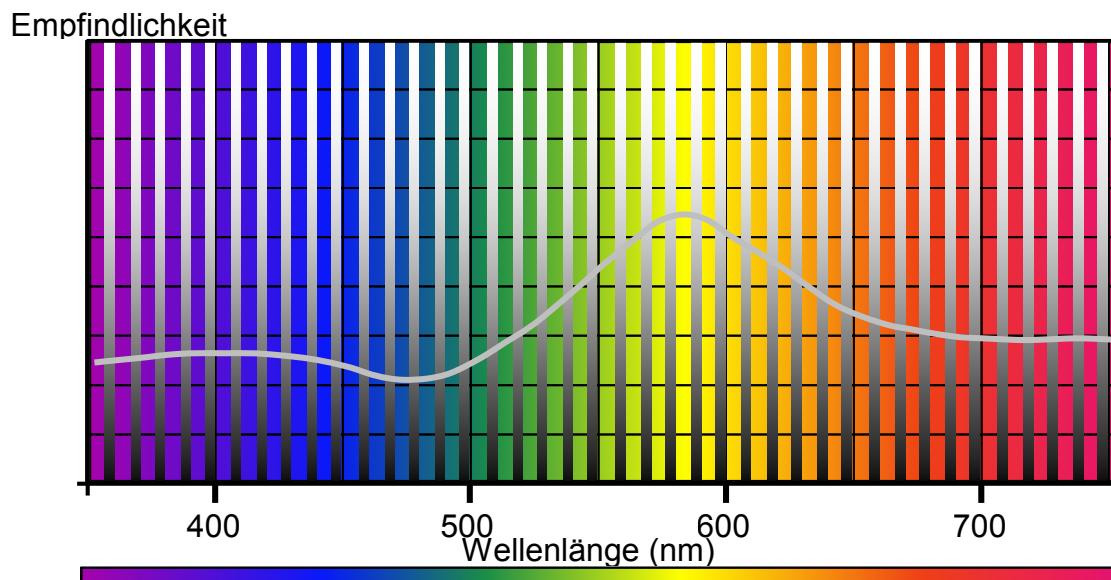
3 Zapfenarten mit unterschiedlichen Lichtsensitivitäten



Dartnall, 1983

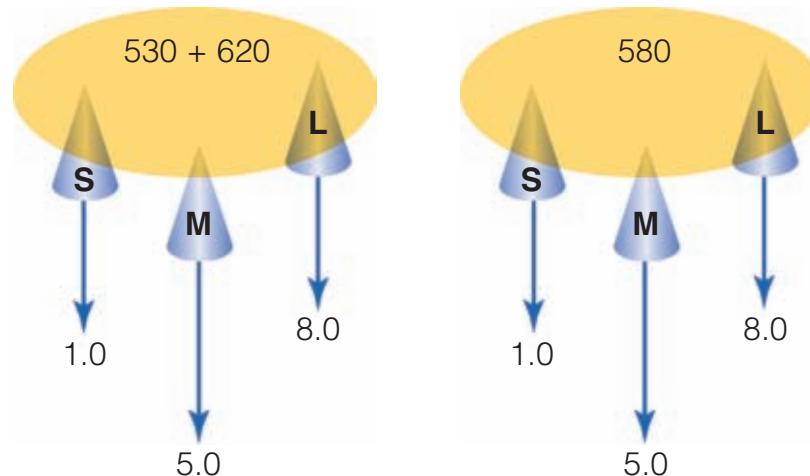
# Drei-Farben (trichromatische) Theorie

## Helligkeitsempfindlichkeit



# Drei-Farben (trichromatische) Theorie

Identisches Aktivierungsmuster der 3 Rezeptorarten durch unterschiedliche physikalische Zusammensetzung von Wellenlängen -> Metamere

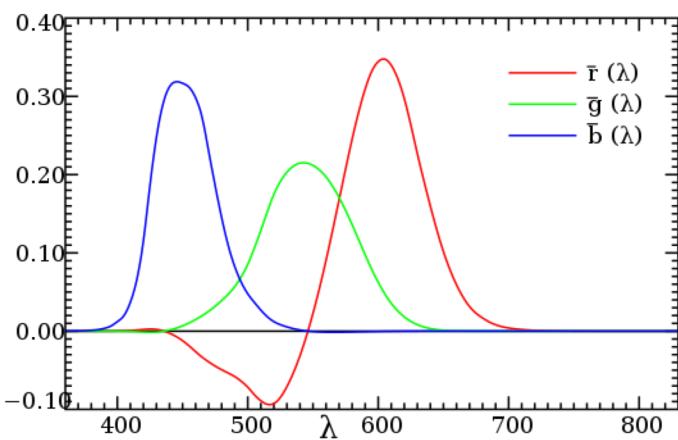


# Farträume

CIE-Normfarbsystem (Commission internationale de l'éclairage)

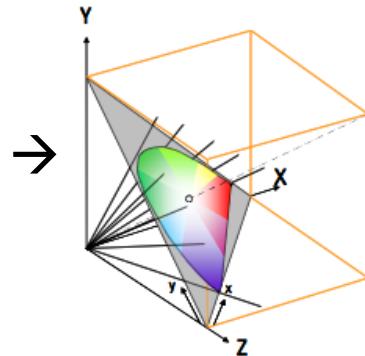
- physikalischer Reiz  $\leftrightarrow$  Perzept
- Farbabgleich ‚normierter Beobachter‘ (Wright, 1928; Guild, 1931)

Farbabgleichsfunktion (RGB)

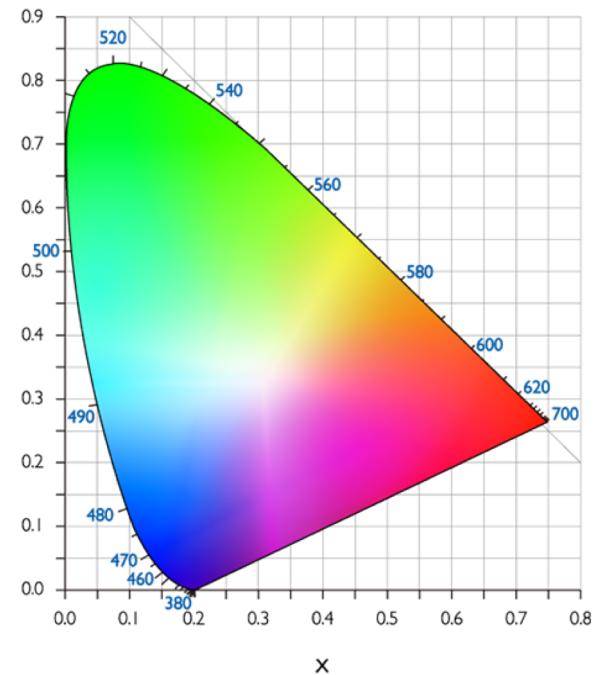


$$R = 700\text{nm} / G = 546.1\text{nm} / B = 435.8\text{nm}$$

Primärvalenzen (XYZ)



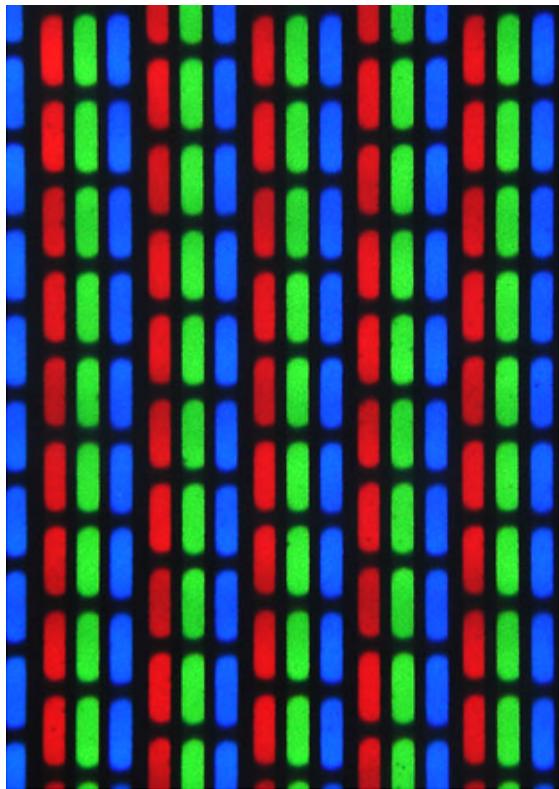
Normfarbtafel (xyY)



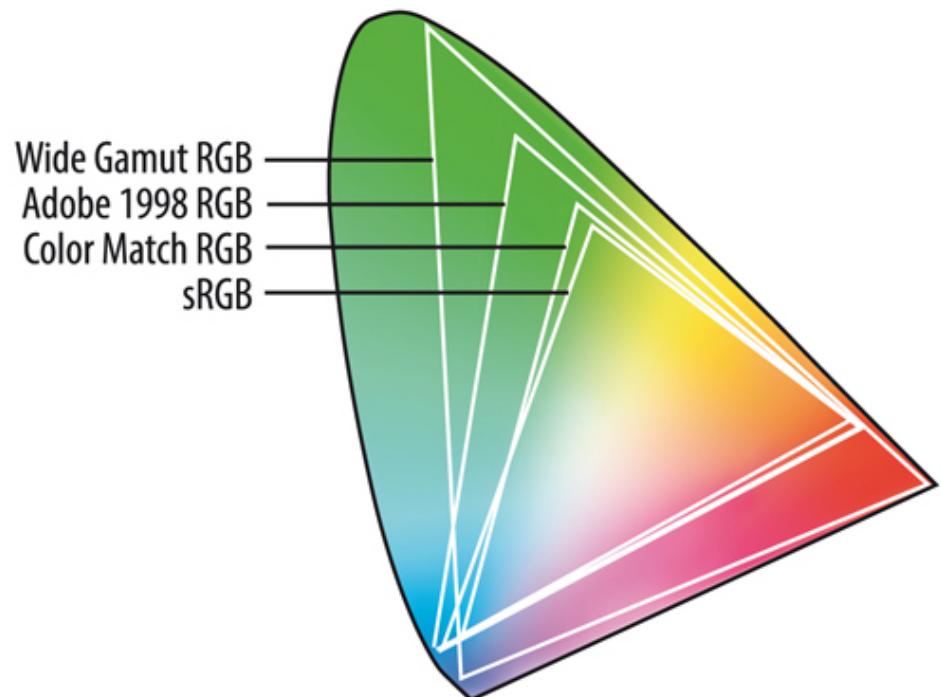
# Farträume

Colorimetrie:

- Vergleich technischer Farträume mit wahrnehmbaren Farbraum

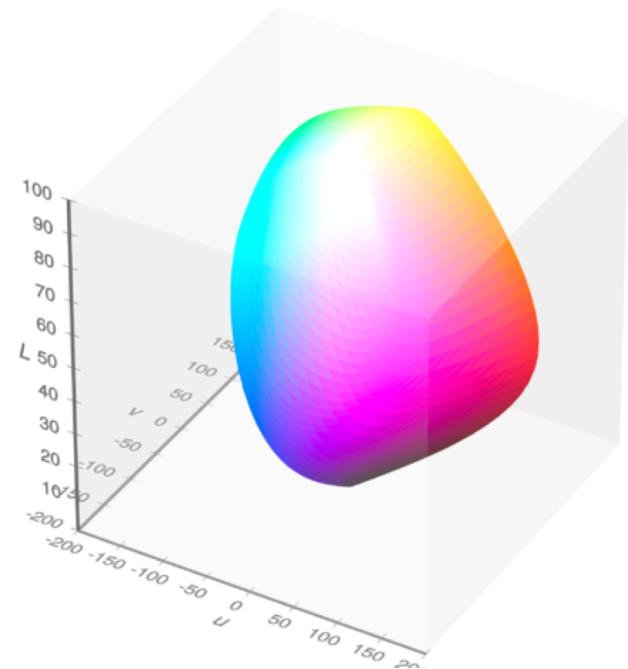
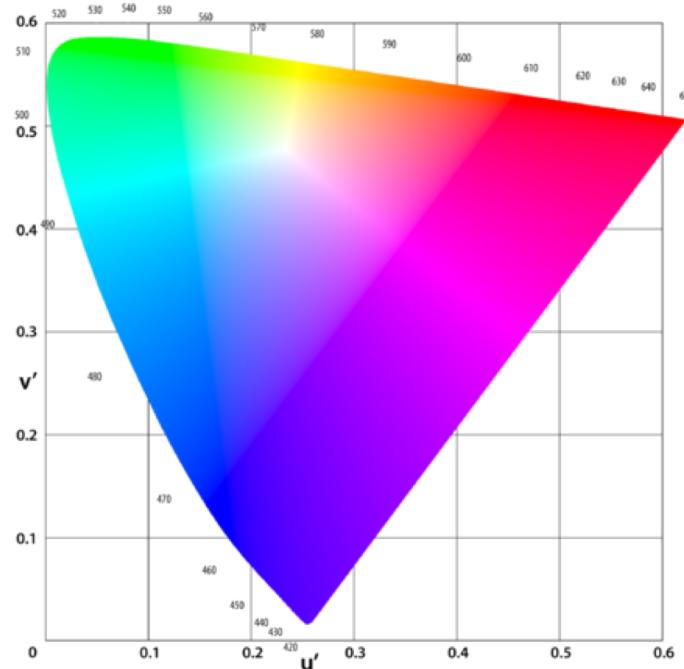


**21" TV CRT Display**

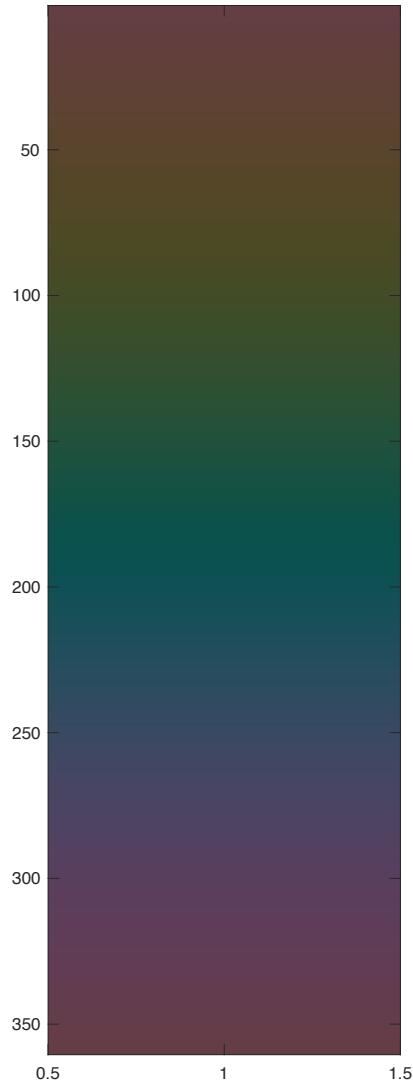
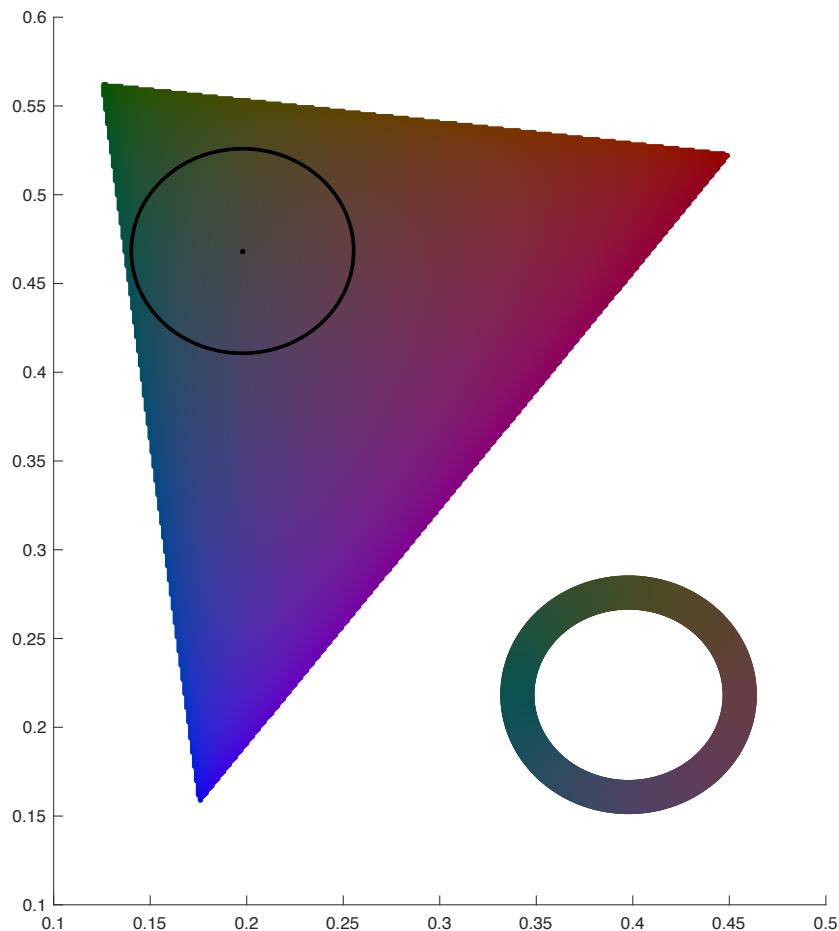


# Farträume

- Korrektur für perzeptuelle Abstände -> CIE Luv (1976)
- Definition isoluminanter/isosaturierter Farträume
- Projektion auf 3 Axen: Luminanz, rot-grün, gelb-blau



# Farträume



# Gegen-Farben Theorie

Hering:

- 2 Gegenfarbensysteme: rot-grün, gelb-blau
- Kombination aus Komplementärfarben



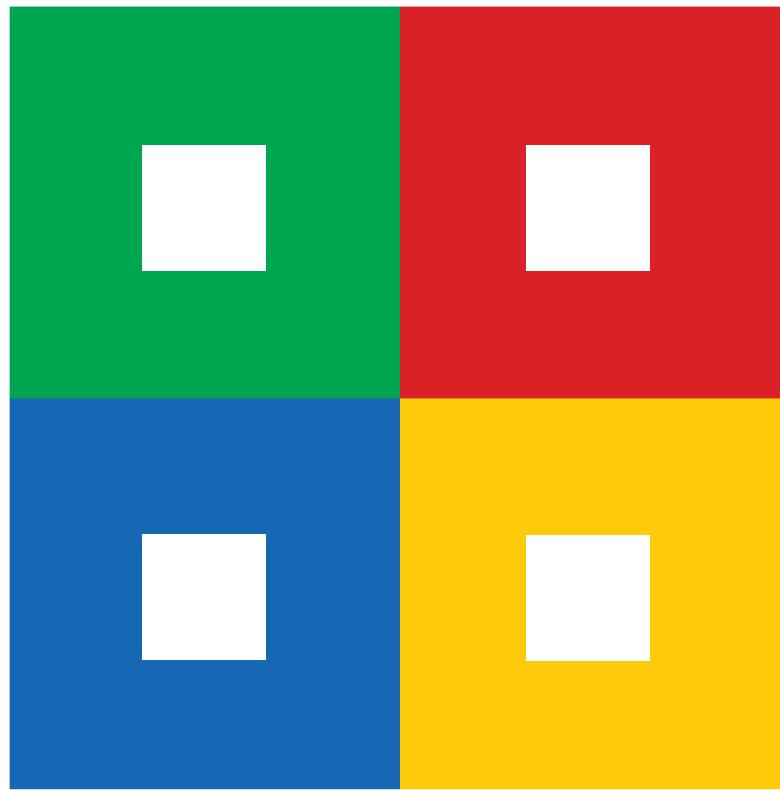
# Gegen-Farben Theorie

Nachbilder



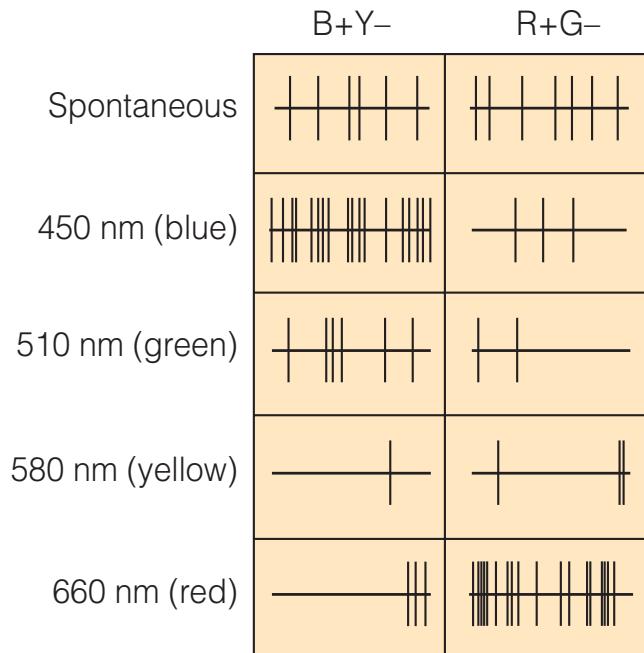
# Gegen-Farben Theorie

Farbsimultankontrast: Wahrnehmung der Farbe einer Fläche ist von der Farbe der Umgebung abhängig



# Gegen-Farben Theorie

Farbwahrnehmung als Antwort antagonistischer Farbneurone in der Retina und LGN

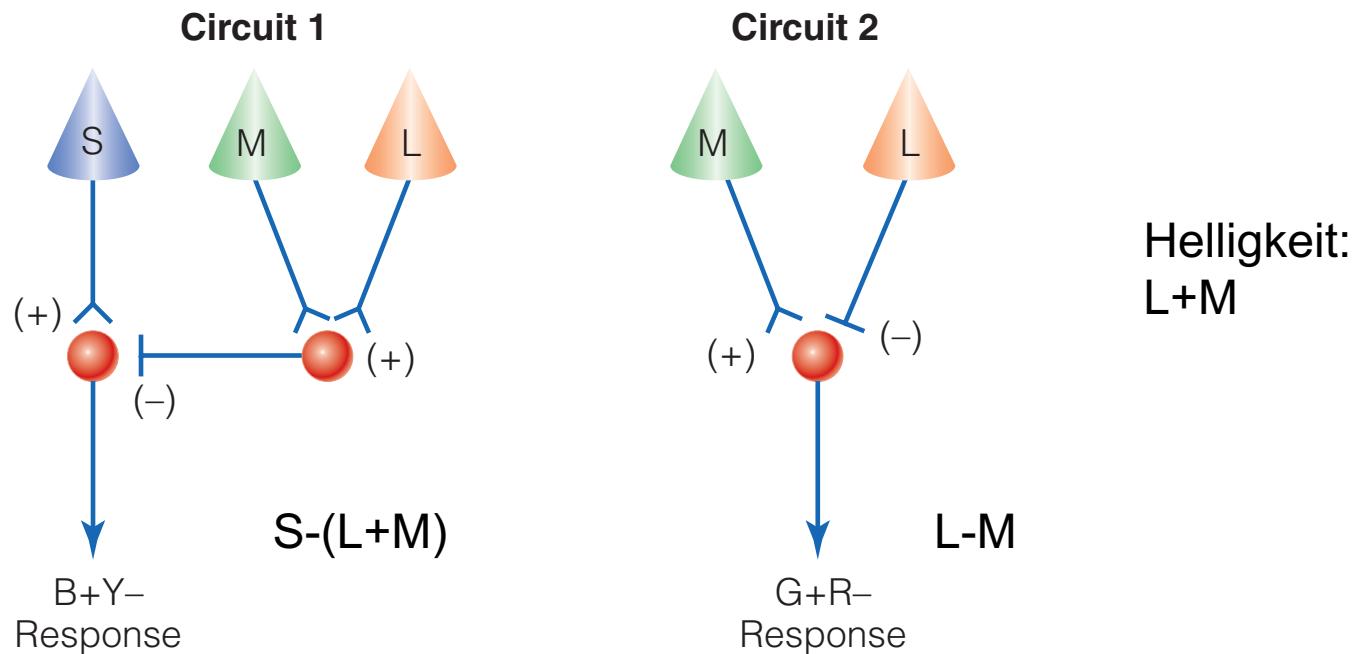


DeValois, 1968

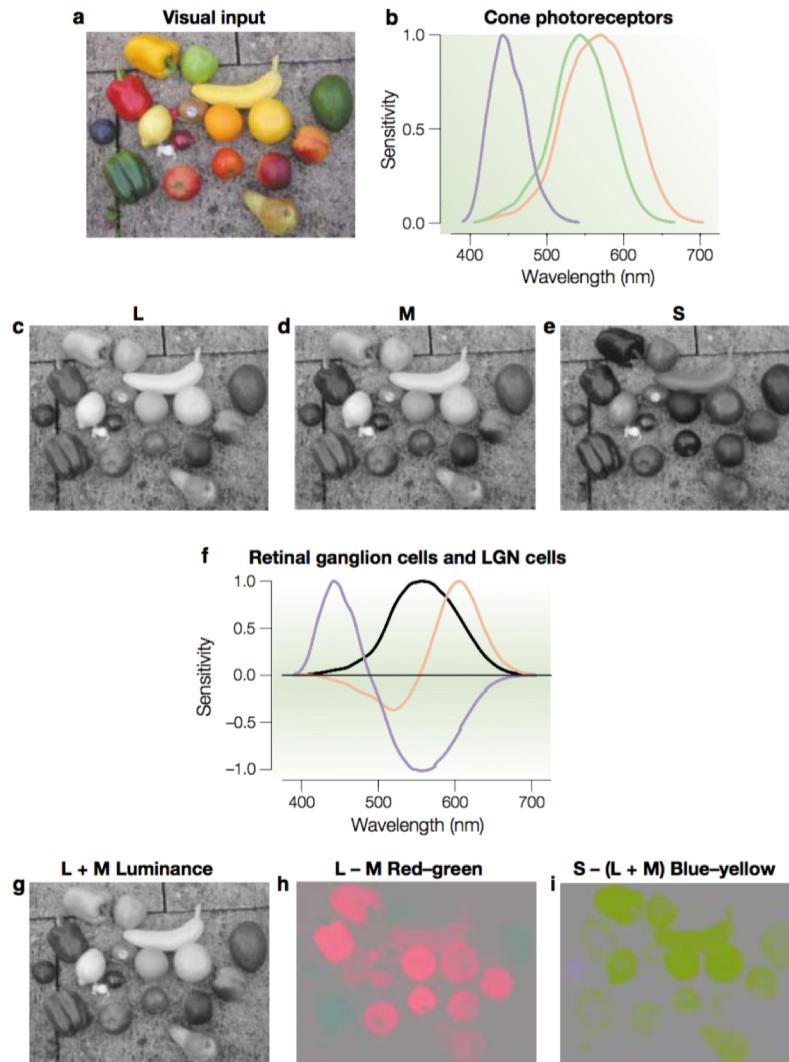
# Neuronale Farbwahrnehmung

Verschaltung der drei Rezeptortypen führt zu einer Gegenfarbenrepräsentation

Trichromatische Verarbeitung → Gegenfarben Repräsentation (relatives vs absolutes Antwortverhalten)



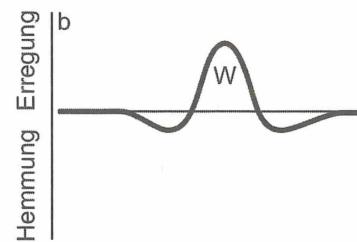
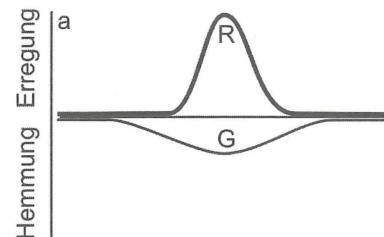
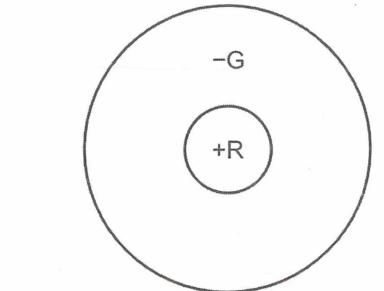
# Neuronale Farbwahrnehmung



# Neuronale Farbwahrnehmung

Gegenfarbenzellen im LGN:

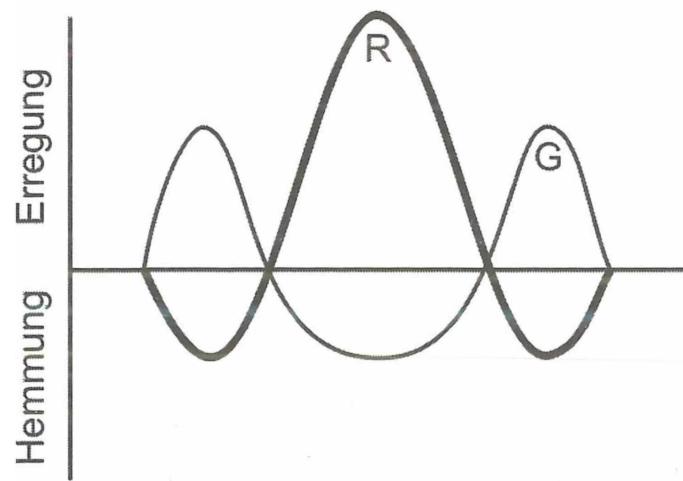
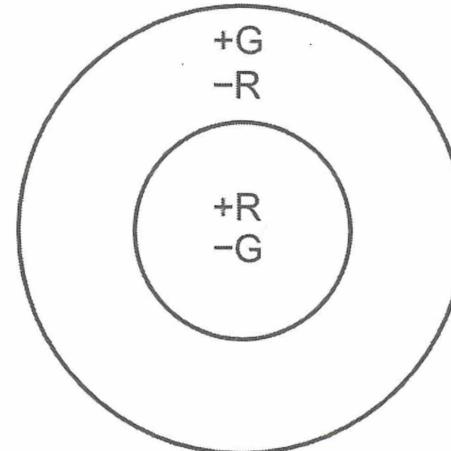
Zentrum-Umfeld  
Organisation



# Neuronale Farbwahrnehmung

Doppelte Gegenfarbenzellen  
in V1:

- Simultankontrast
- Farbkonstanz



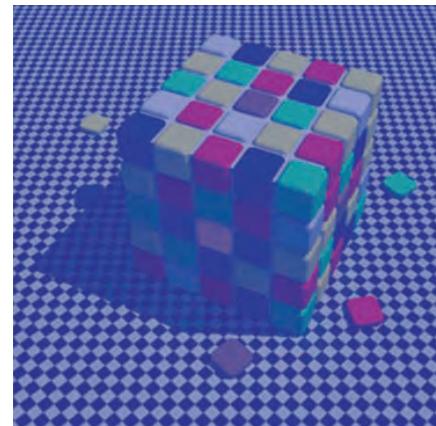
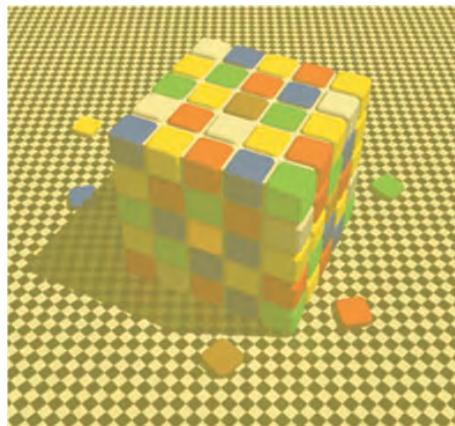
# Neuronale Farbwahrnehmung

Farbkonstanz:

- Gleichbleibende Farbwahrnehmung unter variierender Beleuchtung

Chromatische Induktion:

- Identische Zapfenerregungsmuster führen zu unterschiedlicher Wahrnehmung



Isolated  
blue  
patches

Isolated  
yellow  
patches

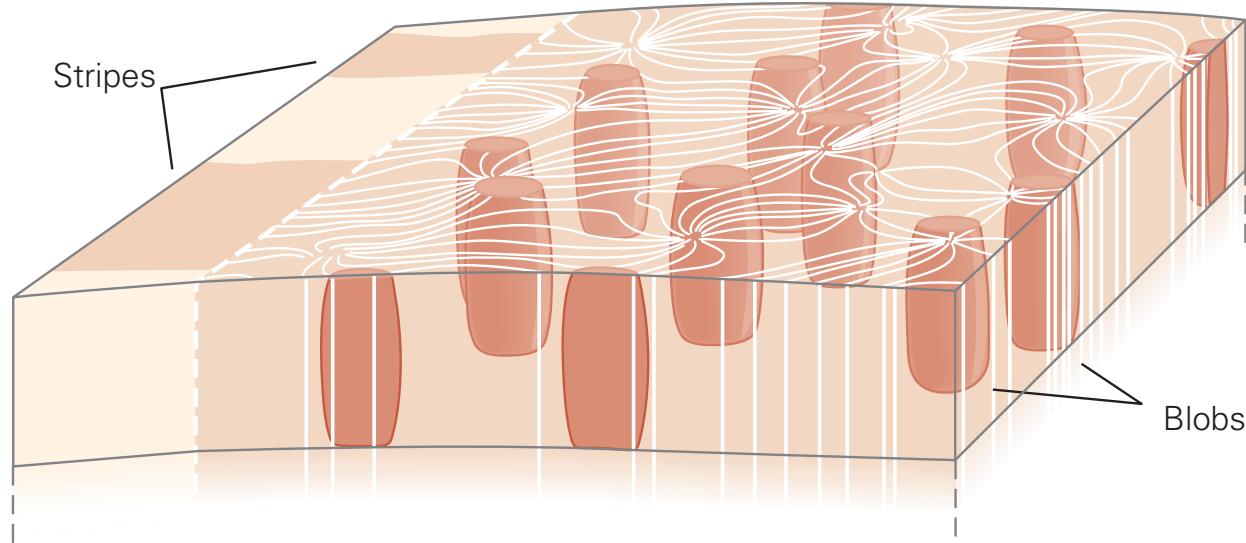
# Neuronale Farbwahrnehmung

Farbkonstanz:

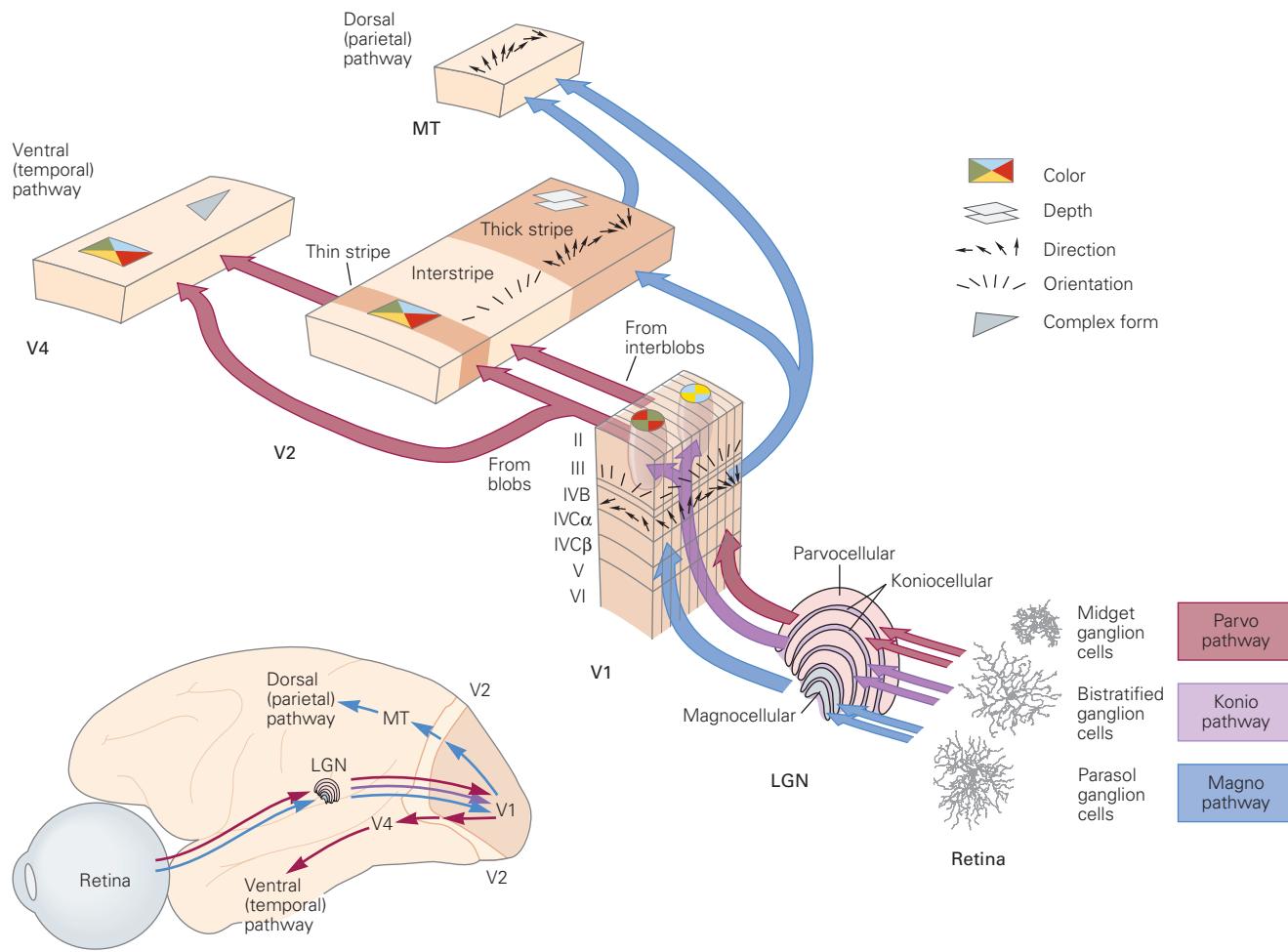
- Chromatische Adaptation
- Anpassung der Farbrezeptoren an spektrale Illumination der Umgebung
- Relevanz der Detektion an relativen Farbanteilen  
(Farbdifferenz zwischen Objekt und Hintergrund)

# Neuronale Farbwahrnehmung

Farbsensitive Zellen in V1 in ‚Blobs‘ organisiert (CO-Färbung)

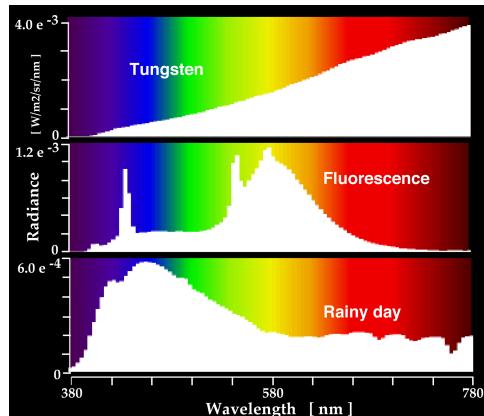
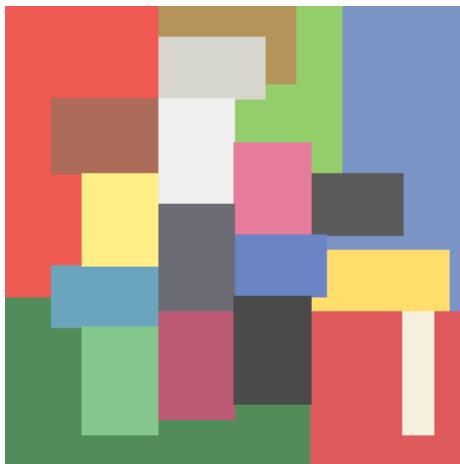


# Neuronale Farbwahrnehmung



# Neuronale Farbwahrnehmung

Mondrian

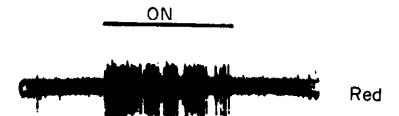


V1-Antwort



Blue area

V4-Antwort



Red



Green



Blue



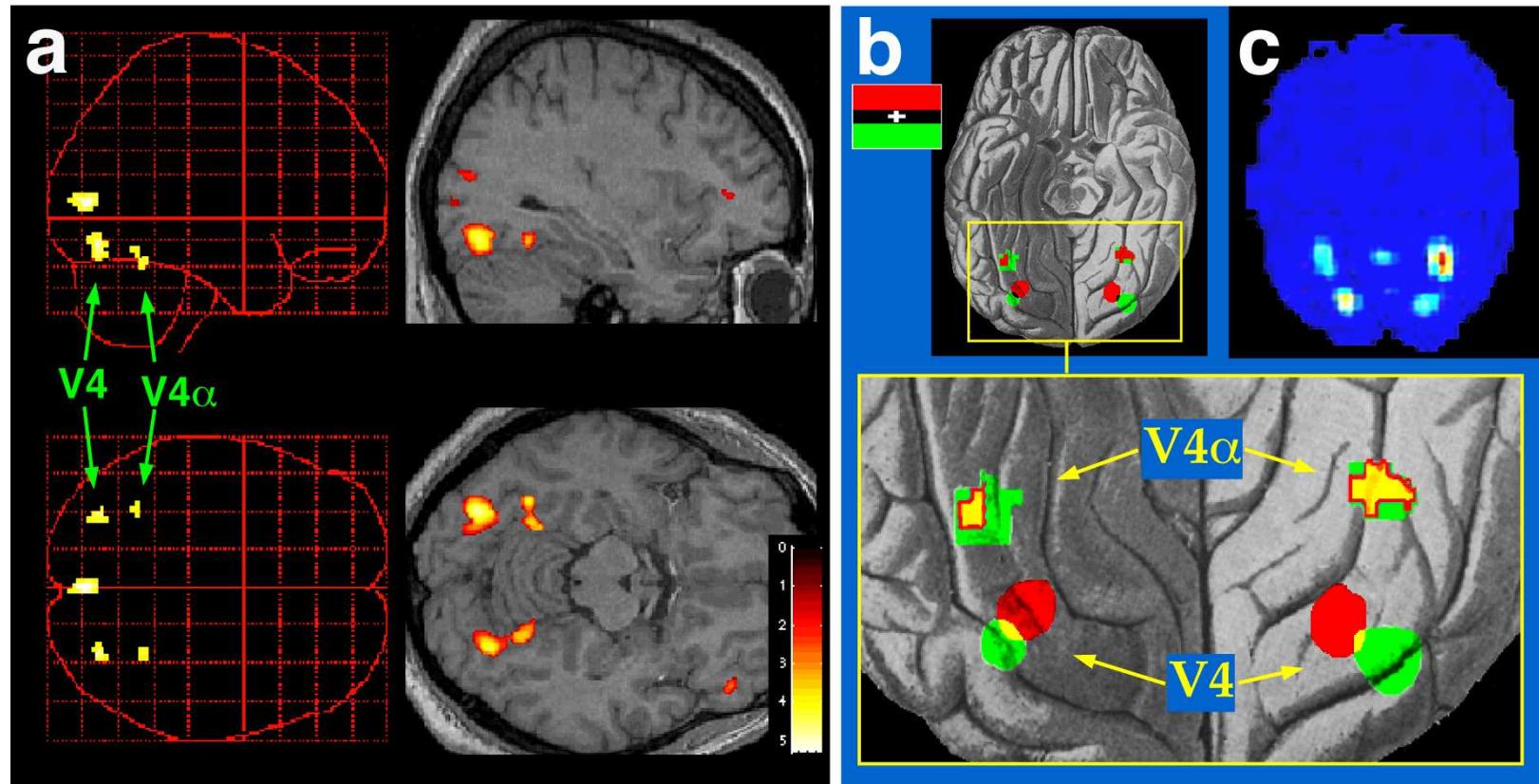
Green area



Red area

Zeki, 1983

# Neuronale Farbwahrnehmung



Zeki, 2000

# Neuronale Farbwahrnehmung

- Keine klare Separation zwischen reiner Luminanz- und Farbselektivität von Zellen in V1/V2/V4
- Farbtuning entlang des gesamten ventralen Pfades
- Gegenfarbenrepräsentation → kontinuierlicher/kategorialer Farbraum
- Doppelte Gegenfarbenzellen in V1 → frühe Farbkonstanz
- V4 kein reines Farbareal

Gegenfurtner, 2003

# Farbblindheit

Test: Minimale Anzahl an Wellenlängen nötig, um jede Testfarbe zu „matchen“

Monochromat:

keine funktionierenden Zapfen

Dichromat:

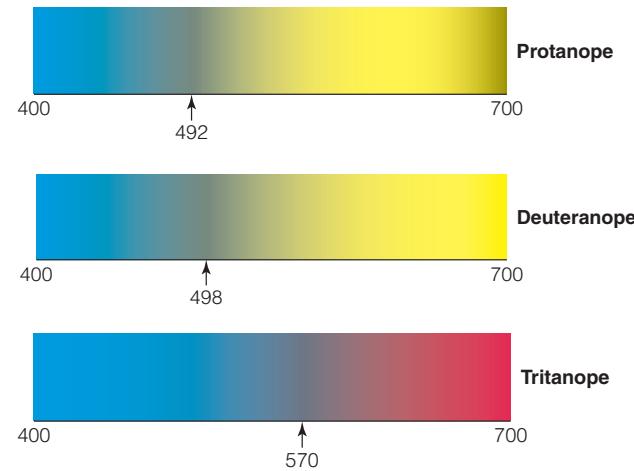
Protanotopie: fehlendes L-Pigment

Deuternatopie: fehlendes M-Pigment

Tritanotopie: fehlendes S-Pigment

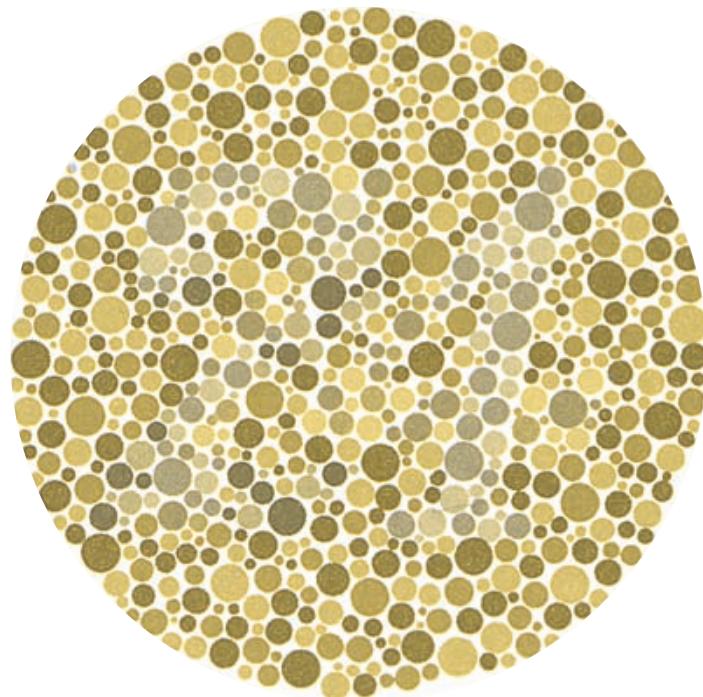
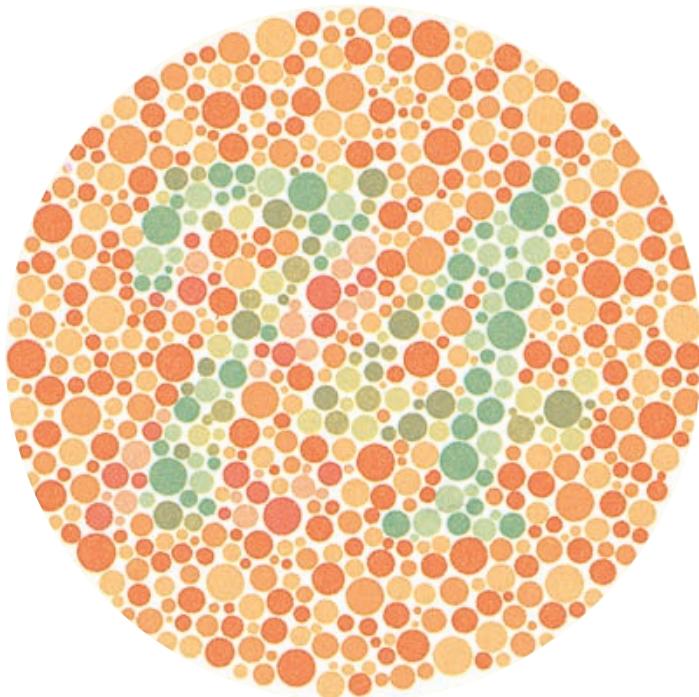
Anamaler Trichromat:

Unterschiedliches Zapfenverhältnis



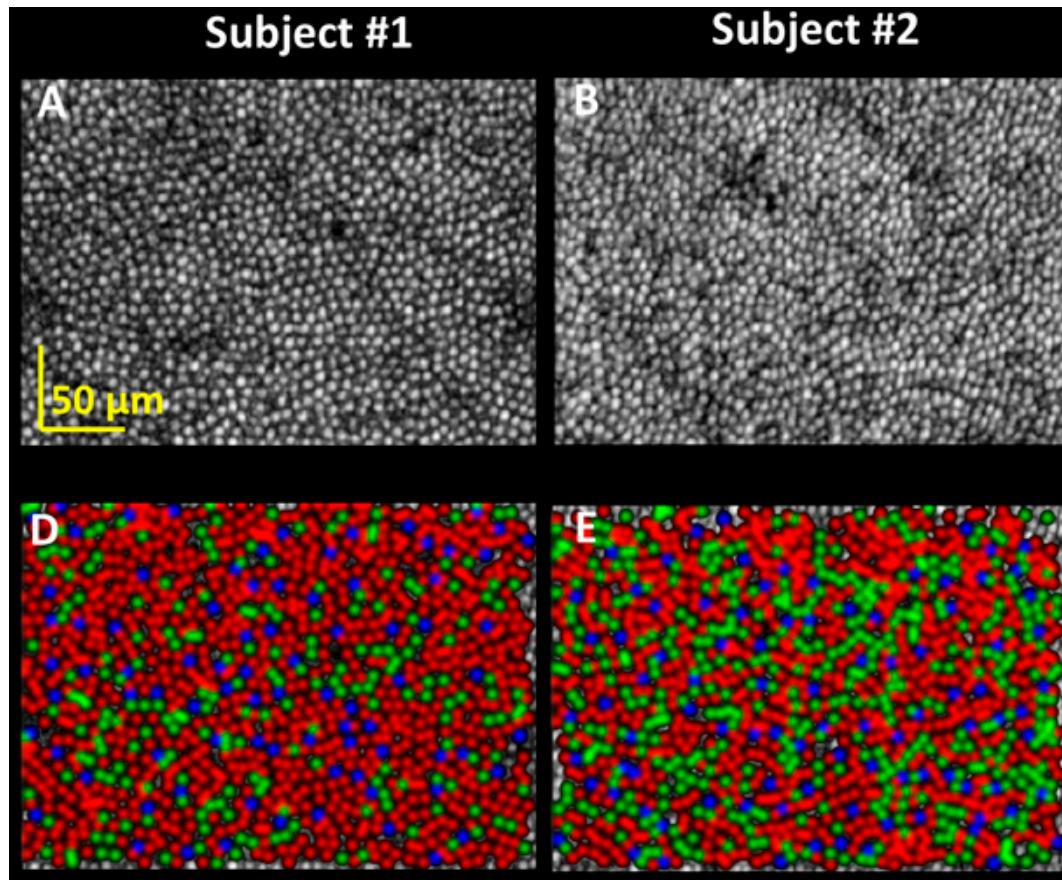
# Farbblindheit

Ishihara-Figuren



# Nachtrag

S-,M-,L-Zapfen Verhältnis

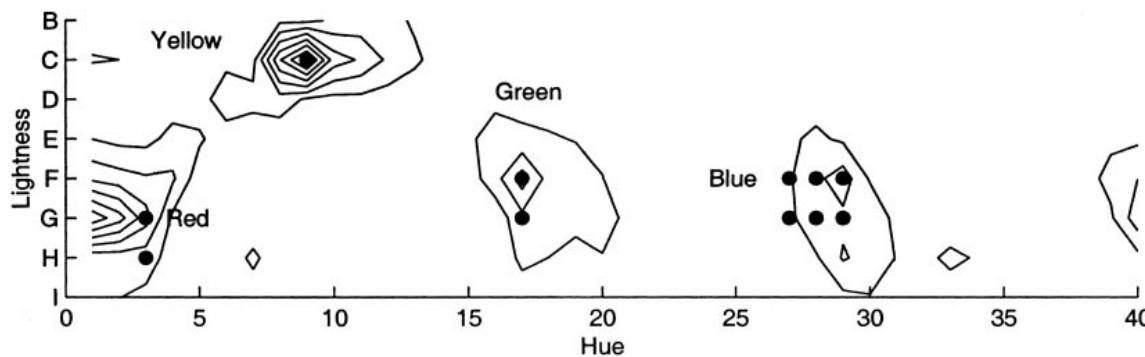
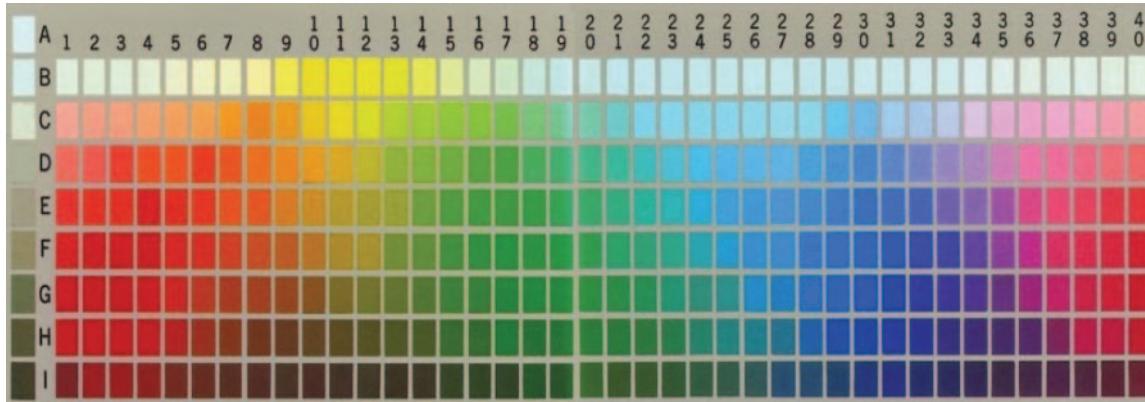


L: 75% / 61%  
M: 18% / 33%  
S: 7% / 6%

Zhang, 2019

# Nachtrag

## Linguistische Relativierung in der Farbwahrnehmung



Berlin, Kay; 1969  
Regier, Kay; 2005