

# Lexikalische Semantik

Exkurs: Die Semantik von Farbwörtern

*basierend auf Lehrmaterial von Reinhard Blutner*

# Farben

- Naïve Frage:
  - Wie sehen wir den Regenbogen?
  - Wie viele Farben hat er?
  - Kontinuierlich oder diskret?



100% ←

→ 0%



# Weitere Fragen: Lichtwellen und Farbwahrnehmung

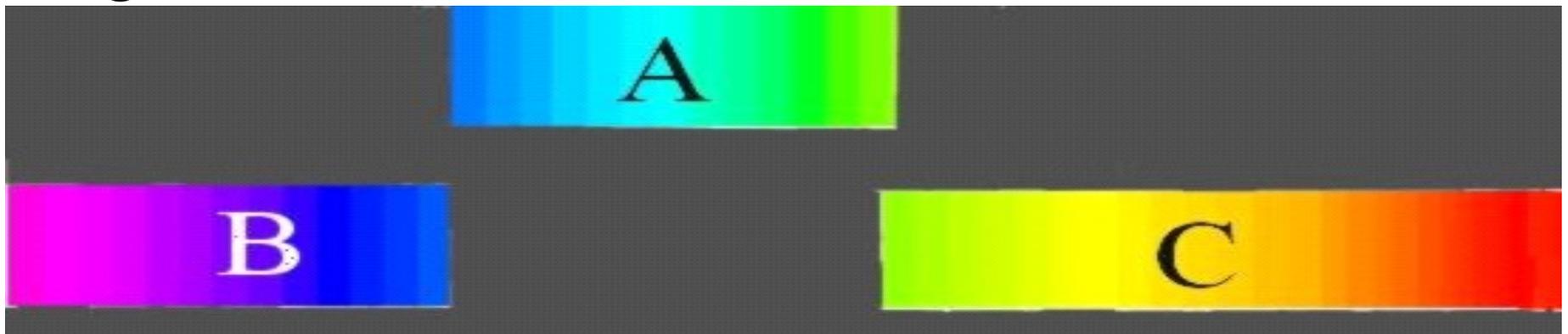
- Was ist Verhältnis von Lichtwelleneinwirkung auf Netzhaut und subjektiver Farbwahrnehmung?
- Welche physiologischen Mechanismen spielen bei der Farbwahrnehmung eine Rolle?

# Weitere Fragen

- Beeinflusst unser Farbvokabular unsere Farbwahrnehmung?



- Kann jede Aufteilung des Farbspektrums auf natürliche Weise auf ein System von Farbwörtern abgebildet werden?

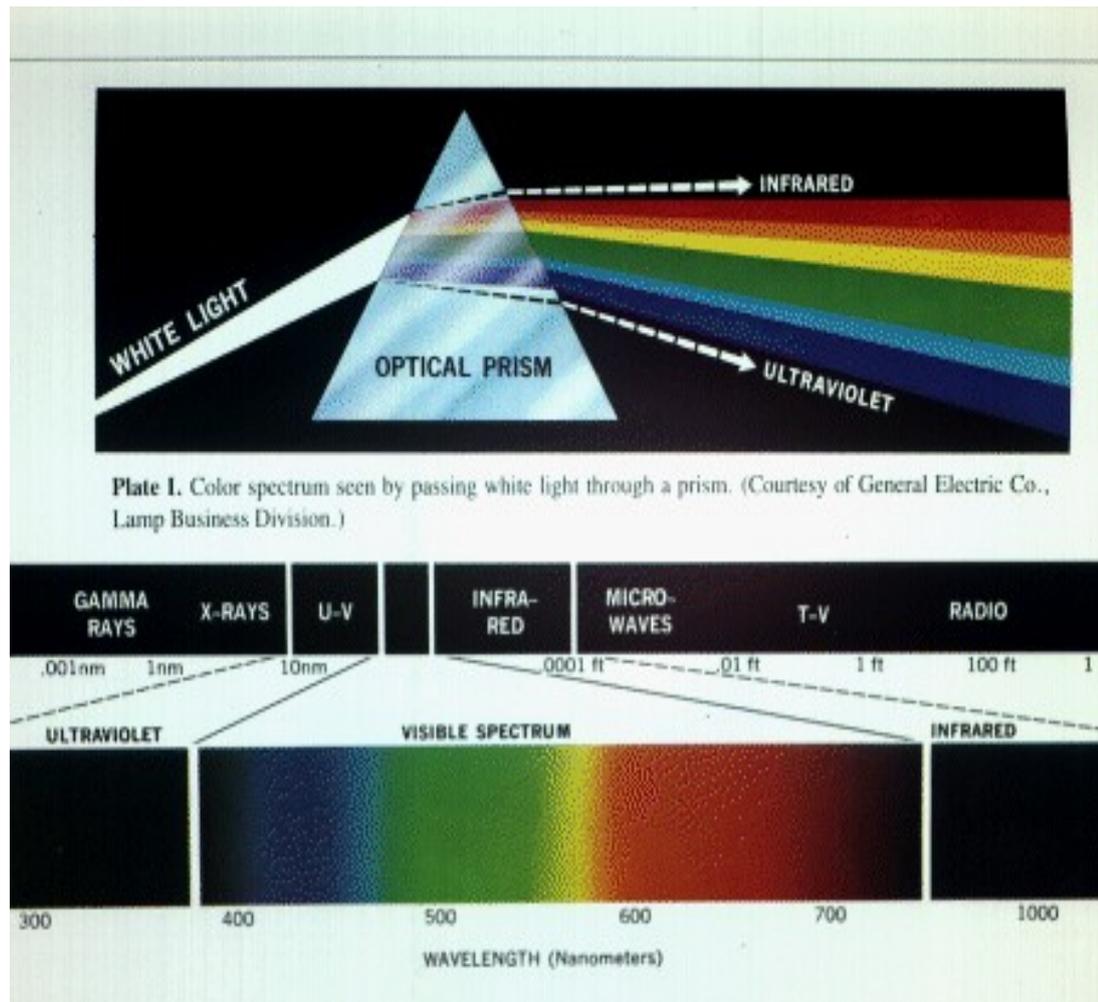


# Farb-Physik

- Physikalisch gesehen bilden die Farben ein **Spektrum**: Intensität des Lichtes an jeder Wellenlänge

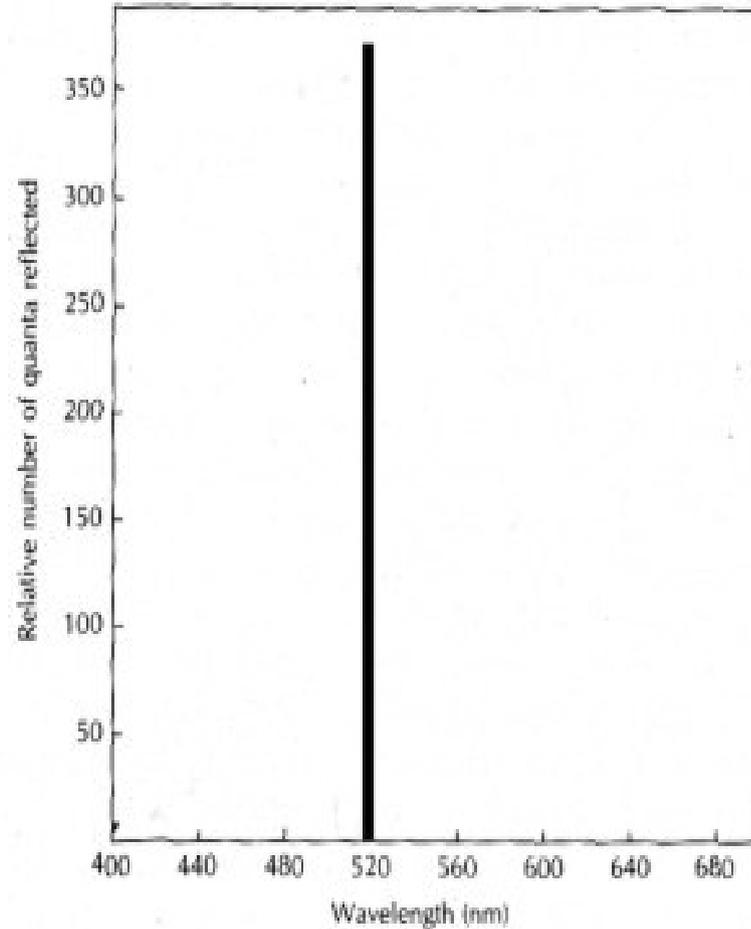
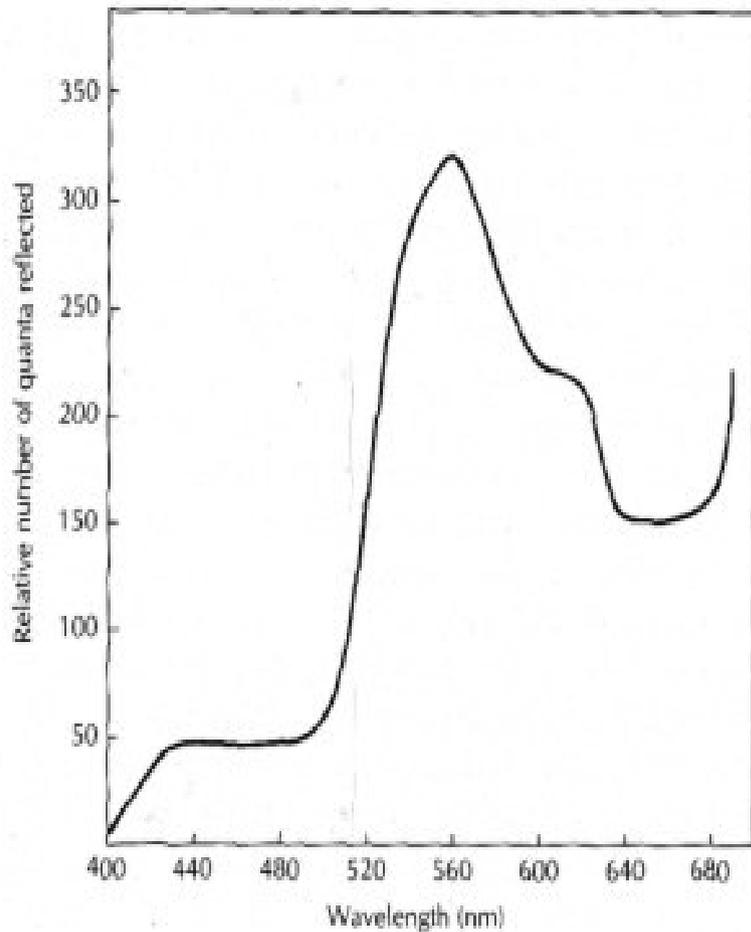


# Sonnenlicht



- Hat flaches Spektrum
- Alle Wellenlängen haben ungefähr gleiche Intensität
- Wird als *weiß* wahrgenommen

# Kann das Auge Spektre identifizieren?



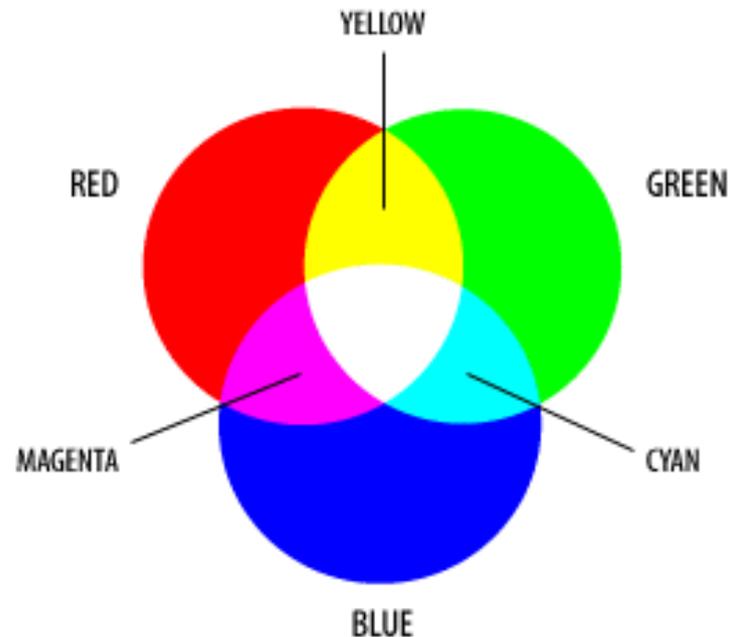
Spektra von Gras und von monochromatischem Grün

# Der Farbraum

- Experimente zeigen, dass Menschen alle Farben mit einer Kombination von drei Grundfarben identifizieren
- Computergraphik: üblicherweise **Rot (645,16 nm)**, **Grün (526,32 nm)** und **Blau (444,44 nm)**
- *Farbraum*: Menge aller Farben, die ein Gerät (Drucker, Monitor, Film...) produzieren kann
- Hängt von Gerät ab
- Transformationen zwischen verschiedenen Farbräumen sind möglich

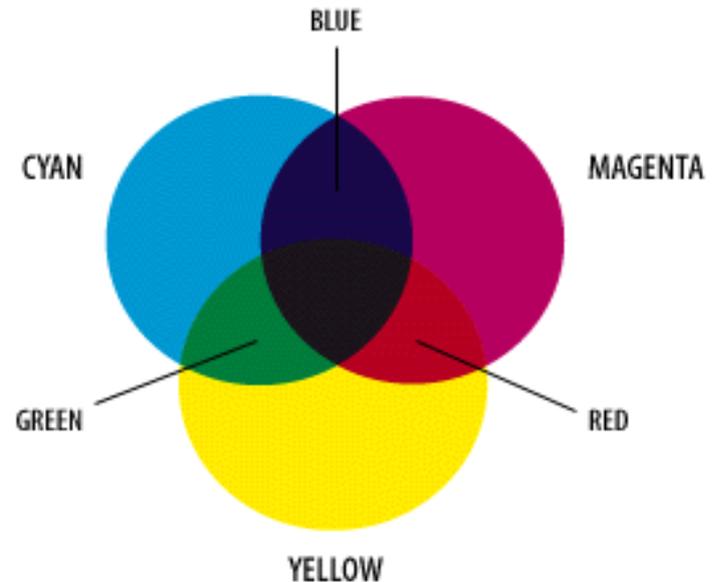
# Das **R****G****B**-Modell (additiver Farbraum)

- 1931 von Wiener Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) definiert: **Rot** (645,16nm), **Grün** (526,32nm) and **Blau** (444,44nm).
- Additives Modell:  
Weiß entsteht durch *Addition* der drei Grundfarben



# Das CMY-Modell (subtraktiver Farbraum)

- Während Monitore Licht emittieren, absorbiert bzw. reflektiert bedrucktes Papier Licht
- Cyan, magenta und gelbe Pigmente *subtrahieren* rotes, gelbes und blaues Licht von Weiß



## Conversions between **RGB** and **CMY**

**RGB → CMY**

$$C = 1 - R$$

$$M = 1 - G$$

$$Y = 1 - B$$

In general

$$\begin{pmatrix} c \\ m \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

**CMY → RGB**

$$R = 1 - C$$

$$G = 1 - M$$

$$B = 1 - Y$$

$$\begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c \\ m \\ y \end{pmatrix}$$

RGB				CMY		
0	0	0		255	255	255
255	0	0		0	255	255
0	255	0		255	0	255
0	0	255		255	255	0
255	255	0		0	0	255
0	255	255		255	0	0
255	0	255		0	255	0
255	255	255		0	0	0
153	102	51		102	153	204
204	153	51		51	102	204

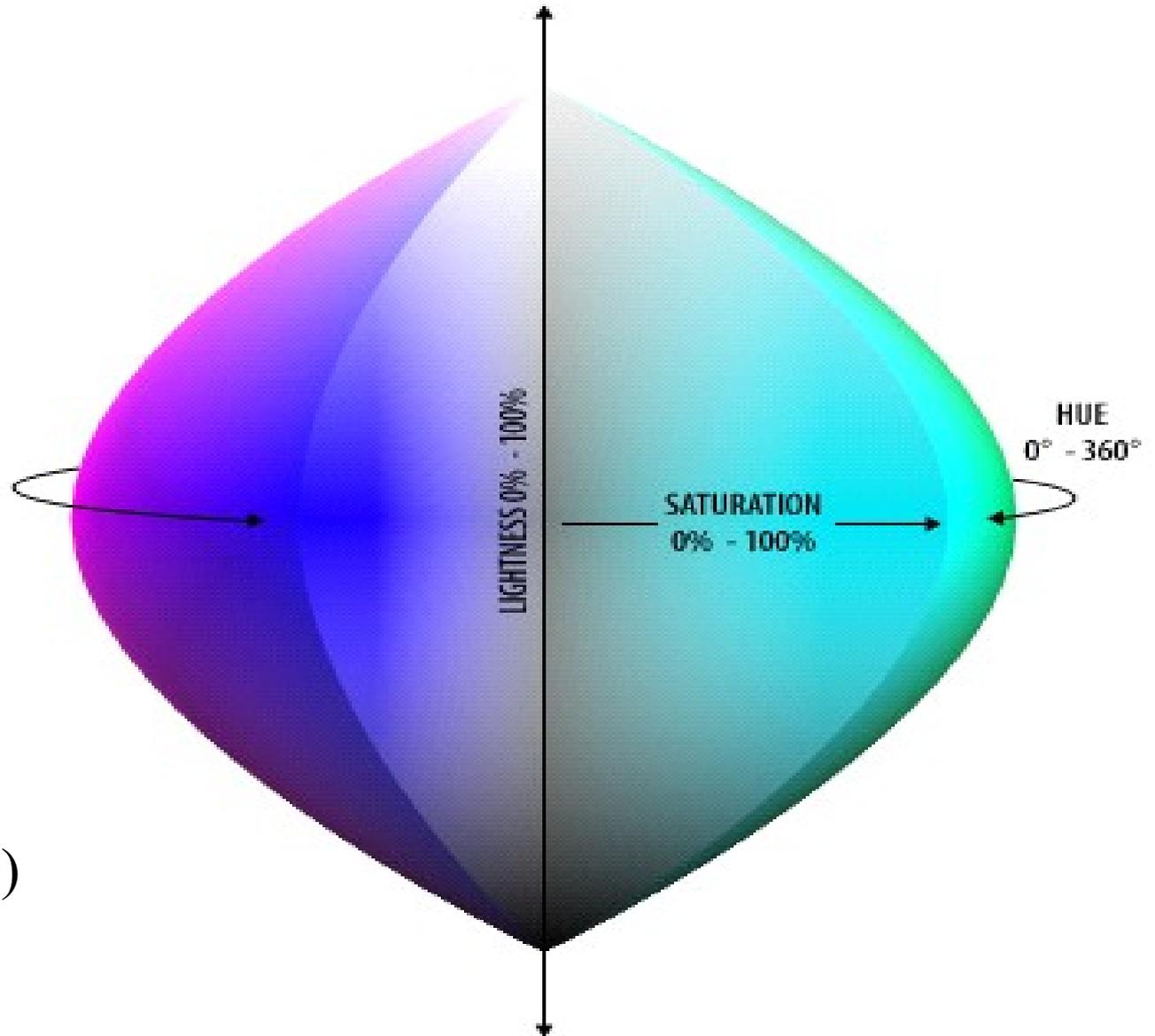
# Probleme mit RGB und CMY

- Nicht der Introspektion zugänglich
- Perzeptuell nicht-linear (der selbe Abstand im RGB-Raum kann manchmal wahrnehmbar, manchmal nicht wahrnehmbar sein)

# Diverse Farbräume

- Computermonitor, Farbfernseher: RGB
- Farbdrucker etc: CMY
- Psychologische Farbwahrnehmung:
  - Helligkeit
  - Farbton
  - Farbsättigung

# Der HSL-Farbraum



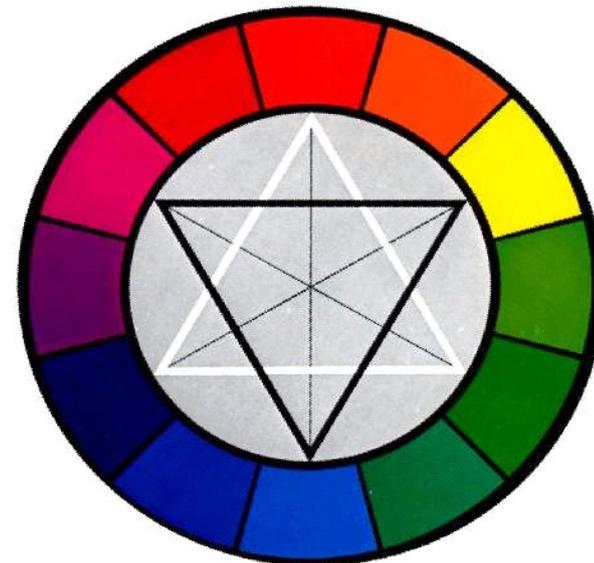
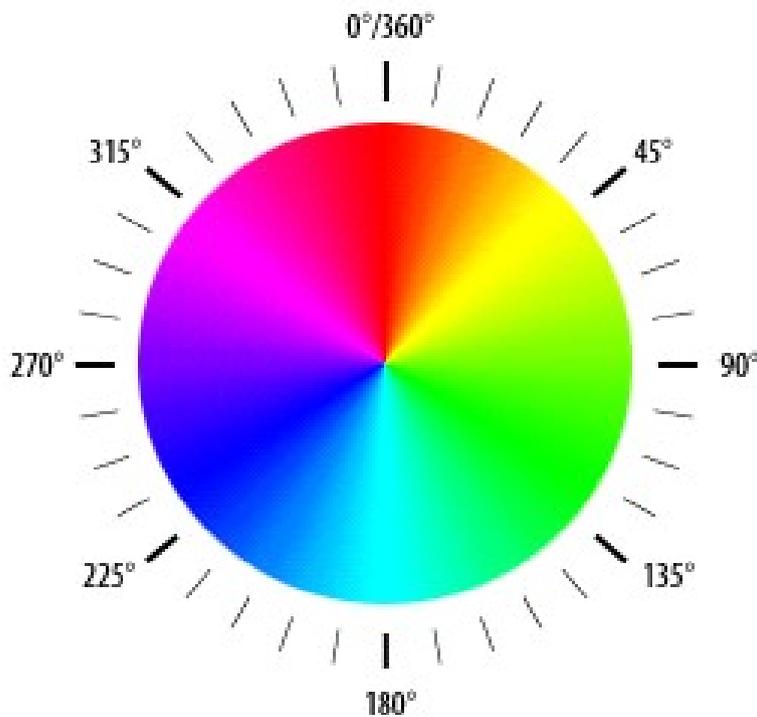
H = Farbton (Hue)

S = Sättigung (Saturation)

L = Helligkeit (Luminance)

# Farbton

Der Farbton definiert die Grundfarbe: Rot, Grün, Gelb, Orange, Lila usw. Im HSL-Farbraum entspricht ihm ein bestimmter Winkel auf einem Farbkreis. Im RGB-Raum entspricht einem bestimmten Farbton ein festes Verhältnis der Intensität der Grundfarben.



# Farb-Sättigung

Parameter, der die Intensität einer Farbe kontrolliert. Verringerung der Sättigung verringert den Kontrast zwischen den Primärfarben im RGB-Raum und nähert die Farbe dem Grau an. Im HSL-Raum entspricht die Sättigung dem Abstand eines Punktes von der Zentralachse.

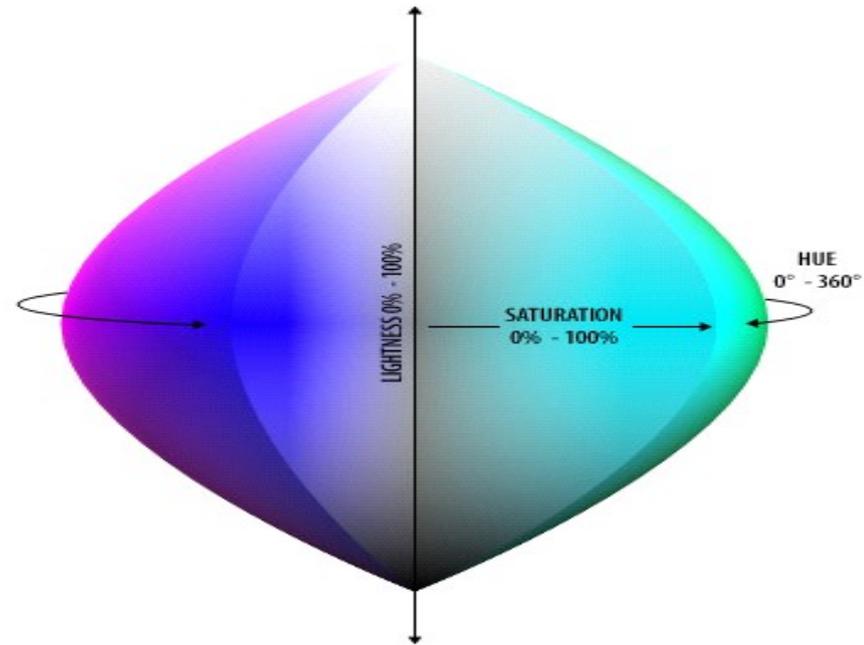
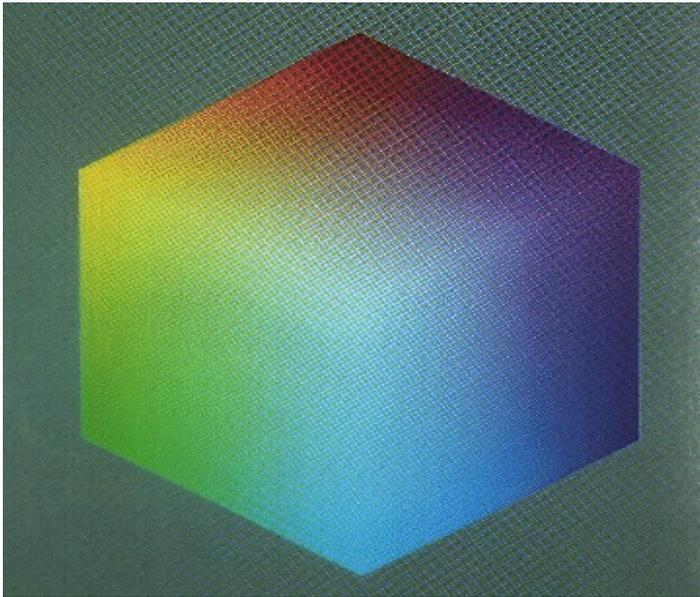


# Helligkeit

Verringerung der Helligkeit entspricht einer Reduktion der Intensität der Primärfarben bei konstantem numerischen Verhältnis.



# Konversion zwischen RGB und HSL



$$H = \arctan2(x,y)/(2 \pi); \quad S = \sqrt{(x^2+y^2)}; \quad L = (R+G+B)/3;$$

wobei  $x = R-(G+B)/2$ ;  $y = 0.866(G-B)$

# Munsell-Farbraum

Diskreter Farbraum, in dem metrischer Abstand der perzeptuellen Differenz entspricht.

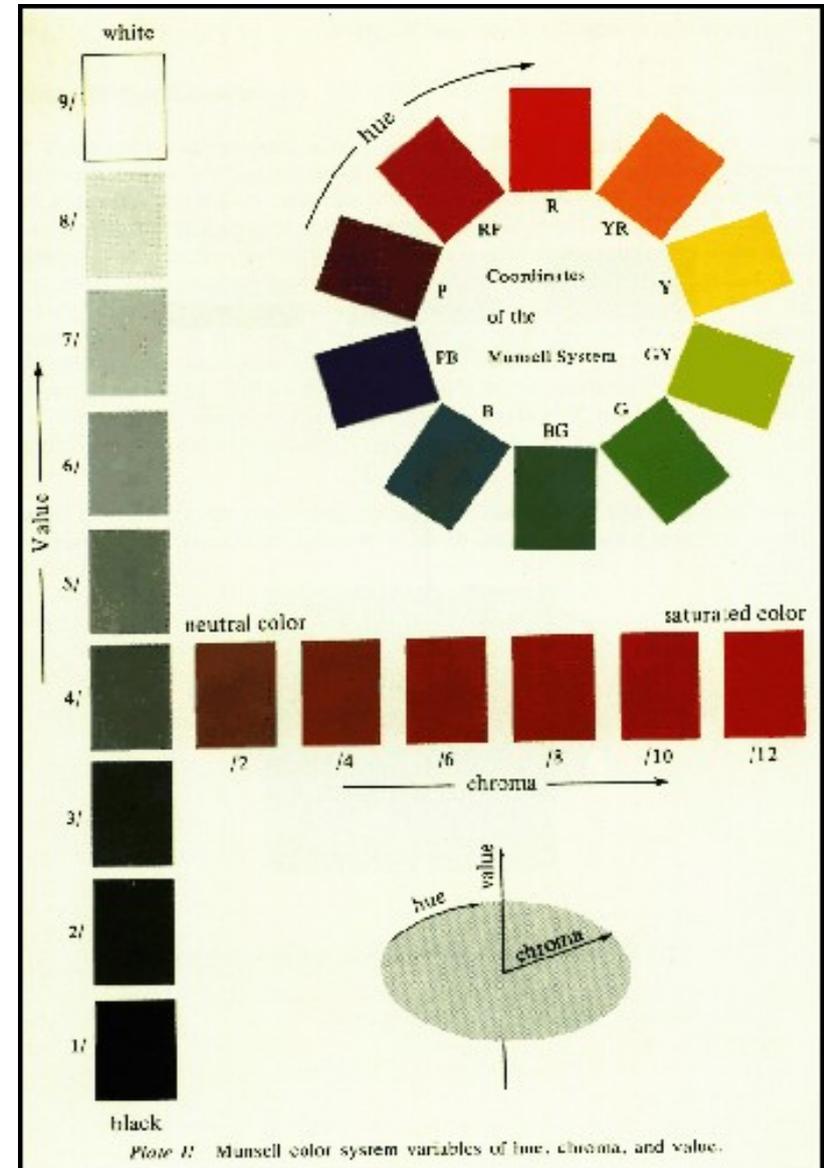
Attribute (wie in HSL):

*Munsell Hue* (H) – Farbton

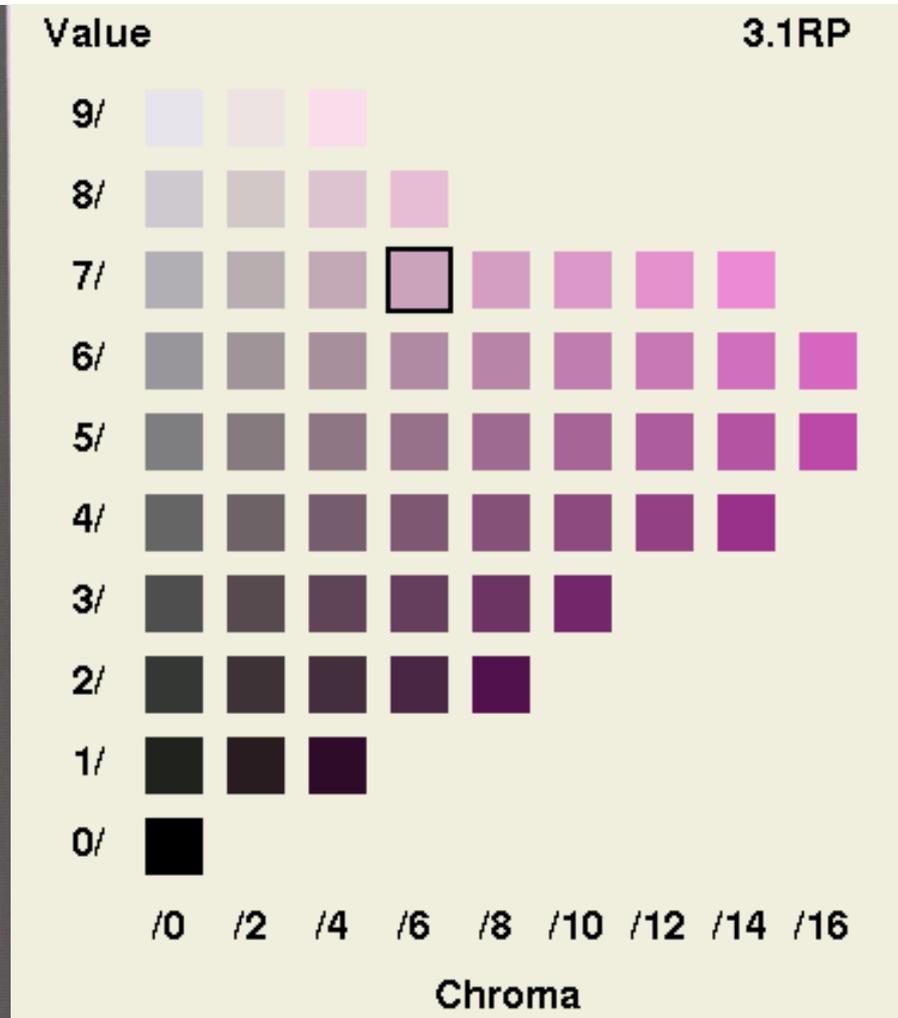
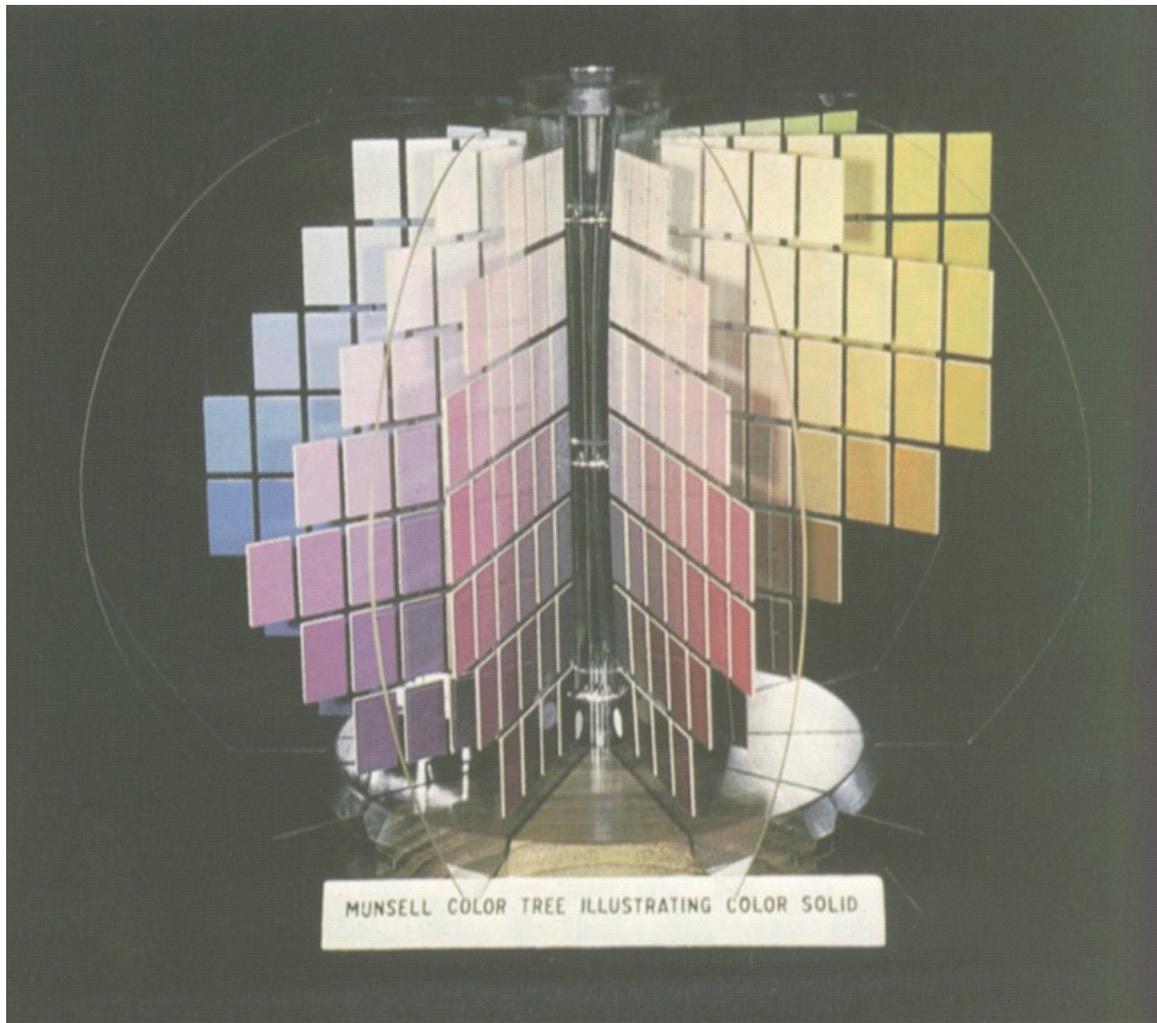
*Munsell Chroma* (C) – Sättigung

*Munsell Value* (V) – Helligkeit

Standard-Referenzschema für viele empirische Untersuchungen zur Farbwahrnehmung.

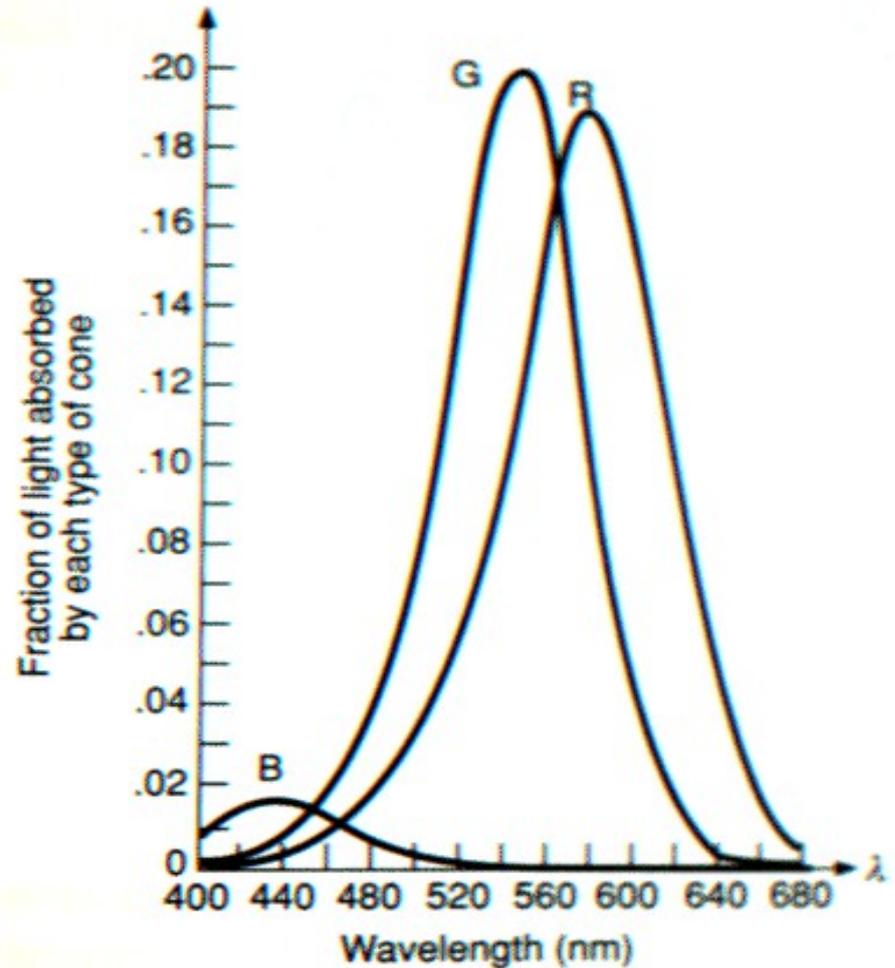


# Munsell Farb-Baum



# Trichromatizität

- Farbwahrnehmung (u.a.) durch Zapfen (photo-empfindliche Zellen in der Netzhaut)
- Drei Arten von Zapfen – unterschieden durch Spektrum der Lichtempfindlichkeit



# Vor- und Nachteile der Trichromatizitäts-Hypothese

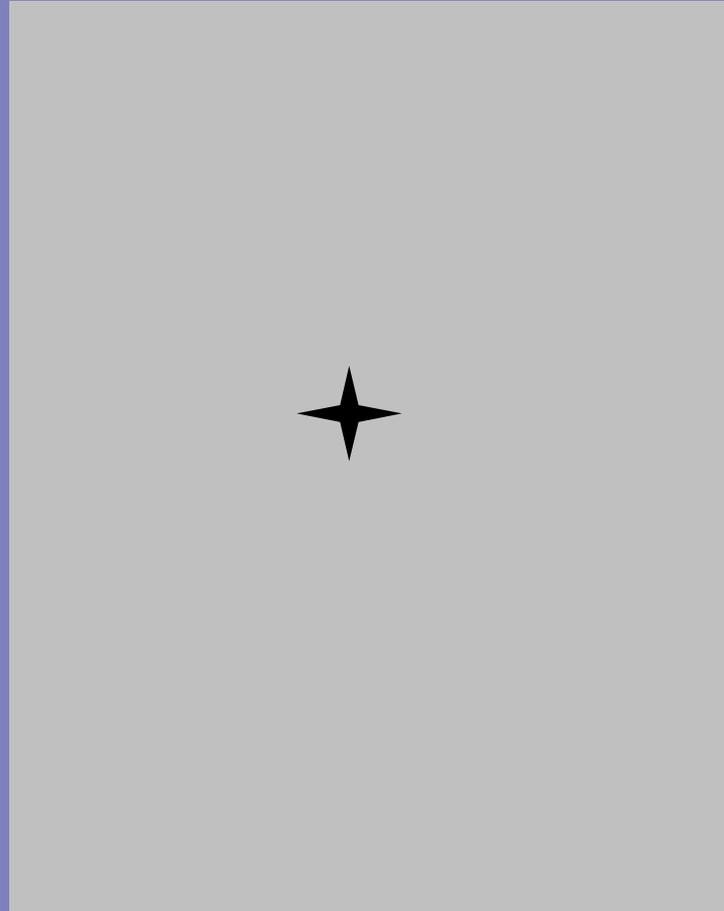
- Vorteile:
  - Physiologisches Korrelat (Zapfen in Retina)
  - Erklärt, warum alle Farben im RGB-Modell dargestellt werden können
- Nachteile
  - Kann Phänomen der Komplementärfarben nicht erklären

# Komplementärfarben



Schauen Sie starr auf den Stern in der Mitte des Bildes!

# Komplementärfarben



Schauen Sie starr auf den Stern in der Mitte des Bildes!

# Komplementärfarben

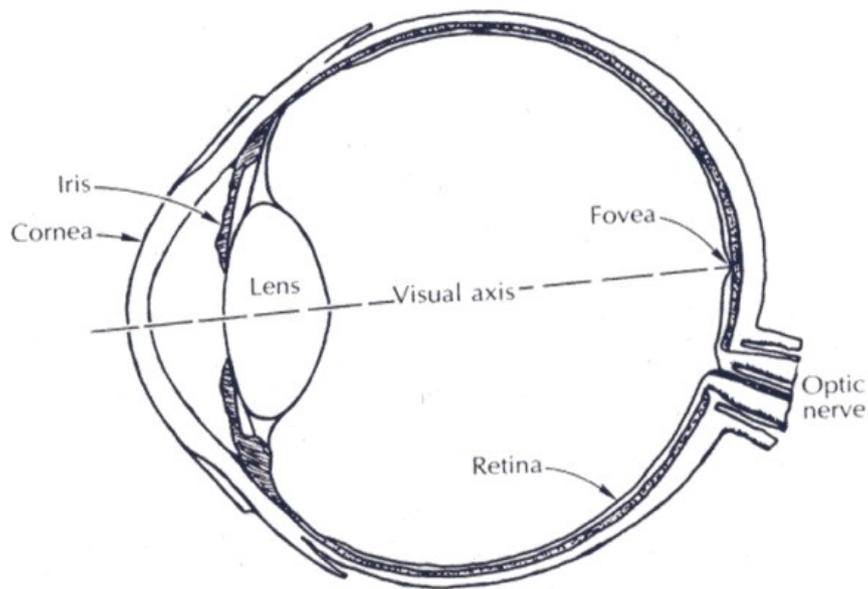
- Menschen haben Intuitionen über mögliche Farbmischungen:
  - Gelbliches Grün
  - Grünliches Gelb
  - Bläuliches Rot usw.
- Aber:
  - Es gibt kein rötliches Grün, grünliches Rot, gelbliches Blau oder bläuliches Gelb!
- Komplementärfarben lassen sich nicht mischen.

# Tetrachromatizität

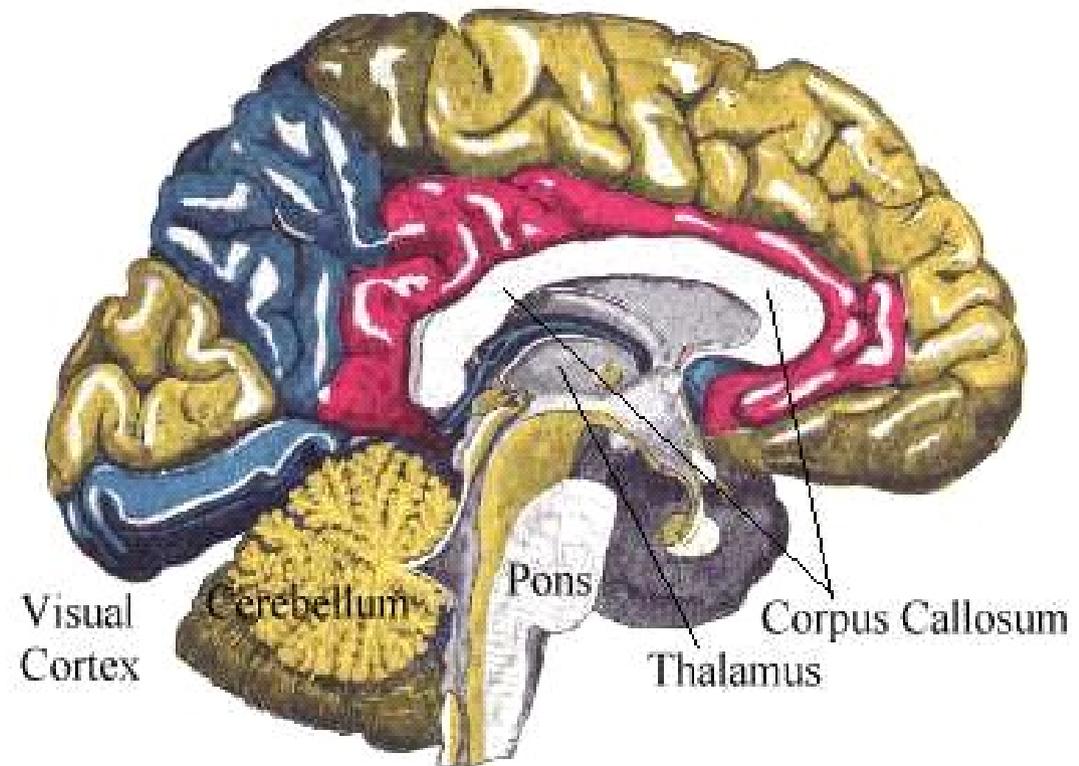
- Hering (1875): Farbwahrnehmung basiert auf drei Oppositionen:
  - Rot – Grün
  - Gelb – Blau
  - Hell – Dunkel
- Ebenfalls drei-dimensionaler Raum!

# Physiologie der Farbwahrnehmung

(A) Retina (Netzhaut)  
*Trichromatizität*

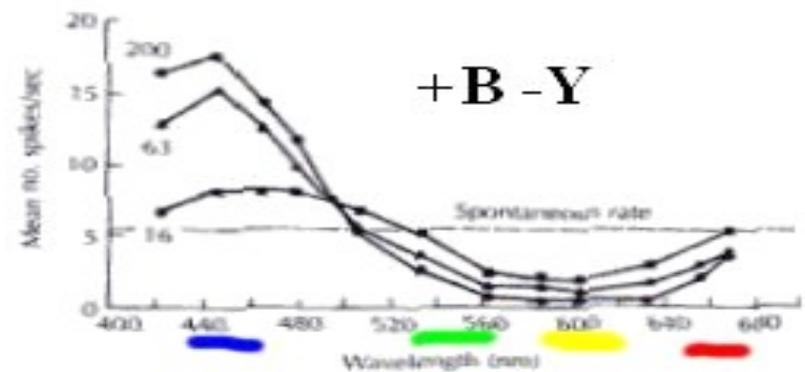
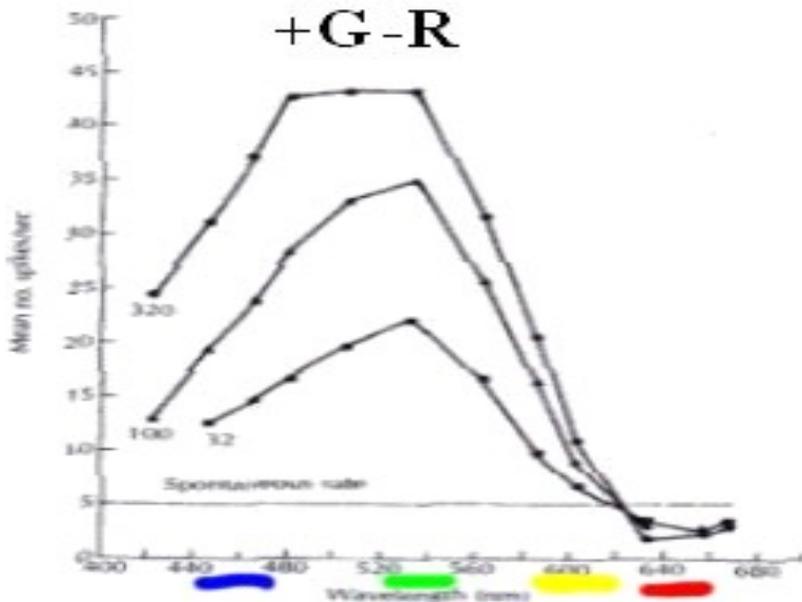
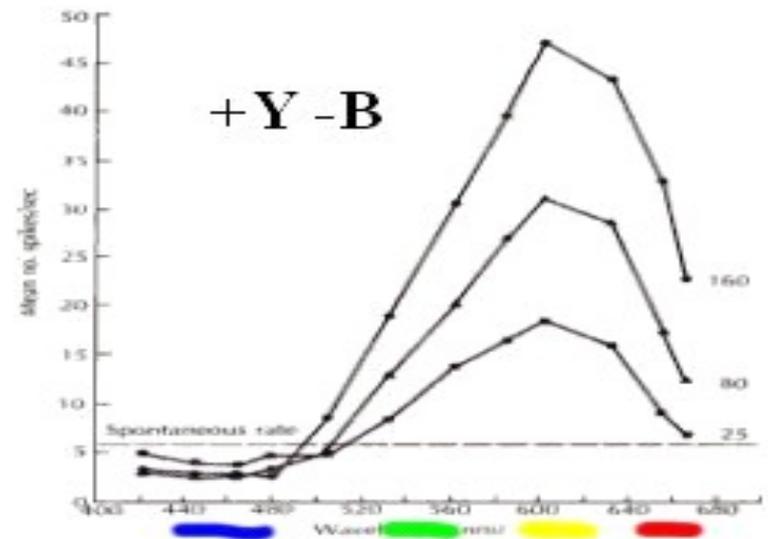
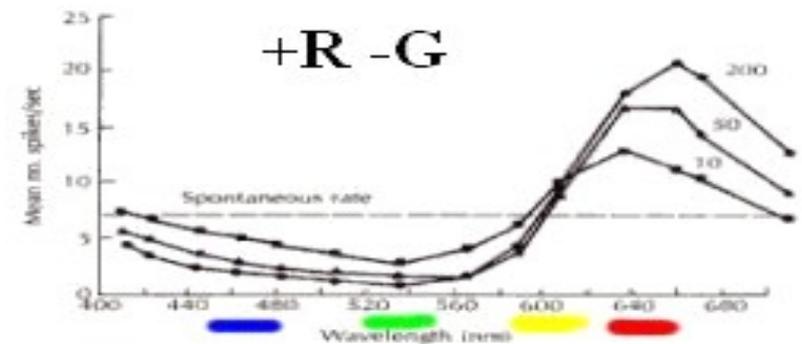


(B) visueller Kortex  
*Tetrachromatizität*



# Vier Arten opponierender Zellen im LGN von Makaken

*LGN = lateral geniculate nucleus*



# Zusammenfassung Farbräume

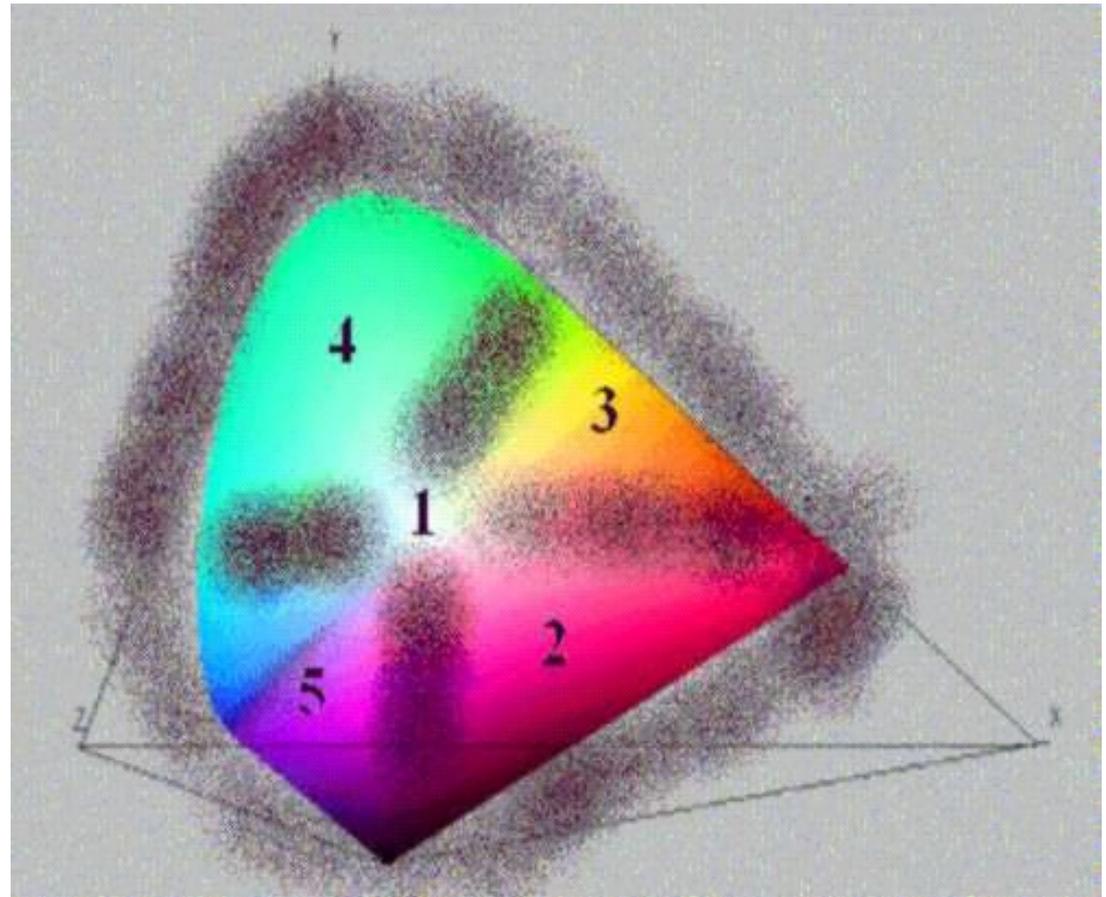
- RGB-Modell hat Korrelat in Netzhaut-Zellen
- Herings Modells hat Korrelat in visuellem Kortex
- Herings Modell und HSL-Farbraum sind direkt isomorph
- HSL entspricht psychologischer Realität am besten

# Zusammenfassung Farbräume

- Wichtiger Aspekt von Herings Tetrachromatizität:
  - Rot, Grün, Gelb, Blau sind Grundfarben mit speziellem Status
  - Psychologisch belegt: Grundfarben lassen sich leichter merken als andere Farben

# Farbwörter

- Farbkategorien zerlegen den Farbraum in z.T. überlappende Teilmengen
- Farbkategorien sind Prototyp-Kategorien

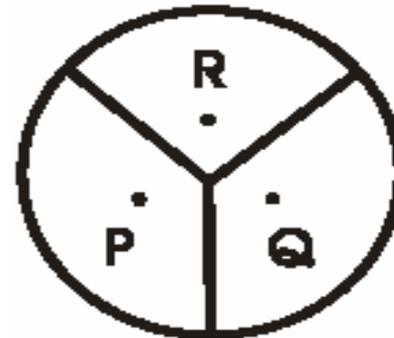
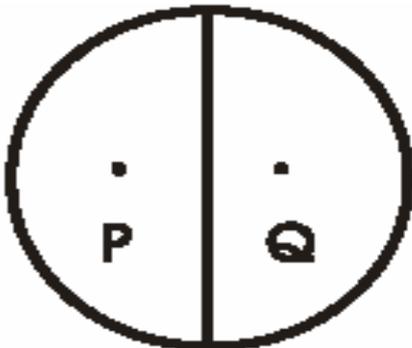


# Prototypen

- Manche Farben sind bessere Beispiele für eine Farbkategorie als andere
- Normalerweise ein optimales Beispiel für eine Farbkategorie (“Prototyp”)
- Je weiter eine Farbe vom Prototyp im Farbraum entfernt ist, umso schlechteres Beispiel ist sie
- Grenzen von Farbkategorien sind unscharf

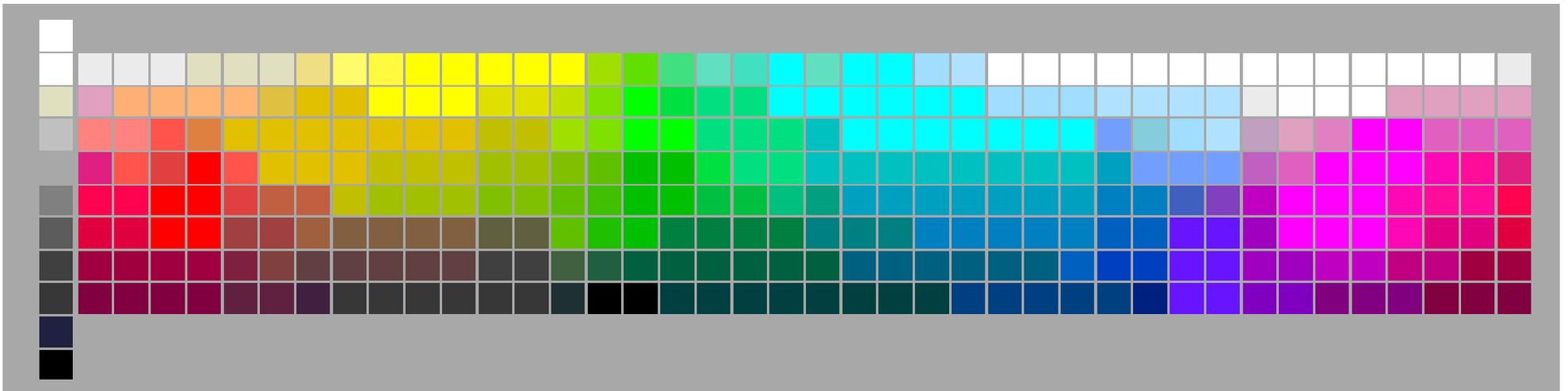
# Voronoi-Fliesung

- Definiert eine Partition eines (abstrakten) Raumes auf der Basis von Prototypen
- Kategorien ändern sich, wenn neue Prototypen hinzutreten
- So definierte Kategorien bilden konvexe Teilräume (vgl. Gärdenfors)



# Berlin und Kay (1969)

- Vergleich des Farbwortinventars in verschiedenen Sprachen
  - Fokus auf **einfachen** Farbwörtern (ein Morphem, keine junge Entlehnung, Allgemeinwortschatz...)
  - Fokus auf typische Elemente einer Kategorie (nicht auf die Kategorien-Grenzen)
  - Benutzung von Munsell-Chips



# Farb-Grundwortschatz

Türkis, rot, orange, scharlach, gelb, zitronenfarben, blond, grün, blau-grün, blau, bläulich, rosa, braun, grau, schwarz, weiß

- Mono-lexematisch (\*zitronenfarben, \*blau-grün)
- Extension überlappt nicht mit anderen Farbwörtern (türkis: blau, scharlach: rot)
- Anwendbarkeit nicht auf kleine Klasse von Objekten beschränkt (blond: Haar)
- Psychologisch salient für die Informanten (\*scharlach)

# Farb-Grundwortschatz

Türkis, rot, orange, scharlach, gelb, zitronenfarben, blond, grün, blau-grün, blau, bläulich, rosa, braun, grau, schwarz, weiß

- Mono-lexematisch (\*zitronenfarben, \*blau-grün)
- Extension überlappt nicht mit anderen Farbwörtern (türkis: blau, scharlach: rot)
- Anwendbarkeit nicht auf kleine Klasse von Objekten beschränkt (blond: Haar)
- Psychologisch salient für die Informanten (\*scharlach)

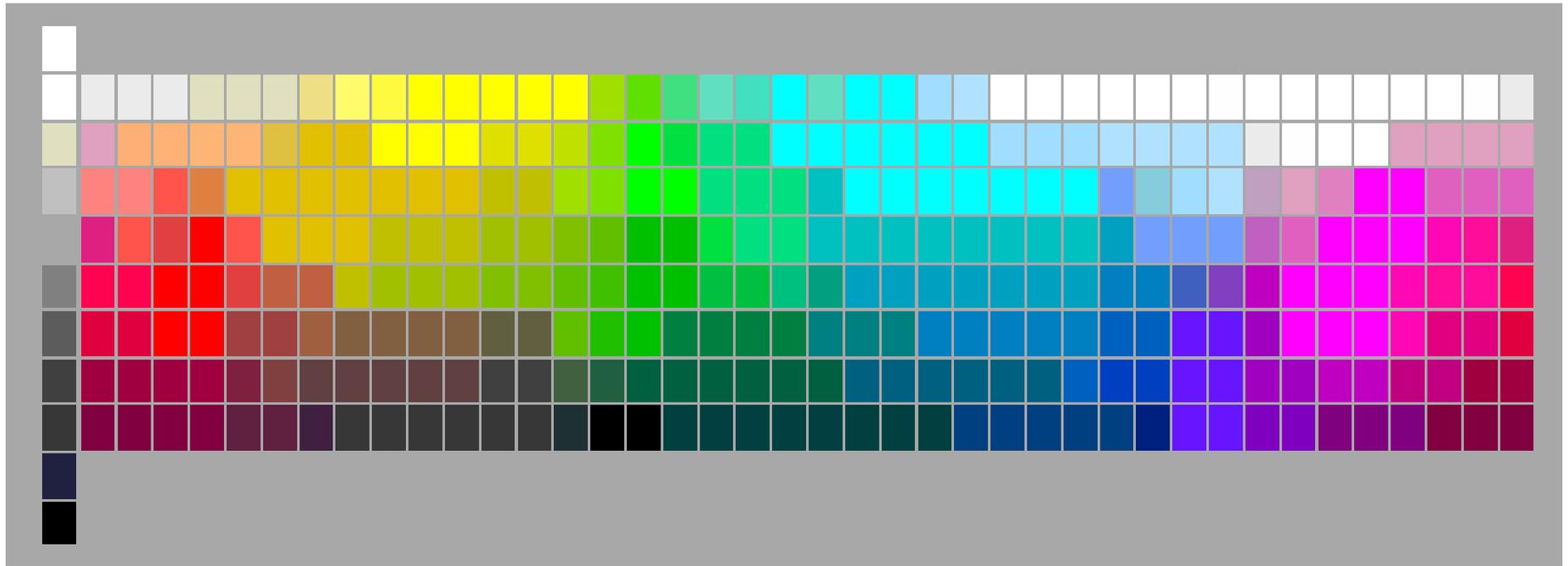
Im Deutschen 11 Farb-Grundwörter:

*schwarz, weiß, rot, grün, gelb, blau, grau, orange, lila, rosa, braun*



# Methode

- 98 Sprachen wurden untersucht
- Informanten wurden gebeten,
  - die Grundfarbwörter ihrer Sprache anzugeben, und
  - sowohl die fokalen Punkte als auch die äußeren Begrenzungen jedes dieser Wörter auf einer Munsell-Tafel anzugeben



40 “gleich große” Farbraum-Abstände

8 Helligkeitsgrade

alle 320 Farben haben maximale Sättigung

daneben 9 Chips mit neutralem Farbton (Weiß-Grau-Schwarz)

# Ergebnisse (1969)

- Fast alle Sprachen haben zwischen 2 und 11 (selten 12) Grundfarbwörter
- Alle Sprachen mit 11 Farbwörtern haben



- Sprachen mit 11(12) Farbwörtern: *Arabisch, Bulgarisch, Englisch, Deutsch, Hebräisch, Ungarisch (12!), Japanisch, Koreanisch, Russisch (12!), Spanisch, Zuni*

# Ergebnisse (1969)

- Wenn eine Sprache weniger als 11 Farbwörter hat, gibt es starke Restriktionen:
  - Nur 22 verschiedene Sprachwortschätze
  - Kann durch 7 *implikative Universalien* beschrieben werden

# Ergebnisse (1969)

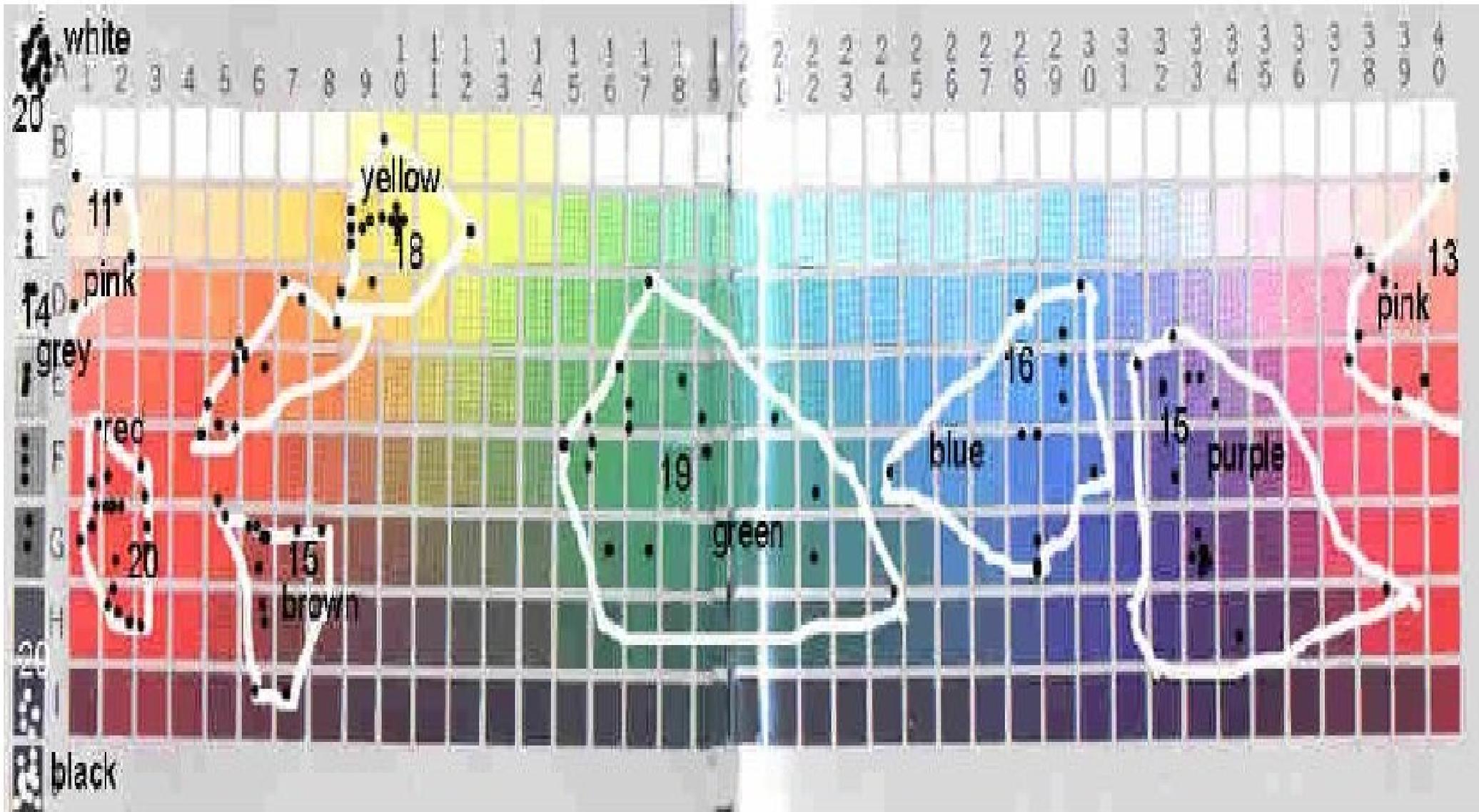
- (I) Alle Sprachen haben Wörter für *weiß* und *schwarz*
- (II) Wenn eine Sprache drei Farbwörter hat, dann hat sie ein Wort für *rot*
- (III) Wenn eine Sprache vier Farbwörter hat, dann hat sie entweder ein Wort für *grün* oder für *blau*
- ...

# Ergebnisse (1969)

WHITE BLACK		< RED <	GREEN YELLOW	< BLUE <	BROUWN	PURPLE PINK ORANGE GREY
I	II	III/IV	V	VI	VII	
 		 			   	

# Ergebnisse (1969)

- Prototypen aller Grundfarbwörter aus allen Sprachen bilden diskrete Cluster
- Testpersonen sind sehr konsistent in Identifizierung der Prototypen, aber nicht in Identifizierung der Abgrenzungen
- Insgesamt 11 (!) Prototypen-Cluster



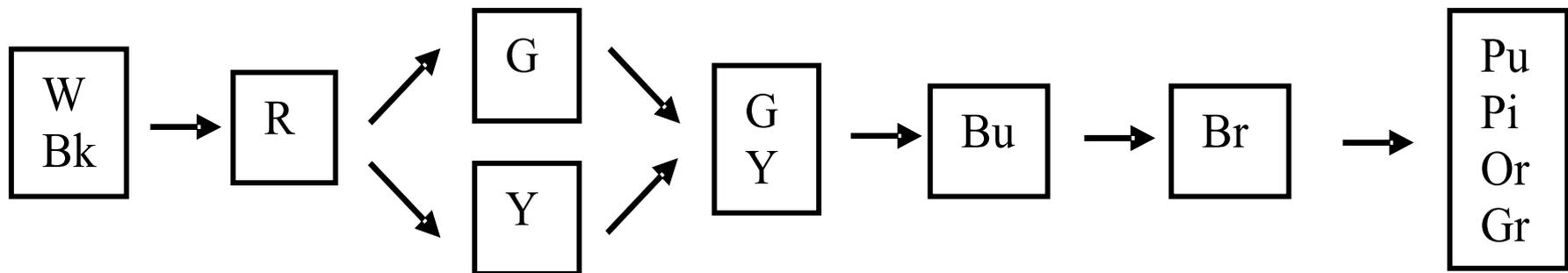
*Zahlen in Klammer geben Anzahl der Sprachen (von insgesamt 20) an, die Prototypen im jeweiligen Bereich haben.*

# Evolution des Farbwortschatzes

- Spekulation
  - Sprachen beginnen/begannen alle mit zwei Farbwörtern
  - Neue Farbwörter kommen allmählich hinzu
  - Grund-Farbwörter gehen im Sprachwandel nicht verloren
  - 11 Farbwörter ist Maximum

# Evolution des Farbwortschatzes

- Spekulation (Forts.)
  - Oben erwähnte 7 Sprachtypen entsprechen Stufen in diesem evolutionärem Ablauf



I

II

III

IV

V

VI

VII

# Schlussfolgerungen (1969)

- Sprachwahrnehmung ist unabhängig von Wortschatz
- Sprachwahrnehmung schränkt mögliche Kategorisierung ein
- Starke Evidenz gegen sprachlichen Relativismus (Sapir-Whorf-Hypothese)

# Spätere Revisionen

Kay & McDaniel (1978); Kay, Berlin, Maffi & Merrifield (1997);  
Kay & Maffi (1999)

- *Grau* tritt früher als in Stufe VII auf, manchmal schon in Stufe III (Mandarin, Hopi, Tsonga)
- Manche Sprachen unterscheiden *grün* und *blau* nicht, haben aber Wörter für “spätere” Farben, z.B. *Braun* (Bantu-Sprachen)
- Nur 6 eindeutige perzeptuelle Landmarken (statt der 11 Foki von B&K):
  - *Schwarz, weiß, rot, grün, gelb, blau*

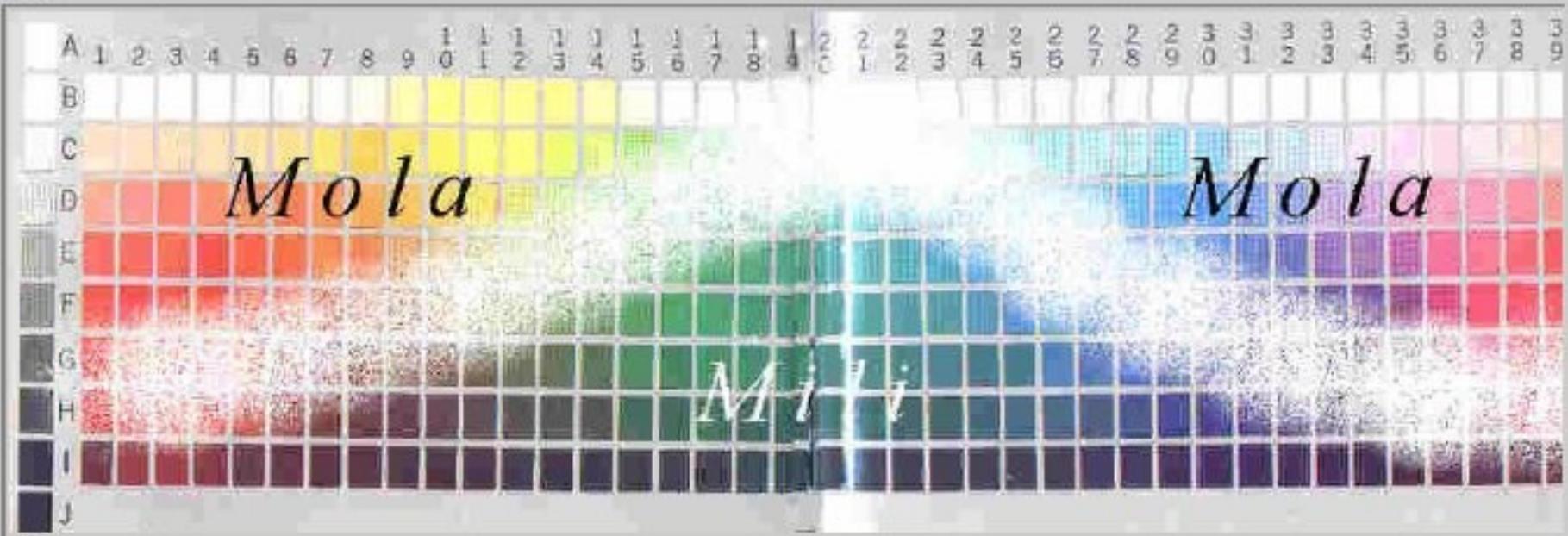
# Spätere Revisionen

- Entsprechen den Polen in Herings tetrachromatisches Modell
- Weitaus die meisten Grundfarbwörter in allen Sprachen denotieren eine oder mehrere dieser 6 Basisfarben
- Die Farbwörter in Zwei-Farb-Systemen bedeuten nicht einfach *schwarz* und *weiß*, sondern sie partitionieren den vollen Farbraum

B&K  
1969



Revision  
1978



*Dani (Sprache aus Neu-Guinea): Aufteilung des Farbraums in “warme” und “kalte” Farben*

# Spätere Revisionen

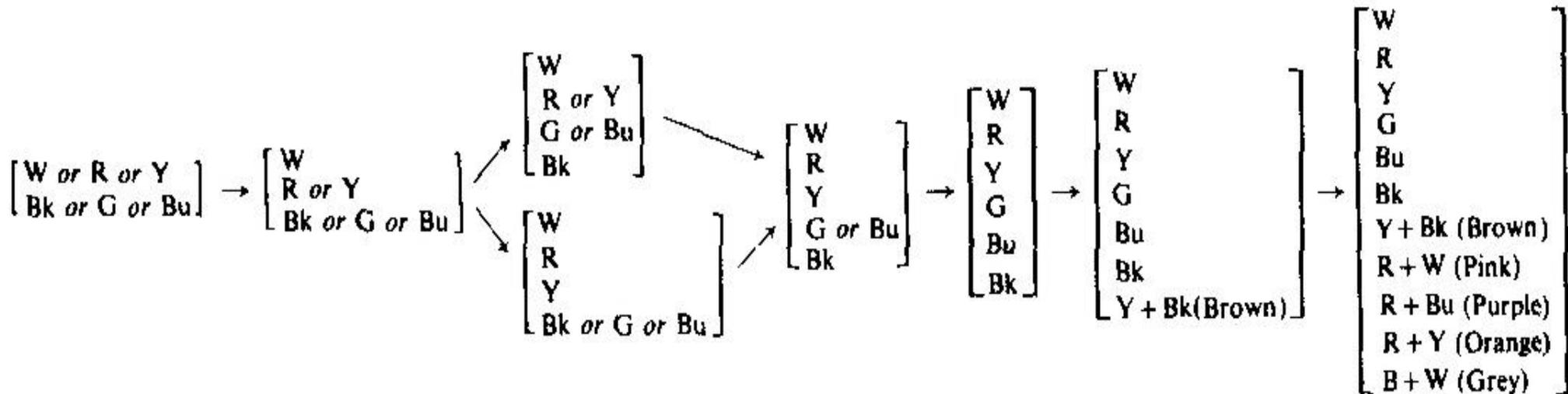
- Neben den 6 Grundfarben gibt es abgeleitete Farbkategorien (sog. *fuzzy intersection*) und zusammengesetzte Grundkategorien (wie “warme Farben”)

$$\text{Orange} = \text{Rot} \cap \text{Gelb}$$

$$\text{Warm} = \text{Rot} \cup \text{Gelb}$$

# Spätere Revisionen

- Jeder Farb-Grundwortschatz partitioniert den Farbraum. Evolutionäre Sequenzen gehen von gröberen zu feineren Partitionierungen



aus Kay & McDaniel (1978)