

Lexikalische Semantik

Exkurs: Die Semantik von Farbwörtern

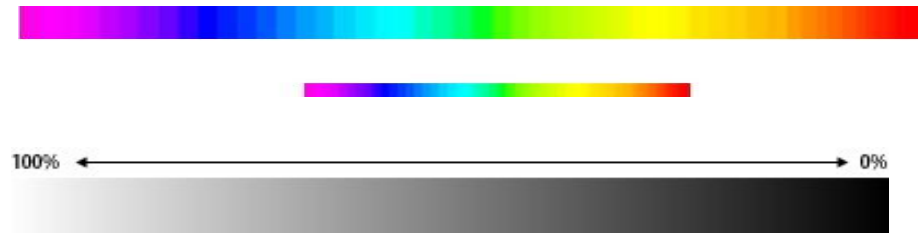
basierend auf Lehrmaterial von Reinhard Blutner

Weitere Fragen: Lichtwellen und Farbwahrnehmung

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

Farben

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



Weitere Fragen

- Beeinflusst unser Farbvokabular unsere Farbwahrnehmung?
- Kann jede Aufteilung des Farbspektrums auf natürliche Weise auf ein System von Farbwörtern abgebildet werden?

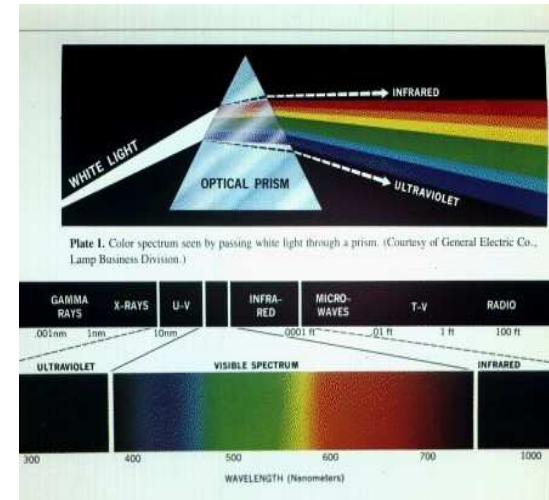


Farb-Physik

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

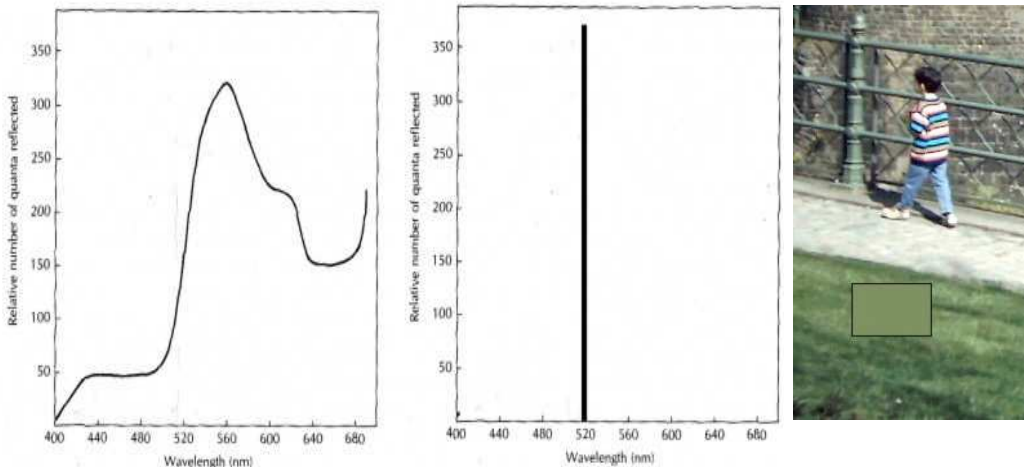


Sonnenlicht



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

Kann das Auge Spektra identifizieren?



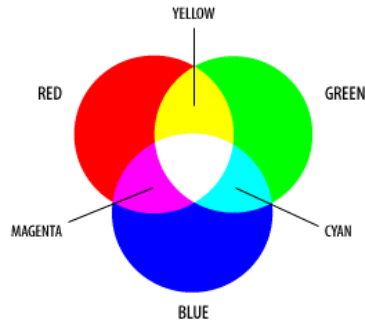
Spektra von Gras und von monochromatischem Grün

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

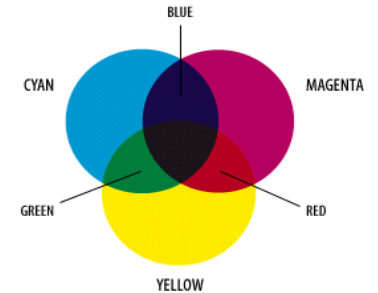
Das RGB-Modell (additiver Farbraum)

- 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

$$\begin{aligned} C &= 1-R \\ M &= 1-G \\ Y &= 1-B \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R &= 1-C \\ G &= 1-M \\ B &= 1-Y \end{aligned}$$

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

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 |

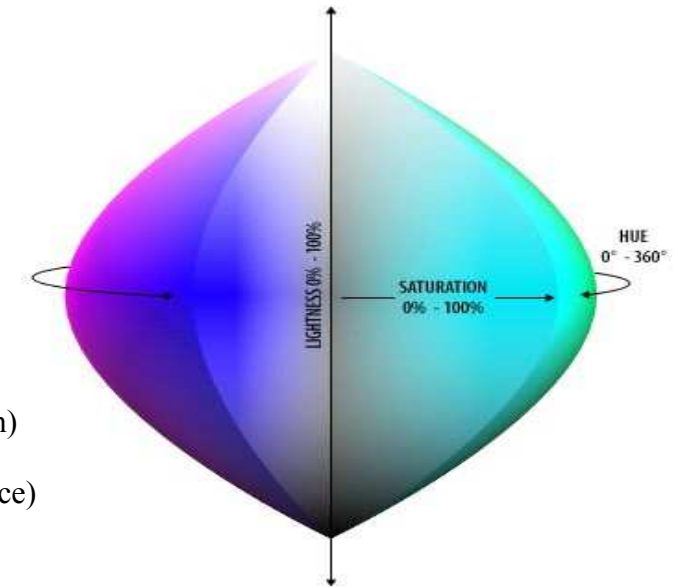
Probleme mit RGB und CMY

- 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

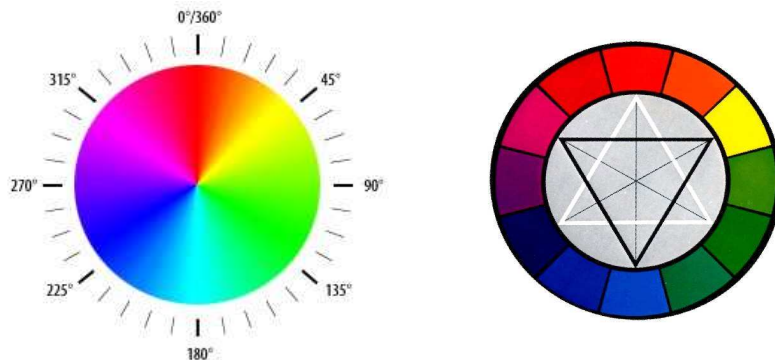
Der HSL-Farbraum



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.

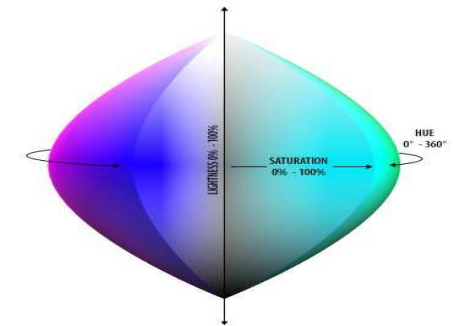
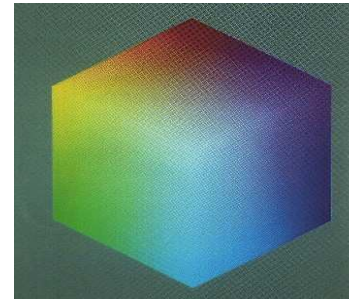


Helligkeit

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



Konversion zwischen RGB und HSL



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

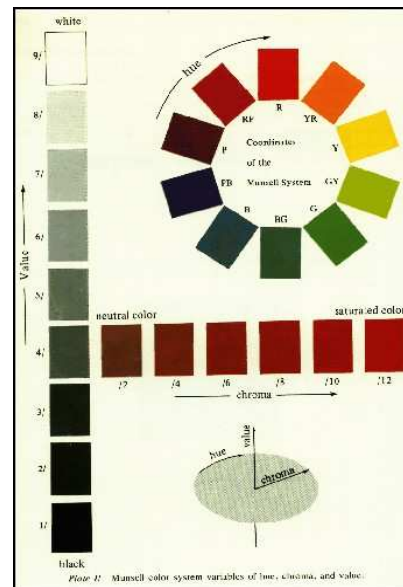
wobei $x = R - (G + B) / 2$; $y = 0.866(G - B)$

Munsell-Farbraum

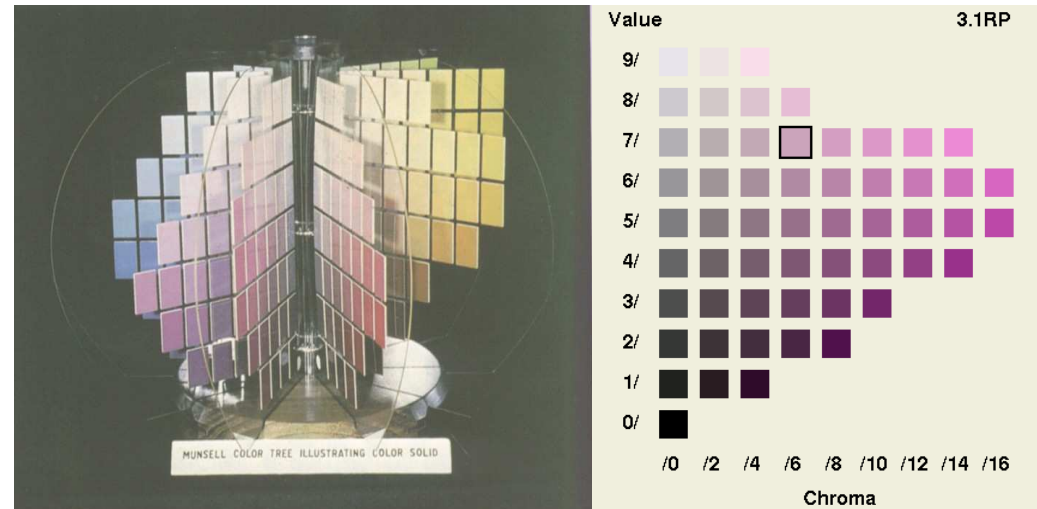
Diskreter Farbraum, in dem metrischer Abstand der perceptuellen Differenz entspricht.

Attribute (wie in HSL):
Munsell Hue (H) – Farbton
Munsell Chroma (C) – Sättigung
Munsell Value (V) – Helligkeit

Standard-Referenzschema für viele empirische Untersuchungen zur Farbwahrnehmung.

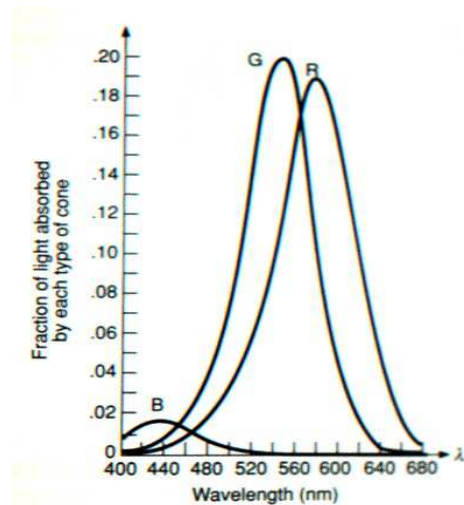


Munsell Farb-Baum



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

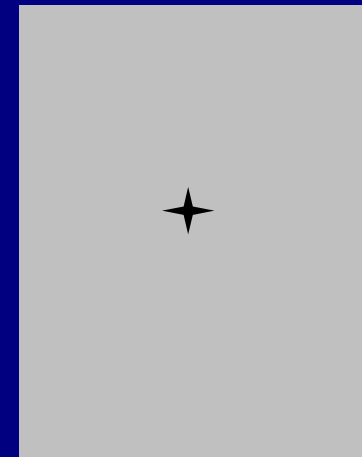
- Vorteile:
 - Physiologisches Korrelat (Zapfen in Retina)
 - Erklärt, warum alle Farben im RGB-Modell dargestellt werden können
- Nachteile:
 - Kann Phänomen der Komplementärfarben nicht erklären

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

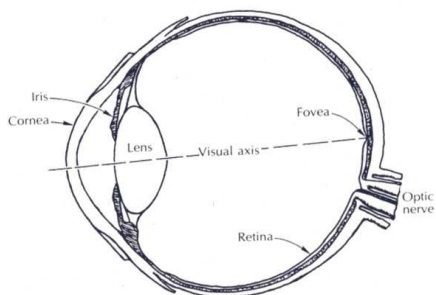
- Menschen haben Intuitionen über mögliche Farbmischungen:
 - Gelbliches Grün
 - Grünliches Gelb
 - Bläuliches Rot usw.
- Aber:
 - Es gibt kein rötliches Grün, grünliches Rot, gelbliches Blau oder bläuliches Gelb!
- Komplementärfarben lassen sich nicht mischen.

Tetrachromatizität

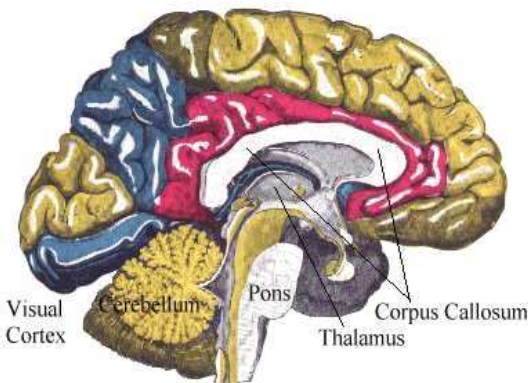
- Hering (1875): Farbwahrnehmung basiert auf drei Oppositionen:
 - Rot – Grün
 - Gelb – Blau
 - Hell – Dunkel
- Ebenfalls drei-dimensionaler Raum!

Physiologie der Farbwahrnehmung

(A) Retina (Netzhaut)
Trichromatizität

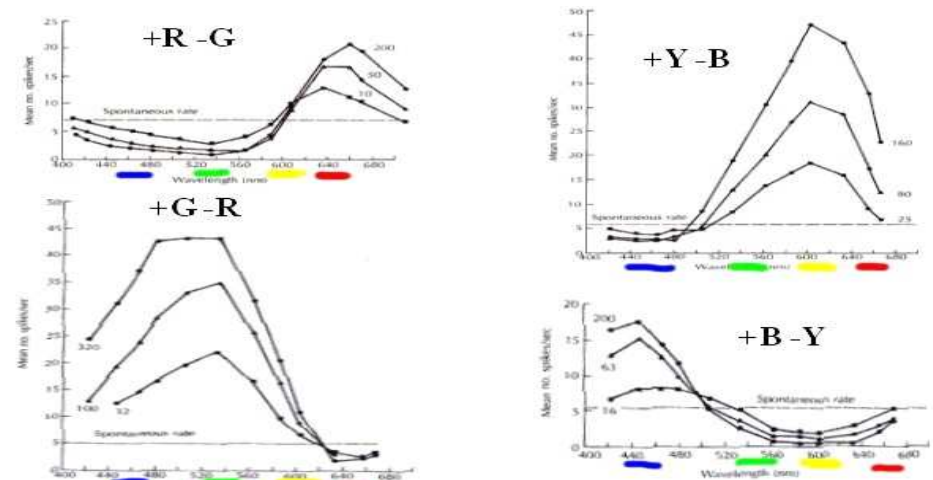


(B) visueller Kortex
Tetrachromatizität



Vier Arten opponierender Zellen im LGN von Makaken

LGN = lateral geniculate nucleus



Zusammenfassung Farbräume

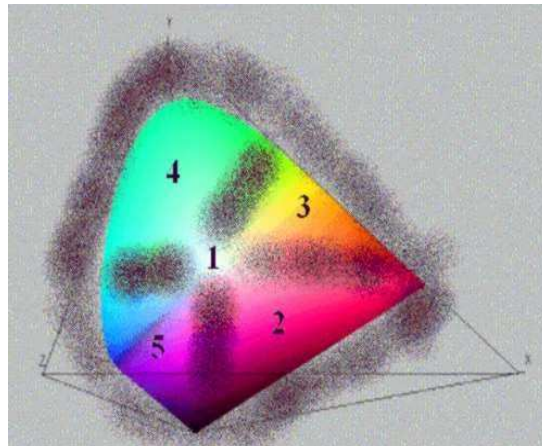
- RGB-Modell hat Korrelat in Netzhaut-Zellen
- Herings Modells hat Korrelat in visuellem Kortex
- Herings Modell und HSL-Farbraum sind direkt isomorph
- HSL entspricht psychologischer Realität am besten

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, ein 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)



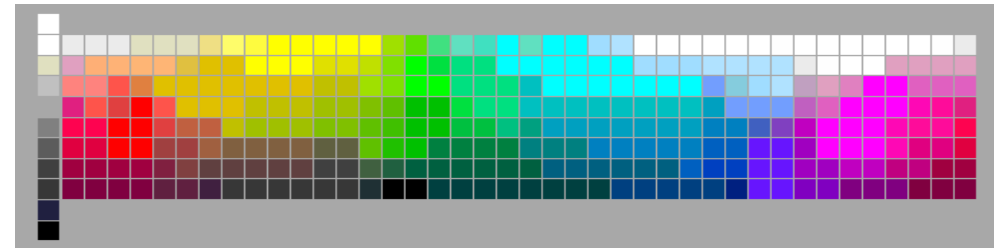
Farb-Grundwortschatz

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)

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)

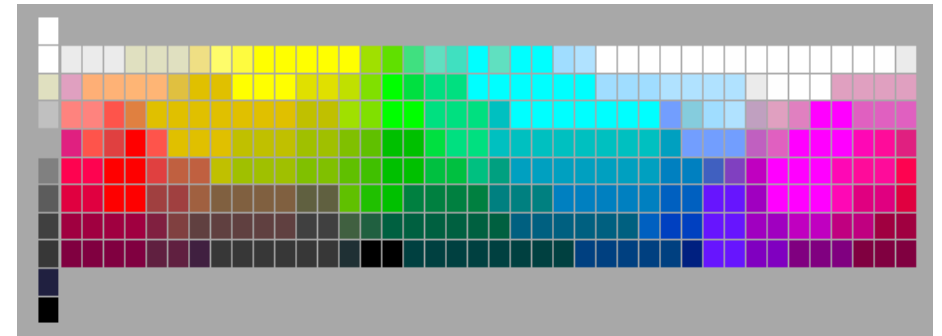
Im Deutschen 11 Farb-Grundwörter:

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*

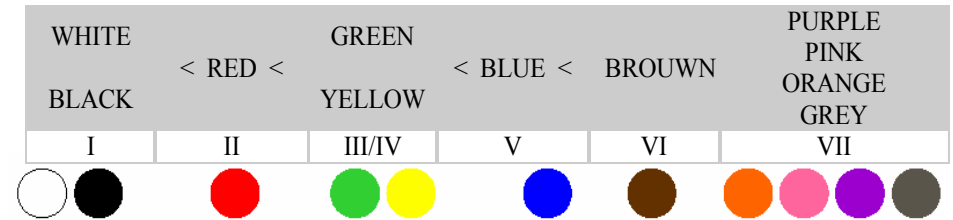
Ergebnisse (1969)

- 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)

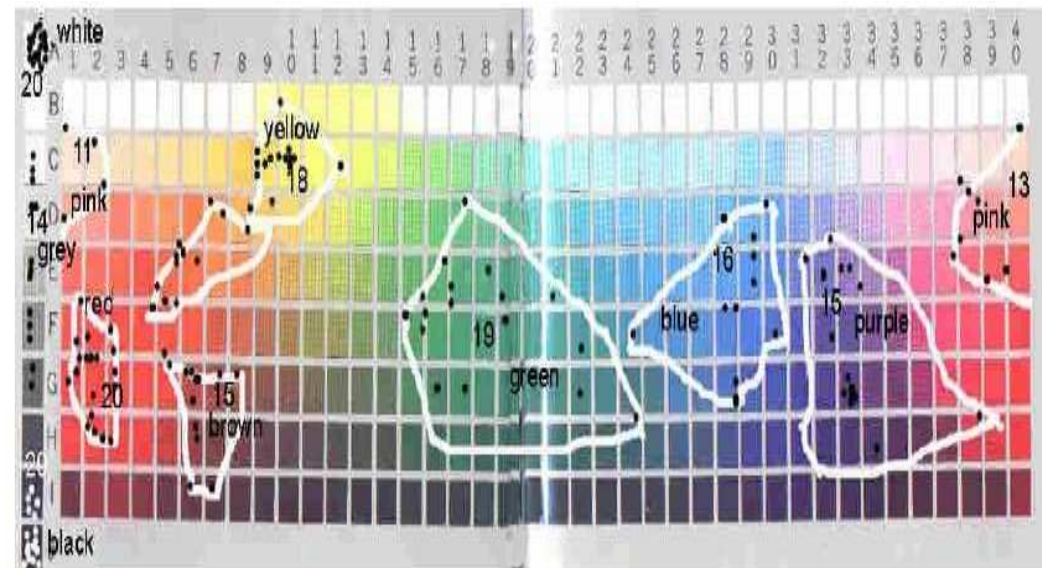
- (I) Alle Sprachen haben Wörter für *weiß* und *schwarz*
- (II) Wenn eine Sprache drei Farbwörter hat, dann hat sie ein Wort für *rot*
- (III) Wenn eine Sprache vier Farbwörter hat, dann hat sie entweder ein Wort für *grün* oder für *blau*
- ...

Ergebnisse (1969)



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



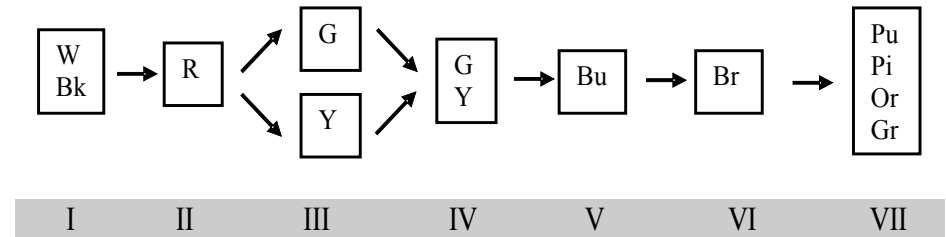
Zahlen in Klammer geben Anzahl der Sprachen (von insgesamt 20) an, die Prototypen im jeweiligen Bereich haben.

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



Schlussfolgerungen (1969)

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

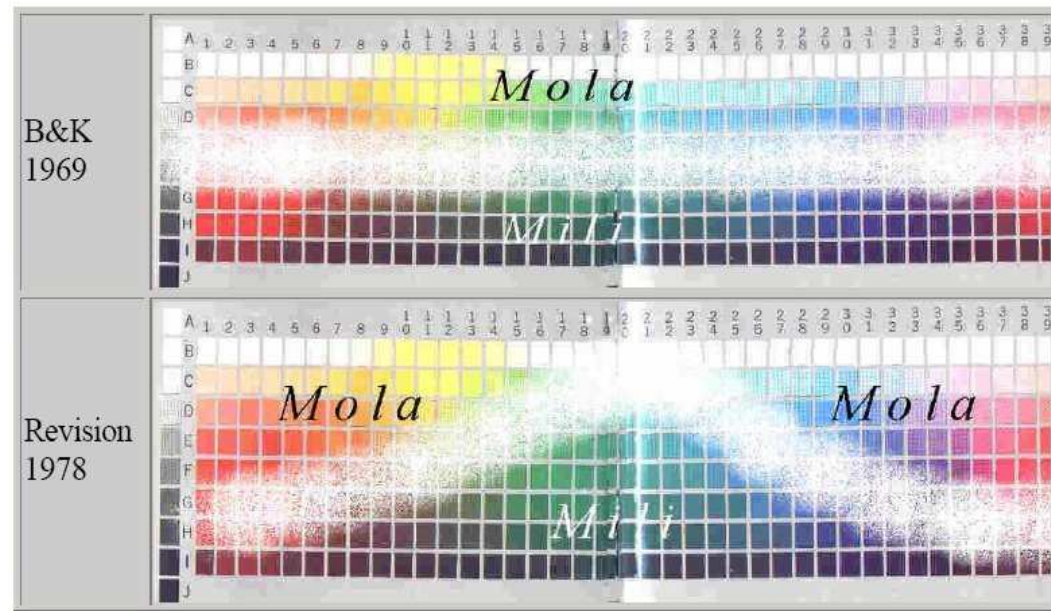
Spätere Revisionen

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 tetrachromatischen 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



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

Spätere Revisionen

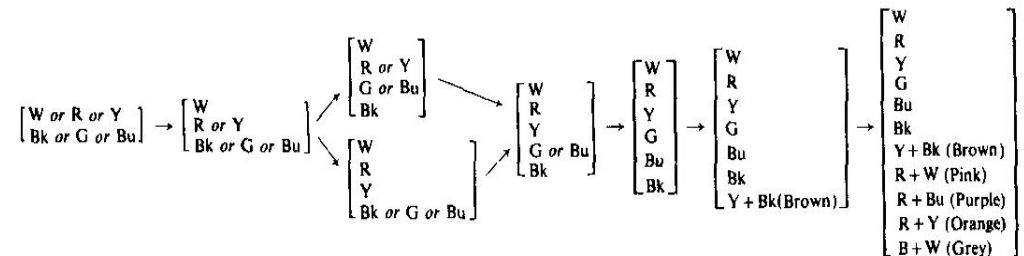
- Neben den 6 Grundfarben gibt es abgeleitete Farbkategorien (sog. *fuzzy intersection*) und zusammengesetzte Grundkategorien (wie "warme Farben")

Orange = Rot \cap Gelb

Warm = Rot \cup Gelb

Spätere Revisionen

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



aus Kay & McDaniel (1978)