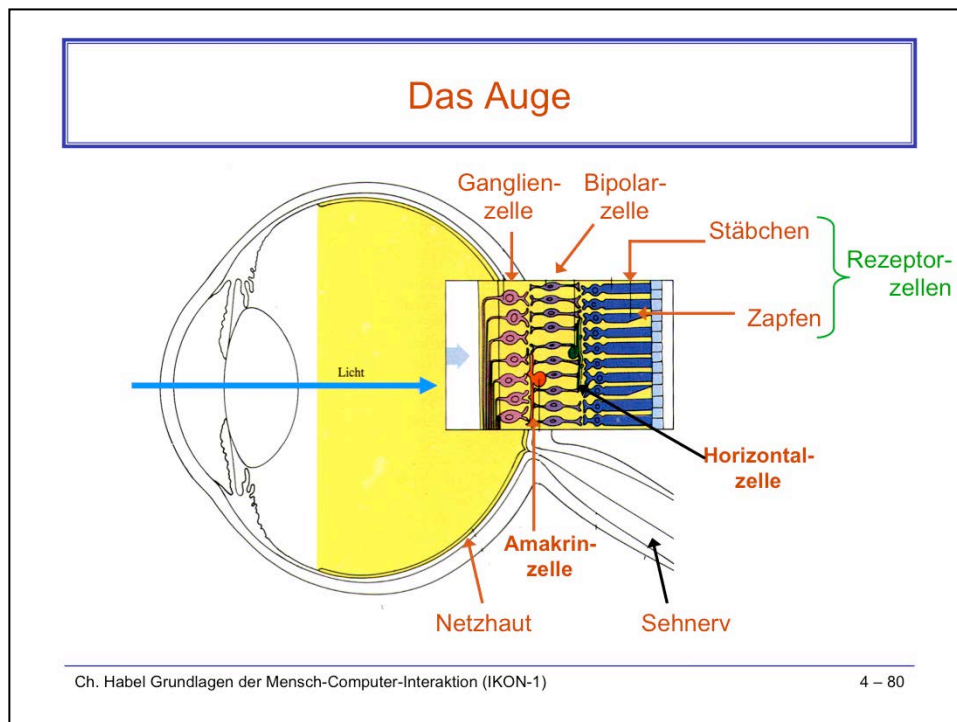


Visuelle Wahrnehmung

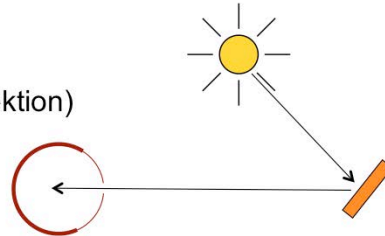
- Visuelle Wahrnehmung als Paradigma der Wahrnehmungsforschung
- Funktionale Komponenten der visuellen Wahrnehmung
 - Das Auge / Die Augen
 - Lokale & globale Verarbeitung
 - Kantendetektion
 - Farbwahrnehmung
 - Von Linien über Regionen zur 3D-Wahrnehmung und Objekterkennung
 - Tiefenwahrnehmung
 - Gestaltprinzipien
 - Objekterkennung & 3D-Modelle



- Literatur zum Auge:
Hubel, David H. (1989). *Auge und Gehirn*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft - Verlagsgesellschaft. [Kapitel 3: p. 43–65]
- Abbildung aus:
Hubel, David H. (1989). p. 46
- Die Retina (genauer: folgende Folie) empfängt Licht (d.h. Wellen einer gewissen Frequenz) und leitet hieraus resultierende Information in andere Teile des Gehirns weiter.
 - Die Retina ist eine dünne, mehrlagige Schicht spezifischer Zellen (vergrößert dargestellt im Ausschnitt)
 - Von den retinalen Zellen wird die Information über den Sehnerv aus dem Auge heraus geführt.
- Beachten Sie, dass das Licht andere Zellschichten durchläuft, bevor es auf die Rezeptorzellen, die Stäbchen und Zapfen fällt.

Farbwahrnehmung

- Farbwahrnehmung
 - Farbe als Eigenschaft
 - einer Oberfläche (durch Reflektion)
 - Farbe (seltener) als eine Eigenschaft von Licht
- Physiologische Basis:
 - 3 Arten von Zapfen
- 3 Dimensionaler Farbraum
 - Farbton / Hue
 - Helligkeit / Lightness
 - Sättigung / Saturation



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 81

- Zur Farbwahrnehmung vgl.
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. Chapt. 3, p. 94–142.
- Farbe wird von uns überwiegend als eine Eigenschaft von Objekten wahrgenommen, weniger als eine Eigenschaft des Lichts. Wir sprechen davon, dass ein Objekt eine Farbe besitzt und gehen dabei weitgehend von der Konstanz dieser Farbzueweisung aus, obwohl – betrachtet aus einer objektiv physikalischen Sichtweise – die Lichtwellen, die von diesem Objekt ausgehen, in verschiedenen Situationen durchaus relevant unterschiedliche Eigenschaften (Wellenlänge) aufweisen (vgl. Folie „Psychophysik der Farbwahrnehmung“).
- Die physiologische Basis der Farbwahrnehmung sind drei Arten von Zapfen (vgl. die Folie zu Rezeptorzellen)..
- In unserer Farbkognition (verstanden als Gegensatz zur Farbperzeption) ist der Farbraum in drei Dimensionen strukturiert (vgl. Folien „dreidimensionaler Farbraum“ und „Farbdoppelkegel“).

Funktion der Farbwahrnehmung: Unterscheidbarkeit von Objekten

- Wie Normalsichtige die Welt sehen.
 - Welche Früchte sind im Angebot?
 - Wie viele Arten von Früchten sind im Angebot?



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 82

- Abbildung: © Vischeck
- <http://www.vischeck.com/> (zuletzt besucht am 14.11.12)

Vischeck ist ein von zwei Wissenschaftlern der Stanford University (Bob Dougherty & Alex Wade) entwickeltes System,

- das es Normalsichtigen ermöglicht, einen Eindruck der Farbwahrnehmung von „Farbenblinden“ zu erhalten, und somit zu erkennen, wenn eine Präsentation für Farbenblinde problematisch ist,
- und das es ermöglicht, farbige Bilder so zu transformieren, dass Visualisierungen / Bilder / Präsentationen auch für Farbenblinde farblich kodierte Unterscheidungen und Hervorhebungen erkennbar machen.

Funktion der Farbwahrnehmung: Unterscheidbarkeit von Objekten

- Was ein Schwarz-Weiss-Photo darstellt(e).
 - Welche Früchte sind im Angebot?
 - Wie viele Arten von Früchten sind im Angebot?



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 83

- Hier als Gegenstück ein Beispiel der Schwarz-Weiss-Photographie / des Schwarz-Grau Drucks.
Diese Techniken waren über lange Zeit die realitätsnächsten Darstellungstechniken für die Vermittlung von bildlich kodierten Inhalten.

Unterscheidbarkeit von Objekten bei Farbschwäche



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 84

- Abbildung: © Vischeck
- Abbildung links: rot-grün-Farbblindheit

Rezeptorzellen

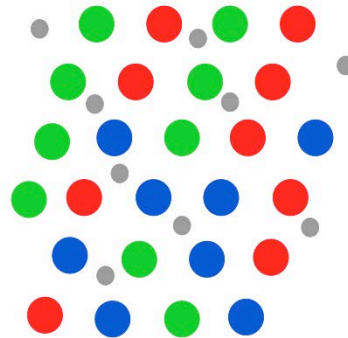
Rezeptorzellen

Zapfen (cone)

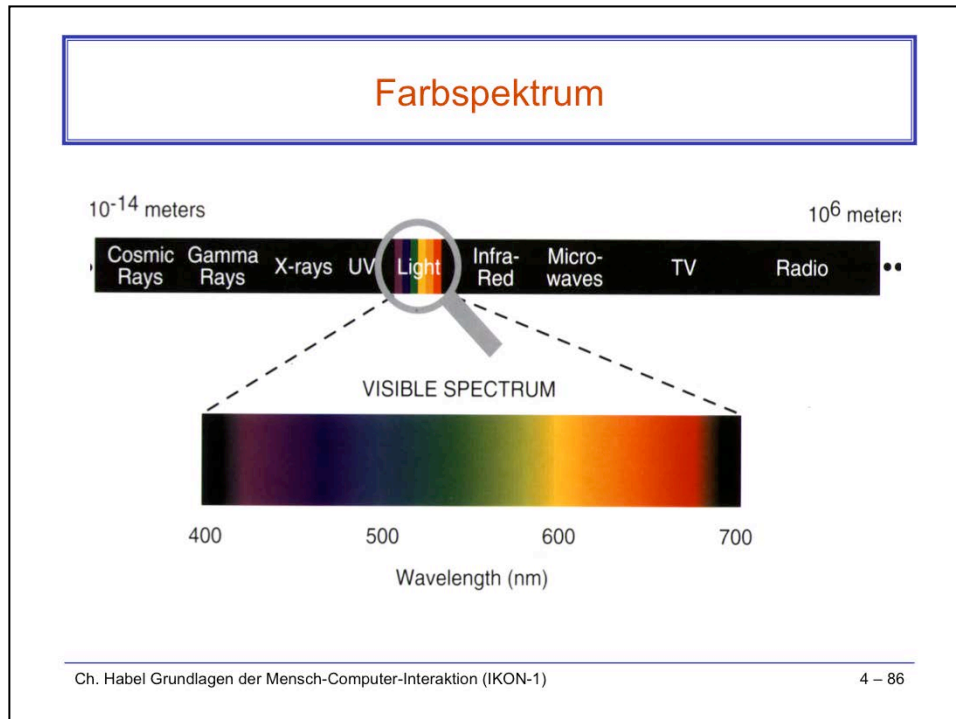
- reagieren nur auf helles Licht, farbempfindlich (3 Typen: blau, grün, rot)
- hohe Dichte im Zentrum, geringe Dichte in der Peripherie
- zuständig für hohe Auflösung (Details)

Stäbchen (rod)

- funktionieren nicht bei starkem Licht
- nicht im Zentrum, hohe Dichte in der Peripherie
- zuständig für Dämmerungssehen

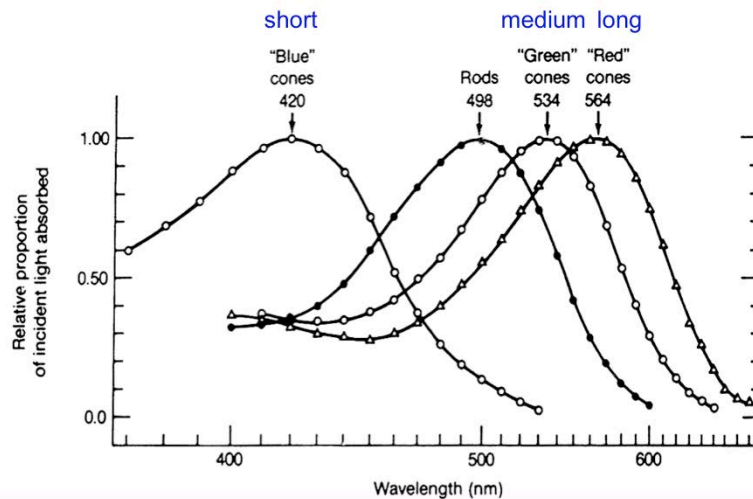


- Zwei Typen von Rezeptorzellen:
 - Zapfen, die für die Farbwahrnehmung grundlegend sind, und
 - Stäbchen, die eine weniger detaillierte aber auch unter spärlichen Lichtbedingungen robuste Wahrnehmung sicherstellen.
 - Die Stäbchen und Zapfen sind in der Retina nicht so symmetrisch / systematisch angeordnet, wie es in der Abbildung durchgeführt wurde.
- Das System der unterschiedlichen Rezeptorzellen ist ein Beispiel für das Prinzip der Spezialisierung im Bereich sensorischer Neurone.



- Abbildung aus:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*.
Cambridge, MA: MIT-Press. Plate 3.1.

Neural response curves



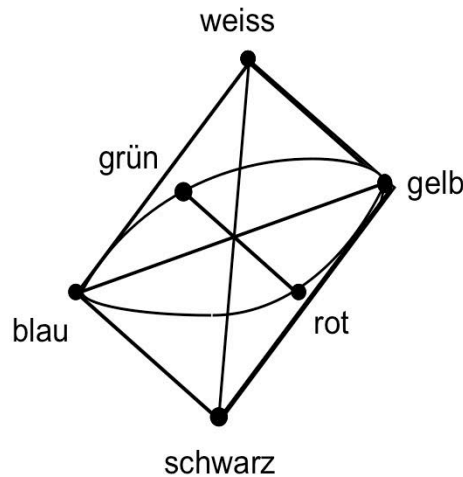
Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 - 87

- Abbildung aus Churchland, Patricia & Sejnowski, Terrence J. (1992). *The Computational Brain*. Cambridge, MA: MIT Press. (p. 222)
- Die drei Typen von Zapfen sind auf Licht unterschiedlicher Wellenlänge sensitiv. Die Abbildung zeigt die Sensitivität, d.h. das Reiz-Reaktions-Muster der drei Typen von Zapfen (*cones*), sowie der an der Farbwahrnehmung unbeteiligten Stäbchen (*rods*).
 - Wie sich zeigt, gibt es Überlappungsbereiche, d.h. Bereiche von Wellenlängen, auf die mehrere Typen von Zapfen reagieren.
- Die in der Abbildung dargestellte funktionale Beziehung des Reaktionsverhaltens der Zapfen von einem Parameter, nämlich dem der Wellenlänge, betrifft eine Dimension des dreidimensionalen Farbraums.

Der dreidimensionale Farbraum

- Zwei lineare Dimensionen
 - Helligkeit
Lightness
 - Sättigung
Saturation
- Eine zyklische Dimension
 - Farbton
Hue

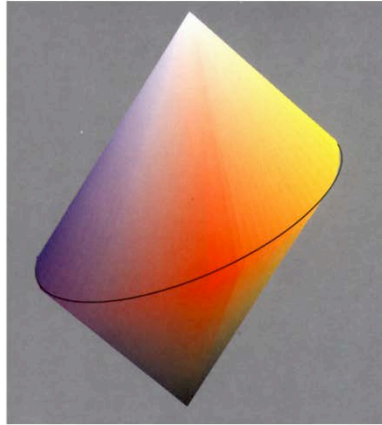


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 88

- Die Dimension des Farbtons, die durch die Wellenlänge induziert wird, ist zyklisch (vgl. Folie „Farbspektrum“). Die Farbtöne am unteren Teil und am oberen Teil des sichtbaren Bereichs des Lichts, werden von uns als identische Farbtöne aufgefasst, oder anders ausgedrückt, hier liegt ebenfalls ein kontinuierlicher Übergang zwischen Farbtönen vor. Topologisch kann diese Identifizierung von Farbwerten/-tönen als *Verklebung* aufgefasst werden, d.h. als eine Operation, die eine lineare Struktur in eine zyklische überführt.
- Die beiden anderen Dimensionen des Farbraums sind Helligkeit und Sättigung der Farbe; es handelt sich um Dimensionen mit linearer Struktur.
- Hieraus resultiert ein dreidimensionaler Farbraum, den Farbdoppelkegel (vgl. die entsprechende Folie) (Konus = Kegel). Die Extrempunkte (Spitzen) des Doppelkegels werden durch „weiss“ (maximale Helligkeit) und „schwarz“ (minimale Helligkeit) gebildet. „grau“ ist der Bereich unterschiedlicher Helligkeit des Doppelkegels, der maximal ungesättigt ist, und somit keine Tendenz zu einem Farbton aufweist, d.h. die Achse.
- Abbildung nach:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. p. 94.

Farbdoppelkonus

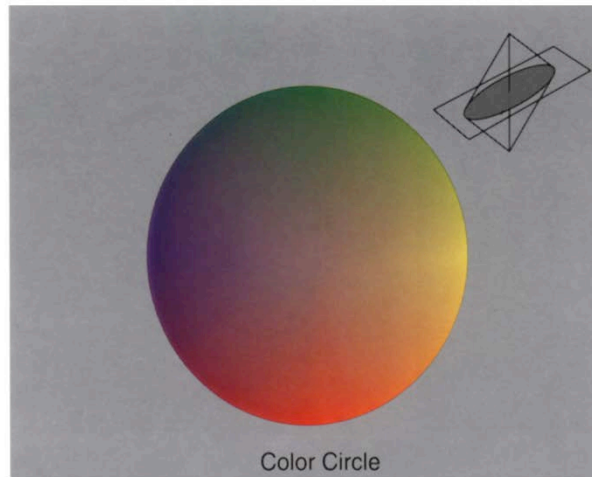


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 89

- Abbildung aus:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*.
Cambridge, MA: MIT-Press. Plate 3.2.
- Der Farbdoppelkonus ist hier von zwei entgegengesetzten Seiten dargestellt.
(Sichtbar ist die „Aussenansicht“, d.h. die Oberfläche des Farbdoppelkonus
(= Schicht maximaler Sättigung)).

Farbkreis

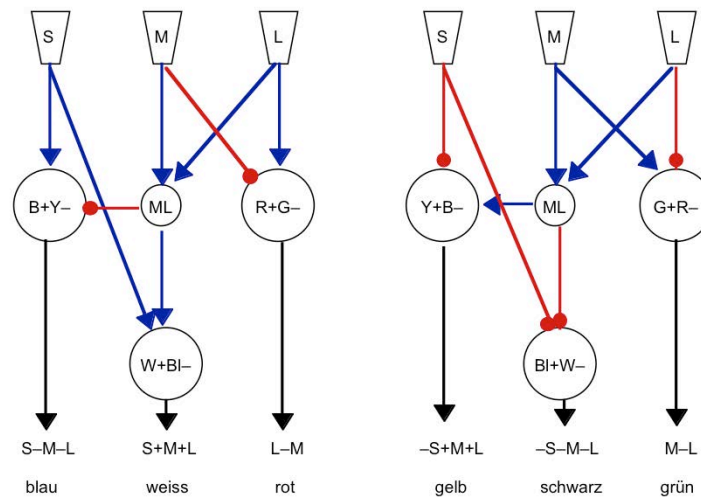


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 90

- Abbildung aus:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*.
Cambridge, MA: MIT-Press. Plate 3.3.
- Der Farbkreis ist ein Schnitt durch den Farbdoppelkegel, normalerweise auf der Ebene mittlerer Helligkeit.
 - Farbdarstellungen mittels von Farbkreisen stellen eine gute Möglichkeit dar, den "Raum möglicher Farben", etwa im Zusammenhang von graphischer Software, zu (re-)präsentieren.

Von 3 Typen farbsensitiver Rezeptoren zu 3 Paaren komplementärer Farbeindrücke



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 91

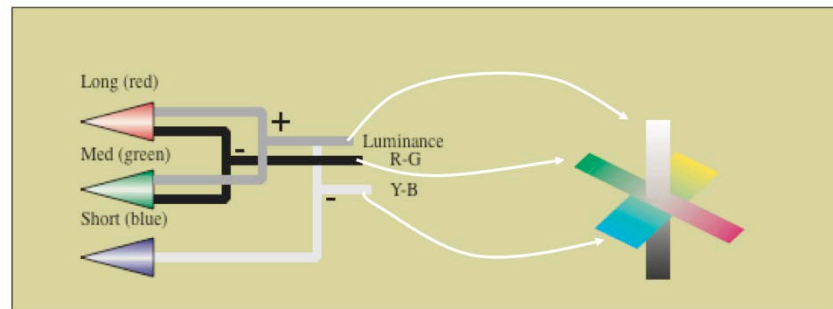
- Abbildung nach:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*. Cambridge, MA: MIT-Press. p. 114
- Die klassische Sichtweise der „Farbenlehre“, aber auch der Farbkognition, geht von der Existenz von Paaren komplementärer Farben aus:
 - blau – gelb
 - rot – grün
 - weiss – schwarz

Diese Sichtweise entspricht dem „intuitiven Farbempfinden“. Wie kommt es aber dazu, dass 3 Rezeptortypen, die auf die Wellenbereiche „blau“, „grün“ und „rot“ spezialisiert sind, den Eindruck von 3 Paaren komplementärer Farbeindrücke hervorbringen.

- Die in der kognitiven Neurowissenschaft als „Dual process theory“ bezeichnete Konzeption geht von einer komplexen Verschaltung der Rezeptoren für die unterschiedlichen Wellenlängen [blau = short, grün = medium, rot = long] aus, bei denen die durch Existenz von inhibitorischen und excitatorischen Verbindungen zu einer weiteren Neuronenschicht, sechs „Farbeindrücke“ repräsentiert werden können.
- Der gleiche Sachverhalt ist – unter der Bezeichnung „Opponent Process Theory – auf der folgenden Folie dargestellt. Dort wird aus *technischer Sicht* von Farb-Kanälen gesprochen.

Opponent Process Theory

- Die Signale der Zapfen werden in neue Kanäle transformiert
 - Black/White (Luminanz; ignoriert Blue)
 - Red/Green
 - Yellow/Blue



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 92

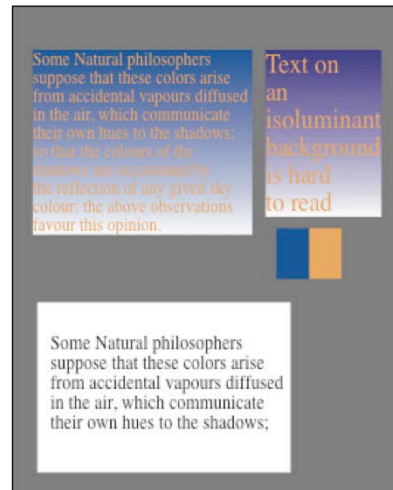
- „Luminanz; ignoriert Blue“: Betrachten Sie zu dieser Formulierung die Verschaltungen auf der vorangehenden Folien.
- Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Figure 4.10 (p. 111)
Vgl. auch , Folie-10 von Lecture 3. Color theory and color for information display (<http://www.ccom.unh.edu/vislab/VisCourse/Lectures.html>)
- Yet another reason not to use blue to indicate the shapes of objects; it seems to be ignored in the Luminance calculation.

Color Channel Theory

- Luminanzkontrast wird benötigt, um Details zu sehen.



3:1 empfohlen
10:1 ideal bei kleinem Text



- Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition);
Vgl, Chapter 4, insbesondere p. 113 ff, u.a. Figure 4.13.
Vgl. auch , Folie-11 von Lecture 3. Color theory and color for information display (<http://www.ccom.unh.edu/vislab/VisCourse/Lectures.html>)

Short wavelength sensitive cones

Blue text on a dark background is to be avoided. We have very few short-wavelength sensitive cones in the retina and they are not very sensitive

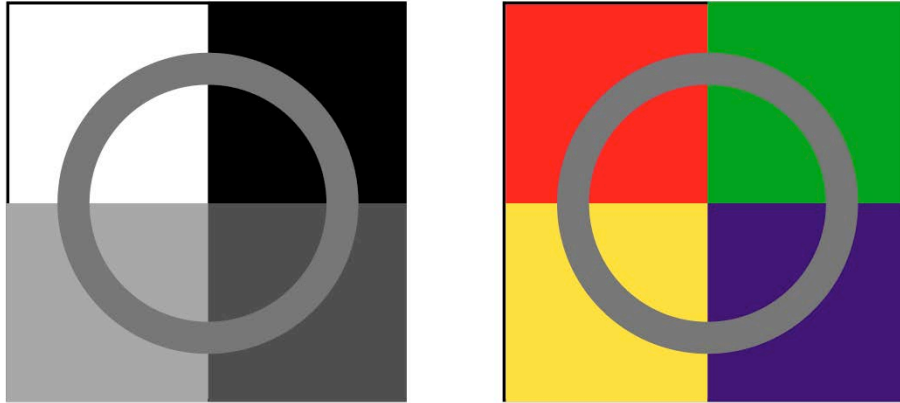
Blue text on dark background is to be avoided. We have very few short-wavelength sensitive cones in the retina and they are not very sensitive

Blue text on a dark background is to be avoided. We have very few short-wavelength sensitive cones in the retina and they are not very sensitive. Chromatic aberration in the eye is also a problem

Blue text on a dark background is to be avoided. We have very few short-wavelength sensitive cones in the retina and they are not very sensitive

- Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Vgl, Chapter 4, insbesondere p. 113 ff
Vgl. auch , Folie-9 von Lecture 3. Color theory and color for information display (<http://www.ccom.unh.edu/vislab/VisCourse/Lectures.html>)

Kontextabhängigkeit der Farbwahrnehmung



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

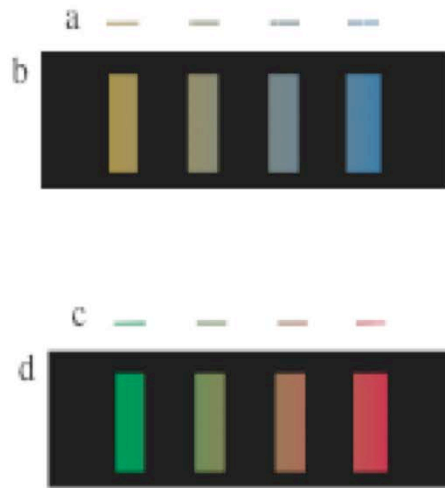
4 – 95

- Abbildung nach:
Palmer, Stephen E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology*.
Cambridge, MA: MIT-Press. Abb. 3.2.5 (p. 106) bzw. Plate 3.7.
 - Helligkeitskontraste können (vgl. die Folien zur Kontur- und Kontrastillusionen 3-52 ff.) dazu führen, dass derselbe Grauton im Kontext unterschiedlicher Grautöne verschieden empfunden / wahrgenommen wird (→ linke Abbildung). Hier wird durch den Kontext der Eindruck eines homogen-grauen Ringes verhindert/gestört.
 - Entsprechende Mechanismen führen dazu, dass farbiger Kontext den Farbeindruck benachbarter Objekte beeinflusst.
- ➔ Die Kontextabhängigkeit der Farbwahrnehmung sollte beim Entwurf von farbigen Layouts berücksichtigt werden.

Farbkontrast

Relevante Parameter

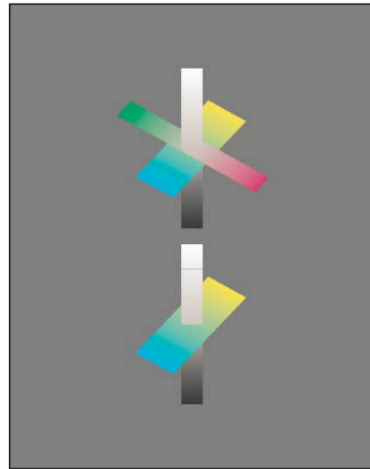
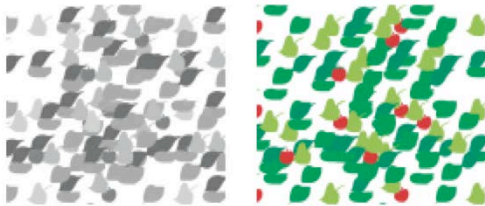
- Farbkanäle:
 - blau - gelb
 - rot - grün
 - Grösse der farbigen Regionen
 - Eigenschaften des Hintergrundes
 - Helligkeit
 - Sättigung
- ❖ small field colorblindness



- Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Figure 4.9 (p. 111)
Vgl. auch, Chapter 4, insbesondere p. 123 ff,
Vgl. auch , Folie-23 von Lecture 3. Color theory and color for information display (<http://www.ccom.unh.edu/vislab/VisCourse/Lectures.html>)

Farbenschwäche

- 3D Farbraum vs. 2D Farbraum
- 8 % der männlichen Bevölkerung haben eine R-G-Farbschwäche (rot-grün „farbenblind“)
- Es gibt auch B-Y-Schwäche (blau-gelb-Schwäche / seltener und meist geringer ausgeprägt.)



- Aufbau von Farbpaletten, die für Farbenblinde (R-G) akzeptabel sind
 - Vorrangige Verwendung des Blau-Gelb-Kanals

Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 97

In der Umgangssprache wird meist von Farbbblindheit gesprochen. Extreme Farbschwäche, die die Bezeichnung Farbbblindheit rechtfertigt, ist vergleichsweise selten.

- Ware, Colin (2004) Information Visualization: Perception for design. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann. (2nd Edition); Figure 4.1 (p. 98)
Vgl. auch, Chapter 4, insbesondere p. 99-100, 123 ff, 134 ff.
Vgl. auch , Folien-22 &24 von Lecture 3. Color theory and color for information display (<http://www.ccom.unh.edu/vislab/VisCourse/Lectures.html>)

Farben-Sehschwächen

■ Dichromatismus

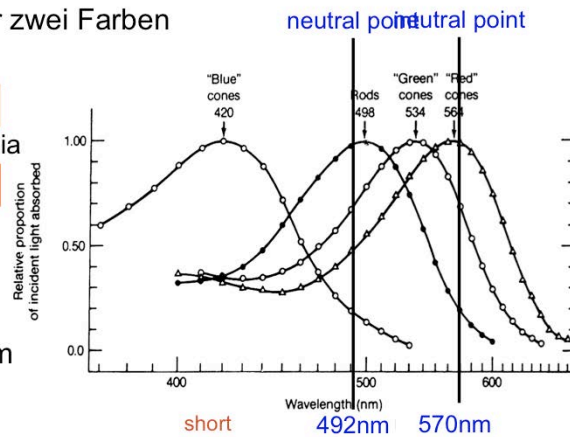
- Sensitivität für zwei Farben

■ Drei Typen

- Protonopia
- Deuteranopia
- Tritanopia

neutral point

Wellenlänge die zum
Farbeindruck 'grau'
korrespondiert

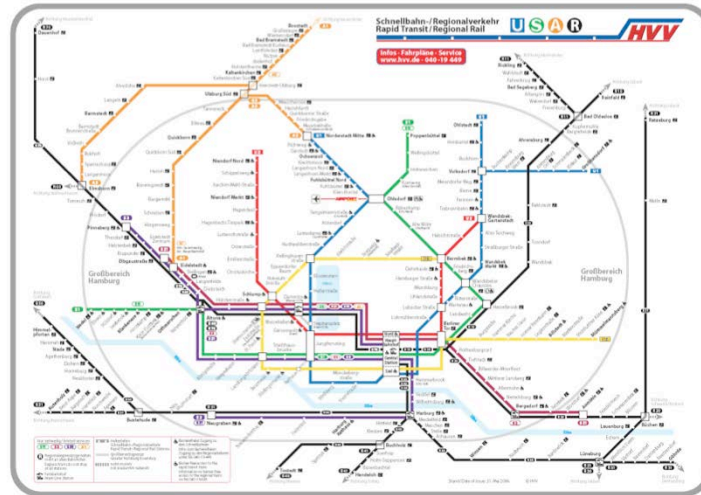


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 98

- Ausführlich in: Goldstein, Bruce J. (2002). Sensation and perception. Pacific Grove, CA: Wadsworth. (6th edition) [Abschnitt *Color Deficiency*, pp. 200 – 204]
- Dichromatismus ist überwiegend verursacht durch Defekte der Farbpigmenten-Gene
 - Protonopia – neutral point 492 nm: *short-wavelength light* wird als blau wahrgenommen, beim *neutral point* wird grau wahrgenommen. Jenseits des *neutral point* wird gelb wahrgenommen
 - Deuteranopia – neutral point 498 nm: *short-wavelength light* wird als blau wahrgenommen, beim *neutral point* wird grau wahrgenommen. Jenseits des *neutral point* wird gelb wahrgenommen
 - Tritanopia – neutral point 570 nm: *short-wavelength light* wird als blau wahrgenommen, beim *neutral point* wird grau wahrgenommen. Jenseits des *neutral point* wird rot wahrgenommen

Beispiel: HVV Schnellbahnnetz

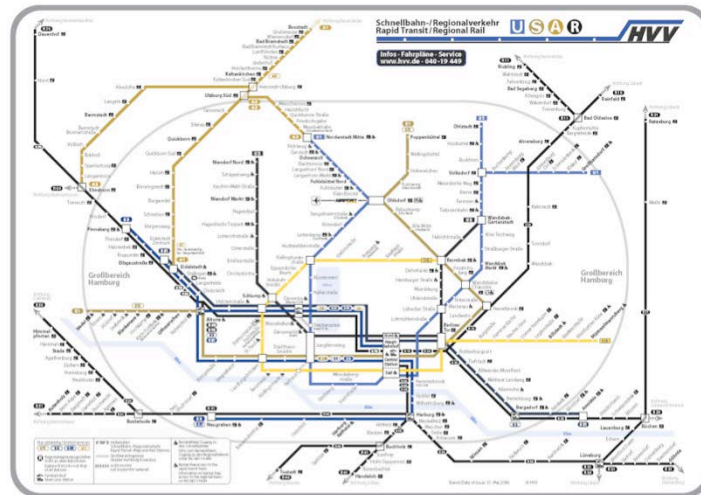


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 99

- Vorlage: HVV, die – 2009 - im Netz zugängliche pdf-Version

HVV Schnellbahnnetz Deuteranopia

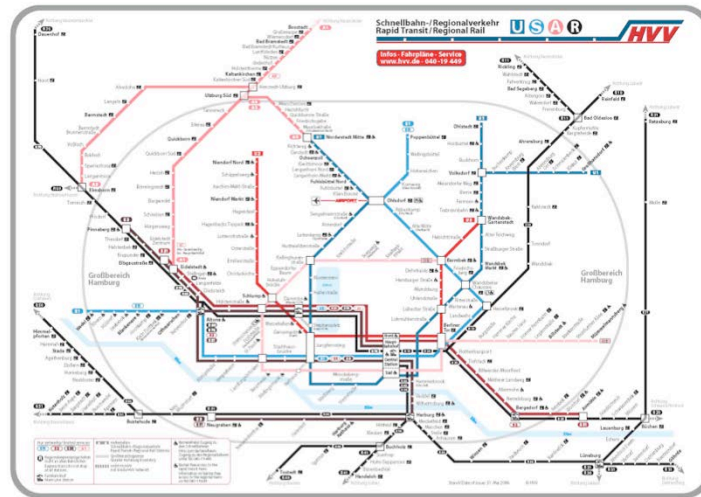


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 100

- So (etwa) sieht ein rot-grün Farbenblinder (Deuteranopia) den HVV-Netzplan. An einigen Stellen (bitte analysieren Sie die Karte sowohl im Hinblick auf den „ersten Blick“, d.h. den schnellen Eindruck, etwa bei Betrachtung in der U-Bahn, als auch im Hinblick auf die aufwendige Analyse, die etwa zu Hause in Ruhe möglich ist.
- Vorlage: HVV, die im Netz zugängliche pdf-Version
- Die hier präsentierte Darstellung ist unter Verwendung der von Vischeck zur Verfügung gestellten plug-ins für Adobe Photoshop erstellt worden.

HVV Schnellbahnnetz Tritanopia

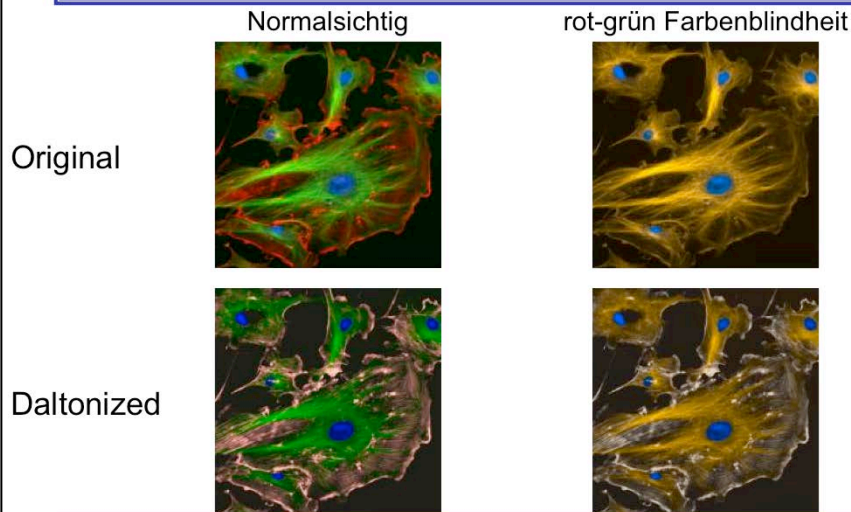


Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 101

- So (etwa) sieht ein blau-gelb Farbenblinder (Tritanopie) den HVV-Netzplan. An einigen Stellen (bitte analysieren Sie die Karte sowohl im Hinblick auf den „ersten Blick“, d.h. den schnellen Eindruck, etwa bei Betrachtung in der U-Bahn, als auch im Hinblick auf die aufwendige Analyse, die etwa zu Hause in Ruhe möglich ist.
- Vorlage: HVV, die im Netz zugängliche pdf-Version
- Die hier präsentierte Darstellung ist unter Verwendung der von Vischeck zur Verfügung gestellten plug-ins für Adobe Photoshop erstellt worden.
- Vorlage: HVV, die im Netz zugängliche pdf-Version

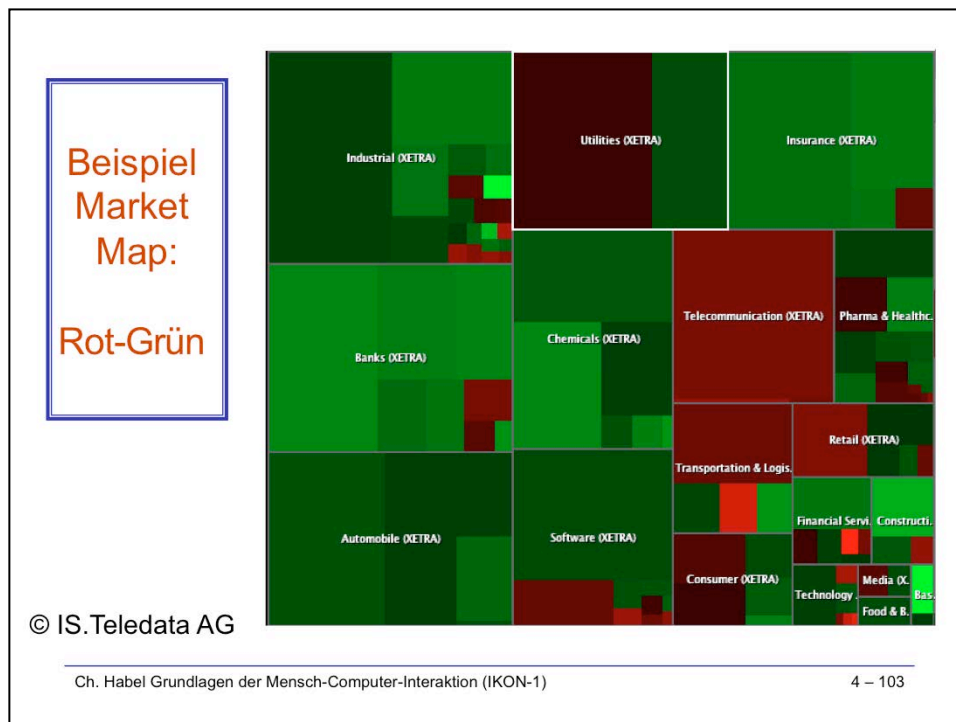
Visualisierung: Zell-Einfärbung



Ch. Habel Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion (IKON-1)

4 – 102

- Das hier vorgestellte Beispiel ist von Vischeck übernommen:
<http://www.vischeck.com/daltonize/>
- Die Abbildung **links oben** zeigt eine Zell-Einfärbung, wie sie in der biologischen/medizinischen Forschung verwendet wird.
- Die Abbildung rechts oben zeigt das gleiche Bild, nach der Vischeck-Simulation (rot-grün Farbenblindheit).
- Die untere Zeile zeigt die entsprechende Gegenüberstellung für eine modifizierte Visualisierung. Hierbei wurde ein von Vischeck entwickeltes Programm, das den sogenannten Daltonize-Algorithmus verwendet: Es werden Farbtransformationen durchgeführt deren Result sowohl für Normalsichtige als auch für Farben-Blinde eine hohe Unterscheidbarkeit der relevanten - Farben ermöglicht.
- John Dalton war der erste Wissenschaftler, der - Ende des 18. Jahrhunderts - über Farbenblindheit arbeitete / publizierte.



- Die hier dargestellte Visualisierung von „market maps“ (Werkzeug für die Darstellung der Wertentwicklung von Aktien gewichtet nach ihrer Börsenkapitalisierung und im Vergleich zu Aktien innerhalb von Markt-Segment-Kategorien) verwendet die konventionalisierte Farbkodierung

- grün \approx positiv \approx steigende Kurse
- rot \approx gefährlich \approx sinkende Kurse

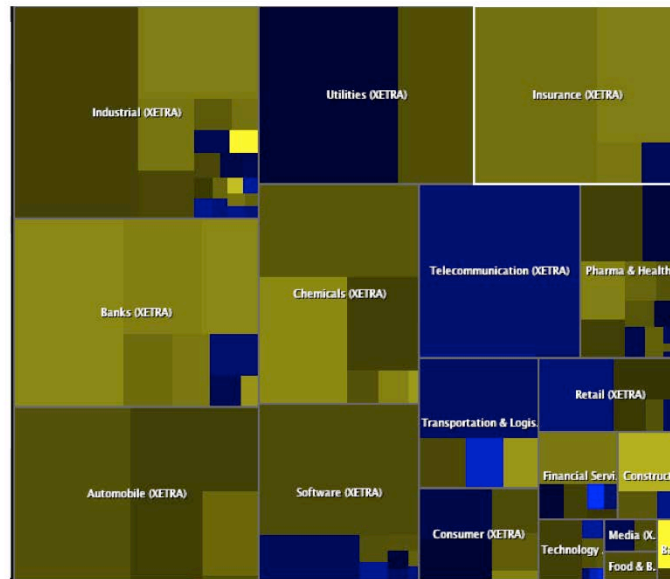
Stufen / Grade der Wertveränderung (innerhalb eines gewählten Zeitraums) werden durch *Schattierungen* (Sättigung / Helligkeit) unter Verwendung des rot-grün-Kanals dargestellt.

Diese Darstellung ist für Rot-Grün-Farbenblinde schwer bzw. nur unter Einschränkungen verarbeitbar. Insbesondere beeinträchtigt in diesem Fall die Darstellung die Nützlichkeit der Visualisierung.

Aus diesem Grund wird den Nutzern die Möglichkeit geboten, die Graphik auch in anderen Farbsystemen / Farbkanälen abzurufen. (Die folgende Folie zeigt die Darstellung unter Verwendung des blau-gelb-Kanals.

Beispiel
Market
Map:

Blau-
Gelb



© IS.Teledata AG

Visuelle Wahrnehmung

- Visuelle Wahrnehmung als Paradigma der Wahrnehmungsforschung
- Funktionale Komponenten der visuellen Wahrnehmung
 - Das Auge / Die Augen
 - Fovea, Schärfe und Saccaden
 - Blickbewegungen: Analyse & Interaktion
 - Die Augen: Binokulares Sehen
 - Lokale & globale Verarbeitung
 - Kantendetektion
 - Farbwahrnehmung
 - Bewegungswahrnehmung
 - Präattentive Wahrnehmung
 - Von Linien über Regionen zur 3D-Wahrnehmung und Objekterkennung