

HELIOS Kliniken GmbH



Farbe ist relativ

Jörn Kuchenbecker

Augenklinik des HELIOS Klinikums Berlin Buch
<http://www.helios-augenlinik-berlin.de>

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Was ist Farbe ?



Folie 2

DIN 5033, Blatt 1:
 „Farbe ist diejenige Gesichtsempfindung eines dem Auge strukturlos erscheinenden Teiles des Gesichtsfeldes, durch die sich dieser Teil bei einäugiger Beobachtung mit unbewegtem Auge von einem gleichzeitig gesehenen, ebenfalls strukturlosen angrenzenden Bezirk allein unterscheiden kann.“

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Evolution der Farbwahrnehmung



Folie 3

Farbwahrnehmung: Selektionsvorteil hinsichtlich Nahrungsbeschaffung

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Bedeutung der Farbe

Folie 4

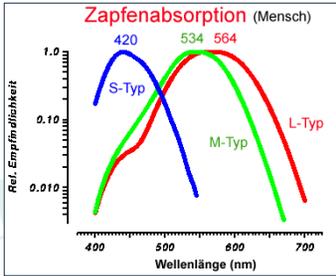
wichtig für:

- Beruf
- Verkehrsteilnehmer
- Kunst
- Politik
- Psyche

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Grundlagen des Farbensehens

Folie 5



Zapfenabsorption (Mensch)

Rel. Empfindlichkeit

Wellenlänge (nm)

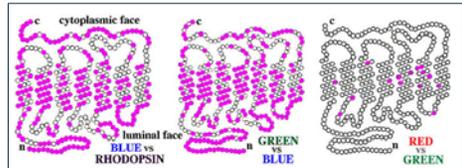
420 534 564

S-Typ M-Typ L-Typ

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Grundlagen des Farbensehens

Folie 6



cytoplasmic face

luminal face

BLUE vs RHODOPSIN

GREEN vs BLUE

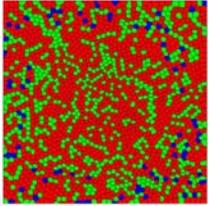
RED vs GREEN

Unterschiede der 364 Aminosäuren des Opsins der verschiedenen Zapfen

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Grundlagen des Farbensehens

Folie 7



Verteilungsmuster der Zapfen in der Retina

Schädigung der Blauzapfen bei früher Form der AMD [Holz FG, Gross-Jendroska M, Eckstein A, Hogg CR, Arden GB, Bird AC. Colour contrast sensitivity in patients with age-related Bruch's membrane changes. Ger J Ophthalmol. 1995 Nov;4(6):336-41.]

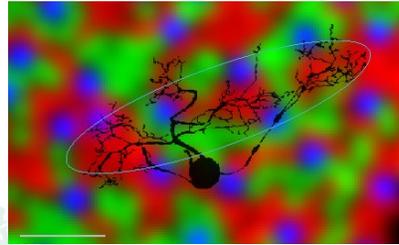
HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuehbecker

Grundlagen des Farbensehens

Folie 8



„Versorgungsbereich“ einer retinalen Ganglienzelle

HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuehbecker

Farbtheorien

Folie 9

- Drei-Farben-Theorie (Young/Helmholtz)
- Gegenfarbentheorie (Hering)
- Zonentheorie (v. Kries)

HELIOS Kliniken GmbH

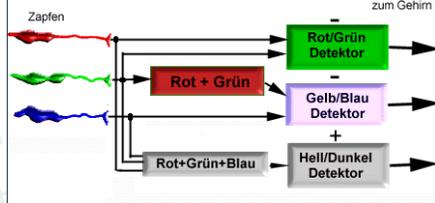
06.09.2007

Dr. J. Kuehbecker

Grundlagen des Farbensehens

Folie 10

Verschaltung in der Retina



HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuehbecker

Additive Farbmischung

Folie 11

Addition von Licht: 2 oder mehr Farben werden dem Auge gleichzeitig angeboten
 "Echte" Überlagerung
 Sukzessiv (zeitliche Integration): Farbkreisel
 Simultan (örtliche Integration): Monitor



HELIOS Kliniken GmbH

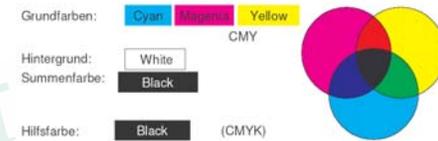
06.09.2007

Dr. J. Kuehbecker

Subtraktive Farbmischung

Folie 12

Subtraktive Mischung:
 Farbige Gläser (Filter)
 Druckpigmente



HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuehbecker

Abhängigkeit der Farbwahrnehmung

Folie: 13

- Licht
- Umgebung und Größe des Objektes
- Auge (z.B. Adaptation, Erkrankungen)
- Gehirn (z.B. zerebrale Achromatopsie)

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbe und Licht

Folie: 14

Tageslicht (D65) Glühlampe Kerze
Halogen Xenon

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbe und Licht

Folie: 15

Das Bild unter Normlicht D50 betrachtet (Simulation).
Das Bild unter Sonnenlicht betrachtet (Simulation).
Das Bild mit einer 40 Watt Glühlampe betrachtet (Simulation).

Einfluß des Lichtes auf die Farbdarstellung

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbe und Umgebung des Objektes

Folie: 16

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbe und Auge

Folie: 17

Claude Monet

Motiv mit Katarakt Motiv nach Kataraktoperation

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbe und Gehirn

Folie: 18

Schau auf die untenstehende Tabelle und sag die **FARBE** nicht das **Wort**

GELB	BLAU	ORANGE
SCHWARZ	ROT	GRÜN
VIOLETT	GELB	ROT
ORANGE	GRÜN	SCHWARZ
BLAU	ROT	VIOLETT
GRÜN	BLAU	ORANGE

LINKS - RECHTS Konflikt
Deine linke Gehirnhälfte versucht die Farbe zu sagen aber deine rechte Gehirnhälfte besteht darauf, das Wort zu sagen.

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Ordnung der Farben

Folie: 19

- Charakterisierung von Farbe
- Farbsysteme
- Farbmessung

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Charakterisierung von Farbe

Folie: 20

- Helligkeit (*brightness*)
- Farbton (*hue*)
- Farbigeit (*colorfulness / chromaticness*)

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbsysteme

Folie: 21

Farbschema nach Aristoteles

Goethes Farbkreis

Munsell-Farbsystem

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbsysteme

Folie: 22

CIExy Chromatizitätsdiagramm

CIE Lab-System

RGB-System

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbmessung

Folie: 23

Farbkreis nach Maxwell um 1870

Bestimmung der Farbkoordinaten in dreidimensionalem Farbsystem mittels Spektralphotometer

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbmessung

Folie: 24

Anwendung eines Spektralphotometers

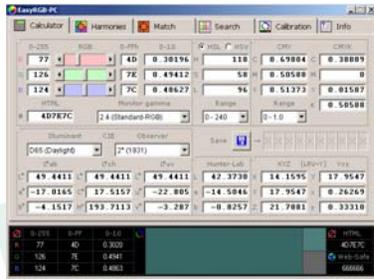
bei Remission

bei Emission

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuchenbecker

Farbmessung

Folie: 25



Umrechnung von Farbwerten

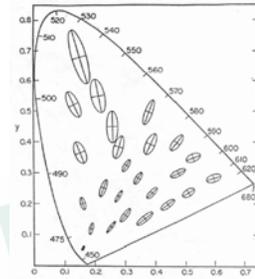
HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuchenbecker

Farbdiskrimination

Folie: 26



McAdam-Ellipsen: Unterscheidung im Blaubereich am besten und im Grünbereich am schlechtesten

HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuchenbecker

Farbsehtestung

Folie: 27

- Anomaloskop
- Pigmentfarbproben
- elektronische Tests

HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuchenbecker

Anomaloskop

Folie: 28



Heidelberg Multi Color-Anomaloskop

Moreland Gleichung
 Blau 436 nm
 Zyan 480 nm
 Blau-Grün 490 nm

HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuchenbecker

Farbsehtests mittels Pigmentproben

Folie: 29

- Farbfleck- oder Farbordnungsproben
- Pseudoisochromatische Tafeln

HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuchenbecker

Farbfleck- oder Farbordnungsproben

Folie: 30



- Farnsworth-Munsell 100 Hue-Test
- Farnsworth Panel D15 Test (gesättigt), Lanthony Panel D15 Test (entsättigt)
- 28 Hue-Test nach Roth

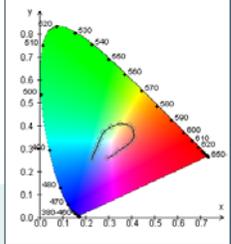
HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuchenbecker

Farbfleck- oder Farbordnungsproben

Folie: 31



- Farnsworth-Munsell 100 Hue-Test
- Farnsworth Panel D15 Test (gesättigt), Lanthony Panel D15 Test (entsättigt)
- 28 Hue-Test nach Roth

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Pseudoisochromatische Tafeln

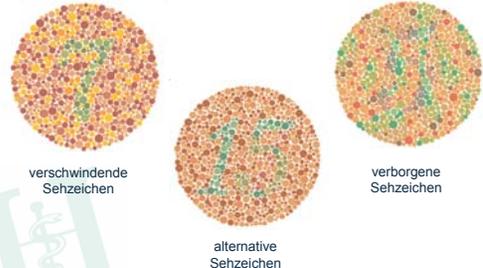
Folie: 32

- Ishihara Tafeln
- Velhagen-Broschmann Tafeln
- Lanthonys Tritan Album
- City University Test

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Pseudoisochromatische Tafeln

Folie: 33



verschwindende Sehzeichen

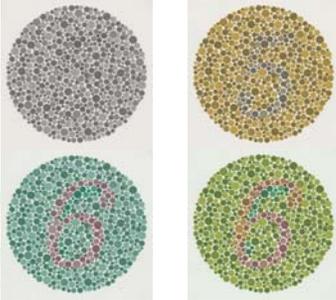
alternative Sehzeichen

verborgene Sehzeichen

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Pseudoisochromatische Tafeln

Folie: 34



monochrom

Blau-Gelb Kanal

Rot-Grün Kanal

Blau-Gelb u. Rot-Grün Kanal

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Elektronische Farbsehtests

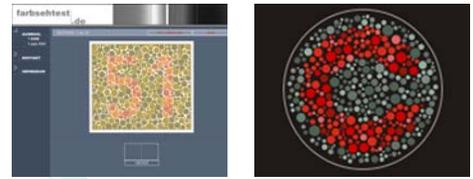
Folie: 35

- Luminiszenzdiodentests
- Video- bzw. Computertests

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Video- bzw. Computertests

Folie: 36



www.farbsehtest.de

Cambridge Color Vision Test

HELIOS Kliniken GmbH 06.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Farbsehen nach Kataraktextraktion

Folie: 37

- bei Aphakie und Iris-clip-Linsen leichte Blau-Gelb-Störung 6 Monate bis 3 Jahre nach OP: phototoxisch, ZMÖ ?
- bei Hinterkammerlinsen nur unmittelbar postoperativ leichte Blau-Gelb-Störung

Marré et al. Farbsehen bei Katarakt, Aphakie und Pseudophakie. Klin Monatsbl Augenheilk 1988; 192: 208-215

HELIOS Kliniken GmbH

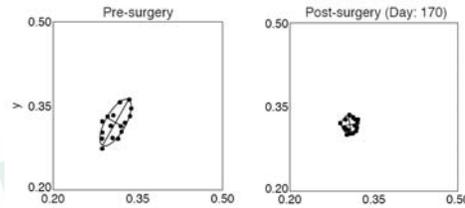
06.09.2007

Dr. J. Kuehnbecker

Farbsehen nach Kataraktextraktion

Folie: 38

- Normalisierung des „Weißpunktes“ nach 6 bis 12 Monaten
- Farbdiskrimination besser



HELIOS Kliniken GmbH

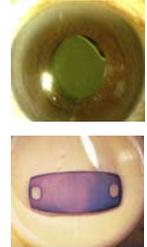
06.09.2007

Dr. J. Kuehnbecker

Beeinflussung des Farbsehens durch IOL ?

Folie: 39

- Grünfärbung der Silikonlinse SI40NB (AMO) (Sathyan, JCRS, 2006)
- Blaufärbung der hydrophilen Acryllinse Acqua (Mediphakos) nach Nutzung von Trypanblau (Werner, JCRS, 2002)
- Zunahme der Implantation von Blaulichtfilterlinsen



HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuehnbecker

Farbsehen & Blaulichtfilterlinsen

Folie: 40

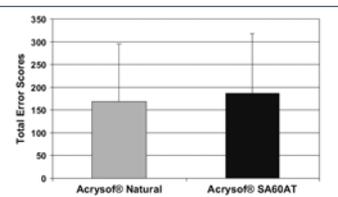


Figure 2. Mean scores (and standard deviations) of the Farnsworth-Munsell 100 Hue test for the Acrysof Natural and Acrysof SA60AT IOLs.

Rodriguez-Gallego A et al. Comparison of contrast sensitivity and color discrimination after clear and yellow intraocular lens implantation. JCRS 2005; 31: 1736-1739

HELIOS Kliniken GmbH

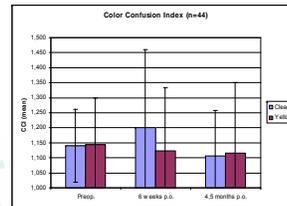
06.09.2007

Dr. J. Kuehnbecker

Farbsehen & Blaulichtfilterlinsen

Folie: 41

Vergleich HOYA VA-60BB versus YA-60BB



Walter S et al., ESCRS, 2006

$$TCDS_p = \frac{\sum color\ difference}{1}$$

CCI = 57,1

HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuehnbecker

Farbsehen & Blaulichtfilterlinsen

Folie: 42

- keine Verschlechterung der Farbsehstörung durch AcrySof SN60AT bei angeborener Rot-Grün-Farbsehschwäche (Ray, JCRS, 2005)
- keine Beeinträchtigung des Farbsehens unter photopischen und mesopischen Bedingungen bei AcrySof Natural (Cianni, JCRS, 2006)
- Explantation einer AcrySof Natural bei einer Patientin aufgrund Farbimbalance bei konventioneller IOL auf Partnerauge (Shah, Am J Ophthalmol, 2006)

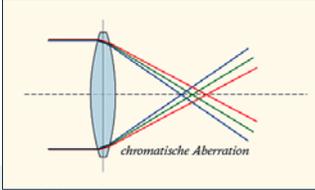
HELIOS Kliniken GmbH

06.09.2007

Dr. J. Kuehnbecker

Chromatische Aberration

Folie: 43

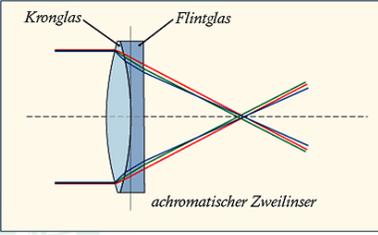



Jupiter

HELIOS Kliniken GmbH 08.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Chromatische Aberration

Folie: 44



apochromatisches Linsensystem

HELIOS Kliniken GmbH 08.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Chromatische Aberration und Pseudophakie

Folie: 45

- chromatische Aberration im Wellenlängenbereich von 500 und 640 nm von natürlicher Linse und PMMA-IOL geringer als von Acryl-IOL

Nagata et al. [Chromatic aberration in pseudophakic eyes]. Nippon Ganka Gakkai Zasshi. 1999 Mar;103(3):237-42

Kommt die apochromatische Intraokularlinse ?

HELIOS Kliniken GmbH 08.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Folie: 46



HELIOS Kliniken GmbH 08.09.2007 Dr. J. Kuehnbecker