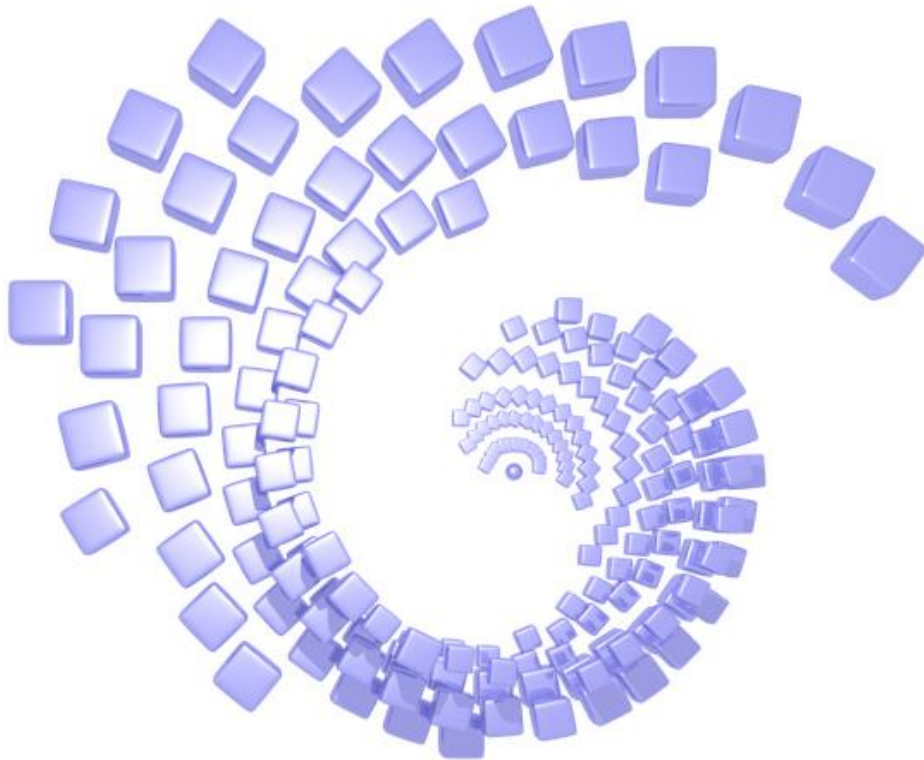


# **///FARBTHEORIEN & ///EFFEKTE**



**Prof. Dr. Tobias Breiner**

**Professur für Game-Engineering**

**Fakultät für Informatik**

**Hochschule Kempten**

**Kontakt:**

**Gebäude S, Zi.319**

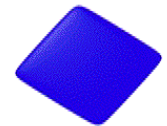
**Tel: 0831-2523-303**

**Fax: 0831-2523-300**

**[tobias.breiner@hs-kempten.de](mailto:tobias.breiner@hs-kempten.de)**

# Inhalt

**THE NEXT C/C/C**



**HELLIGKEIT & KONTRAST**

**KONTRASTEFFEKTE**

**FARBTHEOREM**

**PHOTOSENSITIVE EPILEPSIE**



# Macht der Farben und Formen



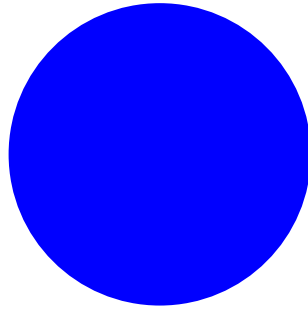
1

2

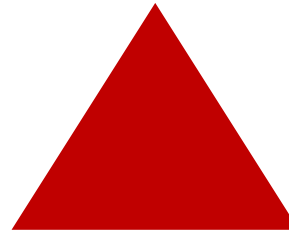
3

Motivation

# Ordnen Sie zu! ROUM?



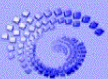
1



2

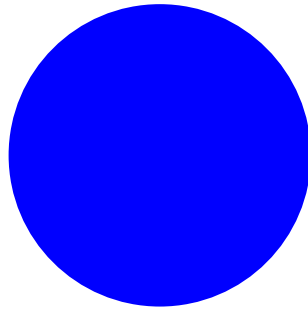


3

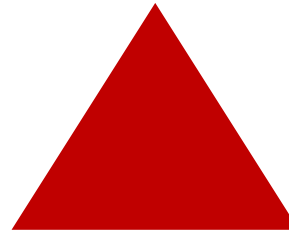


Motivation

# Ordnen Sie zu! TIHL?



1



2

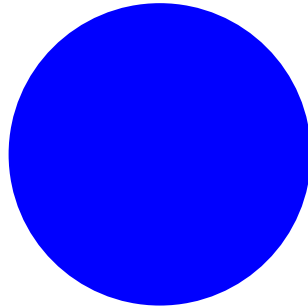


3

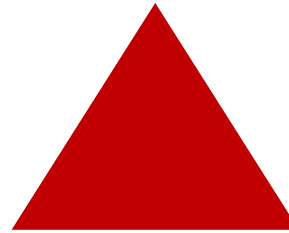


Motivation

# Ordnen Sie zu! KAT?



1



2

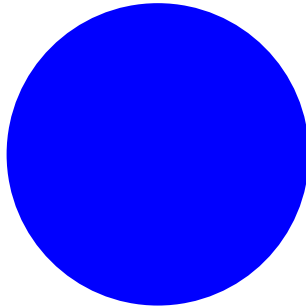


3

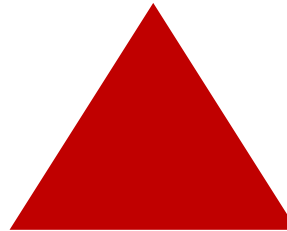


Motivation

# Haben Sie diese Zuordnung?



Roum



Kat



Tihl



Motivation

# Ordnen Sie zu! Gangster?

1

2

3

4

5



1

2

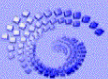
3





Motivation

# Ordnen Sie zu! Partyclown?



Motivation

# Ordnen Sie zu! Frauenheld?



Motivation

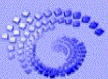
# Haben Sie diese Zuordnung?



Frauenheld

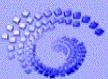
Gangster

Partyclown



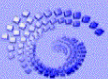
Motivation

# Ordnen Sie zu! Mystiker?



Motivation

# Ordnen Sie zu! Gutgelaunter?



Motivation

# Ordnen Sie zu! Wissenschaftler?

1

2

3

4

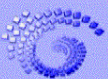
5



1

2

3





Motivation

# Haben Sie folgende Zuordnung?

1

2

3

4

5



Wissenschaftler

Mystiker

Gutgelaunter

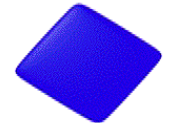


# Helligkeit & Kontrast



1

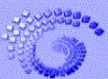
**GRASSMANNSCHE GESETZE**



3

4

5





# 1. Grassmann'sches Gesetz

Zwischen je vier Farben besteht immer eine eindeutige lineare Beziehung.

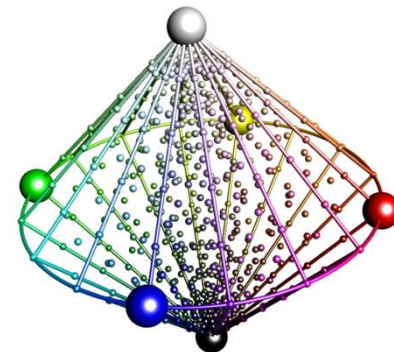
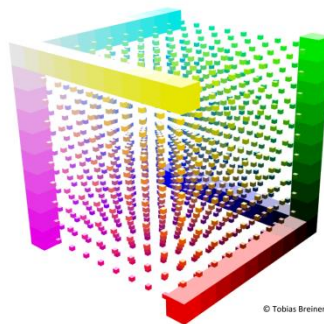
Eine Farbe braucht zu ihrer Beschreibung drei voneinander unabhängige Bestimmungsstücke, d.h. Farbe ist eine dreidimensionale Größe.

- Farben können als Vektoren eines dreidimensionalen Vektorraumes aufgefasst werden
- Die Vektoren dieses Farbraums heißen **Farbvalenzen**

# Grassmann'sche Gesetze (1853)

## Folgerung: Primärvalenzen

- Wie in jedem dreidimensionalen Vektorraum benötigt man drei voneinander linear unabhängige Basisvektoren (**Primärvalenzen**), um den **Farbraum** aufzuspannen.
- In diesem Fall bedeutet linear unabhängig, dass eine Primärvalenz nicht durch Mischung der beiden anderen Primärvalenzen darstellbar ist.
- Der Art des Farbraumes führt zu verschiedenen Farbsystemen:



# Folgerung: Farbmischung

## ● Folgerungen

- Farbraum ist dreidimensional
- Mit drei Primärvalenzen R, G, B lässt sich für jede Farbvalenz F eine Farbgleichung aufstellen, z.B.:

$$F = r R + g G + b B$$

- Mit Farbvalenzen kann man wie mit Vektoren rechnen
- Insbesondere ist die Umrechnung der Darstellung bezüglich verschiedener Primärvalenztripel (Basiswechsel) möglich

## 2. Grassmann'sches Gesetz

Verändert man einen Farbton stetig und vermischt diesen mit einer zweiten Farbe, die man aber unverändert lässt, so ändert sich auch der Farbton – der daraus durch additive Farbmischung entsteht – stetig.

Das heißt in Kombination mit dem ersten Gesetz, dass Farbmischungen mit

- Vektoradditionen (additive Farbmischung) und
- Vektorsubtraktionen (subtraktive Farbmischung) simuliert werden können.

### 3. Grassmann'sches Gesetz

Der Farbton einer durch additive Farbmischung entstandenen Farbe hängt nur vom Farbeindruck der Ausgangsfarben, nicht jedoch von deren physikalischen Zusammensetzungen ab.

Das heißt, dass es bei der Beurteilung von Gleichheit zweier Farben

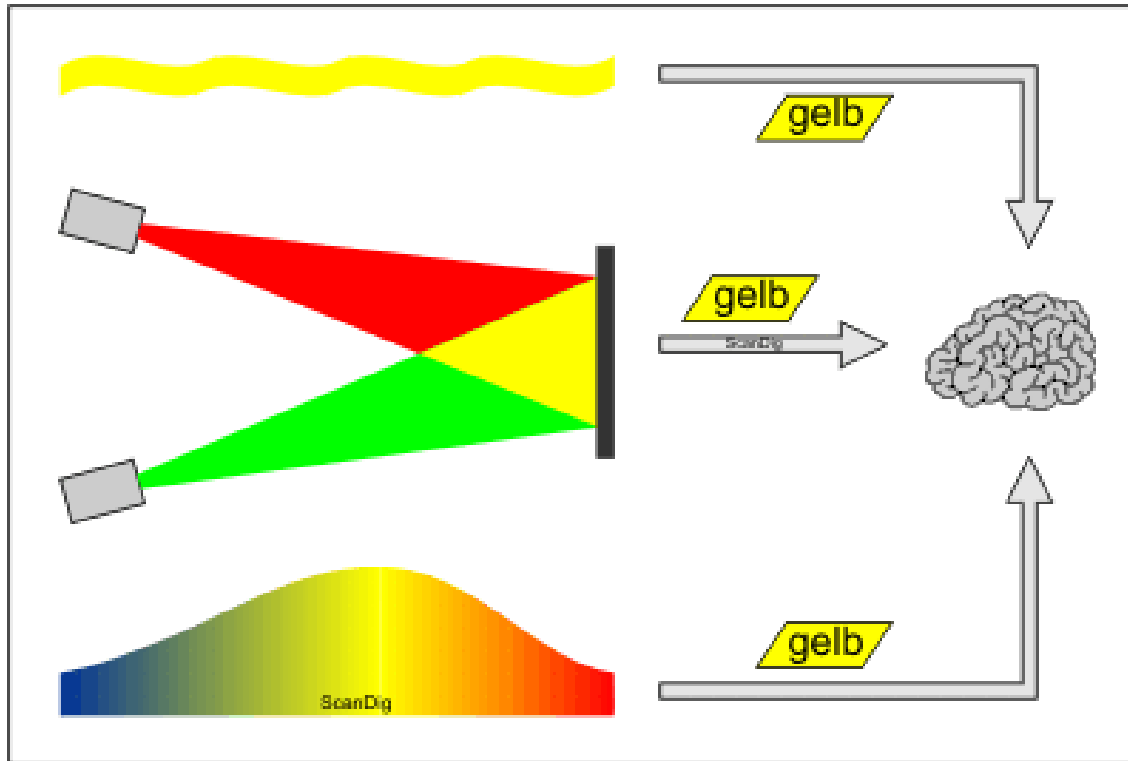
- nur auf die Farbvalenz,
- nicht auf ihre spektrale Verteilung ankommt.

Die spektrale Verteilung und die Wahl der Primärvalenzen spielen keine Rolle.

Grassmann'sche Gesetze (1853)

## 3. Grassmann'sches Gesetz

z.B. Gelb kann durch verschiedene Spektren erzeugt werden:

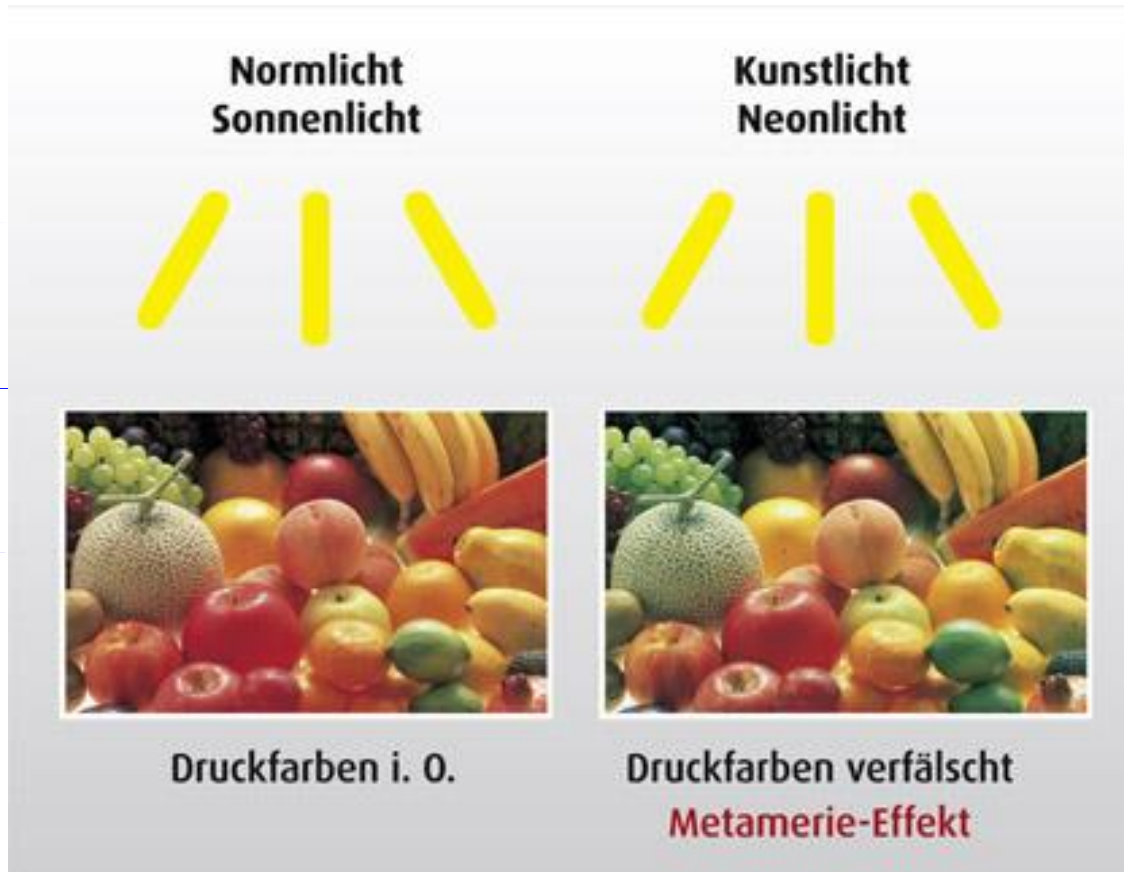


Wagner, Patrick : [www.filmscanner.info](http://www.filmscanner.info): 11.11.2005



# Grassmann'sche Gesetze (1853)

## Folgerung aus 3.G.G.: Metamerie



<http://www.cleverprinting.de/metamerie.html>





# Grassmann'sche Gesetze (1853)

## Dressgate durch Metamerie-Annahmen



Welche Farben hat diese Trainingsjacke?

- Blau-Weiß?
- Gold-Grün?
- Schwarz-Braun?

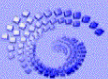


Grassmann'sche Gesetze (1853)

# Metamerie-Erfahrungen



Gold-Weiß oder Blau-Schwarz?



Grassmann'sche Gesetze (1853)

# Metamerie-Erfahrungen



Neongrün und Weiß? Türkis und Grau? Pink und Weiß?



Grassmann'sche Gesetze (1853)

# Dressgate durch Metamerie-Annahmen



Am 26.02.2015 postete Schottin auf Tumblr ihr Kleid. Wurde virales Foto unter „#Dressgate“:

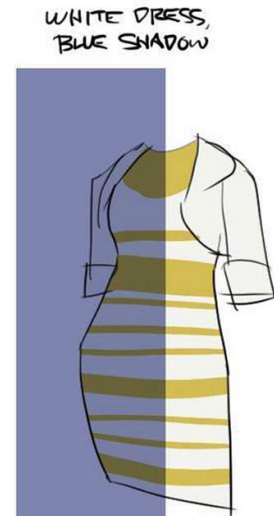
Welche Farbe hat dieses Kleid?

- Gold-Weiß oder
- Blau-Schwarz?

# Erklärung von Dressgate

Verschiedene Annahmen:

- Zimmerbelichtung mit hohem Gelbanteil  
=> Kleid ist Blau-Schwarz
- Außenbelichtung mit hohem Blauanteil  
=> Kleid ist Gold-Weiß

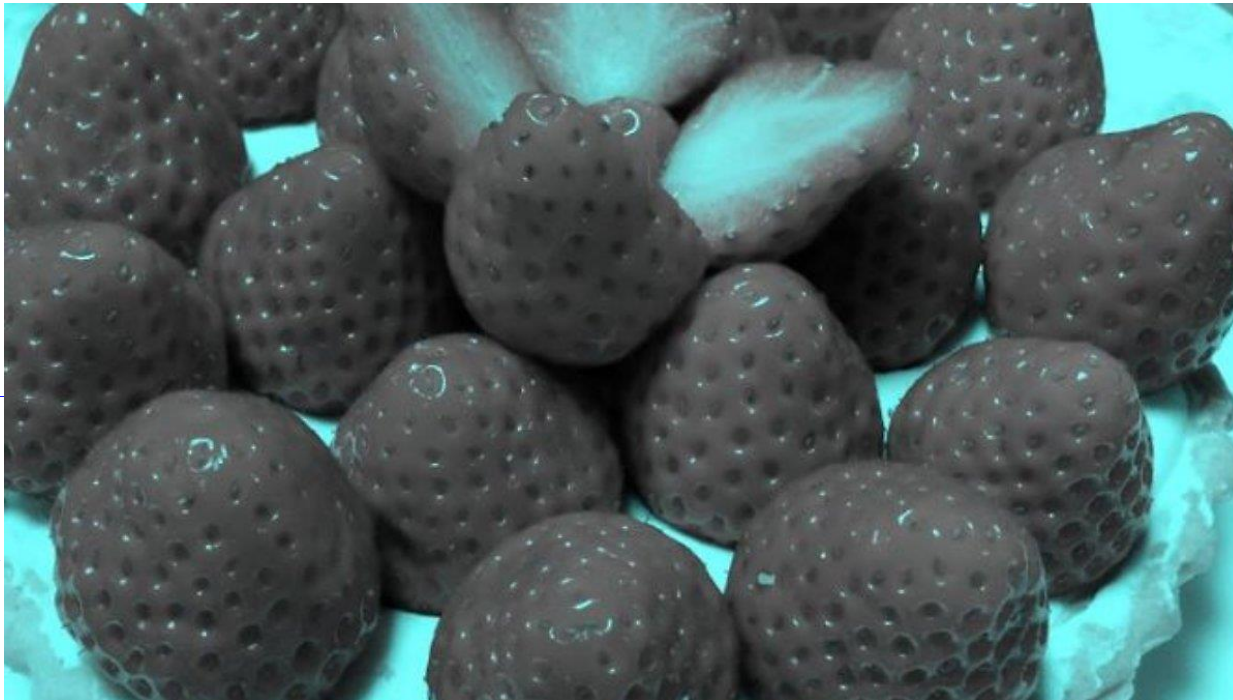


Studie v. Anil Steh, Sussex University 2017:

Diejenigen, die Kleid in Weiß und Gold sehen, sind optimistischer, als diejenigen, die es in Blau-Schwarz sehen.



# Die magischen Erdbeeren



Diese Erdbeeren sind dunkelgrüne Plastikbeeren.  
Auch auf dem Bild heben sie dunkelgrüne Pixel (RGB 99, 114, 114).  
Trotzdem nehmen wir sie als rot wahr, da wir blaues Licht annehmen.

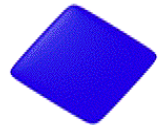
# Farbwahrnehmungseffekte



1

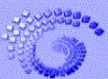
2

**///FARBWEAHRNEHMUNGSEFFEKTE///**



4

5



# Farbwahrnehmung ist nicht absolut!

## Simultankontrast & Sukzessivkontrast

Farbtonverschiebung durch Nachbar- bzw. Vorfarben

### Bezold-Brücke Effekt

Farbtonverschiebung bei Veränderung der Helligkeit

### Braun Effekt

Die Farbe Braun benötigt eine Referenzfarbe für die Wahrnehmung

### Helmholz-Kohlrausch Effekt

Farbiges Licht erscheint "heller" trotz gleicher Luminanz

### Abney Effekt

Addition weißen Lichts erzeugt Farbtonverschiebungen

### Farbeffekt durch Größe

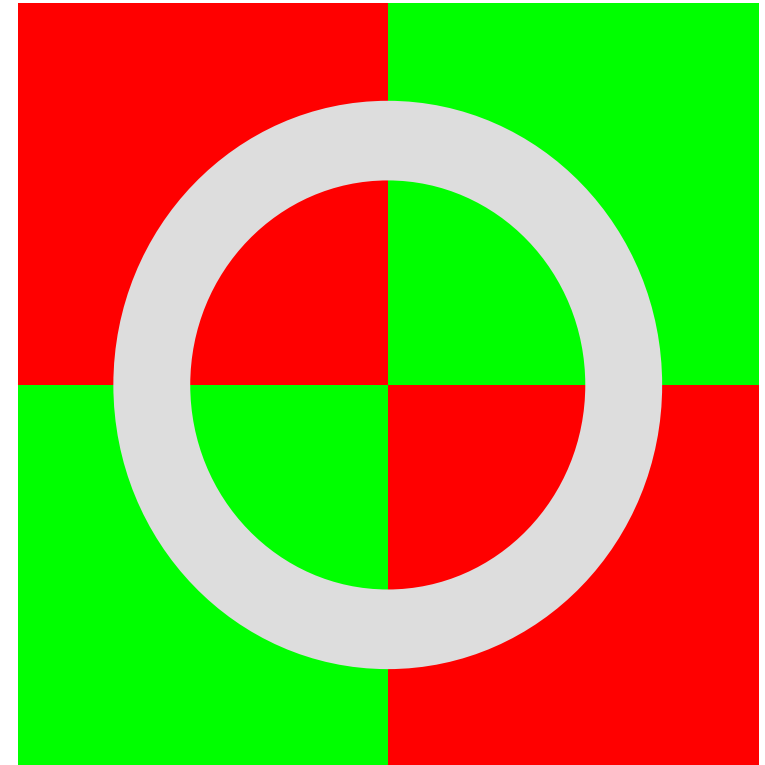
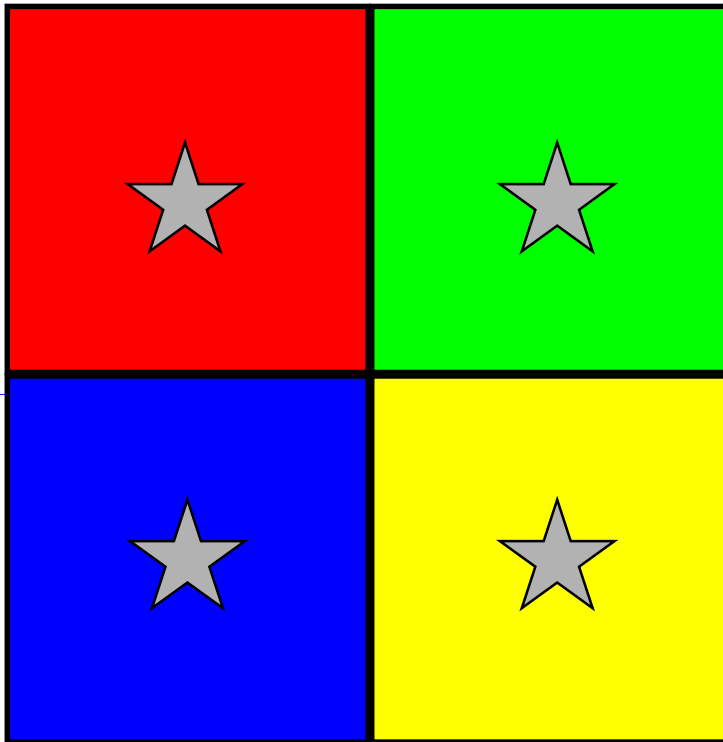
Kleine Farbflächen wirken intensiver

### Irridationseffekt

Weißer Rechtecke wirken länger als schwarze

# Farbwahrnehmungseffekte

## Simultankontrast



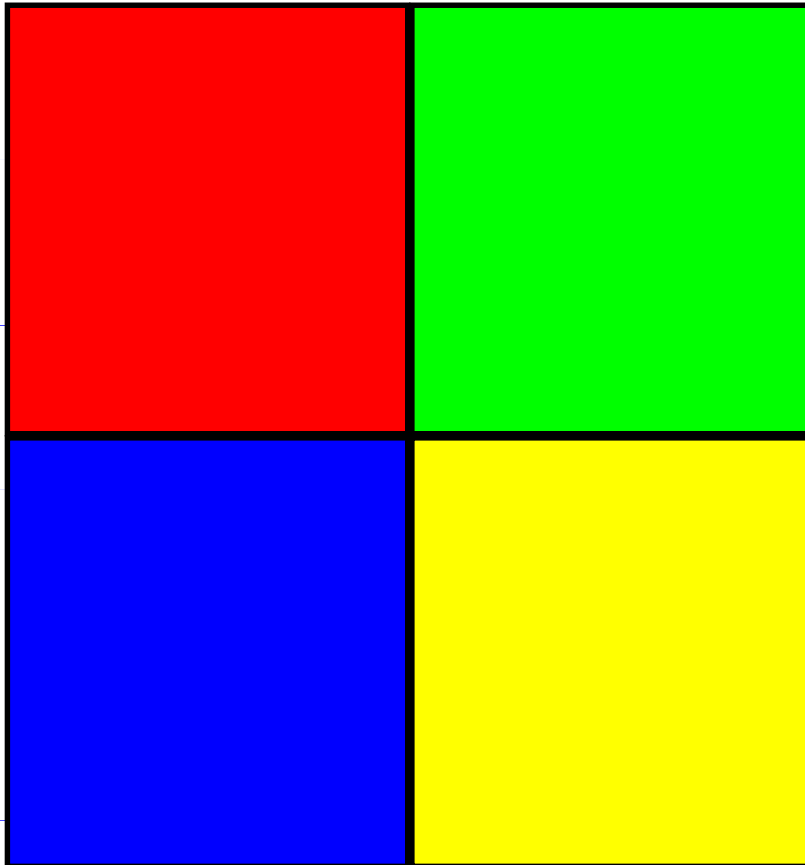
Umgebungseinfluss der Umgebung auf die Farbempfindung



# Farbwahrnehmungseffekte

## Sukzessivkontrast

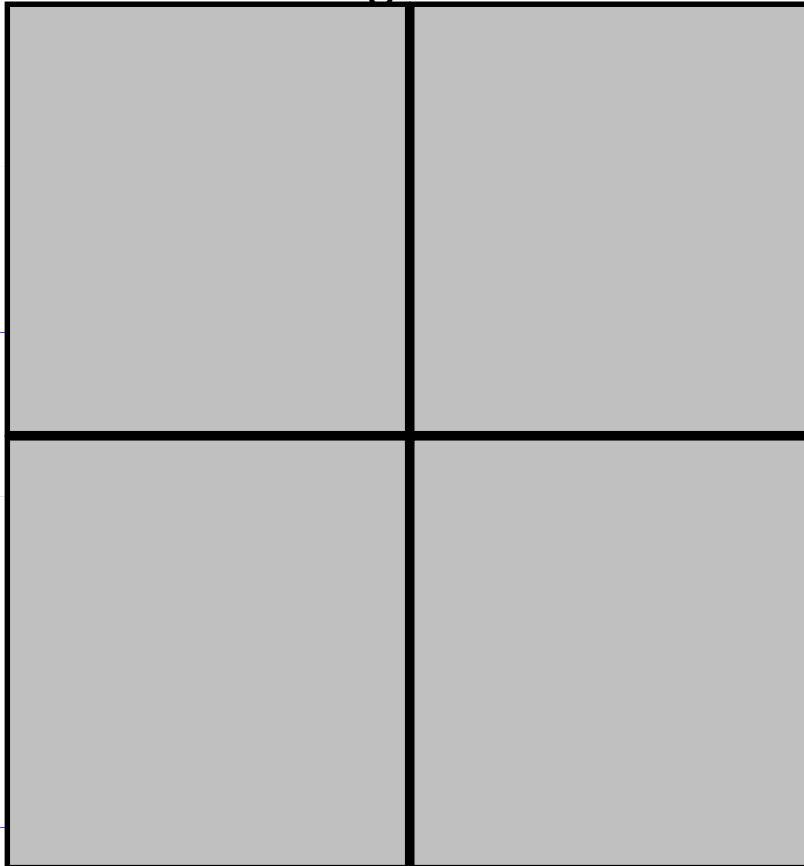
Auftreten farbiger Nachbilder in der Gegenfarbe



# Farbwahrnehmungseffekte

## Sukzessivkontrast

Auftreten farbiger Nachbilder in der Gegenfarbe



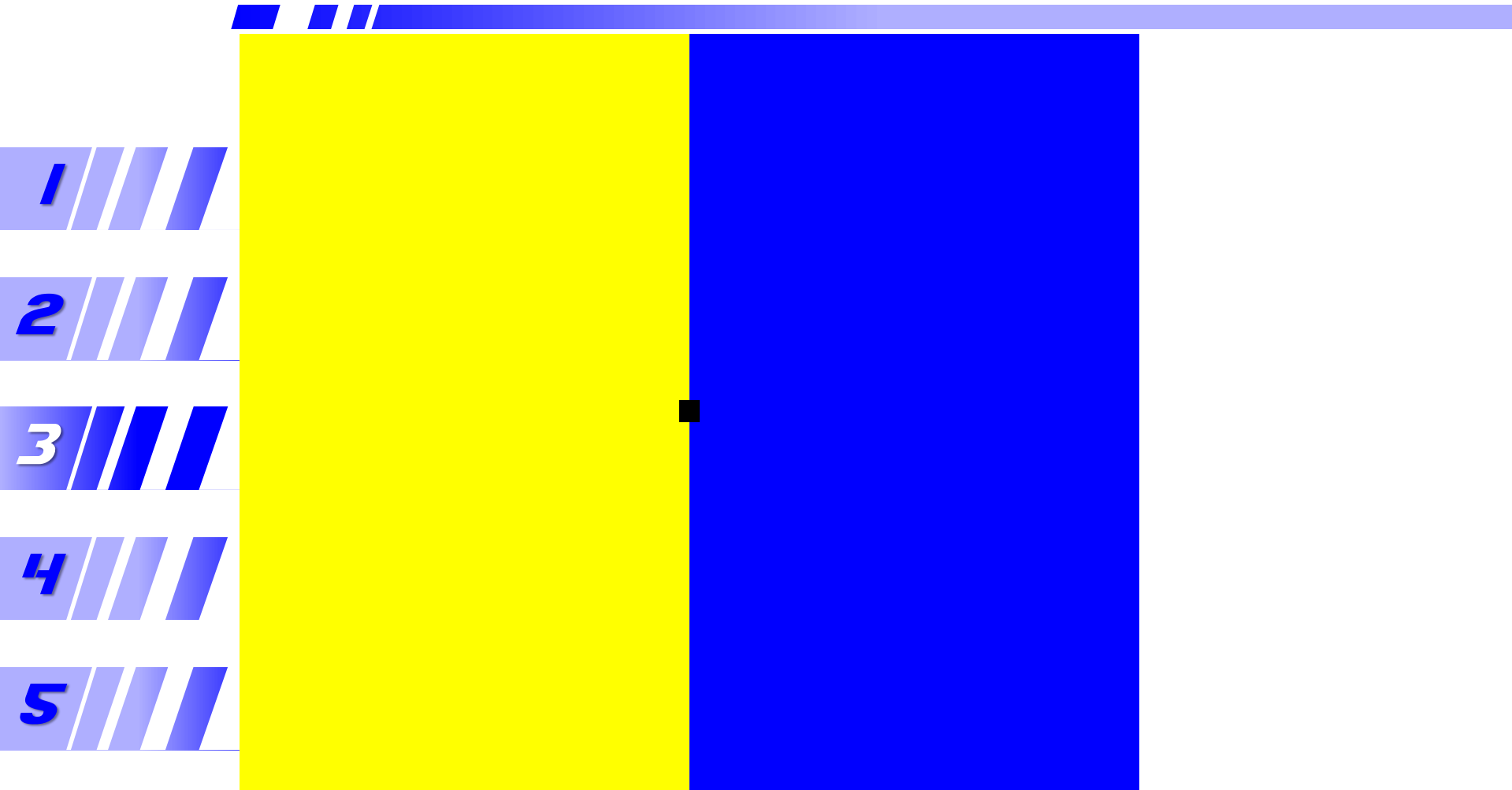
# Farbwahrnehmungseffekte

## Chromatische Adaption



# Farbwahrnehmungseffekte

## Chromatische Adaption



# Farbwahrnehmungseffekte

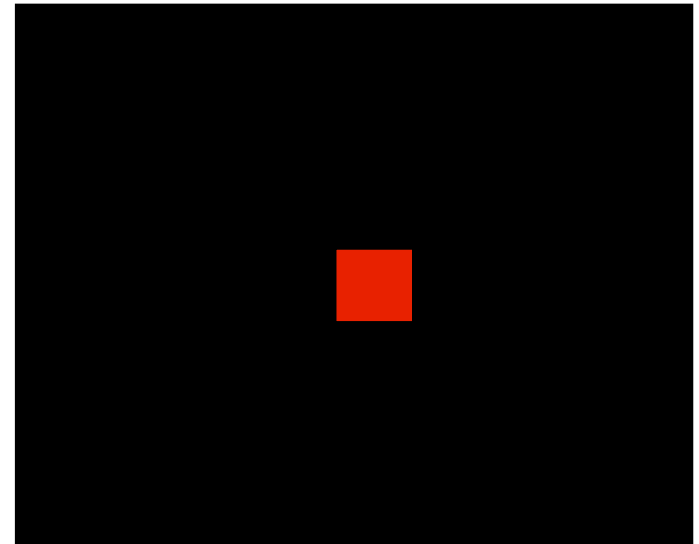
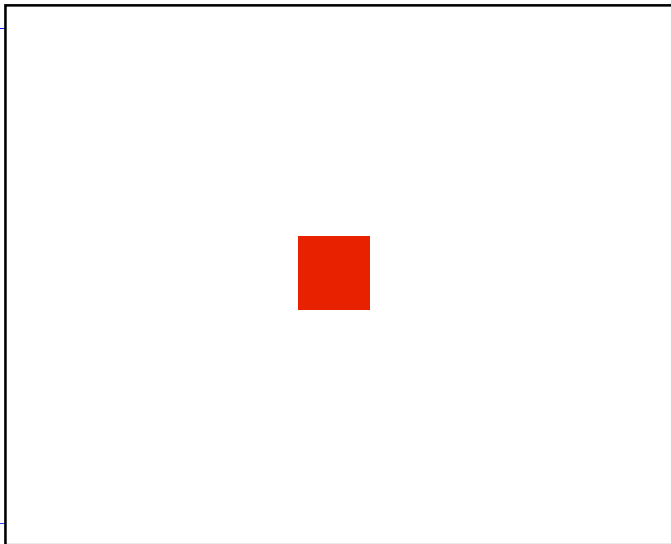
## Chromatische Adaption



# Farbwahrnehmungseffekte

## Bezold-Brücke Effekt

- Farbtonverschiebung bei Veränderung des Adaptionsniveaus und Umgebungshelligkeit
- Benannt ist es nach Wilhelm von Bezold und Ernst Wilhelm von Brücke.



# Farbwahrnehmungseffekte

## Braun-Effekt



# Braun-Effekt



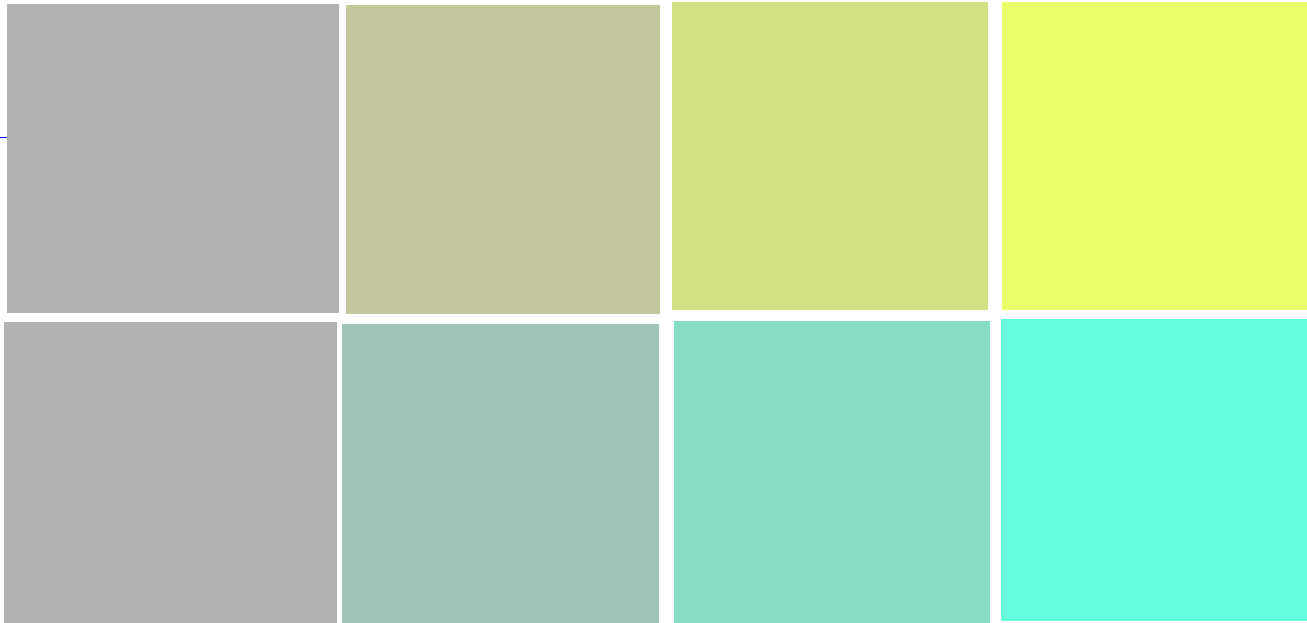


## Die Farbe Braun

- Braun ist ein dunkles gelb bzw. orange.
- Braun braucht eine Referenzfarbe um wahrgenommen zu werden
- Braun existiert nicht in dunklen Umgebungen
- => Vorsicht bei farbigen Helligkeitsskalen

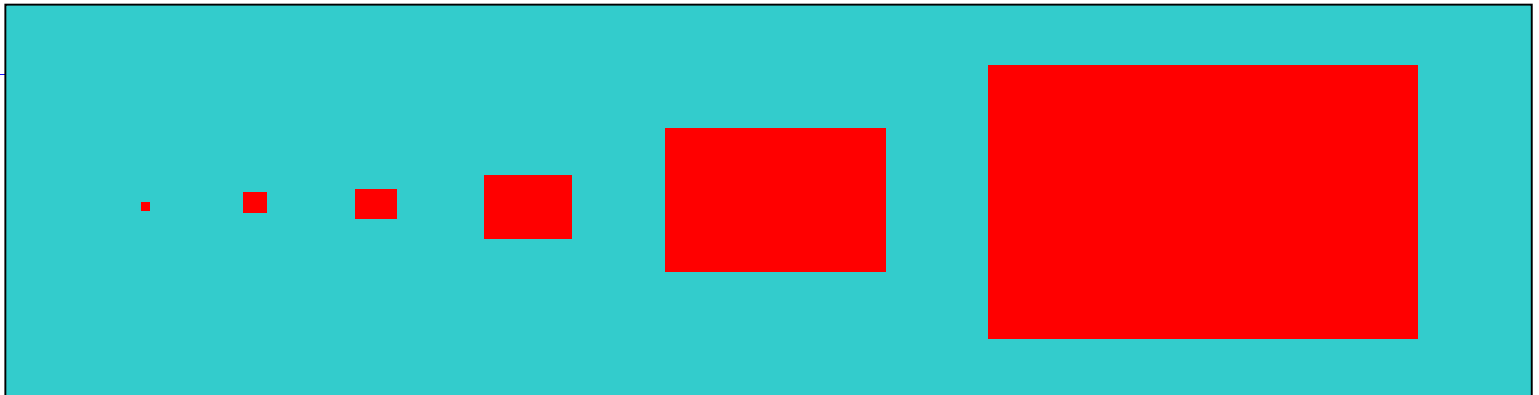
# Helmholtz-Kohlrausch Effekt

Farbiges Licht erscheint “heller” trotz gleicher Luminanz



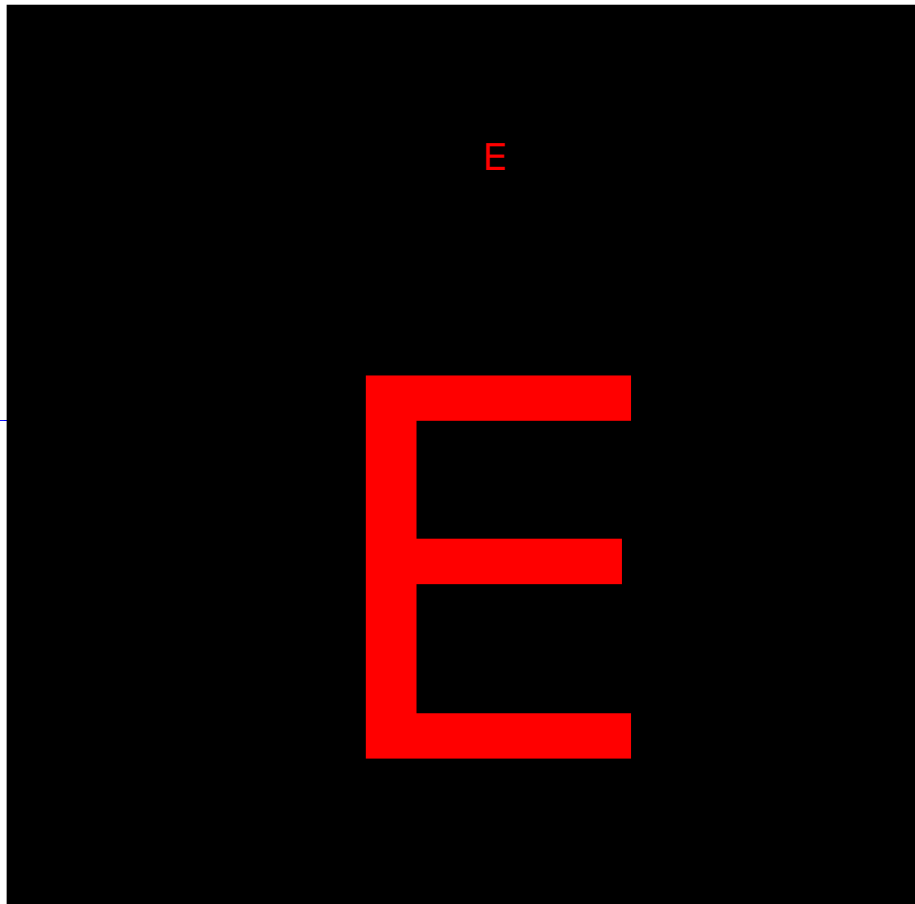
# Farbeffekt durch Größe

Kleine Farbflächen wirken intensiver und „weniger rein“



# Farbwahrnehmungseffekte

## Farbeffekt durch Größe

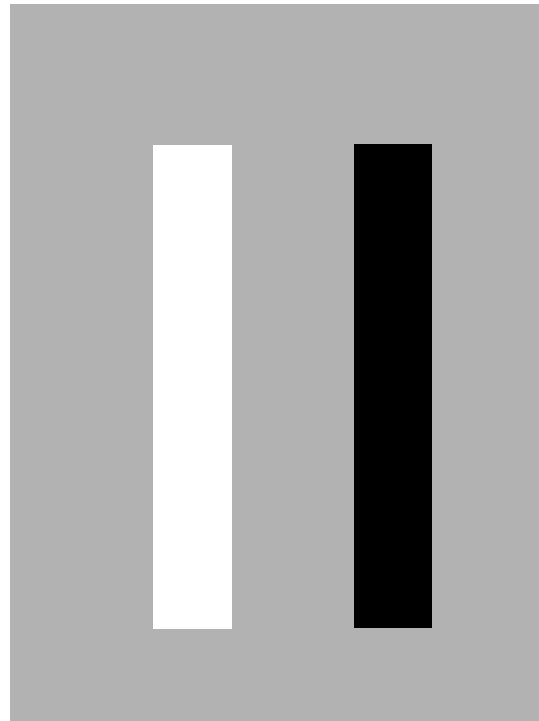


Das kleine E wirkt auf dem dunklen Hintergrund dunkler als das große E. Farbe des großen E wirkt „reiner“.

# Farbwahrnehmungseffekte

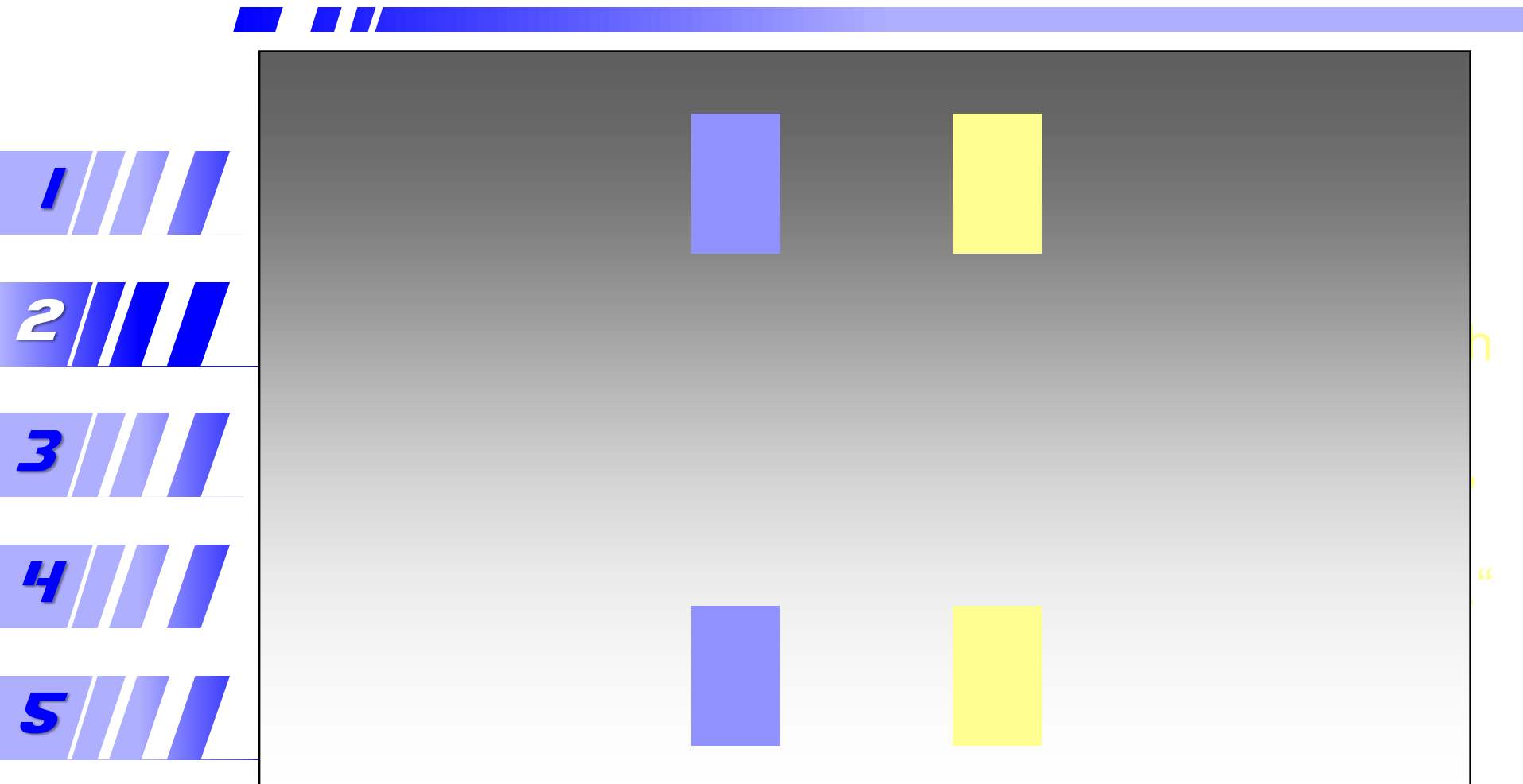
## Irridationseffekt

- Weiße Rechtecke wirken länger als schwarze



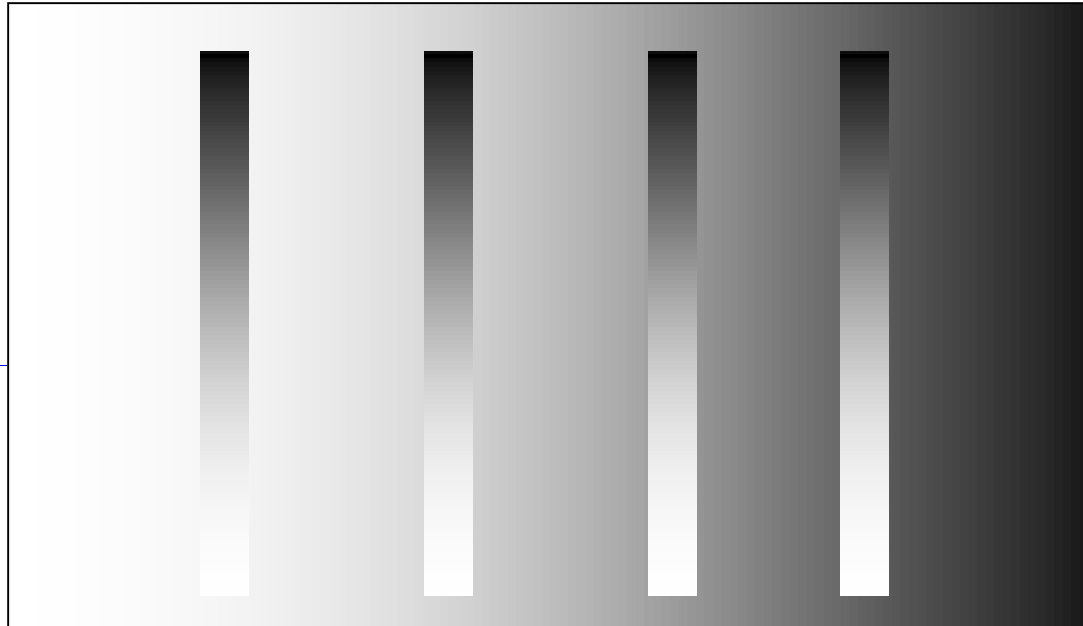
# Farbwahrnehmungseffekte

## Iso- oder equiluminante Muster



# Farbwahrnehmungseffekte

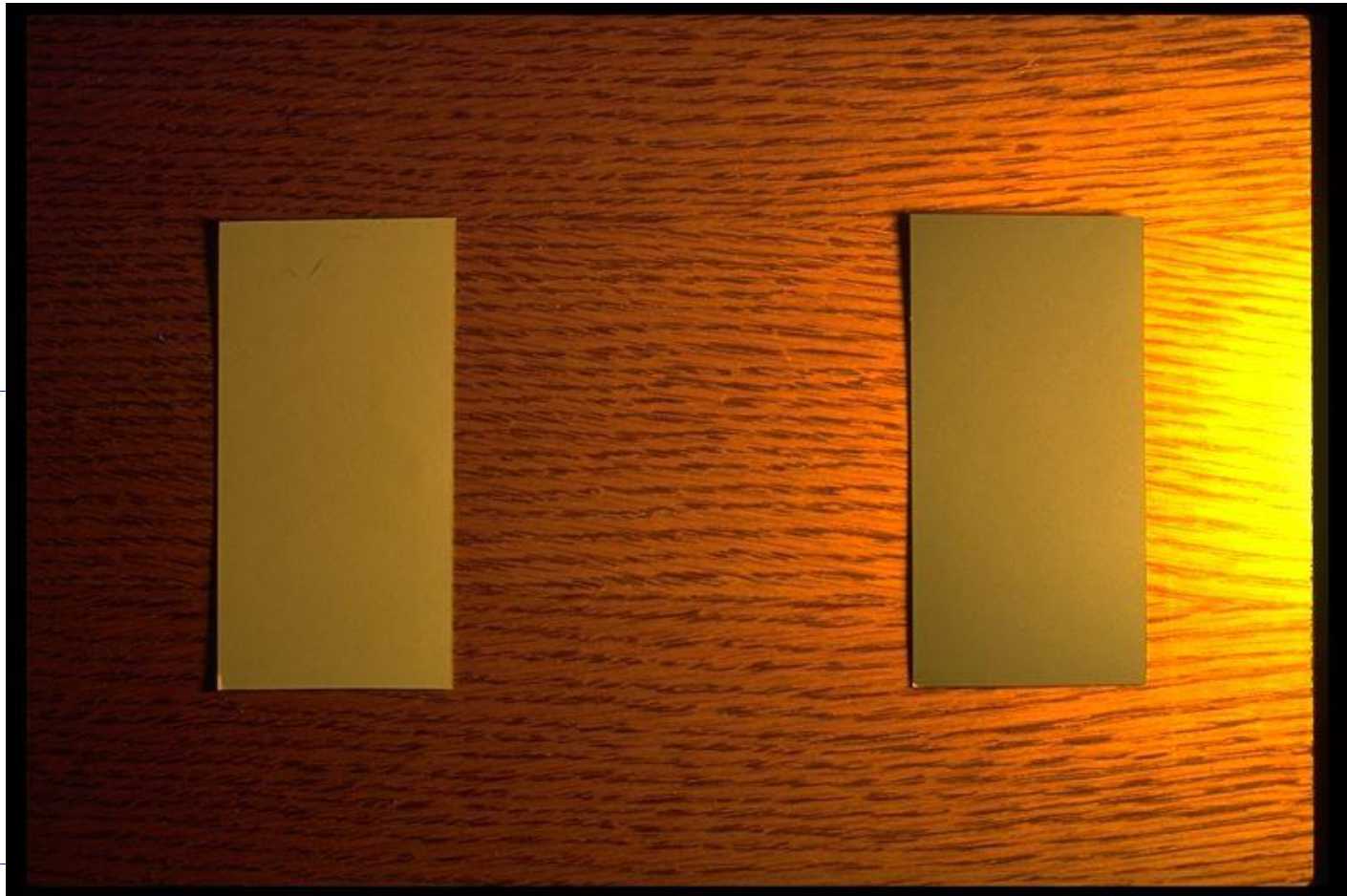
## Kontrastverstärkung



- Differenzen werden umso stärker wahrgenommen, je näher sie an der Hintergrundhelligkeit liegen
- Dieser Effekt wird auch von uniformen Grauwertskalen nicht berücksichtigt

# Farbwahrnehmungseffekte

## Kontrast für Konstanz

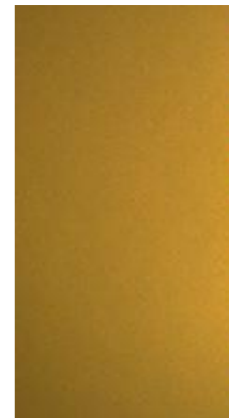




# Farbwahrnehmungseffekte

## Kontrast für Konstanz

---



# Farbtheorien

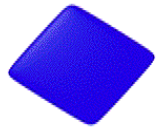


1

2

3

**///FARBTHEORIEN**



5



# Thomas Young

Der Erste, der drei Fotorezeptorzellen und damit indirekt drei Grundfarben postulierte, war der deutsch-englische Physiker Thomas Young. Er hatte zu seiner Studienzeit in Göttingen medizinische Überlegungen angestellt, die er in London erstmals 1802 einem breiterem Publikum präsentierte (Dolling et al. 2003, S. 188):



„Da es fast unmöglich ist, an jedem empfindlichen Punkt der Netzhaut eine unendliche Zahl von [Äther-]Partikeln zu erkennen, die in der Lage sind, in vollkommener Übereinstimmung mit jeder möglichen Frequenz zu schwingen, ist es notwendig, die Zahl [der Fotorezeptorzellen und damit der Grundfarben] zu begrenzen, zum Beispiel auf die drei Grundfarben Rot, Gelb und Blau“

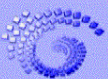
## Farbtheorien

# Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz

1 Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz entwickelte die Theorie von Young weiter und deckte den dreidimensionalen Charakter der Farbe um 1850 durch Mischversuche auf.

2 Er postulierte richtigerweise drei verschiedene Farbrezeptorzellen im Auge und stellte daraufhin die *Dreifarbentheorie* (trichromatic theory) auf. Sie wird gelegentlich auch als *Young-Helmholtz-Theorie* (Young–Helmholtz theory) bezeichnet.

3 Mit seiner Außenseitertheorie ging er in Konfrontation zu den Anhängern Sir Isaac Newtons, der aufgrund seiner Prismenexperimente sieben Grundfarben vermutete, und den Schriften Johann Wolfgang von Goethes, der zwei „reine“ Farben annahm, nämlich Blau und Gelb, aus denen sich alle anderen Farben zusammensetzen ließen.

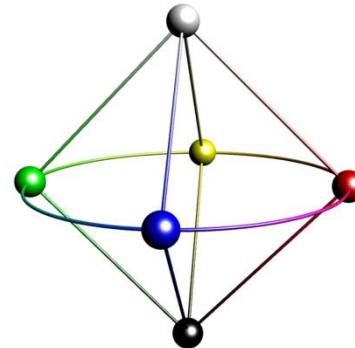


# Farbtheorien

## Ewald Hering

Ewald Hering entwickelte 1878 ein Modell von drei Gegenfarbenpaaren:

Rot vs. Grün,  
Blau vs. Gelb,  
Weiß vs. Schwarz.



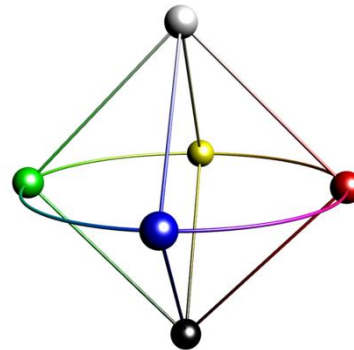
Damit diese Gegenfarben nicht mit Komplementärfarben verwechselt werden, die umgangssprachlich ebenfalls als Gegenfarben bezeichnet werden, soll im Folgenden von **Opponentenfarben** gesprochen werden.



# Farbtheorien

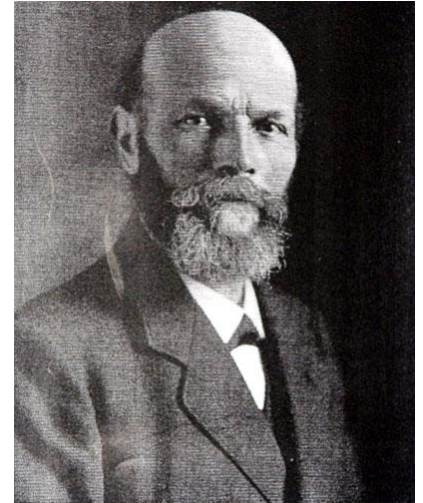
## Ewald Hering

- Die Farben Rot, Grün, Blau, Gelb, Weiß und Schwarz erscheinen besonders rein, Hering nannte sie daher *Urfarben*.
- Zwischen Farben, die nicht zueinander opponent sind, können im Geiste Mischfarben erzeugt werden. Mischfarben können aber niemals zwischen zwei Opponentenfarben einer Opponentenachse entstehen. (es gibt z.B. kein rotes Grün)
- Opponentenfarben rufen entgegengesetzte Empfindungen hervor.



# Johannes von Kries

*Johannes von Kries* war sowohl mit der Dreifarbentheorie von Hermann von Helmholtz als auch mit der Opponentenfarbtheorie von Hering vertraut.



*J. v. Kries*

Aus den beiden scheinbar unvereinbaren Theorien erarbeite er 1905 die *Kries-Zonentheorie* (duplexity theory).

Die Kries-Zonentheorie und damit auch Herings Opponententheorie wurden erst 1975 empirisch bestätigt. Das Forscherehepaar DeValois fand im seitlichen Kniehöcker, dem Corpus geniculatum laterale, drei verschiedene Neuronentypen, welche exakt gemäß den Opponentenachsen reagieren.

# Photosensitive Epilepsie

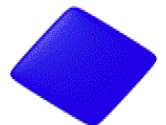
1

2

3

4

**PHOTOSENSITIVE EPILEPSIE**





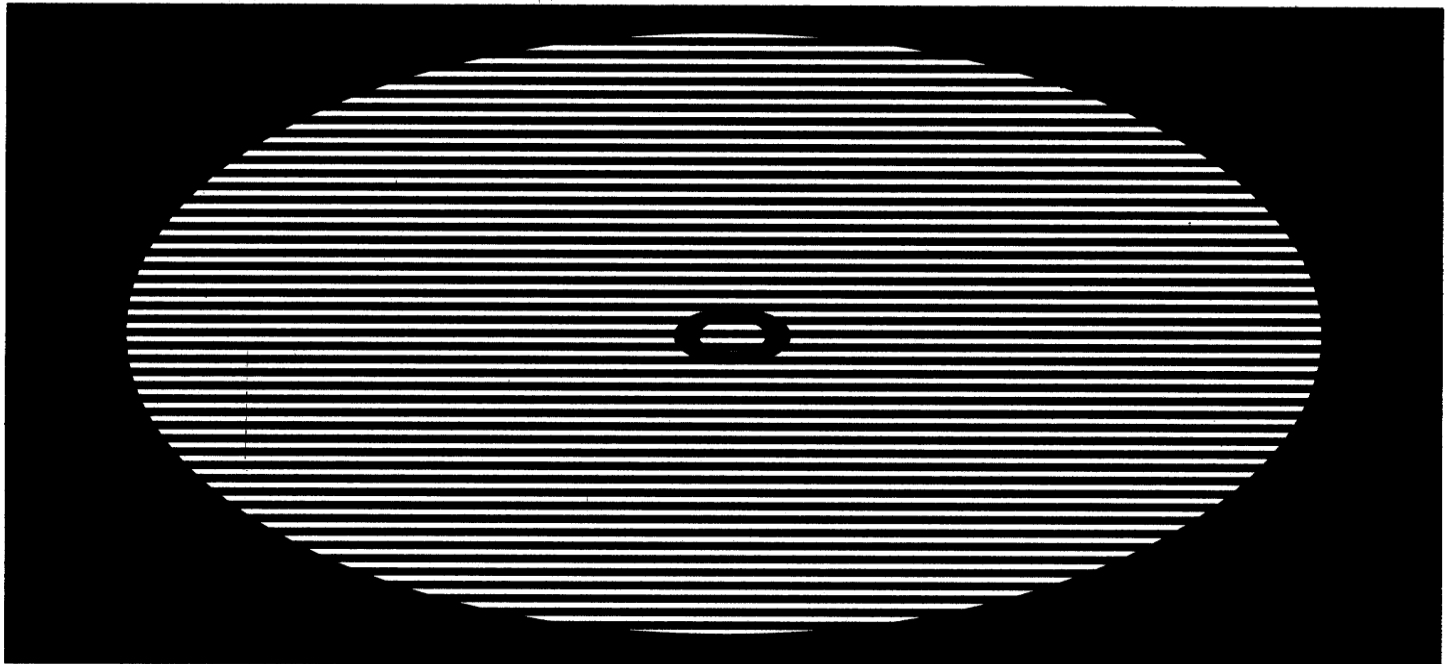
# Abtasttheorem Warnung!



Epileptiker nun bitte Augen schließen!

# Abtasttheorem

## Visueller Stress



Großflächige sich wiederholende Blitze oder Streifenmuster mit z.B. 3 Zyklen / Grad und Flickerraten von 20 Hz lösen bei fast allen Betrachtern visuellen Stress aus, bis hin zu krampfartigen Anfällen  
=> Japan Epilepsie

# Japan – Epilepsie (=Photosensitive Epilepsie)

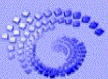
1997 gab es in Japan 730 Fälle von Epilepsie bei Kindern, die durch die (mittlerweile abgesetzte) 38. Folge „Electronic Soldier Porygon“ der Anime-Serie "Pocket Monsters" verursacht wurden, selbst bei Menschen, die vorher epileptisch unauffällig waren.



In der betreffenden Folge klettert die Pokemon-Crew in einen Computer wo eine Bombe explodiert, die ein Computervirus zerstören soll. Danach wechseln sich in fünf Sekunden 54mal rote und blaue Blitze ab. (=ca. 11 Hz)

Quelle1: Video-Game Epilepsy: A European Study D. G. A. Kasteleijn-Nolst Trenité<sup>1</sup>A. Martins da Silva\*, S. Ricci xs, C. D. Binnie , G. Rubboli§, C. A. Tassinari§, J. P. Segers<sup>1</sup>; Quelle 2: Berliner Zeitung vom 18.12.1997

Quelle3: [http://www.japanlink.de/mk/mk\\_film\\_pokemon.shtml](http://www.japanlink.de/mk/mk_film_pokemon.shtml) Negativ-beispiel: <http://mahopa.de/murks/augenkrebs-hintergrund-f01.html>



# Photosensitive Epilepsie

- Auch bei Computerspielen und animierten Visualisierungen sollte auf die photosensitive Epilepsie Rücksicht genommen werden!
- Besonders häufig bei Kindern (=> schriftliche Warnung reicht nicht aus!)
- Frauen doppelt so häufig wie Männer betroffen
- Rot-Grün-Abfolgen besonders auslösend



<http://juicystudio.com/article/photosensitive-epilepsy.php>

# ///GAME ///OVER

**Danke für Ihr  
Interesse!**



Copyright: Prof. Dr. Tobias Breiner; Tobias.Breiner@3D-Generation.de

