

Der dreidimensionale Farbraum

Der dreidimensionale Farbraum

-

ein Thema für den Physikunterricht?

Übersicht:

1. Vorüberlegungen
2. Ein anschauliches Modell für den Farbraum
3. Licht und Farbe
4. Der Farbraum des Farbfernsehens

1. Vorüberlegungen

- Das Thema „Farben“ im Physikunterricht

1. Vorüberlegungen

- Das Thema „Farben“ im Physikunterricht

„Durch Addieren der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau lassen sich alle Lichter des Farbkreises erstellen.“

„Auch in der Natur können wir viele Farbtöne beobachten, obwohl es nur wenige Grundfarben (Spektralfarben) gibt.“

1. Vorüberlegungen

- Wofür steht das Wort „Farbe“?

„Das T-Shirt hat die
Farbe Rot.“

„Die Dose enthält
rote Farbe.“

„Farbe“ steht für eine Eigenschaft

„Farbe“ steht für einen Stoff

„Farbstoff“

1. Vorüberlegungen

- Wofür steht das Wort „Farbe“?

„Farbe“ steht für eine Eigenschaft

Wessen Eigenschaft ist das?

...die eines Gegenstandes (Körpers)

...die eines Gegenstandes (Körpers) und der
zugehörigen Beleuchtung

...die eines Gegenstandes (Körpers), der
zugehörigen Beleuchtung und des
jeweiligen Betrachters

1. Vorüberlegungen

- Wofür steht das Wort „Farbe“?

„Farbe“ steht für eine Empfindung

Kennzeichen normalsichtiger Menschen:
große Vielfalt unterschiedlicher Farbempfindungen

→ Lässt sich diese Vielfalt irgendwie ordnen?

Übersicht:

1. Vorüberlegungen
2. **Ein anschauliches Modell für den Farbraum**
3. Licht und Farbe
4. Der Farbraum des Farbfernsehens

2. Ein anschauliches Modell für den Farbraum

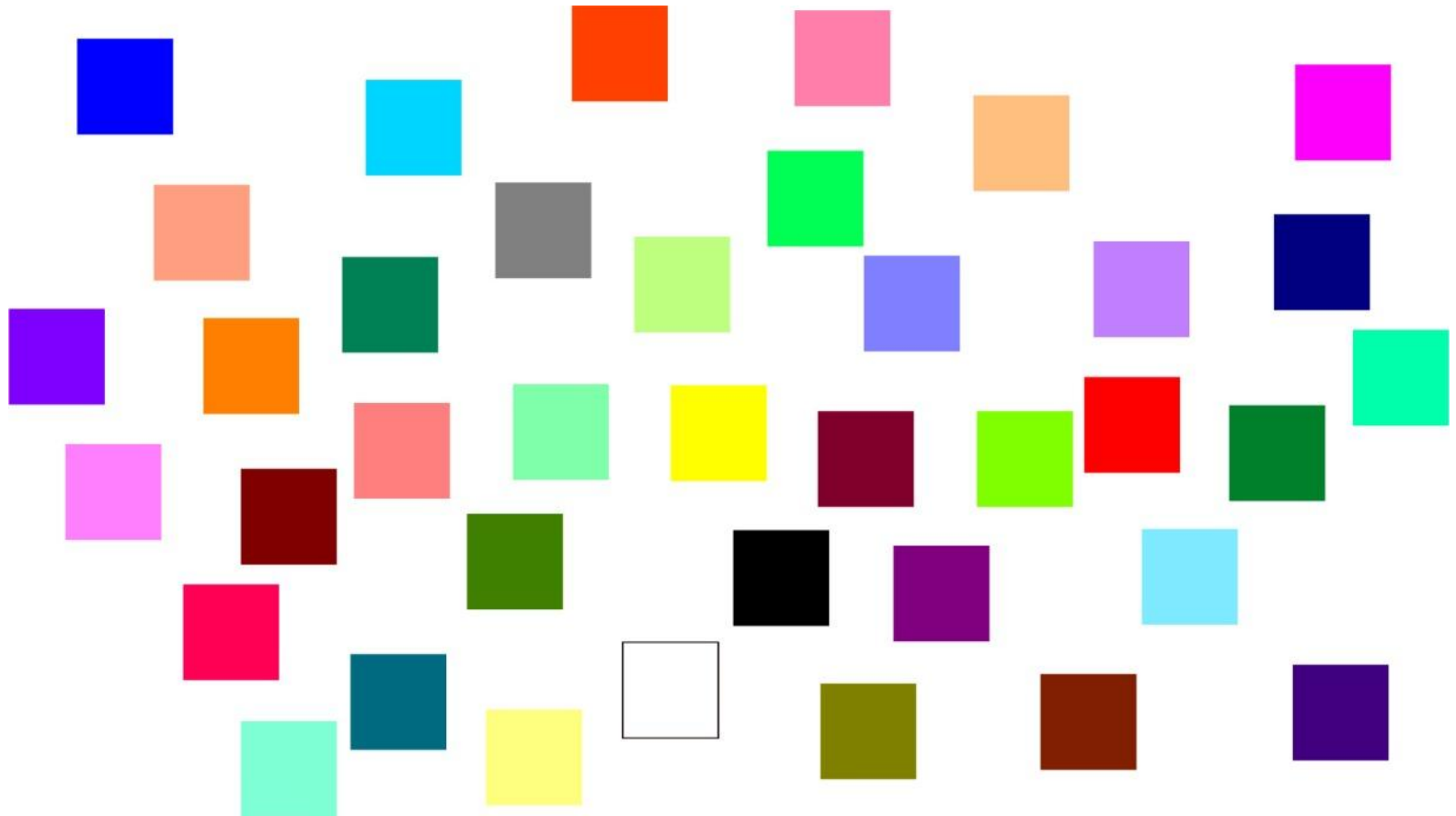
Ausgangspunkt im Unterricht:

eine Vielzahl bunter

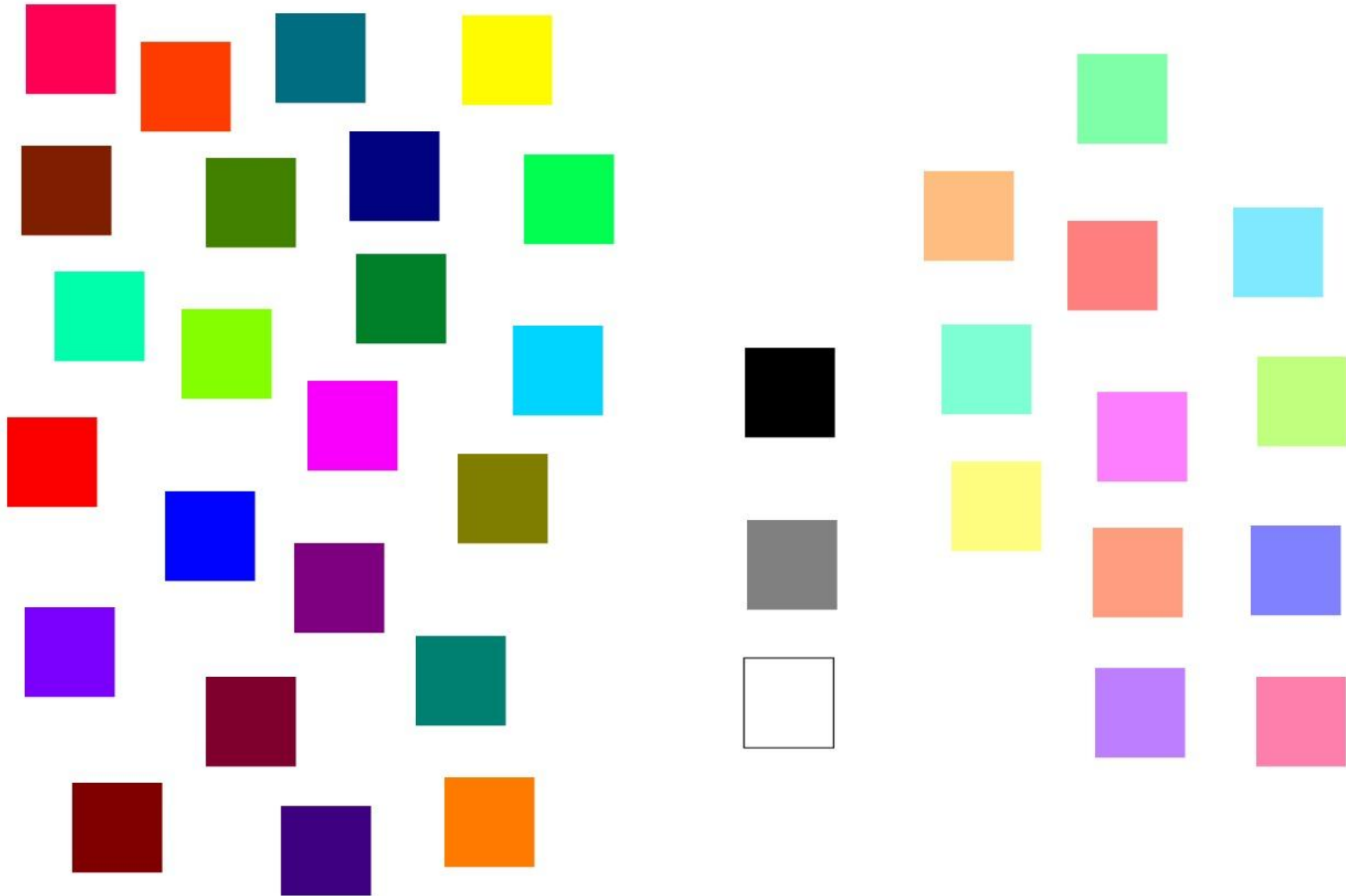
Würfel
(Hardware)

Quadrate
(auf dem Bildschirm)

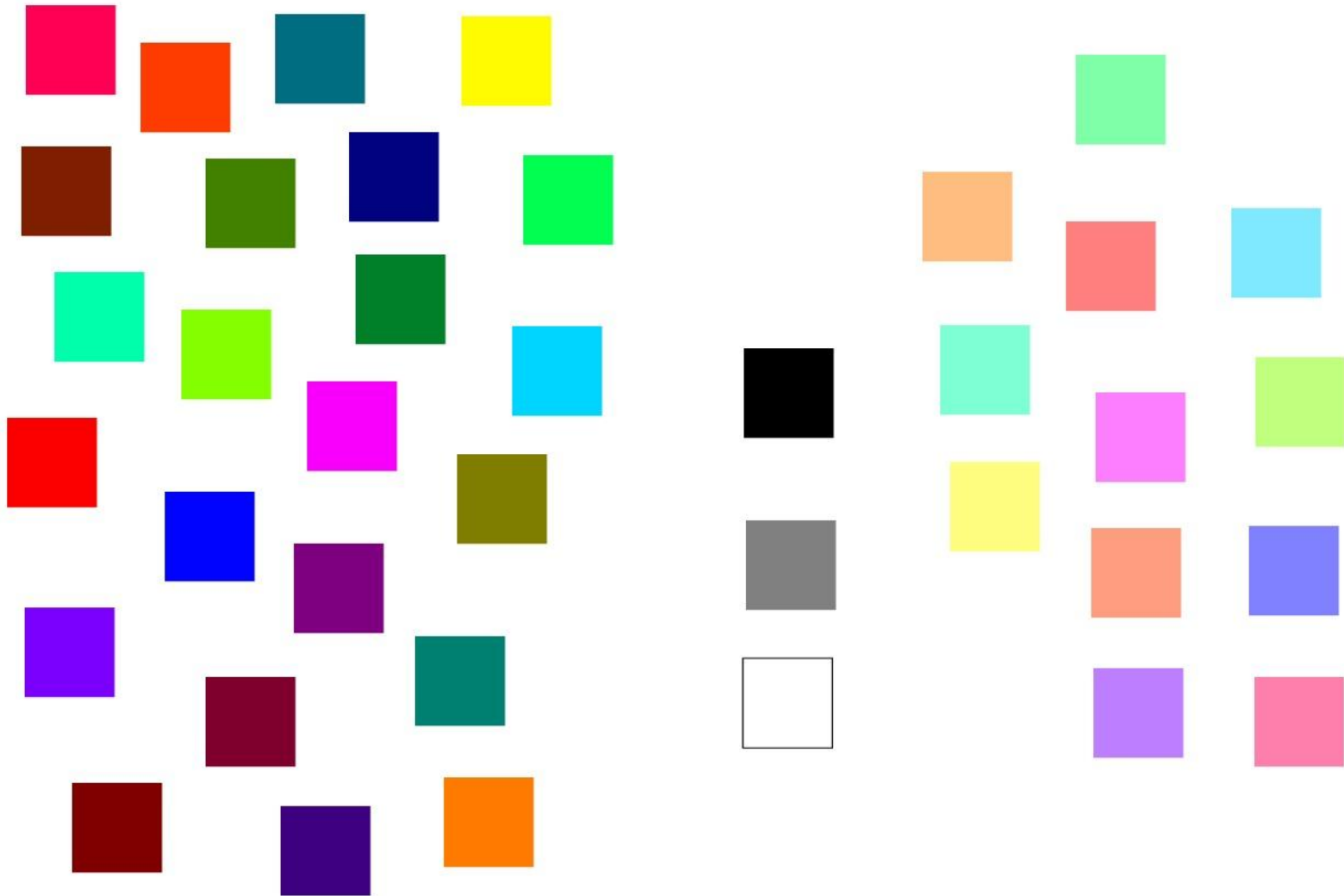
Zusammenfassen der kräftigen und der blassen Farbempfindungen:



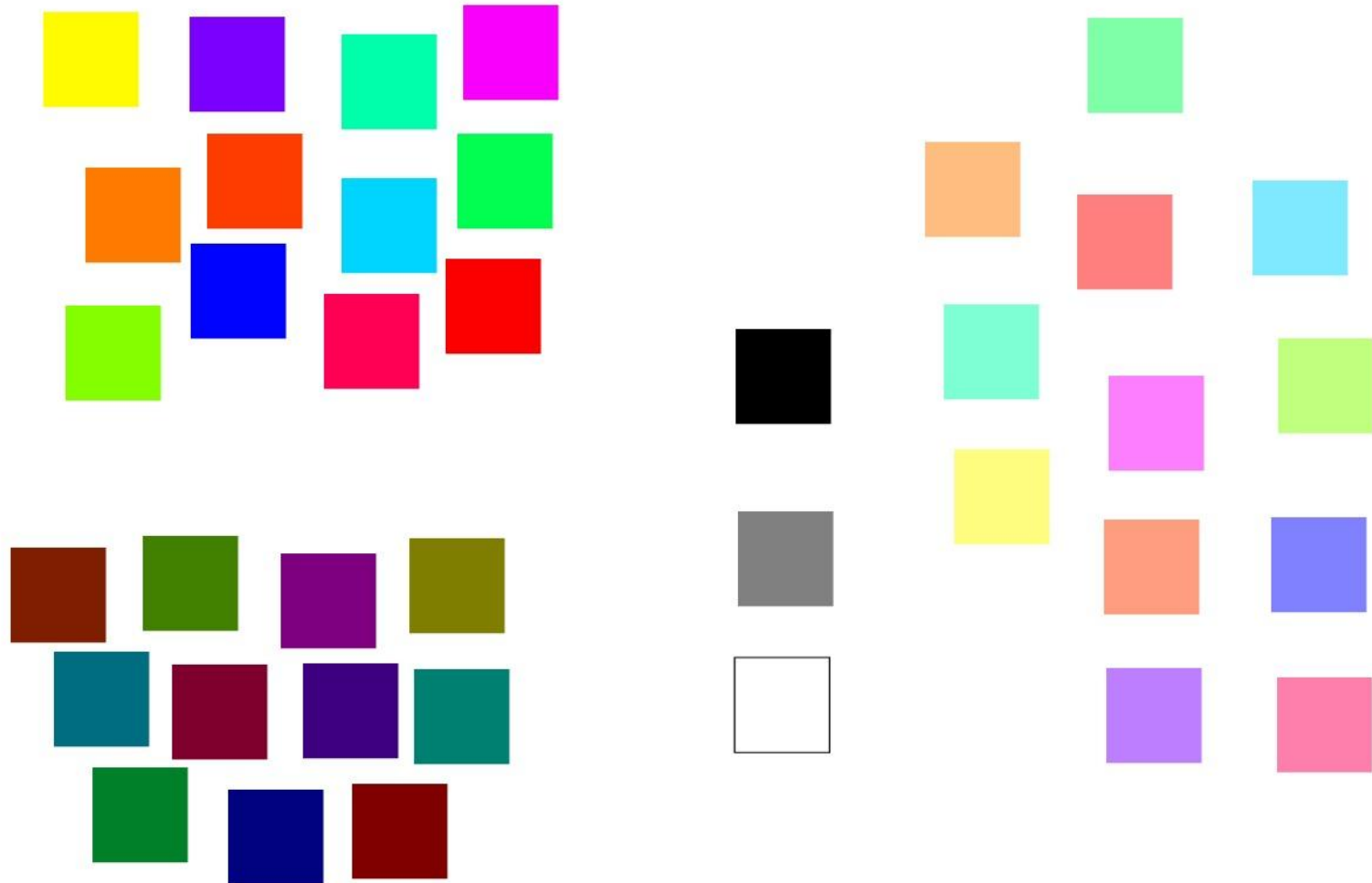
Zusammenfassen der kräftigen und der blassen Farbempfindungen:



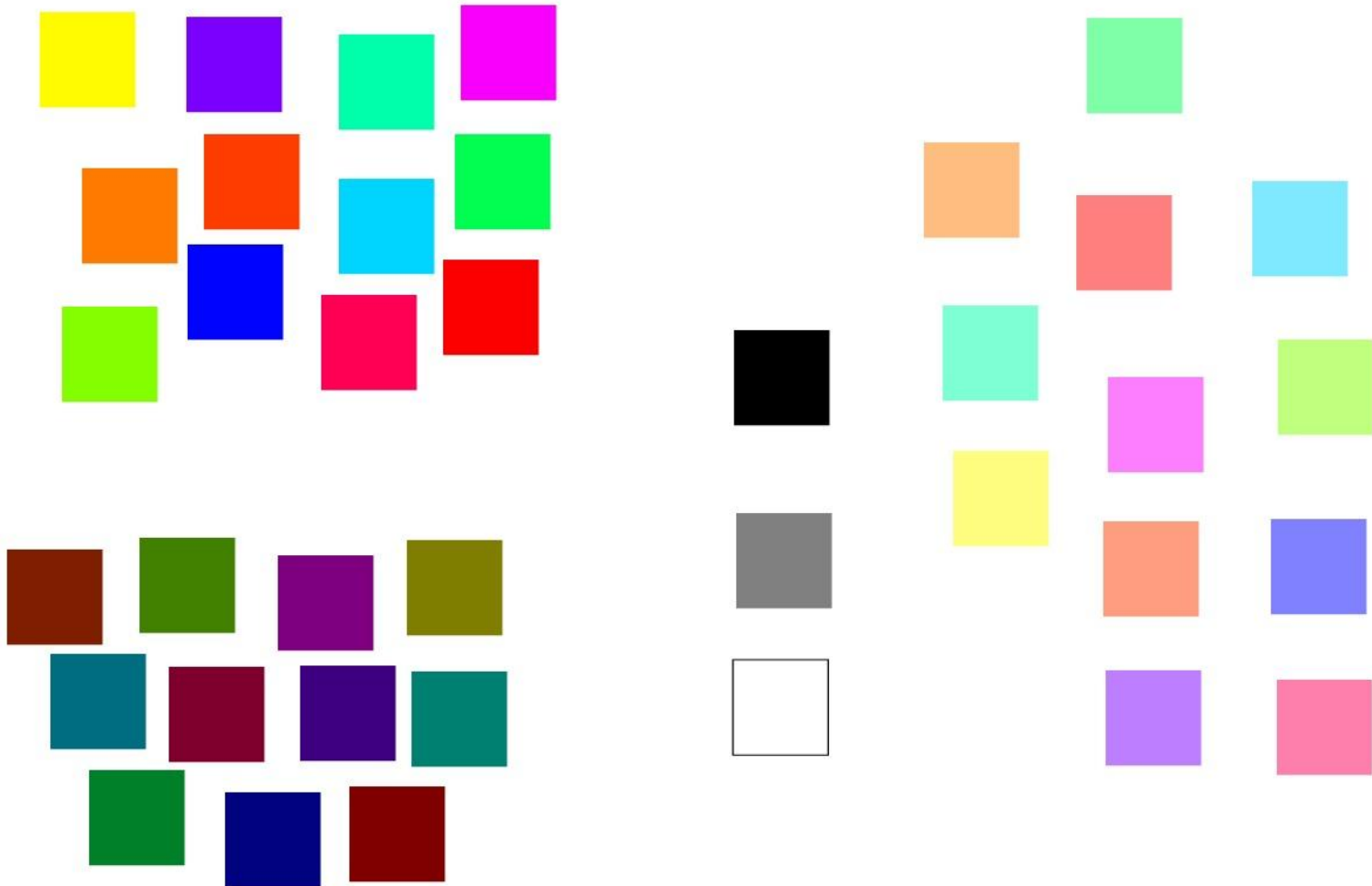
Die kräftigen Farbempfindungen nach hell und dunkel sortieren:



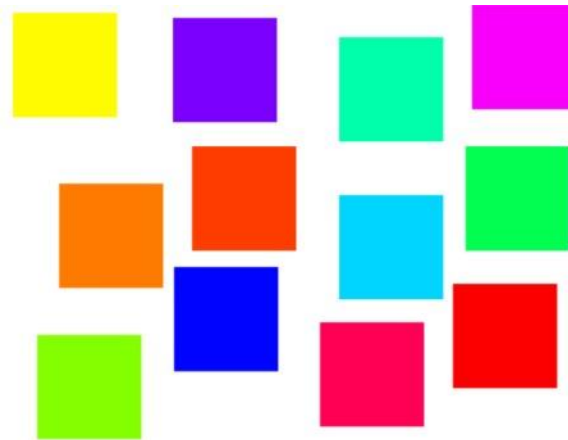
Die kräftigen Farbempfindungen nach hell und dunkel sortieren:



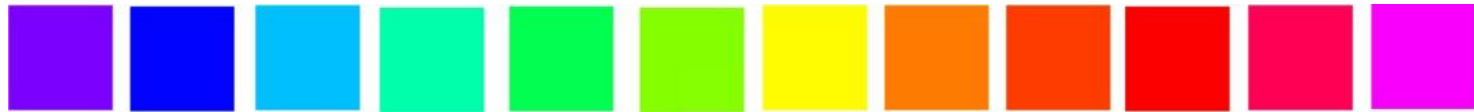
Die kräftigen, hellen Farbempfindungen gesondert betrachten:



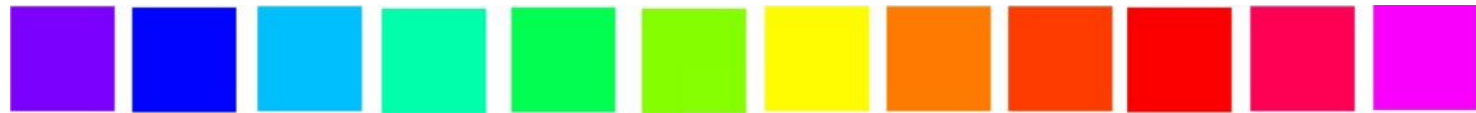
Die kräftigen, hellen Farbempfindungen lassen sich anordnen:



Die kräftigen, hellen Farbempfindungen lassen sich anordnen:



Durch diese Anordnung wird die Farbtonskala festgelegt:



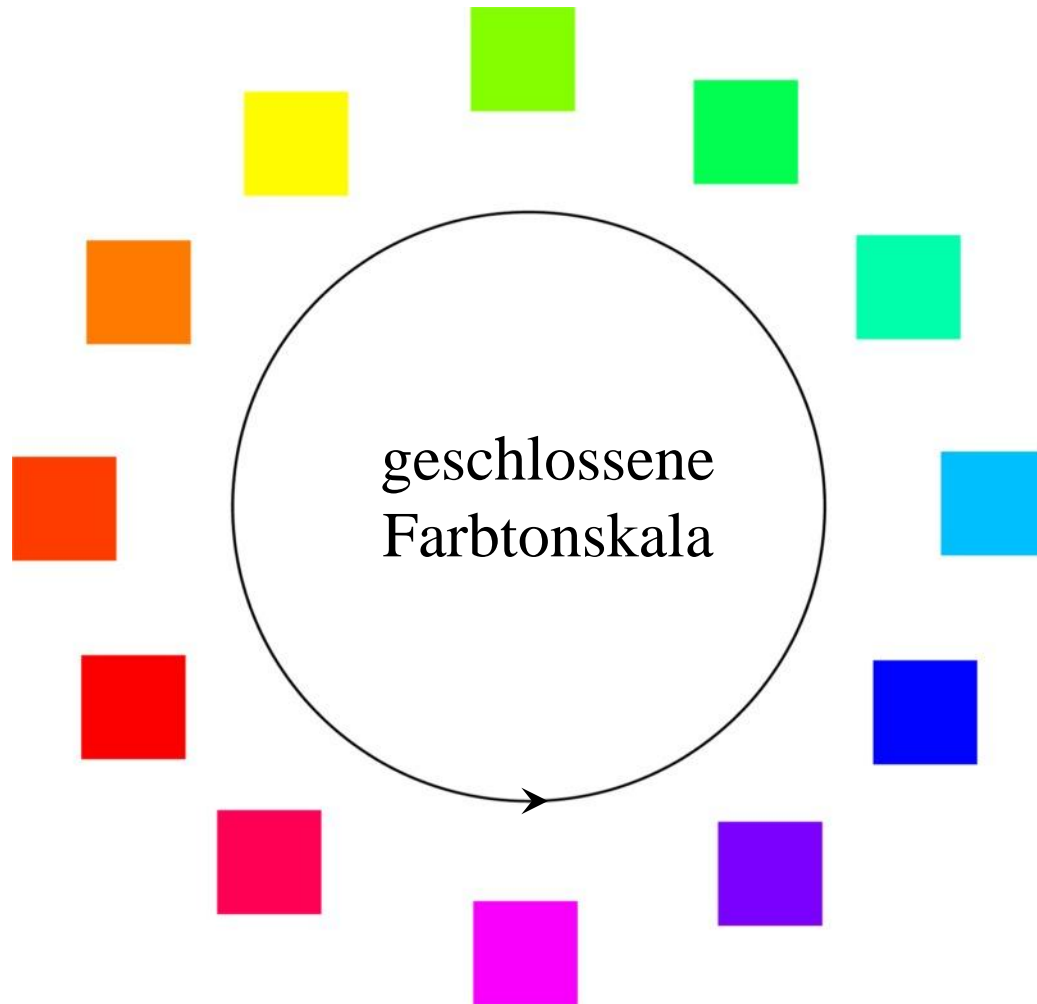
Farbtonskala

Die Farbtionskala ist eine geschlossene Skala:

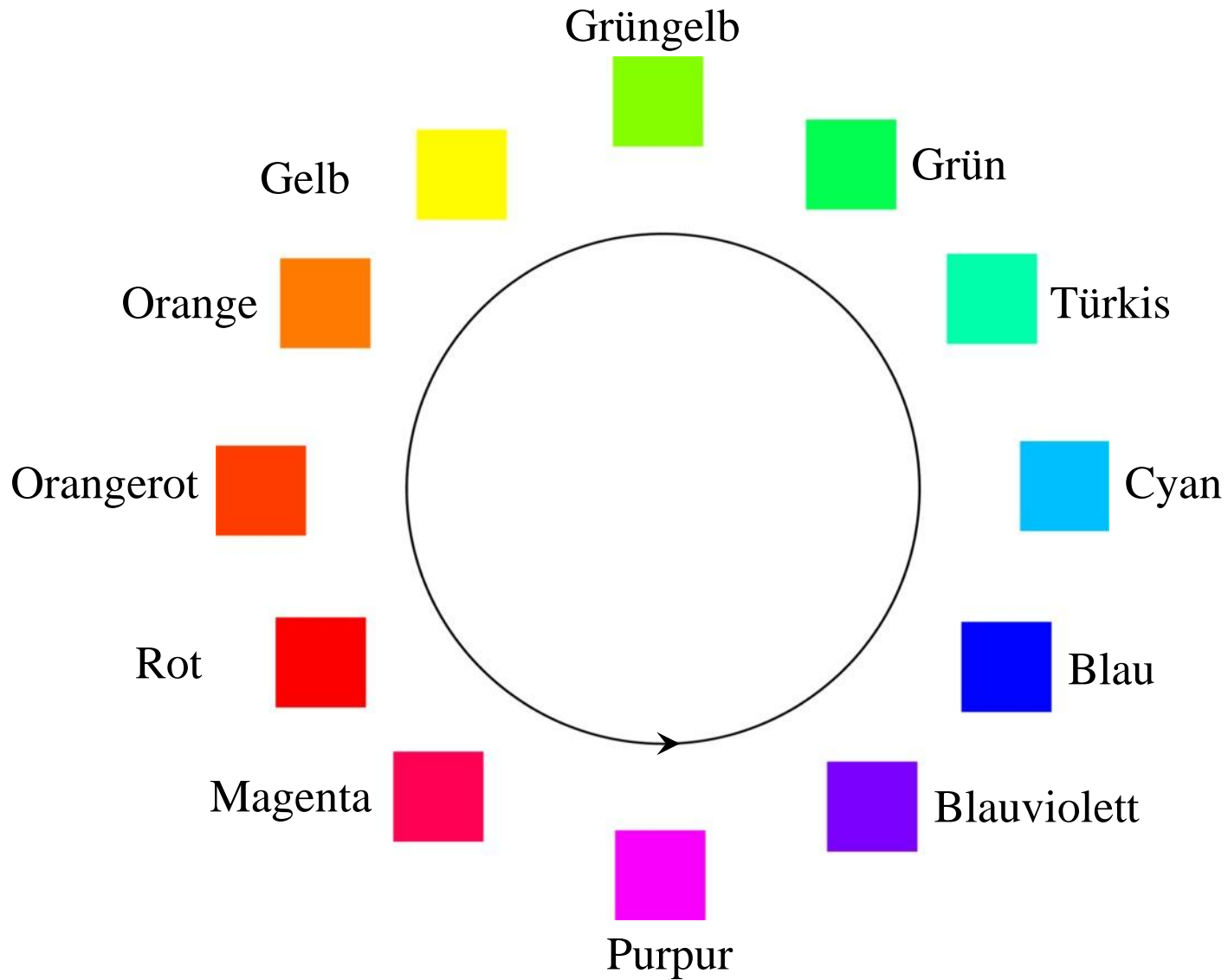


Farbtionskala

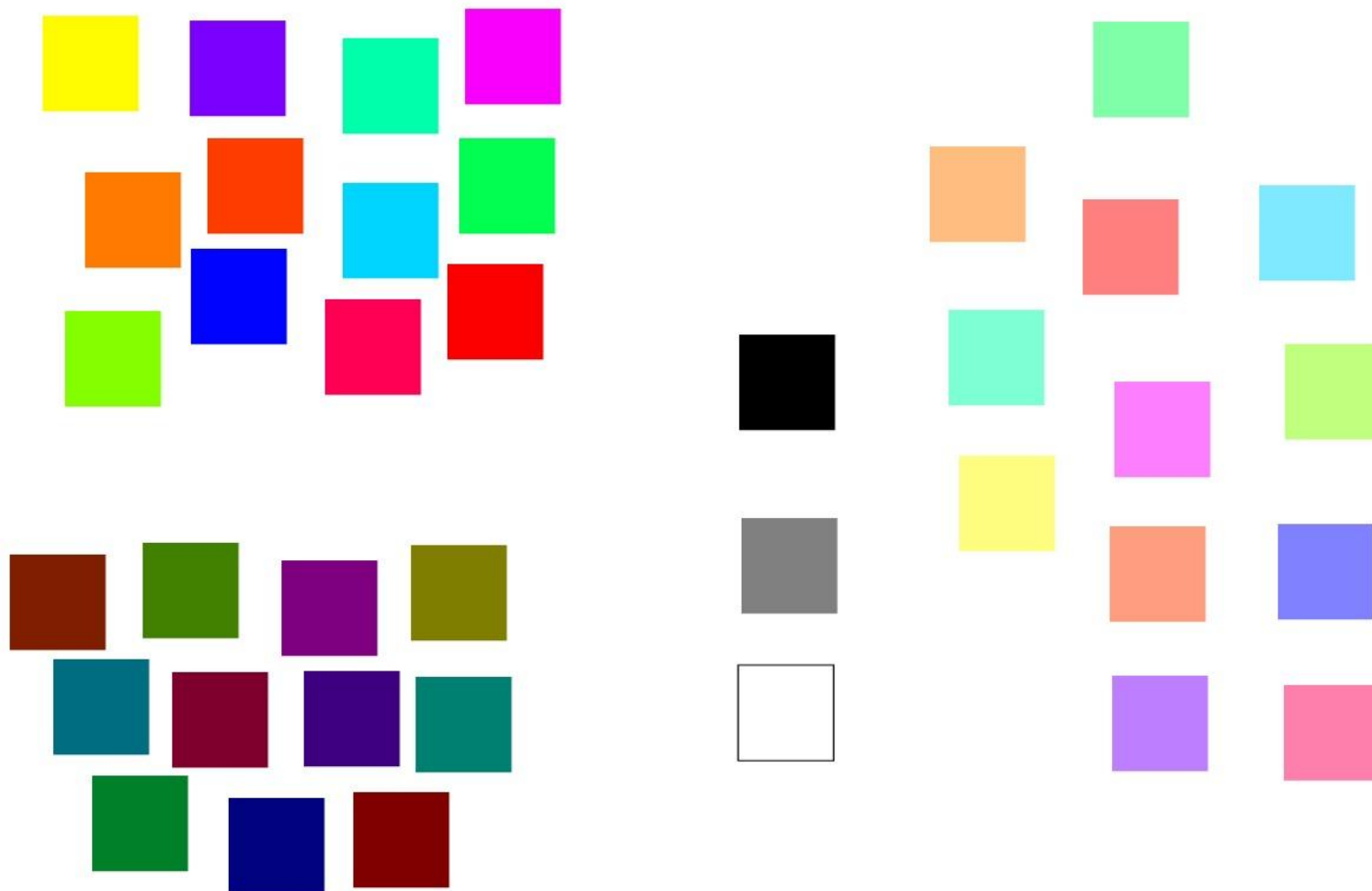
Die Farbtionskala ist eine geschlossene Skala:



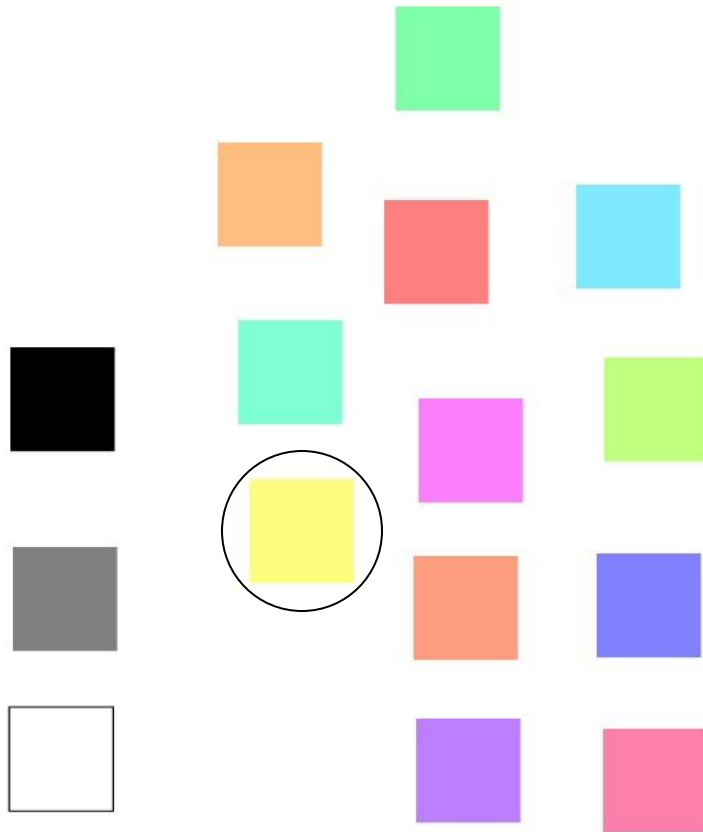
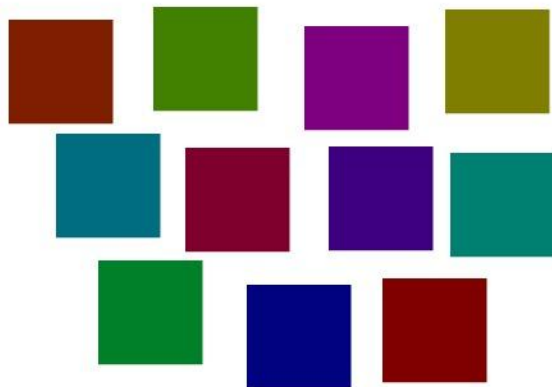
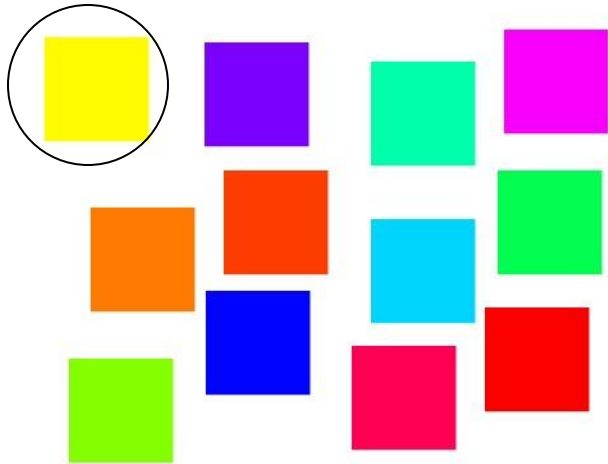
Die 12 Farbtöne dieser Skala erhalten Namen:



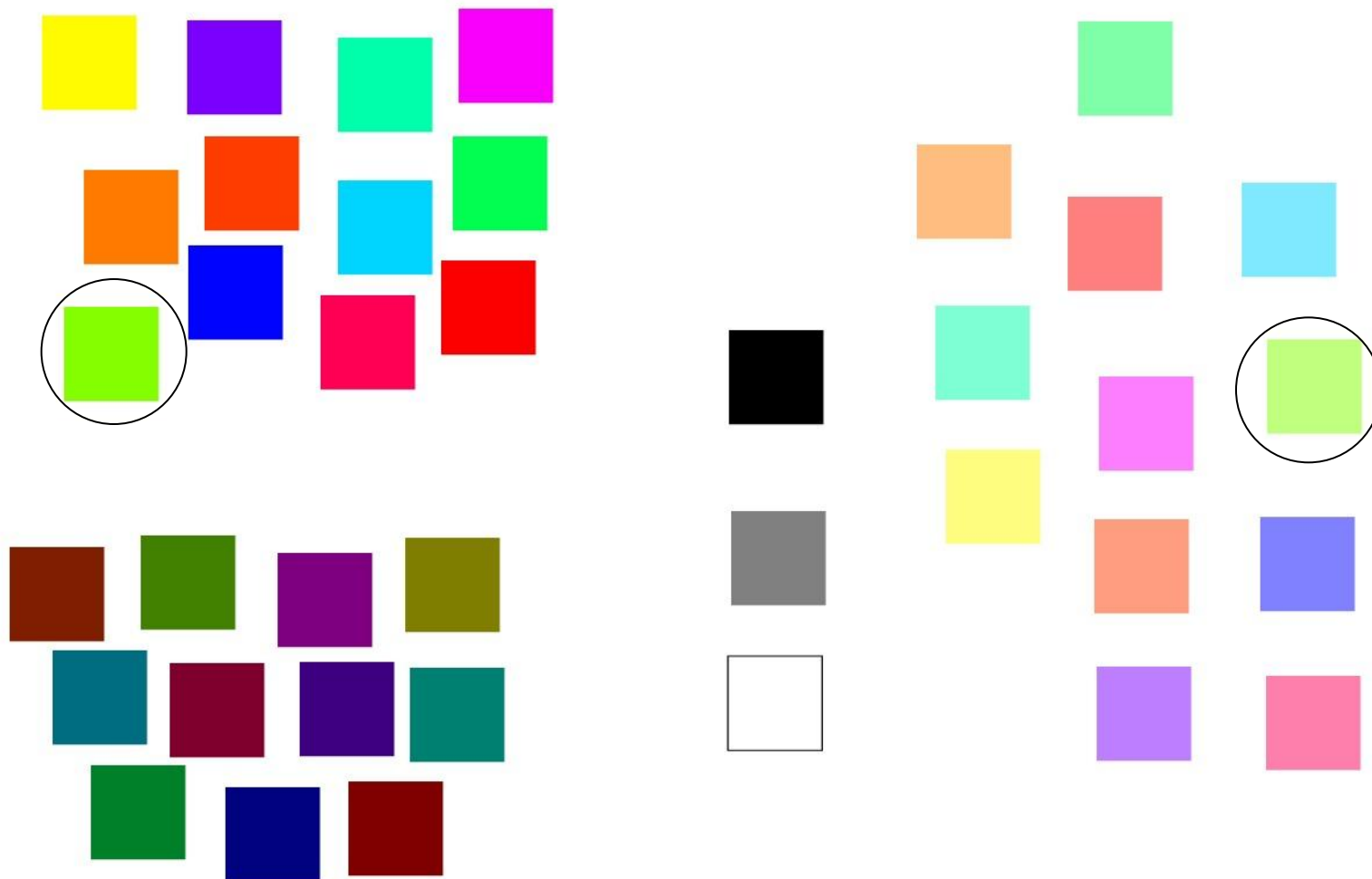
Zu den 12 ausgezeichneten Farbtönen findet man “passende” Farbeempfindungen bei den blassen und den dunklen Farbeindrücken:



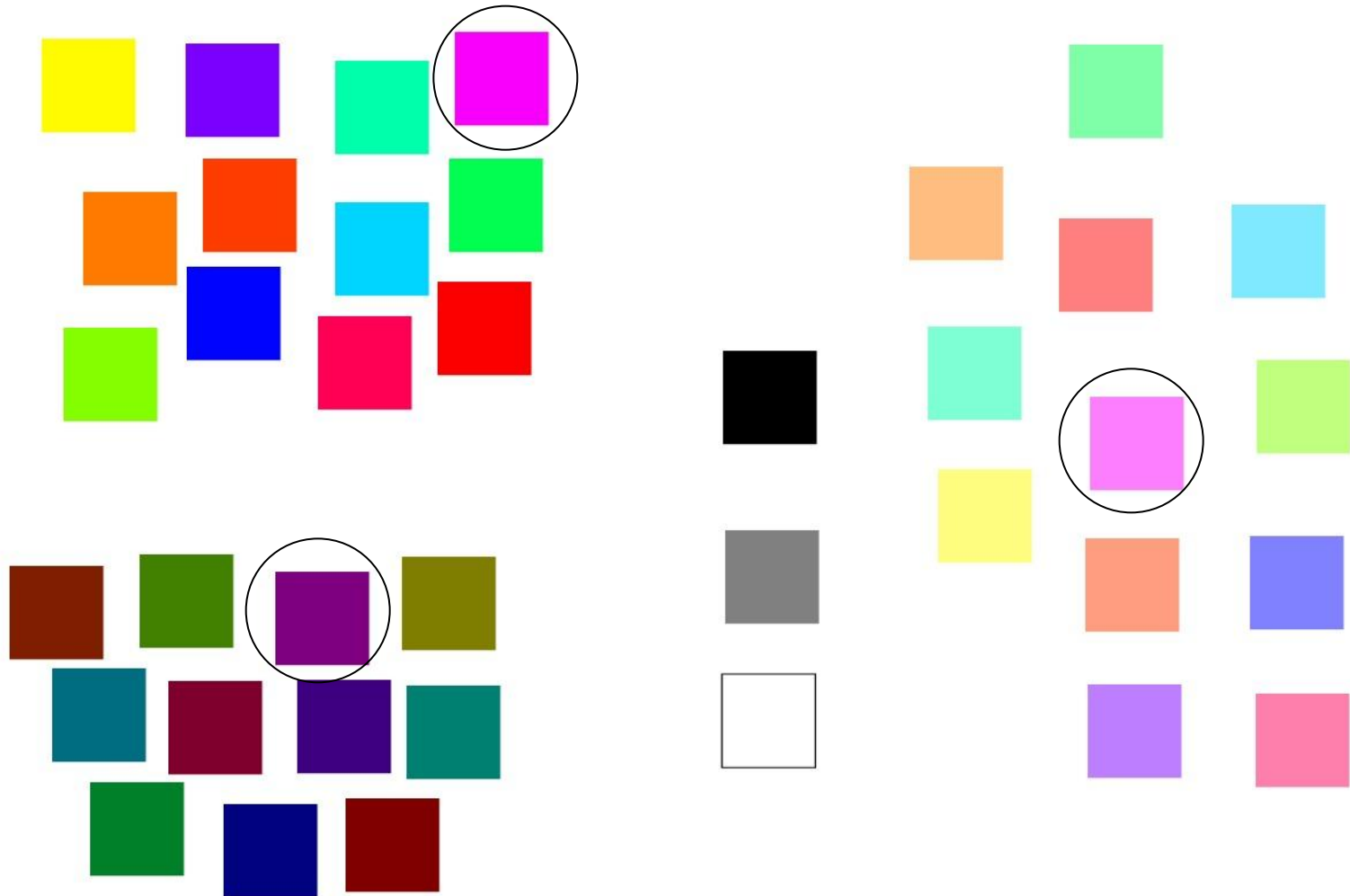
Zu den 12 ausgezeichneten Farbtönen findet man “passende” Farbeempfindungen bei den blassen und den dunklen Farbeindrücken:



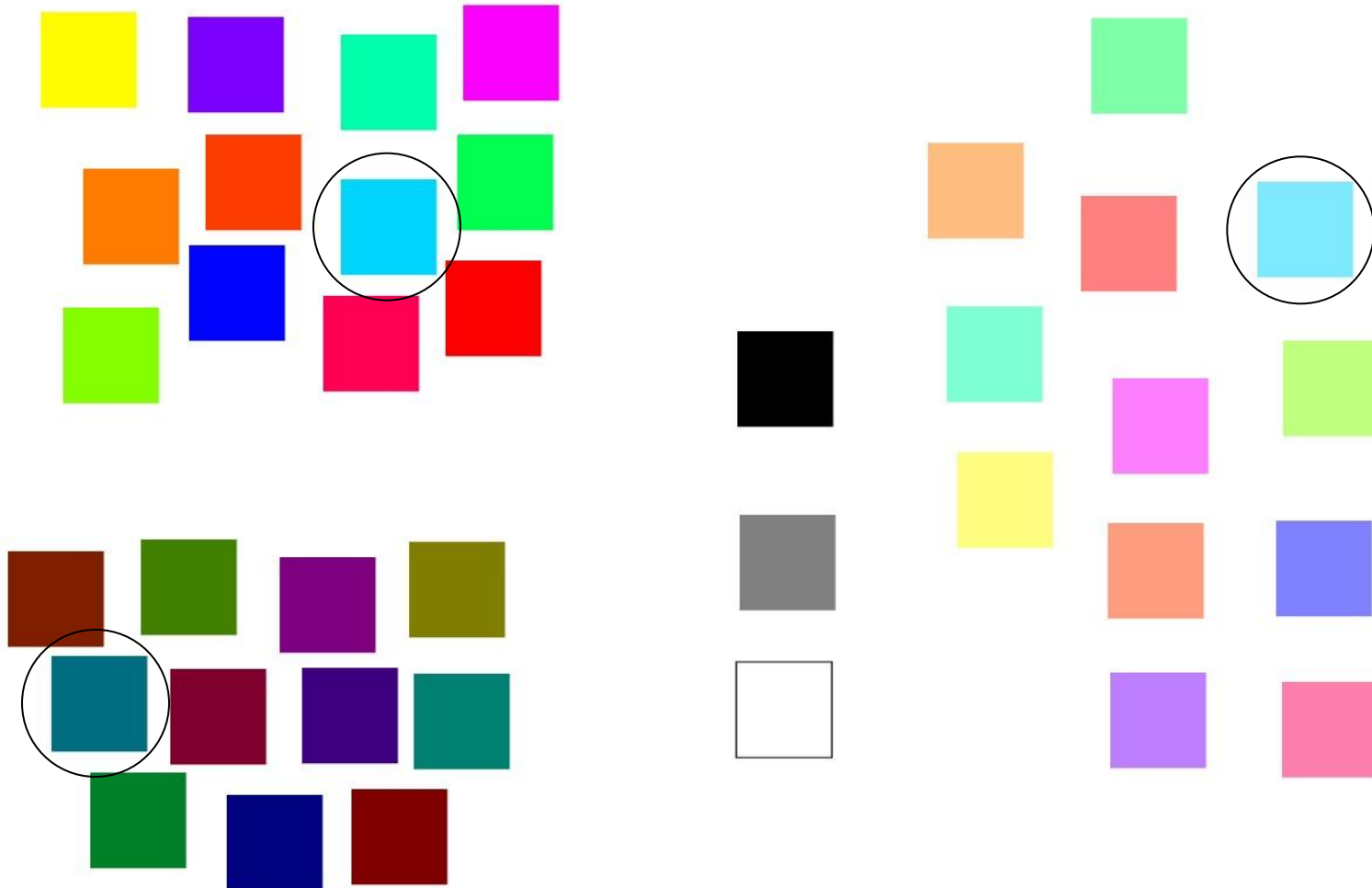
Zu den 12 ausgezeichneten Farbtönen findet man “passende” Farbeindrücke bei den blassen und den dunklen Farbeindrücken:



Zu den 12 ausgezeichneten Farbtönen findet man “passende” Farbeindrücke bei den blassen und den dunklen Farbeindrücken:



Zu den 12 ausgezeichneten Farbtönen findet man “passende” Farbeindrücke bei den blassen und den dunklen Farbeindrücken:

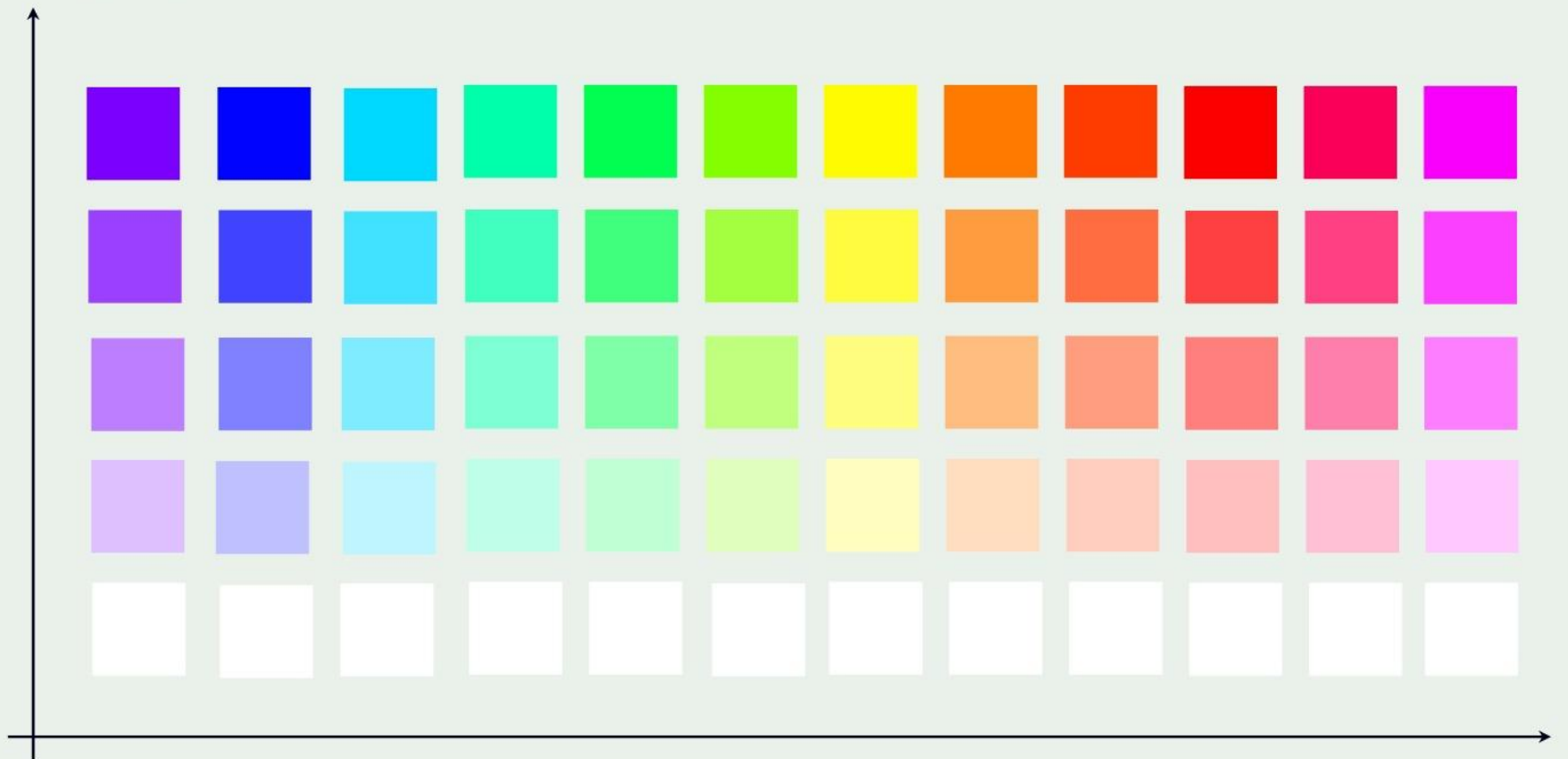


Blasse Farbempfindung bedeutet geringere Sättigung;
dunkle Farbempfindung bedeutet geringere Helligkeit



Veränderung der Sättigung in der Farbtonreihe:

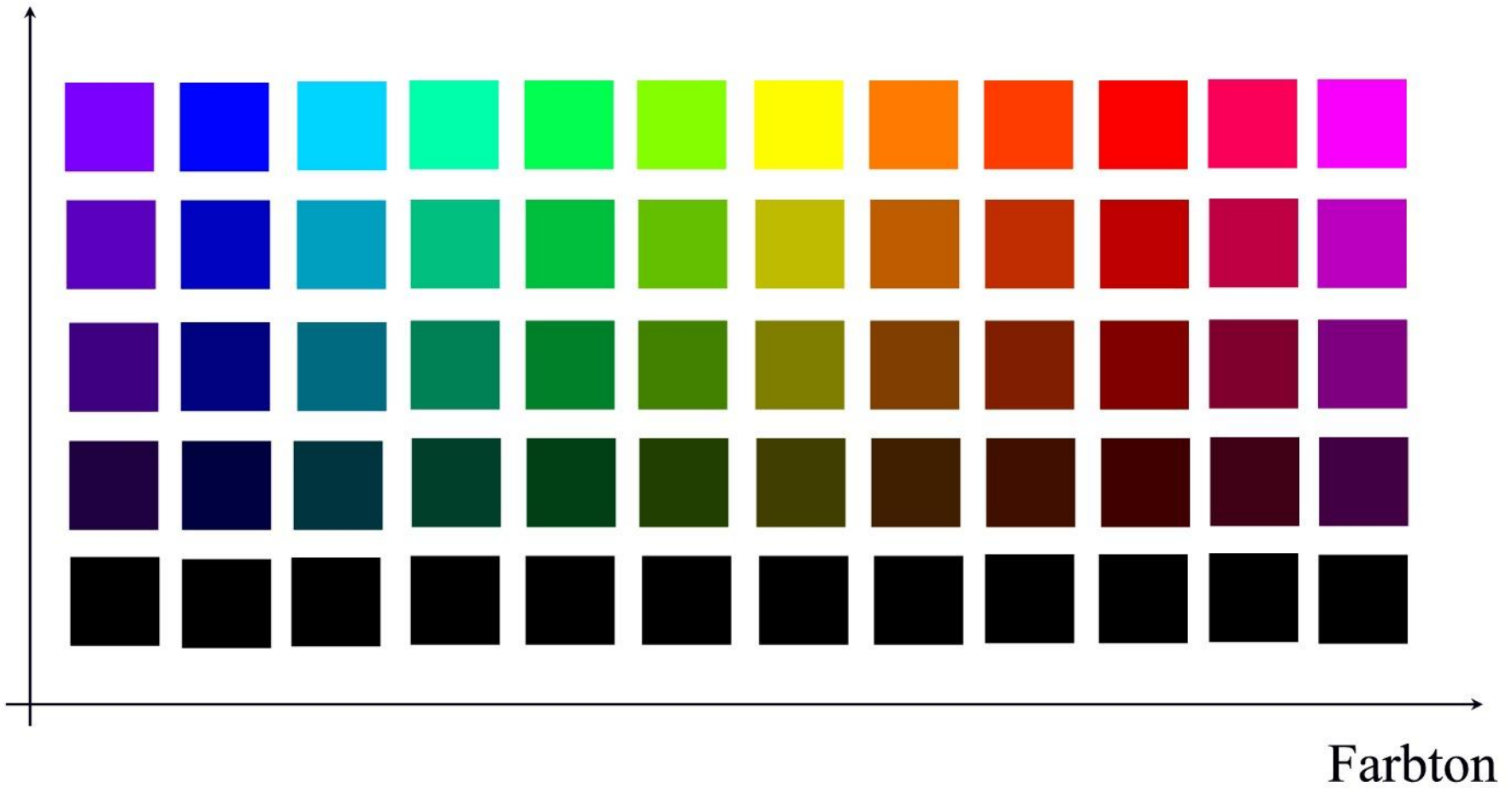
Sättigung



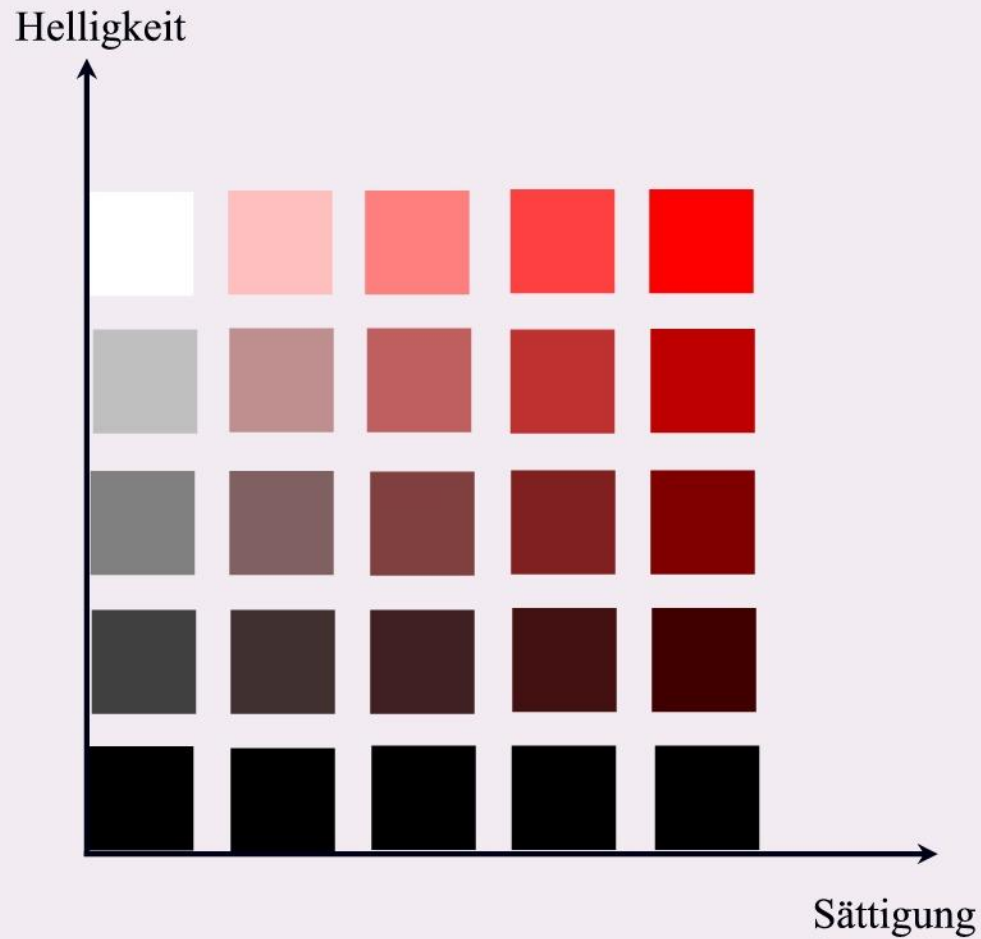
Farbton

Veränderung der Helligkeit in der Farbtonreihe:

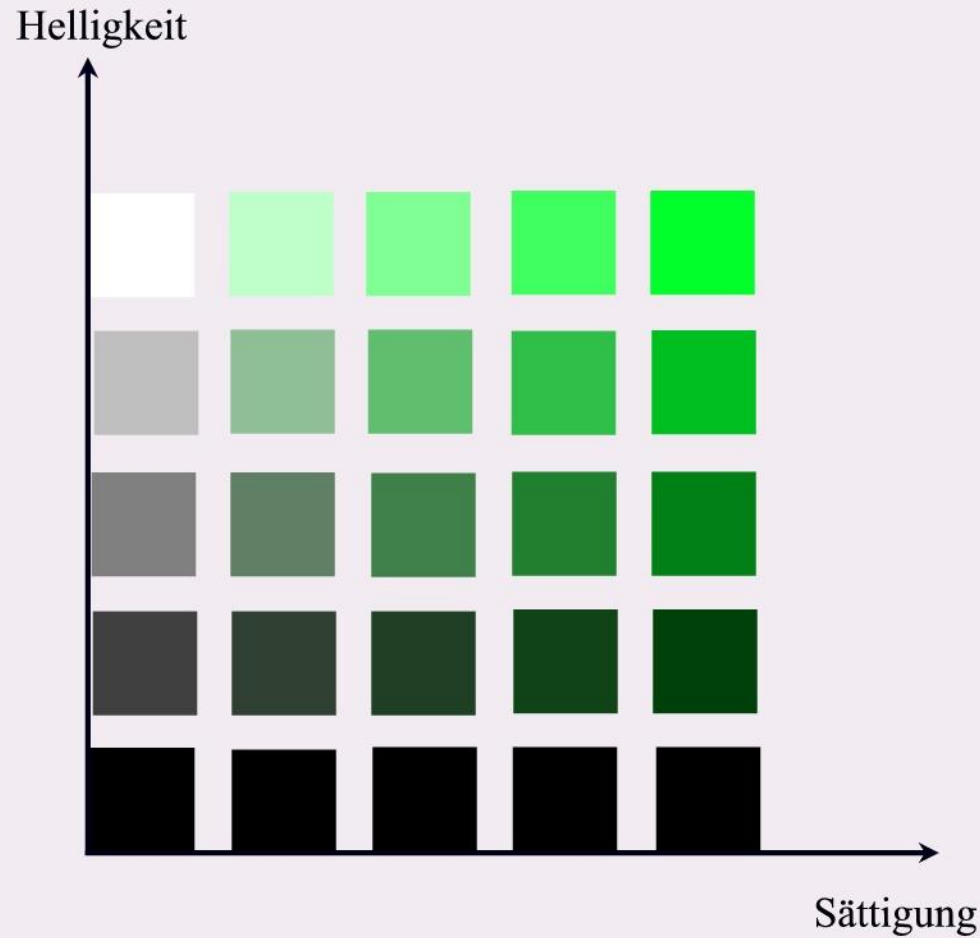
Helligkeit



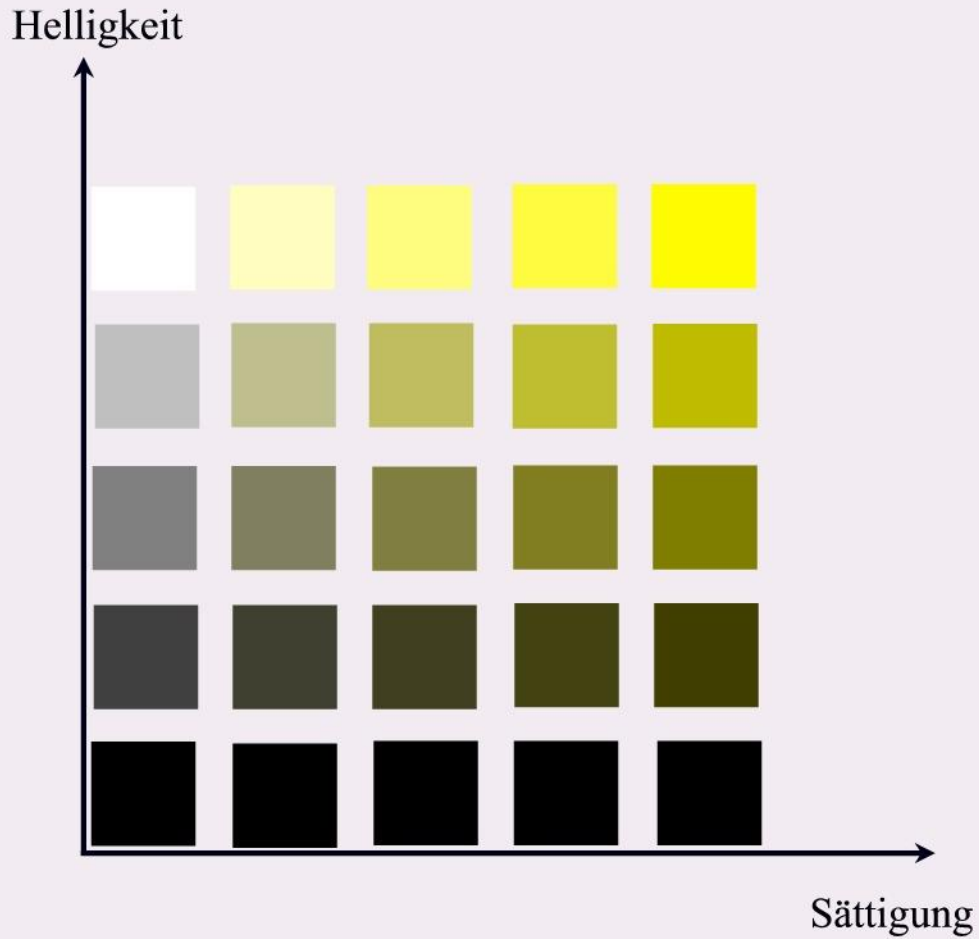
Veränderung von Sättigung und Helligkeit bei festem Farbton:



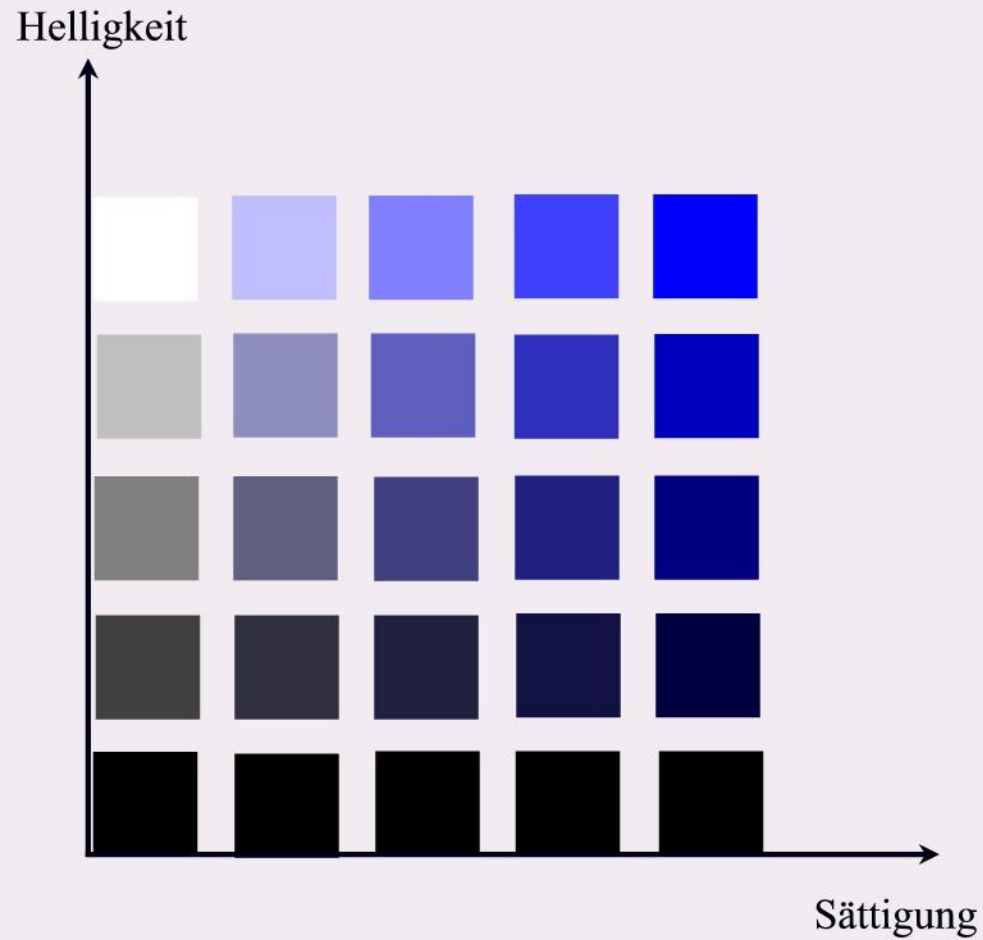
Veränderung von Sättigung und Helligkeit bei festem Farbton:



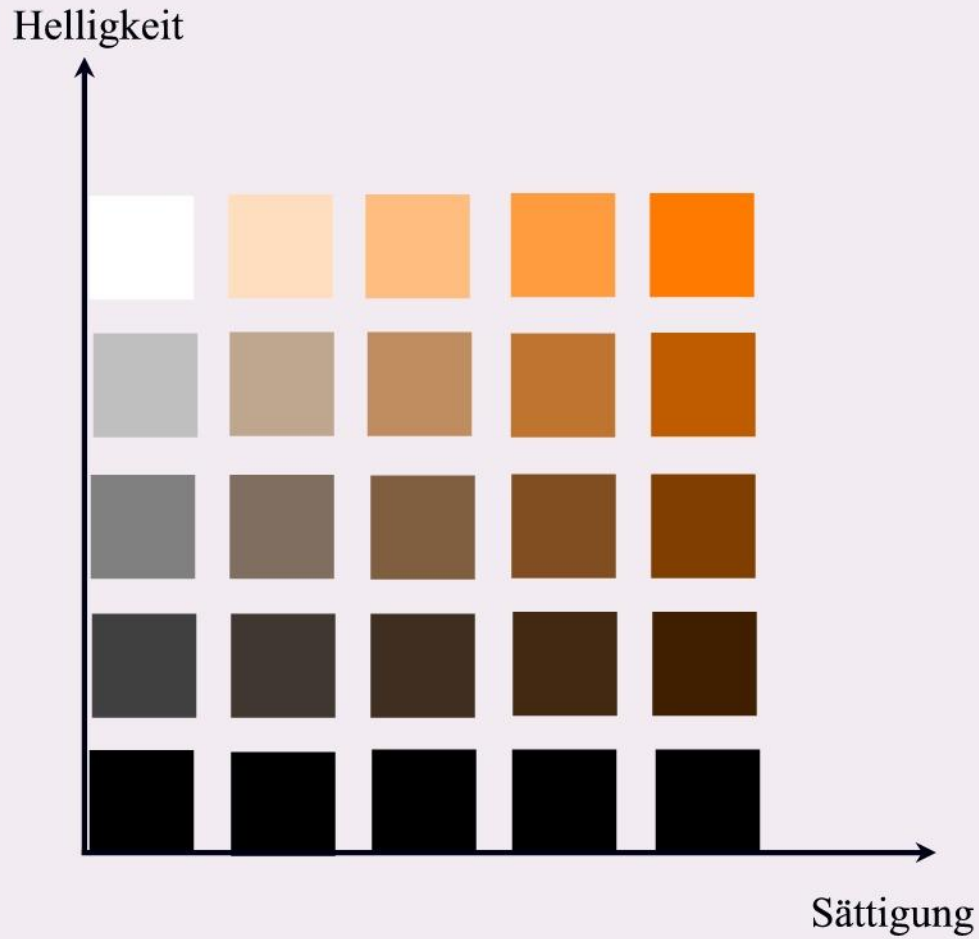
Veränderung von Sättigung und Helligkeit bei festem Farbton:



Veränderung von Sättigung und Helligkeit bei festem Farbton:



Veränderung von Sättigung und Helligkeit bei festem Farbton:



2. Ein anschauliches Modell für den Farbraum

Ausgangspunkt im Unterricht:

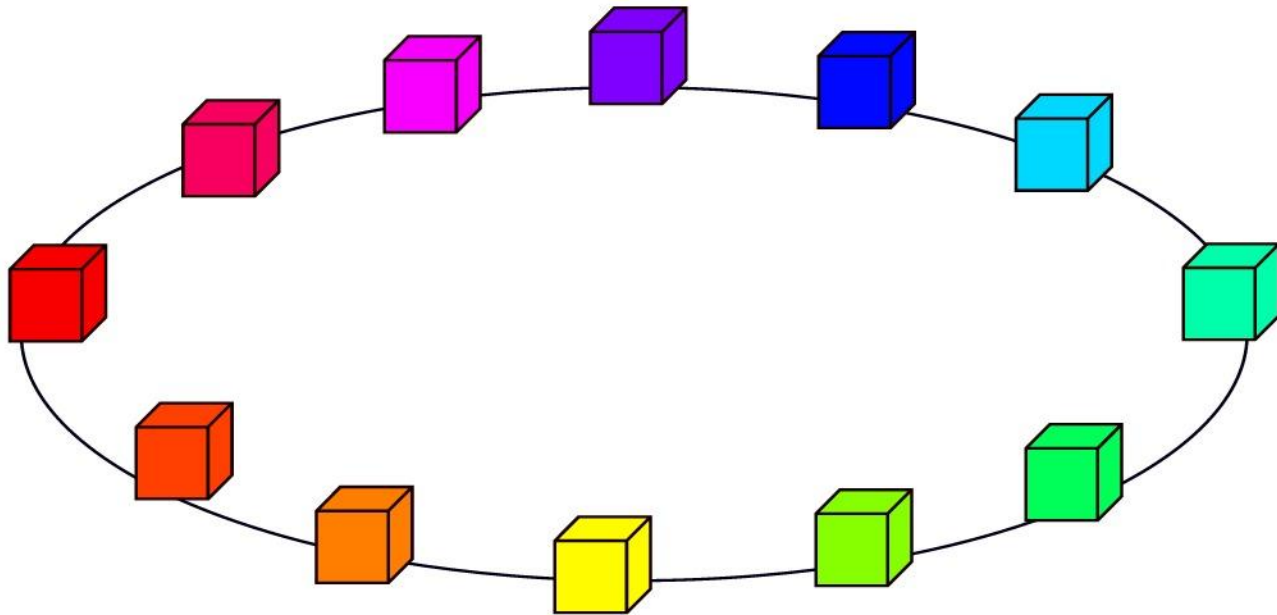
... irgendwie Ordnung in die Vielfalt
unterschiedlicher Farbempfindungen
bringen

→ Geeignete Ordnungskriterien:

Farbton, Sättigung und Helligkeit

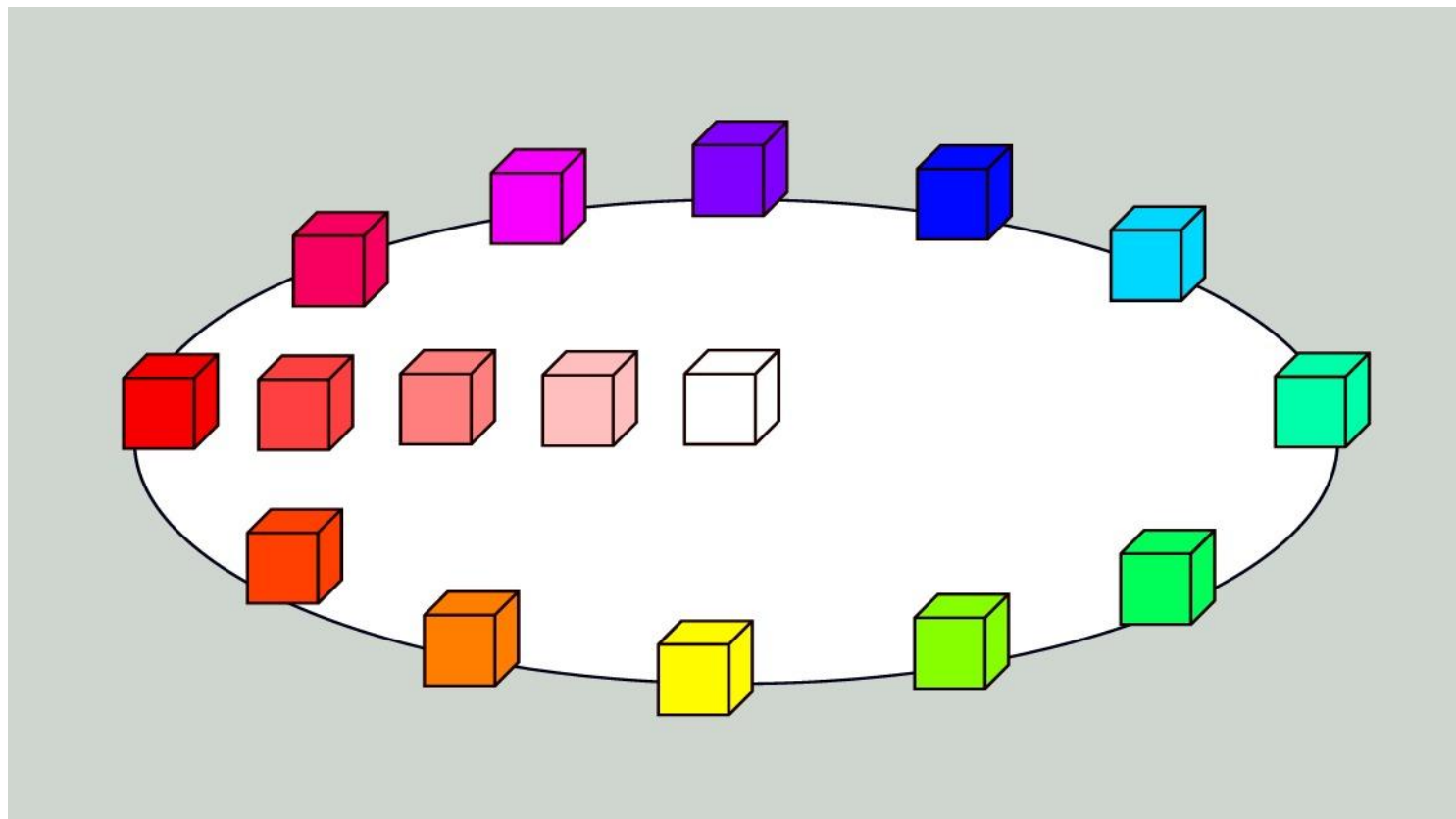
Ein Modell für den dreidimensionalen Farbraum

Der Farbkreis

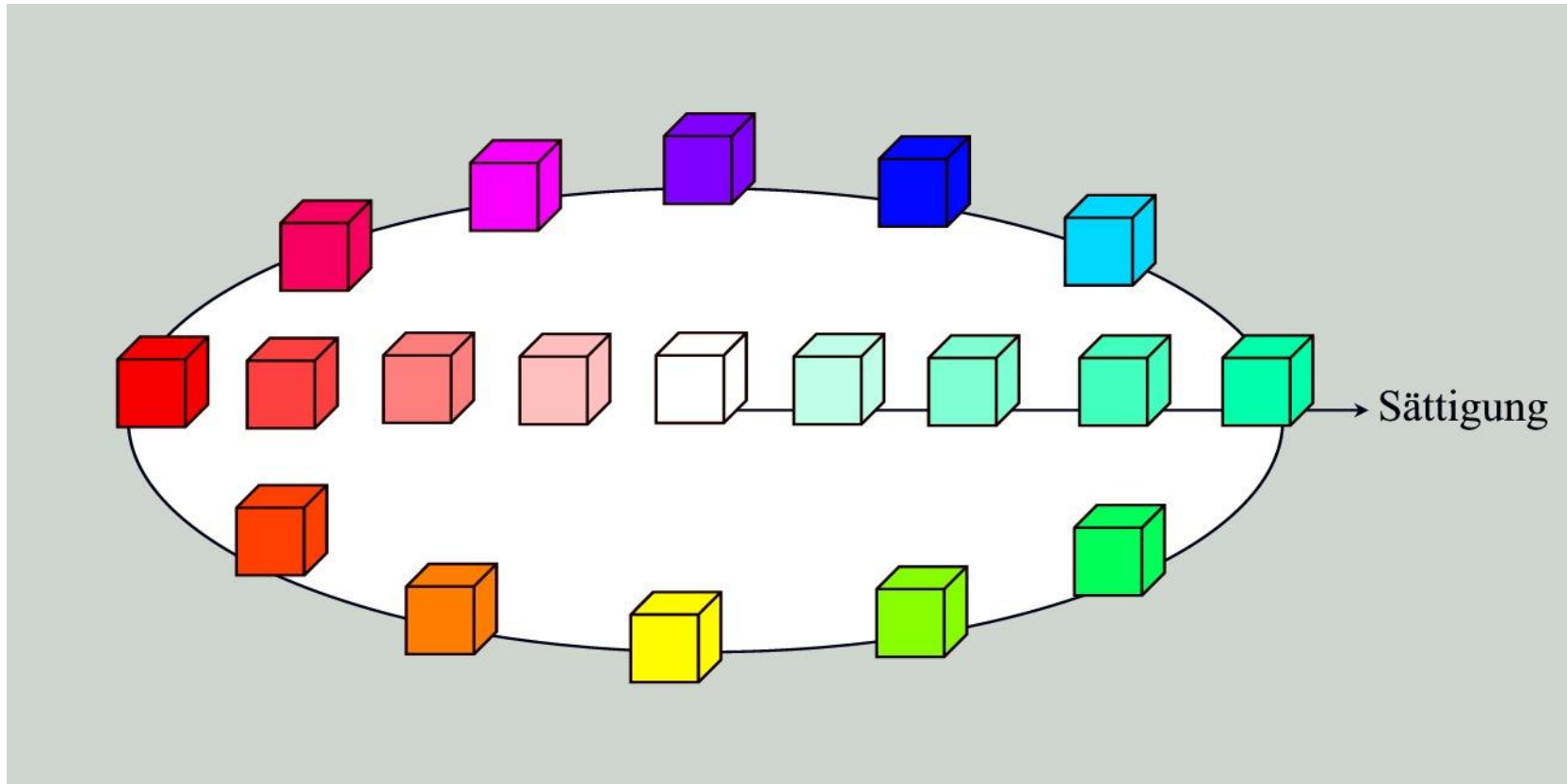


dargestellt durch farbige Würfel

Verringerung der Sättigung

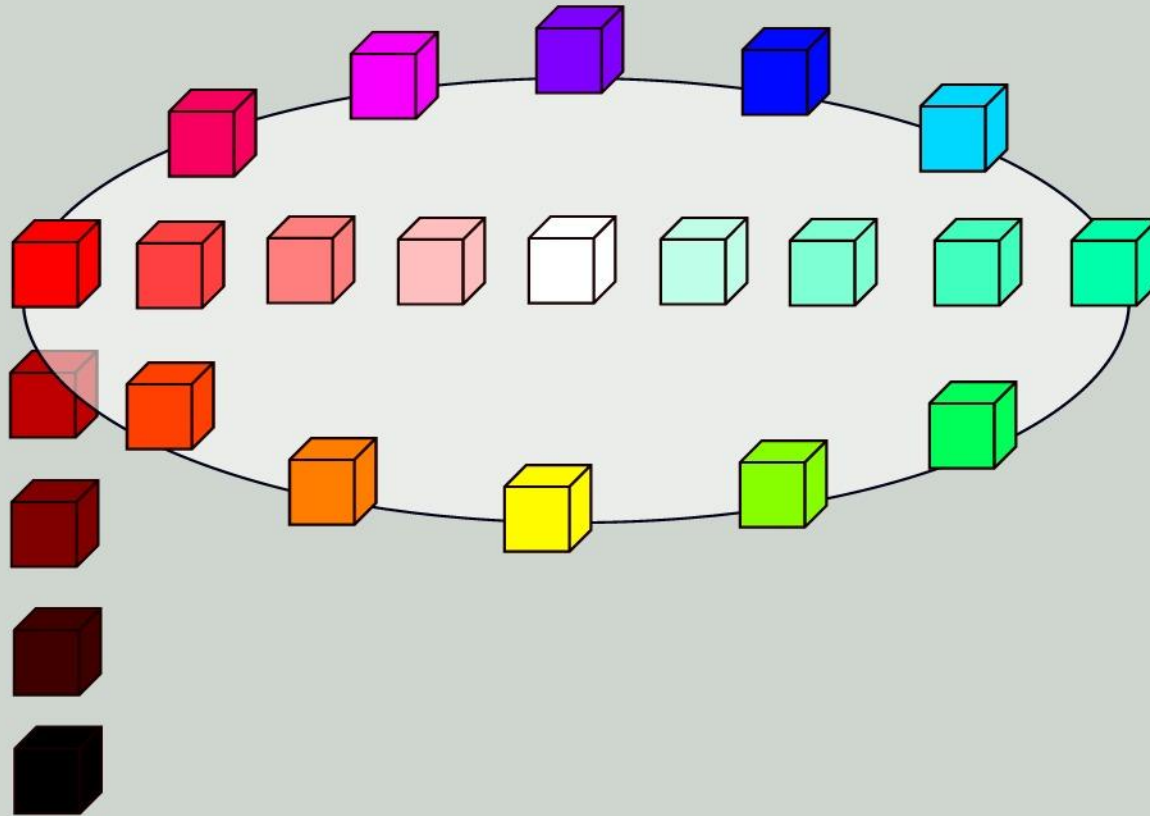


Verringerung der Sättigung

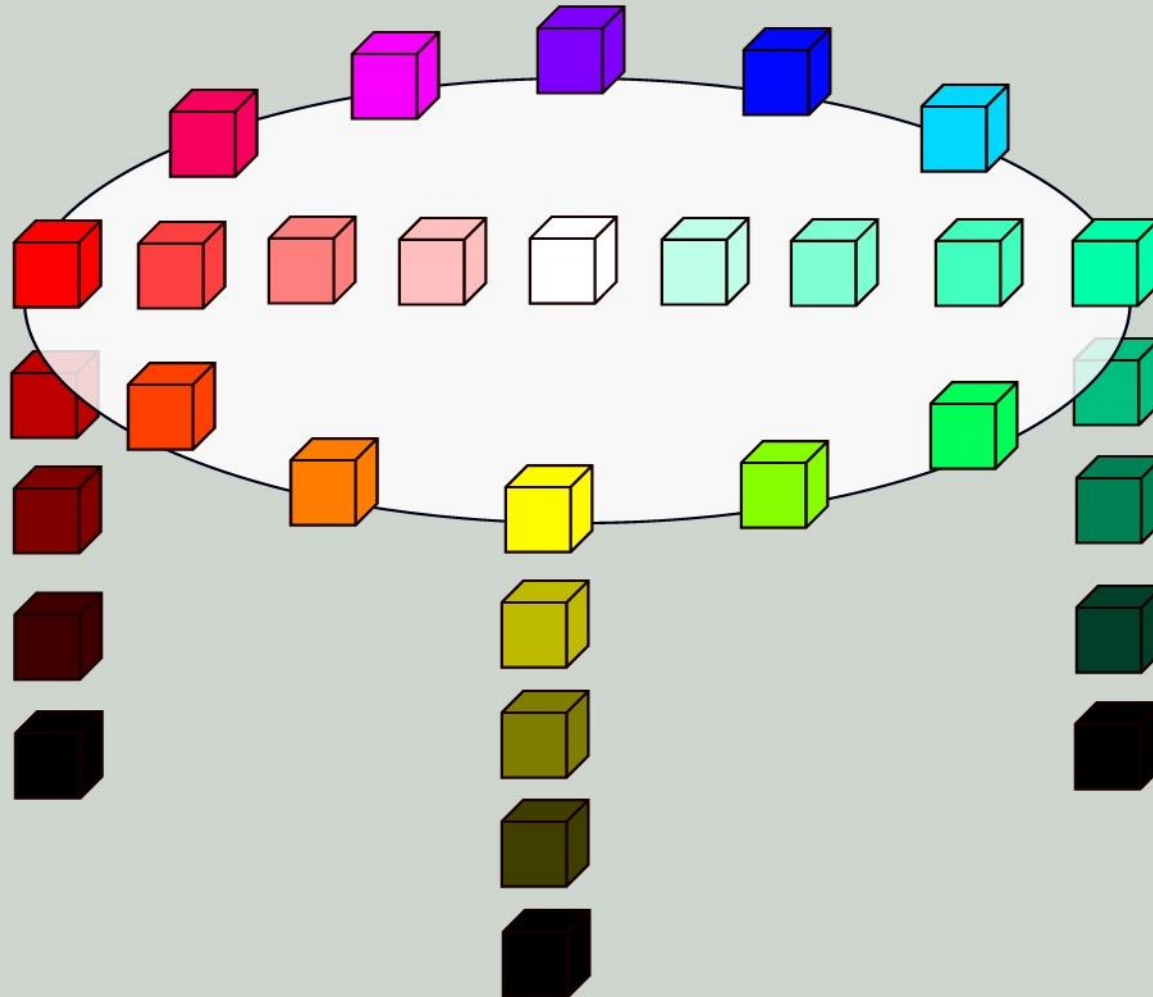


die Sättigung nimmt von der Mitte nach außen hin zu

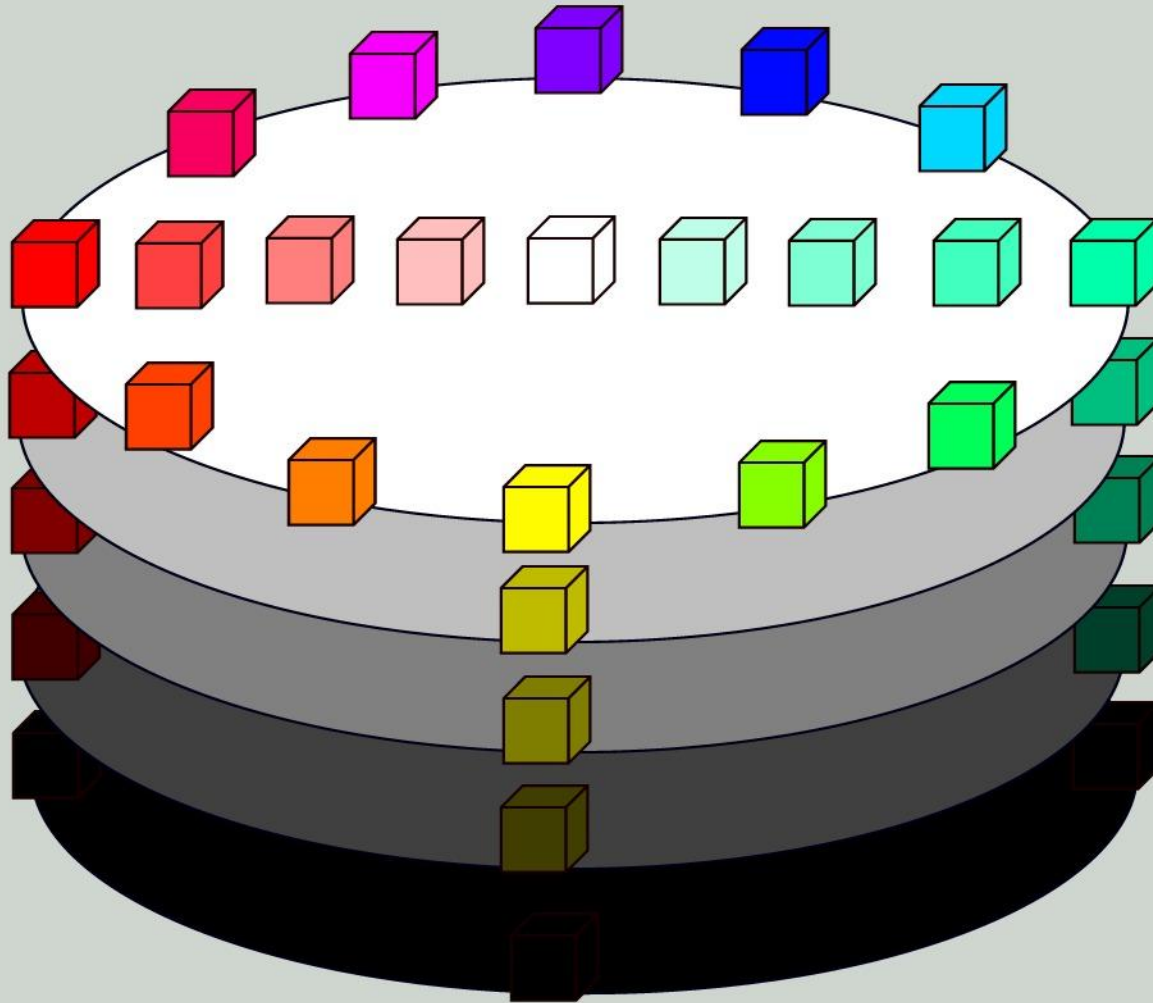
Verringerung der Helligkeit



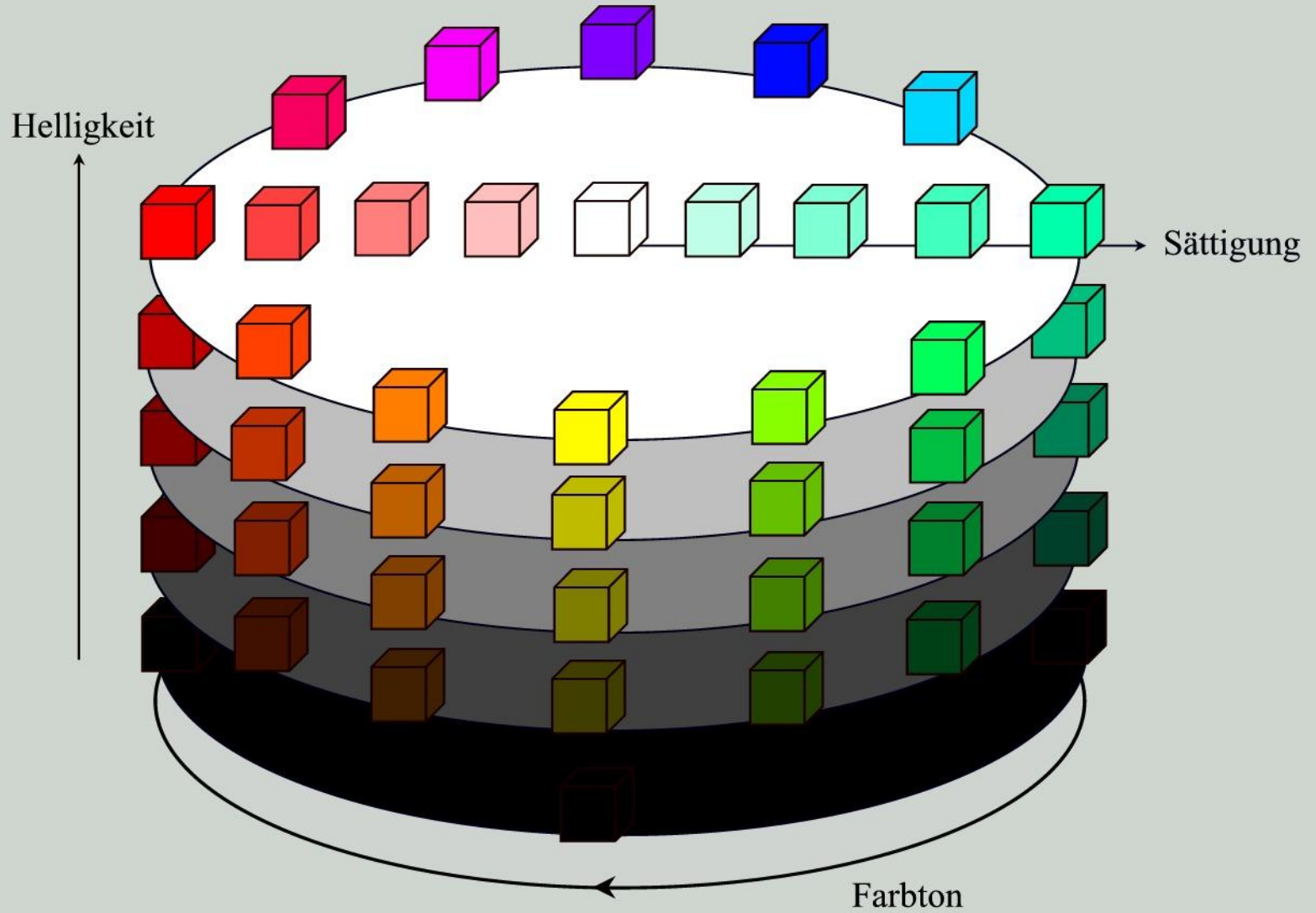
Verringerung der Helligkeit



Verringerung der Helligkeit



Der Farbzylinder



2. Ein anschauliches Modell für den Farbraum

Resultat: Die drei Merkmale
Farbton, Sättigung und Helligkeit
erlauben eine Anordnung der Farbempfindungen.

→ Die Farbempfindungen bilden
einen dreidimensionalen Raum.

Diese Gesetzmäßigkeit wurde bereits 1853 von dem
deutschen Physiker Hugo Graßmann erkannt.
(„1. Graßmannsches Gesetz“)

Als Modell für diesen Farbraum kann ein
Zylinder verwendet werden.

2. Ein anschauliches Modell für den Farbraum

Resultat: Die drei Merkmale
Farbton, Sättigung und Helligkeit
erlauben eine Anordnung der Farbempfindungen.

→ Die Farbempfindungen bilden
einen dreidimensionalen Raum.

Hinweis: Programme zur Farbenlehre und zur Farbwahrnehmung
(Universität Erlangen / H. Dittmann)

<http://www.solstice.de/physikprogramme/farbenlehre/>

[Programm Farbzylinder](#)

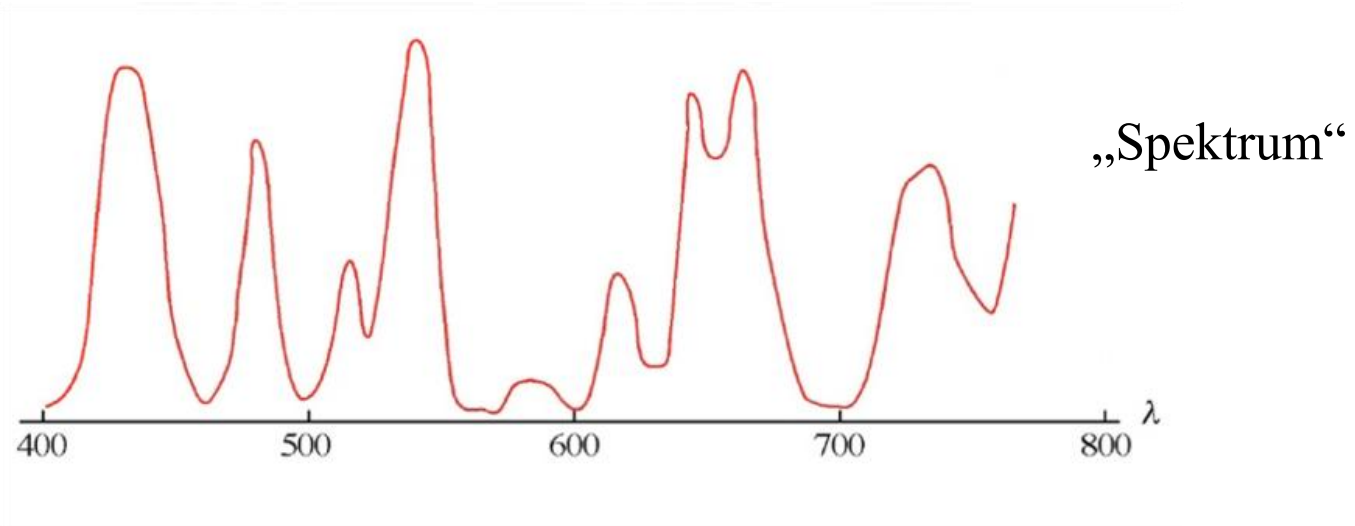
Übersicht:

1. Vorüberlegungen
2. Ein anschauliches Modell für den Farbraum
3. **Licht und Farbe**
4. Der Farbraum des Farbfernsehens

3. Licht und Farbe

{ Licht fällt
in das Auge } → Reiz („Farbreiz“) → Farbempfindung

Physik. Beschreibung:
Spektrale Zusammensetzung des Lichts



Intensität pro Wellenlängenbereich $\Delta\lambda$

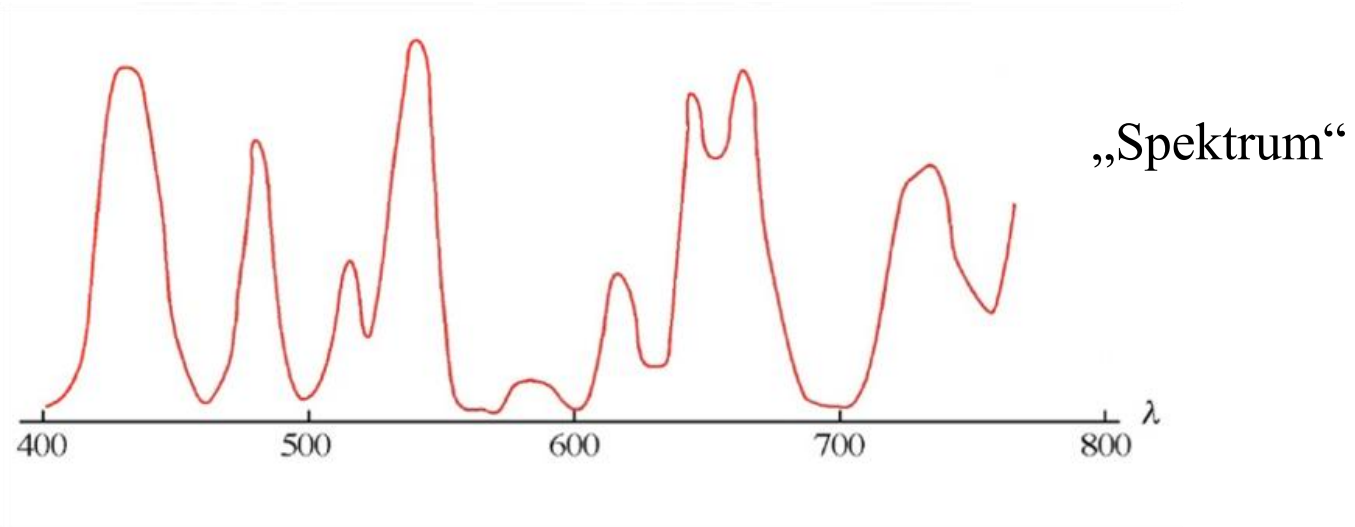
3. Licht und Farbe

Bei $\Delta\lambda \approx 5$ nm:

→ Pro Spektrum: Angabe von 70 spektralen Intensitäten

→ Jeder Farbreiz ist Punkt eines 70-dimensionalen Raums

→ Viel mehr unterschiedliche Farbreize als Farbempfindungen



3. Licht und Farbe

Bei $\Delta\lambda \approx 5 \text{ nm}$:

→ Pro Spektrum: Angabe von 70 spektralen Intensitäten

→ Jeder Farbreiz ist Punkt eines 70-dimensionalen Raums

→ Viel mehr unterschiedliche Farbreize als Farbempfindungen

Eine bestimmte Farbempfindung lässt sich durch ganz unterschiedliche Farbreize auslösen.

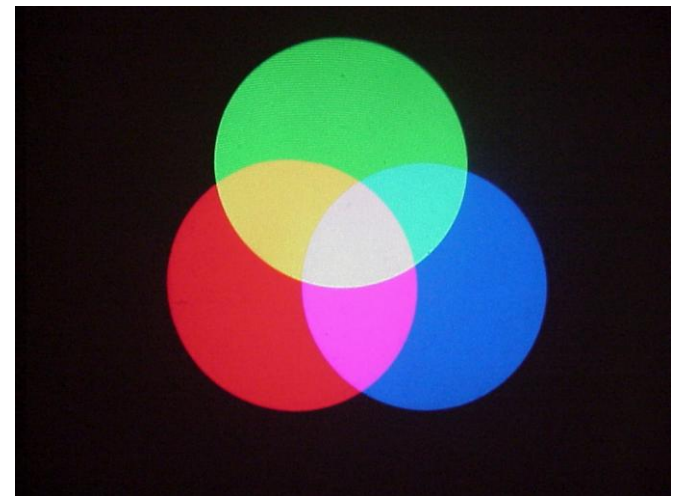
Bereits Hugo Graßmann hatte erkannt:

Durch das Mischen von drei geeigneten Lichtsorten lassen sich fast alle Farbempfindungen bei einem Betrachter hervorrufen.

→ „additive Farbmischung“

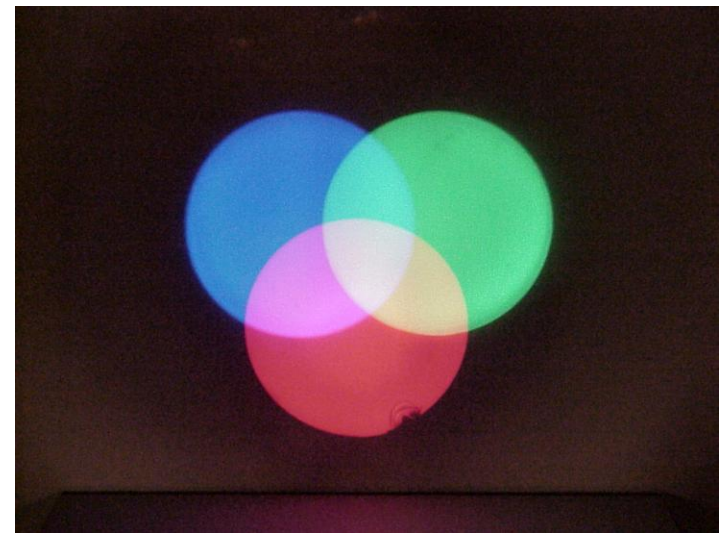
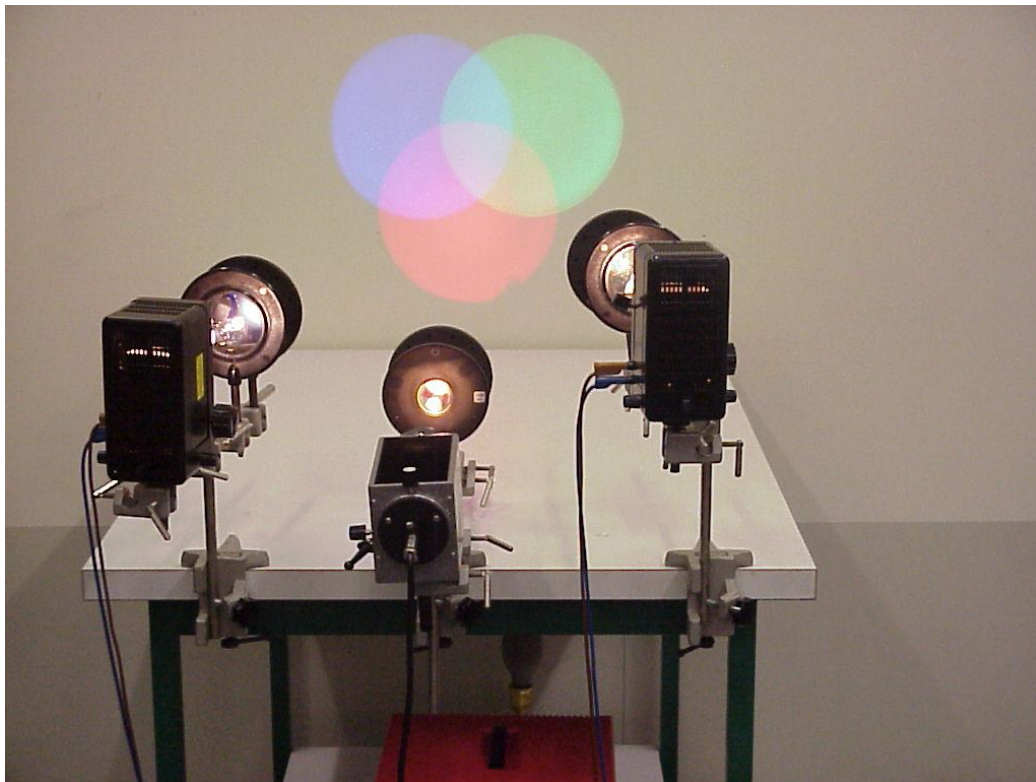
3. Licht und Farbe

Mischen von Licht:



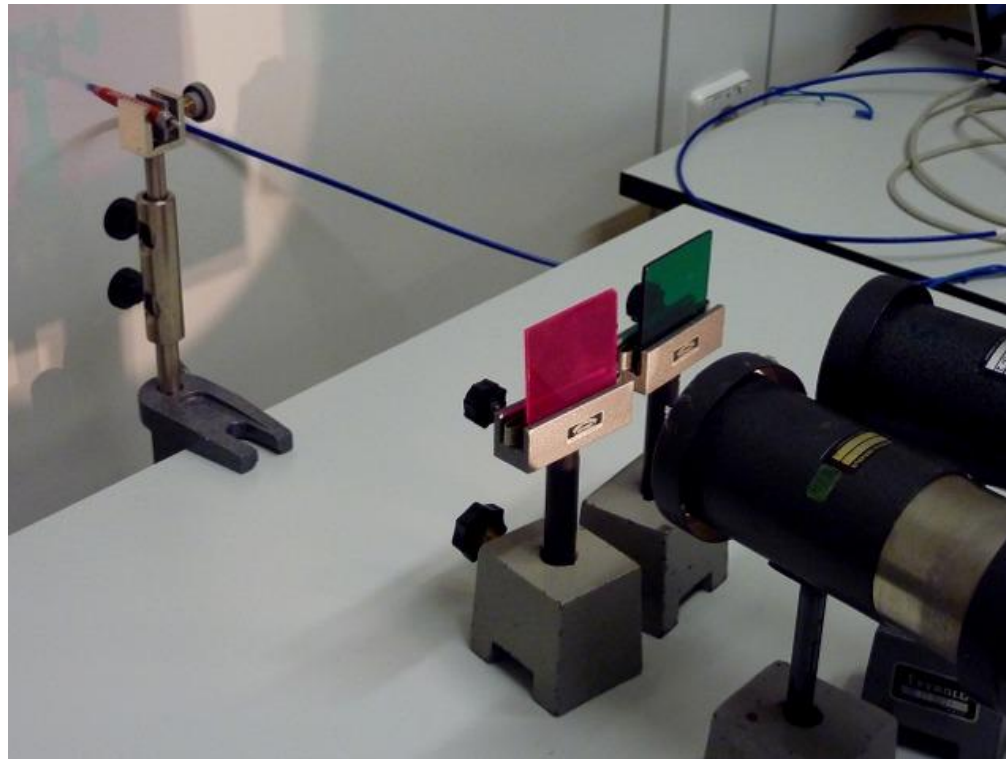
3. Licht und Farbe

Mischen von Licht:



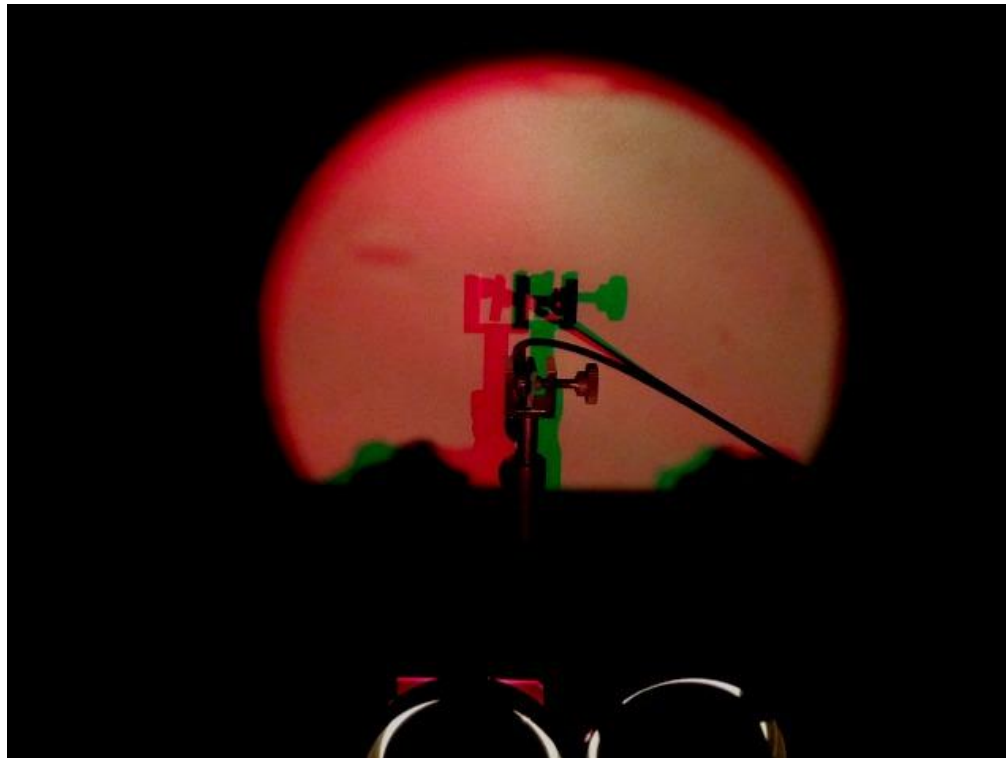
3. Licht und Farbe

Mischen von Licht:



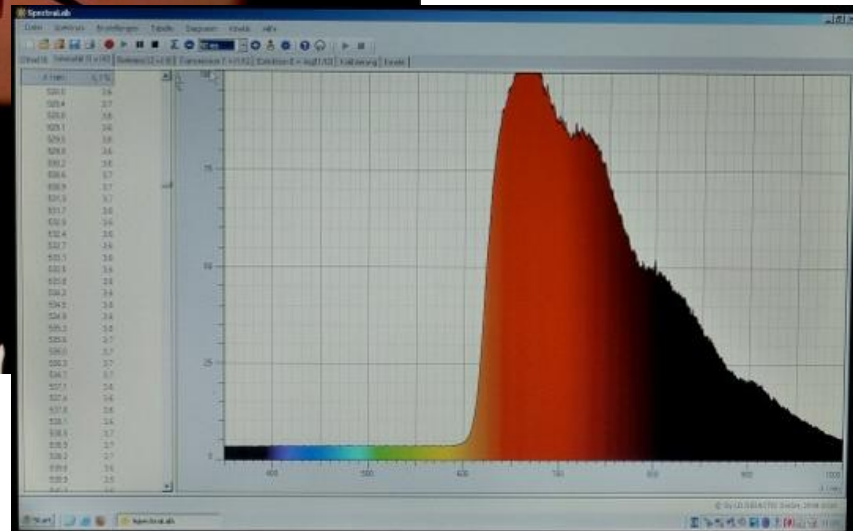
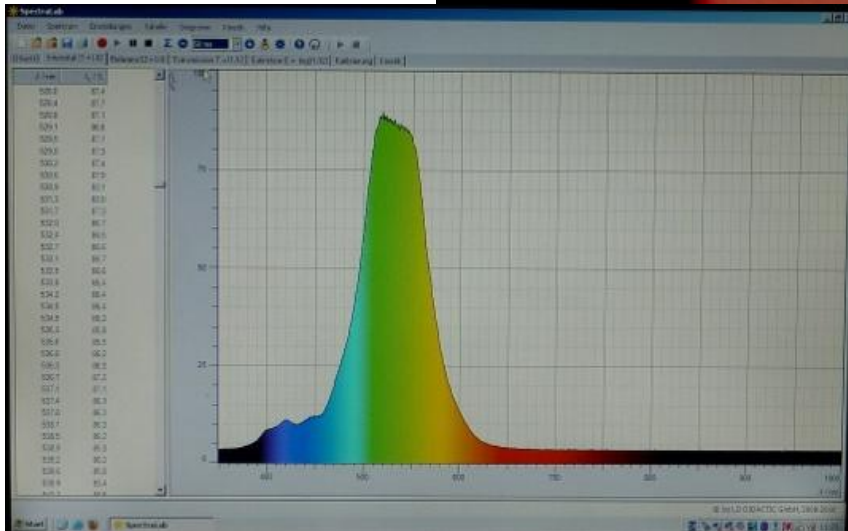
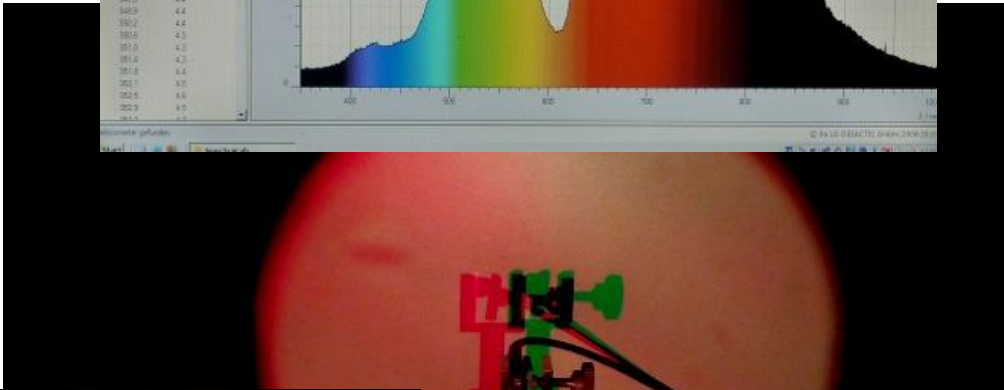
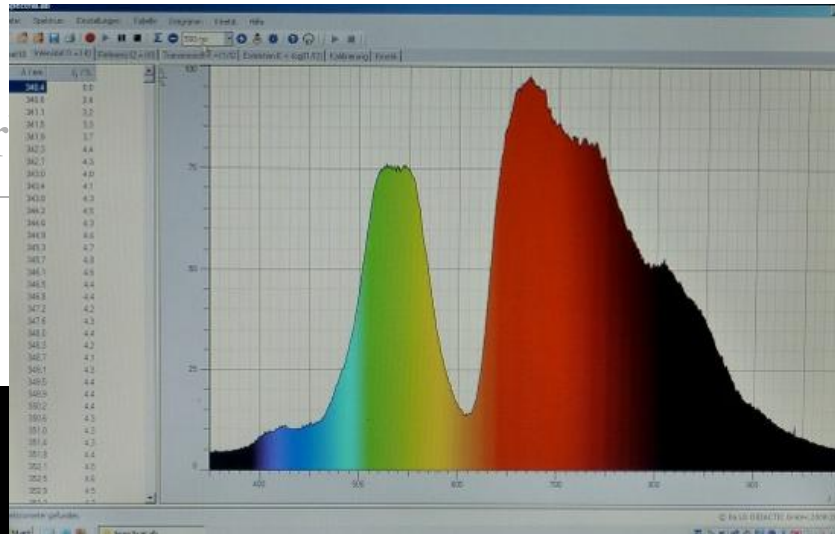
3. Licht und Farbe

Mischen von Licht:



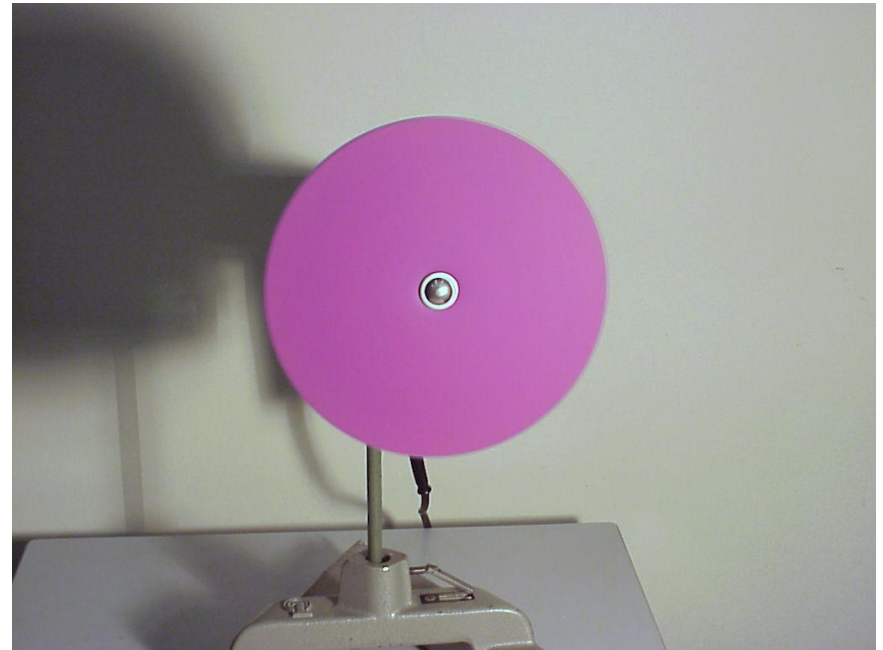
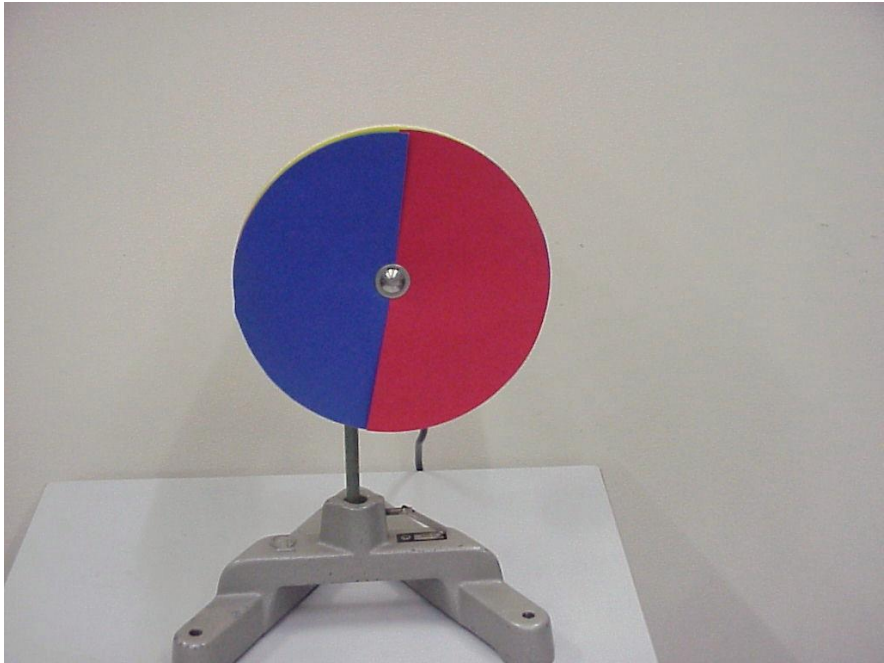
3. Licht und Farbe

Mischen von Licht:



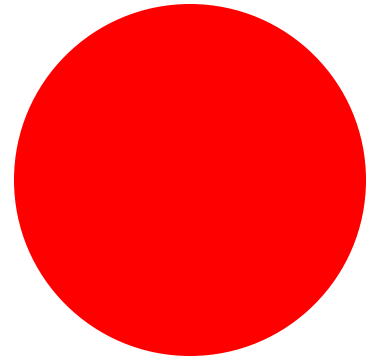
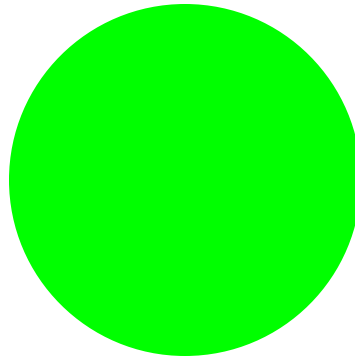
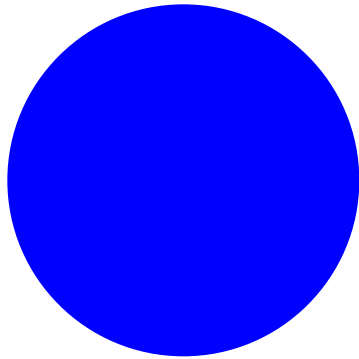
3. Licht und Farbe

Mischen von Licht: Farbscheibe

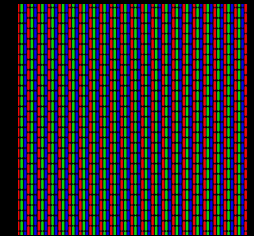
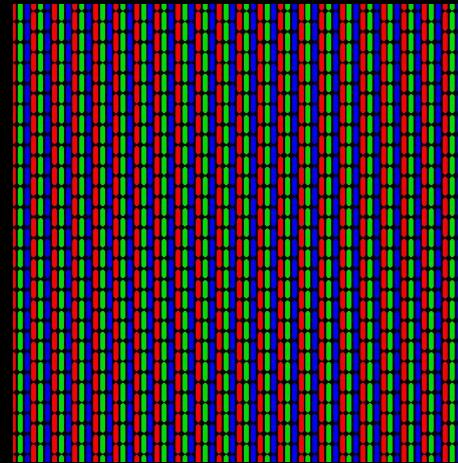
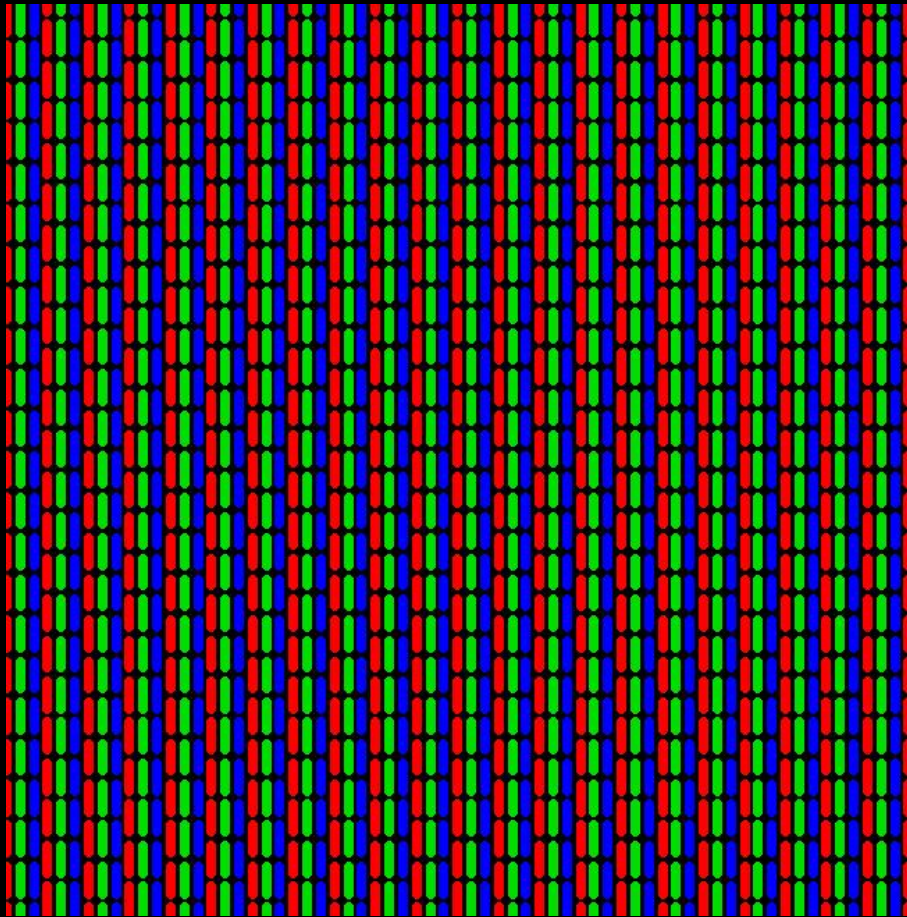


3. Licht und Farbe

Mischen von Licht: Farbfernsehen



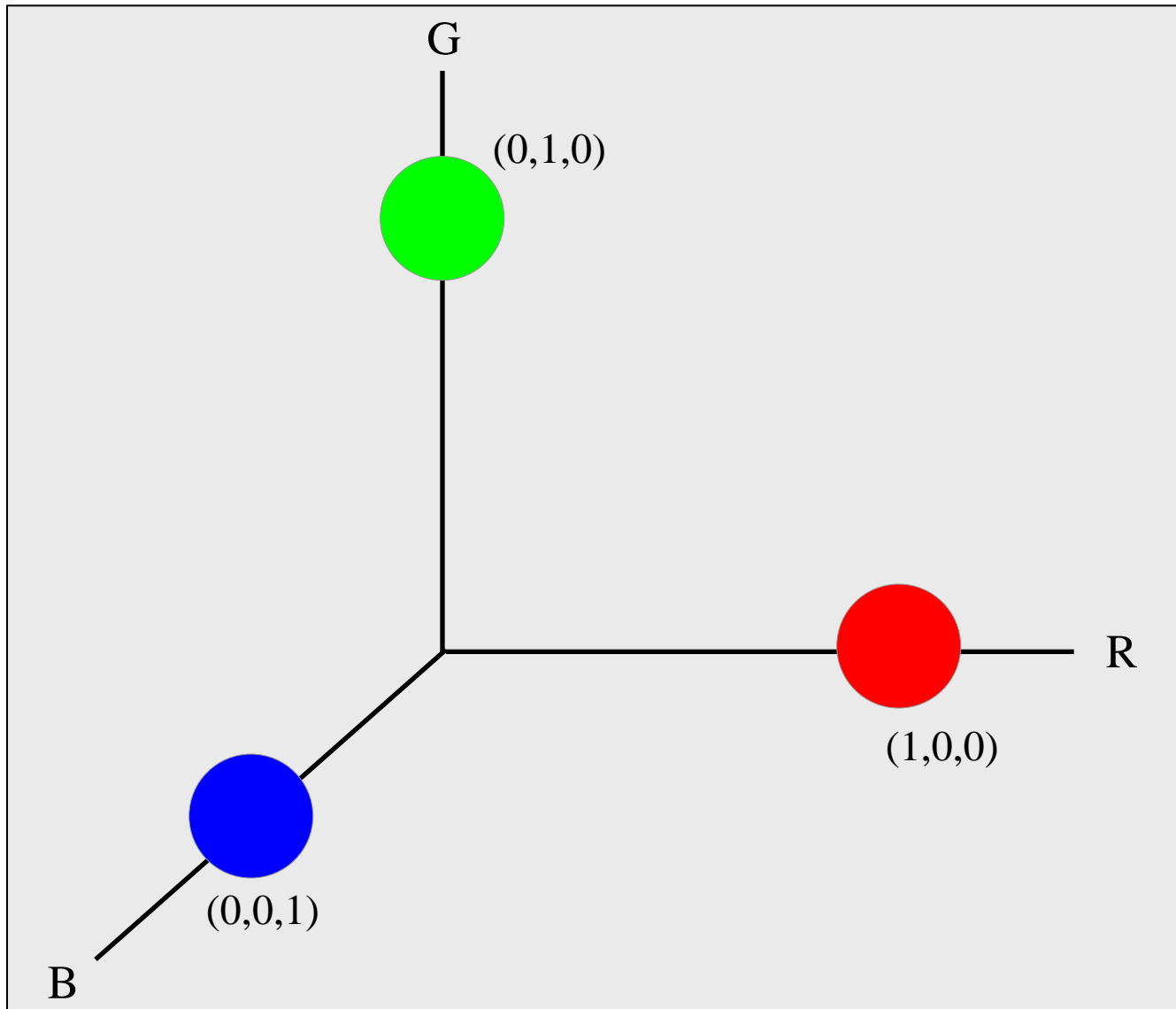
Farbdarstellung am RGB-Monitor



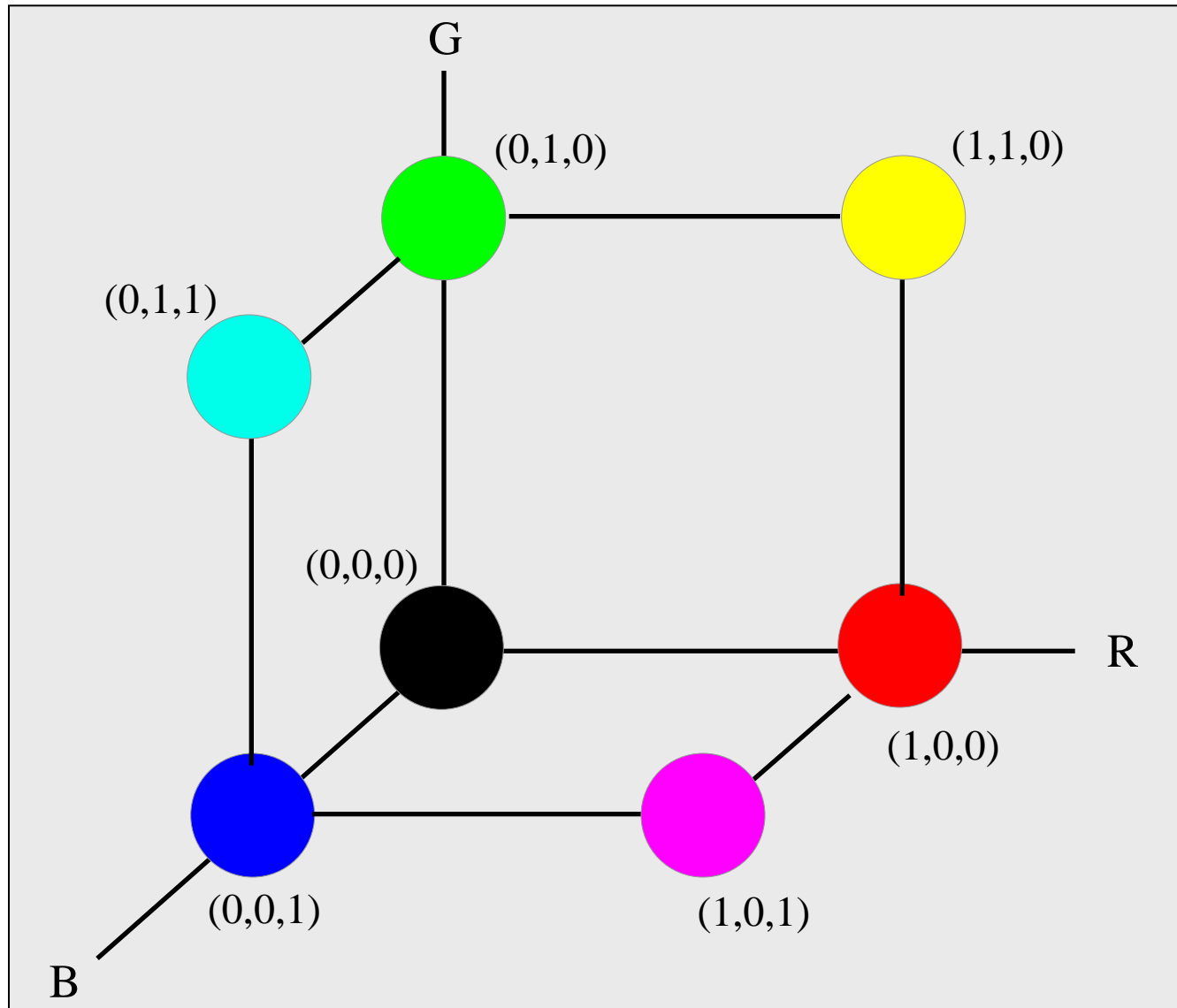
Übersicht:

1. Vorüberlegungen
2. Ein anschauliches Modell für den Farbraum
3. Licht und Farbe
4. **Der Farbraum des Farbfernsehens**

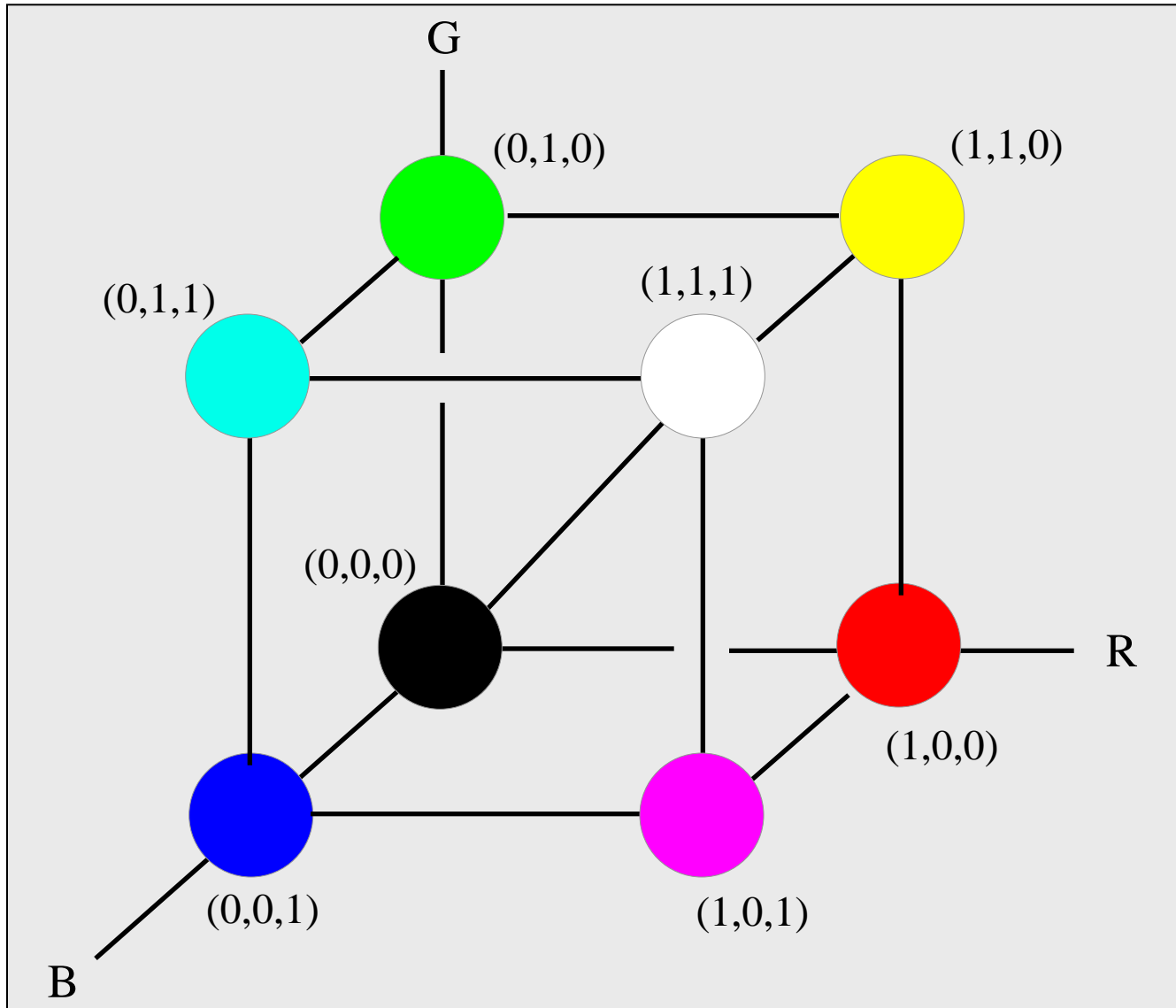
4. Der Farbraum des Farbfernsehens



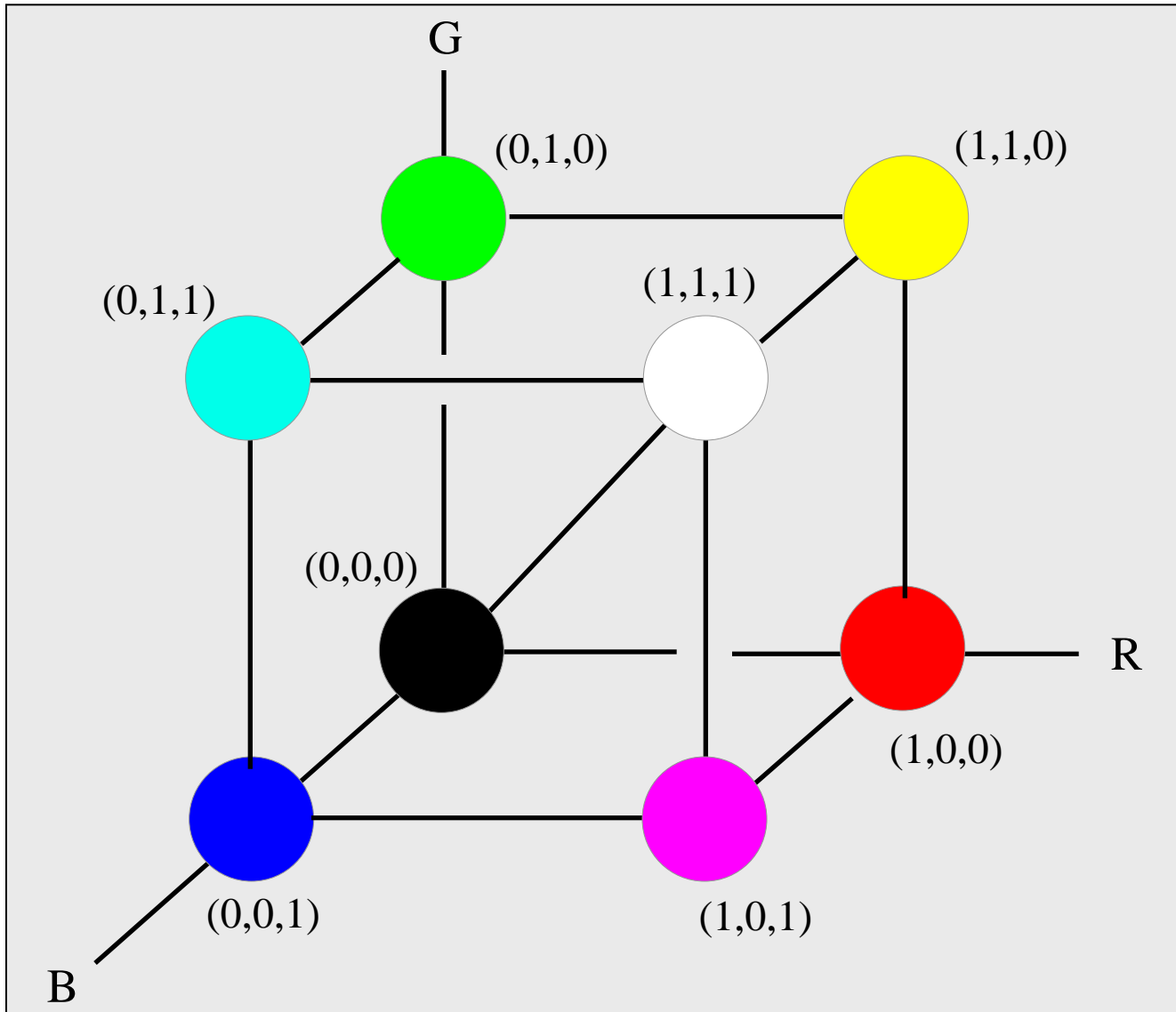
4. Der Farbraum des Farbfernsehens



4. Der Farbraum des Farbfernsehens



4. Der Farbraum des Farbfernsehens

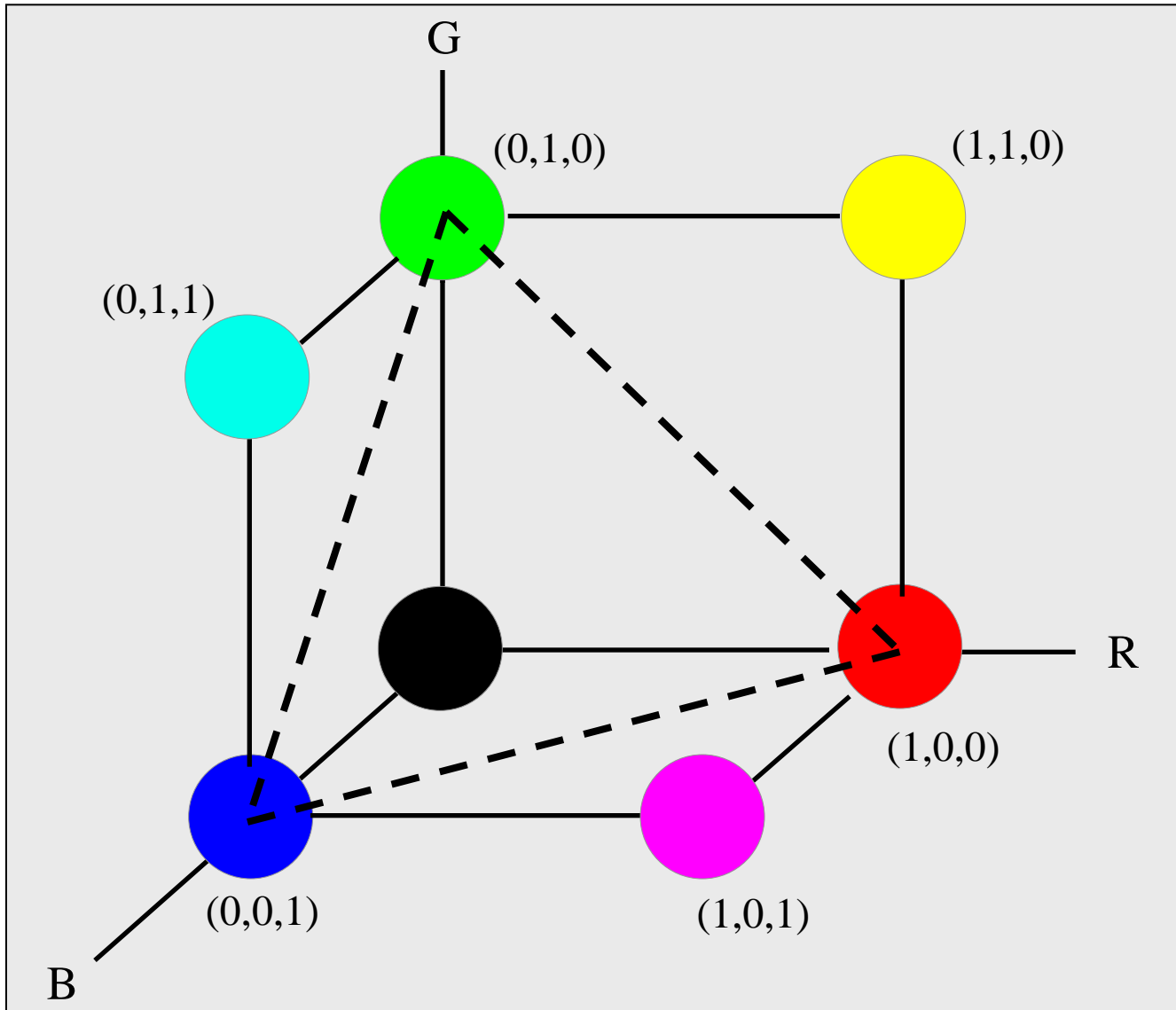


Übliche
Bezeichnungsweise:

Je drei **Farbwerte**
(R,G, B)
legen eine
Farbvalenz
fest.

Die Valenzen
(1,0,0), (0,1,0), (0,0,1)
nennt man
Primärvalenzen
(Grundvalenzen)

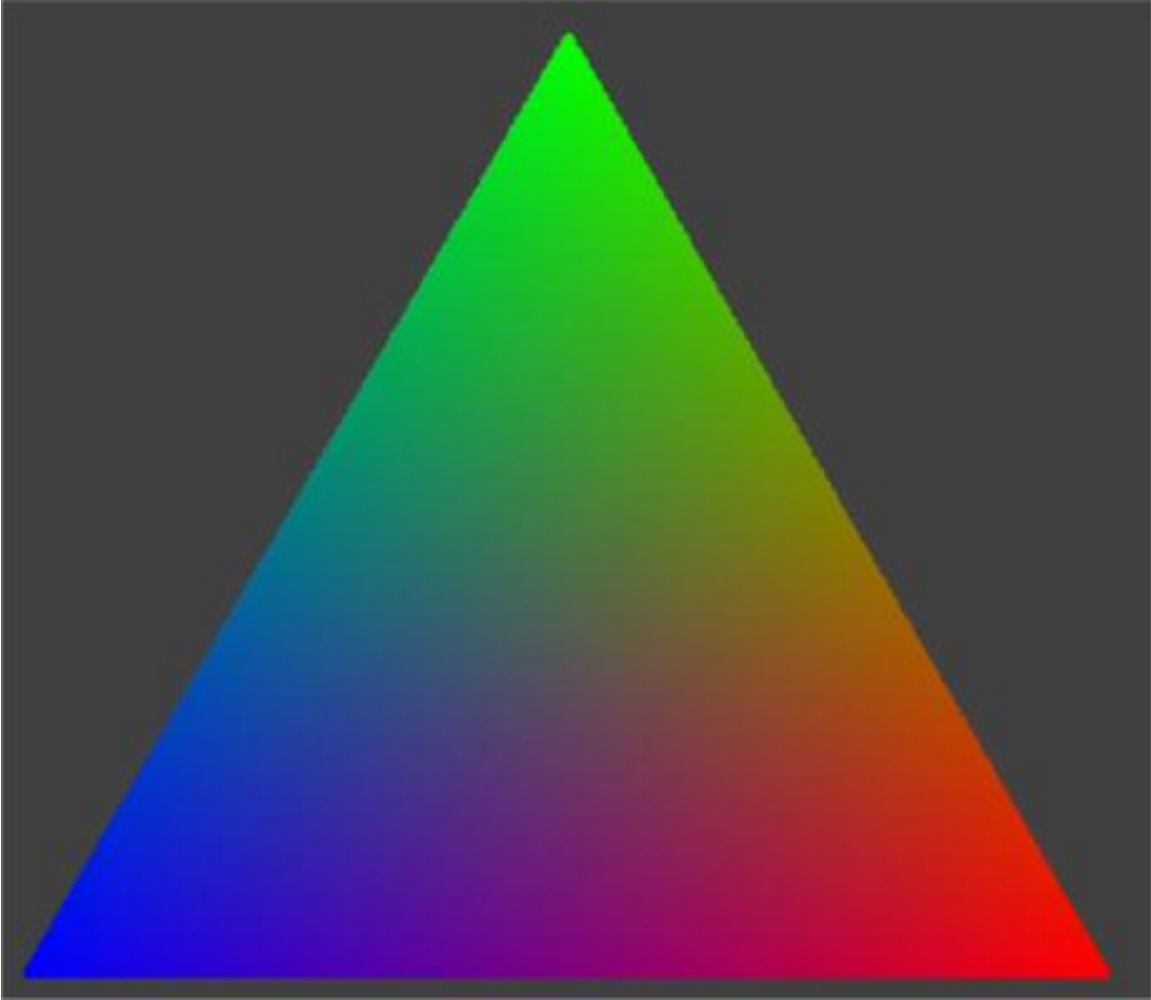
4. Der Farbraum des Farbfernsehens



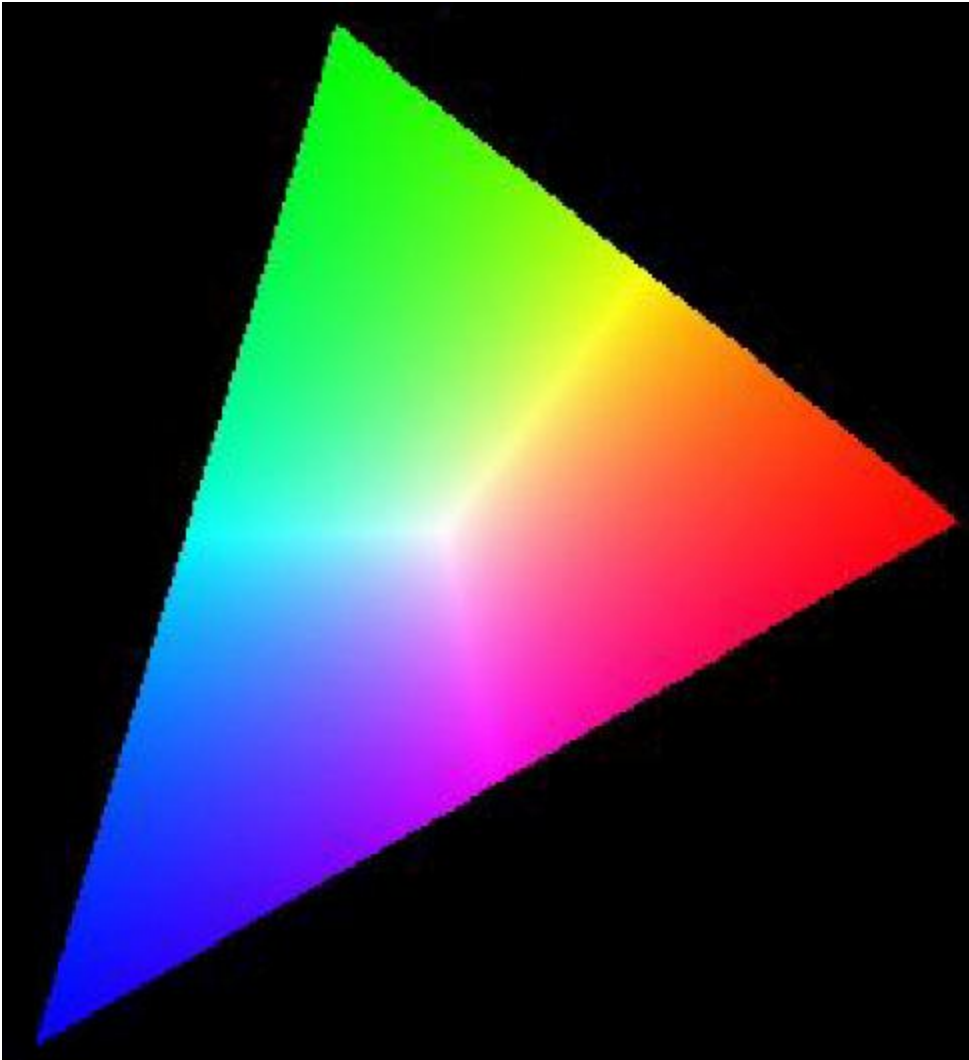
Übergang zur
Farbtafel

Programm
Farbecke

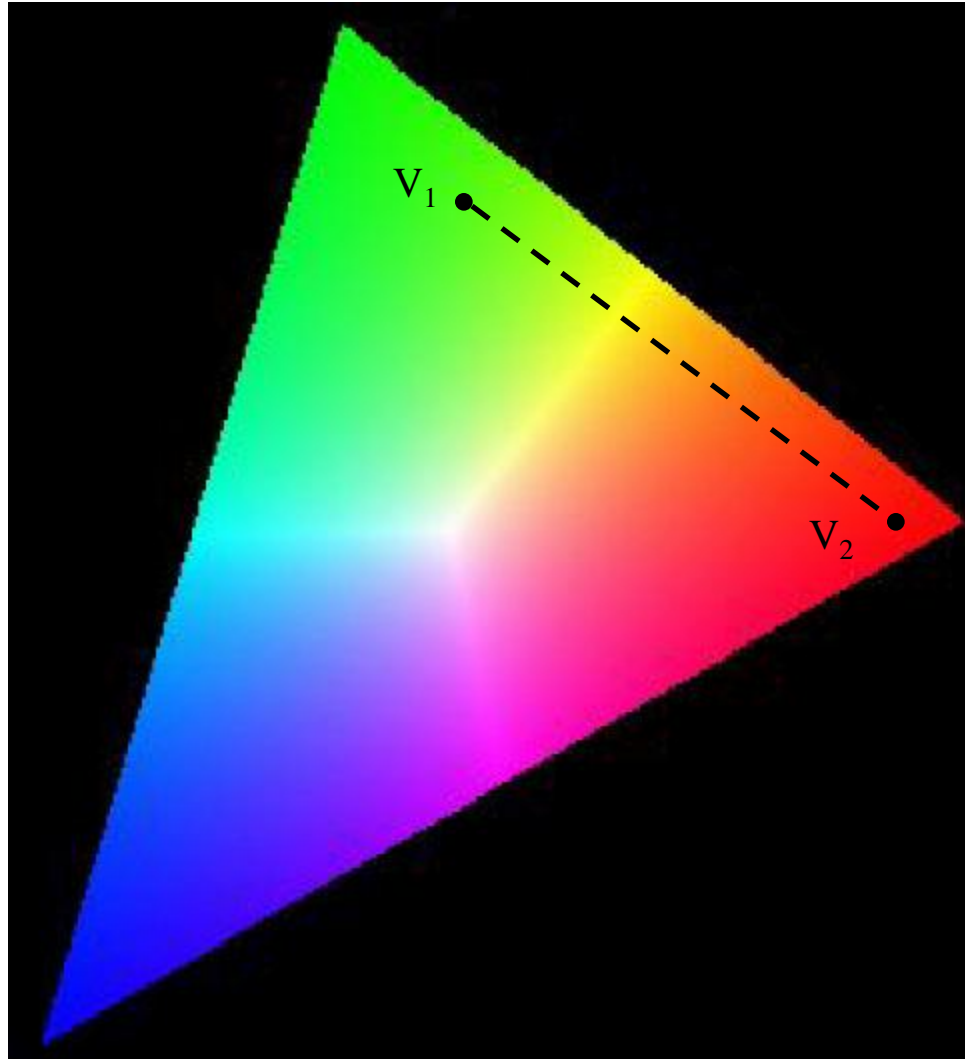
Die Farbtafel



Die Farbtafel



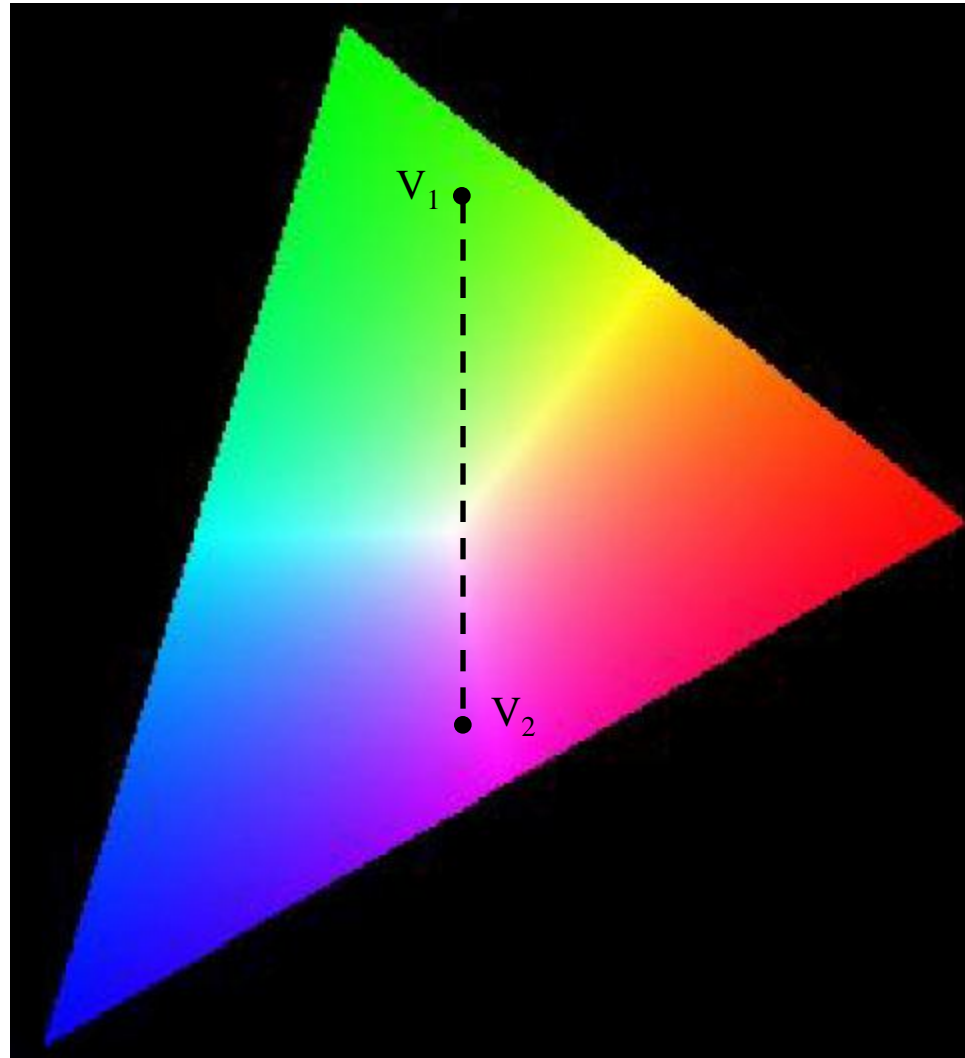
Die Farbtafel



Additives Mischen zweier Farbvalenzen V_1 und V_2 :

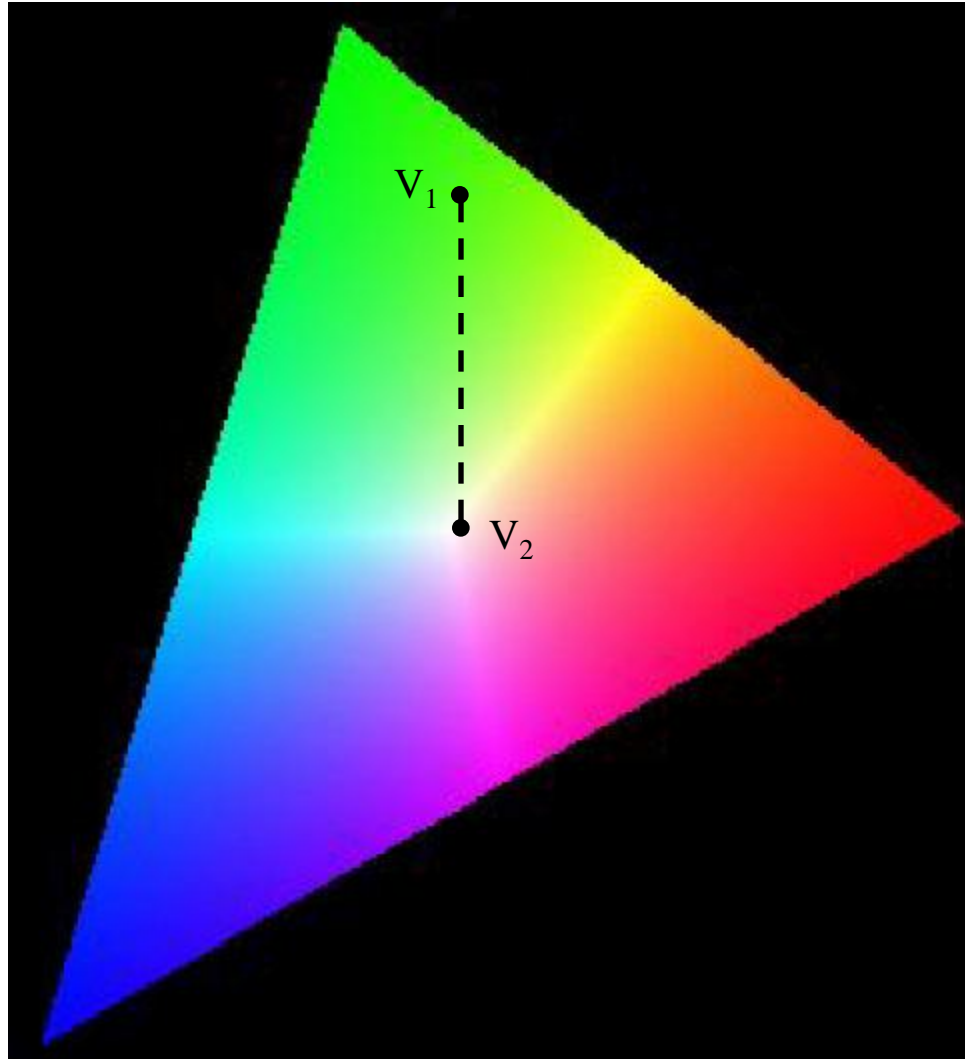
Alle Farbvalenzen auf der Verbindungsstrecke sind möglich.

Die Farbtafel



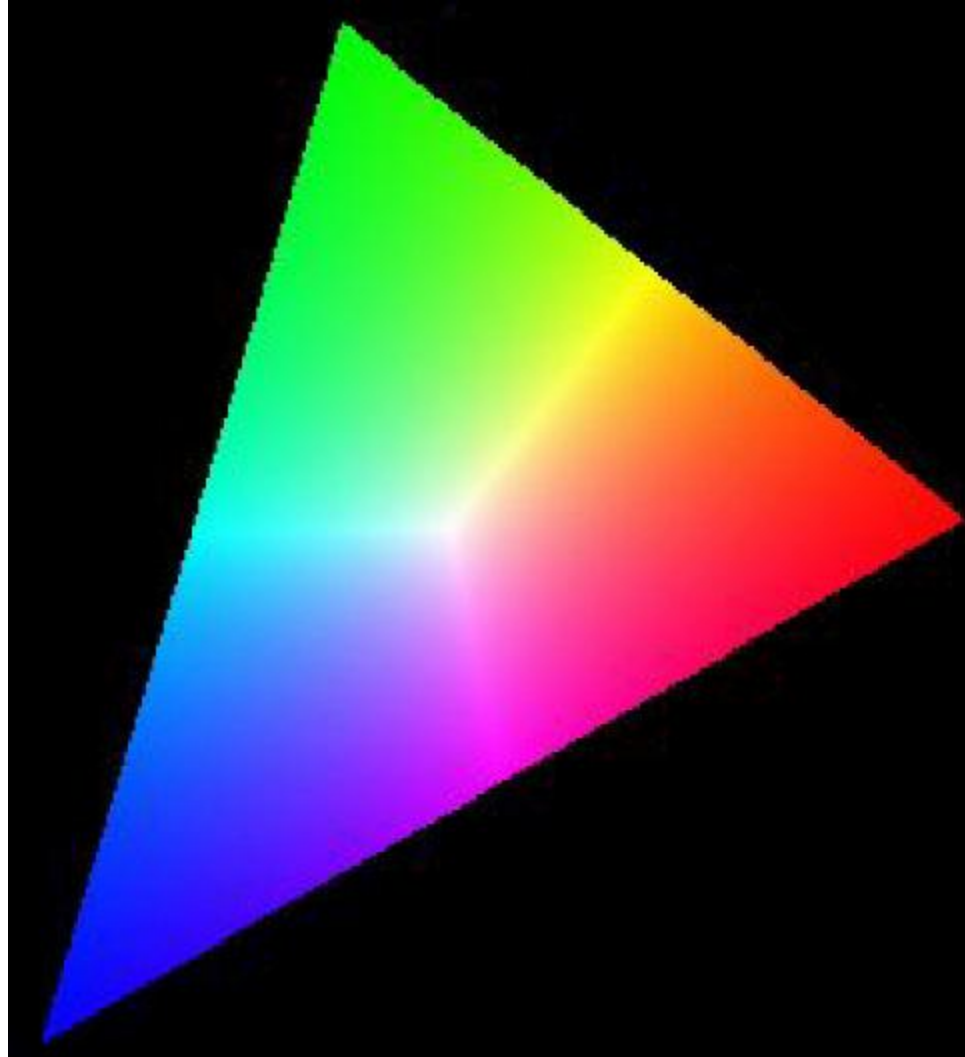
Geht die Verbindungsstrecke durch den Unbuntpunkt, lässt sich aus diesen beiden Valenzen Weiß (Unbunt) mischen.

Die Farbtafel



Durch Zumischen von Weiß verringert sich die Sättigung.

Die Farbtafel und die Spektralfarben



Wo ist der Farbort der Spektralfarben?

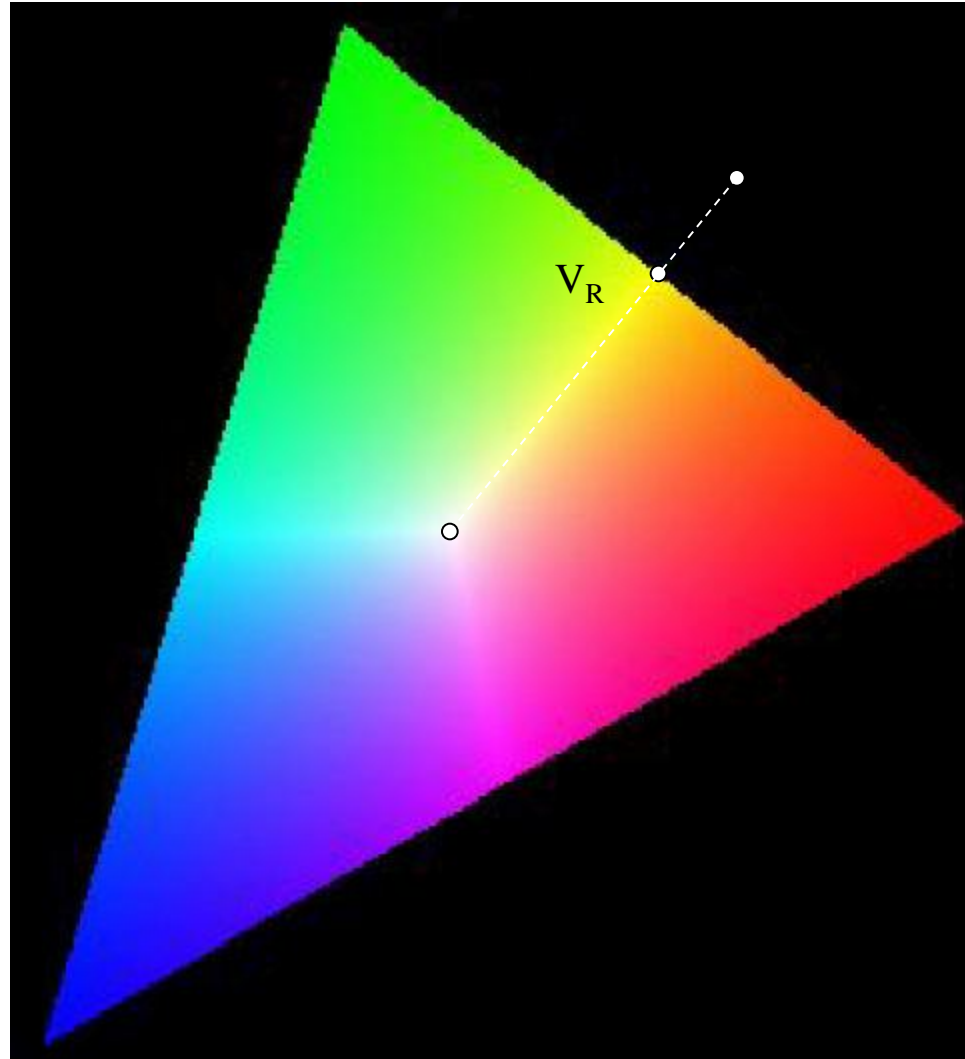
Auf jeden Fall außerhalb der Farbtafel!

Idee: „Äußere Farbmischung“

Dabei wird die Farbempfindung der Spektralfarbe „entsättigt“, indem Weiß zugemischt wird.

Die Farborte der Mischungen liegen zwischen dem Ort der Spektralfarbe und Unbunt.

Die Farbtafel und die Spektralfarben



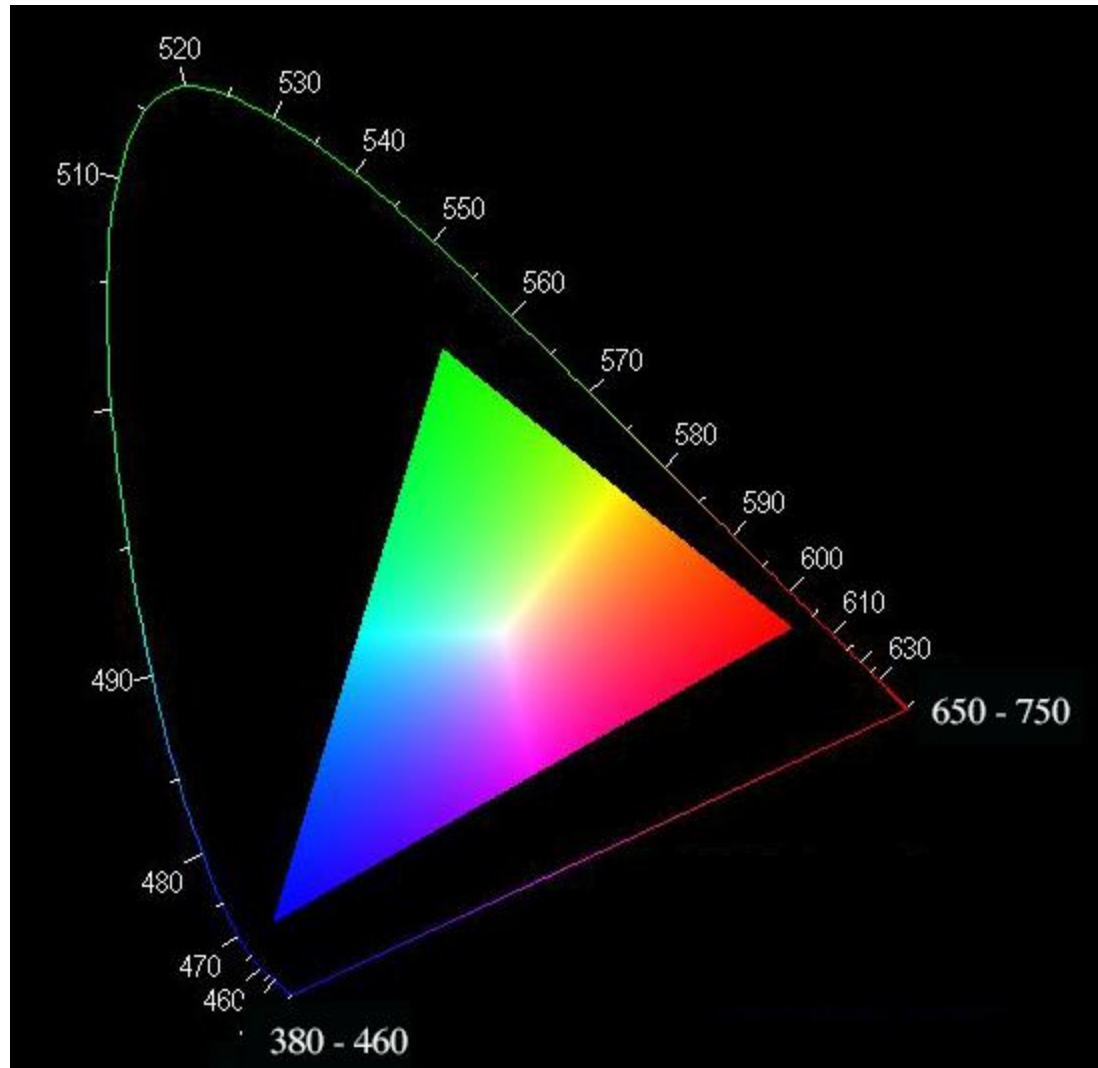
Wo ist der Farbort der Spektralfarben?

Dabei entsteht irgendwann eine Farbempfindung, die durch eine Valenz auf dem Rand der Farbtafel reproduziert werden kann.

Der Farbort der Spektralfarbe liegt auf der Halbgeraden von Unbunt durch V_R .

Bei normierten Primärvalenzen kann aus dem zugemischten Weißanteil der Ort der Spektralfarbe bestimmt werden.

Der Spektralfarbenzug



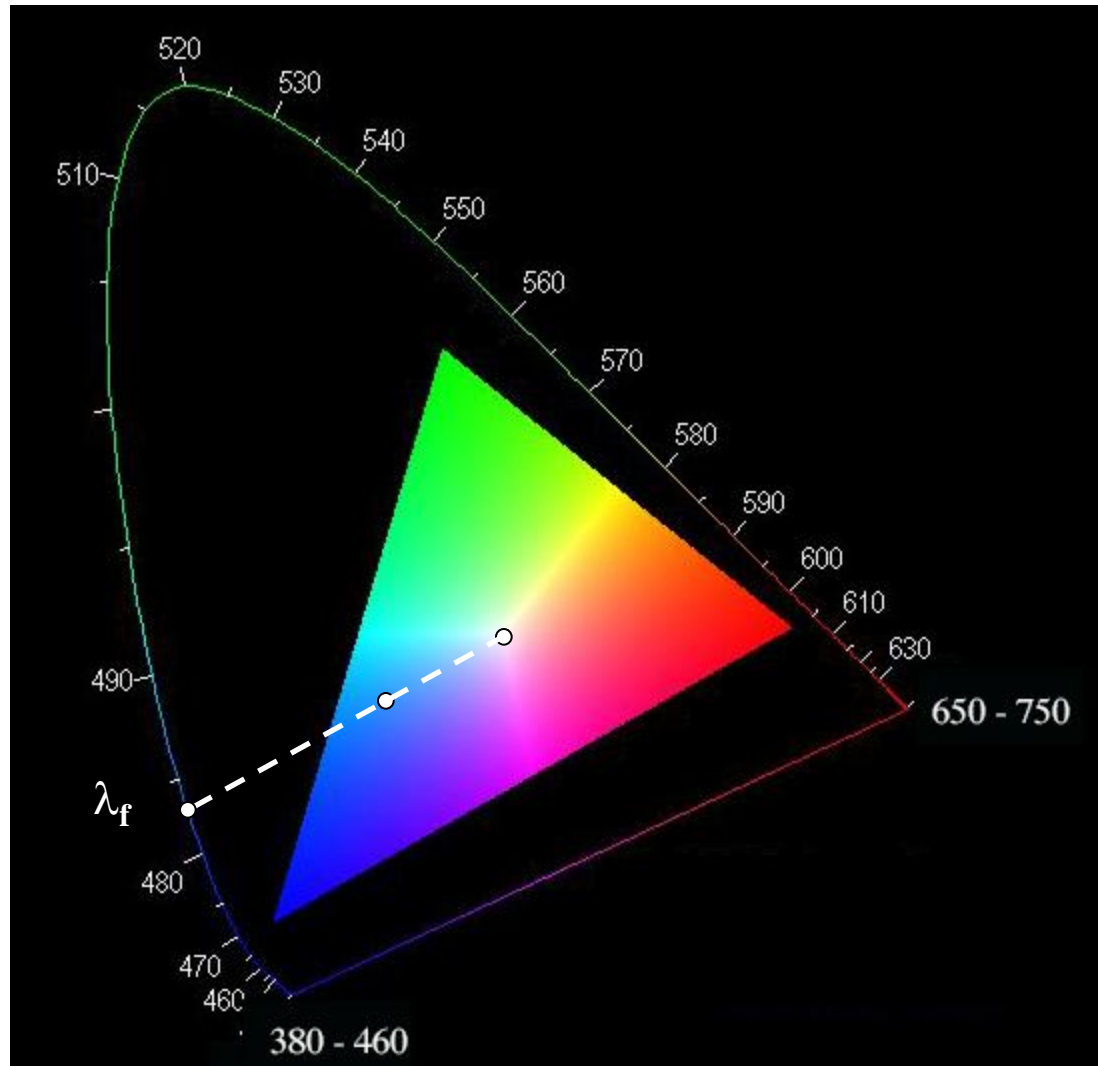
Er ist der Farbort der Spektralfarben (bei normierten Primärvalenzen)

Besonderheit:
„Purpurgerade“

Diese „Schuhsohle“ macht deutlich, welche Farbvalenzen auf dem Bildschirm nicht dargestellt werden können.

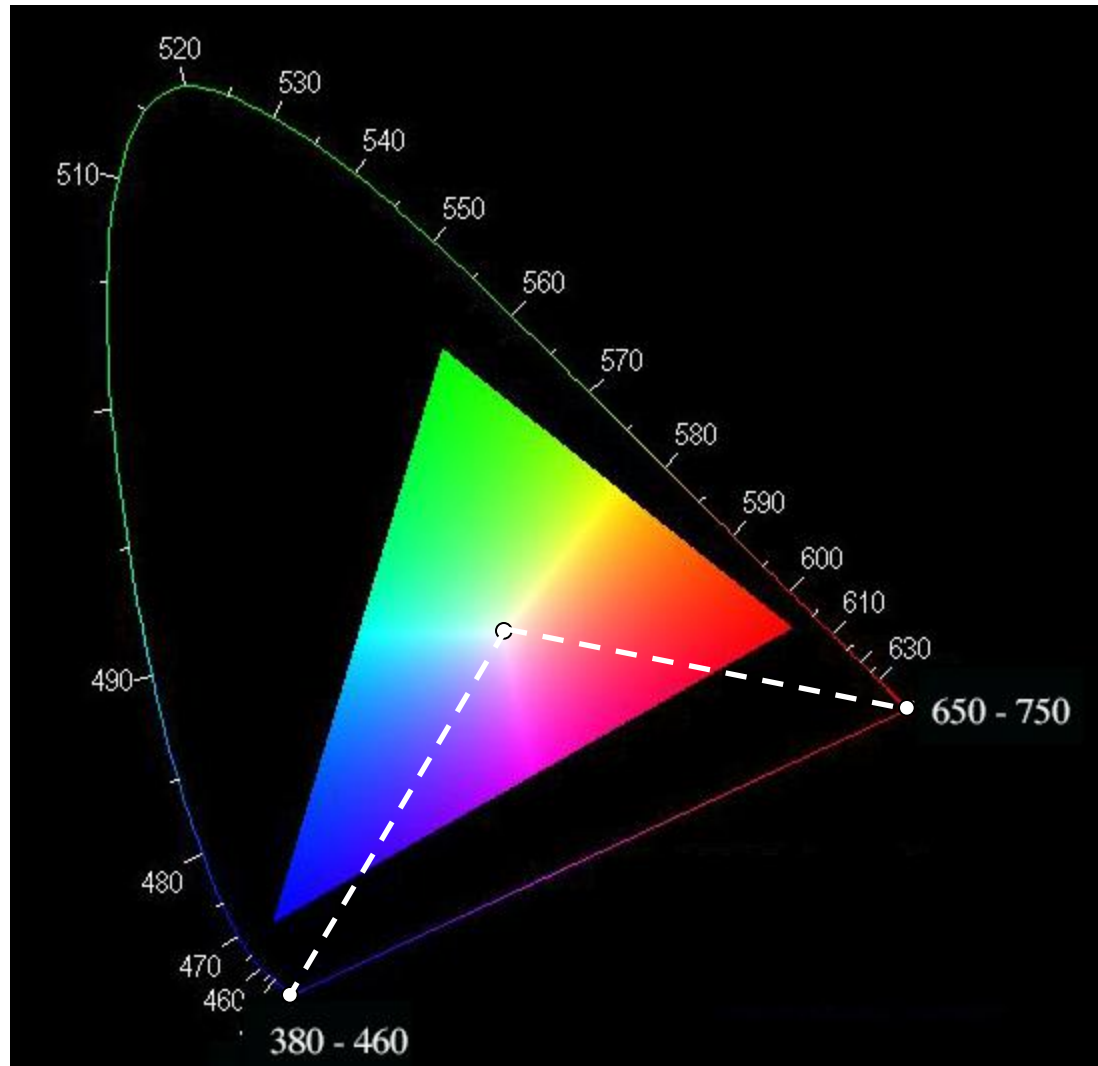
Die Darstellung ist nicht empfindungsgemäß!

Der Spektralfarbenzug



„Farbtongleiche
Wellenlänge λ_f “
zu einer Valenz

Der Spektralfarbenzug



Eine „farbtongleiche Wellenlänge λ_f “ lässt sich nicht für beliebige Valenzen angeben!

„Subtraktives Mischen“

Wer wird da eigentlich gemischt?

Wie verändern sich die Spektren beim
additiven und subtraktiven Mischen?

Warum sollten die Primärvalenzen beim

- additiven Mischen möglichst gesättigt sein?
- beim subtraktiven Mischen eher ungesättigt sein?

.....

Dateien der Universität Erlangen:

Programme: [Farbmixer](#)
[Farbwürfel](#)
[RGB-Mixer \(alt\)](#)
[Farbspion](#)
[Farbwahrnehmung](#)

Programmerläuterungen
([ppp Prof. Dittmann](#))