

## Kleine Farbenlehre

Weil die Farbe große Bedeutung für die Empfindung von Schönheit hat, wollen wir mit einer kleinen Einführung in die Farbenlehre beginnen und dabei schon die Tauglichkeit unseres Erklärungsansatzes erproben.

Man kann die Farben, die wir sehen, auf verschiedene Weise kennzeichnen oder zahlenmäßig erfassen. Ich kann hier auf die Farbmessung zwar nicht eingehen, möchte aber an plausiblen Beispielen die wichtigsten Sachverhalte vorstellen.

Die Farbe wird von Licht „getragen“, aber die Farbempfindung unterliegt vielen verschiedenen Einflüssen, was die quantitative Beschreibung sehr erschwert. Ein Beispiel: ein hellgrünes Auto im Schein der untergehenden Sonne erscheint uns immer noch hellgrün, und wir nehmen auch wahr, daß es rötlich beleuchtet ist. Wenn wir durch eine Pappröhre schauen, so daß weder die Umgebung gesehen wird, noch, daß es sich um einen Teil des uns bekannten Autos handelt, würden wir den gleichen Farbreiz eher als Lachsrosa wahrnehmen.

Für die Messung verwendet man daher gerne sogenannte „freie Farben“, z.B. einen durch eine Sichtblende begrenzten Ausschnitt einer (weißen) Leinwand, die mit verschiedenen Lichtquellen beleuchtet wird. Die Farbmessung wird auf den Vergleich der Hälften eines geteilten Gesichtsfeldes zurückgeführt. Eine Hälfte des Gesichtsfeldes ist in der zu bestimmenden Farbe beleuchtet, die Farbe der anderen Hälfte kann variiert werden und wird so eingestellt, bis beide Hälften gleich erscheinen und die Grenzlinie verschwindet.

### Welche Eigenschaften charakterisieren einen Farbreiz?

Da ist zunächst die Helligkeit. Das Auge kann sich über einen weiten Bereich an die Helligkeit anpassen. Bei freien Farben ist die Helligkeit nach oben unbegrenzt, aber es kommt zu Blendung, wenn sie zu groß ist. (Beispiel: Blickt man bei Dunkelheit auf das rote Licht einer Verkehrsampel, so erscheint das Rot an den helleren Stellen nicht ganz gesättigt. Bei hellem Tageslicht erscheint dasselbe Licht tiefrot.)

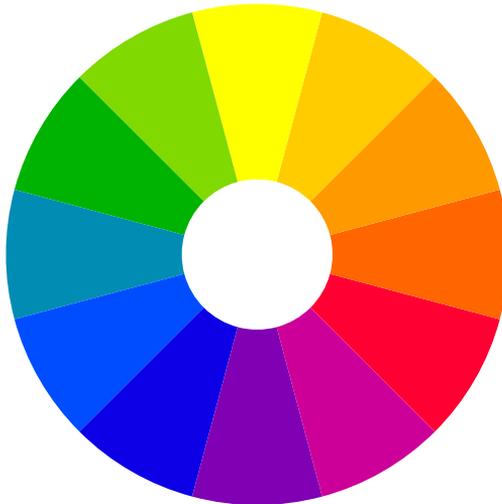


Abbildung 1: Zwölfteiliger Farbkreis nach Johannes Itten (Schweizer Maler und Kunstpädagoge, lehrte am Staatlichen Bauhaus in Weimar).

Bei Körper- oder Oberflächenfarben ist die maximale Helligkeit durch die Beleuchtung vorgegeben. Maximale Helligkeit entspricht idealem Weiß, hundertprozentigem Reflexionsvermögen im ganzen sicht-

baren Bereich. Reales Weiß – z.B. Titandioxid als Pulver – absorbiert immer noch ein paar Prozent, aber unabhängig von der Wellenlänge des Lichts.

Jetzt können wir versuchen, alle möglichen Farben in ein Schema einzuordnen.

Einen ersten Versuch in dieser Art unternimmt jedes Kind, das einen Kasten mit Buntstiften hat: es ordnet die bunten Farben in einer Reihe an – die Anordnung läßt sich zu einem Farbkreis schließen. Die Farben Weiß, Schwarz, Grau, Rosa, Braun, Olivgrün, wenn vorhanden, bleiben dann über. Die Reihe der bunten Farben hat Ähnlichkeit mit dem Spektralfarbenzug; darauf kommen wir noch zurück.

Die gesuchte Anordnung wurde natürlich schon vor uns von anderen realisiert. Ich möchte das wesentliche nur an einigen wenigen bekannten Beispielen aufzeigen. Einen umfassenderen Überblick über die Geschichte der Farbsysteme findet man im Internet<sup>2</sup>.

## Farbsysteme

Der Maler **Philipp Otto Runge** (1777–1810) ordnete die Gesamtheit der Farben in einer Kugel<sup>3</sup> an, diese Kugel wurde durch Goethes Korrespondenz mit ihm weithin bekannt, bekannter als die Farbsysteme seiner Vorläufer Tobias Mayer (ein Prisma mit dreieckiger Grundfläche, 1758) und Johann Heinrich Lambert (Farbpyramide, 1772).

Der deutsche Chemiker **Wilhelm Ostwald** entwarf 1916 seinen Farbkörper als Doppelkegel. Die intensivsten realisierbaren Farben (durch Pigmente angenähert) werden Vollfarben genannt und am äußeren Umfang des Doppelkegels angeordnet, wo wir den Farbkreis wiederfinden. Eine beliebige Oberflächenfarbe läßt sich nach Ostwald durch

---

<sup>2</sup>z.B. <http://www.colorsystm.com>,

<http://www.uni-mannheim.de/fakul/psycho/irtel/colsys.htm>

<sup>3</sup><http://www.uni-mannheim.de/fakul/psycho/irtel/colsys/RungeKugel.html>

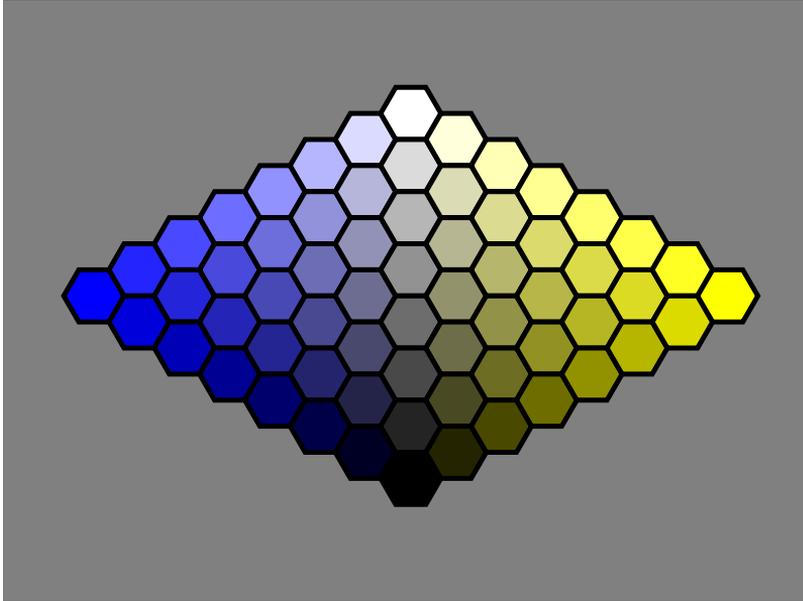


Abbildung 2: Ein Schnitt durch den Ostwaldschen Farbkörper. Das Blau links hat die Nummer 13, rechts das Gelb die Nummer 1.

ihren Vollfarbanteil  $V$ , ihren Schwarzanteil  $S$  und ihren Weißanteil  $W$  kennzeichnen, wobei

$$V + S + W = 1 \quad (1)$$

gilt. Der Farbton selbst wird durch eine Nummer gekennzeichnet, (1 für Gelb, 5 für Rot, 9 für Purpur (Magenta), 13 für Blau, 17 für Grünblau (Cyan), 21 für Grün, 24 ist dann Grünlichgelb und der Kreis schließt sich).

Zur Ermittlung der Ostwaldschen Farbmaßzahlen eignet sich der Farbkreis sehr gut.

Gegenfarben nennt man ein Paar von Farben, die sich mit dem Kreis zu Grau, „Unbunt“, mischen lassen; sie sind so angeordnet, daß

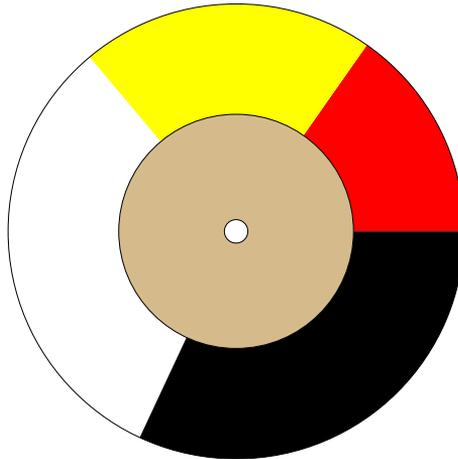


Abbildung 3: Farbmischung und -Messung mit dem Farbkreis. Die verschiedenfarbigen Sektoren sind durch ineinandergesteckte, entlang eines Radius geschlitzte Kreisscheiben aus Papier realisiert. Dadurch sind die Winkel von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  einstellbar. Die Größe der einzelnen Sektoren ist zu variieren, bis bei rascher Drehung die Mischfarbe außen mit der zu untersuchenden Farbe innen übereinstimmt. So ein Fall ist hier wiedergegeben.

sie auf dem Farbkreis, der den Rand des Ostwaldschen Farbkörpers bildet, genau gegenüber liegen. Mischt man die beiden in den äußersten Feldern in Bild 2 gezeigte Farben mit dem Farbkreis, so erhält man das Grau des Bildhintergrundes, nicht, wie mancher vielleicht vermuten würde, Grün.

**Albert Henry Munsell**, ein amerikanischer Maler, veröffentlichte 1915 das „Munsell Book of Color“ (das seitdem mehrfach überarbeitet und neu aufgelegt wurde), in dem die Farben durch die drei Angaben

hue	...	Farbton
value	...	Helligkeit
chroma	...	Farbtiefe

gekennzeichnet sind. Die Auswahl der Proben erfolgte so, daß subjektiv gleiche Abstufungen von Helligkeit und Farbtiefe bei gleichem Farbton angestrebt wurde.

Die **DIN Farbkarte** schließlich stellt ein Ordnungssystem dar, das auf empirisch gefundenen und daher komplizierten Formeln für Helligkeit und Sättigung aufbaut, um gleichabständig wirkende Sättigungs- und Schattenreihen zu gewinnen (DIN 6164). Die DIN-Nummern 1 bis 24 für den Farbton erinnern noch an den Vorläufer, den Ostwaldschen Farbkörper.

Das wichtigste Ergebnis, das sich aus allen Farbschemata ablesen läßt, ist der Sachverhalt, daß ein dreidimensionaler Farbkörper alle möglichen Farben enthält. Daraus folgt, daß genau drei Maßzahlen eine Farbe vollständig festlegen. Ostwald kennzeichnet die Farben durch Nummern, zwischen denen auch Interpolation zulässig ist. Die Maßzahlen sind also z.B. die Farbnummer  $F$ , der Schwarzanteil  $S$  und der Weißanteil  $W$ .

So selbstverständlich dies scheint – man könnte sich auch etwas anderes vorstellen: ausgehend von vier Grundfarben, etwa Rot – Gelb – Grün – Blau, könnte der Farbraum ja auch vierdimensional sein. Wenn die „Mischung“ von Rot und Grün eine ganz neue Farbe, verschieden von Orange, Gelb oder Braun gäbe, und gleichermaßen Gelb und Blau zusammen etwas ganz anderes als Weiß oder Grün, dann ließen sich die bunten Farben nicht mehr in einem Farbkreis anordnen, sondern nur noch auf einer zweidimensionalen Fläche; dem Farbkreis würde die Farbkugel entsprechen. Der Spektralfarbenzug wäre eine Kurve auf dieser Kugel, und die weitaus meisten bunten Farben wären in den Spektralfarben nicht enthalten. Der Gesichtssinn der Vögel scheint von dieser Art zu sein.

## Verschiedene Effekte, Farbkonstanz

Zu Beginn dieses Kapitels habe ich darauf hingewiesen, daß die Farbpfindung nicht nur von der spektralen Zusammensetzung und Intensität des wahrgenommenen Lichtes abhängt. Beispiel: von einem schwarz eingefärbten Blatt Papier im Sonnenlicht gelangt mehr Licht ins Auge als von einem weißen Papier im Schatten, trotzdem erscheint uns das eine schwarz, das andere weiß.

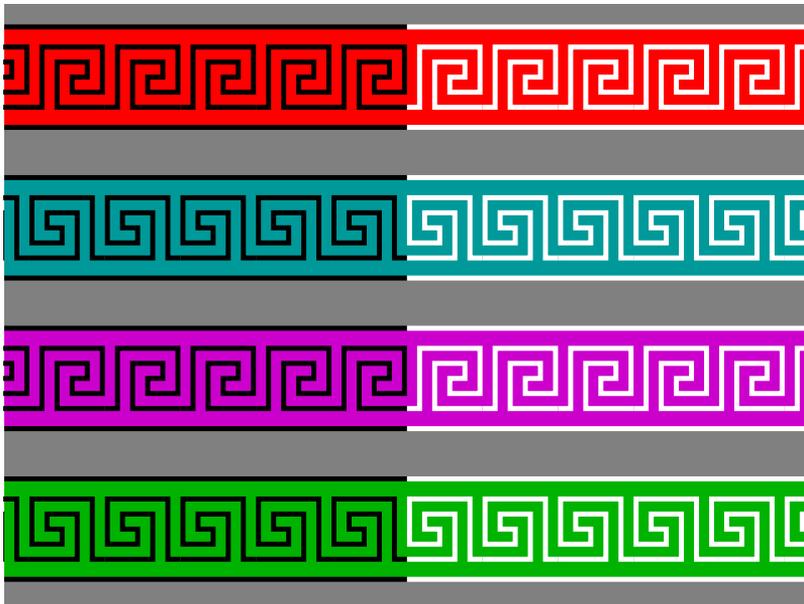


Abbildung 4: Ein weißes Muster läßt die Untergrundfarbe heller, verweißlicht erscheinen (Assimilation, Überflutung), während sie durch ein schwarzes Muster satter wirkt.

Es ist klar, daß die Zusammensetzung des von einem Gegenstand ins Auge reflektierten Lichts ganz wesentlich von der Art der Beleuchtung abhängt; dieses jedoch fällt uns nur in Extremfällen deutlich

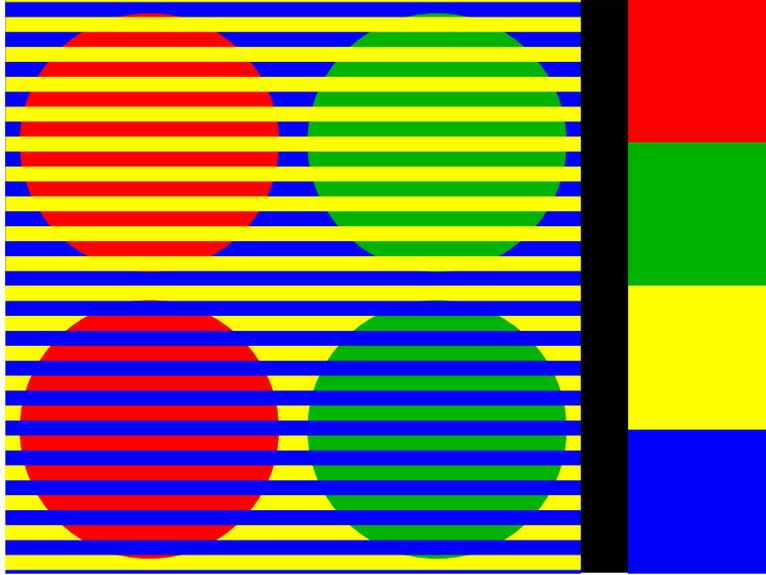


Abbildung 5: Überflutung (Assimilation) bei bunten Farben. Die vier verwendeten Farben sind rechts großflächiger zu sehen. Betrachtet man das Bild aus geringem Abstand, sind die verwendeten Farben noch recht deutlich zu erkennen. Bei großem Abstand tritt dann die Überflutung ein und die Farben verändern sich scheinbar.

auf (Alpenglühen im Abendrot). Die Art der Beleuchtung wechselt im Tagesverlauf stark und hängt vom Wetter ab. Der Nutzen des Farbensehens liegt aber nicht im Wohlgefallen an einem Sonnenuntergang, einem schönen Regenbogen oder anderen farbprächtigen Phänomenen, sondern darin, daß wir Dinge durch ihre Farbe – und das bedeutet hier: charakteristische Eigenschaften des Reflexionsvermögens – unterscheiden können, und daß wir Dinge an ihrer Farbe wiedererkennen können, auch wenn sich die Beleuchtung ändert.

Das bedeutet: schon in der Netzhaut des Auges und erst recht dann im Gehirn werden von den Farbreizen verursachten Erregungen einer

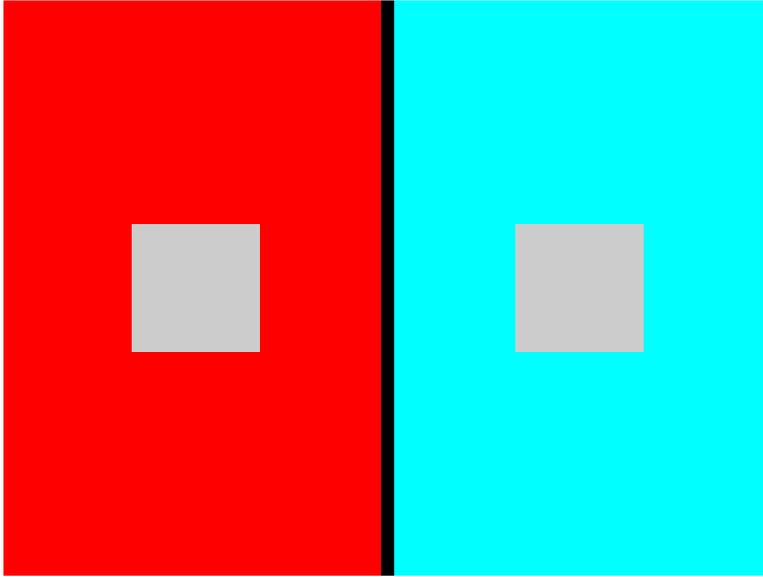


Abbildung 6: Die zwei grauen Quadrate sind gleich

aufwendigen Datenverarbeitung unterworfen, um Empfindungen zu erzeugen, die möglichst eng an das Reflexionsvermögen der Gegenstände gekoppelt sind und möglichst unabhängig von sonstigen Einflüssen.

Störende Einflüsse sind zahlreich vorhanden, und entsprechend vielfältig sind die Korrekturverfahren, die die optischen Daten „reinigen“, ehe sie ins Bewußtsein gelangen.

Das Einstellen des Auges auf die herrschende Beleuchtung nennt man Adaptation (Helligkeitsanpassung) und Farbumstimmung. Letztere entspricht dem, was in der Film- und Fernsehtechnik „Weißabgleich“ genannt wird.

Die Bilder 4 und 5 demonstrieren die sogenannte Assimilation, die gegenseitige „Überflutung“. Ich weiß nicht, wie sich hierbei ein einfaches physikalisches Phänomen, hervorgerufen durch die Trübe von

Linse und Glaskörper, gegen das abgrenzen läßt, was während der Verarbeitung der Reize entsteht (die Weiterleitung der Farbinformation mit geringerer Auflösung als die der Helligkeitsinformation).

Der Assimilation entgegengesetzt ist die Kontrastwirkung. Man unterscheidet Simultan- und Sukzessivkontrast. Beispiel: Simultankontrast. Ein graues Quadrat in roter Umgebung wirkt grünlich, das gleiche in grüner Umgebung rötlich, Bild 6. Was gerne als optische Täuschung angesehen wird, zeigt eine Facette der Datenverarbeitung. Ursache des Fehlers ist, daß die Bilder flach sind. Wäre die rote Umgebung des grauen Quadrates z.B. ein roter Kasten, dann würde der Widerschein des Roten den Farbreiz ins Rötliche verschieben. Diese Verschiebung wird abgeschätzt und rückgerechnet.

Beispiel: Nachbilder. Schaut man längere Zeit starr auf ein stark buntes Bild, z.B. den Mittelpunkt des Farbkreises Bild 1 und dann auf eine weiße Fläche, dann sieht man für einige Zeit das Bild in „Komplementärfarben“. Daß aber die Nachbilder nicht notwendig in den Komplementärfarben erscheinen, zeigt das überraschende Nachbild einer kleinen weißen Fläche auf großem gelben Hintergrund.

Sukzessivkontrast und Nachbilder hängen zusammen. Meist mit Ermüdung der entsprechenden Rezeptoren erklärt. Aber: bei hellem Tageslicht sind noch ca. 50 % des für das Nachtsehen benötigten Sehpurpurs vorhanden (Netzhaut ist rosafarben), trotzdem ist der skotopische Sehmechanismus *völlig* abgeschaltet.

Es ist zu vermuten, daß auch den Nachbildern – neben der Ermüdung – eine *aktive* Leistung von Retina/Gehirn zugrundeliegt. (Nach Blendung besteht die Leistung darin, das Nachbild zum Verschwinden zu bringen.)