

# Einführung: Licht und Farbe

## Farbenlehre

### a) Isaak Newton

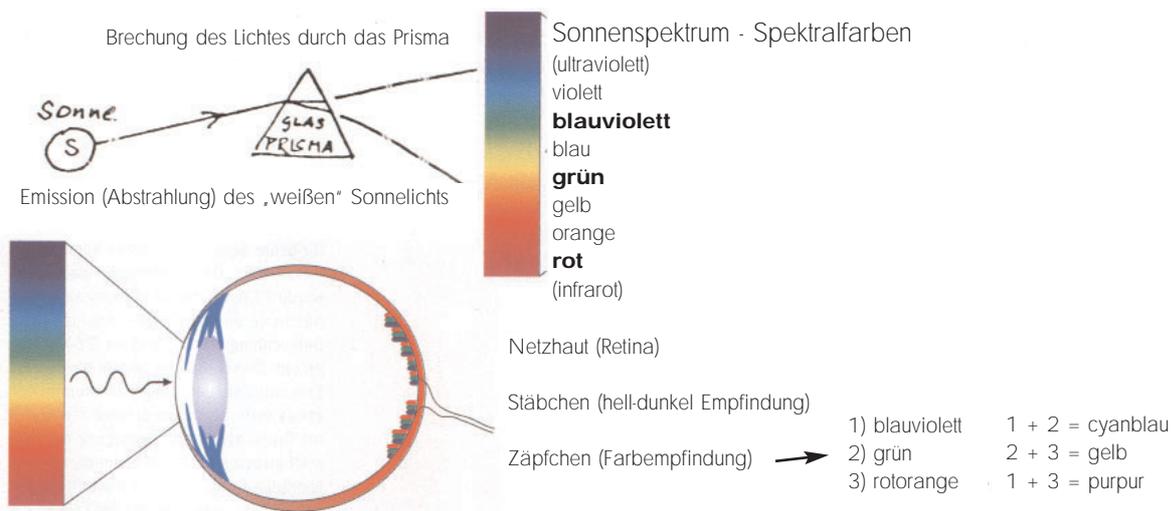
Nachdem Newton das Tageslicht durch ein Prisma in einzelne Farben zerlegt und dabei sieben Hauptfarben gezählt hatte, fiel ihm weiter auf, daß diese Reihe dem Farbton nach in sich zurückläuft. Indem er das violette Ende des Spektrums mit dem roten Anfang verknüpfte, schuf er seinen Farbenkreis, der sich nachhaltig auswirkte. Mit Newtons Kreisform wird der Übergang von der ein- zur zweidimensionalen Farbordnung vollzogen. Es ist dabei nützlich, sich klarzumachen, daß dieser Schritt zwar von einem Physiker durchgeführt wurde, dennoch aber wenig mit Physik zu tun hat. Unser Gehirn ist es, das aus der Linie der Physik den Kreis macht, den Newton als erster gezeichnet hat.

Die berühmte kreisförmige Anordnung der Spektralfarben erscheint im Jahre 1704 in seinem zentralen Werk über „Opticks“. weiterführende Angaben: <http://www.colorsystem.com/grundlagen/aad.htm>

Die wissenschaftliche Grundlage der Erkenntnisse zur Farbe legte Isaac Newton, der erstmals das sichtbare Licht zwischen 380 und 720 Nanometer mithilfe eines Prismas in seine Grundfarben spaltete. Damit wären auch die Voraussetzungen für die Wahrnehmung von Farbe definiert: Licht und Objekt. Ohne Licht, das von einem wie auch immer gearteten Objekt reflektiert wird, entsteht keine Farbe.

### b) das Auge

Grundlage des Farbsehens ist der menschliche Wahrnehmungsapparat, genauer die Zapfen für die Farb- und die Stäbchen für Helligkeitswahrnehmung in der Netzhaut des Auges. Die Zapfen benötigen hohe Lichtintensitäten, um Farben erkennen zu können. Nachts sind deshalb vermehrt die Stäbchen aktiv, die „farbenblind“ sind. Von der Gesamtzahl der Farbrezeptoren sind etwa 60 Prozent rotempfindlich, etwa 30 Prozent grünempfindlich und letztlich nur etwa 10 Prozent reagieren auf Blau. Ist ein Gegenstand zum Beispiel Gelb, werden durch das einfallende Licht in das Auge der rotempfindliche und der grünempfindliche Zapfen erregt. Handelt es sich mehr um ein Orange, das heißt um ein rötliches Gelb wird der rotempfindliche Zapfen mehr und der grünempfindliche Zapfen weniger stark erregt.



Mit der Reizung der Rezeptoren ist der Vorgang aber nicht abgeschlossen. Es laufen komplizierte und noch nicht vollends erforschte Prozesse ab. Das Gehirn, genauer gesagt ein Teil direkt hinter der Stirn, ordnet die ankommenden Sinnesindrücke in Sekundenbruchteilen zu. Dabei ist es völlig unerheblich, ob man eher ein Anhänger der technischen Farbenlehre des Isaac Newton ist oder Goethes mehr kreativen Ansatz favorisiert.

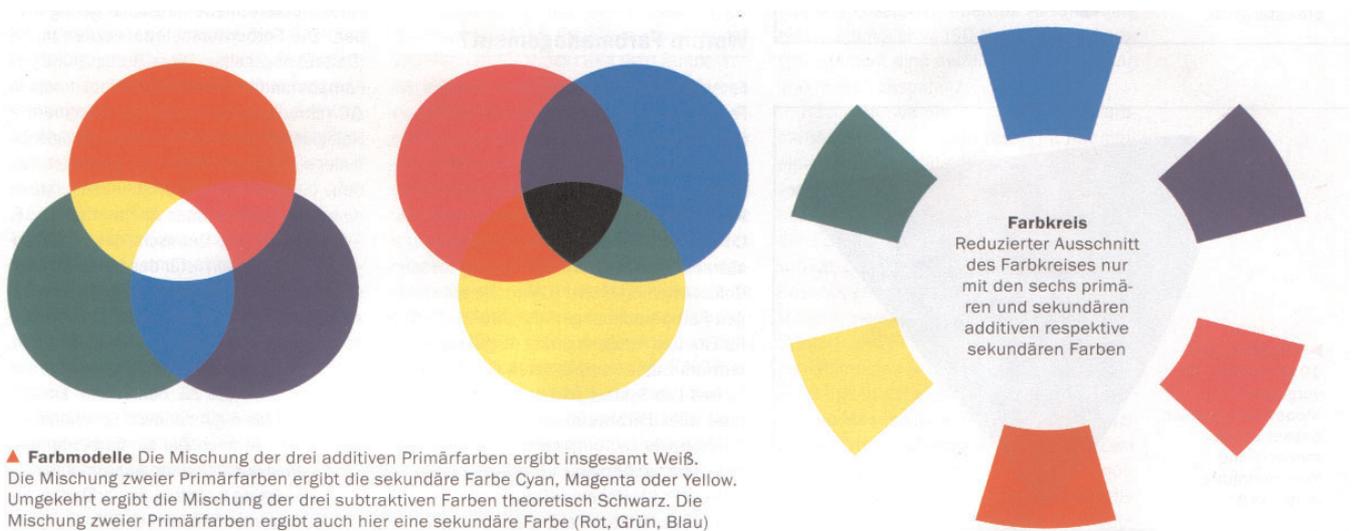
Das Auge hat nur ein begrenztes Farbaufhebungsvermögen. Die vom Computer abgeleiteten 16,7 Millionen Farben kann ein Mensch nicht differenzieren - erst recht nicht gleichzeitig. Untersuchungen haben gezeigt, dass nicht mehr als sechstausend Nuancen unterschieden werden - andere Forschungen geben maximal 100 000 Farben als Grenze an. Mit der unprä-

zisen **Wahrnehmung** geht einher, dass man Farben nicht als exakte, also absolute Werte, sondern lediglich **relativ** mit einem Sinneseindruck gepaart wahrnimmt. Die meisten gebräuchlichen Farbnamen leiten sich so auch aus unserer Umwelt ab. Bezeichnungen wie Türkis, Rubinrot, Zitronengelb oder Mausgrau dienen lediglich der sprachlichen Verständigung - man kann nicht von einer identischen Farbwahrnehmung ausgehen.

Ein weiteres Kriterium für die Wirkung einer Farbe ist das **Umgebungslicht**, denn sie verändert sich je nach Farbtemperatur. Ein Kleidungsstück erscheint unter der Neonbeleuchtung des Verkaufsrums völlig anders als vor dem heimischen Spiegel. Wenn sich eine Farbe unter verschiedenen Lichtbedingungen ändert, spricht man von Metamerie. Im Gegensatz zur Celsius-Skala unserer Temperaturmessung steht bei der in Kelvin angegebenen Farbtemperatur ein hoher Wert für Kälte und ein niedriger Wert für Wärme. Tageslicht erreicht je nach Bewölkung eine Farbtemperatur von 5000 bis 6500 Kelvin; eine Glühlampe etwa 2000 Kelvin und die Arbeitsplatzleuchte eines großen Möbelhauses etwa 4000 Kelvin. Schnell stellt sich die Frage nach einer Norm, denn welcher Farbeindruck soll als bindend angesehen werden?

In der **Druckvorstufe** benutzt man gemäß ISO 3664 die so genannte Beleuchtungsart D50. D50 steht dabei für Licht mit einer Temperatur von 5000 Kelvin, was dem mittleren Sonnenlicht entspricht. Betrachtet und kommuniziert man Farbe unter dieser Lichtart, ist sichergestellt, dass alle Betrachter ein und denselben Farbeindruck haben.

Der Abstand zwischen zwei Farbempfindungen muss jedoch nicht zwangsläufig durch mangelnde Beschreibung der Eigenschaften zu Stande kommen. Die Art der Farberzeugung spielt eine ebenso wichtige Rolle. Generell unterscheidet man dabei zwischen **Körper- und Lichtfarben**, die in ihrer Zusammensetzung und im Mischungsverhalten grundsätzlich verschieden sind. Körperfarben wie zum Beispiel Pigmente oder Druckfarben erzeugen Weiß durch Subtraktion der Primärfarben Cyan, Magenta und Gelb - man spricht deshalb auch von subtraktiver Farbmischung. Demgegenüber ergeben Lichtfarben Weiß durch Addition von Rot, Grün und Blau - dies ist die additive Farbmischung.

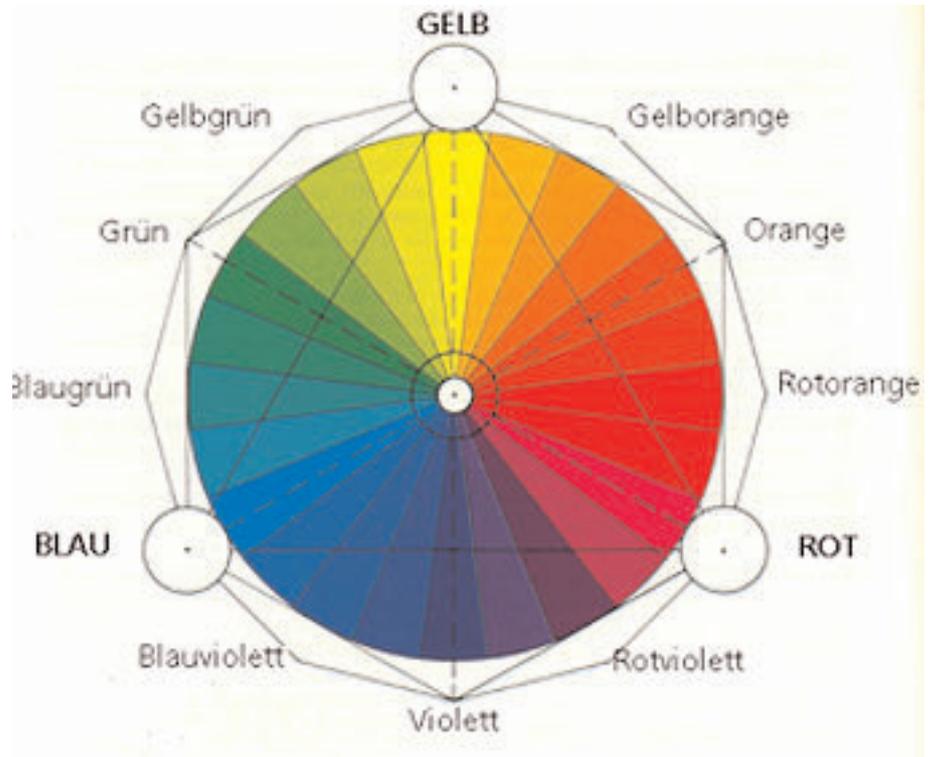


### c) Additive Farbmischung

Die additive Farbmischung tritt bei selbstleuchtenden Körpern auf, zum Beispiel einer Farb-Bildröhre eines Fernsehers oder Monitors. In der Bildröhrentechnik werden die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau verwendet, woraus sich die Bezeichnung "RGB-Farbsystem" erklärt. Entscheidend ist bei der additiven Farbmischung, daß der Gesamtfarbeindruck durch die Addition der einzelnen Primärfarben zustandekommt, das heißt jeder der Lichtstrahlen einer Primärfarbe trägt additiv zur Gesamtintensität des wahrgenommenen farbigen Lichtes bei. Es gilt: Rot+Grün=Gelb, Rot+Blau=Magenta sowie Grün+Blau=Cyan. Je nach der Intensität, mit der die Primärfarben ausgestrahlt werden, ergeben sich die restlichen Farben als Mischungen. Alle drei Primärfarben in gleicher, maximaler Intensität zusammen ergeben Weiß. Eine Erklärung der Farbeindrücke der Mischungen erfolgt, sobald die Komplementärfarben eingeführt worden sind.

#### d) Subtraktive Farbmischung

Die jedermann vertraute subtraktive Farbmischung tritt im Gegensatz zur additiven dann auf, wenn nicht-selbstleuchtende Körper den Farbeindruck hervorrufen, zum Beispiel Maler- (Öl-, Aquarell-) oder Druckfarben. Da die Pigmente der Farben nicht selber leuchten, verändern sie die wahrgenommene Farbe des auf sie fallenden Lichtes durch pigmentspezifische Absorption. Das heißt, jede der drei Grundfarben des subtraktiven Systems (Gelb, Cyan und Magenta, daher die Bezeichnung CMY-Farbsystem) nimmt einen bestimmten Teil des einfallenden Lichtes fort und trägt somit durch Verminderung der Intensität bestimmter Wellenlängen zum Farbeindruck bei. Die subtraktive Farbmischung folgt den Mischungsgesetzen Gelb + Blau = Grün etc. Auf einem Kreis werden gleichmäßig die subtraktiven Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb verteilt, man erhält einen Farbkreis, der ausschließlich die Grund- oder Primärfarben enthält. Je zwei benachbarte Grundfarben werden nun zu gleichen Teilen gemischt und liefern so drei weitere Farben, die nun Mischungs- oder Sekundärfarben sind (Bild zur Rechten). Werden wiederum je zwei benachbarte Farben zu gleichen Teilen gemischt, erhält man schrittweise weitere Farben, Tertiärfarben, Quartärfarben und so fort. Die Mischfarben folgen den bekannten Mischungsgesetzen: Gelb+Blau=Grün, Gelb+Rot=Orange, Blau+Rot=Violett. Beachte dabei, daß die tatsächlichen Primärfarben Cyan und Magenta von den "bekannteren" Grundfarben Rot (in der Schulpraxis meist Scharlach oder Reinrot) und Blau (häufig Ultramarin oder Kobaltblau) stark abweichen, diese sind vielmehr selber bereits zusammengesetzt und führen leicht zu Verwechslungen und "falschen" Mischungen! Der gelbe Farbton, der in der Schulmalerei verwendet wird, entspricht dem tatsächlichen Primärgelb.



#### e) Begriffe

- **Farbton (Hue)** wird von der jeweiligen Wellenlänge einer Farbe bestimmt. Der Farbton ist die Eigenschaft, welche bspw. gelb von grün unterscheidet.
- **Sättigung (S = Saturation)** Eine gesättigte Farbe reflektiert nur Licht von einer oder zweier drei Grundfarben. Das Hinzufügen der dritten Grundfarbe führt zur Entsättigung, d. h. zu weiß, grau oder schwarz.
- **Helligkeit (V = Value, L = Lightness)** oder Intensität, physikalische Leuchtstärke
- **Luminanz** Helligkeitswert, Leuchtdichte bzw. die Lichtintensität
- **Reinheit** Reine Farben sind die Farben 1., 2. und 3. Ordnung im Farbkreis und die Mischungsverhältnisse dieser. Sie sind ungetrübt, d. h. weder mit weiß, schwarz oder grau oder mit einer anderen Farbe gebrochen.
- **Gradation** ist die Tonwertabstufung (oder Kontrastbereich) eines Bildes
- **Grundfarben** Bei der additiven Farbmischung Blau, Rot, Grün. Bei der Subtraktiven
- **Farbmischung** Blau, Rot, Gelb. Im 4-Farbdruck (CMYK) Cyan, Magenta, Gelb, Schwarz. Sie werden auch als Primärfarben bezeichnet.
- **Primärfarben, Sekundärfarben, Tertiärfarben**
- **Das RGB-Farbmodell** Über die additive Farbmischung werden durch die 3 Grundfarben Rot, Grün und Blau alle Farben erzeugt. Im RGB Modell werden Ihre Werte je von 0 bis 1 festgelegt.  $R = G = B = 1$  ergibt Weiß.  $R = G = B = 0$  ergibt Schwarz. Grau erhält man, wenn alle 3 Werte gleich sind und zwischen 0 und 1 liegen. Monitore und Fernseher arbeiten nach diesem Prinzip. Mit einem Würfel kann man alle diese Werte darstellen. Die 3 Primärfarben und die 3 Sekundärfarben, sowie Schwarz und Weiß liegen an den Ecken (rot - grün - blau - cyan - magenta - gelb - schwarz - weiß) Das Problem am RGB-Farbmodell ist sich damit Farben vorzustellen, deshalb wurden andere Modelle entwickelt, die darauf basieren.
- **Das CMY(K)-Farbmodell** Im Gegensatz zu den Modellen mit der additiven Farbmischung liegt beim CMYK-

Modell die subtraktive Farbmischung zu Grunde, die Mischung von Körperfarben. CMYK wird maßgeblich beim Druck verwendet und entspricht den drei Grundfarben Cyan, Magenta, Yellow (Gelb) aus denen sich (fast) alle Farben mischen lassen. Zusätzlich für die Tiefe und mehr Kontrast ist das Schwarz hinzugekommen. Dieses Farbmodell läßt sich, wie das RGB-Modell, in einem Würfel darstellen, wobei den Ecken hier magenta, rot, gelb, grün, cyan, blau, schwarz und weiß zugeordnet sind. Die Lage ist anders zu denen des RGB-Würfels (siehe Abb. 1). C = M = Y = K = 100 % ist Schwarz, 0 % entsprechen dem weißen Papier. Im Druck wird daher auch gerne der sogenannte "Vier-Farb-Selektor" (Farbtafeln) zur Kontrolle verwendet. Wobei hier auf der X- und Y- Achse Cyan und Magenta liegen, Gelb wird dann in Prozentwerten komplett hinzugemischt, Schwarz folgt als zusätzliche Abtönung. Das CMYK-Modell beschreibt den kleinsten Farbraum.

- **Das Lab-Farbmodell** Lab umschließt den geräteunabhängigen Farbraum von RGB und CMYK in gleichen Abständen. L ist der Helligkeitskanal (Luminanz) und 2 Farbkanäle: a von Grün bis Rot, b von Blau bis Gelb. (Abb. 6). Lab trennt also die Helligkeits- und die Farbinformation. Im L-Kanal werden die Tonwertunterschiede und die Zeichnung abgebildet. a und b halten die Farbunterschiede fest. Photoshop bedient sich des Lab-Modells bspw. bei der Umwandlung von RGB nach CMYK.

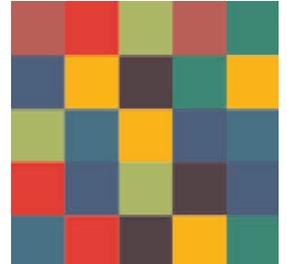
**e) Komplementäre Farben:** Eine Komplementärfarbe ist eine Farbe, die zu gleichen Teilen zu einer anderen Farbe gemischt, einen grauen Farbeindruck ergibt. Mit Hilfe des Farbkreises kann man einfach die Komplementärfarbe einer gegebenen Farbe herausfinden: man betrachtet die der fraglichen Farbe genau gegenüberliegende Farbe! Die drei folgenden Farbkreise zeigen die Komplementärfarbe zu Gelb (Blau), Orange (Cyan) und Grün (Violett). Komplementärkontrast

### f) Farbharmonie

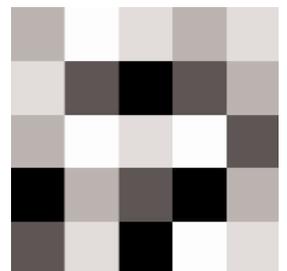
heißt Gleichgewicht, Symmetrie der Kräfte. Der Nachbild-Effekt im Auge: Das Auge fordert bzw. versucht durch die Komplementärfarbe wieder ein Gleichgewicht zu schaffen. Dies wird als Sukzessiv-Kontrast bezeichnet. Stellt man auf ein graues Quadrat auf eine farbige Fläche, so scheint das graue Quadrat in der Komplementärfarbe angetönt. Dies nennt man Simultan-Kontrast. Mittleres Grau erfordert kein Nachbild, es entspricht dem geforderten Gleichgewichtszustand des optischen Sinnes. Zwei oder mehrere Farben sind harmonisch, wenn Sie zusammengemischt ein neutrales Grau ergeben. Wichtig für die harmonische Farbkombination sind die Quantitätsverhältnisse der Farben: Gelb : Rot : Blau wie 3 : 6 : 8 (nach Goethe)

### g) die Farbkontraste

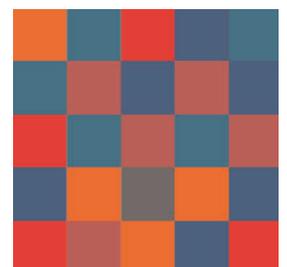
**1) Der Farbe-an-sich-Kontrast:** Alle Farben können ungetrübt in ihrer stärksten Leuchtkraft verwendet werden. Es sind mindestens drei klar voneinander abstehende Farben notwendig. Die Wirkung wird schwächer, so weiter man sich von den Farben 1. Ordnung entfernt. Durch Trennung mit schwarzen oder weißen Linien wird der Kontrast noch stärker, da ein Überstrahlung unterbunden wird. Außerdem können die Mengenverhältnisse verschoben werden oder schwarze und weiße Flächen hinzugefügt werden.



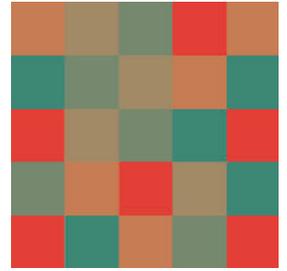
**2) Der Hell-Dunkel-Kontrast:** Die Farben Schwarz und Weiß sind das stärkste Ausdrucksmittel für Hell und Dunkel. Dazwischen liegen die Grautöne und die Farben. Neutrales Grau ist charakterlos, eine Nichtfarbe, aber sehr leicht durch Ton- und Farbkontraste beeinflussbar und erregbar. Dies geschieht subjektiv im Auge. Kalte Farben wirken durchsichtig, leicht und werden meist zu hell verwendet. Warme Farbtöne wirken undurchsichtig und werden häufig zu dunkel gewählt. Gleiche Helligkeiten machen Farben verwandt, durch gleiche Tonwerte werden sie zusammengefaßt. Grenzen unbunte Farben an Bunte gleicher Helligkeit so verlieren sie ihren unbunten Charakter (konstruktiv), soll dieser bewahrt werden müssen sie eine andere Helligkeit aufweisen (abstrakt). Gesättigte leuchtende Farben haben unterschiedliche Helligkeitswerte. Gelb ist sehr hell, es gibt kein dunkles leuchtendes Gelb. Blau ist sehr dunkel, Hellblau ist charakterlos, ohne Leuchtkraft. Rot leuchtet nur als dunkle Farbe, so hell wie Gelb hat es keine Leuchtkraft mehr. Gibt Gelb den Hauptcharakter an wird die Komposition eher hell. Sind es Blau und Rot ist sie eher dunkel. Eine Farbe mit Schwarz- oder Weissgehalt ist eine gebrochen oder getrübt Farbe.



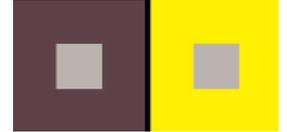
**3) Der Kalt-Warm-Kontrast:** Rotorange und Blaugrün sind die Pole des Kaltwarmkontrasts, die Farben dazwischen wirken bald kalt, bald warm, je nach ihrer Kontrastierung mit wärmeren oder kälteren Tönen. In der Landschaft wirkt Entfernteres immer kälter, der Kalt-Warm-Kontrast suggeriert somit nah und fern. Die Wirkung ist am stärksten, wenn man den Hell-Dunkel-Kontrast ausschaltet.



**4) Der Komplementär-Kontrast:** Komplementärfarben liegen sich im Farbkreis gegenüber. Miteinander gemischt ergeben sie grau (bzw. additiv weiß). Sie steigern sich gegenseitig zu höchster Leuchtkraft. Zerlegt man sie, stellt man fest, daß immer die drei Grundfarben (Gelb, Rot, Blau) in ihnen vorhanden sind. Sowohl Nachbild und Simultaneffekt fordern die Komplementärfarbe. Die Mischungstöne lassen sich gut als Vermittlungs- bzw. Ausgleichsfarben verwenden, da sie mit beiden Farben verwandt sind.



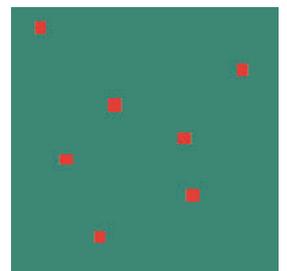
**5) Der Simultan-Kontrast:** Dies ist die Erscheinung im Auge, die zu einer Farbe immer gleich (simultan) die Komplementärfarbe verlangt, diese entsteht im Auge des Betrachters.. Dies beweist, daß die Farbharmonie die Erfüllung des Komplementärgesetzes in sich schließt. Die simultane Wirkung wird auch bei reinen Farben, welche nicht komplementär sein müssen, ausgelöst. Sie verlieren ihren realen Charakter und fangen an zu vibrieren, die Wirklichkeit ist dann nicht gleich der Wirkung. teilweise muß man dem Simultankontrast entgegenwirken, dies funktioniert indem man der Farbe (bei der der Effekt passiert) etwas entgegen mischt oder durch verschiedene Helligkeiten den Effekt unterdrückt. Um den Simultankontrast zu verstärken ändert man die Mengenverhältnisse der Farben.



**6) Der Quantitätskontrast:** Hierunter versteht man die Farbmengenverhältnisse/Größenverhältnisse von zwei oder mehr Farbflächen zueinander. Zwei Faktoren bestimmen die Wirkungskraft, die Leuchtkraft und die Flächengröße. Um den Lichtwert festzustellen muß man die Farben vor neutralem grauen Hintergrund vergleichen. Man stellt fest, daß die Lichtwerte verschieden sind. Goethe hat folgende Lichtwerte festgehalten:

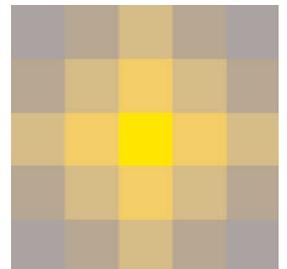
Gelb : Orange : Rot : Violett : Blau : Grün sind wie 9 : 8 : 6 : 3 : 4 : 6

Dies muß man jedoch individuell exakt mit dem Auge feststellen. Verwandelt man die Lichtwerte in Flächengrößen so müssen diese reziprok verwendet werden. Das drei mal stärkere Gelb braucht eine drei mal kleinere Fläche wie das Violett. Die harmonischen Flächengrößen sind also folgende 3 : 4 : 6 : 9 : 8 : 6. Ändert man die Leuchtkraft stimmen diese Faktoren nicht mehr. Gibt man einer Farbkomposition andere Mengenverhältnisse als die harmonischen erzielt man eine expressive Wirkung.



**7) Der Qualitäts-Kontrast** Unter Farbqualität versteht man den Reinheits- und Sättigungsgrad von Farben. Qualitäts-Kontrast ist der Gegensatz von leuchtenden zu stumpfen, getrübbten Farben. Die Farben mit der größten Leuchtkraft sind die prismatischen Farben. Es gibt die 4 folgenden Möglichkeiten:

- brechen mit weiß, dadurch wird der Farbcharakter kälter
- brechen mit schwarz, dadurch geht der strahlende Charakter verloren, die Farben wirken fahl und gelähmt
- brechen mit grau, die Farben werden neutralisiert und blind. Sie werden heller oder dunkler, in jedem Fall aber trüber
- beimischen der Komplementärfarbe, die Tonwerte liegen dann zwischen den zwei Farben um den Qualitäts-Kontrast voll auszuschöpfen muß die jeweilige Farbe in ihrer eigenen Trübung stehen.



### g) Räumliche Wirkung der Farben

Wenn man die 6 Farben 1. und 2. Ordnung auf einen schwarzen Hintergrund stellt, springt gelb nach vorne und violett verschwindet nach hinten. Die anderen Farben verteilen sich dazwischen. Auf weißem Grund verhält es sich umgekehrt. Diese Wirkungen der Tiefenstufen entsprechen dem goldenen Schnitt. (Strecke A-C--B) AC zu CB verhält sich wie CB zu AB. (Der kleine Abschnitt verhält sich zum großen, wie der Große zur gesamten Strecke.) Bei Kalt-Warm treten die warmen Töne nach vorne.

weitere Informationen im Internet

- <http://www.beta45.de/farbcodes/>
- <http://www.2k-software.de/ingo/farbe/farbchemie.html>
- <http://www.farbe.com/>
- <http://www.farbenlehre.com/>
- <http://www.colorsystm.com/grundlagen/aad.htm>
- <http://www.isburg.ch/a/bg/skript/elord/e33farblehr.htm>