

Die Reproduktion von Helligkeit und Farbe

Grundlagen der Reproduktion

Nachdem wir nun wissen, nach welchen Gesetzmäßigkeiten unser visuelles System Farbeindrücke konstruiert, fällt es Ihnen sicher leicht zu sagen, wie wir sie technisch erzeugen und reproduzieren können, oder? Genau, indem wir einen Wellenlängenreiz erzeugen, der die Photorezeptoren in genau demselben Maß reizt, wie das Original. In Bezug auf die Reproduktion von Farbeindrücken ist es eine wundervolle Sache, daß unser visuelles System spektral unterschiedlich zusammengesetzte Reize als gleich, interpretiert. Andernfalls wäre es zum Beispiel unmöglich ein Photo von Ihren Händen zu machen auf dem Sie diese als solche erkennen, denn der Farbstoffindustrie ist es (glücklicherweise) nicht möglich, Haut in ihren Produkten zu verwenden! Und nur so können wir eine große Farbpalette mit nur drei Grundfarben reproduzieren. Computermonitore erzeugen mit einem jeweils roten, grünen und blauen Bildpunkt satte 16,7 Millionen Farben. Wäre es unserem Wahrnehmungsapparat nicht egal, ob beispielsweise der Farbeindruck Gelb durch einen einzelnen Bildpunkt oder die Kom-

bination des grünen und des roten Bildpunkts zustande kommt, könnten wir die Idee von preiswerten Monitoren auf jedem Schreibtisch glatt beerdigen. Filme und digitale Bildträger arbeiten, wie wir im Abschnitt „Helligkeit und Farbe in der Photographie“ noch genau sehen werden, mit ebenfalls nur drei Grundfarben. Nicht auszudenken, welche Nachteile es für die Schärfe eines Dias hätte, wenn seine Emulsion konstruktiv bedingt eine größere Schichtanzahl aufweisen müsste. Den notwendigen identischen Wellenlängenreiz können wir erzeugen, indem wir verschiedene Wellenlängenbereiche mischen (additive Mischung) oder einem reflektierten Spektrum bestimmte Teile entziehen (subtraktive Mischung).

Die additive Mischung

Bei der additiven Mischung ergänzen sich mehrere spektrale Bestandteile des **Lichts** zu etwas Neuem. Sie begegnet uns ganz praktisch, wenn das vom Himmel reflektierte Tageslicht und das eher rötliche Licht der künstlichen Raumbeleuchtung auf der weißen Seite dieses Buches zusammentreffen und unsere Augen als neuer Farbreiz erreichen. Bei Theatervorstellungen und anderen Bühnenshows wird die-



Abb. 29: Additive Farbmischung

Additive Farbmischung von Lichtfarben.

Die RGB-Farben Rot, Grün und Blau mischen sich zu Weiß. Blau und Rot zu Magenta, Blau und Grün zu Cyan, Grün und Rot zu Gelb. Die Farben addieren sich und die Helligkeiten nehmen zu.

se **direkte Mischung** mit Hilfe von farbigen Scheinwerfern nachgeahmt. Eine andere Art verschiedenfarbige Lichter zu kombinieren ist die **partitative Mischung**. Hier werden Lichtquellen, die so klein sind, daß wir sie nicht als getrennt wahrnehmen können, unmittelbar nebeneinander platziert. Dies findet beim Farbfernsehen und dem Computermonitor statt, wo drei Elektronenröhren durch eine Punktmaske auf unterschiedliche Punkte der Bildröhre feuern und dort drei verschiedene Phosphorarten zum Leuchten bringen. Jeder dieser Leuchtpunkte produziert dann Licht in einer der additiven Grundfarben. Weil die drei entstehenden Einzelbilder so nah beieinander liegen, nehmen wir sie als vollfarbiges neues Bild wahr.

Partitative Mischung wurde auch von den Malern des Pointillismus verwendet. Sie bauten ihre Bilder aus winzigen verschiedenfarbigen Punkten auf. Mit dem Vergrößerungsglas sind diese Farbkleckse deutlich zu unterscheiden, aber aus einem Meter Entfernung verschwimmen sie zu einheitlichen Farbflächen.

Die **additive Mischung** von Licht basiert der Young-Helmholzschens Dreifarben Theorie folgend auf den Grundfarben **Rot**, **Grün** und **Blau**, mit denen sich ein Großteil der von uns Menschen wahrnehmbaren Farben mischen läßt. Sie folgt den nachstehenden Regeln:

Rot + Grün = Gelb

Rot + Blau = Magenta

Grün + Blau = Cyan

Rot + Grün + Blau = Weiß

Die subtraktive Mischung

Die subtraktive Mischung beschreibt umgekehrt das Verhalten von **Körperfarben**, also Farbstoffen und Pigmenten, die einem einfallenden Spektrum Anteile entziehen. Die löslichen **Farbstoffe** erzeugen subtraktive Farbeindrücke, indem sie die Lichtenergie bestimmter Wellenlängenbereiche zunächst

Die Reproduktion von Helligkeit und Farbe

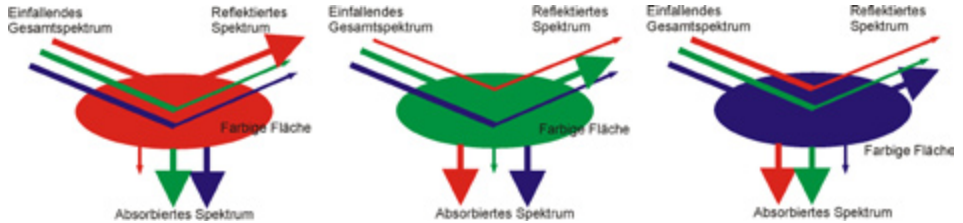


Abb. 30: Farbe und Absorption
Entstehung unterschiedlicher Farben durch Absorption

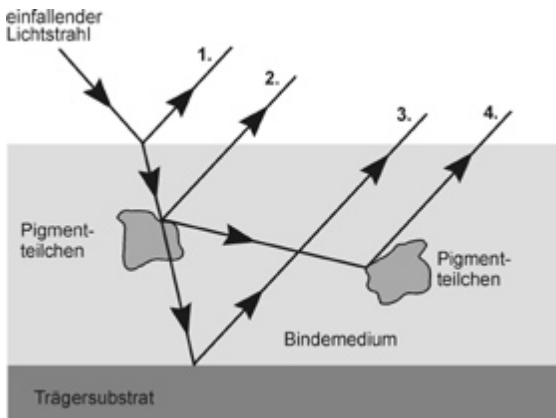


Abb. 31: Lichtstreuung an Partikeln
1. Teil des Lichts der an der Oberfläche des Bindemediums reflektiert wird.
2. Teil des Lichts der nach einmaliger Streuung zurückgeworfen wird.
3. Teil des Lichts der am Trägersubstrat reflektiert wird.
4. Teil des Lichts der nach zwei- oder mehrmaliger Streuung zurückgeworfen wird.
Je nach Organisation der Pigmente können alle oder nur manche dieser Möglichkeiten vorkommen.

in molekulare Schwingungsenergie und diese dann wiederum durch Reibung in Wärme verwandeln und abstrahlen. Sie werden häufig für das Färben von Textilien verwendet. **Pigmente** begegnen uns hingegen in ungelöster kristalliner Form. Diese Teilchenstruktur in Größen zwischen 1/500 und 1/2000 Millimeter wirkt, indem sie die eintreffenden Lichtwellen streut. Kunststofffolien werden beispielsweise mit Pigmenten gefärbt.

Der Effekt ist in jedem Fall derselbe: Ein für uns farbiger Körper remittiert nicht mehr das ganze Spektrum von Blau bis Rot, sondern die Farbstoffe entziehen ihm einen oder mehrere Teile. Blaue Malfarbe ist also blau, weil sie die Wellenlängen des gelben, orangenen und roten Bereichs absorbiert und nur Blau und etwas Grün reflektiert. Analog sieht es bei roter Farbe aus, die Blau und Grün absorbiert und nur Rot und etwas Gelb reflektiert.



Abb. 32: Subtraktive Farbmischung
Die CMY-Farben Cyan, Magenta und Yellow mischen sich zu Schwarz. Cyan und Yellow zu Grün, Cyan und Magenta zu Blau, Magenta und Yellow zu Rot. Farbanteile werden absorbiert und die Helligkeit nimmt ab. In der Praxis findet das CMYK-Modell Verwendung. K steht dabei für Black, denn ein reiner CMY-Druck hätte kein wirklich tiefes Schwarz, weswegen es zugesetzt wird.

Da die Photorezeptoren in unseren Augen ja, wie wir gesehen haben, ihre Empfindlichkeitsmaxima im blauen, grünen und roten Bereich des Spektrums aufweisen, stützt sich die subtraktive Mischung auf die Grundfarben **Cyan, Magenta und Yellow**, um eine möglichst optimale Reizung hervorzurufen. Ihre Mischung führt zu den folgenden Ergebnissen:

Cyan + Magenta = Blau
Magenta + Gelb = Rot
Cyan + Gelb = Grün
Cyan + Magenta + Gelb = Schwarz
Weiß ist die Abwesenheit jedes Farbstoffs

Die Beziehung zwischen den Grundfarben beider Modelle

Die Regeln der additiven- und der subtraktiven Farbmischung sind nur die halbe Miete, denn ihre Grundfarben stehen in einer weiteren spannenden Beziehung zueinander: Jede Grundfarbe des einen Systems besitzt eine Komplementärfarbe (lat. *Complementum* = Ergänzung) des anderen, die sich im Farbkreis gegenüberstehen und die sich in der additiven Mischung zu Weiß, in der subtraktiven Mischung dagegen zu Schwarz ergänzen.

Rot + Cyan = Weiß
Grün + Magenta = Weiß
Blau + Gelb = Weiß

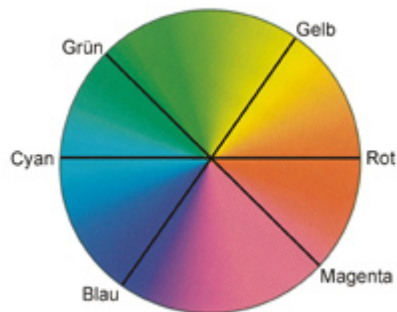


Abb. 33: Farbenrad

Die Reproduktion von Helligkeit und Farbe

In diesen Paarungen erkennen wir die direkten Auswirkungen des Gegenfarbenmechanismus: Rot + Cyan, Grün + Magenta sowie Blau + Gelb ergänzen sich zu Weiß, weil die Aktivität im Rot-Grün- bzw. Blau-Gelb-Gegenfarbkanal ausgeglichen ist. Aus demselben Grund gilt dies für alle anderen analog vorkommenden Kombinationen.

Rot + Cyan = Schwarz
Grün + Magenta = Schwarz
Blau + Yellow = Schwarz

Darüber hinaus kann jede der additiven Grundfarben aus ihren zwei subtraktiven Pendants aufgebaut werden, die sich im Farbkreis nicht gegenüberliegen. Das gleiche gilt für die subtraktiven Grundfarben.

Blau + Grün = Cyan
Rot + Grün = Yellow
Blau + Rot = Magenta

Magenta + Yellow = Rot
Cyan + Yellow = Grün
Cyan + Magenta = Blau

Zu viele Farbnamen auf einmal?
– Kein Problem, mit einer Eselsbrücke können Sie sich die im Farbkreis gegenüberliegenden Farben leicht merken. Behalten Sie dazu bloß die

Paarungen RGB und CMY im Kopf. Die erste Farbe in RGB – Rot – ist die Komplementärfarbe zur ersten Farbe in CMY – Cyan – und so weiter.