Andreas Schildhauer

Über die Analogie von Farbe und Raum

Modell eines empfindungslogischen Farbensystems

Andreas Schildhauer
Hohe Str.44
01187 Dresden
2013

Mit dieser Abhandlung soll sich eine neue Sichtweise auf unsere Fähigkeit zum Farbensehen eröffnen. In der heutigen Farbenlehre gibt es eine Vielzahl gegensätzlicher Annahmen, Herleitungen und Systemdarstellungen, die teilweise in missverständlicher Form didaktisch vermittelt werden.
Keine Theorie vermag dabei zu erklären, was die spezifischen Farbenwahrnehmungen als optische Differenzierungen beinhalten. Wir wissen bislang nicht, was Farbe als Sinneswahrnehmung bedeutet.

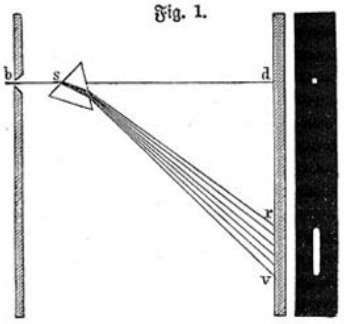
John Gage formulierte 1993 den Schlusssatz seiner opulenten „Kulturgeschichte der Farben“ wie folgt: *„Das Bemühen um ein Verständnis des Wesens der Farbe, sei es das physikalische oder das psychologische, und die Nutzbarmachung dieses Verständnisses für die farbige Ausgestaltung unserer Umgebung war das zentrale Thema des vorliegenden Buches. Es ist ein Ziel, das wir immer noch vor uns haben.“*
Das Bemühen um ein Verständnis des Wesens der Farbe ist das grundlegende Anliegen dieser Abhandlung. Das hier vorgestellte Modell vereinigt bisher widersprüchliche Herleitungen in einem versachlichten Systemzusammenhang der Farben. Das Wesen der Farben wird dabei so erklärt, dass eine direkte Verbindung von reiner Farbenempfindung mit der realen Physik formuliert wird.
Aus der Gesamtheit der Annahmen definiert sich ein Modell, dass die wahrnehmbaren Phänomene auf einen gemeinsamen Grundzusammenhang zurückführt. Dieser begründet sich aus dem ursächlichen Raumbezug der Farbenwahrnehmung.

Inhalt

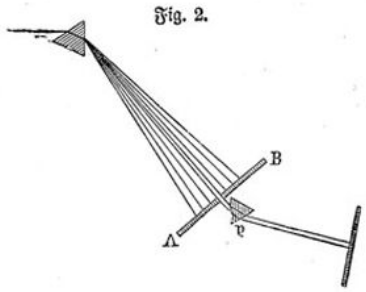
	Seite
Einführung	3
Zu den Kantenspektren reiner Farbflächen	15
These vom Raumbezug der Dispersion	29
Licht, Farbe, Raum und Lebensraum	39
Zur Raumwirkung der Farben	46
Farbe und Form im Raumkontext	60
Rekapitulation theoretischer Aussagen zum Raumbezug der Farbe	69
Sinneszellen und Farbensystematik	70
Zur Gesetzmäßigkeit der Farbenmischung	77

Einführung

Sichtbares Licht und sichtbare Farben kommen erst zustande, nachdem elektromagnetische Energie mit Materie in Wechselwirkung getreten ist. Wir sehen von der atomaren Struktur des Umfeldes emittierte Energiequanten als Licht und Farben.
Welche Eigenschaften dieses Licht hat, wird heute in der so genannten „Doppelnatur des Lichtes“ beschrieben, weil dem Licht sowohl Welleneigenschaften, als auch Teilcheneigenschaften zugeschrieben werden. Das Licht wird heute als eine Welle oder ein Teilchen (Photonen) verstanden. Die Photonen werden als Teilchen so interpretiert, dass sie ohne Ausdehnung sind. Sie besitzen weder Ladung noch Masse.
Welle oder Teilchen sind nur verschiedene Bilder, die wir benötigen, um die nachweisbaren Eigenschaften des Lichts zu beschreiben.
Christian Huygens (1629-1695) gilt als Begründer der Wellentheorie des Lichtes. Diese Theorie beruht im Wesentlichen auf einer weitgehenden Analogie des Lichtes mit den Schallwellen. Huygens geht
von einer endlichen Lichtgeschwindigkeit aus, die der dänische Astronom Ole Römer (1644-1710) ermittelt hatte. Die Lichtwellen sollten nach Huygens Wellen im Äther sein, wobei als Äther der Raum an sich gemeint ist.
Isaac Newton (1643-1727) nahm zuerst auch die Existenz eines Äthers an, postulierte später aber einen leeren Raum. Das Licht betrachtete er als einen sehr feinen, von der Lichtquelle emittierten Stoff, der sich durch den sonst leeren Raum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Den Zusammenhang von Licht und sichtbaren Farben beschrieb Newton in seinem 1704 erschienenen Werk „Optics“. Die Entstehung der Spektralfarben leitete er dabei bekanntlich aus einer heterogenen Eigenschaft des Lichtes und der Zerlegbarkeit des Lichtes über das Prisma ab. Newton schlussfolgerte eine Zusammensetzung des Lichtes aus Bestandteilen, also eine Heterogenität des Lichtes, die bei der Lichtbrechung in Gestalt von Farben für uns sichtbar wird. Er forderte auch die ursächliche Entsprechung jeder sichtbaren Spektralfarbe mit einem speziell gebrochenen Lichtbestandteil.
Newton erläuterte dann in seinem „Experimentum Crucis“ die Führung einzelner Spektralfarben (die er über das erste Prisma erzeugt hatte) durch ein zweites Prisma. Dabei erfolgt nach Newton eine unterschiedliche Brechung je nach Farbe. Die Farbe an sich soll hierbei unverändert bleiben. Newton beobachtete also folgendes: Separiert man einen der durch das erste Prisma erzeugten Lichtbereiche und führt diesen wieder durch ein Prisma, verändert sich die Farbenerscheinung nicht mehr. Gerade diese Beobachtung bestärkte Newton in der Annahme, die Spektralfarben des ersten Prismenexperimentes zeigen Grundbestandteile des Lichtes und damit reine Spektralfarben.



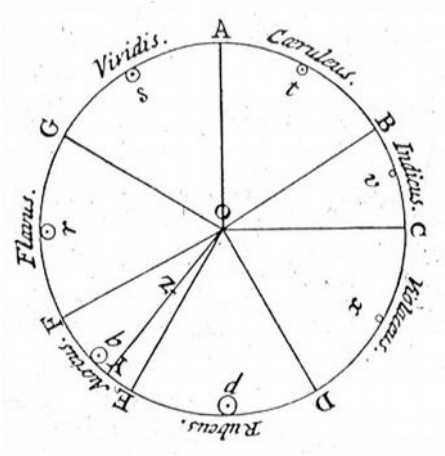
Entstehung des Spektrums.



Unzerlegbarkeit der Farben des Spektrums.

Um die These der Zusammensetzung des Lichtes zu bekräftigen, führte Newton in einem weiteren Versuch vor, dass die entstandenen Spektralfarben durch das Hinzusetzen von Linsen wieder zusammengeführt und damit die unterschiedlich gebrochenen Lichtbereiche wieder gebündelt werden können. Nach Newton bedeutet diese Bündelung eine Vereinigung der vorher separierten Spektralfarben, wodurch wieder das ursprüngliche weiße Licht entsteht.
Er schreibt in "Optics", Prop. V, Lehrsatz 4.: *„Weiss und alle grauen Farben zwischen Weiss und Schwarz können aus Farben zusammengesetzt werden; das Weiss des Sonnenlichts besteht aus primären Farben, die in passendem Verhältnis gemischt sind.“*
Die Versuche Newtons werden in der Lehre bis heute als Beweis dafür angeführt, dass sich bei der Lichtbrechung durch ein Prisma die von uns als Farben sichtbare Heterogenität des Lichtes offenbart.

Es gibt objektive Hinweise darauf, dass die beschriebenen prismatischen Untersuchungen nicht als „finale Experimente“ gelten können, sondern nur einen Teil des Systems offenbaren. Das zeigt im Grunde schon die Farbe Magenta, die aus wellentheoretischer Sicht keine reine „Spektralfarbe“ sein kann und völlig unbefriedigend erklärt wird.
Die Besonderheit von Magenta war Newton zwar nicht entgangen, aber die systematische Bedeutung der Zusammenführung der beiden Enden seines Spektrums, die er selbst bereits grafisch nachvollzogen hatte (siehe folgende Abbildung), konnte er nicht entscheidend deuten.



Isaac Newton, Opticks (London, 1704) Bk. 1, pt. 2, plate III, fig. 11

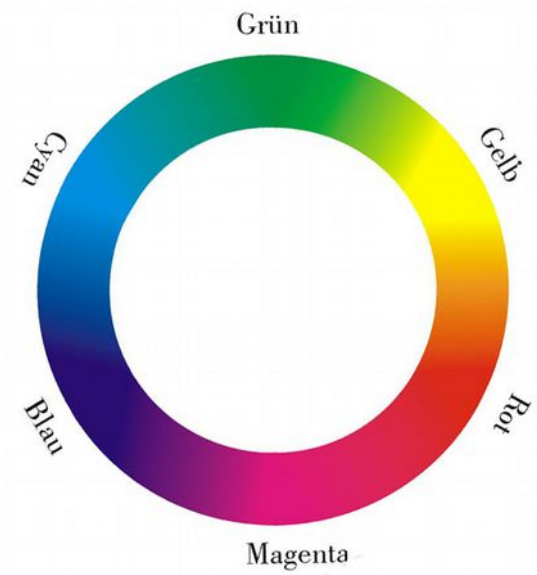
Obwohl Newton also begriff, dass das System der Farben in sich geschlossen sein müsste, blieb er bei seiner These der Aufspaltung in Lichtbestandteile, die praktisch an das linear begrenzte Spektrum gebunden bleibt.
Bis heute gilt Magenta nicht als reine Spektralfarbe, weil ihr keine farbtongleiche Wellenlänge entspricht. Magenta gilt deshalb als „unreine Farbe“.
Prof. Ernst-Peter Fischer in „Die Wege der Farben“: *„Die Lücke zwischen dem Roten und dem Violetten bzw. Blauen stellt das Purpur dar, das sich von den anderen Farben des Spektrums dadurch unterscheidet, dass es nicht rein ist, das heißt, dass es nicht durch eine einer einzigen Wellenlänge entsprechenden Farbe allein charakterisiert und bestimmt werden kann.“*
(E. P. Fischer "Die Wege der Farben", S. 55, Regenbogenverlag, Konstanz 1994)

Projektionsbild beim Prisma (offenes Spektrum) ohne sichtbares Magenta:

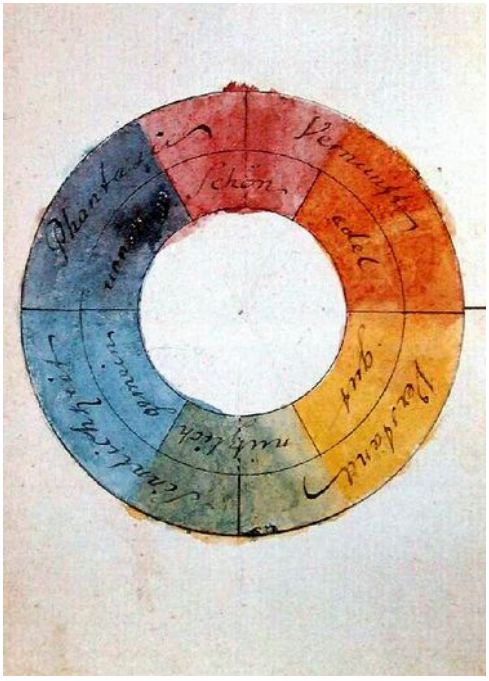
Es wird sich im Verlauf der weiteren Auseinandersetzung zeigen, dass die diametrale Gleichsetzung von Wellenlängenbereich und Farbempfindung nicht kausal ist. Newtons Schlussfolgerungen reduzieren aber die Sichtbarkeit von Farben auf dieses einfache Prinzip. Er beschreibt im Grunde ein direktes Prinzip von „Ursache und Wirkung“, dass in dieser Form nicht zutrifft.
Newton selbst äußerte sich an anderer Stelle dazu wie folgt:
„Und wenn ich einmal von Lichtstrahlen als farbigen oder gefärbten Strahlen spreche, so ist dies nicht wissenschaftlich oder im strengsten Sinne zu verstehen, sondern als gewöhnlicher, volkstümlicher Ausdruck, entsprechend der Vorstellung, die sich das gemeine Volk beim Anblick dieser Versuche bilden würde. Denn streng genommen sind die Strahlen nicht gefärbt; in ihnen liegt nichts als eine gewisse Kraft und Fähigkeit, die Empfindung dieser oder jener Farbe zu erregen.“ (Newton "Optics")

Wenn man das Newtonspektrum zu einem Kreis schließen will, benötigt man Magenta, welches nicht im Newtonspektrum sichtbar ist.

geschlossenes Spektrum mit Magenta:

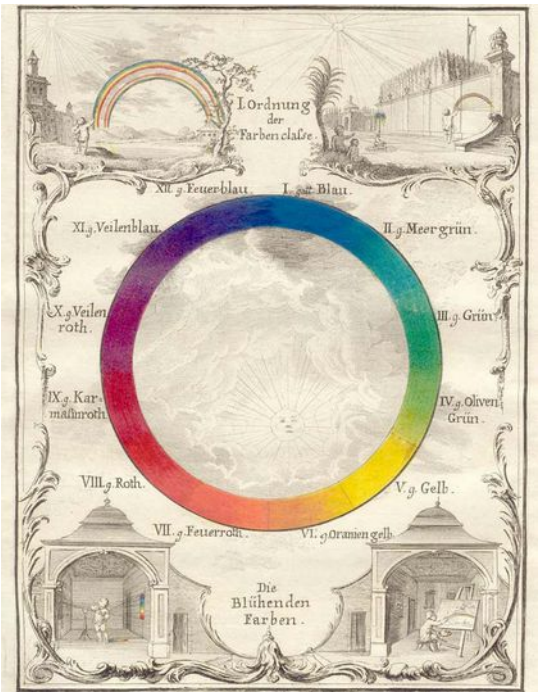


Hier kann man sich die grundlegende Frage stellen, ob das Abbild einer begrenzten Lichtprojektion, das über einen Glaskörper entsteht, überhaupt den Zusammenhang der Farbensystematik umfassend sichtbar machen kann. Wie sich im Anschluss zeigen wird, kann die klassische Herleitung der Farbe Magenta, als nicht den reinen Spektralfarben zugehörende Zusammensetzung, nicht zutreffen.
Für eine in sich geschlossene Farbensystematik spricht auch der noch an anderer Stelle näher erläuterte Zusammenhang von Farbenerscheinung und Sinneszellen. Deren Empfindlichkeitsbereiche deuten direkt auf die vorher beschriebene geschlossene Farbensystematik hin.
Prof. Ernst-Peter Fischer: *„Das Opsin, das für das „rote“ Licht zuständig ist, ist so konstruiert, dass es sich zusätzlich auch ein wenig von den kurzwelligen Photonen schnappen kann. Mit diesem raffinierten Kunststück gelingt es dem Auge, das eine Ende des Spektrums mit dem anderen zu verbinden.“* (E. P. Fischer "Die Wege der Farben", S. 55, Regenbogenverlag, Konstanz 1994)
Die übliche Zuordnung über das Newtonspektrum ist offensichtlich keine ausreichende Basis für eine hintergründige Herleitung der Farbensystematik und ihrer Funktion.
Bereits Goethe wies in seiner Farbenlehre deutlich darauf hin, dass sich die Systematik der Farben erst über das Magenta (das er „Purpur“ nannte) schließt, diese Farbe aber gar nicht über den klassischen Prismenversuch Newtons erzeugt wird.

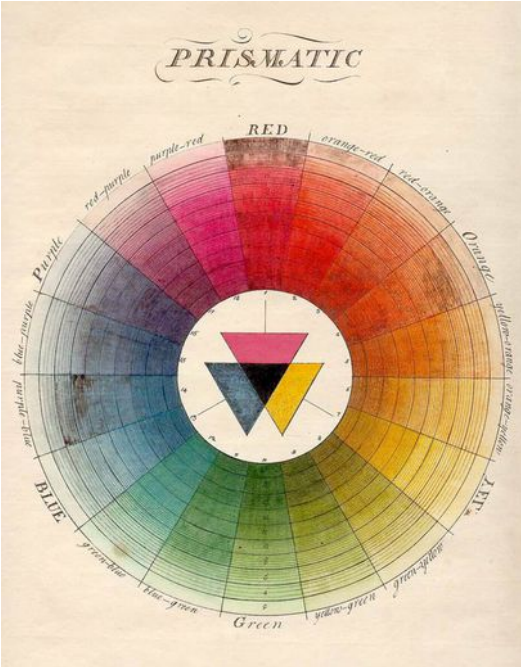


Johann Wolfgang von Goethe, Farbenkreis (1809)

Es lassen sich im historischen Rückblick eine Vielzahl geschlossener Systemdarstellungen finden, die zwei oder auch dreidimensionale „Farbräume“ konstruieren.

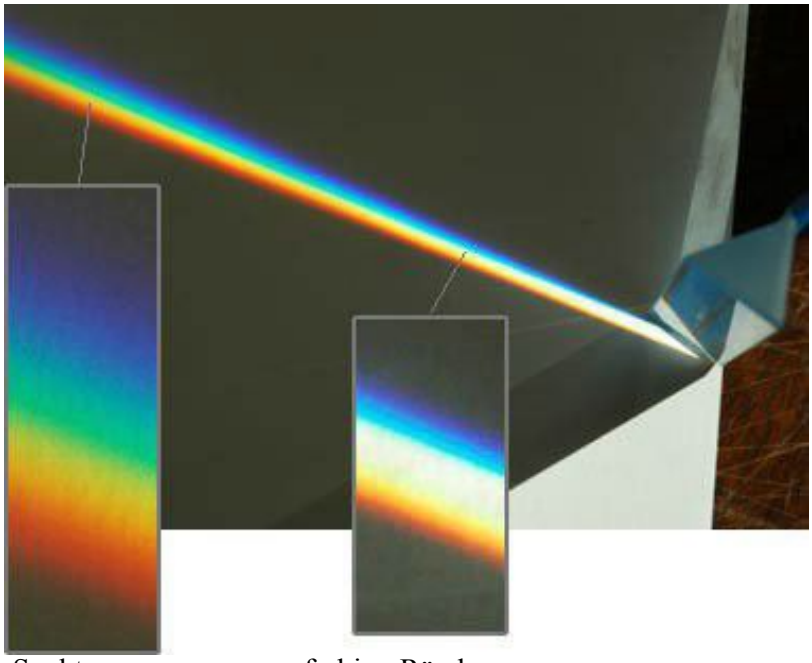


Ignaz Schiffermüller, Versuch eines Farbensystems (Vienna, 1772)



Moses Harris, The Natural System of Colours (London, 1766)

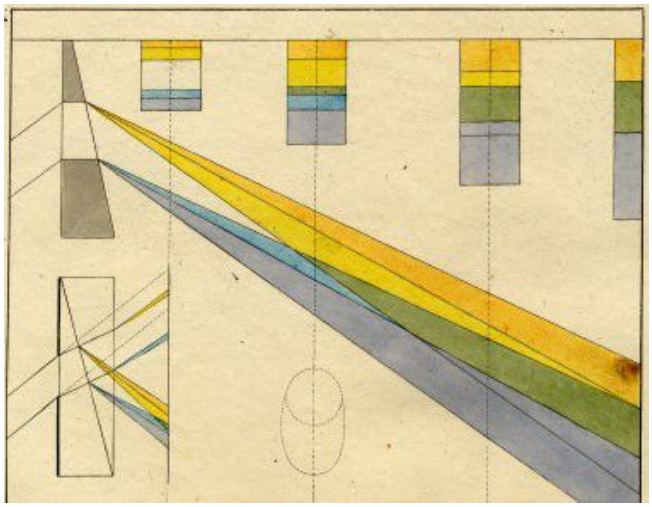
Ein anderer Aspekt, der bis heute widersprüchlich gedeutet wird, ist die "Weiße Mitte" bei der klassischen Prismenprojektion. Bei der Lichtbrechung durch ein Prisma ist spätestens seit den Versuchen von Goethe der Sachverhalt umstritten, dass sich die durchgehende Fläche des Farbenspektrums erst bei einem weiteren Projektionsabstand zeigt. Setzt man das Prisma näher an die Projektionsfläche, zeigen sich im erzeugten Projektionsbild nur in den Randbereichen gelbrote oder cyanblaue Farbtöne. Die Mitte des Projektionsbildes, in der sich im Newtonspektrum das Grün befindet, bleibt hingegen hell bzw. weiß. Wenn man selber einen Prismenversuch unternimmt, erkennt man deutlich, dass bei einem geringen Projektionsabstand nur farbige Ränder sichtbar sind, die sich über einen weiteren Projektionsabstand zur Mitte hin „ziehen“ lassen, bis sich das Spektrum schließt. Dann erst wird auch das Grün sichtbar.



Spektrum farbige Ränder

Quelle: Bruce McEvoy, http://www.handprint.com/HP/WCL/goethe.html

Dieses spektrale Grün ist nach Goethes Schlussfolgerungen eine Erscheinung, die erst durch die Überlagerung der unterschiedlichen Randfarben in der Mitte der Projektion erzeugt wird.



Goethe „Farbenlehre“, Tafel V

Newton hingegen erklärte die weiße Mitte dadurch, dass sich im Bereich kurzer Projektionsabstände die unterschiedlich gebrochenen Lichtbereiche überlagern und im mittleren Bereich zum Weiß bündeln. Es sollen sich hier demnach die Spektralbereiche entsprechend seinem Lehrsatz 4 überlagern und „weißes Licht“ bilden. Prop. V. Lehrsatz 4.: *„Weiss und alle grauen Farben zwischen Weiss und Schwarz können aus Farben zusammengesetzt werden; das Weiss des Sonnenlichts besteht aus primären Farben, die in passendem Verhältnis gemischt sind.“*
Das Besondere an Newtons Herleitungen ist der Standpunkt, dass die sichtbaren Farben direkt mit bestimmten Lichtbereichen (einzelnen Frequenzen bzw. Wellenlängen) gleichgesetzt und mit "Lichtbestandteilen" assoziiert werden. Dieses Bild der Gleichsetzung von Farbenerscheinungen und Wellenlängenbereichen hat sich bis in die heutige Zeit im Allgemeinwissen verfestigt.

Die konträren Annahmen von Goethe und Newton werden u.a. in dem Buch „Zur Wissenschafts- theorie der Farbenlehre – Aufgaben, Texte, Lösungen“ von Timm Lampert untersucht und auf ihre Kausalität geprüft. Dabei kommt Lampert zu folgendem Schluss: “Newton erwähnt in der Schilderung seines Experimentum Crucis eine derartige weisse Mitte nicht. Bei der Replikation seines Experiments sieht man allerdings, dass auf dem ersten Schirm mit Loch eine weisse Mitte sichtbar ist. Newton hat dies auch nie geleugnet. Beiläufig geht er auf das Phänomen der weissen Mitte an anderer Stelle ein. Goethe maß demgegenüber der weissen Mitte eine grundlegende Bedeutung zu, und meinte, Newtons ganze Lehre falle zusammen, wenn man dieses Phänomen gebührend berücksichtige. Newton kann die weiße Mitte durch Überlagerung verschiedener Lichtstrahlen erklären. Newtons Erklärung ist der Goethes vorzuziehen, denn mit ihr kann er die unterschiedliche Brechung der Lichtstrahlen von Spektralfarben erklären. Dies kann Goethe nicht.“ ("Zur Wissenschafttheorie der Farbenlehre", S. 110, Bern Studies for the History an Philosophy of Sience, 2000)

Neben den unterschiedlichen Herleitungen der Farben Magenta und Grün sind also auch die Auffassungen vom sichtbaren „Weißen Licht“ völlig unterschiedlich. Goethe sah das Weiß nicht als Produkt der Bündelung aller Farben oder Lichtbestandteile. Newtons Annahmen bauen jedoch, trotz der genannten Relativität, formelhaft darauf auf. Sein entsprechendes „Experimentum Crucis“ und dessen Schlussfolgerungen werden in der klassischen Lehre den Annahmen Goethes vorgezogen.
Ein Gleichnis in den unterschiedlichen Annahmen besteht in der Beschreibung einer Art Gliederung der Farbenerscheinungen, die Newton und auch Goethe prinzipiell sehen. Was diese Gliederung beinhaltet und wodurch sie zustande kommt, erklären beide völlig unterschiedlich.

Das klassische Lichtfarbenspektrum ist eine optisch flache und begrenzte Projektion.

Beharrt man auf dieser Projektion als ursächliches Abbild, und bezieht man den sichtbaren Farbenverlauf auf die Abfolge von Wellenlängen des Lichtes, gewinnt man den Eindruck, die Differenzierung/Gliederung in Farben entwickelt sich über Quantitäten. Die Lichtanteile werden dabei in ihrem Energiegehalt, der sich in der jeweiligen Frequenz ausdrückt, unterschieden.
Die Spektralfarben müssten somit einer Art mengenmäßiger Abstufung entsprechen.
Wenn das zuträfe, reichen für deren Unterscheidung eigentlich schon zwei Hauptfarbwerte und deren Nuancierungen aus. Eine solche Differenzierung verliefe dann „polar“, würde sich also aus zwei gegensätzlichen Werten (Minimalwert und Maximalwert der Frequenz) und deren Abstufungen ergeben. Jeder Wert stünde dann für einen messbaren Energiewert. Für eine Visualisierung reicht hier aber schon eine einfache Graureihe aus, in der jeder Grauwert für eine Frequenz stehen könnte.

Weil das Buntfarbensystem aber über mehr als nur zwei Grundwerte verfügt, ist eine solche Differenzierung gar nicht ohne Schwierigkeiten möglich. Wenn jede Farbempfindung nur für einen bestimmten Energiewert stünde, wäre das klare Unterscheiden in die optisch qualitativen Farbentypen (wie Gelb, Blau, Rot, Grün etc. etc.) im Grunde nebensächlich. Das ist das eigentliche Hauptproblem der Farbenlehre – wenn man Newton und der Physik folgt, findet man keine Erklärung der unterschiedlichen Farbentypen. Die eigentlichen Farben werden über das physikalische Modell weder wesentlich erklärt noch ursprünglich hergeleitet.
E. Heimendahl schreibt hierzu im Buch „Licht und Farbe, Ordnung und Funktion der Farbwelt“ S. 20: *„So sagen verschiedene Lichtbrechungskoeffizienten, Wellenlängen oder Schwingungsfrequenzen als quantitative Größenmaße nichts darüber aus, wieso auf Gelb Rot folgt oder auf Blau Violett. Gäbe es nur die Reihe Gelb-Grün-Blau, so ließe sich schon eher ein Vergleich rechtfertigen.“*
Ein grundsätzliches Problem ist, dass in der Physik für die Farbenzuordnung Parameter eines Normlichtes genutzt werden, die für das praktische Farbensehen gar nicht relevant sind. Das wird an anderer Stelle mit der Beschreibung der Farbkonstanzbildung deutlich, die der Sehsinn gerade deshalb hervorbringen muss, weil in der Natur *keine* konstanten Normlichtsituationen vorliegen, sich der Sehsinn also praktisch nicht an solchen orientieren kann, die Farbenwahrnehmung folglich auch nicht darauf beruht.
Die vorrangig quantitativ definierten Farbenherleitungen der Physik geben also keine Erklärung, was sichtbare Farbe tatsächlich bedeutet. Der Zugang zu einer Lösung dieser Frage muss deshalb auch im qualitativen Hintergrund der Farbenempfindung und ihrer Wirkungsweise gesucht werden.
Die Farbenwirkung als Empfindung wird heute oft psychologisiert oder aus einem assoziativen Aspekt heraus erklärt. Dass diese Empfindungen aber ursächlich einen direkten Bezug zum physikalisch real vorhandenen Umfeld aufbauen, wird dabei nicht ausreichend erkannt.
So erläutert man Farbenwirkungen oft über Kategorisierungen, wie z.B. „warme“ und „kalte“ Farben (Blau = Kälte, Rot = Wärme etc.), die aus dem rein assoziativen Ansatz formuliert werden. Zudem gibt es, spätestens seit dem Aufkommen des abstrakten Expressionismus und der Farbfeldmalerei in der Kunst, das Missverständnis, Farbenwirkungen seien als etwas grundsätzlich Subjektives anzusehen und damit ein Teil unserer persönlichen Psyche. Das widerspricht der Tatsache, dass jeder Normalsichtige Mensch die Farben in den gleichen qualitativen Grundtypen unterscheidet.
Es gibt psychologische Interpretationen und Untersuchungen, die die Wirkung von Farbe auf den Gemütszustand bzw. die Psyche beziehen. Die Auffassungen in der Psychologie gehen so weit, dass man sagt, Farben können eine Heilwirkung haben oder auch krank machen, regen den Organismus an (wie z.B. Rot) oder machen depressiv und lethargisch. Ganz ausschlaggebend ist hier, was wir bei einem bestimmten Farbeindruck fühlen und vor allem, wie lange wir diesem Farbeindruck optisch ausgesetzt sind. Erkenntnisse über psychosomatische Wirkungen der Farben werden in der medizinischen Farbentherapie angewendet.
Peter G. Richter, „Architekturpsychologie – eine Einführung“, S. 172: *„In Untersuchungen wurde festgestellt, dass sogar Patienten ohne Augenlicht Farbreize in farbigen Räumen spüren können. Durch bestimmte Farbtests können Ärzte Krankheitsdispositionen, vegetative Störungen und seelische Grundhaltungen erkennen. In der Farbtherapie geht man davon aus, dass spezielle Schwingungskräfte der Farben vom Körper aufgenommen werden und die Wiederherstellung des Wohlbefindens unterstützen.“*

Farbe ist primär eine optische Differenzierung über Sinnesempfindung, die der Mensch hervorbringt, um das physikalisch reale Umfeld für sich zu interpretieren.
Empfindungen sind nach LOTZE „Erscheinungen in uns, welche zwar die Folge von äußeren Reizen, aber nicht die Abbilder derselben sind.“ (Gr. D. Psychologie, §13)
Physiker tun sich gerade mit der Beantwortung der Frage schwer, was eine Sinnesempfindung bedeuten kann, wenn sie eben nicht nur eine bloße Abbildfunktion von Reizen beinhaltet. Eine weiter erklärbare Bedeutung, als das reine Abbild äußerer Reize (bei Farben das diametrale Abbild von Energiefrequenzen), wird in der physikalischen Lehre nicht formuliert.
Gerade das ist die Sinnesempfindung jedoch nicht. Nach E. DÜHRING hat z.B. jede Empfindung eine objektive Bedeutung (Wirklichkeitsph. S. 276 f.) Nach SCHUPPE heißt Empfinden „einen Bewusstseinsinhalt haben“ (Log., S. 34). BERGMANN sieht in der Empfindung das „letzte Element, welches die Analyse im wahrnehmenden Bewusstsein findet, insofern dasselbe auf die Außenwelt bezogen ist.“ (Grundlinien einer Theorie des Bewusstseins, S. 38)
Dagegen schreibt OSTWALD dem Empfinden, dem physikalischen Bild entsprechend, nur Unterschiede der Energiezustände gegen unsere Sinnesapparate zu.

Leider wird die Farbenwahrnehmung oft wie folgt differenziert:
reale Physik = Welle oder Teilchen (Photon)
Farbempfindung = chemisch-biologischer Prozess
Wirkung der Farbe = psychologisch-emotionale Wirkung

Hierbei wird die Farbenempfindung gar nicht als eine Sinnesempfindung eingestuft, bzw. diese als solche nicht verstanden. Die Empfindung wird reduziert auf den reinen Ablauf eines „chemisch-biomechanischen“ Prozesses innerhalb des Sehorgans. Dieser könnte aber auch stattfinden, ohne dass aus ihm eine Empfindung resultieren muss und ist daher keine ausreichende Erklärungsebene. Empfindungen sind Komponenten des *Vorstellungserlebnisses*, nicht dessen Gegenstände.
Zudem ist der Moment, wenn der als Farbe wahrnehmbare Empfindungswert im Sehsinn ausgelöst wird, bereits mit der Wirkung von Farbe gleichzusetzen. Die Farbe und ihre Wirkung bedingen sich logisch unmittelbar. Die Farbe wirkt als Sinnesempfindung.
Dieser unmittelbare Zusammenhang wird jedoch in der vorher genannten Unterscheidung von Empfindung und Wirkung unzulässig aufgelöst. Farbenwirkung wäre demnach gar keine Sinnesempfindung, sondern ein sekundärer psychologisch-emotionaler Aspekt ohne Konstanz seines Auftretens und seiner Bestimmbarkeit. Denn emotionale Inhalte können ganz individueller Art und an unterschiedlichste Situationen gebunden sein. Das trifft jedoch für die reine Farbenwirkung *nicht* zu. Sobald Farbe sichtbar ist, wirkt sie auch. Farbe ist erst sichtbar, wenn sie wirkt.
Farbenwirkungen sind also keine Emotionen. Sie haben in ihrer spezifischen Wirkungsfunktion als Sinnesempfindung des Sehsinns mit Emotionen überhaupt nichts zu tun. Sie wirken als Empfindungen. Die optisch zu empfindende Unterscheidung in bestimmte Farbentypen geht erst aus deren unterschiedlichen Wirkungsweisen hervor. Deshalb kann hier auch konkret von Wirkungsfunktion gesprochen werden.

Bei der Hinterfragung, wie die Farbe aus sich heraus auf mich wirkt, ist die optische Wirkungsweise der Farbe nicht emotional, sondern *empfindungslogisch* gemeint (Was empfinde ich wozu?).
Bei der Interpretation der Emotion wird aber hinterfragt, wie ein Farbeindruck auf meinen momentanen Selbstzustand wirkt.
Bereits Kant machte eine deutliche Trennung des Empfindens vom Fühlen, der Empfindung von der Emotion: *„Wenn eine Bestimmung des Gefühls der Lust oder Unlust Empfindung genannt wird, so bedeutet dieser Ausdruck etwas ganz anderes, als wenn ich eine Vorstellung einer Sache (durch Sinne, als eine zum Erkenntnis gehörige Receptivität) Empfindung nenne. Denn im letzteren Falle wird die Vorstellung auf das Object, im erstern aber lediglich auf das Subject bezogen...*
Die grüne Farbe der Wiesen gehört zur objectiven Empfindung, als Wahrnehmung eines Gegenstandes des Sinnes“ (Kr. d. Urt., § 3).

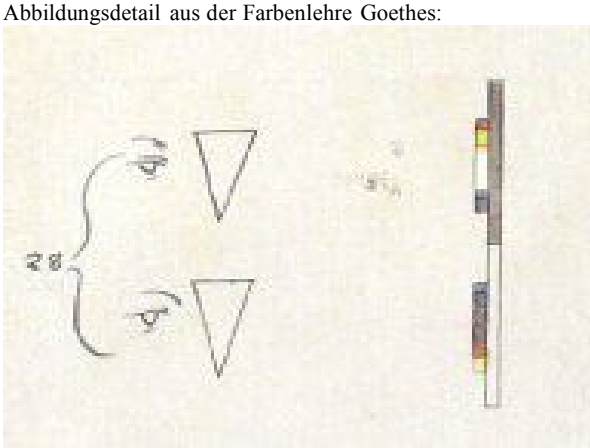
Im Grunde ist es ein Dilemma, dass von Seiten der Physik ein solches Unverständnis vorherrscht, weil die inhaltliche Deutung der Farbendifferenzierung doch auf die durch diese visualisierte physikalische Realität schließen ließe. Das tagtägliche Sehen selbst ist eine Interpretation der physikalischen Realität. Folglich interpretiert die Farbenwahrnehmung die physikalische Realität. Trotz dieser sprichwörtlich „optischen Nähe“ zur Physik, haben wir bislang keine schlüssige Antwort auf die Frage, was bei unserer Wahrnehmung die qualitative Unterscheidung in verschiedene Farbentypen beinhaltet. Zwar lässt sich physiologisch nachvollziehen, dass über verschiedene Sinneszellen, Abläufe und Verschaltungen im Sehsinn Differenzierungen stattfinden. Wozu dabei aber die für uns sichtbaren Farbunterscheidungen in ihrer spezifischen Wertigkeit hervorgebracht werden, bleibt ungeklärt.
Was beinhalten die Farbeindrücke „Gelb“, „Blau“, „Rot“, „Magenta“, „Grün“ ….?

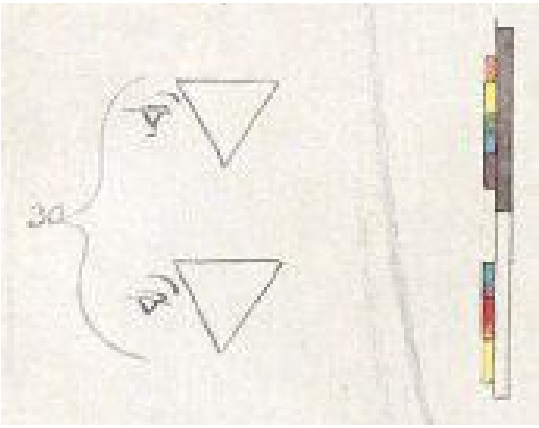
Bei der Analyse der Farbenwahrnehmung wäre die Hinterfragung der Spezifik einzelner Farbentypen, als objektiv vorhandene Differenzierungswerte, zwingend notwendig.
Was vermittelt also eine Farbenlehre, wenn sie diese grundlegenden Fragen gar nicht erklären kann?
Die klassische Erklärung, die von Newtons „Optics“ ausgeht, kann darauf keine Antwort geben und ist deshalb keine Farbentheorie oder Farbenlehre.

Wenn man sich bewusst macht, dass nur in den unterschiedlichen qualitativen Farbenwerten der eigentliche Sinn der Farbenwahrnehmung (als optische Differenzierung) liegt, dann muss man feststellen: **Wir können Farbe an sich bisher nicht erklären.**
Das bedeutet, dass keine Farbenlehre oder Theorie diese grundlegende Erklärungsnotwendigkeit erfüllt.

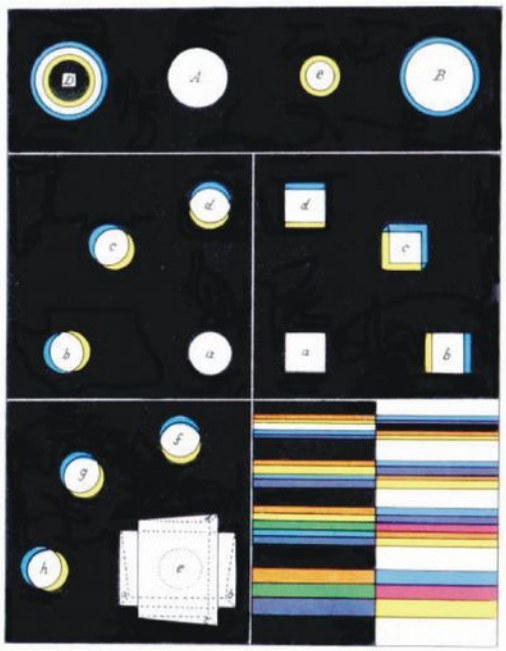
Newton und Goethe experimentierten beide mit der Projektion von Farbspektren und dabei auch der Beobachtung von Kantenspektren. Newton maß den Kantenspektren weniger Bedeutung zu, weil sie für ihn durch dieselben Lichteigenschaften wie bei den Prismenversuchen zu erklären waren.
Goethe führte seine wichtigsten Experimente dagegen so durch, dass er durch Prismen, Linsen u.a. hindurchsah und die sich zeigenden Kantenspektren genau analysierte.
Die Kantenspektren brachten Goethe zu der Annahme, dass es zwei immer auftretende Farbenränder gibt, den gelbroten und den cyanblauen Rand. Die Farbe Grün entsteht nach Goethe, wenn sich die Ränder im Hellen überlagern, die Farbe Magenta, wenn sich die Ränder über das Dunkle hinweg überlagern.

Abbildungsdetail aus der Farbenlehre Goethes:





Grundsätzlich gilt aus wissenschaftlicher Sicht, dass die Erscheinung bei Kantenspektren dieselbe ist, die auch über die Lichtbrechung im klassisch newtonschen Sinne stattfindet. D.h., ob man das Licht durch das Prisma hindurch an eine Wand projiziert oder durch das Prisma hindurchsehend eine Lichtquelle beobachtet… es ist dasselbe Phänomen mit denselben Eigenschaften und Ursachen.
So schreibt H. Küppers in seinem Buch „Grundgesetz der Farbenlehre“:*„ Selbstverständlich müssen sowohl das Spektrum des Lichtes als auch die Kantenspektren prinzipiell durch dieselbe Gesetzmäßigkeit erklärt werden.“* Weil Kantenspektren dieselben Erscheinungen darstellen, die bei der Lichtbrechung durch das Prisma auftreten, werden sie in Lehrbüchern oft nur am Rande und zumeist mittels Schwarz-Weiß-Vorlagen demonstriert.



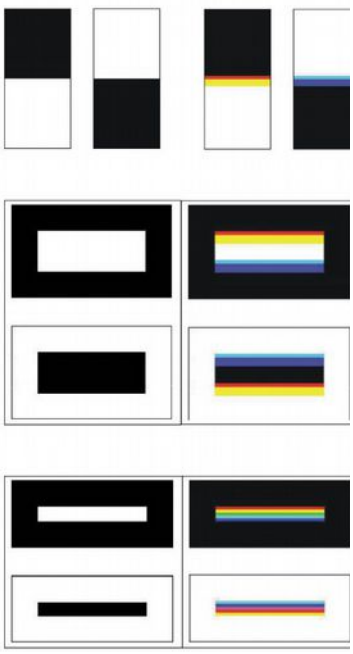
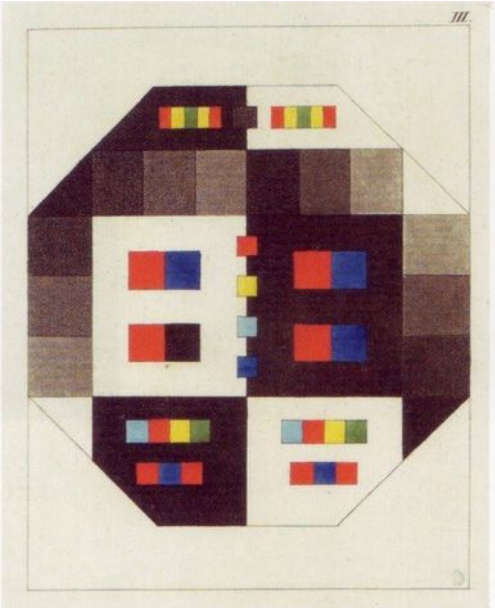


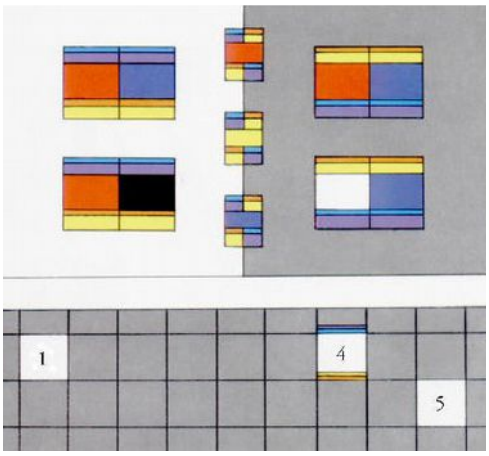
Abbildung von Goethe, "Farbenlehre" Tafel II

übliche Darstellung von Kantenspektren

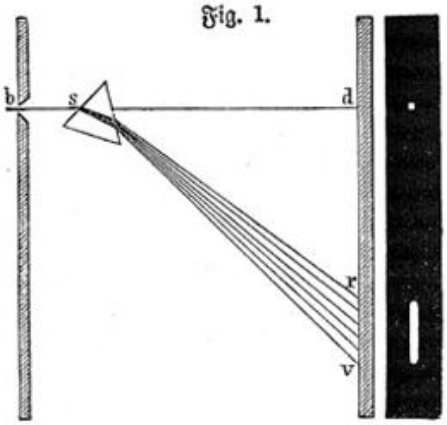
Goethe kommt bei seinen Untersuchungen von Kantenspektren zu der Schlussfolgerung, dass die genannten zwei farbigen Ränder stets als ursächliche Erscheinungen wirken. Auf Schwarz-Weiß-Tafeln ist das durchaus zutreffend. In Bezug auf farbige Flächen treffen seine Aussagen nicht zu. Das begründet sich eventuell daraus, dass Goethe keine reinen Farben verwendete

Johann Wolfgang von Goethe "Farbenlehre", Tafel III und IV(Ausschnitt)

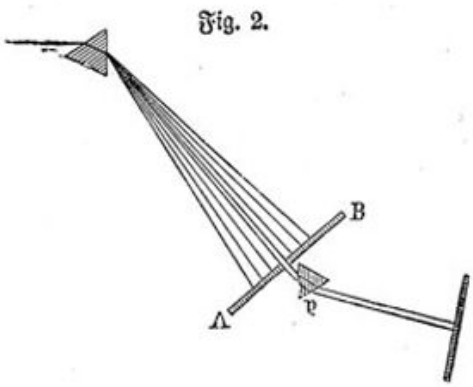




Wenn man eine Fläche in reiner Farbe durchs Prisma betrachtet, erzeugt man damit den gleichen Vorgang, den Newton in seinem „Experimentum Crucis“ beschreibt, bei dem das Licht einer separierten Farbe im Prisma gebrochen wird. Newton schreibt in "Optics", im Lehrsatz 4: *"Homogenes Licht wird regelmäßig gebrochen, ohne Ausbreitung, Spaltung und Zerstreuung der Strahlen."* ...weiter in Prop. II. Lehrsatz 2: *,, Jedes homogene Licht hat seine eigene, dem Grad seiner Brechbarkeit entsprechende Farbe, die durch Reflexionen und Brechungen nicht geändert werden kann.“* und zum Schluss seiner Prop.V: *"Noch ist bei diesen drei Versuchen wohl zu beachten, dass die Farbe des homogenen Lichtes niemals durch die Brechung verändert wurde."* Nach Newton darf demnach eine "reine Spektralfarbe" keine weitere Farbzerlegung aufweisen.



Entstehung des Spektrums.



Unzerlegbarkeit der Farben des Spektrums.

Abb. Meyers Konversationslexikon 2, S. 36, 1885

Gerade dieser Bezug von Lichteigenschaften und sichtbaren Spektralfarben, den Newton hier beschreibt, hat in der Lehre bis heute einen nachweislichen Status und wird didaktisch so vermittelt. Hier ein klassisches Beispiel, in dem Grün als unzerlegbar gezeigt wird.

4-28
Zweiter Newtonscher Versuch. Unzerlegbarkeit monochromatischen Lichts

Welsch / Liebmann , „Farben-Natur, Technik, Kunst“, S. 295, Spektrum Akademischer Verlag, München 2006

Ein völlig anderes Bild ergibt sich jedoch, wenn man die Kantenspektren reiner Farben genauer analysiert. Die folgenden Beobachtungen an Kantenspektren spektralfarbener Flächen sind so beschrieben, wie sie aus der Betrachtung durch ein Prisma direkt hervorgehen.
Es handelt sich dabei also um eine differenzierte Nachprüfung der Schlussfolgerungen Newtons hinsichtlich des Dispersionsverhaltens "reiner" Farben. Das im vorhergegangenen Bildbeispiel gezeigte Grün, müsste als „reine“ Farbe unzerlegbar bleiben und sich nicht weiter aufspalten lassen.

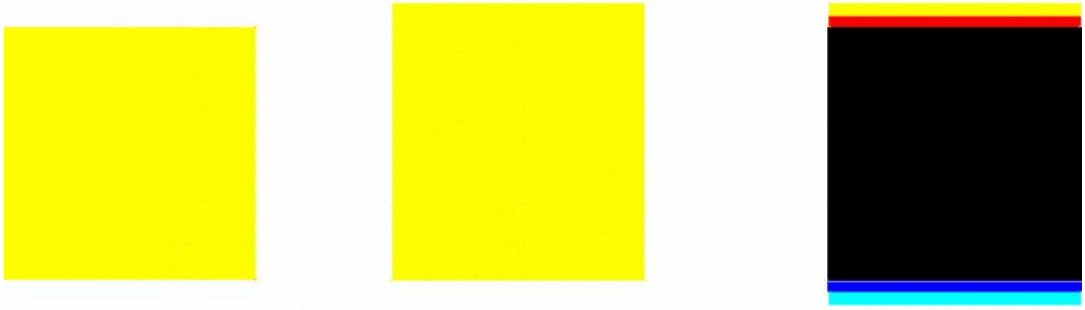
Die farbspezifischen Kantenspektren zeigen klare Wirkungsweisen, die weder der Theorie Newtons noch den Annahmen Goethes entsprechen. Wobei im weiteren Verlauf Goethes Annahme einer Polarität der Farben Gelb und Blau im Grunde Bestätigung findet.

Zu den Kantenspektren reiner Farbflächen

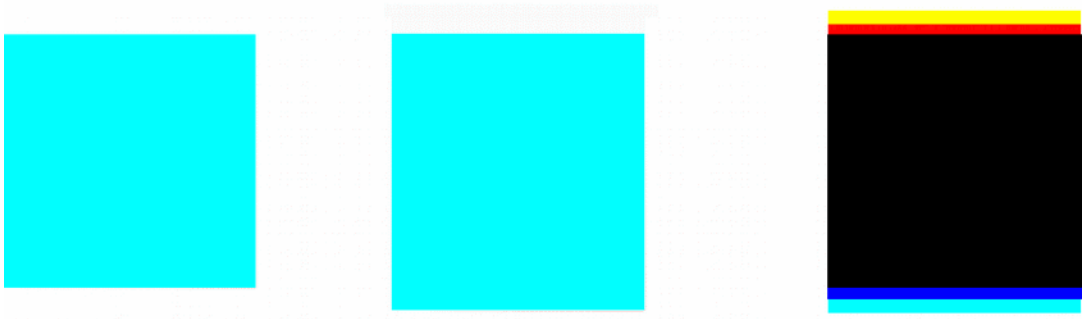
Die untersuchten Spektralfarben werden in den üblichen Farbgrundtypen Gelb, Magenta, Cyan, Blau, Grün und Rot unterschieden.
Für die Untersuchungen wurden diese im RGB-Modus am Monitor abgebildet. Die folgenden optischen Erscheinungen lassen sich bei der Betrachtung farbiger Flächen durch ein Prisma, aus einem üblichen Projektionsabstand, benennen.

Pos.1. Erscheinung an einer gelben Fläche
Es zeigt sich an der Stelle, an der bei einer schwarzen Fläche der cyan-blaue Rand auftritt, kein Rand. Eine rein gelbe Fläche schließt demnach einen cyan-blauen Rand aus. Zudem schließt ein spektrales Gelb die Erscheinung des roten Randes ebenfalls aus. Es gibt also nur einen rein gelben Rand.
Der gelbe Rand tritt ohne rötliches Ende, aber in der gesamten Breite wie der sonst bei einer schwarzen Fläche sichtbare rötlich-gelbe Rand auf und vergrößert so die gelbe Fläche einseitig um die entsprechende Randstärke (hier nach oben ausgerichtet dargestellt).

Einfache Farbfläche: | mit einseitigen Kantenspektrum: | Kantenspektrum schwarzer Flächen:

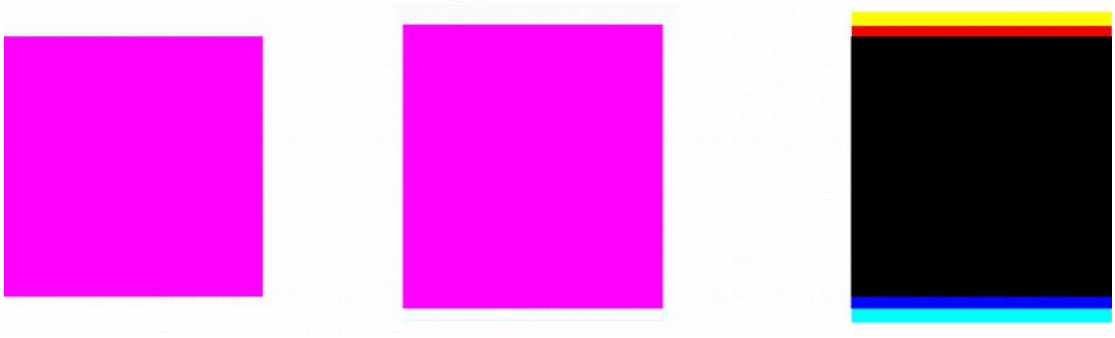


Pos.2.
Eine cyane Fläche schließt einen gelben Rand völlig aus und lässt auch keine roten oder blauen Randerscheinungen zu. Es gibt also nur einen Rand in reinem Cyan.
Der cyane Rand tritt also ohne eine Blauerscheinung auf und vergrößert die Fläche einseitig um die gesamte Randstärke (hier nach unten ausgerichtet dargestellt).



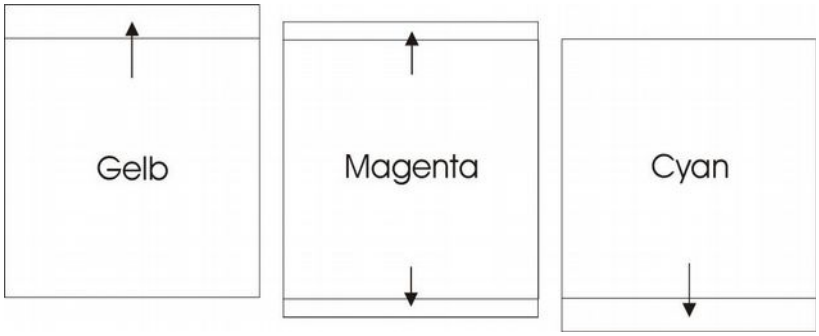
Festellungen:
Bei den Farben Gelb und Cyan trifft zu, dass nur ein jeweils farbeigener Rand erscheint, alle anderen Farberscheinungen sind ausgeschlossen.
Die Ränder bei Gelb und Cyan zeigen sich stets in gegensätzlicher Ausrichtung.

Pos.3.
Eine Magenta-Fläche schließt farbige Ränder in Gelb und Cyan aus und zeigt auch kein Rot oder Blau, dass aber Randerscheinungen auftreten, sieht man eindeutig im direkten Vergleich zu einer schwarzen Fläche. Im Gegensatz zu Gelb u. Cyan entstehen bei Magenta an beiden Seiten der Fläche Ränder, die ausschließlich farbeigene (magentafarbene) Ränder sind.
Deshalb ist die betrachtete magentafarbene Fläche auch zu beiden Seiten um die entsprechenden Randstärken der Ränder vergrößert.

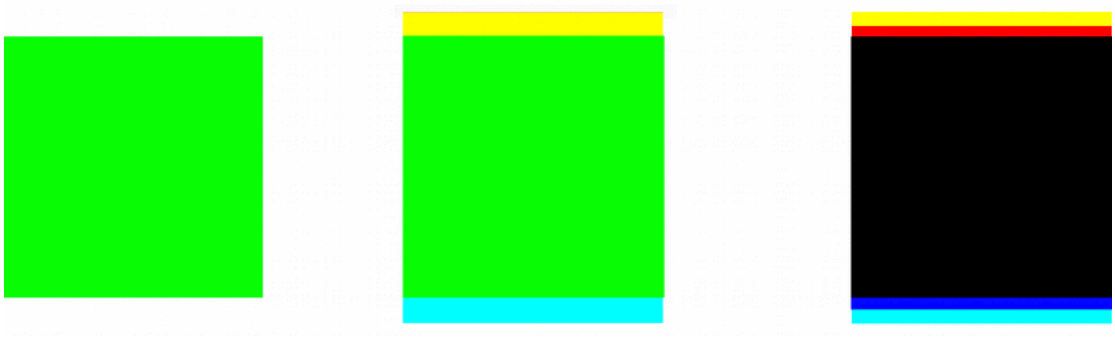


Feststellungen:
Gelb, Cyan u. Magenta zeigen nur jeweils in der eigenen Farbe (farbeigene) Ränder.
Gelb u. Cyan jeweils einen breiten Rand in gegensätzlicher Ausrichtung.
Magenta an beiden Seiten schmalere Ränder.

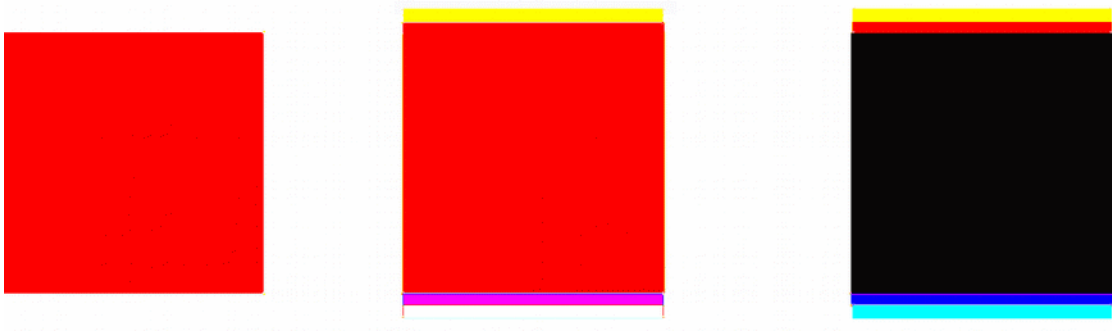
Die Randstärken, die Magenta gleichwertig nach beiden Seiten zeigt, entsprechen zusammen in etwa der jeweils einseitigen Randstärke von Gelb oder Cyan.
Das lässt sich wie folgt stilisieren:



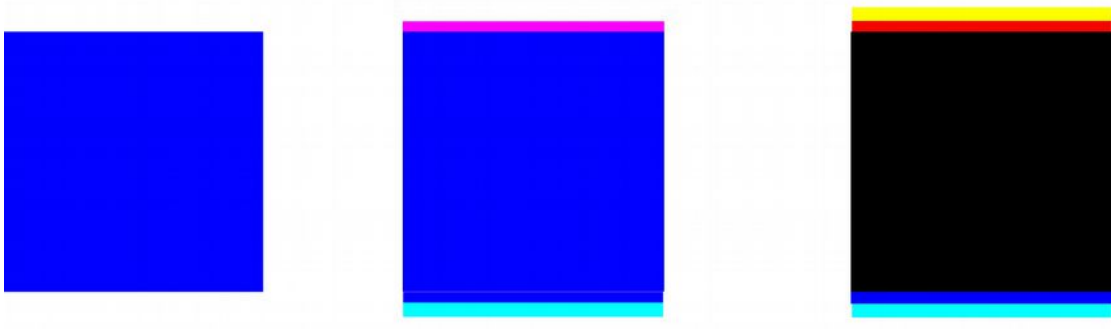
Pos.4.
Eine grüne Fläche zeigt, durch das Prisma hindurch betrachtet, keinen roten und keinen blauen Rand. Stattdessen aber breite Ränder in reinem Gelb und Cyan. Diese Ränder entsprechen in ihrer Ausrichtung und Stärke den farbeigenen Rändern der Ausgangsflächen in Gelb und Cyan (siehe Pos.1 u 2)



Pos.5.
Die Farbe Rot zeigt in den Randerscheinungen kein Cyan und kein Blau.
Stattdessen zeigen sich einfarbige schmalere Ränder in Magenta u. Gelb. Die rote Farbfläche erscheint in die Richtung zum gelben Rand hin vergrößert.



Pos.6.
Die Farbe Blau zeigt in den Randerscheinungen kein Gelb und kein Rot.
Stattdessen zeigen sich einfarbige schmale Ränder in Magenta u. Cyan. Die blaue Farbfläche erscheint in die Richtung zum cyanen Rand hin vergrößert.

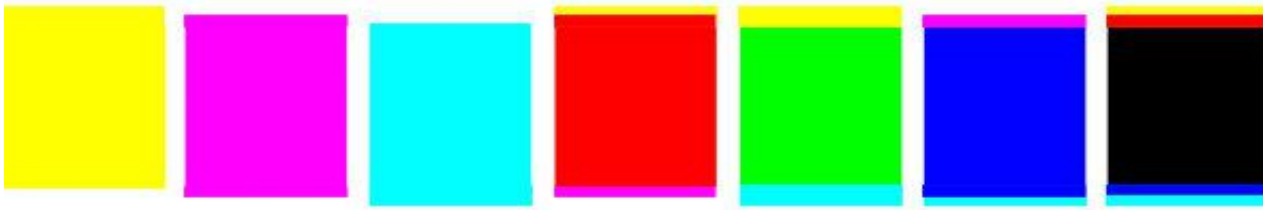


Zu beachten ist hier, dass die scheinbaren Vergrößerungen der roten (Pos.5) und der blauen Fläche (Pos.6) in entgegengesetzter Ausrichtung auftritt. Diese Erscheinung wird im Anschluss noch näher erläutert, denn sie diente Newton zu anderen Schlussfolgerungen, als sie hier formuliert werden.

In der weiteren Analyse werden nun alle bisher beschriebenen Beobachtungen miteinander verglichen. Dafür sind alle farbigen Ausgangsflächen in einer Bildreihe zusammengefasst.
Betrachtet man diese Bildreihe (Fig.1) durchs Prisma, kann man, mit Orientierung an der schwarzen Fläche, die Randstärken vergleichen und den genannten Ausschluss sowie die Zusammensetzungen von Farben schlussfolgern.

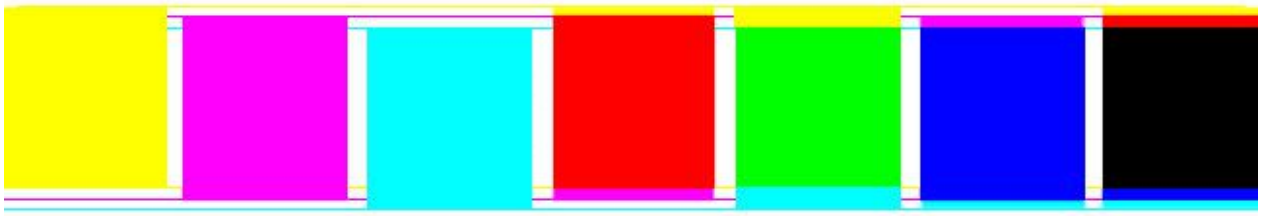
Ausgangsreihe:
Fig.1

Ausgangsreihe durch ein Prisma beobachtet:
Fig.2



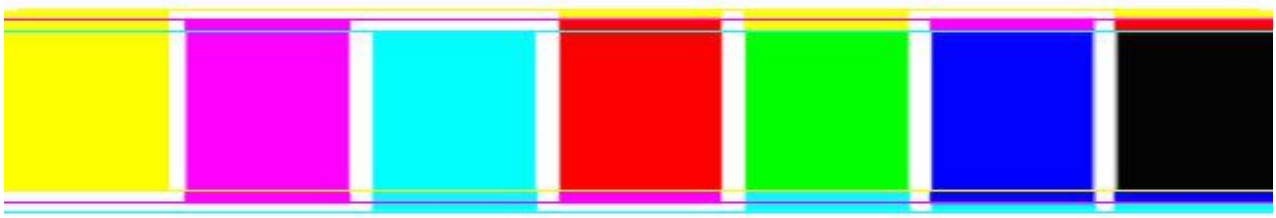
Durch die Überlagerung von entstehenden Rändern lässt sich nur noch schwer die ursprüngliche Position der Ausgangsflächen (aus Fig.1) bestimmen, die - durch das Prisma gesehen - voneinander versetzt erscheinen. Fügt man dem Ausgangsbild in Fig.1 an den Flächengrenzen (oben und unten) eine schmale schwarze Linie hinzu, zeigt sich folgendes Resultat.
Ausgangsbild mit schwarzen Linien (oben und unten):
Fig.3

Ausgangsbild durch ein Prisma gesehen:
Fig.4



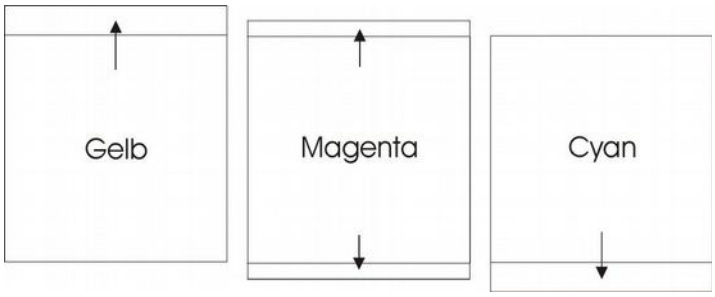
Jede der zwei angefügten schwarzen Linien teilt sich nun, durch das Prisma gesehen, in drei farbige Linien (in Gelb, Magenta und Cyan), wobei diese Farblinien genau an den gleichfarbigen Flächen angrenzen. In der folgenden Darstellung wurden zur besseren Veranschaulichung diese einzelnen Farblinien über die Flächen weitergeführt, um die Positionen untereinander genauer darzustellen.

Darstellung mit durchgehender Linienführung:
Fig.5



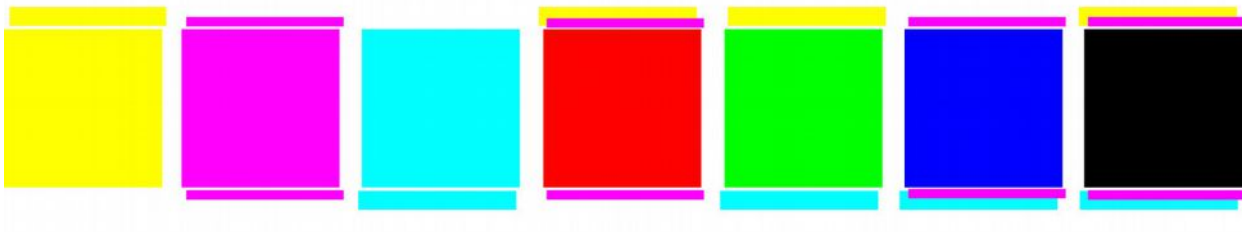
Alle Erscheinungen von Kantenspektren farbiger Flächen basieren auf drei ursächlichen Randerscheinungen: Den entgegengesetzten Rändern in Gelb und Cyan, sowie den beidseitig ausgerichteten Rändern in Magenta. (Diese Ränder entsprechen also denen in Pos.1, 2 und 3 beschriebenen Kantenspektren.)

Aus diesen drei Randtendenzen sind alle Kantenspektren aufgebaut:

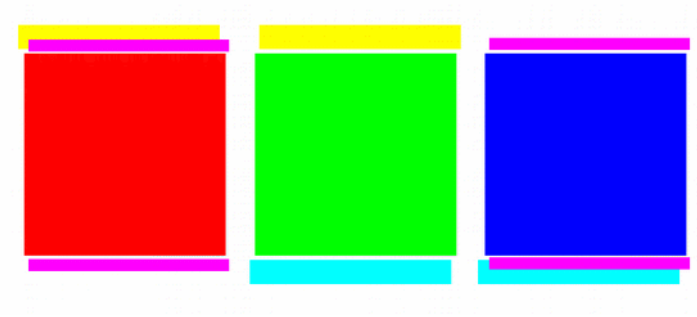


Die Randerscheinungen der roten und blauen Fläche bilden teilweise Überlagerungen. Die rote Fläche weist eine einseitige Überlagerung des gelben Randes mit dem magentafarbenen Rand auf. Dadurch bildet sich eine scheinbare Vergrößerung der roten Fläche (Gelb + Magenta = Rot).
Die blaue Fläche weist eine einseitige Überlagerung des cyanen Randes mit dem magentafarbenen Rand auf. Dadurch bildet sich eine scheinbare Vergrößerung der blauen Fläche (Cyan + Magenta = Blau).
Beide Farbflächen, Rot und Blau, zeigen in der jeweils anderen Richtung einen magentafarbenen Rand.
Das Kantenspektrum der roten Fläche ist demnach eine Kombination der Kantenspektren aus Pos.1 u. 3, das Kantenspektrum der blauen Fläche demnach eine Kombination aus Pos. 2 u. 3, das Kantenspektrum der grünen Fläche eine Kombination aus Pos. 1 u. 2.

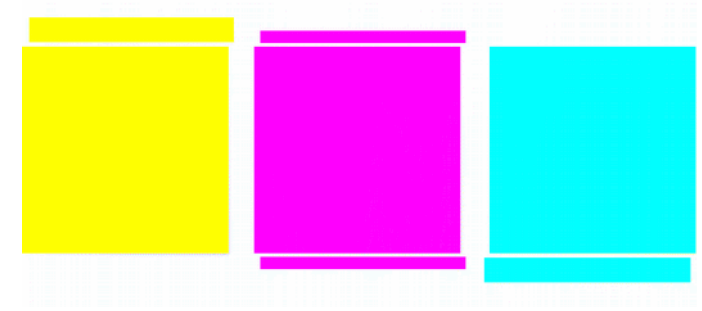
Stilisierte Darstellung der Kantenspektren und ihrer Überlagerungen
Die Farbränder sind hier aus Visualisierungsgründen von den Ausgangsflächen versetzt dargestellt, um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu erreichen.
Fig.6



Aus den vorherigen Experimenten lässt sich schlussfolgern, dass sich die ursprüngliche Zusammensetzung der sogenannten „Lichtfarben“ anders aufbaut, als es die klassische Lehre beschreibt.



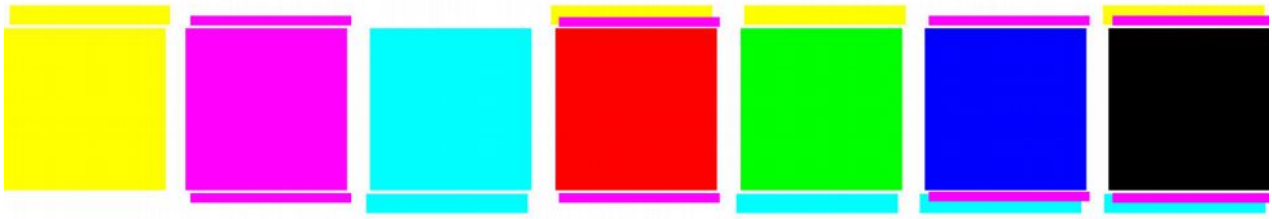
Weil das Kantenspektrum einer grünen Fläche einen Magenta-Rand ausschließt, aber Farbränder in Gelb und Cyan zeigt, kann Grün keine Grundfarbe der „Lichtfarben“ sein. Grün *muss* selbst eine zusammengesetzte Farbe sein.
Rot und Blau zeigen in ihren Kantenspektren ebenfalls jeweils zwei Randerscheinungen und müssen deshalb auch als Zusammensetzungen gelten.
Rot, Grün u. Blau sind zusammengesetzt und zeigen Anteile der ursächlichen Randerscheinungen entsprechend ihrer Zusammensetzung. (Dabei überlagern sich die breiteren gelben und cyanfarbenen Ränder teilweise mit den magentafarbenen Rändern, wodurch rote oder blaue Randteile entstehen.)



Gelb, Cyan u. Magenta zeigen jeweils nur farbeigene Randerscheinungen und müssten deshalb als nicht zusammengesetzt gelten.

<u>Diese Feststellungen widersprechen der populären Farbentheorie.</u>
Da Magenta aus der populären Sicht der Physik als eine „zusammengesetzte“ Farbe gilt, sollte man annehmen müssen, Magenta muss sich in seinem farbeigenen Kantenspektrum als zusammengesetzte Farbe wieder in den kurzwellig-blauen und den langwellig-roten Teil zerlegen, also auch im Kantenspektrum diese farbigen Ränder zeigen. Weil das eindeutig nicht der Fall ist, Magenta nur farbeigene Randverbreiterungen aufweist, müsste Magenta aber als „unzerlegbar“ gelten, also selbst nach streng klassischer Anschauung die Eigenschaft einer Grundfarbe haben (Unzerlegbarkeit monochromatischen Lichts – nach Newton).
Eine über einen Monitor erzeugte magentafarbene Fläche ist die praktische Zusammensetzung aus den "Lichtfarben" Rot und Blau, also eine additive Farbenmischung. Folglich sollte sich diese „Lichtfarbenfläche“ auch wieder im eigenen Kantenspektrum als eine solche Zusammensetzung erweisen. Das trifft aber nicht zu.
Die Kantenspektren von Gelb und Cyan stehen im selben Widerspruch zur populären Lehre, weil sie sich ebenfalls nicht wieder in RGB-Grundfarben zerlegen lassen.
Die vermeintliche Grund- und Spektralfarbe Grün teilt sich zudem so eindeutig in zwei Bestandteile (Gelb und Cyan), dass man keinen Ansatz mehr für die populäre Lehre der RGB-Lichtfarben finden kann.

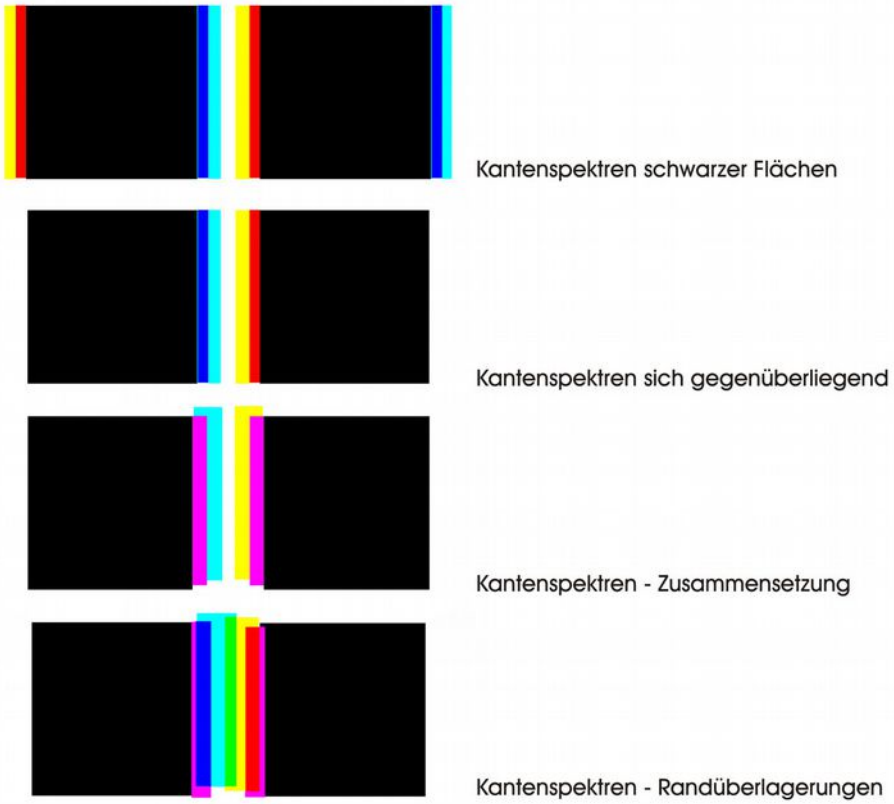
Weil Rot, Grün und Blau nach den beschriebenen Kantenspektren eine eindeutige Zerlegbarkeit zukommt, können diese Farberscheinungen (auch aus streng newtonscher Sicht) hier nicht als „reine“ Spektralfarben gedeutet werden.



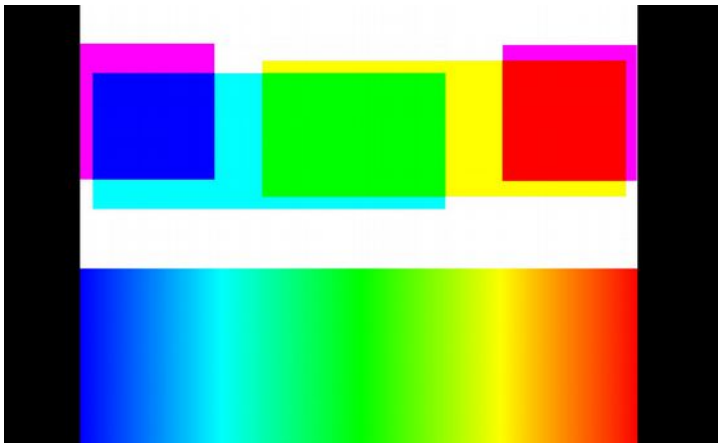
Demnach sind die Kantenspektren einer schwarzen Fläche ebenfalls zusammengesetzt.
Im klassischen Spektrum sollen bekanntlich dieselben Erscheinungen wirken, wie in den Kantenspektren.

Daraus würde folgen:
Das prismatische Spektrum ist ein Produkt aus Zusammensetzungen!

Zusammenführung von Kantenspektren zum klassischen „Vollspektrum“:



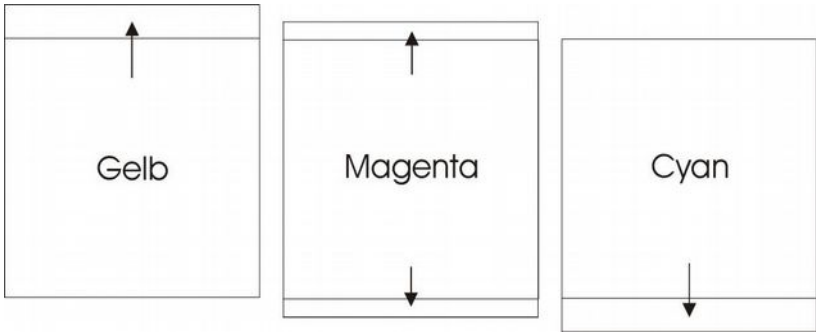
Zusammensetzung einer Spektralfarbenfläche (klassisches Spektrum):



Aus diesen Schlussfolgerungen ließe sich herleiten, dass in den spektralen Bereichen, in denen aus klassischer Sicht das Rot, das Blau und das Grün als reine Spektralfarben wirken sollten, eigentlich Gelb, Cyan und Magenta wirken und sich teilweise überlagern. Rot, Blau und Grün sind deren Überlagerungsprodukte.
Das besagt auch, dass Gelb und Cyan im eigentlichen Sinne „größere“ Bereiche beanspruchen würden, als in sonst üblicher Form dargestellt ist (siehe Abbildung oben).
Gelb wirkt demnach bis einschließlich durch das rote Ende des Spektrums hindurch. Cyan wirkt bis einschließlich durch das blaue Ende hindurch. Diese Schlussfolgerung stimmt auch mit den Erscheinungen der farbeigenen Kantenspektren überein.
Die populäre Annahme, Magenta entstünde erst durch die Überlagerung von kurz- und langwelligem Licht, kann nicht zutreffen, da Magenta in diesen Lichtbereichen bereits vorhanden sein muss.
Gelb und Cyan wirken zudem im Grünbereich als ursächliche Bestandteile.

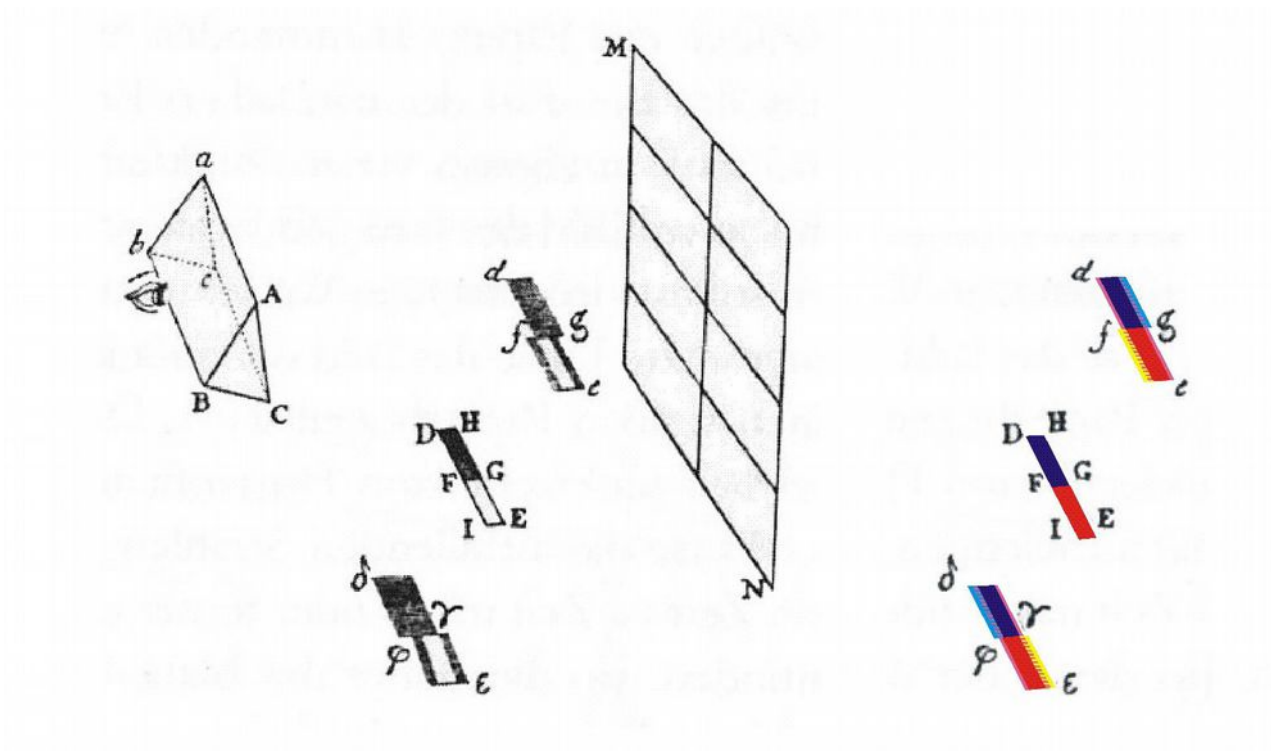
Das bedeutet, dass die diametrale Zuordnung spektraler Farben nach Wellenlängenbereichen nur bedingt zulässig und der eigentliche Bezug von Farben und Lichtbereichen anders aufgebaut sein muss, als es Newton schlussfolgerte und es heute noch verstanden wird.
<u>An dieser Stelle drängt sich deshalb die Frage auf, ob aus den Experimenten der prismatischen Lichtbrechung tatsächlich der nachweisliche Status für die klassische Lichtfarbentheorie hervorgeht.</u>

Es ist unabhängig von jeder Interpretation aus den vorher geschilderten Untersuchungen festzustellen, dass bei Gelb und Cyan eine gegensätzliche Wirkungsweise auftritt.



Schon Newton beschrieb das Verhalten zweier gleichgroßer und aneinander liegender Farbflächen (einer roten und einer blauen), die er durch ein Prisma beobachtete und ging dabei eindeutig vom optischen Versatz der jeweils gesamten Farbfläche durch unterschiedliche Brechung derselben aus:
„Bei dieser Anordnung fand ich, dass seine blaue Hälfte durch die Brechung höher gehoben schien, als seine rote. Wird aber der brechende Winkel des Prismas gekehrt, so wird die blaue Hälfte etwas niedriger erscheinen, als die rote. Es erfährt also in beiden Fällen das von der blauen Papierhälfte durch das Prisma in das Auge gelangende Licht unter sonst gleichen Umständen eine stärkere Brechung, als das von der roten Hälfte kommende, und ist folglich stärker brechbar“
(Sir Isaac Newton, "Optik", S. 16)

Folgend links die Tafel aus Newtons Abhandlung („Optics“, Fig.11) und rechts eine colorierte Darstellung



Die bei einer roten und blauen Farbfläche hervortretenden farbigen Ränder stellt Newton nur unzureichend, aber links deutlich erkennbar dar. Gut sichtbar bei der helleren "Farbfläche" (rechts ist deshalb die colorierte Variante zum Verständnis angefügt).

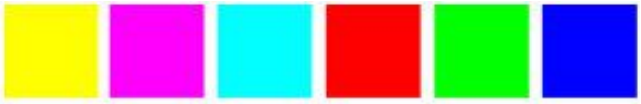
Newton geht auf die Randerscheinungen gar nicht weiter ein, sondern unterschlägt diese quasi in der Erläuterung, um pauschal einen Versatz der Gesamtflächen beschreiben zu können und damit seine Annahmen zu stützen.

Die hier bisher beschriebenen Kantenspektren wurden an größeren Farbflächen beobachtet. Newton hat diese, wie in der vorherigen Abbildung sichtbar, an schmaleren Farbstreifen untersucht, bei denen sich offensichtlich dieselben Randerscheinungen zeigten.

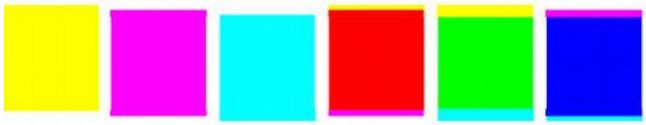
Sind die Kantenspektren aber tatsächlich als "Randerscheinungen" zu interpretieren?

Alle bisherigen Abbildungen beruhen auf einem eher kurzen Betrachtungsabstand durch das Prisma. Wird dieser aber erheblich vergrößert (um einige Meter!), zeigt sich ein Vorgang, bei dem sich die zusammengesetzten Farben Rot, Grün und Blau ganz in ihre Bestandteile zerlegen lassen, Gelb und Cyan nicht zerlegt aber stark verschoben werden können, Magenta jedoch seine Position weitgehend beibehält. (Fig.6b)
Das Projektionsbild zeigt dann nur noch Farbflächen in Gelb, Magenta und Cyan.

Die sichtbaren Farbflächen entsprechen dabei aber der vollen Größe der Ausgangsflächen.
Die erst nur als farbige Ränder (oder Kantenspektren) interpretierten Projektionen wirken nun wie imaginäre Farbfolien, die jeweils die volle Größe der betrachteten Grundfläche haben und voneinander getrennt werden können (Fig.6a), bis sie sich in Gelb, Magenta und Cyan getrennt separieren (6b).
Das lässt sich gut nachvollziehen, indem man sich beim Blick durch das Prisma vom Betrachtungsobjekt langsam immer weiter entfernt.



Ausgangsbild



Kantenspektren aus Fig.2

Fig.6a (Projektionsabstand wird größer)

Fig.6b (weiter Projektionsabstand)

Es handelt sich demnach nicht um Erscheinungen in den Randbereichen, wie die Zuordnung als "Kantanspektren" beinhaltet, sondern um eine andere Projektionsebene.

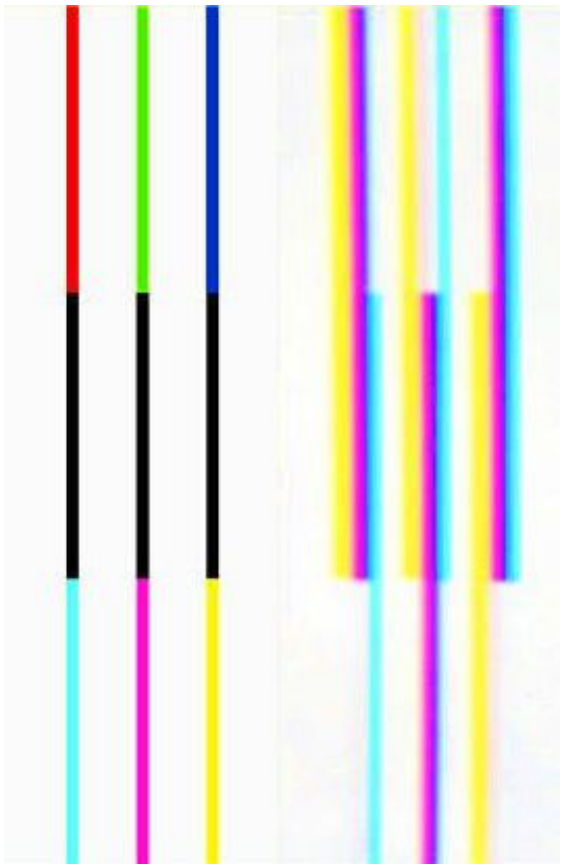
Die Beobachtung der Zerlegung lässt sich einfacher anstellen, wenn man statt breiter Flächen schmale Farbstreifen nutzt. Hier zeigen sich die Aufspaltung und der Versatz schneller, da der Projektionsweg über die Flächengröße entsprechend kürzer ist. (Fig.7)

Ausgangsbild

Fig.7

Projektion

Umfangreiche Untersuchungen zu diesen Phänomenen hat u.a. Ingo Nussbaumer in seinem Buch "Zur Farbenlehre - Entdeckung der unordentlichen Spektren" (edition splitter, Wien 2008) beschrieben.



Darstellung nach Nussbaumers Tafel IX

Auch in Nussbaumers Darstellung wird die vorher beschriebene Aufspaltung der Farben Grün, Rot und Blau sichtbar.

Was Newton insbesondere über den Versatz seiner roten und blauen Fläche herleitet, ist nach den vorherigen Ausführungen und Darstellungen nicht haltbar. Es erfolgt kein prinzipieller Versatz der jeweiligen Gesamtflächen, sondern deren Aufspaltung. In Wahrheit findet also eine Teilung der Farbenerscheinung Rot und Blau in Gelb, Magenta und Cyan statt, wonach Rot und Blau nicht mehr existent sind.

Im Kontext mit den vorangegangenen Feststellungen eröffnet dies eine viel komplexere Fragestellung nach den entsprechenden Ursachen. Das Prinzip der Farbenwahrnehmung ist scheinbar nicht ursächlich über die klassische Theorie herzuleiten. Es scheint eine andere Erklärungsebene für die Zusammenhänge notwendig zu sein.
Was an dieser Stelle deutlich wird, ist die Tatsache, dass die Bezeichnungen "Kantenspektrum" oder "Randerscheinung" im Grunde völlig unzureichend und irreführend sind, weil offensichtlich immer ein Bezug zur gesamten Ausgangsfläche vorliegt. Dabei spielen spezielle Flächengrößen keine Rolle, denn diese können über Projektionsabstände relativiert und stets das Ergebnis der letztendlichen Aufspaltung mit Flächenversatz erreicht werden.
Die bei näheren Projektionsabständen zu beobachtenden Randerscheinungen sind folglich als eine Art anfängliche Verschiebung in der farbsystematischen Bildgliederung anzusehen.
Mit einer segmentartigen Bildgliederung ließe sich auch besser erklären, warum sich in Spektren und Kantenspektren die farbigen Randerscheinungen vornehmlich als breitere monochrome Bereiche zeigen. Das bedeutet faktisch, dass eine Vielzahl aufeinander folgender Frequenzbereiche derselben Spektralfarbe entsprechen müssten.

Das Newtonspektrum ist in Wirklichkeit ein farbiges Projektionsbild, das sich nur in einem bestimmten Projektionsabstand erzeugen lässt. Kürzere und weitere Projektionsabstände, die für die Analyse genauso relevant sind, zeigen andere Situationsbilder des eigentlichen Vorganges.
Die Farben erweisen sich in diesem Kontext nicht als eine Erscheinung, die gerade an den für das Bild des newtonschen Farbenspektrums notwendigen Projektionsabstand gebunden ist.
Bei kürzeren Projektionsabständen haben wir die vermeintlichen Kantenspektren mit "weißer Mitte".
Bei größeren Projektionsabständen erweist sich das Newtonspektrum als Zusammensetzung.

Im Detail ist unsere Fähigkeit zur Farbauflösung begrenzt. Wir benötigen eine Mindestgröße an sichtbarer Farbfläche, um diese zu erkennen. Kleinste Flächenunterschiede sind für das Farbensehen eher sekundär, was heutzutage auch für bildgebende Medien genutzt wird (z.B. Monitore).
D.h., dass der Aufbau des sichtbaren Abbildes mittels Farbenwahrnehmung an eine Flächenmindestgröße gebunden ist. Wir differenzieren demnach stets Bereiche. Folglich ist die Farbenzuordnung bereits eine Art Gruppierung zu Segmenten. Hier wird deutlich, dass es nicht darum gehen kann, möglichst jeder Lichtfrequenz eine bestimmte Spektralfarbe zuzuordnen.

Die Farbenwahrnehmung basiert vielmehr auf einem Ordnungsmechanismus, der zusammenführt, unterscheidet, segmentiert. Dafür sprechen auch die klaren qualitativen Unterschiede der Farbbereiche (Gelb, Rot, Blau, Grün...), die nach der klassischen Theorie funktional nicht schlüssig erklärt werden können.

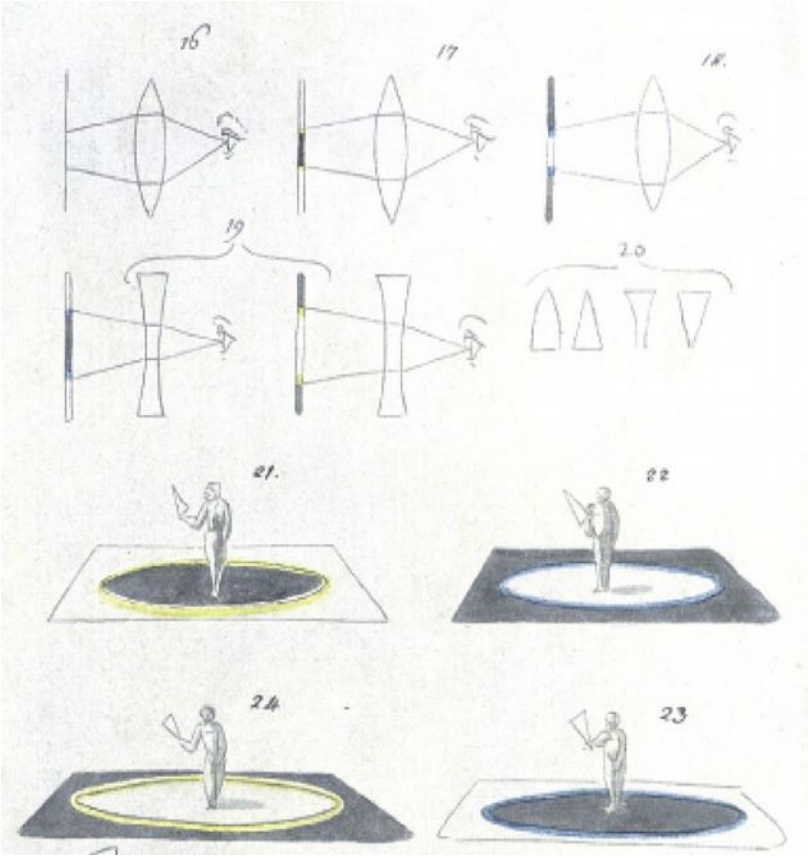
Bei der vermeintlichen Aufspaltung des Lichtes über das Prisma ist an sich kein farbiges Licht sichtbar. Die Projektion muss erst auf eine materielle Fläche treffen. Erst auf dieser werden Farben sichtbar. D.h., Licht an sich ist weder weiß noch farbig. Gewöhnlich verwendet man als Projektionsfläche eine neutral-weiße Fläche. Trifft das Licht auf diese Fläche, zeigen sich die beschriebenen farbigen Erscheinungen. Daher könnte man eigentlich auch annehmen, dass über den Vorgang, Licht über ein Prisma hindurch auf eine Projektionsfläche zu lenken, die sichtbare Remission der Fläche verschoben wird. Wie gesagt, sehen wir nicht die Verschiebung im „farbigen Licht“ das aus dem Prisma hervortritt. Das Licht muss erst auf die Projektionfläche treffen und von uns sichtbar remittiert werden. Das Letztere ist also das eigentlich Sichtbare bei diesen Vorgängen.

Hier stellt sich hintergründig die Frage, warum durch Dispersion Farbenwahrnehmung ausgelöst wird und um welches Ordnungsprinzip es sich bei der optischen Differenzierung in unterschiedliche Farbbereiche tatsächlich handelt.

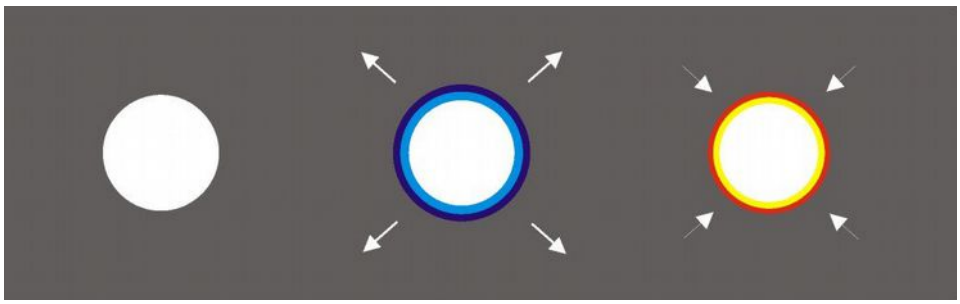
These vom Raumbezug der Dispersion

Goethe hat die Farbenerscheinungen bei der Betrachtung durch das Prisma und auch durch Linsen untersucht. Dabei ist auffällig, dass er diese kaum im Einzelnen, sondern prinzipiell als zusammengehörend analysierte. Es handelt sich bei den Beobachtungen nach Goethe um „verschobene“ oder „bewegte“ Bilder, die Farben bei der Manipulation des Bildgrenzbereiches von Hell-Dunkel zeigen. Goethe beschreibt die Kantenspektren wie folgt: *"Haben wir bei den vorigen Versuchen und Beobachtungen alle reinen Flächen, groß oder klein, farblos gefunden, so bemerken wir an den Rändern da, wo sich eine solche Fläche gegen einen hellern oder dunklern Gegenstand abschneidet, eine farbige Erscheinung. Durch Verbindung von Rand und Fläche entstehen Bilder. Wir sprechen daher die Haupterfahrung dergestalt aus: Es müssen Bilder verrückt werden, wenn eine Farbenerscheinung sich zeigen soll.“* Weiter schreibt Goethe zur Lichtbrechung über Linsen: *„Wir nehmen das einfachste Bild vor uns, ein helles Rund auf dunklem Grunde. An diesem findet eine Verrückung statt, wenn wir seine Ränder von dem Mittelpunkte aus scheinbar nach außen dehnen, indem wir es vergrößern. Dieses geschieht durch jedes konvexe Glas, und wir erblicken in diesem Falle einen blauen Rand. Den Umkreis eben desselben Bildes können wir nach dem Mittelpunkt zu scheinbar hineinbewegen, indem wir das Rund zusammenziehen, da alsdann die Ränder gelb erscheinen. Dieses geschieht durch ein konkaves Glas, das aber nicht, wie die gewöhnlichen Lorgnetten, dünn geschliffen sein darf, sondern einige Masse haben muss. Damit man aber diesen Versuch auf einmal mit dem konvexen Glas machen könne, so bringe man in das helle Rund auf schwarzem Grunde eine kleinere schwarze Scheibe. Denn vergrößert man durch ein konvexes Glas die schwarze Scheibe auf weißem Grund, so geschieht dieselbe Operation, als wenn man ein weißes Rund verkleinerte; denn wir führen den schwarzen Rand nach dem weißen zu, und wir erblicken also den gelblichen Farbenrand gleich mit dem blauen."* (Goethe "Farbenlehre"1, XIII, Pkt. 197.-200.)

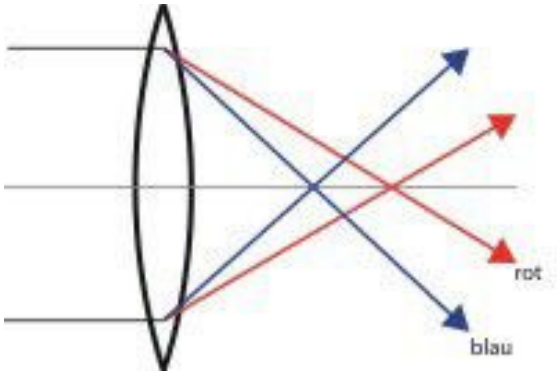
Abbildung Goethes:

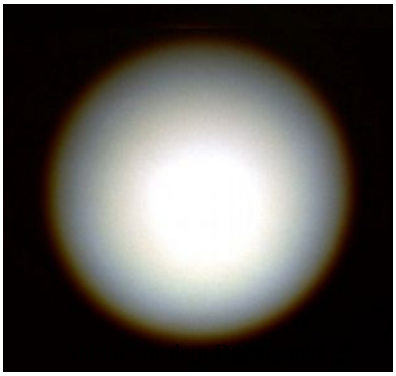


vereinfachte Darstellung:

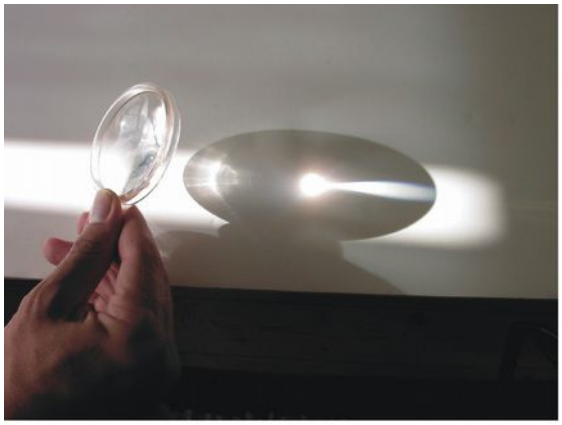


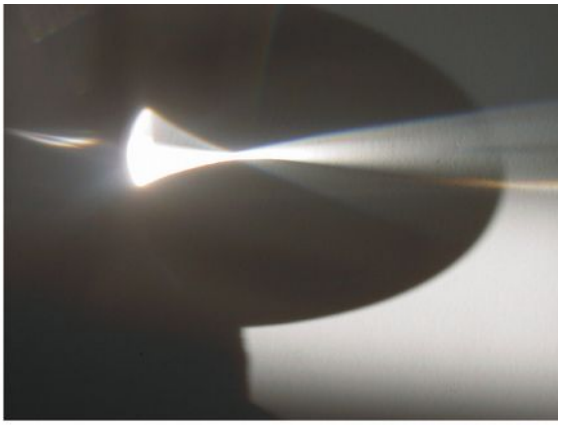
Was Goethe mit den Versuchen mittels konvexer und konkaver Gläser erreicht, nämlich die Erzeugung der gegensätzlichen Farbenränder im Einzelnen, dient ihm selbst nur für eine Einleitung in die Problematik. Worauf Goethe sich dann hauptsächlich auf "viereckte" Bilder konzentriert.
Goethe "Farbenlehre", Pkt 20: *"Geben wir auf diese entgegen gesetzten Farbenränder der Scheibe wohl acht, so finden wir, daß sie nur in der Richtung ihrer scheinbaren Bewegung entstehen. Ein rundes Bild läßt uns über dieses Verhältnis einigermaßen ungewiß; ein viereckes hingegen belehrt uns klärlich darüber."*
Aus wellentheoretischer Sicht werden die sichtbaren Farbenränder, die bei der Lichtprojektion durch optische Linsen entstehen, als Produkte der „chromatischen Aberration" beschrieben, die dadurch entsteht, dass Licht unterschiedlicher Wellenlänge verschieden stark gebrochen wird.



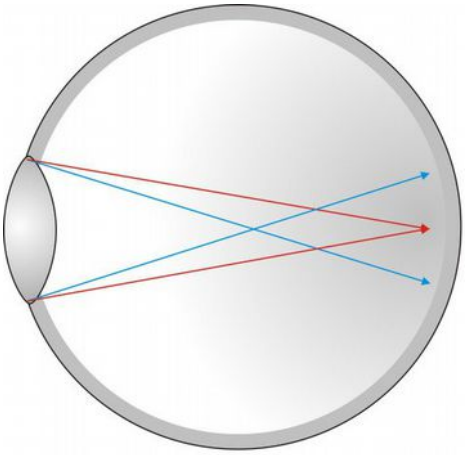


Aus klassischer Sicht kommt es im Zentrum der Projektion zur Überlagerung aller Wellenlängen, wodurch Weiß entsteht und nur im Randbereich Farbe sichtbar ist.
Die beschriebenen Vorgänge lassen sich in nur einem Versuch mit einer konvexen Sammellinse, der beide Tendenzen zeigt, vereinfachen. Dabei ist die Lichtprojektion mit den von Goethe durch die Linsen betrachteten hellen Kreisflächen gleichzusetzen.





Das Besondere ist, dass das menschliche Auge ebenfalls über die Projektion durch eine optische Sammellinse funktioniert. Die chromatische Aberration tritt im Auge durch diesen physiologischen Aufbau immer auf, egal ob über die Linse nah oder fern fokussiert wird. Der Sachverhalt chromatischer Aberration bzw. Dispersion ist also immer als Grundlage vor der eigentlichen Sinneswahrnehmung gegeben. Unser Sinnesorgan ist direkt an diese real stattfindenden Vorgänge physiologisch angepasst. Es handelt sich bei der chromatischen Aberration also um einen ursächlichen physikalischen Prozess, den wir für die Farbenwahrnehmung nutzen.

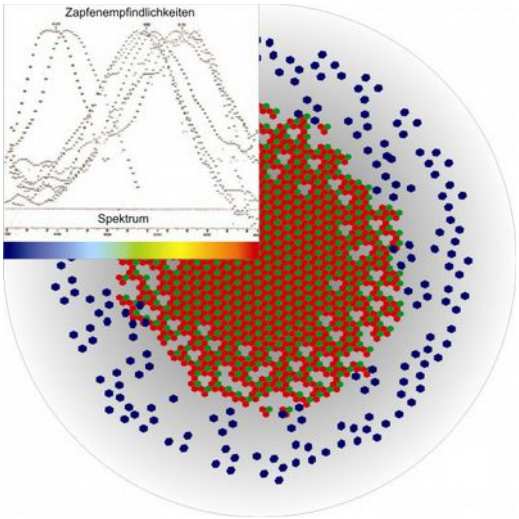


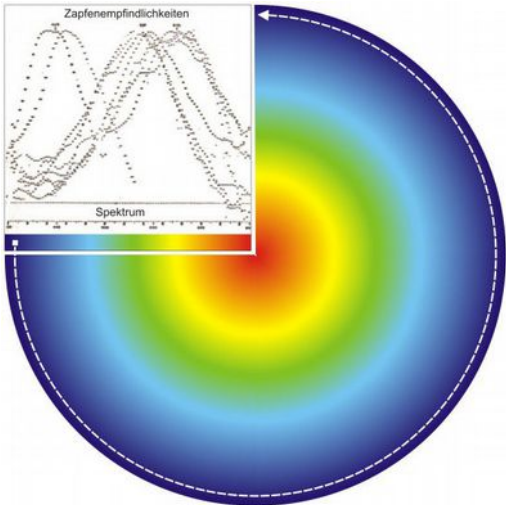
Stilisierung der chromatischen Aberration im Auge

Die Retina des menschlichen Auges verfügt über unterschiedliche Arten von lichtempfindlichen Sinneszellen, die auch unterschiedlich auf der Netzhaut verteilt sind. Für das Farbensehen sind vornehmlich die Zapfen zuständig, die später noch genauer beschrieben werden, hier jedoch hauptsächlich wegen ihrer physiologischen Anordnung benannt sein sollen.

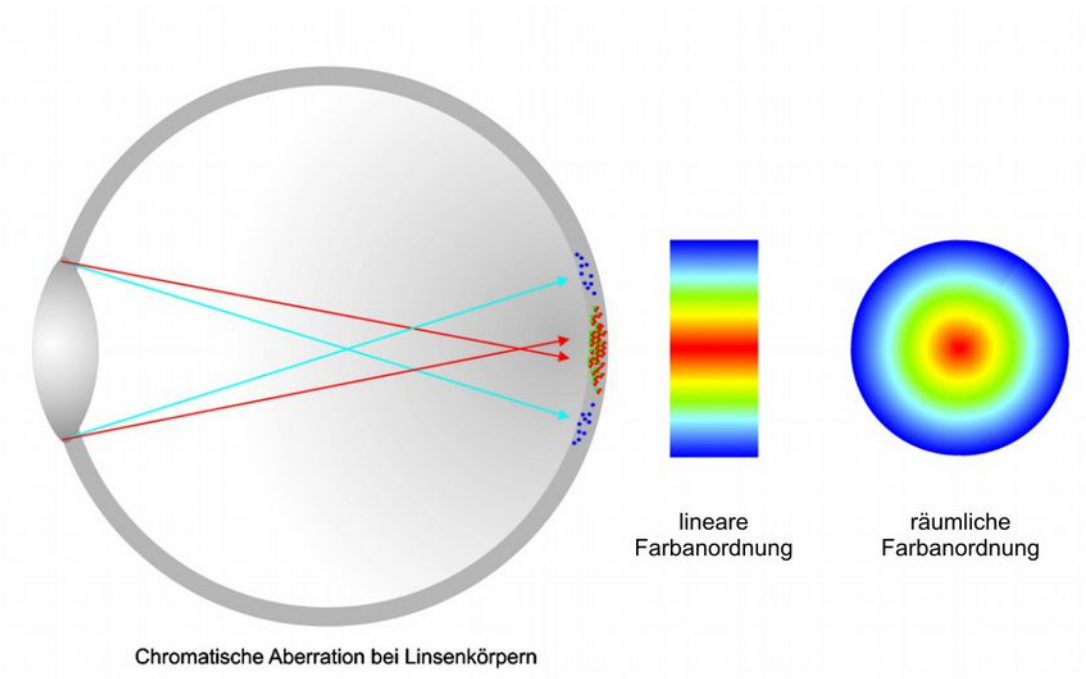
Prof. Karl Gegenfurthner: *„ Die Zapfen sind auf der Netzhaut zu einem unregelmäßigen Mosaik angeordnet. Die Dichte ist in der Fovea am höchsten und nimmt zur Peripherie hin ab. In der Foveola (den zentralen 30°) befinden sich nur Rot- und Grünzapfen. Blauzapfen gibt es nur in der peripheren Retina, wo sie mit einer geringeren Dichte auftreten. Sie machen insgesamt nur 9% aller Zapfen aus. Da die Sehschärfe von der Dichte der Zapfen abhängt, ist die Auflösung für Muster, die gezielt Blauzapfen anregen, relativ gering. Diese geringe Auflösung wiederum scheint aber perfekt an die Optik des Auges angepasst zu sein. Da Licht unterschiedlicher Wellenlängen wegen der unterschiedlich starken Brechung nicht gleichzeitig auf der Netzhaut fokussiert werden kann, entsteht vor allem bei kurzwelligem Licht eine retinale Unschärfe, die dem größeren Abstand zwischen den Blauzapfen entspricht.“*
(Quelle: http://www.allpsych.uni-giessen.de/karl/teach/farbe.html)

In der folgenden linken Abbildung ist ein Muster der Zapfenempfindlichkeitsbereiche im Bezug zum Farbenspektrum stilisiert. Da sich die „Blauzapfen“ in der Peripherie und die „Rot- und Grünzapfen“ im Zentrum der Fovea befinden, lässt sich die klassische Darstellung des Spektrums über die entsprechende Verteilung der relevanten Empfindlichkeiten erweitern. Bezieht man die Farbanordnung direkt auf die physiologisch gegebene räumliche Verteilung der Sinneszellen, lässt sich ein kreisförmiges Spektrum stilisieren, wie in der folgenden rechten Abbildung abgebildet.

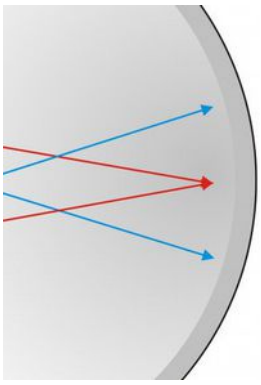


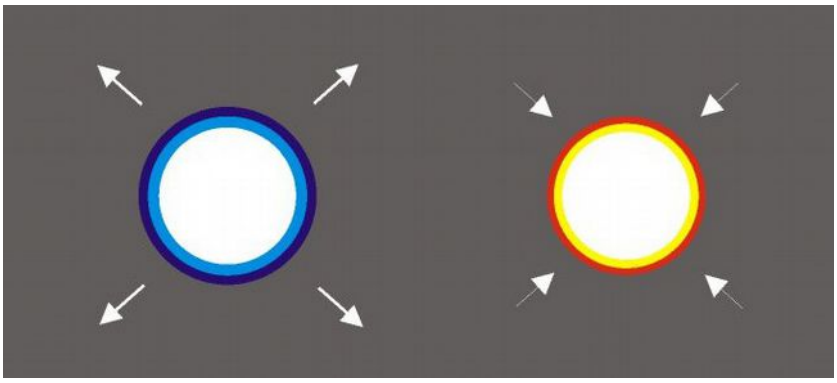


Die Verteilung der Zapfenarten ist direkt an die über die Linse erzeugte Projektion mit chromatischer Aberration angepasst. Die im kurzwelligen Lichtbereich empfindlichen Zapfen sind peripher angeordnet und bilden in ihrer Verteilung eine Art äußeren Ring um die zentraler verteilten Zapfensorten, die für den mittel- und langwelligeren Bereich empfindlich sind.
Die resultierende Farbanordnung ist ein Abbild der räumlichen Dispersion, die durch die Manipulation des Lichtes über die Linse erzeugt wird.
Aus diesem kreisförmigen Abbild lässt sich also, im Gegensatz zum klassischen Spektrum, ein Muster räumlicher Ausrichtungen der Dispersion erkennen.
Diese räumlichen Ausrichtungen sind dergestalt, dass in der Peripherie, also dem äußeren Bereich der Projektion, die kurzwelligen (cyanblauen) Lichtbereiche in einer Projektion vom Zentrum nach außen tendierend liegen. Dem zentral orientierten Ausrichtungsbereich der Projektion entsprechen die langwelligen (gelbroten) Lichtbereiche.



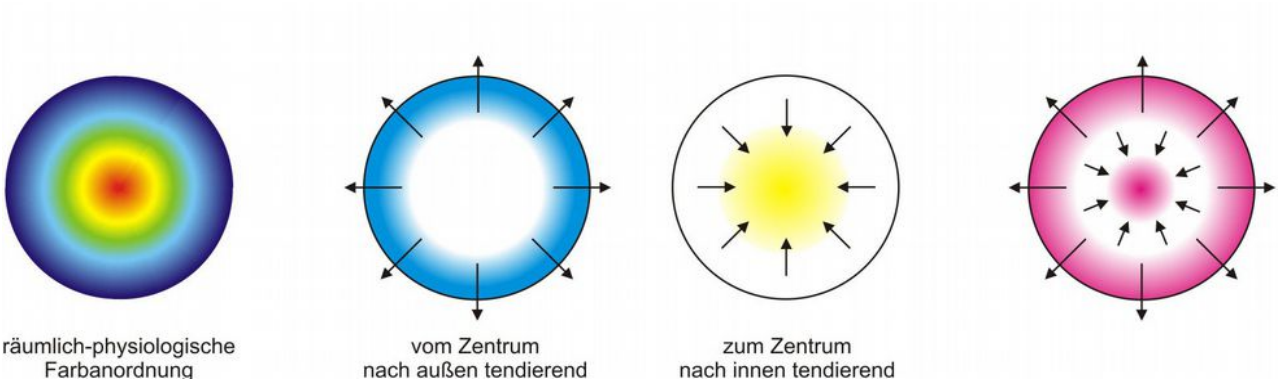
Der Prozess der chromatischen Aberration im menschlichen Auge weist spezielle räumliche Ausrichtungen auf, die im direkten Zusammenhang mit den vorher beschriebenen Interpretationen Goethes im Bezug auf farbige Ränder stehen. Beides entspricht der gleichen Erscheinung chromatischer Aberration durch Linsen.
Ich möchte hier eine Aussage Goethes wiederholen: *"...Wenn wir seine Ränder von dem Mittelpunkte aus scheinbar nach außen dehnen, indem wir es vergrößern, erblicken wir einen blauen Rand. Den Umkreis eben desselben Bildes können wir nach dem Mittelpunkt zu scheinbar hineinbewegen, indem wir das Rund zusammenziehen, da alsdann die Ränder gelb erscheinen."*





Bezieht man die Anschauung auf die tatsächlich sichtbaren Farben, gibt es immer eine spezielle Parallelität von Projektionsausrichtung und sichtbarer Farbenerscheinung. Diese wird heute, wie bereits erläutert, über frequenz- oder wellenlängenabhängige Dispersion erklärt, ohne jedoch den bereits von Goethe benannten räumlichen Aspekt der Projektionen zu berücksichtigen.

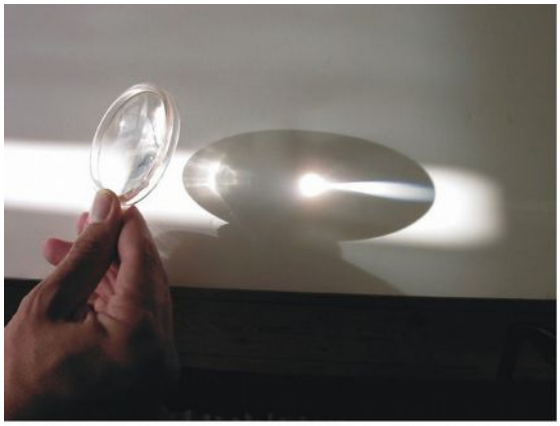
Geht man bei der Farbanordnung von der gleichen spektralen Farbenzusammensetzung aus, wie sie vorher postuliert wurde, sind Rot, Blau und Grün Zusammensetzungen, Gelb und Cyan bilden gegensätzliche Ausrichtungen, Magenta wirkt in beiden Ausrichtungen.
Dieser Aufbau lässt sich wie folgt bildhaft übertragen.

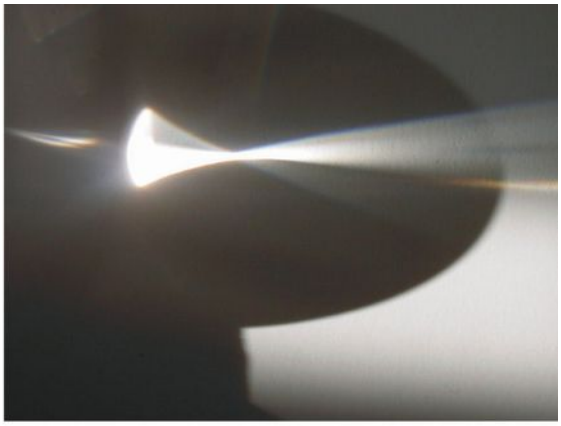


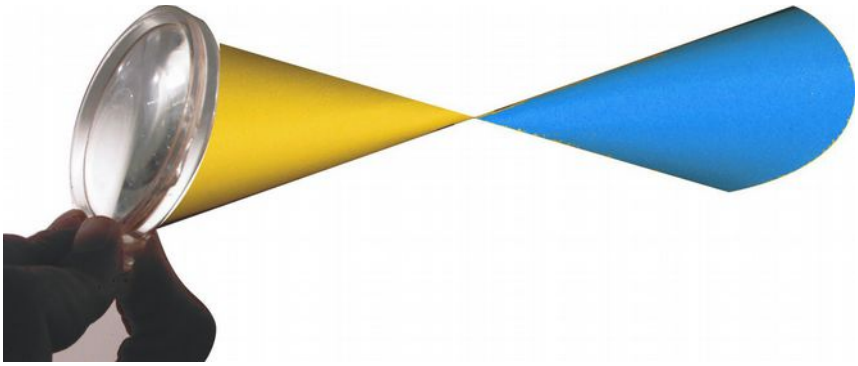
Eine gegensätzliche Ausrichtung von Gelb und Cyan, die bereits bei den Kantenspektren direkt zu erkennen war, zeigt sich auch bei der chromatischen Aberration an Linsen.
Die Farben Gelb und Cyan erscheinen analog mit der gegensätzlichen Ausrichtung im Prozess der Dispersion.
Es kann also sein, dass Gelb und Cyan als Farbenempfindungen einen Gegensatz formulieren, der im Zusammenhang mit den über Dispersion erzeugten Projektionsausrichtungen steht.

Ob der hier hervorgehobene räumliche Bezug der chromatischen Aberration in einem logischen Zusammenhang mit der Farbwahrnehmung steht, soll nun weiter untersucht werden.

Betrachtet man die Dispersion an Linsen als tendenzielle Veränderung eines Mediums (Licht), wird die Dimension des Mediums demnach über den Vorgang relativiert und in zwei mögliche Ausrichtungen oder Tendenzen verändert. Stellt man sich den Prozess der Dispersion im Projektionsverlauf vor, kommt dem Licht, als Medium, eine Veränderung der räumlichen Ausbreitungstendenz zu.





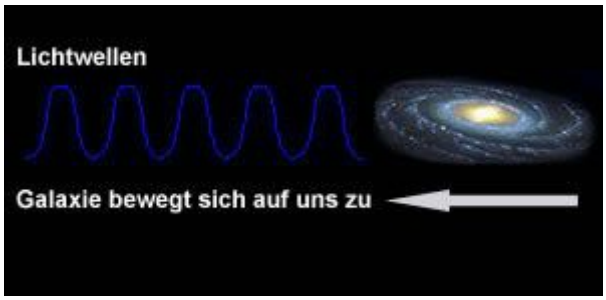


Durch die Lichtbrechung mittels Prismen, Linsen etc. erfolgt demnach eine tendenzielle Veränderung in einem räumlichen Bezug. Die räumlichen Ausrichtungen können allgemein als „Kontraktion“ (beim gelbroten Rand) und „Expansion“ (beim cyanblauen Rand) beschrieben werden.

Das widerspricht nicht dem klassischen Bezug der Farben auf Wellenlängenbereiche, benennt aber eine andere Analogie von Farbenerscheinung und Lichtprojektion. Es wird festgestellt, dass die Farben immer dann erscheinen, wenn eine spezielle Projektionsausrichtung erfolgt, bei der das Licht einer Veränderung seiner räumlichen Ausbreitungstendenz unterzogen ist.

Es gibt eine wissenschaftliche Erklärung aus dem Bereich des wellentheoretischen Lichtbildes, die eine Parallele zu dieser Feststellung bildet. Edwin Hubble hatte 1929 erkannt, dass die Spektren entfernter Galaxien zum Rotbereich hin verschoben sind und diese Rotverschiebung tendenziell zunimmt, je weiter die Galaxien entfernt von der Erde sind.
Albert Bünger dazu in „Werkzeuge der Philosophie“ 2005 (Quelle: http://www.ngc1365.de/philosophie.htm):
„Die Sterne als Strahlungsquellen senden mit ihrem Licht auch gleichzeitig Informationen. An diese Informationen kommt man, indem man das Licht der Sterne mit einem Spektroskop zerlegt. Dabei werden Emissions- und Absorptionslinien sichtbar. Diese Linien werden mit den Werten verglichen, die man im Labor ermittelt hat, z.B. vom Wasserstoff oder Helium. Die Photonen, die ihre Strahlungsquelle verlassen haben, bewegen sich unabhängig von ihrer Lichtquelle durch den Vakuumraum. Durch die Expansion des Vakuumraumes werden die Wellenlängen des Lichts während der Lichtlaufzeit gestreckt. Je weiter die Strahlungsquellen vom Beobachter entfernt sind, umso mehr wandern die Spektrallinien in den langwelligen Bereich. Daher kommt der Begriff "Rotverschiebung".

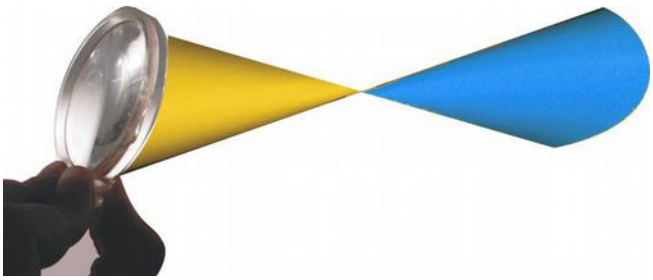
Dreht man diesen Ablauf theoretisch um, simuliert also, dass sich das Universum zusammenzieht und damit die Galaxien auf den Betrachter zukommen, gäbe es demnach eine gegensätzliche Verschiebung. In diesem Fall würden sich durch die Bewegung zum Betrachter hin die ankommenden Wellenlängen verkürzen. Im Sinne der Spektralfarben bedeutet das eine Verschiebung zum kurzwelligen (cyanblauen) Bereich.

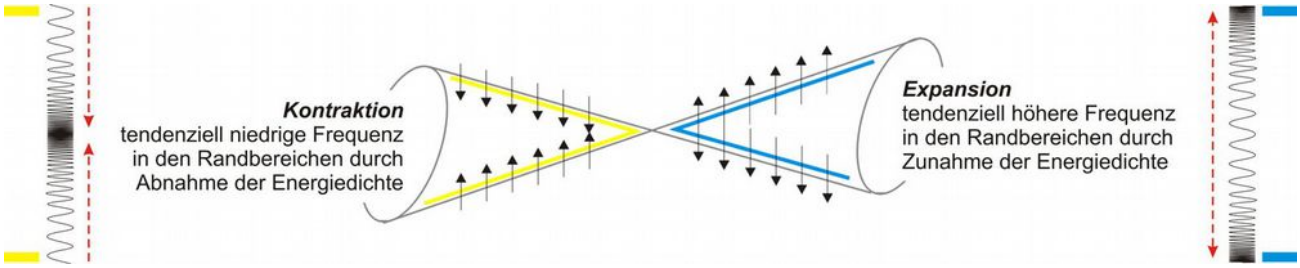


Quelle: http://www.der-kosmos.de/spektralanalyse.htm

Wie sich Licht ausbreitet hängt von der Raumzeit-Geometrie und deren Expansionstendenz ab. Innerhalb der Raumzeit-Geometrie kann Licht bekanntlich abgelenkt und scheinbar „gedehnt“ werden. Deshalb kann man verallgemeinern, dass sich die Ausbreitung von Licht in der Raumgeometrie eingebettet vollzieht und von dieser bestimmt wird. Somit kann von Lichteigenschaften auch auf Raumeigenschaften geschlossen werden, was Edwin Hubble mit der These der Raumexpansion tat.

Die vorher genannte Kontraktion des Lichtbildes kann einen analogen Vorgang zur „Rotverschiebung“ beinhalten, wenn man prinzipiell die Ausbreitung von Licht als in die Raumstruktur gebunden betrachtet.

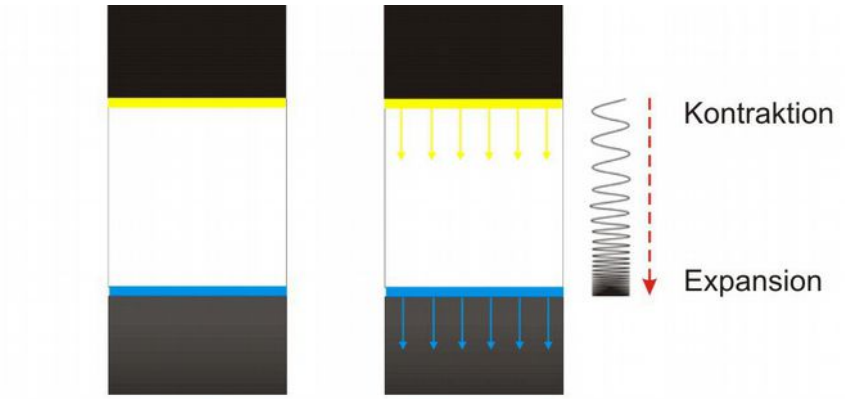




Das Medium (Licht) wird in einen Prozess der räumlichen Kontraktion versetzt. Während der Kontraktion entsteht durch die potentiell zentrische Tendenz des Mediums im äußeren Grenzbereich derselbe Effekt, wie bei der Rotverschiebung Hubbles. Das Medium bewegt sich durch den Kontraktionsprozess zentrisch in die Mitte tendierend. Dadurch kommt es in den Außenbereichen zur potentiellen Langwelligkeit, die wir im remittierten Projektionsbild farblich als gelbroten Rand wahrnehmen können.
Das Gegenteil tritt bei der vorher genannten Expansion auf. Hier tendiert die Tendenz nach außen. Dadurch tritt in den Grenzbereichen eine potentielle Kurzwelligkeit auf, die wir im Projektionsbild als cyanblauen Rand wahrnehmen.

Frequenzbereiche und deren Farbenanalogie werden hier *nicht als Bestandteile* des heterogenen Mediums Licht gedacht oder gar vorausgesetzt, sondern als Produkte wirkender Veränderungsprozesse. Ob das Licht vorher einer heterogenen Natur entsprochen hat, ist für die Farbenzuordnung nicht von ursächlicher Bedeutung. Ausschlaggebend für die Farbenwahrnehmung bei prismatischen Experimenten wären demnach praktische Veränderungsprozesse mit tendenziellen Ausrichtungen, denen unser Sinnesorgan optische Farbwahrnehmungen zuordnet.
Wir sehen nach dieser Annahme keine einzelnen Bestandteile des Lichtes in Form von Farben, sondern lichttypische *Ausrichtungen*, die durch Wechselwirkungen hervorgebracht werden. Diese finden in einem dynamisch-räumlichen Bezug statt.

Diese Wirkungsweisen lassen sich auch auf die klassischen Kantenspektren beziehen. In der folgenden Darstellung sind die entstehenden Kantenspektren auf Gelb und Cyan reduziert.



Wenn die Farben an Ausrichtungen bei den Projektionen gebunden erscheinen, stellt sich die Frage, was der Vorgang der Lichtbrechung tatsächlich bewirkt und was wir über die Farben davon sichtbar machen. „Lichtbestandteile“ sind es offensichtlich nicht.

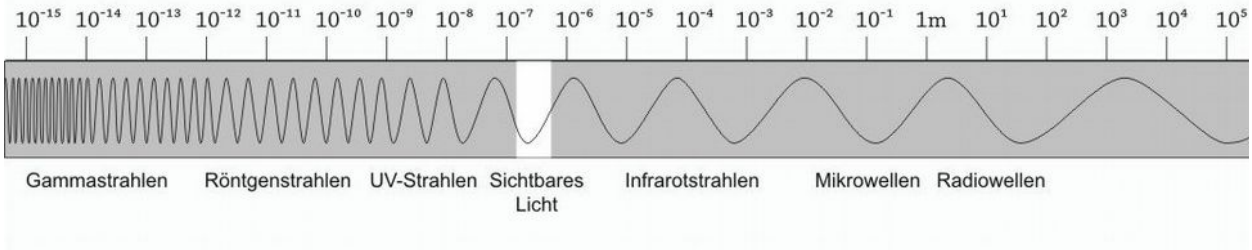
Bei der prismatischen Lichtbrechung in die Spektralfarben kann es sich um einen komplexeren Vorgang handeln, als bisher angenommen. Das Besondere ist, dass dieser Prozess unser Sinnesorgan zu einer Wahrnehmung anregt, bei der typische Farbenzuordnungen vollzogen werden. Es handelt sich dabei um eine durch das Experiment künstlich hervorgerufene *„simulierte Situation“*.
<u>Energietendenzen werden erzeugt und vom Sehsinn Farbenzuordnungen gesetzt.</u>
Das widerspricht nicht prinzipiell einer möglichen Parallelität von Farben und Wellenlängen- oder Frequenzbereichen. Es wird jedoch ein, in den Experimenten auftretender, dynamischer Prozess als Ursache und besondere Situation benannt, bei dem sich ein Mechanismus der Farbenzuordnung durch den Sehsinn zeigt. Dadurch werden aber keine direkten Aussagen über die Zusammensetzung des Lichtes gemacht, wie Newton es tat. Die Farben werden nicht aus einer Aufspaltung in „Lichtbestandteile“ begründet, sondern als optische Werte erkannt, die Wirkungsweisen sichtbar unterscheiden. Hier wird deutlich, dass das Prisma nur ein begrenzter Glaskörper ist, dessen Versuchs- und Erklärungspotential in der Farbenlehre überbewertet ist bzw. falsch ausgelegt wird.
Was objektiv bei Prismenversuchen gegeben ist, ist die Wahrnehmung von Farben, die an bestimmte Ausrichtungstendenzen gebunden erscheinen. Welche Ausrichtungen werden hier gekennzeichnet und differenziert? Ist der Raumbezug, der bei den Projektionsausrichtungen vorliegt, von Bedeutung?

Einleitend möchte ich hierzu Prof. Klaus Schawelka zitieren:
„Farbe - Warum wir sie sehen, wie wir sie sehen“, S. 34, Bauhaus-Universität Weimar, 2007
Quelle: e-pub.uni-weimar.de/opus4/files/1231/Schawelka_Farbe.pdf

„Ähnlich ist es, wenn wir unsere Farbempfindungen konkreten Objekten, Oberflächen oder wenigstens Richtungen im Raum zuordnen. Wir verfügen im Gehirn über mindestens eine Repräsentation des Raumes, in dem wir uns befinden, wo wir Objekte unterscheiden, die räumlich geordnet sind, und beispielsweise die Flasche auf dem Tisch vom Schatten, den sie wirft, mühelos unterscheiden. Dieser Repräsentation (oder: diesen Repräsentationen) des Raums in unserem Gehirn werden die Farben zugeordnet, nicht irgendwelchen Entitäten in der physikalischen Welt, und es gehört zum Wesen der Farbempfindungen, dass wir dies ganz selbstverständlich und automatisch tun, auch wenn wir zu einem gewissen Grad davon abstrahieren können. Wären die Farbempfindungen völlig unabhängig von der Raumwahrnehmung mit den Objekten in ihm, unabhängig von ihrer wahrgenommenen Größe, Form, räumlichen Gruppierung etc., so würden sie uns wenig nützen. Daraus ergibt sich, dass die Farbempfindungen nicht unabhängig von der Repräsentation (oder: den Repräsentationen) des Raums im Gehirn und den darin unterschiedenen Objekten sind. Da mindestens noch der Tastsinn und die durch Eigenbewegungen des Körpers gelieferten Informationen in die mentalen Repräsentationen des Raumes mit eingehen, werden unsere Farbempfindungen wohl auch von ihnen modifiziert. Die Farbempfindungen beziehen sich nicht direkt auf die Außenwelt, sondern auf andere mentale Konstrukte des gleichen Gehirns, den Raumvorstellungen z. B. Das Gehirn selber produziert also Annahmen über die Außenwelt. Auch wenn diese Raumkonstruktionen eher der Vorbereitung von Handlungen dienen, die der Situation angemessen sind, als dass sie zur Erkenntnis des Raums an sich führen, so dienen Farbempfindungen doch der Differenzierung, Gliederung und Bewertung der Objekte in diesem geistigen Konstrukt.“

Licht, Farbe, Raum und Lebensraum

Das Licht wird heute als ein in Raum und Zeit veränderliches Wellenfeld beschrieben. Licht ist im physikalischen Sinne dabei ein bestimmter Teilbereich des elektromagnetischen Wellenfeldes.



Gemäß der Speziellen Relativitätstheorie ist die Geschwindigkeit des Lichts im Vakuum die absolute Grenzgeschwindigkeit für Information.
Gemäß der Quantentheorie ist Licht quantisiert in Lichtteilchen, den Photonen. Diese Photonen gelten als Austauschteilchen der elektromagnetischen Kraft.
Beim Licht besteht scheinbar eine besondere Beziehung zum Raum, denn Licht hat laut physikalischer Auffassung keine Ruhemasse, ist demnach „masselose Energie“ im Raum.

Nach der Formel $E = mc^2$ (E = Energie, m = Masse, c = Lichtgeschwindigkeit) sind Energie und Masse äquivalent. Je mehr ein bewegtes Objekt sich der Lichtgeschwindigkeit nähert, desto rascher wächst seine Masse, und die Energie, die benötigt wird, es noch weiter zu beschleunigen, steigert sich ins Unendliche, so dass kein Objekt, das eine Ruhemasse besitzt, sich jemals mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten kann. Elektromagnetische Energie breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.
Das gilt für alle Frequenzbereiche, nicht nur für den sichtbaren Lichtbereich. Die Lichtgeschwindigkeit ist also eine typische Eigenschaft der elektromagnetischen Energie. Wissenschaftlich lassen sich Lichteigenschaften mal als charakteristische Teilcheneigenschaften und mal als charakteristische Welleneigenschaften erklären. Diese Dualität besagt auch, dass Wellen Teilchencharakter haben können und Teilchen Wellencharakter. Wellen werden als Ausbreitung einmaliger oder sich periodisch wiederholender Störungen der Teilchen eines Mediums oder der Feldgrößen physikalischer Felder innerhalb eines Mediums oder des Vakuums angesehen. Es wird hervorgehoben, dass sich auch ohne Beteiligung eines Stoffes im Vakuum Wellenfelder ausbilden können. Diese Eigenschaft wird also auch dem „leeren“ Raum an sich zugeschrieben. Das im Weltraum herrschende Vakuum ist nicht völlig leer. In ihm kommen statische, elektrische und magnetische Felder, Gravitationsfelder sowie elektromagnetische Wellen (Photonen) und auch Teilchenströme vor. Im freien Vakuum existiert eine immense Anzahl von Vakuumfluktuationen mit Frequenzen bis fast ins Unendliche. Nach der reinen Quantenelektrodynamik könnten diese Frequenzen bis unendlich gehen, aber aufgrund der Geometrodynamik hat die Wellenlänge theoretisch eine untere Grenze bei der Planck'schen Länge, und damit die Frequenz eine zugehörige obere Grenze.
Heinrich Hertz: *„Die Wellentheorie des Lichts ist, menschlich gesprochen, Gewissheit; was aus derselben mit Notwendigkeit folgt, ist ebenfalls Gewissheit. Es ist also auch gewiss, dass aller Raum, von dem wir Kunde haben, nicht leer ist, sondern erfüllt von einem Stoffe, welcher fähig ist, Wellen zu schlagen….“* H. Hertz „Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität“, Vortrag, Heidelberg 1889

Der Raum ist in der menschlichen Erfahrung durch die Dimensionen Höhe, Breite und Tiefe bestimmt und existiert als grundlegendes Ordnungsmodell. Raum ermöglicht materielle Ausdehnung.
Ebenso spielen sich alle physikalischen Vorgänge im "Raum" ab. Raum ist somit eine Art „Behälter“ für Materie und Felder. Der Raumbegriff hat sich in der Fortentwicklung der Physik stark gewandelt. Neben der Vorstellung des unabhängig von der Materie existierenden Raumes, gibt es u.a. auch das Machsche Prinzip, welches besagt, dass der Raum erst durch die Materie erzeugt wird, dass also kein Raum ohne Materie existieren könnte. (siehe auch http://www.enzyklo.de/Begriff/Raum)

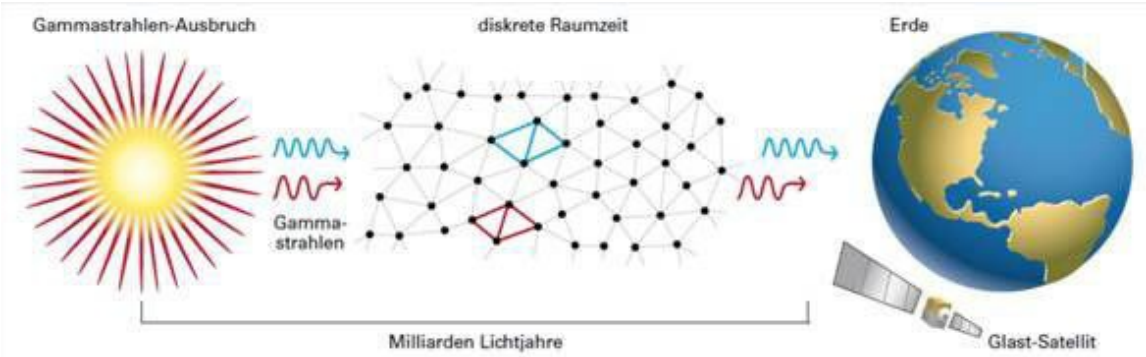
In der Speziellen Relativitätstheorie ist der Raum vom Beobachter abhängig, nicht jedoch von den physikalischen Vorgängen in ihm. Das ändert sich in der Allgemeinen Relativitätstheorie, in der die Gravitation durch Krümmung der Raumzeit beschrieben wird, welche auch eine Krümmung des Raumes bedeutet. Die Geometrie der Raumzeit hängt von den im Raum vorhandenen Teilchen und Feldern ab.

Es stellt sich bis heute die Frage, was der Raum an sich ist und wie man in ihm das elektromagnetische Feld einordnen kann. Weil sich der vorliegende Text mit der Sinnesempfindung auseinandersetzt, die durch elektromagnetische Energie ausgelöst wird, muss man diesen Zusammenhang beschreiben.
Das erweist sich jedoch (besonders für einen Künstler) als eigentlich unmöglich, denn es gibt bis heute keine wissenschaftliche Erkenntnis, auf die man sich in klärender Weise berufen könnte.

Für die Beantwortung der Frage, wie sich die elektromagnetische Energie im Raum ausbreiten kann, entwickelte die Wissenschaft viele Theorien, die die Existenz eines „Äther“, als raumfüllenden Stoff, schlussfolgerten. Dieser Äther ist eine hypothetische Substanz, die im ausgehenden 17. Jahrhundert als Medium für die Ausbreitung von Licht postuliert wurde.
Augustin Jean Fresnel war es, der eine ausgearbeitete und vielfach bis zur heutigen Zeit gültige Theorie der optischen Erscheinungen auf Basis des Lichtäthers gab. Er leitete sie 1816 bis 1819 nach dem Vorbild der Mechanik aus Eigenschaften des Äthers ab. Nach seiner Theorie verhält sich der Äther gegenüber Transversalwellen wie ein elastischer Festkörper. Das bedeutet, im leeren Raum ist der Äther in Ruhe und das Licht breitet sich in alle Richtungen gleich schnell aus.
Durch die Maxwellschen Gleichungen, die James Clerk Maxwell 1861 bis 1864 entwickelt hatte, konnte schließlich die Vereinigung der Optik und Elektrodynamik erreicht werden. Der Äther, von dessen Wirksamkeit Maxwell fest überzeugt war, wurde dadurch zum Träger aller elektromagnetischen Phänomene, einschließlich der Optik. In dem von ihm verfassten Eintrag in der Encyclopaedia Britannica 1878 stellt er am Ende zusammenfassend fest: *„Welche Schwierigkeiten wir auch haben, eine konsistente Vorstellung der Beschaffenheit des Äthers zu entwickeln: Es kann keinen Zweifel geben, dass der interplanetarische und interstellare Raum nicht leer ist, sondern dass beide von einer materiellen Substanz erfüllt sind, die gewiss die umfangreichste und vermutlich einheitlichste Materie ist, von der wir wissen.“* (Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell)
1888 wies Heinrich Hertz die von Maxwell vorausgesagte endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Kräfte nach. Er brachte die zeitgenössische Ansicht über den Äther auf den Punkt: *„Nehmt aus der Welt die Elektrizität, und das Licht verschwindet; nehmt aus der Welt den lichttragenden Äther, und die elektrischen und magnetischen Kräfte können nicht mehr den Raum überschreiten.“* (Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%84ther_%28Physik%29)
Zwischen 1892 und 1906 entwickelten Hendrik Antoon Lorentz und Henri Poincaré eine Theorie, die Fresnels Äthertheorie mit den Maxwell-Gleichungen und der Elektronentheorie von Rudolf Clausius vereinte. Lorentz führte dafür eine strikte Trennung zwischen Materie und Äther ein.
Max Born identifizierte den Lorentz-Äther dann mit dem absoluten Raum Isaac Newtons.
Mit der Speziellen Relativitätstheorie wurde die scheinbare Notwendigkeit eines Äthers, als ein mit einem Bewegungszustand ausgestattetes Medium, hinfällig, denn mit ihrer Hilfe lässt sich die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen widerspruchsfrei beschreiben.
Trotzdem die Frage nach einem Äther mit Einsteins Theorie gelöst schien, wies Einstein später selbst auf die Notwendigkeit eines Äthers hin. Der von Einstein postulierte Äther unterscheidet sich jedoch grundlegend von den älteren Hypothesen, weil er nicht mehr als raumfüllendes Medium gesehen wird, sondern direkt auf die Eigenschaften des Raumes bezogen ist. Einstein verbindet also den Ätherbegriff mit den Eigenschaften des Raumes an sich. So schrieb er 1920 in der Arbeit „Äther und Relativitätstheorie“, dass die spezielle Relativitätstheorie den Äther nicht notwendigerweise ausschließe, da man dem Raum physikalische Qualitäten zuschreiben müsse, um Effekte wie Rotation und Beschleunigung zu erklären. Und in der allgemeinen Relativitätstheorie könne der Raum nicht ohne Gravitationspotential gedacht werden. Deswegen könne man von einem „Gravitationsäther“ im Sinne eines „Äthers der Allgemeinen Relativitätstheorie“ sprechen. Dieser sei von allen mechanischen Äthermodellen bzw. dem Lorentzschen Äther grundverschieden, da auf ihn der Bewegungsbegriff nicht angewendet werden könne:

„Indessen lehrt ein genaueres Nachdenken, daß diese Leugnung des Äthers nicht notwendig durch das spezielle Relativitätsprinzip gefordert wird. […] Nach der allgemeinen Relativitätstheorie ist der Raum mit physikalischen Qualitäten ausgestattet; es existiert also in diesem Sinne ein Äther. Gemäß der allgemeinen Relativitätstheorie ist ein Raum ohne Äther undenkbar; denn in einem solchen gäbe es nicht nur keine Lichtfortpflanzung, sondern auch keine Existenzmöglichkeit von Maßstäben und Uhren, also auch keine räumlich-zeitlichen Entfernungen im Sinne der Physik. Dieser Äther darf aber nicht mit der für ponderable Medien charakteristischen Eigenschaft ausgestattet gedacht werden, aus durch die Zeit verfolgbaren Teilen zu bestehen; der Bewegungsbegriff darf auf ihn nicht angewendet werden.“ (Quelle: Victor Kantorowicz „Auf der Suche nach Einsteins Feldtheorie“, Norderstedt 2005)

Wie soll man für die weitere Betrachtung den Zusammenhang von Raum und der sich in ihm ausbreitenden elektromagnetischen Energie beschreiben?
Besonders die Frage nach dem Wesen des Raumes ist wissenschaftlich immer wieder kontrovers diskutiert und nur spekulativ gelöst. Als Beispiel soll hier noch die „Schleifenquantengravitation“ erwähnt sein. Diese geht von einer bestimmten Raumstruktur aus, über die Energie übertragen wird. Jedes Photon (Teilchen des elektromagnetischen Feldes) besetzt, während es durch den Raum wandert, in jedem Augenblick ein gewisses Liniengebiet im Spin-Netzwerk des Raummodells (siehe Abbildung).



(Quelle: Nadia Strasser, http://www.wissenschaft-online.de/spektrum/leseproben/Quantenrz.pdf)

Aus Sicht der Schleifenquantengravitation ist der Raum kein Hintergrund für das in ihn eingebettete Geschehen, sondern selbst ein dynamisches Objekt, das den Gesetzen der Quantenmechanik gehorcht. Eine Aussage dieser Theorie ist, dass man sich das Netzwerk nicht als in den Raum eingebettet vorstellen kann. Ein Raum als Behälter für das Netz existiert nicht. Das Netz selbst ist der Raum. Elementarteilchen entsprechen Netzknoten oder Knoten-Kombinationen mit bestimmten Eigenschaften. Die Bewegung von Teilchen entspricht dabei einer Verschiebung entsprechender Knotentypen im Netz, die sich fortbewegen oder auch um einander drehen können.

Wenn die Beschreibung von Raum und Raumeigenschaften so schwierig ist, wie verhält es sich dann mit dem Licht, als elektromagnetische Energie im Raum?

Das sichtbare Licht ist an sich keine eigene Größe. Genauso, wie wir mit Sicherheit herleiten, dass die Farben nicht „real“ existieren, sondern Produkte unserer Wahrnehmung sind, muss dem Licht eine solche „reale“ Existenz ebenfalls abgesprochen werden. Licht ist also auch ein Produkt unserer Wahrnehmung und ist außerhalb dieser als solches nicht existent.
(Richard P. Feynman bezeichnete in seinem Buch „QED – Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie“, auf Seite 24, dagegen das gesamte elektromagnetische Spektrum als „Licht“, obwohl der Lichtbegriff ursprünglich direkt an die von uns sichtbaren Erscheinungen gebunden ist.)

Sichtbares Licht wird erst über unseren Sehsinn erzeugt, ist Bestandteil unserer optischen Differenzierung und auch auf diese begrenzt. Entgegen der klassischen Lichttheorie differenzieren wir dabei nicht das Licht an sich, sondern unseren Lebensraum! Das ist ein wichtiger Unterschied.

Weil der „Lebensraum“ sich auf die „materielle Raumkonstellation des sichtbaren Umfeldes“ bezieht, sind die sichtbaren Raumeigenschaften von der vorhandenen Materie bestimmt bzw. Raum und Materie hier als Einheit optisch abgebildet.
Wenn ein Teilbereich des elektromagnetischen Feldes für die optische Differenzierung genutzt wird, dann muss dieser vor der Sinneswahrnehmung mit dem materiellen Umfeld in Wechselwirkung gestanden haben. (Das Licht das wir sehen, wurde ursprünglich von Atomen unserer materiellen Umgebung ausgesandt, die durch Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Feld zum „Leuchten“ angeregt wurden.) Wir wollen ja nicht das Licht sehen, sondern das materielle Umfeld differenzieren.

Sichtbares Licht und Farben sind optische Projektionen, die Wechselwirkungen des elektromagnetischen Feldes mit der uns umgebenden Materie visualisieren. Weil sich das Sichtbare in unserer optischen Wahrnehmung über das „Licht“ und die Farben definiert, müssen das Licht und die Farben auch einen direkten Bezug zum sichtbaren Lebensraum herstellen. Denn es geht bei der optischen Orientierung um das Sichtbarmachen der uns umgebenden materiellen Ordnung im Raum.

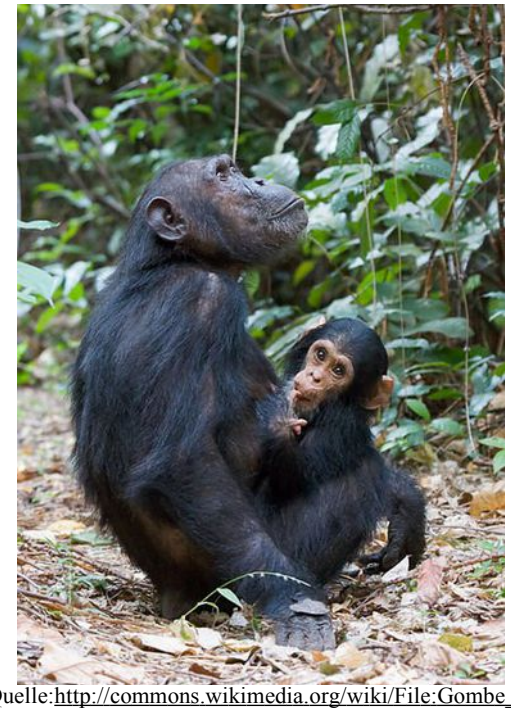
Alles, was wir sehen, ist also nicht das „Licht“ als solches, oder gar die Farben als Lichtbestandteile, sondern die uns umgebende materielle Raumkonstellation.

Ob das „Licht“, als elektromagnetisches Feld, dabei ein Medium im Raum ist, oder der Raum schon an sich Träger des Mediums, bleibt spekulativ und Interpretation.
Wichtig ist jedoch die Formulierung des grundsätzlichen Raumbezuges der optischen Wahrnehmung. Der Zusammenhang von Licht- und Raumeigenschaften wurde bereits an anderer Stelle erwähnt. Bei der Umschreibung der sogenannten „Rotverschiebung“, die Edwin Hubble entdeckte, wurde erwähnt, dass die Ausbreitung des Lichtes von der Raumzeit-Geometrie und deren Expansionstendenz abhängt. Innerhalb der Raumzeit-Geometrie kann Licht abgelenkt, „gedehnt“ oder „gestaucht“ werden. Deshalb kann man verallgemeinern, dass sich die Ausbreitung von Licht in der Raumgeometrie eingebettet vollzieht. Man kann also mittels vorhandener Lichteigenschaften auf Raumeigenschaften schließen, wie es u.a. Edwin Hubble mit der These der Raumexpansion tat (Dehnung der Raumzeit um den Faktor x dehnt auch die Wellenlänge des Photons). Wäre das elektromagnetische Feld nicht in die Raumprozesse eingebunden, müsste die "Rotverschiebung" nicht zwingend erfolgen. Der Raum könnte sich ausdehnen und das elektromagnetische Feld bliebe davon unberührt. Das ist aber nicht so.

Sehen wir den uns umgebenden Raum, oder sehen wir nur die uns umgebende elektromagnetische Energie? Wenn es um Letzteres ginge, würde der Sehsinn die im Anschluss erklärte Farbkonstanz nicht hervorbringen und benötigen. Es geht also um mehr, als die Unterscheidung von Wellenlängen.

Wenn sichtbares Licht und Farben nach den vorangegangenen Feststellungen eine Projektion unseres Sehsinns sind, kann man im eigentlichen Sinne auch fordern, dass diese Projektionen sich auf real vorhandene Eigenschaften der materiellen Raumkonstellation beziehen. Für den Aufbau eines raumbezogenen optischen Bildes vergleicht und wertet unser Sinnesorgan die elektromagnetische Struktur des Umfeldes aus, die durch die speziellen Materieeigenschaften der vorhandenen Stoffe beeinflusst und geprägt wird.
Wir sehen nicht das Licht allgemein, sondern nur typisch remittiertes Licht. D.h., wir sehen Wechselwirkungen des Lichtes mit Materie in einem ganz speziellen Lichtbereich, der uns optisch den uns wichtigen Lebensraum erschließt. Der von uns sichtbare Lichtbereich ist demnach auf den von uns sichtbaren Lebensraum zurückzuführen. Wir sehen also in diesem Bereich, weil wir hier Eigenschaften des natürlichen Lebensraumes sichtbar machen können. Folglich bestimmen die Eigenschaften der Natur, die wir sichtbar machen wollen, auch den Umfang des von uns sichtbaren Spektrums.

Die Lichteigenschaften der materiellen Natur (Lebensraum) kann man in Hinsicht auf Remissionsbereiche ganz klar an einem Mittelwert fixieren. Das ist der „mittelwellige“ Lichtbereich, der von uns als Grün farblich gesehen wird und dem wichtigsten Lebensbereich, der Flora, entspricht. Im Grünbereich können wir nachweislich farblich am detailreichsten unterscheiden. Diese Fixierung auf die Lichteigenschaften der Flora ist auch ausschlaggebend für die Dimensionierung des sichtbaren Spektrums. Denn unser Sehen orientiert sich hauptsächlich an diesem Lebensraumbereich über die Farbenwerte. Darauf weist auch die Tatsache hin, dass die mit dem Menschen nah verwandten Primaten über ein identisches Farbensehen verfügen. Der Sinn, überhaupt Farben zu sehen, hat also seinen Ursprung in unserer evolutionären Vergangenheit, die noch unmittelbar in einem natürlichen Umfeld für Farbenwahrnehmung verlief.



(Quelle:http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gombe_Stream_NP_Mutter_und_Kind.jpg)

Bei einem typischen Lebensraum ist deshalb auch eine Übereinstimmung mit elektromagnetischen Energietendenzen und bestimmten Farbenzuordnungen gegeben. Das bedeutet aber nicht, dass die spezifische Lichtfrequenz immer mit einer bestimmten Farbe gleichzusetzen wäre. Die Effekte von Beleuchtung und Reflektanz der Materie lassen sich nicht trennen, da das auf das Sehorgan wirkende Licht das Produkt beider Faktoren ist. Trotzdem scheint es uns möglich zu sein, Objekte unter sich wechselnden Beleuchtungsbedingungen immer mit der gleichen Farbe wahrzunehmen.

Latente Verschiebungen von Energieausrichtungen in der sichtbaren Struktur des Umfeldes, die täglich durch einen stetig wechselnden Sonnenstand stattfinden, bedingen, dass unser Sinnesorgan flexibel reagieren und über Vergleichsmechanismen ein relativ konstantes Bild der Wahrnehmung (Farbenzuordnung) erzeugen muss. Das erfolgt grundsätzlich über einen Vergleich allgemeiner Energietendenzen, durch den wir erst in der Lage sind, eine relativ konstante Farbwertbildung aufzubauen. Diese Fähigkeit des Sehorgans nennt man Farbkonstanzbildung.
Die Farbkonstanz ist ein wesentlicher und notwendiger Prozess der Wahrnehmung.
Einen großen Anteil an der Entdeckung der Fähigkeit zur Farbkonstanz hat der amerikanische Physiker Edwin Land, der zudem auch einen klaren Nachweis dafür fand, dass sichtbare Farben nicht mit fest definierbaren Wellenlängen zusammenwirken bzw. von diesen abhängen.
DER SPIEGEL Nr. 33, 1959: *„In einer Kette brillanter Experimente demonstrierte Dr. Land, dass das Auge keineswegs "rote" Wellenlängen des Lichts benötigt, um rot zu sehen, "gelbe" Wellenlängen des Lichts, um gelb, oder "grüne", um grün zu erblicken. Das Auge, bewies Land, sieht auch dann alle Farben des Regenbogens, wenn es nur mit zwei Farben verschiedener Helligkeit gefüttert wird. Das bedeutet: Die Wellenlängen der Lichtstrahlen spielen längst nicht die entscheidende Rolle, die alle Wissenschaftler ihnen bisher zuschrieben. Das Farbensehen ergibt sich nach Land vielmehr aus dem Zusammenwirken kürzerer und längerer Wellen, die gleichzeitig auf das Auge treffen.“* Q28
Abbildung Versuchsaufbau von Dr. Edwin Land:

Copyright Rowland Institut, Cambridge

Karl R. Gegenfurtner veranschaulicht die Fähigkeit zur Farbkonstanz so: *„Das Spektrum des in das Auge fallenden Lichts hängt von zwei Faktoren ab. Von der Spektralverteilung der Beleuchtungsquelle, und von der Reflektanz der Objekte, über die das Licht ins Auge reflektiert wird. Nur ein Teil des auf ein Objekt fallenden Lichts wird reflektiert. Der andere Teil der Strahlung wird absorbiert und zumeist in Wärmeenergie umgewandelt.*
Das ins Auge gelangende Licht ist das Produkt aus Beleuchtung und Reflektanz, so dass diese beiden Faktoren anschließend nicht mehr getrennt werden können. Ein rötlicher Farbeindruck kann danach gleichermaßen durch rötliche Beleuchtung eines weißen Stück Papiers, oder durch weiße Beleuchtung eines rötlichen Stück Papiers zustande kommen. Obwohl mathematisch beides zur gleichen Wellenlängenverteilung führt, kann unser visuelles System zumeist doch Rückschlüsse auf die Reflektanz der Objekte ziehen. Diese Leistung wird "Farbkonstanz" genannt. Der Vorteil der Farbkonstanz liegt darin, dass die Reflektanz eine invariante Eigenschaft der Objekte ist, und sich daher zur Objekterkennung sehr gut eignet.“ (Quelle: http://www.allpsych.uni-giessen.de/karl/teach/farbe.html)

Wir müssen also Gesamtverschiebungen innerhalb der Energiestruktur des Umfeldes ständig durch flexible Farbanpassung ausgleichen. Dabei sind primär die Verhältnisse und Eigenschaften innerhalb der materiellen Struktur bei wechselnder Beleuchtung ausschlaggebend. Das erfordert die Fähigkeit zu einem stetigen Vergleichsprozess tendenzieller Ausrichtungen. Genau diese Fähigkeit macht den Einsatz von Farbenwerten zur optischen Orientierung überhaupt erst sinnvoll und machbar.

Das beinhaltet, dass die Farbenwahrnehmung grundsätzlich ein stetiger Prozess ist und nicht an spezielle Energiefrequenzen oder Wellenlängen, wohl aber an Energietendenzen bzw. tendenzielle Energieausrichtungen gebunden stattfindet.

Die Farben und ihre Wirkungsweisen machen keinen Sinn, wenn man sie vom Verständnis her nur auf Lichtfrequenzen, ohne weitere Zuordnung, zurückführt. Den Farben käme keine besondere Unterscheidung ihrer Charaktere zu. Genau hier versagt auch die klassische Farbentheorie. Obwohl man weiß, dass die Farben sich im Einzelnen ganz spezifisch unterscheiden lassen, gibt es keine wirkliche Erklärung, was diese unterschiedlichen Sinnesempfindungen beinhalten und was die Farben im Einzelnen bedeuten.

Bezieht man die Aussage, dass die Farbwahrnehmung an Energietendenzen gebunden erscheint, auf die optische Farbenwirkung von Gelb und Cyan, entspricht der nicht statische, sondern dynamische Charakter dieser Farben einem Empfindungseindruck, der tatsächlich geeignet ist, tendenzielle Ausrichtungen zu beschreiben.

Eine sehr wichtige Frage ist nun, wie die Farben, die nach den vorherigen Anschauungen an dynamische Prozesse gebunden erscheinen, mit der von uns sichtbaren Natur in Verbindung stehen. Sind die „natürlichen“ Farben allein aus dem unterschiedlichen Energiegehalt remittierten Lichtes herzuleiten, oder ist die genannte raumbezogene Komponente ausschlaggebend?
Welchen Sinn kann die Verbindung von Raum- und Energieverhältnissen für das Farbensehen, das wir in der Natur optisch anwenden, haben?
Wenn der beschriebene Zusammenhang der Farbenentstehung mit den genannten raumbezogenen Tendenzen von Bedeutung ist, müsste er sich auch in der empfundenen Raumwirkung von Farben widerspiegeln.

Zur Raumwirkung der Farben

Der Mensch nimmt seine Umgebung optisch so wahr, wie es ihm am nützlichsten ist. Stellen wir uns eine Situation vor, in der man das Sehen erst hervorbringen muss, in der man also das Vorhandene erst sichtbar zu machen und zu differenzieren hat.

Der Mensch und viele Tiere besitzen zwei nebeneinander liegende Augen, mit denen gleichzeitig derselbe Punkt im Raum betrachtet werden kann und ein stereoskopisches Sehen möglich ist. Obgleich die Tatsache, dass wir zwei Augen haben, ein wichtiger Faktor für das räumliche Sehen ist, gibt es auch schon beim monokularen Sehen viele Hinweise darauf, wie die wahrgenommenen Objekte relativ zueinander im Raum angeordnet sind. Ist eine stereoskopische Betrachtung nicht möglich oder betrachtet man eine Abbildung, wie beispielsweise eine Fotografie, kann aus den abgebildeten Objekten die räumliche Zuordnung rekonstruiert werden. Ist uns die Größe eines Gegenstandes bekannt, können wir aus seiner relativen Größe seine Entfernung abschätzen. Sehen wir mehrere identische Objekte in unterschiedlichen Größen, so identifizieren wir diese als verschieden weit weg und nicht als verschieden große Exemplare, die sich in gleicher Entfernung befinden. Von vielen Gegenständen wissen wir aus Erfahrung, wie groß sie normalerweise sind. Wir wissen auch, wie groß die Gegenstände relativ zueinander sind. Wir nehmen über das monokulare Sehen eine Perspektive in den Größenverhältnissen wahr (Verkleinerungstendenz in die Raumtiefe). Ein Indiz für räumliche Anordnung und Tiefe ist neben dem Größenvergleich die Verdeckung und Überlappung von Flächen und Formen. Verdecktes wird als weiter hinten wahrgenommen. Die fehlenden Teile ergänzt unser Gehirn implizit. Auch Schatten, Schärfe und Unschärfe oder die Textur eines Objektes können Aufschluss über die räumliche Beschaffenheit und Lage von Gegenständen vermitteln.
Diese Faktoren gehen aber nicht ursächlich aus dem Abbild hervor, sondern sind Produkte unserer Seherfahrung.

Ähnlich einer Kamera erzeugt die Augenlinse ein zweidimensionales Abbild der Umwelt auf der Netzhaut. Dennoch ist das Sehen von räumlicher Tiefe möglich. Das beruht auf zwei Prinzipien. Zum einen wird die Entfernung eines Objektes über Akkommodation erfasst. Um einen Punkt im Raum scharf sehen zu können, wird dabei die Krümmung der Augenlinsen variiert. Mit der Zeit lernt man, welche Entfernung mit welcher Stärke der Krümmung zusammenhängt, sodass auch umgekehrt aus der Änderung der Linsenkrümmung ein Rückschluss auf die räumliche Tiefe möglich ist. Zum anderen erfolgt über die vorher beschriebene bildliche Seherfahrung eine Interpretation der räumlichen Tiefe. Die allgemeine Wahrnehmung von Raumtiefe (ohne das dreidimensionale Sehen) ist also abhängig von der Fähigkeit, Größen, Ordnungen und Strukturen zu klassifizieren. Größen, Überlagerungen und Helligkeiten der gesehenen Dinge sind dabei ohne Seherfahrung nicht in einen Raumtiefenbezug einzuordnen. Binokulare Tiefenkriterien beinhalten dagegen keine einfache Tiefenwahrnehmung, sondern eine räumliche („dreidimensionale“) Bildwahrnehmung. Das beruht auf der Tatsache, dass wir zwei Augen haben, die bis zu 6,5 cm auseinander liegen, mit denen wir dadurch leicht verschiedene (versetzte) Bilder sehen. Dieses Phänomen nennt man „binokulare Disparität“ oder „Querdisparation“. Aus den Unterschieden zwischen den beiden Netzhautbildern kann unser Gehirn errechnen, wie weit verschiedene Gegenstände entfernt liegen, und das Sehzentrum unseres Gehirns modelliert die gewonnenen Bilder in ein räumliches Gesamtbild. Je weiter entfernt wir schauen, desto mehr sind unsere Augäpfel parallel ausgerichtet. Das binokular dreidimensionale Sehen

ist deshalb auf eine Entfernung von ca. 60 Metern begrenzt. Darüber hinaus sehen wir auch mit zwei Augen nur in der Raumtiefenebene, ähnlich wie beim monokularen Sehen.
Grundsätzlich spielen bei diesen räumlichen Wahrnehmungen Farben eine sekundäre Rolle. Räumlichkeit kann monokular und binokular in Schwarz-Weiß gesehen werden. Trotzdem gibt es einen klaren Unterschied in der Farbenwahrnehmung und ihrem Raumbezug. Eine Hell-Dunkel-Wahrnehmung hat von sich aus keinen qualitativen Bezug zur Räumlichkeit. Eine solche Differenzierung macht zwar erst das Hervorbringen flächiger oder räumlicher Bilder möglich, tritt aber nicht direkt aus dem Bezug zum Raum hervor. Für die Herleitung eines Raumbezuges sind im Schwarz-Weiß-Bereich die zusätzlichen Unterscheidungsfähigkeiten des Sehapparates und die Seherfahrung notwendig.

„Fast alle Objekte unserer Umwelt weisen unter natürlichen Beobachtungsbedingungen eine unregelmäßige Helligkeitsverteilung (Textur) auf. Es ist oftmals sehr schwer, Texturen natürlicher Objekte voneinander abzugrenzen, z.B. wenn eine Blüte von Blättern unterschieden werden soll.“ Gegenfurtner & Rieger, 2000
(Quelle: http://www.allpsych.uni-giessen.de/karl/teach/farbe.html)

Wir sind gewohnt davon auszugehen, dass der Raum dreidimensional ist. Wir nehmen unser direktes Umfeld dreidimensional wahr bzw. glauben, dreidimensional sehen zu können. Um einen Körper im Raum tatsächlich dreidimensional sehen zu können, müssten wir uns jedoch eigentlich um diesen Körper herumbewegen bzw. diesen in einer solchen Weise optisch wahrnehmen. Das von uns über das binokulare Sehen aufgebaute Bild wirkt zwar räumlicher oder plastischer als ein zweidimensionales Flächenbild, entspricht aber nicht wirklich einer dreidimensionalen Wahrnehmung. Das kann man ganz einfach testen, indem man z.B. eine Streichholzschachtel betrachtet. Betrachtet man die Schachtel von einer beliebigen Seite, so stellt man fest, dass sich die Schachtel an den äußeren Seitenflächen nach hinten hin optisch verbreitert. Dieses gesehene Abbild entspricht keineswegs dem originalen Dreidimensionalen. Dieser Effekt kommt durch das Zusammenführen der beiden Augenbilder zustande. Wir sehen also im direkten Sinne nur eine relative Raumtiefe und eine relative Dreidimensionalität der Dinge. Alles andere ist vornehmlich ein Produkt von Seherfahrungen.
Um die räumliche Ordnung zu erfassen, muss zusätzlich die Akkomodation im Auge erfolgen und wir müssen uns im Umfeld selbst bewegen. Der Aufbau eines sichtbaren Abbildes ist also stark von unseren physischen Möglichkeiten abhängig und durch diese eingeschränkt. Wir verfügen im Einzelnen nur über begrenzte optische Möglichkeiten, den Raum in seiner realistischen Konstitution zu erfassen. Erst die Summe dieser Möglichkeiten erschließen uns die Mehrdimensionalität des räumlichen Umfeldes.

Was ist aber, wenn man die Betrachtung um die Farbenwahrnehmung erweitert?
Hier sollen einleitend Zitate u. Anmerkungen zur Raumwirkung von Farben angeführt werden:

John Gage in „Die Sprache der Farben“: „Der Gründer des Stijl, Theo van Doesburg, betrachtete die Farben als Energien, die zur dynamischen Gliederung des zwei- oder dreidimensionalen Raums einzusetzen seien.“

Robert Delaunay, Aufsatz über Das Licht, 1912: „Bewegung entsteht durch das Wechselverhältnis ungleicher Werte, der Kontraste von Farben untereinander, die Wirklichkeit konstituieren. Diese Wirklichkeit besitzt Tiefe und wird folglich zu rhythmischer Simultaneität.“

Beate Epperlein in „Monochrome Malerei“, 1997: „Eine besondere Affinität zur Farbe Blau kennzeichnet das Werk von Yves Klein. Dieser stellt sich ganz bewusst in eine Tradition mittelalterlicher Farbsymbolik, die im Blau das Unendliche verkörpert sieht.“

Goethe in "Auszug aus dem Schema der Polaritäten": „Gelb – Blau sind wie Nähe – Ferne, Abstoßen – Anziehen“ (Abstoßen, weil Gelb sich einem entgegen drängt; Anziehen, weil Blau einen nach sich zieht)

Johannes Itten in „Kunst der Farbe“: „Blau zieht unseren Geist in die Ferne der Unendlichkeit“

Beate Epperlein in „Monochrome Malerei“, 1997: „Auch Untersuchungen der Wahrnehmungspsychologie und der Physiologie ergeben, dass das kurzwellige Licht der blauen Farbe diese als in die Ferne driftend erscheinen lässt.“

Leonardo da Vinci hat das optisch-physikalische Wesen der Farbe Blau in der Atmosphäre als eine immaterielle Farbe begriffen, die zur illusionistischen Darstellung der räumlichen Ferne benutzt werden könne.

Rudolf Arnheim in „Kunst und Sehen“ 1954: „Die Wirkung der Farben erfolgt zu direkt und spontan, um das Ergebnis einer durch angelerntes Wissen (Seherfahrung) hinzugefügten Bedeutung zu sein.“

Goethe: „Wie wir den hohen Himmel, die fernen Berge blau sehen, so erscheint eine blaue Fläche auch vor uns zurückzuweichen. Wie wir einen angenehmen Gegenstand, der vor uns flieht, gern verfolgen, so sehen wir das Blaue gerne an. nicht weil es auf uns dringt, sondern weil es uns nach sich zieht.“

Dietmar Schuth in „Die Farbe Blau - Versuch einer Charakteristik“, S.111: „Frieling beschreibt Blau als eine grundsätzlich „unscharfe“ Wahrnehmung und führt ein weiteres Phänomen an: Die Sehgrube (fovea centralis) im Gelben Fleck der Netzhaut sei in direkter Linie zum Mittelpunkt der Linse gleichzeitig die Stelle schärfster Sehleistung, doch die Sehschärfe der Fovea ist im gelbgrünen Bereich am höchsten, im blauen sehr gering. Dadurch wird die Auffälligkeit des Rot zugunsten des Gelben wieder gemildert, das Blau jedoch in seiner Fernwirkung bestärkt.“

Das Messen der Blickdauer an vorgegebenen Farbenpaaren bei Kindern ergab, nach Gina Zangger u. H. Volkert, dass Gelb die mit Abstand am häufigsten spontan fixierte Farbe ist, also demnach die „direkteste“ Farbwirkung hat.“

Nach Johannes Pawlik: Der Brennpunkt für blaues Licht liegt ungefähr 0,6 mm näher der Hornhaut als derjenige für gelbes Licht. Deshalb erscheint eine gelbe Fläche näher als eine im gleichen Abstand gelegene blaue Fläche.

Moritz Zwimpfer: „Durch das trübe Medium der Augenlinse werde das kurzwellige Licht stärker gebeugt als das langwellige Licht, wodurch das erstere abgelenkt wird und die Netzhaut nicht exakt erreicht, so dass sein Brennpunkt vor der Netzhaut läge. Dadurch wirke das Blau als weiter entfernt.“

DUDEN: „Die Farbperspektive ist neben vielen weiteren Perspektivarten ein wichtiges Gestaltungselement, um ein zweidimensionales Bild räumlich wirken zu lassen. Grundsätzlich gilt dabei: Warme Farben wirken näher als kalte. Rot- und Gelbtöne sind also näher als bläuliche und blasse.“

Aus Bertelsmann Universallexikon, 1996: „Farbenperspektive, ein Prinzip der Farbgebung in der neuzeitl. Malerei, wobei durch die Anordnung der Farben der tiefenräumliche Aufbau des Bildes unterstützt wird." „Farbperspektive kennzeichnet die Erscheinung, dass Farben auf zweidimensionalen Bildern unterschiedliche räumliche Entfernungen suggerieren. Die Erscheinung ist teils psychologisch, teils durch die Physiologie des menschlichen Auges bedingt.… So werden warme Farben (leuchtende Gelb-, Orange-, Rot- und Brauntöne) als nah und kalte Farben (Grün, Blaugrün und Blau, getrübt oder mit Weiß gehellt) als weit entfernt empfunden. Dieses Phänomen nutzen Maler, um mit der Farbperspektive, dem Übergang von warmen Farben im Vordergrund und kühlen Farben im Hintergrund, einen tiefenräumlichen Eindruck zu vermitteln.“

Prof. Karl Schawelka in „Farben - Warum wir sie sehen - wie wir sie sehen“:
„Aufgrund physikalischer Gegebenheiten, unter denen der Rayleighschen Beugung an Molekülen besondere Bedeutung zukommt, enthält direktes Sonnenlicht eher langwellige Anteile (und wirkt auf uns gelblich), während das indirekte, kurzwellige, vom Himmel abgestrahlte Licht uns eher bläulich erscheint.“

Wassily Kandinskys in „Über das Geistige in der Kunst“, Auszug: „Die erste Bewegung von Gelb, das Streben zum Menschen, welches bis zur Aufdringlichkeit erhoben werden kann..“

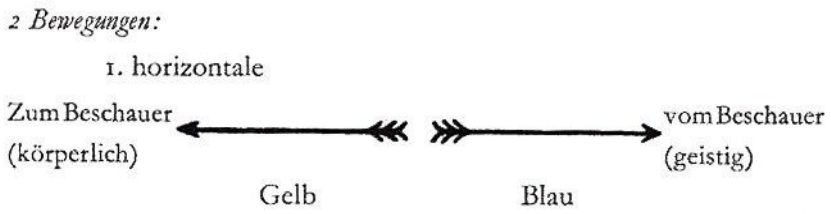
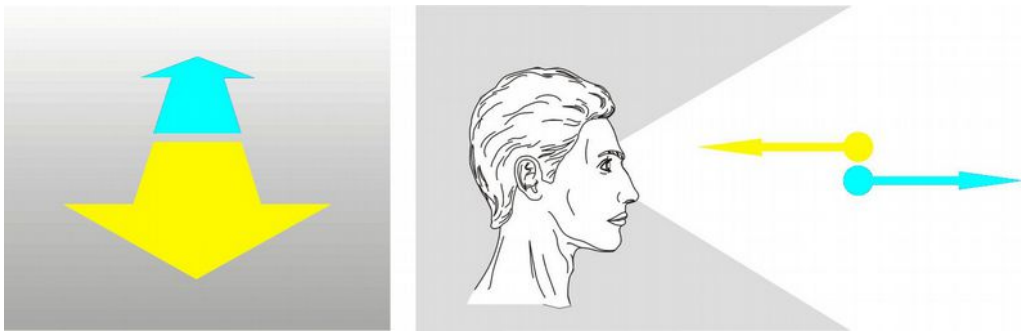


Abb. W. Kandinsky "Über das Geistige in der Kunst", S. 89, Benteli Verlag Bern 1952

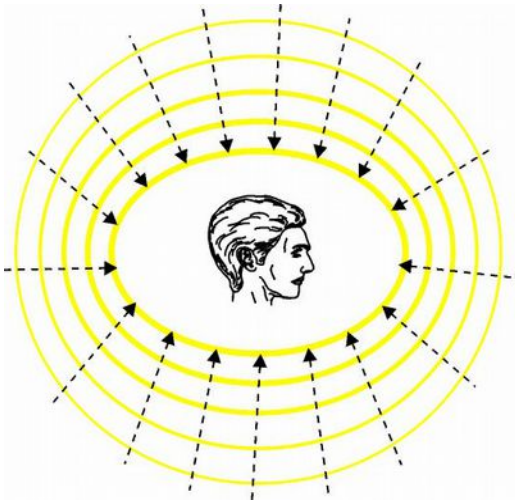
Aus den vorangegangenen Zitaten kann man verallgemeinern, dass die optische Wirkung beim Cyan eine Tendenz vom Betrachter weg und beim Gelb eine Tendenz zum Betrachter hin ist.



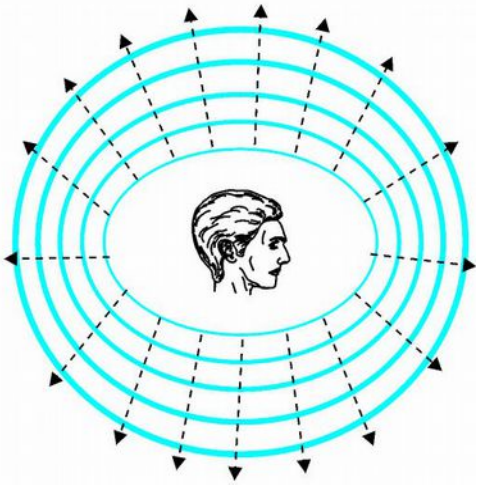
Im Bezug auf eine Raumtiefenwirkung kann man demnach sagen, dass diese Farbbereiche optisch in einer gegensätzlichen Ausrichtung wirken. Diese Tiefenwahrnehmung könnte man als eine „lineare Ausbreitung“ ansehen, was aber im Raumkontext nicht zutrifft. Wenn man in diesem Kontext die anderen Farben betrachtet, lassen sich zwei bekannte Abläufe definieren, die als Regel der „Farbenperspektive“ in der Bildenden Kunst angewendet werden, um eine Raumtiefenwirkung zu erzeugen. Dabei setzt man Rot- und Grüntöne als Mittelwerte ein, Gelbtöne als Vordergrundfarben und Blautöne als Hintergrundfarben. (In den vorherigen Zitaten ist zumeist von Gelb und Blau die Rede. Blau wird in den folgenden Erklärungen durch Cyan ersetzt, was aus einer konsequenten Herleitung der Farben erfolgt und später noch einmal begründet wird.)

Weil die Wirkungsweise der Farben Gelb und Cyan in jeder Situation, aus der man sie wahrnimmt, gleich ist, wirken sie als konstante optische Werte. Das bedeutet, dass sie praktisch im gesamten räumlichen Umfeld gleich auf uns wirken, egal wie wir uns in diesem bewegen.
Deshalb kann die Wirkungsweise dieser Farben auch aus dem sonst üblich verwendeten linearen Tiefenbezug heraus erweitert werden. In der nächsten Darstellung ist das resultierende Wirkungsprinzip der raumbezogenen Farbenwirkung von Gelb und Cyan skizziert.

Gelb = allseitig auf den Betrachter zu



Cyan = allseitig vom Betrachter weg



Die Farbenwirkung bezieht sich nicht auf assoziative Vergleiche, sondern ist eine „virtuelle“ Tiefenwahrnehmung. Bisher gilt dieser Aspekt in der Farbenforschung als hauptsächlich psycho-physisch bedingt. Sehr prägnant und auffällig ist auch die viel beschriebene Dynamik oder Eigenbewegung, die in den Farbenwirkungen enthalten ist. D.h., wir empfinden die Farben nicht als „ganz nah“ oder „ganz hinten“ fest platziert, sondern als dynamische oder tendenziell gerichtete Bewegungen, die als stetig konstanter Impuls wirken. Deshalb spricht man auch von einer Raumdynamik der Farbenwirkung.

An dieser Stelle möchte ich eine vorherige Feststellung zitieren (siehe S. 44):
„Das beinhaltet, dass die Farbenwahrnehmung grundsätzlich ein stetiger Prozess ist und nicht an spezielle Energiefrequenzen oder Wellenlängen, wohl aber an Energietendenzen bzw. tendenzielle Energieausrichtungen gebunden stattfindet“.... „Bezieht man die Aussage, dass die Farbwahrnehmung an Energietendenzen gebunden erscheint, auf die optische Farbenwirkung von Gelb und Cyan, entspricht der nicht statische, sondern dynamische Charakter dieser Farben einem Empfindungseindruck, der tatsächlich geeignet ist, tendenzielle Ausrichtungen zu beschreiben.“

Aus der gesamten Betrachtung heraus ist offensichtlich eine gegensätzliche Tendenz der Farben Gelb und Cyan abzuleiten. Weil die optische Differenzierung immer und ursächlich einen direkten Bezug zum Raum aufbaut, muss man auch die Farbenwirkungen auf einen solchen Sinn beziehen. Im einfachsten Sinne beschreiben die Farben Gelb und Cyan zwei raumbezogene Tendenzen. Aber welcher Raumbezug wird hier sichtbar?

Wenn man die Farbenwirkung in ihrem Raumbezug weiter untersucht, setzt das eine Auseinandersetzung mit der empfundenen Farbigkeit der Natur im Bezug zu den hier beschriebenen Annahmen voraus. Denn dort wirken die Farben bzw. werden die Farben von uns als optisches Mittel eingesetzt.
Der wichtigste Bereich des Lebensraumes, die Flora, bildet dabei den Hauptansatz für das Hervorbringen der Farbenempfindung. Dabei geht es um die Kennzeichnung des primären Lebensbereiches in über die Farbenwahrnehmung charakterisierte Empfindungsqualitäten.
So bildet auch der Bereich, in dem wir die Flora farblich abbilden, den praktischen Ausgangs- und Mittelpunkt der gesamten Farbenproblematik, denn sie ist der wichtigste Bestandteil des natürlichen Überlebensraumes. Das eigentliche Hauptziel der Orientierung bestimmt demnach den so genannten mittelwelligen Lichtwellenbereich, indem wir sehen können. Wichtige Voraussetzung dafür ist, dass die Flora und unser Sehorgan spezielle materielle Eigenschaften und Empfindlichkeiten in Beziehung zum Absorbtionsbereich der Atmosphäre für elektromagnetische Wellen haben.
Wenn es um eine Fixierung und Identifizierung des Hauptlebensbereiches im allgemeinen Raum geht, muss die empfundene Verbindung zum Raum so hergestellt werden, dass sie für die Orientierung relativ konstant genutzt werden kann. Wir müssen also einen solchen Bezug über die Farbenempfindung relativ konstant konstruieren können.
Der Bezug muss dabei eine Art „Identifikationswert“ mit uns selbst sein, über den wir *unseren* „Überlebensraumbereich“ optisch als Empfindung bezeichnen. Das bedeutet, der im Raumkontext konstruierte Farbenwert verbindet, als empfundener Identifikationswert, das visuelle Ziel mit dem Betrachter selbst.

Wir stellen also über die Farbenempfindung „Grün“ einen direkten Identifikationswert mit uns selbst im Raumkontext her.

Es steht außer Frage, dass sich unsere Fähigkeit zum Farbensehen nicht erst mit unserer Menschwerdung, sondern bereits in evolutionär früherer Zeit entwickelte. Wenn es einen funktionalen Grund für diese optische Fähigkeit gibt, dann ist er also in der Zeit vor der Entwicklung menschlicher Lebens- und Zivilisationsformen zu suchen. Weil die Menschenaffen und wir Menschen von den selben früheren Lebensformen und Arten abstammen, die Menschenaffen aber noch in ihrem natürlichen Lebensraum existieren, kann man schlussfolgern, dass der funktionale Sinn des Farbensehens bei den Menschenaffen noch unmittelbarer Anwendung findet, als bei uns.

Der Mensch hat sich seinen heutigen Lebensraum großenteils künstlich geschaffen und dabei auch die eigentlich naturbezogene Farbverteilung des Umfeldes manipuliert. Stadtmenschen sind deshalb vielfach farblichen Irritationen ausgesetzt, die dem ursprünglichen Bezug der Farbentypen zum natürlichen Lebensraum widersprechen. Aber auch in der Natur finden sich vielfältige Farbanwendungen von Flora und Fauna, die ebenfalls bewusste Manipulationen sind. Der Grund dafür ist, wie bei den vom Menschen produzierten Farbanwendungen, dass eine bestimmte Farbigkeit von einer diese Farbigkeit wahrnehmenden Spezies gesehen werden soll. Der Zweck solcher Farbenanwendungen ist vielfältig. Sie dienen z.B. der Täuschung, Tarnung, dem sichtbaren Hervorheben oder der Warnung etc.

Dass die Affen das Farbensehen entwickelt haben, um reife Früchte besser von unreifen zu unterscheiden, ist eine populäre Interpretation. Früchte werden jedoch in fast allen Farbgebungen gefressen. Vielmehr ist in diesem Zusammenhang relevant, dass sich die Pflanzen auf intelligente Weise an die Sehgewohnheiten der „Früchtefresser“ und „Bestäuber“ angepasst haben, farbige Blüten und Früchte hervorbringen, um ihre Samen effektiver verteilen zu können und somit die Chancen ihrer eigenen Arterhaltung zu maximieren.

(Abb. rechts Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Forest_fruits_from_Barro_Colorado.png)

Einerseits gibt es also den funktionalen Sinn, Farben zu sehen, um das eigene natürliche Umfeld optisch differenzieren zu können. Andererseits gibt es Lebewesen, die die Fähigkeit des Farbensehens anderer Lebewesen ausnutzen, um diese zu manipulieren.

Am Anfang aller Farbigkeit stand also der Nutzen für das Farben sehende Lebewesen. Dabei geht es um die optische Differenzierung bestimmter Lebensraumbereiche und nicht spezieller Blüten- oder Fruchtsorten. Den wichtigsten allgemeinen Lebensraumbereich, die Flora, sieht der Menschenaffe – wie der Mensch- grün und konstruiert diesen Farbwert optisch als raumbezogenen Identifikationswert.

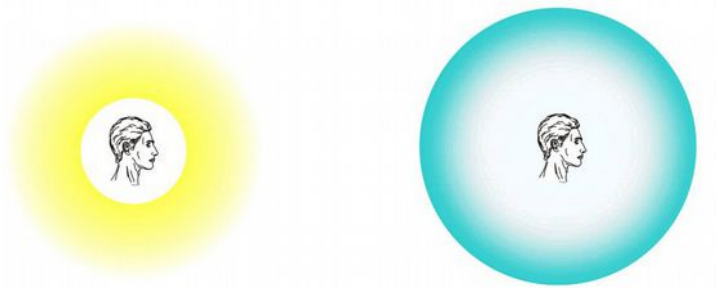
Wie konstruiert sich die Farbe Grün als raumbezogener Identifikationswert?

Grundsätzlich ist ein Raumbezug nur dann möglich, wenn sich dieser auch analog zur Realität des Raumes, in dem wir uns befinden, vollzieht. Den Raum an sich zu beschreiben oder zu definieren ist, wie vorher schon erläutert, sehr schwierig. Wir können Raum nur über den Raumeinfluss der Dinge in ihm beschreiben. So ist es scheinbar auch mit der optischen Wahrnehmung. Denn dort stellen wir den Raumbezug über das Differenzieren von raumbezogenen Lichteigenschaften her, die wir als sichtbare Farben dann in unser optisches Bild übersetzen.

Für die Wahrnehmung können keine festen oder konstanten äußeren Bezugsgrößen genutzt werden, sondern nur tendenzielle Energieausrichtungen. Es lassen sich also für eine raumbezogene Zuordnung keine festen Koordinaten einsetzen, sondern nur relative Werte. D.h., die aufgebaute Differenzierung kann den materiellen Raum, in dem wir uns befinden und orientieren wollen, eher tendenziell beschreiben und über die Farbenempfindung einen relevanten Bezug herstellen.
Unser Sinnesorgan kann aber die materiellen Eigenschaften im Umfeld untereinander bei unterschiedlichsten Lichtbedingungen vergleichen. Dieser Umstand spricht wieder für die vorher bereits geforderte Farbwertbildung durch „Vergleich“ und weist direkt auf eine notwendige „Tendenz“ von Farbenwerten und Farbenwirkungen hin.
Um den erforderlichen Identifikationswert über Farbwahrnehmung zu konstruieren, setzen wir die im Umfeld differenzierbaren elektromagnetischen Ausrichtungen in Empfindungen um.
Der empfundene Raumkontext entspricht dabei der eigenen räumlichen Integration des Betrachters, denn die Wahrnehmung ist eine auf uns selbst bezogene Interpretation.
Grün ist ein Entsprechungswert, der als Empfindung einer raumbezogenen Gleichsetzung mit uns selbst entsprechen muss, um ihn auch als einen Identifikationswert empfinden und damit für die Kennzeichnung unseres Lebensraumes nutzen zu können. Darum hat Grün auch eine entsprechende "psychologische" Wirkung auf den Menschen. Grün wirkt „ruhend“ und „stabil“, weil es einer empfundenen eigenen Mitte im allgemeinen Raum entspricht und als eine Art Widerspiegelungswert der eigenen Position empfunden wird. Dieses „Widerspiegeln“ kommt inhaltlich auch in folgendem Zitat zum Ausdruck: *„Es gibt bei Kant den Hinweis, dass wir nicht in Raum und Zeit sind, sondern Raum und Zeit in uns.“* (Prof. Ernst-Peter Fischer, 2007)

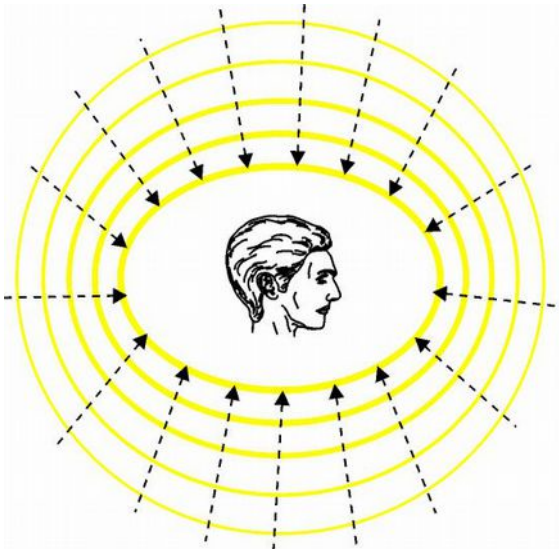
Das Hervorbringen der Farbenempfindung hat scheinbar an sich schon einen direkten Raumbezug. Setzt man nun den Betrachter in die vorher beschriebene räumliche Relation, so entspricht der Betrachter einem Mittelpunkt im allgemeinen Raum. In diesem Raumbezug stehen dann auch die Farbenwerte.

Die gegensätzlichen Wirkungstendenzen von Gelb und Cyan stellen sich im Raumbezug anders dar, als bisher in der herkömmlichen Farbenlehre beschrieben wird. Dass die beiden Farben zwei empfundenen Raumausrichtungen folgen, ist bekannt (Gelb zum Betrachter hin, Cyan von ihm fort). Aus den vorherigen Anschauungen zur Wirkungsweise der Farben Gelb und Cyan folgt zudem, dass Cyan eine Tendenz allseitig vom Betrachter weg beschreibt, die im räumlichen Sinne eine Tendenz der Expansion beschreibt. Eine gerichtete, sich allseits ausdehnende Tendenz zum räumlichen Maximum. Gelb beschreibt mit seiner tendenziellen Ausrichtung, sich stetig zum Betrachter hin zu bewegen, die gegensätzliche räumliche Ausrichtung.

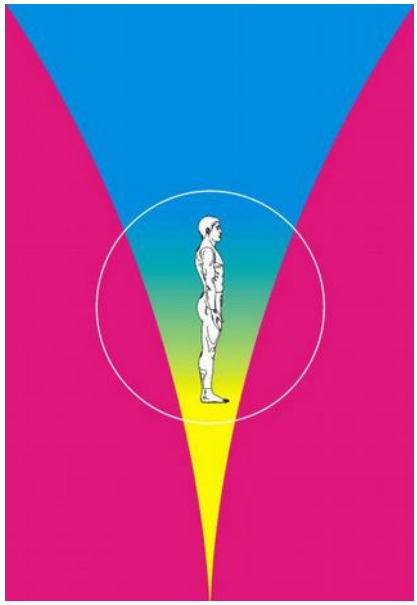


Im physikalischen Kontext, in dem wir die raumbezogene Farbenempfindung aufbauen, muss diese Tendenz von Gelb auf uns zukommen, denn die Tendenz beschreibt eine allseits wirkende räumliche Kontraktion, eine Tendenz zum räumlichen Minimum. Weil wir die Mitte der gesamten Ausrichtung sind, muss die Raumtendenz zum Minimum, als Empfindung, auf uns zu kommen und im eigentlichen Sinne sogar in uns hinein gerichtet in das räumliche Minimum tendieren. Diese Betrachtungsweise der Farbenwirkung und ihrer Bedeutung ist vom Verständnis her vielleicht ungewohnt, weil man sich die Konsequenz der Tendenz, wie sie hier dem Gelb zugeschrieben wird, nicht ohne weiteres vorstellen kann. An dieser Stelle wird die Grenze zwischen dem Verständnis von einer „äußeren Ordnung“ (in der wir die Dinge um uns wahrnehmen und sehen) und einer „umfassenden Ordnung“ (die uns als seiendes Objekt in die Ordnung integriert) überschritten. Wir sind damit nicht mehr nur Betrachter von äußeren Dingen, sondern reflektieren über die Sinnesempfindung direkt auf uns selbst. Diese Selbstreflektion über Sinnesempfindung ist kein neues Postulat. Nach SPINOZA empfindet unser Organismus über seine Sinne zugleich mit der Natur des Außenreizes den eigenen Zustand (Eth. II, prop. XVI).
Nach K. ROSENKRANZ ist die Empfindung das unmittelbare Dasein des Geistes in seiner unmittelbaren Identität mit der Natur, worin er sich ebenso sehr durch sie als durch sich bestimmt findet. (Psychol.[3], S. 129). ROSENKRANZ erklärt: “ Das Empfinden setzt immer: 1) ein Subjekt voraus, das empfindet, 2) einen Inhalt, der von demselben empfunden werden kann. Beide sind an sich als Möglichkeiten voneinander getrennte Existenzen. Das Empfinden selbst ist der Prozess, in welchem die Möglichkeit der Einheit des Empfindbaren und des Empfindenden sich verwirklicht“ (Psychol.[3], S. 126).

Verbildlichung:



Maximum

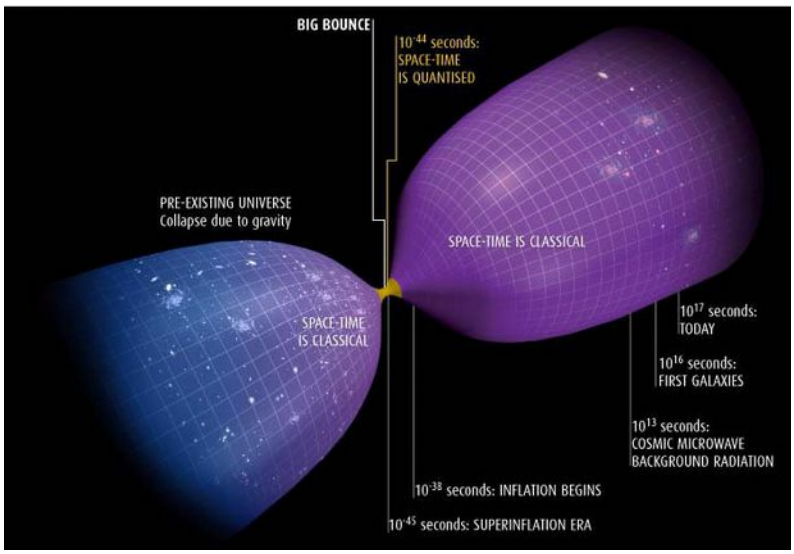


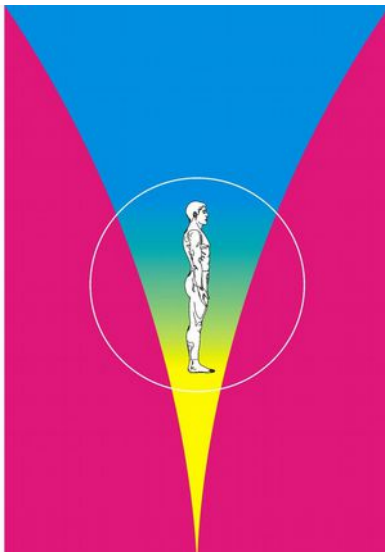
Minimum

Die Tendenzen, die notwendig sind, um den Raumbezug und einen nutzbaren Identifikationswert herzustellen, werden über Gelb und Cyan formuliert. Diese Farben beschreiben als Differenzierungspole den allgemeinen Raum in zwei gegensätzlichen Tendenzen. Sie wirken dabei bewegt und dynamisch, weil sie die physikalischen Dimensionen tendenziell beschreiben. Mittels dieser Gegensatzwerte ist es möglich, einen Mittelwert aufzubauen, der einer Fixierung im Raum entspricht. Dieser Mittelwert ist die Farbempfindung „Grün“. Diese „Vermittlung“ beinhaltet auch das Produkt des Vergleichsprozesses, den unser Sehorgan prinzipiell zum Aufbau der Farbenwerte vollzieht. Grün ist dabei das angestrebte und aus dem Raumbezug konstruierte „Ergebnis“.

In der Physik werden zwei grundsätzliche Raumausrichtungen formuliert, die ein Äquivalent zu der hier beschriebenen optischen Differenzierung von Farbenwahrnehmungen und Raumtendenzen bilden.

Räumliche Expansion und Kontraktion als allgemeine Grundausrichtungen





(Quelle: FOCUS Online, 2009)

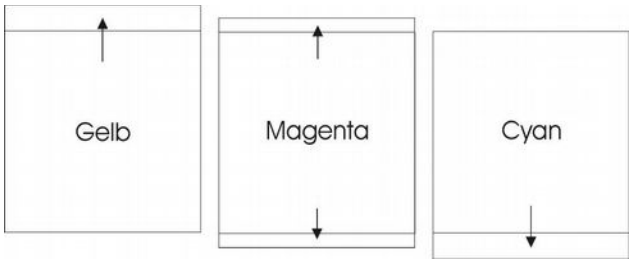
Die hier erläuterten raumbezogenen Wirkungstendenzen der Farbenwahrnehmung stehen im Konsens mit bestehenden Ansichten über physikalische Raumtendenzen. Bekannte Raumtendenzen bzw. räumliche Ausrichtungen lassen sich als Kontraktion und Expansion verallgemeinern. Folglich können die Ausrichtungen zum räumlichen Minimum oder Maximum zwei nachvollziehbare allgemeine Grundtendenzen realer räumlicher Ausrichtungen sein, die den gesamten Raumbegriff einschließen, sich also physikalisch auf alles (auch uns) beziehen.

Die klassische Interpretation von Farben wurde bereits im Verlauf der bisherigen Ausführungen so relativiert, dass ein anderer oder zusätzlicher Zusammenhang formuliert wurde. Dieser beschreibt eine direkte Verbindung der Farben mit raumbezogenen Lichteigenschaften.
Der Bereich der Flora ist für uns grün, weil genau hier dieser Empfindungswert von uns „gesetzt“ wird, also wir diese „Mittelwelligkeit“ bestimmen. Das bedeutet, dass Farbe nicht eine Lichteigenschaft ist, sondern von uns aus dem Zusammenhang von Licht, Raum, Natur und Empfindung formuliert wird.
Diese Komplexität spricht schon an sich dafür, dass die optische Farbenwahrnehmung über Vergleiche zustande kommen muss. Wenn man Farben so versteht, ist der Gesamtzusammenhang in der Wahrnehmung ausschlaggebend und dieser bestimmt auch den Zusammenhang innerhalb der Farbensystematik. D.h., eine Farbe erklärt sich nicht im Einzelnen (wie z.B. aus einer Wellenlänge), sondern immer nur im Zusammenhang der Systematik, in der sie wirkt.

An dieser Stelle möchte ich einen früheren Textausschnitt (zu den Untersuchungen der Lichtbrechung durch Linsen) wiederholen und damit auf ein Gleichnis hinweisen:
„Wenn andere Herleitungen auch relativiert werden müssen, so ist diese Beobachtung für das Phänomen immer charakteristisch. Die entgegengesetzten Farben erscheinen parallel zur tendenziellen Veränderung der Projektionsgröße des Lichtbildes. Es tritt der cyanblaue Rand immer bei einer Vergrößerung auf, der gelbe Rand immer bei einer Verkleinerung. Dabei ist die Vergrößerung eine Tendenz, die über die Ausgangsgröße hinausreicht. Die Verkleinerung dagegen eine Tendenz zur Minimierung der Ausgangsgröße.“

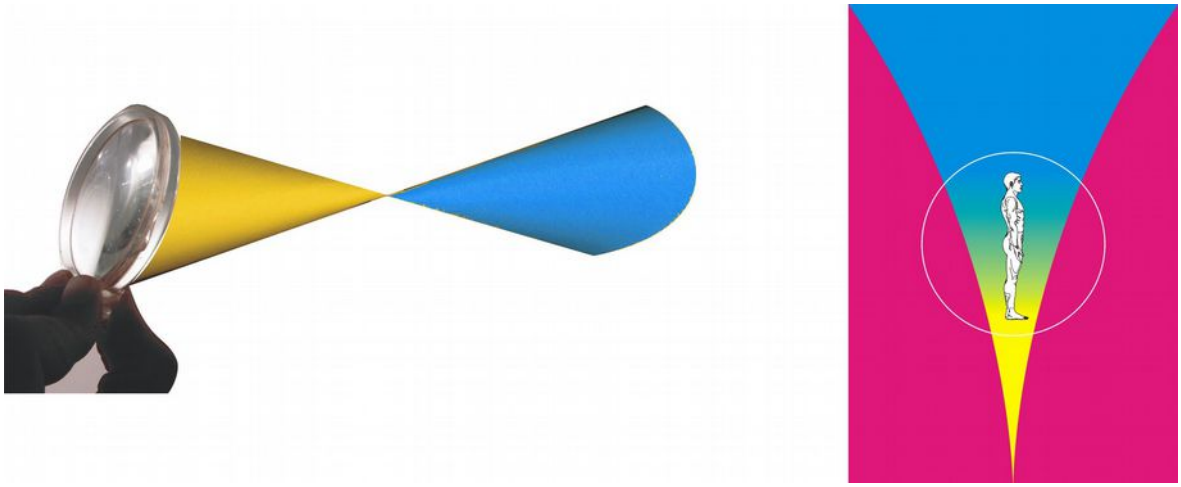
Diese gegensätzlichen Tendenzen von Gelb und Cyan zeigen sich sowohl bei der Lichtbrechung als auch in der reinen Farbenwirkung. Es gibt also eine Analogie der Erscheinungen bei der praktischen Lichtbrechung und der zu empfindenden Farbenwirkung, die bisher in der Farbentheorie nicht formuliert wurde.

1. tendenziell gegensätzliche Wirkungsweisen von Gelb u. Cyan in den Kantenspektren:



2. Analogie der gegensätzlichen Wirkungsweisen von Gelb u. Cyan im räumlichen Kontext:

bei der Lichtbrechung und der Farbenwirkung

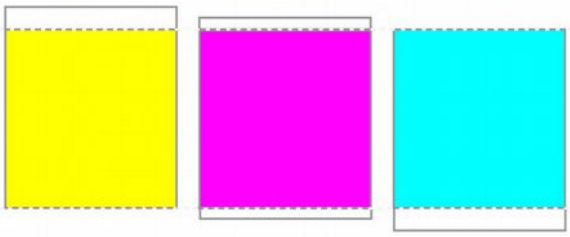


Der gravierende Unterschied zu populären Modellen ist, dass mit dem Raumbezug des Farbensehens verschiedene Phänomene auf einen gemeinsamen Zusammenhang zurückgeführt werden könnten und den einzelnen Farbentypen erstmals eine spezifisch funktionale Bedeutung zugeschrieben wird, die in einem physikalisch-physiologischen und empfindungslogischen Kontext steht.

Farbenentstehung und Farbenwirkung sind nach den vorherigen Herleitungen direkt miteinander verbunden. Wir sehen die Farben erst, wenn diese als Sinnesempfindungen ihre Wirkungsweisen entfalten können. Unabhängig davon gibt es keine Farbenerscheinungen.
Dass gerade das, was wir durch einen Farbeindruck empfinden, auch einen direkten Bezug zur wahrnehmbaren physikalischen Realität hat, ist der denkbar rationalste Beweggrund für ein Lebewesen, überhaupt eine solche optische Differenzierung hervorzubringen.
Wenn der von uns optisch zu definierende Hauptlebensbereich, die Flora, durch Veränderungen dauerhaft andere Remissionseigenschaften hätte, würden wir wahrscheinlich mit der Zeit unser Sehen anpassen und das Grün, als Farbenwert der Flora, auch in diesem anderen elektromagnetischen Bereich als raumbezogenen Identifikationswert konstruieren.

Somit spielen beim Farbensehen spezielle elektromagnetische Lichtbereiche nur in Relation zu den Remissionseigenschaften der für uns wichtigen Natur eine Rolle. Nur für sich betrachtet (ohne diese Relation) wären die Lichtbereiche für das Sehen belanglos. Solche "Lichtbereiche" sind also die, die wir nicht sehen können, wie z.B. der ultraviolette Bereich.
Wenn man diese Sachverhalte auf das elektromagnetische Energiefeld bezieht, sehen wir ausschließlich von Materie beeinflusste und veränderte Energietendenzen. Demnach ist Farbe, wie auch sichtbares Licht immer ein Produkt aus der Wechselwirkung von Materie mit dem elektromagnetischen Feld und unserem Sinnesorgan. Ob das elektromagnetische Feld dabei selbständig oder direkt in die Raumstruktur eingebunden ist, oder im Wesentlichen bereits Bestandteil des Raumes ist, ist nicht bekannt.
Da die Farben aber, als optische Wahrnehmung, offensichtlich in einem Raumkontext konstruiert werden, muss uns die vollzogene optische Differenzierung auch Eigenschaften des Lichtes im Raumbezug vermitteln.
Wenn das gesamte, von Richard P. Feynman als „Licht“ bezeichnete elektromagnetische Spektrum im eigentlichen Sinne auch als in die Raumstruktur gebunden interpretiert werden könnte (siehe auch Ausführungen zur Rotverschiebung Hubbles), sollte man die optische Wahrnehmung als eine Raumwahrnehmung verstehen können.
Die elektromagnetische Energie ist dabei der Informationsträger, den wir für eine Interpretation der Raumbeschaffenheit bzw. der räumlichen Konstellation der uns umgebenden Materie nutzen.

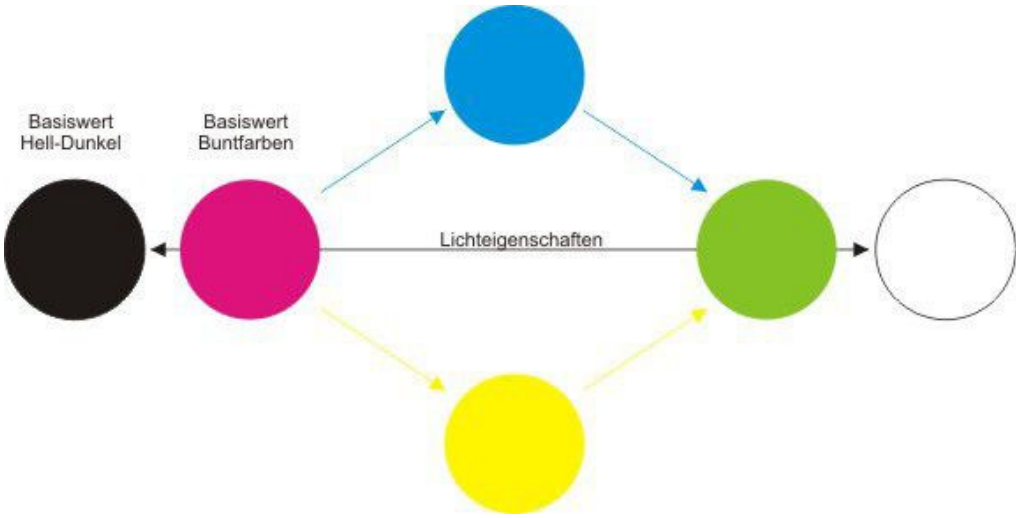
Die vorherigen Schlussfolgerungen gehen davon aus, dass die Farben Gelb und Cyan in ihren gegensätzlichen Tendenzen einen Raumbezug beschreiben. Magenta müsste ebenfalls in diesem Kontext wirken. Aus den Wirkungsweisen bei den Kantenspektren kann man herleiten, dass Magenta keiner einseitigen Ausrichtung folgt, wie es bei Gelb und Cyan der Fall ist.



Magenta wirkt im klassischen Spektrum offensichtlich gleichzeitig in beiden Ausrichtungen, zeigt also nicht dieselbe einseitige Tendenz wie Gelb oder Cyan.
Wo Gelb und Cyan einem Gegensatz entsprechend starke einseitige Tendenzen aufweisen und sich weit im Projektionsbild verschieben lassen, wirkt Magenta mit geringerer Ausbreitung in beide Richtungen und lässt sich in den Projektionen auch nicht grundsätzlich verschieben.
Magenta ist an beiden Enden ausschlaggebend für die Rotfärbung des Spektrums. (Durch Magenta entstehen der rote und blaue Bereich). Im eigenen Kantenspektrum zeigt Magenta genau dieselbe beidseitige Ausrichtung. Folgt man der These des Raumbezuges der Farbenzuordnungen konsequent, beschreibt Magenta hypothetisch die Ausrichtungen von Gelb und Cyan nicht als eine Vermittlung, sondern als dynamischen Gesamtwert. Sehr spekulativ beschreibt Magenta demnach die Gesamtheit der Raumausrichtungen, also den dynamischen Raum an sich.
Magenta entspricht so gesehen dem Gegenteil einer räumlichen Fixierung (die nach den vorherigen Annahmen über Grün erfolgt) und ist inhaltlich der Gegenwert zu Grün.

Die Farbenwahrnehmung hat sich evolutionär stets aus mindestens einem polaren Gegenwertprinzip gebildet. D.h., es gibt keine Farbenwahrnehmung, die auf nur einem Farbentypen beruht. Das würde auch der im Anschluss noch umfassender erläuterten Sinneszellensystematik widersprechen.
Schwarz-Weiß bildet ebenfalls eine solche Polarität. Würden wir z.B. nur Helligkeit wahrnehmen, könnten wir kein optisches Abbild konstruieren, also nichts sehen, da uns der Gegenkontrast fehlt.

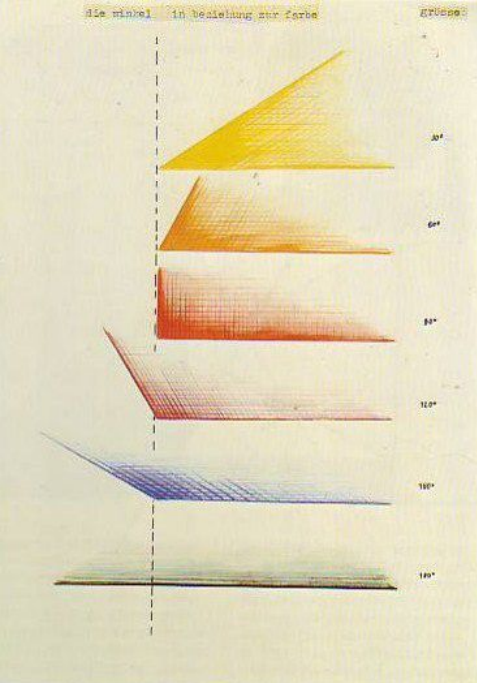
Helligkeit und Weiß bedingen das Vorhandensein von detektierbarer Lichtenergie. Obwohl man heute sagt, dass "hell" und "dunkel" nicht unmittelbar mit "weiß" und "schwarz" gleichzusetzen sind, muss der Farbbereich Weiß auch mit "Helligkeit" assoziiert werden.
Weiß interpretiert grundsätzlich das Vorhandensein von Licht. Schwarz interpretiert demnach, als Kontrast und Gegenpol, das neben der Lichtenergie Vorhandene.
Die sichtbaren Kantenspektren und die weiteren Farbzerlegungen zeigten, dass sich die beiden gegensätzlichen Tendenzen von Gelb und Cyan stets im Bereich des Hellen, also auch im Weiß, vollziehen. Ob wir nun das Newtonspektrum, eine schwarze Fläche auf weißem Grund oder eine weiße Fläche auf schwarzem Grund betrachten, Gelb und Cyan tendieren immer im Weißen und sind in der Projektion stets von gleicher Wirkungsweise.
Die räumlichen Ausrichtungstendenzen, die Gelb und Cyan beschreiben, finden innerhalb des als Licht gesehenen elektromagnetischen Feldes statt. So ist fast bildhaft verständlich, dass Gelb und Cyan im Hellen oder Weißen tendieren und sich auch dort zum Grün verbinden. Denn hier erfolgt die Wahrnehmung vom Vorhandensein des Lichtes, erfolgt abbildend die Interpretation von Lichttendenzen.
Wo einerseits Schwarz-Weiß ein polares Assoziationsbild über das Vorhandensein von Lichtenergie konstruieren, geht es andererseits bei den Farben um das Sichtbarmachen eines räumlichen Kontextes, in denen sich das erste vollzieht. Das ist qualitativ eine höhere Wahrnehmungsebene, die praktisch aber an das Vorhandensein von Licht gebunden ist. (Das begründet inhaltlich die Verknüpfung beider Wahrnehmungsebenen.) Warum das so ist könnte sich dadurch hypothetisch begründen lassen, dass vor der Fähigkeit des Sehens nur das Licht als elektromagnetische Energie vorhanden war. Wir mussten für das Hervorbringen einer optischen Differenzierung erst einen Grundwert als Gegenpol hervorbringen, der den Kontrast zum selektierbaren Licht bildet. Dieser Gegenwert ist Schwarz.
Um die räumlichen Ausrichtungstendenzen in der höheren Wahrnehmungsebene detektieren zu können, musste ebenfalls erst ein entsprechender Grundwert hervorgebracht werden.
Dieser Grundwert ist Magenta, der Gegenwert zu Grün (dem Hauptziel der Wahrnehmung).
Schwarz und Magenta wirken deshalb beide, um die Basis für die Differenzierungen bilden zu können, scheinbar außerhalb der direkten Detektion des Mediums (Licht/elektromagnetische Strahlung).
Es ist also viel zu kurz gedacht, wenn man annimmt, wir sehen über die Farben Lichtbestandteile.
Magenta und Schwarz sind zwei hintergründig wirkende Basis- oder Referenzwerte zum Aufbau der Wahrnehmungsebenen, die die Differenzierung über Vergleich mit auftretenden Lichteigenschaften erst möglich machen.

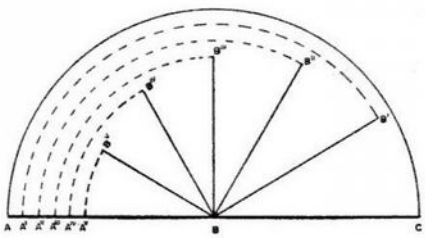


Farbe und Form im Raumkontext

Ein dieser Auseinandersetzung nahe liegender Themenbereich ist das Zusammenwirken von Farben und Formen, das speziell aus künstlerischer Sicht immer wieder untersucht und interpretiert wurde. Betrachtet man die Form allgemein als begrenzten Raum, ist ein Zugang über die bisherigen Herleitungen sehr plausibel. Form entsteht durch Bewegung im Raum und beinhaltet selbst im weitesten Sinne immer einen durch Bewegung und Begrenzung definierten Raum.
Der vorher erklärte Raumbezug der Farbenerscheinungen sollte also auch im Bezug zur Form wirken können.

Eine Parallele hierzu sind u.a. Wassily Kandinskys Interpretationen zur Farbe und Form.
1923 publizierte Kandinsky in dem Aufsatz „Die Grundelemente der Form“ die sogenannte „Korrespondenztheorie“. Kandinsky ordnete dabei bekanntlich den drei Grundformen (Kreis, Quadrat und Dreieck) drei Grundfarben (Rot, Blau, Gelb) zu.
Dabei entwickelte er Formentsprechungen aus dem raumbildenden Bezug von Winkeln.





System der typischen Winkel ⇄ Farben. Bild 28

Es ergibt sich:

A^{V} B B^{V} ..... Gelb,		
A^{IV} B B^{IV} ..... Orange.	Spitzer Winkel.	
A^{III} B B^{III} ..... Rot.	Rechter Winkel.	
A^{II} B B^{II} ..... Violett,	Stumpfer Winkel.	
A^{I} B B^{I} ..... Blau.		

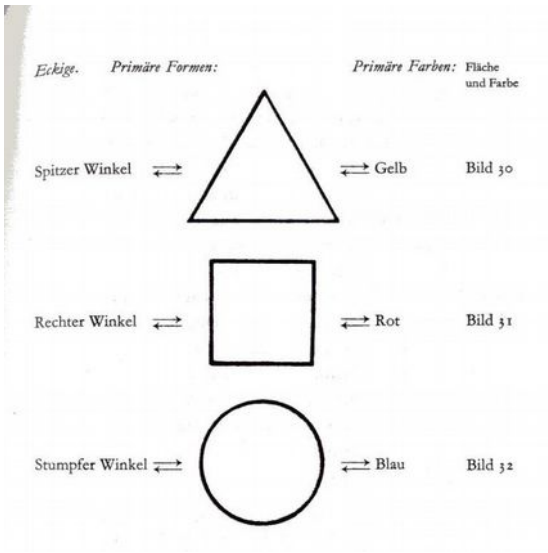
Quellen:
C. Poling: Kandinsky Unterricht am Bauhaus, Kunstverlag Weingarten 1982 W.Kandinsky, Punkt und Linie zu Fläche, Benteli Verlag Bern 1952

Kandinsky betrachtete Form und Farbe bereits grundsätzlich in einem Raumbezug. Er schrieb in seinem Essays über Kunst und Künstler:

„Die Formfrage im Allgemeinen muss in zwei Teile geteilt werden:
1. Die Form im engeren Sinne - Fläche und Raum.
2. Die Form im breiteren Sinne - Farbe und die Beziehung zur Form im engeren Sinne.
So wird im ersten Teil der Formfrage die Fläche auf drei Grundelemente zurückgeführt - Dreieck, Quadrat und Kreis - und der Raum zu den daraus entstehenden Raumgrundelementen - Pyramide, Kubus und Kugel. Da keine Fläche und kein Raum farblos existieren können, das heißt, da die Form im engeren Sinne in Wirklichkeit sofort als Form im breiteren Sinne untersucht werden muss, so kann die Teilung der beiden Formfragen lediglich schematisch betrieben werden und andererseits muss von vornherein die organische Beziehung der beiden Teile festgestellt werden - Beziehung Form zur Farbe und umgekehrt.“

Farbe-Form-Zuordnungen am Bauhaus:

W. Kandinsky "Punkt und Linie zu Fläche", S. 79, Benteli Verlag Bern 1955



J. Itten ("Kunst der Farbe" Abb. 57)

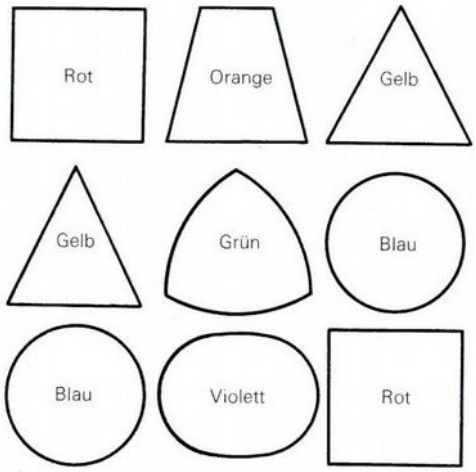
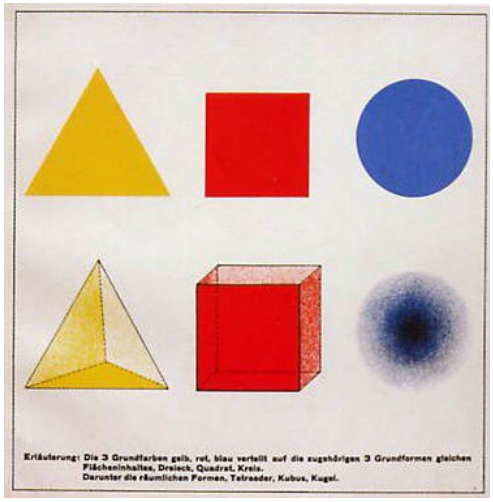
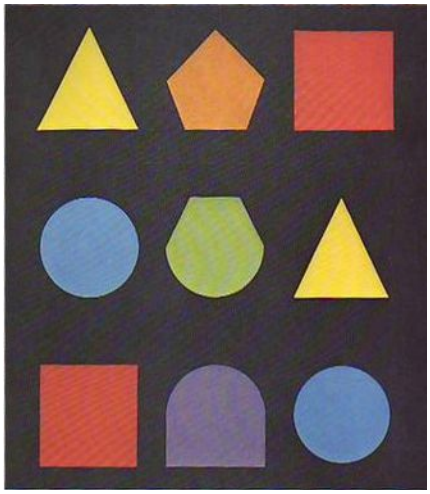


Abb. 57



Wassily Kandinsky 1923

Quelle:Bauhaus-Archiv Berlin



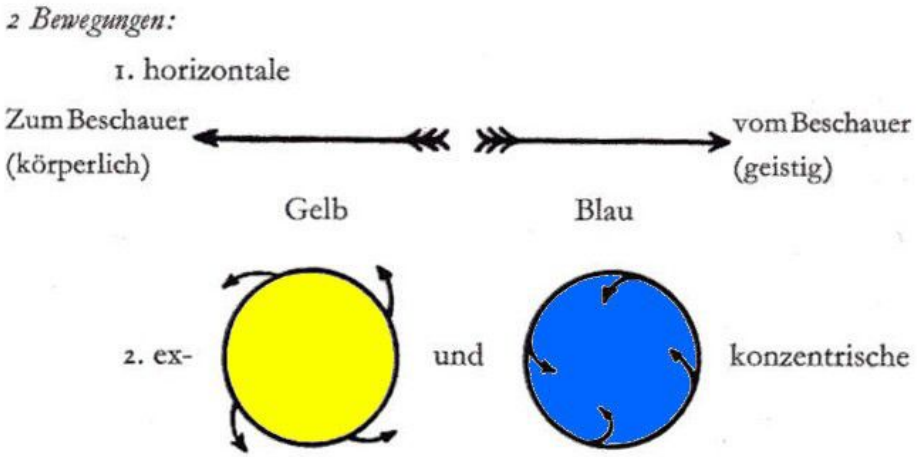
Studentenarbeit aus dem Kandinsky-Unterricht

Umstritten waren schon am Bauhaus Kandinskys Zuordnungen von Rot-Quadrat und Blau-Kreis. Hier äußerte sich u.a. Oskar Schlemmer gegensätzlich und plädierte eher für einen roten Kreis und ein blaues Quadrat. Die Zuordnung der Farbe Gelb zur Form des Dreiecks fand dagegen breitere Zustimmung.

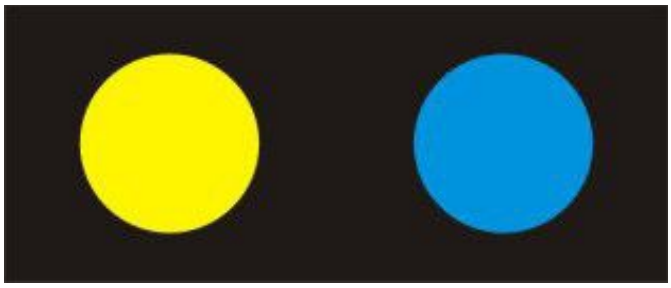
Den Kreis kann bereits eine einzige gekrümmte Linie bilden. Das Dreieck ist die einfachste geschlossene Form, die sich aus geraden Linien bildet. Im eigentlichen Sinne könnte man die Grundformen auf den Kreis, als Archetypus geschlossener Flächenform, und das Dreieck einschränken. Sie sind die einfachsten Formen, die aus gekrümmten oder geraden Linien entstehen können. Das Viereck ist tatsächlich erst die nächste Stufe dieses Prinzips. Also beinhalten die vorher genannten Grundformen Kreis, Dreieck und Quadrat eigentlich bereits eine konstruktive Abfolge.

Den Status „Grundformen“ erheben wir insbesondere in der Variante symmetrischer Konstruktionen, also für den Kreis, das gleichschenklige Dreieck und das Quadrat. „Grundformen“ sind für uns geschlossene Flächen einfachster Konstruktion mit symmetrischem Aufbau. Diese symmetrischen Formen erscheinen uns autonom, in sich konzentriert und zu keiner spezifisch-dinglichen Funktion bestimmt. Unsymmetrische Formen sind komplexer und werden von uns schneller in einem direkten assoziativen Zusammenhang interpretiert.

Die Funktion der Farbe ist für Kandinsky in der Bildkomposition der Einfluss auf die Raumwirkung im Bild. Kandinsky erstellte Tabellen, die diesen Aspekt der Farbe verdeutlichen. Er unterscheidet dabei zwischen horizontaler und ex- bzw. konzentrischer Bewegung.
Abb. W. Kandinsky "Über das Geistige in der Kunst", S. 89, Benteli Verlag Bern 1952



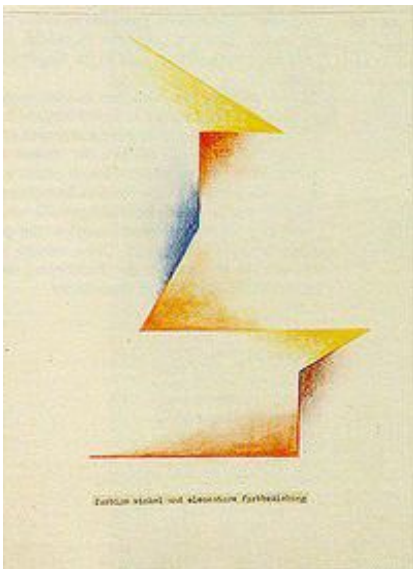
Der Eindruck einer exzentrischen Bewegung, als Eigenschaft von Gelb, entsteht über die von Kandinsky gleichzeitig benannte „horizontale Bewegung“ der Farbe an sich. Wenn Gelb nämlich eine Wirkung zum Betrachter hin aufweist, hat dies in der Farbe-Form-Verbindung den Eindruck zur Folge, dass die farbige Form (gelber Kreis) scheinbar näher kommt und sich damit tendenziell zu vergrößern scheint. Die Form vermittelt also durch die reine Farbwirkung den Eindruck, zum Betrachter hin zu tendieren. Die “näher kommende” gelbe Form wirkt so als sich vergrößernd (exzentrisch). Die sich “entfernende” blaue Form wirkt dementsprechend sich verkleinernd (konzentrisch).

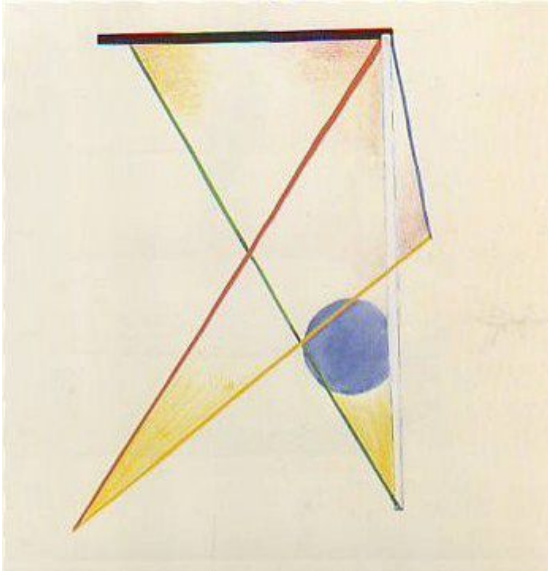


Was Kandinsky also beschreibt ist die reine Farbwirkung in ihrer wahrnehmbaren räumlichen Ausrichtung, als „horizontale Bewegungen“ und im eigentlichen Sinne deren Auswirkungen auf den optischen Eindruck von Flächen- und Formbildern. Kandinsky schreibt selbst dazu:
(„Über das Geistige in der Kunst“, S. 88)
„Wenn man zwei Kreise macht von gleicher Größe und einen mit Gelb füllt und den anderen mir Blau, so merkt man schon bei kurzer Konzentrierung auf die Kreise, dass das Gelb ausstrahlt, eine Bewegung aus dem Zentrum bekommt und sich beinahe sichtbar dem Menschen nähert. Das Blau aber eine konzentrische Bewegung entwickelt (wie eine Schnecke, die sich in ihr Häuschen verkriecht), und vom Menschen sich entfernt.“

Nehmen wir, wie vorher geschlussfolgert, einerseits an, dass die Grundfarben (speziell Gelb und Cyan) räumliche Ausrichtungstendenzen beschreiben und andererseits, dass eine Form als solche einen spezifisch begrenzten Raum beschreibt, lässt sich daraus folgende These ableiten:
Eine spezifische Form kann eine spezifische Farbwirkung kanalisieren, wenn die räumliche Ausrichtungstendenz der Farbe im Raum der Form auftritt. Dadurch kann die Raumausrichtung einer Form durch analoge Farbenwirkung optisch potenziert werden.

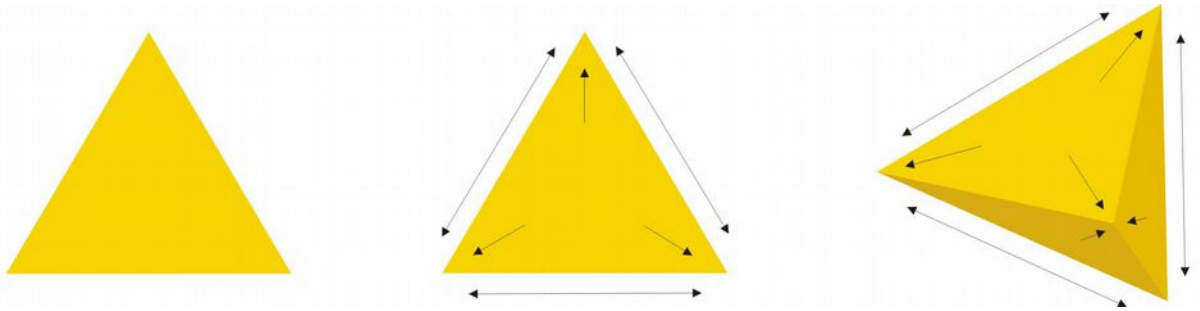
Ein gültiges Schema von Grundfarben-Grundformen-Entsprechungen, wie Kandinsky sie konstruierte, gibt es jedoch nicht, weil der Zusammenhang von Farbe und Form ein dynamischer und in sich variabler ist. Es besteht trotzdem ein wesentliches Zusammenwirken von Farbe- und Formcharakteren. Ein solches Zusammenwirken haben wir z.B. beim gelben Dreieck Kandinskys. Denn hier findet sich dieselbe räumliche Tendenz in der Form wieder, die für die Erscheinung der Kantenspektren, sowie der Farbenwirkung ausschlaggebend ist. Kandinsky schreibt dem Gelb grundsätzlich eine „spitzwinklige“ Eigenschaft zu. Daraus leitet er auch die Form des Dreiecks, als Entsprechung, ab. Die folgenden Abbildungen zeigen Schülerarbeiten aus dem Kandinsky-Unterricht am Bauhaus, in denen dieser Bezug sehr deutlich wird:



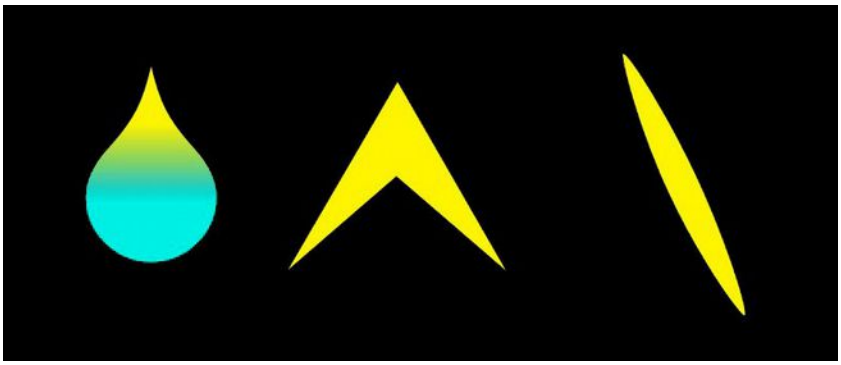


Quelle: Bauhaus-Archiv Berlin

Das gelbe Dreieck und seine Weiterführung als Körper (Tetraeder) weist, als begrenzter Raum definiert, eine charakteristische Parallele zur raumbezogenen Tendenz der Farbe Gelb auf.
Die Kontraktionstendenz von Gelb (in das raumbezogene Minimum zu tendieren) findet im begrenzten Raum eines Dreiecks fast formelhaft ihre Entsprechung. Gelb wirkt dabei tendenziell in die sich räumlich minimierenden Formbereiche.
Diese Herleitung entspricht Kandinskys „Spitzwinkligkeit“ der Farbe Gelb.

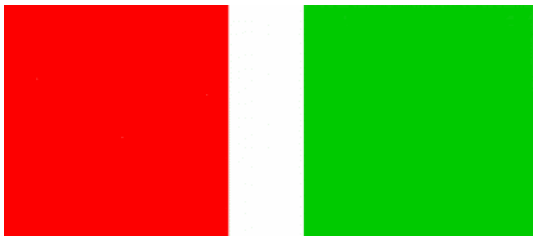


Alternative Formlösungen zur Farbe Gelb



Es lassen sich demnach Raumtendenzen benennen, die in der Form wie in der Farbe wirken. Verbindet man bestimmte räumliche Formausrichtungen mit den dynamischen Tendenzen der entsprechenden Farbe (wie beim gelben Dreieck), kommt es in der Wahrnehmung zu einer analogen und dadurch gesteigerten Wirkung. Das macht die wahrnehmbare Analogie von Farbe und Form aus. Wichtig für eine solche Wahrnehmung ist, dass wir die Form dabei optisch immer über Bewegung erfassen, sie also „ablesen“ oder optisch nachzeichnen. Eine statische Form an sich entsteht zwar über Bewegung, weist diese aber selbst nicht mehr auf. Erst der Prozess der Betrachtung, in dem wir räumliche Tendenzen sinnlich nachformen, unterstützt die analoge Sinnesempfindung von Form- und Farbwirkung.

Es gibt aber auch Varianten farbiger Formen, die einer Kanalisierung farbentypischer Tendenzen entgegenwirken können oder je nach ihrer Konstruktion und Komplexität verschiedene Bezüge zulassen.
Mit der Komplexität räumlicher Formausrichtungen nimmt auch der Grad der assoziativen Zuordnung beim Betrachten zu. Einfachste geometrische Formen lassen daher auch klarere Schlüsse auf reine Farbenwirkungen zu. Das hatte Kandinsky als Erster erkannt und versucht zu definieren.
Das Quadrat, das bei Kandinsky als die Form zur Farbe Rot gilt, kann von seiner Konstruktion und Charakteristik her auch sehr gut dem statisch, stabil u. ruhend wirkenden Grün entsprechen.

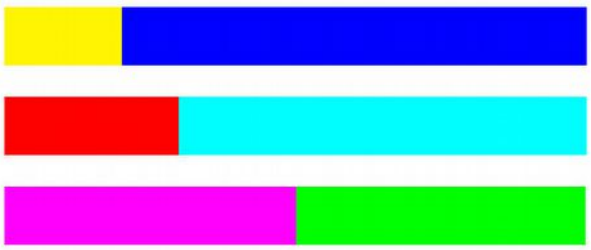


Ein Unterschied zwischen Farben und Formen besteht speziell darin, dass die Farben an sich raumdynamisch wirken und daher keiner Begrenzung entsprechen. Form dagegen definiert sich gerade durch räumliche Begrenzung. Die Dynamik und Wirkung der Farbe lässt sich deshalb nicht absolut in begrenzter Form fassen oder ausdrücken.
Beide Ebenen, sowohl die Farben als auch die Formen, konstruieren wir mit dem Sehsinn über einen dynamischen Raumbezug. Die Wahrnehmung raumbezogener Eigenschaften des Umfeldes ist also im weitesten Sinne auch das Grundprodukt allen Sehens.
Dazu möchte ich ein passendes Zitat anfügen. C.F. von Weizsäcker sagte in seiner Gedenkrede auf Albert Einstein, 1959: „Was bei Einstein schließlich entstanden ist, ist eine Theorie, die man viel eher so beschreiben kann, dass es nur den Raum gibt und dass die Körper nichts anderes sind als Eigenschaften des Raumes.“

Ein anderer Aspekt, der bei der Interpretation von farbigen Formen eine Rolle in der allgemeinen Farbenlehre spielt, ist der so genannte „Quantitätskontrast“. Der Quantitätskontrast, auch Mengenkontrast, beruht auf der Gegenüberstellung verschieden großer Farbflächen. Dabei geht es nicht um bestimmte Formentypen, sondern um unterschiedliche Proportionen oder Größen. Diese farbigen Flächen sind natürlich immer auch Formen, werden aber bei der Analyse der Farbenwirkung nur auf ihre Größenunterschiede hin beurteilt. Wenn diese in bestimmten Verhältnissen vorliegen, ist die optische Wirkung der Farbflächen gleich intensiv und wird daher als harmonisch oder ausgewogen empfunden. Dabei ist die Wirkungskraft einer Farbe von der Flächengröße abhängig. Der zu beurteilende Quantitätskontrast bezieht sich also auf das Größenverhältnis von zwei oder mehreren Farbflächen. Bestimmte Größenverhältnisse ergeben ein optisches Gleichgewicht, sodass keine Farbe stärker hervortritt als die andere. Farben mit unterschiedlicher Wirkungsintensität werden so in ein ausgewogenes Verhältnis gesetzt. Die Beurteilung des Quantitätskontrastes ist prinzipiell keine rationale, sondern eine über das Farbenempfinden vollzogene Unterscheidung und lässt sich deshalb auch nicht anhand gültiger Koordinaten oder Werte exakt bemessen. Es ist also eine reine Interpretation der optischen Wirkung auf das Empfinden.
Schon Goethe fand heraus, dass die Wirkung der Farben gleich groß bzw. harmonisch ist, wenn sie in bestimmten Mengenverhältnissen vorliegen. Auch Johannes Itten führt einen solchen Quantitätskontrast in seinem Buch „Kunst der Farbe“ (S. 59-63) auf. Die Beschreibung des Quantitätskontrastes findet man heutzutage in sehr vielen Sachbüchern. Auffällig ist, dass die Darstellungen der Quantitätskontraste, unabhängig von unterschiedlichen Methoden, immer einen gemeinsamen Grundzusammenhang aufweisen. Die Größen der Farbflächen sind in ihrer Abfolge dadurch gekennzeichnet, dass der Farbe Gelb immer die kleinste Fläche zugeordnet wird, blaue und violette Flächen immer am größten dargestellt werden, sowie die Farben Grün und Rot gleichgroße Flächen aufweisen. Zur Darstellung werden zumeist Komplementärfarbenpaare verwendet. Goethe benannte die von ihm favorisierten Proportionsverhältnisse folgendermaßen:

Gelb u. Violett im Verhältnis 1:3 / Orange u. Blau im Verhältnis 1:2 / Rot u. Grün im Verhältnis 1:1

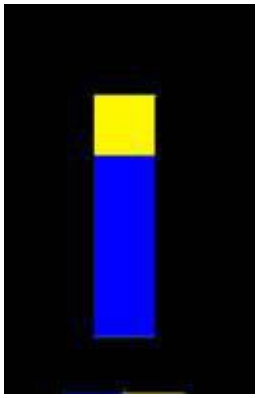
Aus heutiger Sicht müsste man die Kontrastpaare, um tatsächlich Komplementarität zu erreichen, farblich wie folgt korrigieren: Gelb und Blau / Rot und Cyan / Magenta und Grün

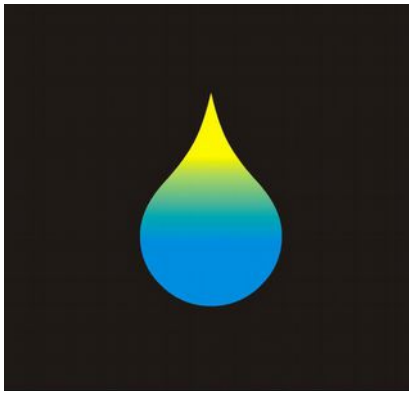


Die Darstellung des Quantitätskontrastes mittels Komplementärfarbenpaaren ist eine Methode, bei der auch ein Gesamtverhältnis zu erfassen ist, weil diese alle relevanten Farben beinhalten und die Darstellung eine gemeinsame Größe (Streifenlänge) zulässt, über die insgesamt verglichen wird.

Es ist demnach so, dass Farben untereinander in verschiedenen Formproportionen als harmonisch oder ausgewogen empfunden werden. Das lässt sich am verständlichsten verbildlichen, wenn man das Gesamtverhältnis innerhalb aller Hauptfarben darstellt. Über Vergleich kommt man zu dem Schluss, dass innerhalb der relevanten Proportionsverhältnisse die Farbe Gelb dem kleinsten Flächenausmaß zugeordnet wird, Blau- und Cyantöne dem größten, Grün und Magenta jeweils eine Art Mittelwert bilden. Beispiel proportionaler Farbenkreis bei J. Itten ("Kunst der Farbe" S. 61 / Abb. 45)

Interpretiert man, wie bei der vorherigen Betrachtung farbiger Formen, die Flächenform als begrenzten Raum, lassen sich auch hier direkte Parallelen zum bisher erläuterten Raumbezug der Farbenwirkung benennen. So unterschiedlich die Proportionsdarstellungen auch individuell gewählt werden können, wird Gelb immer mit der kleinsten räumlichen Flächenausdehnung in Bezug gesetzt. Hier wird also im Gesamtvergleich dieselbe tendenzielle Ausrichtung gewählt, die der Farbe Gelb bisher in verschiedenster Weise zugeschrieben werden konnte. Innerhalb der Größenverhältnisse tendiert Gelb demnach eindeutig zur kleinsten Formausdehnung, im übertragenen Sinne zum räumlichen Minimum, Cyan und Blau tendenziell zur größten Ausdehnung. In diesem Sinne entsprechen Grün und Magenta auch einem Mittelwert.
Die Bestimmung des Quantitätskontrastes mittels unterschiedlicher Flächengrößen könnte man also, wie die vorher beschriebene Analogie von Farbe-Form-Wirkungen, auch auf die raumbezogene Ausrichtung der Farbenwirkung zurückführen. Dadurch bekommt diese ansonsten eher als spekulativ betrachtete Differenzierung einen empfindungslogischen Ansatz.





Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die raumbezogenen Tendenzen, die über die reinen Farbeindrücke als optisch wirksam empfunden werden, Einfluss auf Formwirkungen haben.
Dafür verantwortlich ist der Umstand, dass wir auch Formen ursächlich über ihren Raumbezug optisch konstruieren und nachvollziehen, wodurch in farbiger Form Wechselwirkungen entstehen.

Rekapitulation theoretischer Aussagen zum Raumbezug der Farbe

Die Remissionseigenschaften des zum Überleben wichtigsten Lebensraumes, den die Flora (als Wald, Urwald bzw. allgemein Vegetation) bildet, sind Ausgangspunkt für die und Hauptziel der optischen Farbenwahrnehmung.

Das primäre Ziel der optischen Farbenwahrnehmung ist die Fixierung des wichtigsten Lebensraumes als optisch zu empfindenden Identifikationswert.

Dieser Identifikationswert wird über Vergleichsmechanismen aus dem räumlichen Kontext heraus konstruiert, in dem sich das betrachtende Lebewesen befindet.

Das Hauptziel der Farbenwahrnehmung bezieht sich als Identifikationswert direkt auf den Raumkontext, in dem der Mensch lebt.

Der Aufbau des räumlichen Kontextes erfolgt mit der Ausrichtung, die Flora als Mittelpunkt zu fixieren.

Von den Remissionseigenschaften der Flora peripher liegende Frequenzbereiche werden über Vergleichsmechanismen zum Aufbau eines Wahrnehmungsspektrums genutzt.

Der Aufbau des Identifikationswertes Grün erfolgt in diesem Kontext über die Farbenwerte Gelb und Cyan.

Gelb und Cyan beschreiben zwei wirkende Ausrichtungen im allgemeinen Raum, die räumliche Kontraktion und die räumliche Expansion.

Die Vermittlung beider Ausrichtungen, Kontraktion und Expansion, erzeugt eine räumliche Fixierung. Gelb plus Cyan ergibt den räumlichen Mittelwert Grün.

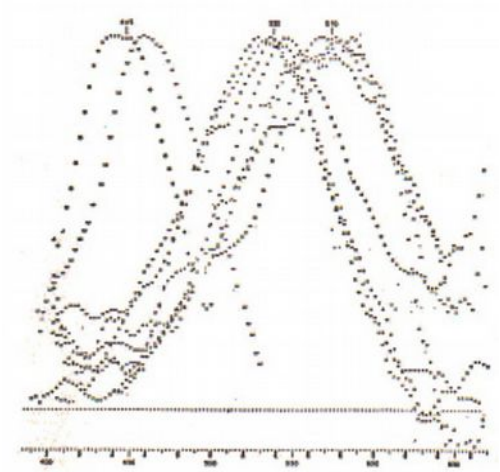
Die vom Grün peripheren Frequenzbereiche werden analog zu den tendenziellen Raumausrichtungen im Einzelnen als Gelb oder Cyan, und als Gesamtwert über Magenta wahrgenommen.

Magenta entspricht als Farbenwert der Gesamtheit tendenzieller Raumausrichtungen und kann als Empfindungswert für den allgemeinen Raum gelten.

Erst in diesem Zusammenhang können im natürlichen Umfeld Remissionseigenschaften verglichen und der Identifikationswert im Raumkontext und mit relativer Konstanz der Farbwertbildung aufgebaut werden.

Sinneszellen und Farbensystematik

In der heutigen Farbenlehre wird die Farbenwahrnehmung über die Sinneszellen zumeist so beschrieben, dass für das Farbensehen u.a. drei Arten von Zapfenzellen verantwortlich sind, die in unterschiedlicher Anzahl und Anordnung Bestandteile der Retina des Auges sind. Diese Rezeptoren wurden von Herrmann von Helmholtz bereits im 19. Jh. postuliert und erst später biochemisch nachgewiesen. Werner Schmidt in "Die Biophysik des Farbensehens"(S. 47, Regenbogenverlag, Konstanz 1999): *„Für das Farben- oder Tagsehen (fotopisches Sehen) sind die konusförmigen Zapfchen verantwortlich. Die ursprünglich von Young und Helmholtz aus psychophysikalischen Experimenten abgeleitete Zahl von drei Sinneszellen für Farbe (Farbrezeptoren) wurde 1964 etwa g1eichzeitig von Marks und Mitarbeitern an einer isolierten Affenretina und von George Wald in der menschlichen Retina nachgewiesen.“* In der folgenden linken Abbildung ist eines der nachweislichen Messergebnisse von Empfindlichkeiten dargestellt. Rechts daneben ist eine übliche Darstellung der Empfindlichkeiten abgebildet, die auf einem bereits 1931 durchgeführten Flächenversuch an Probanden und deren Farbzuordnungen basiert. Die daraus definierten „Normspektralwerte“ zeigen ähnliche Amplituden, stellen aber keine direkten Zapfenempfindlichkeiten dar, sondern Farbenmischungs-koordinaten. Auffallend ist in beiden Diagrammen, dass sich die Empfindlichkeitsbereiche überlappen und im mittel- u. langwelligen Bereich näher liegen.



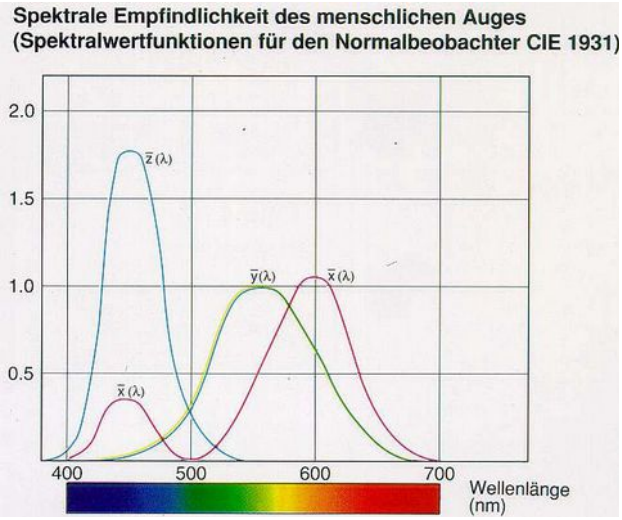


Abb. links: Brown, Paul K., and George Wald. "Visual Pigments in Human and Monkey Retinas." Nature 200.4901 (1963): 37-43.

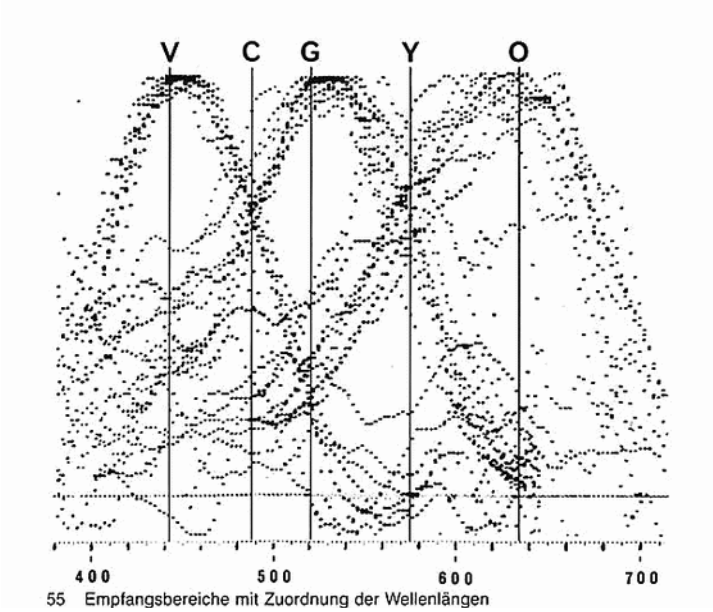
Die drei Arten von Zapfenzellen sind also für unterschiedliche Lichtbereiche empfindlich, was eine wichtige Voraussetzung für das Farbensehen ist. Helmholtz nahm an, dass jeder Zapfentyp direkt einen bestimmten Farbton signalisiert. In vielen Lehrbüchern werden heute noch die unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Zapfenarten direkt mit drei Grundfarbenempfindungen (Rot, Grün, Blau = RGB) gleichgesetzt (wie auch aus der vorangegangenen rechten Abbildung zu entnehmen ist). Ewald Hering machte schon 1874 auf die Mängel einer solchen Herleitung aufmerksam und sprach von vier Grundfarbenempfindungen, die den direkten Schluss aus den drei Empfindlichkeitsbereichen der Zapfen in Frage stellten. Hering wies auf das Fehlen der Farbe Gelb im Trio der Physiker und die damit verbundene und ihm absurd erscheinende Vorstellung hin, dass Gelb eine Mischung aus Rot und Grün sein müsste. Gelb sei eine elementare Empfindung und keinesfalls eine Mischung. Ein rotes Grün oder ein grünes Rot seien zudem undenkbar, und daraus lasse sich der Schluss ziehen, dass es vom Standpunkt der Psychologie aus gesehen vier elementare Farbempfindungen geben müsse. Hering ging sogar noch weiter und postulierte, dass die vier Farben ihre Empfindungen durch opponente Paare zustande bringen, denn „Gelb kann in`s Rothe oder in`s Grüne, nicht aber in`s Blaue spielen“. Tatsächlich hat man "Kanäle" von Nervenzellen (Ganglien) gefunden, die in der opponenten blau-gelben bzw. grün-roten Form diese vier Farbempfindungen dem Gehirn zugänglich machen.

Nach heutigen Erkenntnissen findet der Mechanismus der Farbenempfindung u.a. über die besagten Zapfen, die Bipolarzellen und die Ganglienzellen statt. Man kann noch nicht verbindlich sagen, wie der Vorgang der Sinnesempfindung spezifischer Farbentypen tatsächlich erfolgt. Sicher ist aber, dass die unmittelbare Gleichsetzung von Zapfenempfindlichkeit und Grundfarbenempfindung falsch ist.

Werner Schmidt schreibt dazu: „Jede Zapfensorte trägt ein bestimmtes Pigment, wobei die maximalen Empfindlichkeiten im blauen, grünen bzw. roten Spektralbereich liegen. Es ist jedoch schlicht falsch zu behaupten, sie seien nur für blaues, grünes oder rotes Licht empfindlich. Wir werden später verstehen, dass Zäpfchen mit sauber nach Wellenlänge, vermeintlich »Farbe«, getrennten, nicht überlappenden Absorptionsspektren für das Farbensehen völlig ungeeignet wären. Im Gegenteil, entscheidende Grundlage des Farbensehens ist ihre weitgehende, aber eben nicht komplette spektrale Überlappung. Ein hypothetisches Auge mit drei spektral isolierten Sehpigmenten wäre farbuntüchtig. Entsprechend müssen Tetrachromaten wie viele Tiere nicht zwangsläufig »farbiger« sehen als ein Trichromat.“
("Die Biophysik des Farbensehens", S. 48, Regenbogenverlag, Konstanz 1999)

In der breit publizierten Farbenlehre von H. Küppers findet man noch eine andere Variante der Darstellung von Empfindlichkeitskurven. Küppers geht dabei von einem symmetrischen Prinzip aus. Weil aus den vorher genannten Diagrammdarstellungen eine solche Symmetrie nicht hervorgeht, benutzt er für seine Visualisierung eine Messwerttabelle, die an Goldfischen ermittelt wurde.

Aus: H. Küppers, „Das Grundgesetz der Farbenlehre“, S. 35/Abb. 55, DuMont 2004:



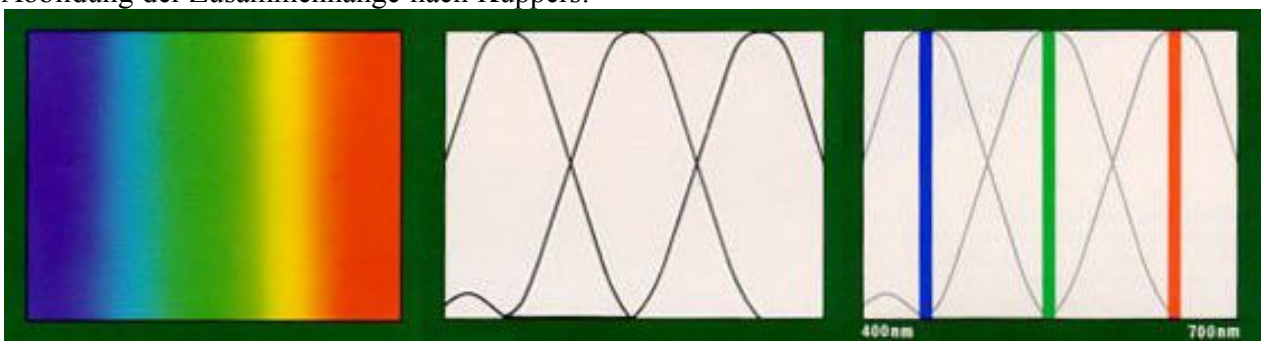
55 Empfangsbereiche mit Zuordnung der Wellenlängen

Quelle: Rainer Röhler: Systematische Farbgestaltung. Deutsche Verlagsanstelt, Stuttgart 1969. Seite 9

Küppers beschreibt sein Modell wie folgt:
„In Abb. 55 finden wir zahlreiche Messpunkte, die durch Absorptionsmessung von Zapfenflüssigkeiten gewonnen wurde. Diese drei Kurvenzüge, die die Empfangsbereiche der drei Zapfentypen repräsentieren, nennt man auch »Spektralwertkurven». In diesem Bild sind über den vertikalen Linien die Abkürzungen von fünf bunten Grundfarben zu finden. Man erkennt aus der Darstellung, dass die intensivsten Farbempfindungen für die Grundfarben Violettblau (V), Grün (G) und Orangerot (O) nur dann zustande kommen können, wenn im Bereich der eingezeichneten Linien so starke Strahlungen vorhanden sind, dass das gesamte Empfindungspotential mobilisiert werden kann. Es lässt sich aus der Abbildung ablesen, dass man nicht erwarten darf, im Spektrum die Grundfarben Cyanblau (C) und Gelb (Y) kräftig und intensiv vorzufinden. Das ist nicht möglich, denn die vertikalen Linien zeigen uns, wie die entsprechenden Strahlungen jeweils zwei Empfangsbereiche teilweise ansprechen. In voller Intensität können die Grundfarben G und Y aber nur dann empfunden werden, wenn in jedem der beiden betreffenden Empfangsbereiche das maximale Potential mobilisiert wird. Für C ist das dann

der Fall, wenn die Linien V und G zusammenkommen. Für Y müssen die Strahlungen, die den Linien G und O entsprechen, gleichzeitig in voller Intensität vertreten sein. Die Farbbereiche, die man im Spektrum sieht, nennen wir Violettblau, Cyanblau, Grün, Gelb und Orangerot. Dem aufmerksamen Leser wird auffallen, dass die sechste bunte Grundfarbe, nämlich Magentarot, im Spektrum nicht vertreten ist. Wir können auch nicht erwarten, sie vorzufinden. Denn die Empfindung Magentarot kann nur dann entstehen, wenn gleichzeitig die Empfangsbereiche V und O aktiviert sind. Da es aber aufgrund der Anordnung keine Überlappungsbereiche zwischen ihnen gibt, kann auch die Empfindung Magentarot durch das Spektrum nicht entstehen.“

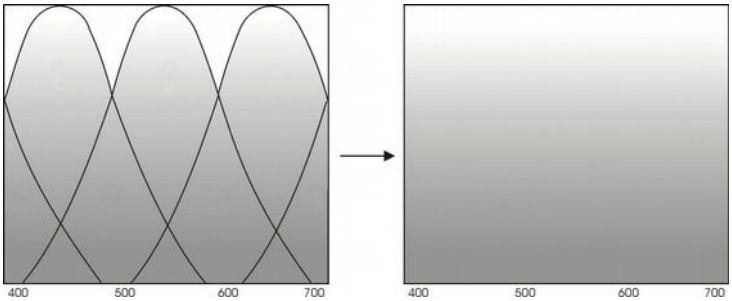
Abbildung der Zusammenhänge nach Küppers:



Bei diesem Modell der Farbenzusammenhänge geht Küppers davon aus, dass das Maximum der einzelnen Empfindlichkeitsbereiche für Grundfarben (bei ihm Orangerot, Grün, Violettblau) steht. In dieser Weise verbindet er die reine Empfindlichkeit (Zapfenreaktion) direkt mit der späteren Empfindung (Farbe).
Um dafür im Vergleich zur Spektralfarbenabfolge (siehe links) ein übereinstimmendes Schema zu schaffen, verschiebt er den Empfindlichkeitsbereich für langwelliges Licht, entgegen den Messwertdarstellungen, weiter nach rechts. Die Wahl eines symmetrischen Prinzips, das Küppers verbildlicht, entspricht der Logik und dem allgemeinen Verständnis, dass das Farbensystem einer Art Symmetrie entspricht. Im Grunde folgen alle Farbensysteme dieser Logik. Für die Hervorbringung der Farbenempfindung werden weitaus mehr Prozesse und Abläufe vollzogen, als sie in der reinen Zapfenempfindlichkeit vorliegen. Deshalb kann durchaus der Aufbau einer Symmetrie über das Sinnesorgan im weiteren Verarbeitungsprozess erfolgen. Die Interpretation in eine Symmetrie ist aber eine theoretische Stilisierung.
Geht man bei der Stilisierung der Systematik für didaktische Zwecke vom als symmetrisch verstandenen Prinzip aus, lässt sich das von Küppers gewählte Prinzip noch anders interpretieren. Vergleicht man Küppers System mit dem folgenden und versucht Rückschlüsse zu ziehen, wird beispielhaft deutlich, wie hypothetisch die Interpretationen bereits bei Teilzusammenhängen sind.

Das folgende Modell bedient in etwa das gleiche symmetrische Verhältnis von Empfindlichkeitskurven im Spektrum, wie Küppers es zeigt, bezieht dabei die von Prof. Ernst-Peter Fischer und Werner Schmidt betonten Überlappungen mehr ein, geht aber von einer völlig anderen Anschauung aus.

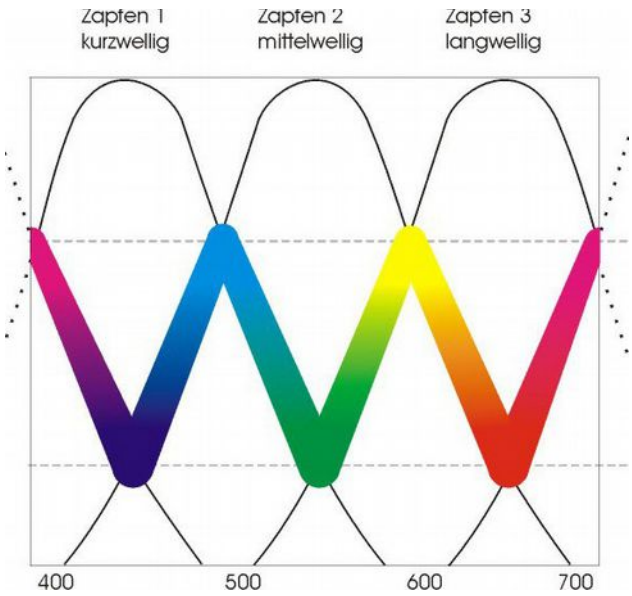
Ein Gegensatz ist hier, dass nicht der einzelne maximale Empfindlichkeitsbereich für eine Farbenempfindung im Sinne einer Grundfarbe steht. Der maximale und minimale Bereich der Empfindlichkeitskurven entspricht gar keiner Farbenzuordnung. Hier befindet sich der maximale Empfindlichkeitsbereich für Hell-Dunkel, der über die Zapfen konstruiert wird.



:

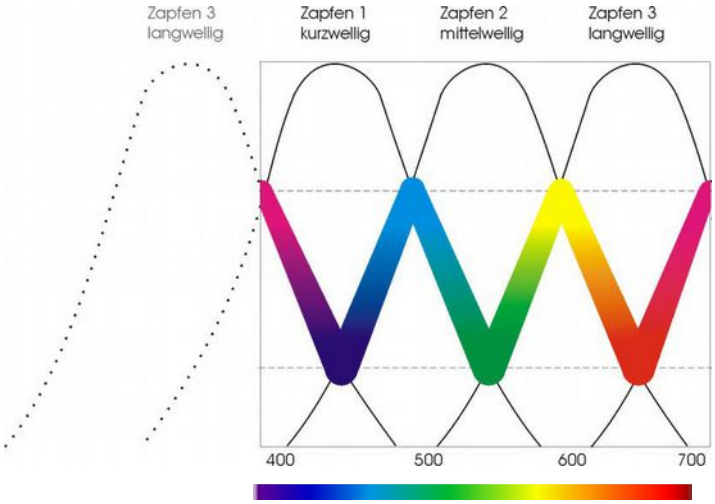
Elmar Borsdorff, 2004: „Die Frage, wie hell eine Farbe ist, wird auf ähnlichem Wege geklärt, da es Ganglienzellen gibt, die von allen drei Zapfensorten gleichermaßen erregt werden und damit die Botschaft der Helligkeit dem Gehirn übermitteln.“
(Quelle: http://www.docstoc.com/docs/129851399/Die-physiologischen-Grundlagen-der-Wahrnehmung)

Erst über die maximalen Überschneidungen von jeweils zwei Empfindlichkeitsbereichen kommt es zur Buntfarbenentstehung:



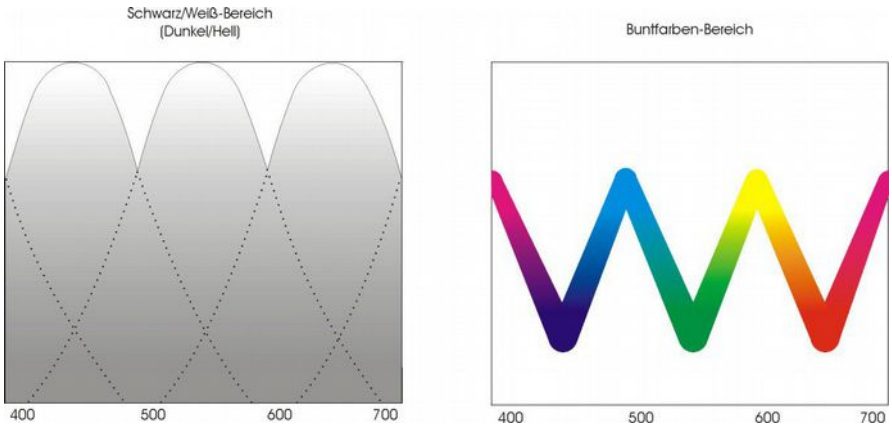
Die Darstellung ist, wie bereits vorweggenommen, nur eine starke Stilisierung, wobei die Farbzuordnungen eine initiierte Verschaltung versinnbildlichen sollen, die im weiteren Prozess zur Farbenempfindung führt.

Prof. Ernst-Peter Fischer schreibt zur Systematik der Sehzellen:
„.Jede einzelne Klasse von Zapfen für sich ist farbenblind. Es müssen mindestens zwei Sorten von Sehzellen mit zwei verschiedenen Pigmenten vorhanden und aktivierbar sein und deren Signale bzw. deren Absorptionsleistungen verglichen werden können, um Farben zu unterscheiden.“
(E. P. Fischer "Die Schichten der Farben", S. 67, Regenbogenverlag Konstanz 1999)



Diese Systematik bedient korrekt die Spektralfarbenbereiche, widerspricht aber gänzlich der Annahme von Küppers, dass der mittelwellige Zapfentyp unmittelbar die Farbe Grün, der langwellige Rot und der kurzwellige Blau auslöst. Erst über die Verknüpfung der drei Empfindlichkeitsbereiche kann eine Initiierung zur Farbenwahrnehmung erfolgen. Magenta, als Verknüpfung von kurz- u. langwelligen Bereichen, wird dabei theoretisch bereits mit einbezogen. D.h., alle grundlegenden Farbenempfindungen entstehen über diese Verknüpfungen oder Verschaltungen.
Das System wäre damit auch, im Gegensatz zur offenen Spektralfarbenfläche, in sich geschlossen.
Prof. Klaus Schawelka, „Farbe - Warum wir sie sehen, wie wir sie sehen“, Bauhaus-Universität Weimar, 2007: *„Unsere Farbwahrnehmung ähnelt eher einer Integralbildung und reduziert eine für uns nicht handhabbare Komplexität. Sie nutzt die verschiedene Empfindlichkeit dreier Rezeptortypen im Auge, deren glockenförmige Empfindlichkeitskurven sich dazu noch stark überlappen, und setzt das unterschiedliche Maß an Erregung dieser drei Rezeptoren auf eine höchst komplizierte Weise in Farbempfindungen um.“*

Darstellung der zwei Wahrnehmungsebenen (Hell-Dunkel / Buntfarben):

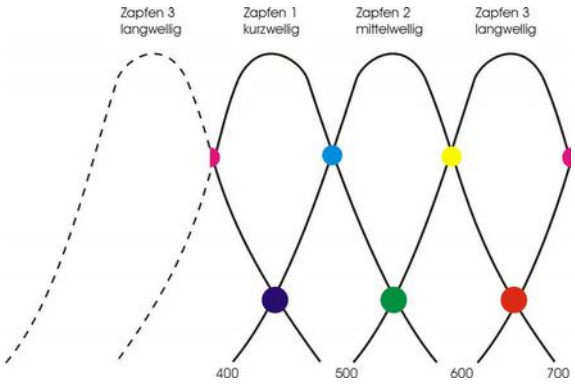


Der Buntfarbenbereich ist nach diesem Modell in sich geschlossen und eine separate, zum Hell-Dunkel-Spektrum diametrale Wahrnehmungsebene. Die hier gezeigte Parallelität der beiden Wahrnehmungsebenen bietet auch die Erklärung, warum es zu jeder Buntfarbennuance einen diametralen Grauwert gibt. Die Verbindung der Empfindlichkeitsbereiche über Magenta schließt das System.
E.-P. Fischer: *„Das Opsin, das für das „rote“ Licht zuständig ist, ist so konstruiert, dass es sich zusätzlich auch ein wenig von den kurzwelligen Photonen schnappen kann. Mit diesem raffinierten Kunststück gelingt es dem Auge, das eine Ende des Spektrums mit dem anderen zu verbinden.“* (E. P. Fischer "Die Wege der Farben", S.55, Regenbogenverlag Konstanz1994)

Das hier stilisierte Modell kann, wie vorher erklärt, nur für die verallgemeinerte, pauschale Darstellung der Farbzusammenhänge genutzt werden. Die symmetrische Konstruktion des Schemas wurde dabei zu Gunsten der theoretischen Versachlichung gewählt.

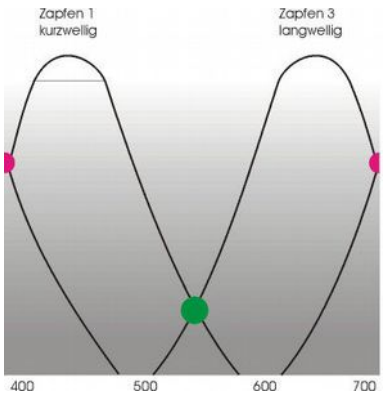
Es gibt noch einen anderen Zusammenhang, der aus dem Modellsystem hervorgeht.
Nachbilder sind Nachwirkungen einer Licht- oder Farbenerscheinung im Auge. Ein Nachbild ist definitionsgemäß das Nachwirken des Bildes eines etwa 30 Sekunden betrachteten Gegenstands, jedoch in umgekehrten Farb- und Helligkeitswerten, wenn dieser selbst nicht mehr wahrgenommen wird. Es wird allgemein auf eine örtliche Umstimmung sowie auf Regenerationsprozesse der Sehfarbstoffe im Auge zurückgeführt. (Aus eigenen Versuchen kann ich bestätigen, dass Nachbildphänomene auch schneller bzw. unmittelbar eintreten können.)

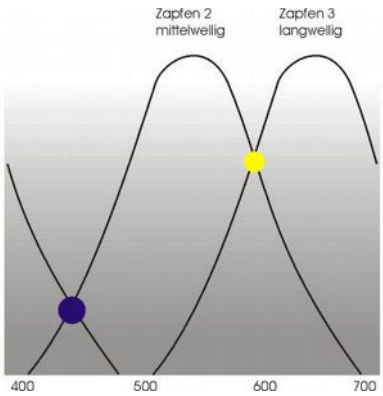
Aus dem neuen Modell kann man hierzu folgende hypothetische Herleitung anstellen.
Das Nachbild wird durch die Verarbeitung derselben Zapfensignale ausgelöst, die auch für den komplementären Farbreiz verantwortlich sind. Jede Zapfeninformation ist dabei an vier Verknüpfungsarten beteiligt.

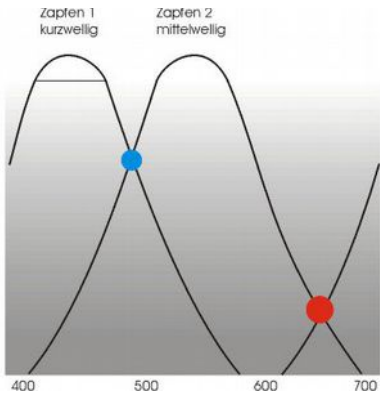


Die Signale von zwei unterschiedlichen Zapfentypen sind gemeinsam immer mit zwei Farbenerscheinungen verbunden. Die betreffenden Farben sind dabei immer komplementär.
Die Zapfen, die z.B. Magenta ermöglichen, sind auch für Grün zuständig usw.

Nachbilder können demnach Produkte der komplementären Verschaltung von Zapfenempfindlichkeiten sein, wobei dies der Annahme einer zum Nachbild führenden Regenerationsphase nicht entgegensteht. Wenn das Sehpigment, das die eine Farbempfindung ermöglicht, erschöpft ist, sehen wir ein komplementäres Nachbild, weil die komplementäre Verschaltung, als Grundsystematik, aktiv bleibt. Das komplementäre Nachbild ist dann eine Art Hintergrundbild, das entweder stets mitwirkt und in dieser Situation durchdringt, oder durch den Verbrauch des Sehpigmentes über die wirkende Verschaltung ausgelöst wird.





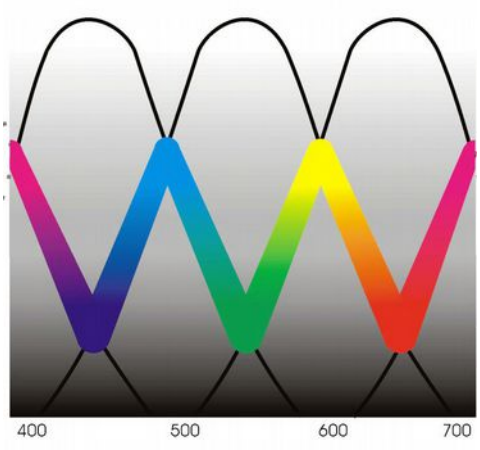


Wie bereits erklärt, ist dieses Modell nur eine Stilisierung und erhebt von daher nicht den Anspruch einer authentischen Visualisierung tatsächlicher Vorgänge. Eine Herleitung von Grundfarben und deren Bezug zu Lichteigenschaften oder des an sich Sichtbaren, ist aus dem Modell nicht direkt zu schließen. Trotzdem lassen sich Parallelen zu sichtbaren Vorgängen und auch Zusammenhänge bei der Farbenmischung aufzeigen, die im Anschluss noch detailreicher erläutert werden.

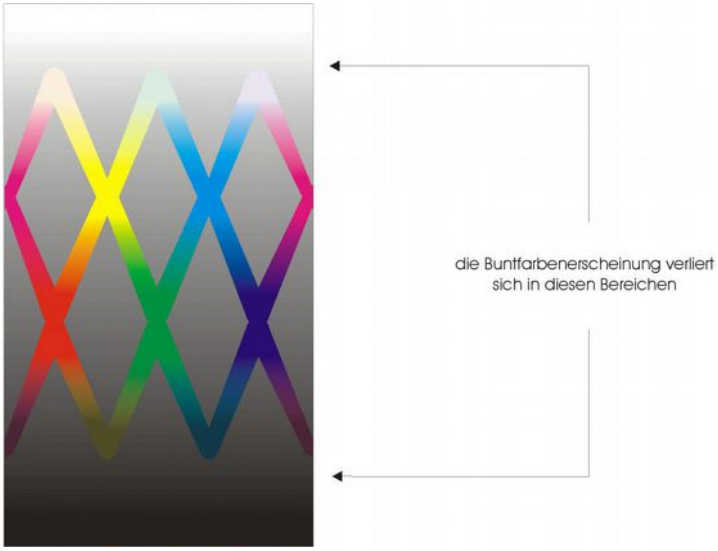
Die komplementäre Systematik könnte nach den bisherigen Ausführungen einen prinzipiellen Grundaufbau im Sehvorgang benennen, dem nicht nur die Buntfarben, sondern auch die Hell-Dunkel-Wahrnehmungsebene unterliegen.
Da beide Wahrnehmungsebenen verbunden sind und die Buntfarbenebene in Abhängigkeit von der Hell-Dunkel-Ebene funktioniert, kann dieser physiologische Aufbau auch die Begründung dafür sein, dass es bei Farbexperimenten zu Umkehrungseffekten kommt, die an einen Wechsel von Hell-Dunkel gebunden auftreten. Diese lassen sich bei allen Farbflächenbetrachtungen auf dunklem Hintergrund beobachten. Sie treten zudem merkbar bei Nachbildwirkungen, farbigen Schatten oder z.B. auch nach starker Blendung auf und basieren offenbar auf dem physiologischen Verschaltungsaufbau des Sehorgans. Für die optische Wahrnehmung im natürlichen Umfeld sind diese Umkehrungseffekte aber eher unrelevant. Betrachtet man z.B. eine Szenerie sehr lange in der selben Position, erscheinen erst für alle sichtbaren Objekte Nachbilder – dass heißt, wir sehen ein sich überlagerndes Doppelbild, das wie ein komplementäres Positiv-Negativ-Bild aufgebaut ist. Hält man den Blick konsequent weiter in der einen Position, in der sich die beiden Bilder möglichst exakt überlagern, löst sich das optisch Sichtbare in einen grauähnlichen Schleier auf. Dann sieht man im Grunde nichts. Das Sehen ist auf eine solche Situation nicht ausgerichtet. Es basiert eher auf einem stetigen Abgleichen unterschiedlichster Blicksituationen, bei denen Nachbilder o.ä. keine Rolle spielen.

Zur Gesetzmäßigkeit der Farbenmischung

Das neue Modell weist auch direkte Parallelen zur Gesetzmäßigkeit der Farbenmischung auf. Heute wird die Farbenmischung in einschlägiger Literatur immer in „additive“ und „subtraktive“ Mischung unterteilt. Dabei werden unterschiedliche Grund- oder Primärfarben benannt. Betrachtet man das neue Modell, in dem beide Wahrnehmungsbereiche (Hell-Dunkel, Buntfarben) diametral verlaufen, dann wird eine Verbindung zwischen den vermeintlich unterschiedlichen Mischungsarten sichtbar.

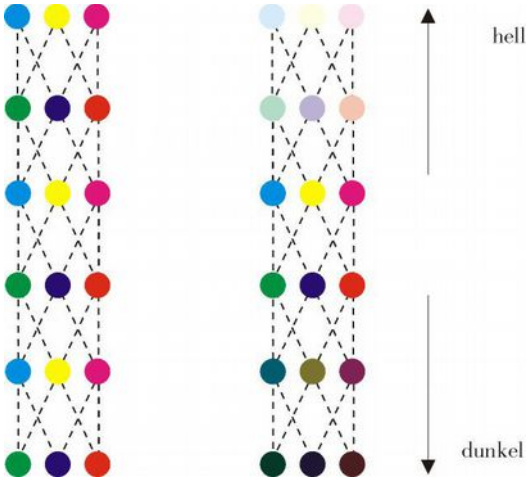


Die additive Mischung erfolgt von unten nach oben, also von Dunkel zu Hell, und wird durch eine Zunahme an Lichtintensität begleitet. Die subtraktive Mischung erfolgt entgegengesetzt und wird von einer Abnahme an Lichtintensität begleitet. Diese Erscheinung im Bezug zu den Lichtintensitäten wird auch richtig als „additive“ oder „subtraktive“ Tendenz bezeichnet.
Bezieht man die schematische Darstellung auf das tatsächliche Mischungsverhalten bzw. die tatsächlich auftretenden Ergebnisse der Farbenmischung bei den sogenannten „Lichtfarben“ und den sogenannten „Körperfarben“, lässt sich ein einfacher Zusammenhang visualisieren. Es wirken zwei diametrale Wahrnehmungsbereiche, Buntfarben und Hell-Dunkel. Die Helligkeitsveränderungen führen dazu, dass die Farbenerscheinung zum maximalen Hell- oder Dunkel-Bereich tendiert.
Zum Hellen bei der „Lichtfarbenmischung“, zum Dunklen bei der „Körperfarbenmischung“.

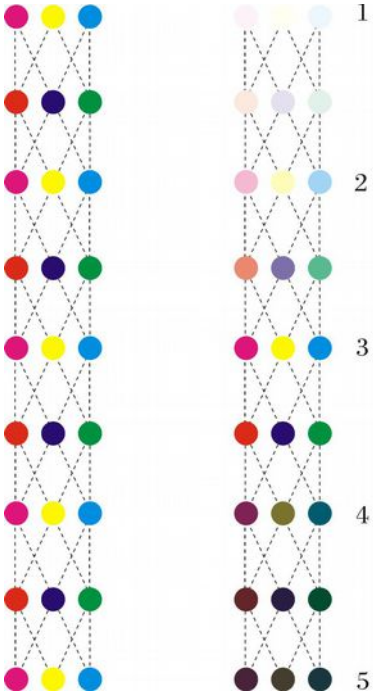


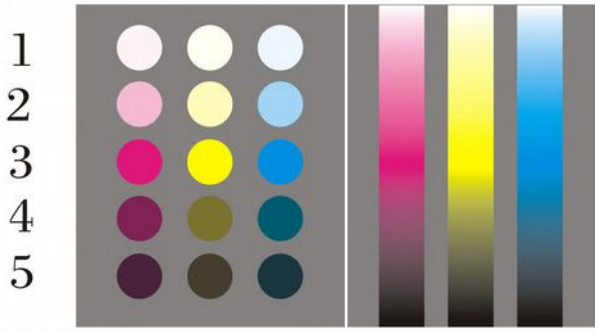
Hier stellt sich die Frage, ob die Helligkeitsverschiebungen unterschiedliche Grund- oder Primärfarben bedingen, bzw. ob man überhaupt auf diese schließen kann. Negiert man in der Analyse die diametralen Helligkeitsveränderungen, entsteht nur <u>eine</u> Abfolge der Farbenmischungen.

In den nächsten Abbildungen sieht man links diese Mischungsfolge, rechts dieselbe unter Einbeziehung der Verhellung und Verdunklung.

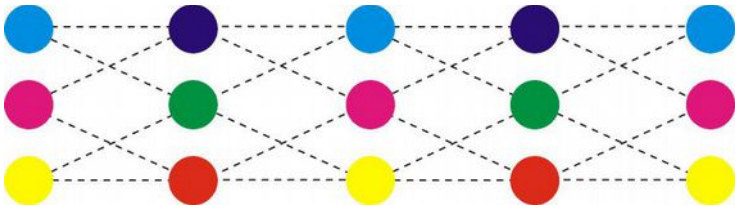


Die folgenden Farbengruppen 1-5 entsprechen immer Magenta, Gelb u. Cyan:



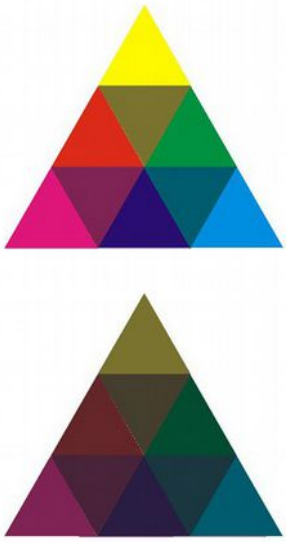


Sind die Erscheinungen Buntfarben und Hell-Dunkel auch optisch miteinander verknüpft, ist das eigentliche Buntfarbensystem unabhängig vom Hell-Dunkel-Bereich.
Die konkreten Mischungswege im vom Hell-Dunkel unabhängigen Buntfarbensystem sind viel einfacher, als bisher beschrieben, denn sie beschränken sich auf nur eine Art Primär- und Sekundärfarben. Deshalb sind additive und subtraktive Mischung auch keine unterschiedlichen Arten der Buntfarbenmischung, sondern nur zwei Tendenzen derselben Systematik. Diese Tendenzen sind dabei nicht an die Buntfarben an sich gebunden, sondern kommen durch das parallel wirkende Hell-Dunkel-Spektrum zustande. Wir sehen also gleichzeitig in beiden Bereichen und verbinden die Eindrücke miteinander.
In der allgemeinen Gesetzmäßigkeit der Buntfarben wirken demnach nur drei Primärfarben. Diese erzeugen hier im ersten Mischungsweg Sekundärfarben. Bei der weiteren Mischung erzeugen diese Sekundärfarben wiederum die Primärfarben.



Bemerkenswert ist, dass es aus dieser Sicht keine "Tertiärfarben" gibt, weil es keine 3. Farbenklasse der Mischung gibt. Dieser Mischungsweg beinhaltet ursächlich eine Rückmischung von Sekundärfarben in die Primärfarben. Alle weiteren Mischungen sind in Wahrheit keine neuen Mischungen, sondern lediglich Verbindungen mit dem Hell-Dunkel-Bereich.
Damit ist z.B. ein „Olive“ eigentlich ein Gelb mit Schwarzanteil.

(W. Ostwald „Farbkunde“ Tafel III, Unesma Verlag, Leipzig 1917)

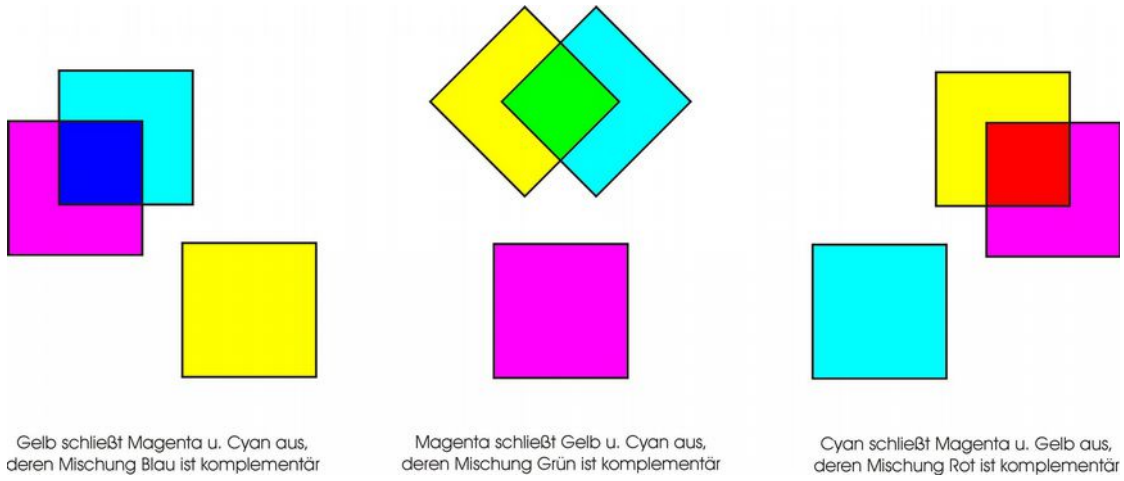


Die Gesetze der Farbenmischung können logisch vereinfacht und zusammengeführt werden.
In heutigen Lehrbüchern wird unsinnigerweise von „Lichtfarben“ bzw. farbigen Lichtern einerseits und „Körperfarben“ andererseits gesprochen, die eben die besagte Unterscheidung der Primärfarben bedingen. Man beschreibt damit zwar Mischungsabläufe, die durch die eingesetzten Mittel Helligkeitsveränderungen unterzogen sind, aber nicht die dahinter stehende Gesetzmäßigkeit.
Was durch diese Anschauung noch deutlich wird, ist der Umstand, dass man nicht von den Farben Rot, Grün, Blau (RGB) als Grundfarben der „Lichtfarben“ sprechen kann. Denn die „Lichtfarben“ und die sogenannten „Körperfarben“ unterliegen demselben Zusammenhang.
Beide wirken im selben System. Deshalb müssen auch die eigentlichen Grundfarben, die also für beide Typen zutreffen, neu benannt werden.
Es wurde bereits gezeigt, dass Magenta, Gelb u. Cyan Grundfarbeneigenschaften haben.
Die Sekundärfarben sind Farbverbindungen aus den Primärfarben Magenta, Gelb und Cyan.

Wenn wir Weiß sehen, sehen wir Weiß, weil es keine speziell dominierende Ausrichtung in der materiellen Remissionsstruktur gibt, die wir als Farbe erkennen können. Die meisten Farbenblinden sehen zudem Weiß wie Normalsichtige, was unmöglich wäre, wenn Weiß erst die Summe aller Farben ist. Weiß, wie auch Schwarz oder Grau sind keine Produkte der Buntfarbenmischung. Die Trennung in additive Mischung (zu Weiß) und subtraktive Mischung (zu Schwarz) ist unzulässig.

Eine in Farbenlehren besonders oft zu findende Farbenkombination sind die sogenannten Komplementärfarben. Wenn man von Komplementärfarben spricht, bestehen die Farbenpaare immer aus einer Grundfarbe und einer (aus den anderen beiden Grundfarben) zusammengesetzten Farbe. Mischt man ein solches Farbenpaar, führt man also alle drei Grundfarben anteilig zusammen.
Man beschreibt oft, dass sich die Komplementärfarben zu Schwarz, Grau oder Weiß mischen würden, je nachdem, ob gerade in subtraktiver oder in additiver Helligkeitstendenz gemischt wird.
Das ist falsch und irreführend. Wie vorher gezeigt, mischen die Buntfarben ursächlich keine Hell-Dunkel-Werte.
Andererseits erklärt man die Komplementärfarben oft über das sich diametrale Gegenüberliegen im Farbenkreis, was an sich gar keiner Erklärung entspricht.
Silvestrini, Fischer, Stromer - *„Farbsysteme in Kunst und Wissenschaft“, S. 233, DuMont, Köln 1998: „Komplementärfarben: Farben, die bei additiver Mischung weiß und bei subtraktiver Mischung schwarz ergeben. Sie liegen sich in Farbkreisen zumeist gegenüber…“*

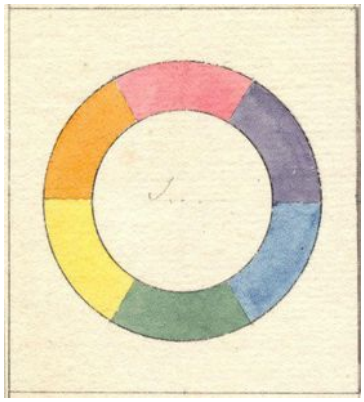
Die Bezeichnung „Komplementärfarben“ ist an sich bereits missverständlich, denn komplementär bedeutet Ergänzung, also Zusammenführung zu einem Ganzen. Bei der hier thematisierten Farbenmischung kommt es aber gar nicht zur Bildung eines Ganzen, denn bei der Mischung der sogenannten Komplementärfarben heben sich diese gegenseitig auf.
Ich will an dieser Stelle eine Feststellung aus den Experimenten zur Erzeugung der Kantenspektren spektralfarbener Flächen wiederholen:
Dass eine Farbe andere Farben in ihrem Kantenspektrum völlig ausschließt zeigt, dass diese Farbe den Charakter einer Grundfarbe hat. (Die Farben Gelb und Cyan schließen sich gegenseitig aus. Magenta schließt Gelb und Cyan aus. Gelb und Cyan schließen jeweils auch Magenta aus.)
Diese Charakteristik spiegelt sich auch in den sogenannten Komplementärfarben wider:



Die Zusammenführung von Komplementärfarben macht keine Unterscheidung im Farbenbereich mehr möglich, weil sich alle Farben gegenseitig ausschließen und damit keine Differenzierung in die unterschiedlichen Farbenwerte mehr stattfindet... wodurch sich die Erscheinung aufhebt.
Wir sehen daraufhin nur noch im Hell-Dunkel-Bereich. Komplementär können demnach jegliche Farbenpaare werden, soweit sie insgesamt der gleichanteiligen Zusammensetzung aller drei Grundfarben entsprechen. Es gibt also eine gesetzmäßige Aufhebung der Buntfarbenerscheinung, wenn alle drei Grundfarben gleichanteilig wirken.

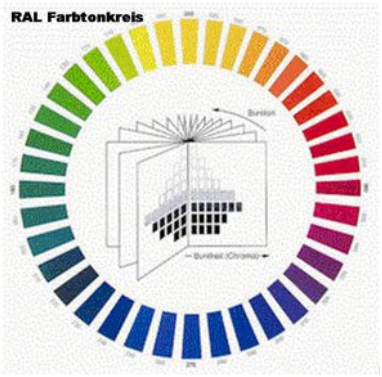
In Farbenlehren werden zumeist gleichanteilige Farbenkreise zur Visualisierung genutzt. Die Herleitung von Komplementärfarben aus einem gleichanteiligen Farbenkreis ist jedoch irreführend. Denn eine solche Darstellung vermittelt falsche Angaben der Farbanteile, die notwendig sind, um eine wirklich komplementäre Mischung zu erzeugen.

Goethe

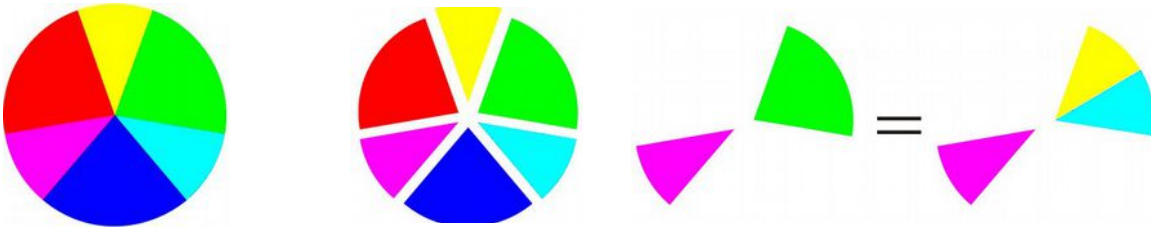


Itten

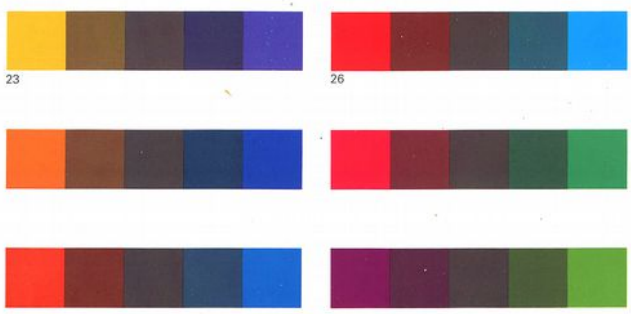
RAL-System



Wenn man ein Kreisschema für die Darstellung des Zusammenhanges komplementärer Farben nutzen will, müsste es andere Farbanteile vermitteln und in etwa wie folgt aussehen.

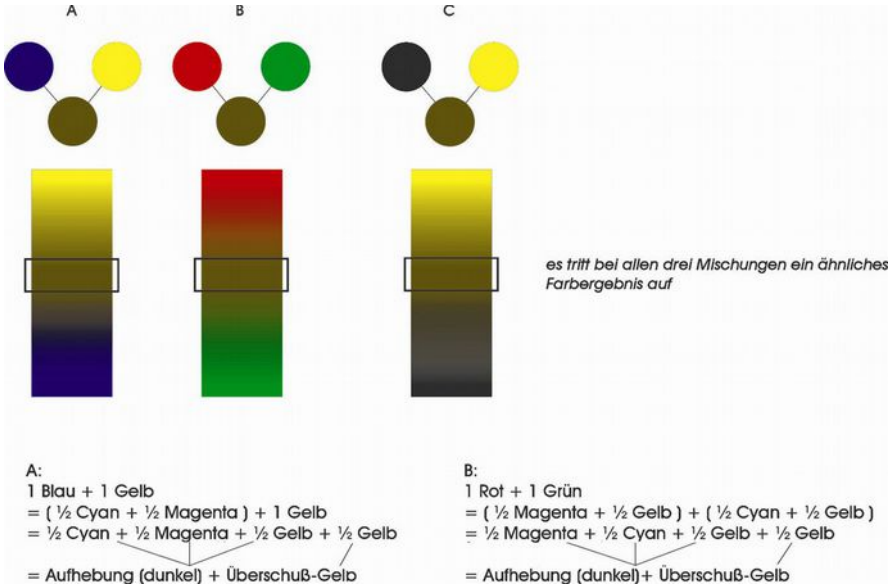


Die Sekundärfarben Rot, Grün und Blau sollten, als Zusammensetzungen aus jeweils zwei Primärfarben, auch doppelt so groß dargestellt werden.
Wirklich komplementäre Mischung kann immer nur über alle drei gleichanteiligen Grundfarben erfolgen. Wenn aber eine Grundfarbe (Primärfarbe) mit einem gleichgroßen Teil einer zusammengesetzten Farbe (Sekundärfarbe) gemischt wird, wie es aus den üblichen Farbkreisen abzuleiten ist, liegt ein ungleiches Verhältnis der Grundfarbenanteile vor.
In der Lehre von Johannes Itten sind z.B. entspr. Herleitungen von Komplementärfarben zu finden.
„Es gibt immer nur eine einzige Farbe, die zu einer anderen Farbe komplementär ist. Im Farbkreis stehen die komplementären Farben diametral einander gegenüber. Diese komplementären Farbenpaare sind: Gelb-Violett, Gelborange-Blauviolett, Orange-Blau, Rotorange-Blaugrün, Rot-Grün, Rotviolett-Gelbgrün. Wenn wir diese komplementären Farbenpaare zerlegen, machen wir die Feststellung, dass immer die drei Grundfarben Gelb, Rot, Blau in ihnen enthalten sind: Gelb-Violett = Gelb + Rot und Blau, Blau-Orange = Blau + Gelb und Rot, Rot-Grün = Rot + Gelb und Blau Wie die Mischung aus Gelb, Rot und Blau ein Grau ergibt, so ergeben auch zwei komplementäre Farben in ihrer Mischung Grau." (Johannes Itten in „Kunst der Farbe“, Christophorus Verlag Freiburg 2009)
Bei den Farbenpaaren von Itten findet man ungleichmäßige Primärfarbenanteile vor, weshalb sich bei ihrer Mischung Farbenanteile zwar aufheben, aber oft ein Mehranteil mindestens einer Primärfarbe bestehen bleibt. Obwohl Itten den Grundzusammenhang der komplementären Mischung theoretisch formuliert, vermittelt er praktisch keine korrekten Ergebnisse.
J. Itten "Kunst der Farbe", S.51

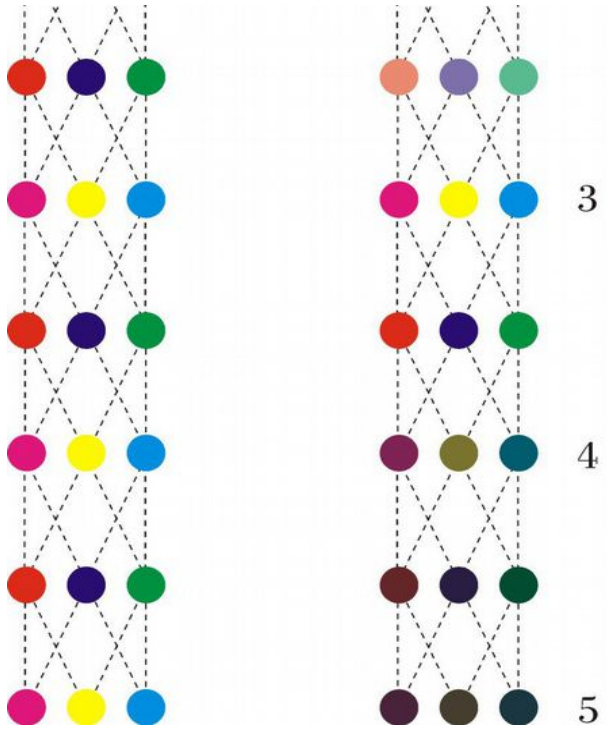


Bei den Graumischungen von Itten wirkt also dieselbe Systematik, wie sie vorher beschrieben wurde. Dabei ist es egal, ob man zwei zusammengesetzte Farben miteinander mischt (Sekundärfarben), oder eine Primärfarbe mit einer Sekundärfarbe mischt. In beiden Fällen liegt keine richtige Komplementärfarbenmischung vor, denn diese fordert gleiche Mengenanteile aller drei Primärfarben.

Zur Verdeutlichung folgen drei Mischungen, die vergleichbar sind. Alle drei Mischungen erzeugen ein ähnliches Ergebnis.



Die dargestellten Farbenpaare sind, nach ihrer Zusammensetzung aus Grundfarbenanteilen beurteilt, nicht tatsächlich komplementär. Bei der Mischung entsteht das „farbige Grau“, wie bei Itten. Diese Mischung ist keine Komplementärfarbenmischung, sondern eine Mischung zu Gelb - bei gleichzeitig auftretender Verdunklung. Bei B tritt die vorher beschriebene Buntfarbensystematik wieder in Kraft, bei der sich zwei Sekundärfarben (Rot, Grün) wieder in eine Primärfarbe (Gelb) zurückmischen. Aus Sicht von Hell-Dunkel tendieren alle Mischungen durch Subtraktion der Lichtmenge zur Verdunklung.



Eine sehr interessante Vermutung wäre nun, dass unser Sehsinn anscheinend die Farben aus drei Grundwerten (Primärfarben) konstruiert und diese bei der Sinneswahrnehmung als eine Art „mathematisches Grundgerüst“ nutzt.
Die Aufhebung dreier Primärfarben erfolgt prinzipiell, wenn diese zu gleichen Anteilen zur Mischung eingesetzt werden, aber scheinbar auch anteilig, wenn ein Überanteil bestimmter Primärfarben vorliegt. Man könnte hier schlussfolgern, der Sehsinn verrechnet den aufzuhebenden Teil und filtert dadurch den Überanteil der dominanten Primärfarben heraus.
Eine grundsätzliche Frage ist hier jedoch, ob im natürlichen Sehen ein solcher Mechanismus überhaupt von Bedeutung ist. Wie in der vorletzten Grafik sichtbar, kann ein dunkles Gelb („Olivegrün“) auf verschiedenste Weise *praktisch ermischt* werden. Dafür müssen aber auch vorhandene Farben tatsächlich gemischt werden. In der Natur sehen wir jedoch das Olivegrün der Olive, ohne dass sich die Frage stellt, ob dieses aus Rot und Grün, oder Gelb und Schwarz, oder aus Magenta, Gelb und Cyan entsteht.

Die praktischen Summierungsvarianten von Farbanteilen sind also nicht direkt auf das Prinzip des natürlichen Farbensehens anzuwenden. Es müssten ansonsten vor dem Ergebnis der Wahrnehmung spezielle Ausrichtungen detektierbar gewesen sein, um diese als Werte für eine Mischung nutzen zu können, die dann in ihrer Summierung aber ihre eigene Aufhebung bewirken und sie damit nicht sichtbar sind (oder waren?). Man müsste sichtbare Werte fordern, die nicht sichtbar sein konnten.
Folglich spielen die praktischen Möglichkeiten verschiedenster Farbenmischungswege über Pigmente, Malfarben, farbiges Licht etc. nur eine sehr eingeschränkte Rolle im Grundprinzip der Wahrnehmung.
Es soll daher noch einmal klar betont werden, dass die Farben nicht Weiß, Grau oder Schwarz *mischen*. Wenn diese Produkte sichtbar werden, sehen wir nur noch im Hell-Dunkel-Bereich, was die Folge einer Aufhebung der Farbendifferenzierung ist. Beim Mischvorgang bedeutet diese Aufhebung ein Zurücksetzen der Wahrnehmung in einen Zustand, bei dem keine spezifische Farbenhervorbringung mehr erfolgt. Es findet also im eigentlichen Sinne keine Mischung statt.

Nachtrag

In dieser Abhandlung habe ich versucht, über mögliche Analogieschlüsse auf einen Grundzusammenhang der Farbenerscheinungen hinzuweisen, der sich über den Raumbezug der Farbenwahrnehmung formulieren lässt.
Die Gesamtthematik Farbe ist sehr verzweigt und komplex, so dass es unablässig war, den Erläuterungsumfang zu komprimieren und auf wesentliche Zusammenhänge zu reduzieren. Herleitungen sind klar von unserem menschlichen Vorstellungsvermögen begrenzt. Oftmals sind es eher verkürzte Rückschlüsse aus Beobachtungen, die in einem Rahmen funktionieren, der uns hinreicht, um ein Erklärungsprinzip aufzubauen. So lässt sich nachvollziehen, dass wir uns Erscheinungen nur in einem Modellcharakter erklären, der nie den Anspruch auf Tatsächlichkeit haben kann. Es handelt sich eher um Begründungsvarianten, die für uns funktional anwendbar sind oder logisch erscheinen. Gerade im Bereich der Farbentheorie wird dies deutlich.
Im Gegensatz zu rein physikalischen Annahmen, die sich im Anschluss belegen oder falsifizieren lassen, ist eine Herleitung der Bedeutung von Sinneswahrnehmungen, speziell des Farbensehens, ein eher philosophisches Experiment, das interdisziplinär gedacht werden muss. Deshalb sind aus meiner Sicht starke Analogieschlüsse ein möglicher Weg zur Erkenntnisgewinnung. Einen solchen Weg habe ich versucht aufzuzeigen und hoffe damit den Zugang für ein besseres Verständnis der Farbenwahrwahrnehmung zu formulieren. Ob dies gelungen ist, kann sich erst in Zukunft zeigen.