

physiker

rundbrief

Sonderheft Januartagung 2006

Ingo Nussbaumer

Über die Eigenart komplementärer Spektren

Editorial

Johanni ist längst vorbei, Michaeli ist in Sicht. Dies Sonderheft des Rundbrief kann also sicher nicht als “aktueller Bericht” der letzten Arbeitstage gelten. Ich bin dennoch froh und dankbar, dass es möglich ist, hier einen ausführlichen Text von Ingo Nussbaumer in Erstveröffentlichung vorzulegen, der an seinen Beitrag vom Januar anschliesst. Ingo Nussbaumer arbeitet systematisch die komplementäre Struktur der prismatischen Farberscheinungen heraus und zeigt auch, dass dieser Blickwinkel für die Frage der Farbqualitäten produktiv ist. Er bewegt sich inhaltlich auf Neuland und seine Ergebnisse sind wichtige Bausteine sowohl für ein optisches Verständnis der prismatischen Farben als auch für die Behandlung der Farberscheinungen bei Beugung und Polarisation – zugleich wird klar: letztere stehen offenbar an! Bis es zur vorgenommenen Publikation seiner Arbeiten zur Farbenlehre in Buchform kommt, mag uns dies als Einblick und Anregung dienen. Die Verantwortung für die Schreib- und sonstigen Fehler, die Sie im Text finden, fällt ob meiner erheblichen redaktionellen eingriffe in den Text auf mich. . . Viele von Ihnen werden auch bemerkt haben, dass inzwischen zwei Artikel¹ vorliegen, in denen ich unseren “optischen Griff” auf die prismatischen Farben noch einmal festzuhalten versucht habe. Bei Interesse kann ich gerne mit PDF-Dateien oder Kopien dienen.

Einige Wochen der Verzögerung bei der Fertigstellung dieser Ausgabe ist dem Umstand geschuldet, dass sich Johannes Grebe-Ellis intensiv mit der Herstellung des Tagungsbandes zu *open eyes 2005* beschäftigt haben. Dieser erscheint als Band 1 einer Buchreihe zur Phänomenologie in den Naturwissenschaften beim Logos Verlag.² Die Dissertationen von Wilfried Sommer, Johannes Grebe-Ellis und Boris Heithecker sind als weitere Bände in dieser Reihe bereits erschienen. Die pädagogische Forschungsstelle Stuttgart hat meine – z. T. ja auch auf den Arbeitstagen vorgestellten und diskutierten – Arbeiten zur Mechanik in Buchform veröffentlicht.³ Für alle diese Bücher werden dringend Rezensenten gesucht – Kontakt kann ich ggf. gerne vermitteln!

Mit herzlichem Gruss

Florian Theilmann

¹Lehrerrundbrief **86** (März 2006) und **87** (Juni 2006).

²Siehe im Internet <http://www.logos-verlag.de/cgi-bin/engtransid?page=/Buchreihen/phaeno.html&lng=deu&id=>

³*Expeditionen in die Mechanik*. edition waldorf, Stuttgart 2006.

Inhaltsverzeichnis

Editorial	2
Über die Eigenart komplementärer Spektren	4
Einleitung	4
Die Wechselbeziehung prismatischer Erscheinungen	7
Die Phänomene der Verschiebung (Translation) und Streuung (Diffusion), Fächerung (Flabellation) und Vereinigung (Konduktion) von Farben.	9
Die Bildungsstufen der Spektren, das Bildungsspektrum	12
Die Eigenart komplementärer Spektren	14
Kurzer Nachtrag und Zusammenfassung:	27
 (Email-)Kontakte	 34

Physikerrundbrief Sonderheft Januartagung 2006
Copyright Naturwissenschaftliche Sektion
Dornach, September 2006
Redaktion und Herstellung: Florian Theilmann

Über die Eigenart komplementärer Spektren

Ingo Nussbaumer

Der hier verfasste Text ist eine zur Veröffentlichung aufbereitete Wiedergabe des am 5. Januar gehaltenen Vortrages an den Arbeitstagen für Physiker und Physiklehrer 2006 an der Naturwissenschaftlichen Sektion in Dornach, Schweiz. Der Text hält sich – da er einerseits aus dem Gedächtnis als auch andererseits aus dem vorkonzipierten Manuskript verfasst wurde – nicht an den Wortlaut des Vortrages, gibt diesen aber inhaltlich vollständig wieder. Er enthält darüber hinaus terminologische Zusätze und (gelegentlich in eckige Klammern gestellte) weiterführende Bemerkungen sowie Erläuterungen zum besseren Verständnis des vorgetragenen Zusammenhanges.

Einleitung

Um über die Inhalte ins Gespräch zu kommen, um die es hier gehen soll, werden eine ganze Reihe von neuen Begriffen verwendet. Zentraler Gegenstand meiner Untersuchungen sind die sogenannten “unordentliche Spektren”. Der Ausdruck “unordentliches Spektrum” ist nicht neu. Man verwendet ihn, um das dabei auftretende Phänomen vom “normalen” oder “ordentlichen” Spektrum abzugrenzen, das häufig auch das Newtonspektrum genannt wird. Wir beziehen uns also auf den Umstand, dass noch andere Phänomene auftreten als im Spektrum eines schmalen, weiß ausgeleuchteten Spaltes. Das einzige unordentliche Spektrum, das bisher systematisch beschrieben wurde, ist das “umgekehrte Spektrum”, das zum normalen, ordentlichen Spektrum komplementär ist und auch unter komplementären Bedingungen entsteht – und gelegentlich auch Goethespektrum genannt wird. Natürlich soll das nicht heißen, dass Goethe sich nur mit dem umgekehrten Spektrum und Newton sich nur mit dem normalen Spektrum auseinandergesetzt haben⁴, sowohl Goethe als auch Newton kannten beide Spektren; die Bezeichnungen dienen schlicht zur einfacheren Kennzeichnung bestimmter Phänomene.

Diese beiden Typen von Spektren entstehen dabei aus komplementären Bedingungen: Das Newtonspektrum zeigt sich, wenn durch einen *Lichtspalt* Licht fällt, das durch ein Prisma gelenkt auf einem Auffangschirm dem Auge ein Bild von Spektralfarben darbietet. Das Goethespektrum zeigt sich, wenn durch einen *Schattensteg* verhindert wird, dass an dieser Stelle Licht durch das Prisma dringt [es fällt an dieser Stelle ein Schatten durch das Prisma] und sich auf dem Auffangschirm ebenfalls ein Bild von Spektralfarben dem Auge darbietet. In subjektiven Versuchen zeigen sich die komplementären Ausgangsbedingungen dahingehend, dass sich einerseits eine weiße schlanke rechteckige Figur oder Spaltfigur in einem schwarzen (Um-)Feld befindet

⁴Newton beschreibt das umgekehrte Spektrum unter dem Aspekt der Herleitung aus weißem Licht in seinem ersten Buch der Optik, unter *Prop.* VIII, Aufgabe 3. Deutsche Ausgabe: Sir Isaac Newton, Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 96; Thun und Frankfurt am Main 1996, 1998, Seite 106.

und andererseits eine schwarze schlanke rechteckige Figur oder Stegfigur sich in einem lichtvollen weißen Feld befindet, das als Gesamtbild durch ein Prisma in Augenschein genommen wird. Diese Relation zwischen einer Figur von bestimmter Farbe und einem Umfeld *anderer* Farbe, nenne ich auch kurz die *Figur-Feld-Relation*. Die Figur-Feld-Relation für Newton- und Goethespektren sind “weiße Figur in einem schwarzen Feld” (Newtonspektrum) und “schwarze Figur in einem weißen Feld” (umgekehrtes Spektrum), entstehen also durch wechselseitiges Ersetzen von schwarz und weiß.

Beide Spektren unterscheiden sich dahingehend, dass sie ein völlig verschiedenes Farbgesicht oder Erscheinungsbild präsentieren. Im Newtonspektrum zeigen sich drei primäre Farbbereiche: Rot, Grün und Blau und im Goethespektrum zeigen sich ebenfalls drei primäre Farbbereiche: Türkis (Cyanblau), Purpur (Magenta) und Gelb. Das Aussehen dieser Spektren ändert sich, wenn die Breite der Figur bzw. die Breite von Spalt und Steg variiert wird. Beide Farbbereiche, die sich im Wesentlichen aus drei deutlich voneinander unterscheidbaren Farben heraus konstituieren, sind jeweils zueinander komplementär – d. h. die Farben des einen Spektrums sind zu den Farben des anderen Spektrums die genauen Komplementärfarben bzw. das Spektralbild des einen Spektrums ist komplementär zum Spektralbild des anderen Spektrums. Sind Spaltbreite und Stegbreite vollkommen gleich und projiziert man beide Spektren aufeinander, dann löschen sich die Farben gegenseitig aus, es entsteht ein helles Bild. Das komplementäre Verhalten dieser Spektren und die darin sich befindlichen Spektralfarben werden wir im Folgenden noch näher kennen lernen.

Wählt man im Unterschied zu den *unbunten* Ausgangsbedingungen der beiden vorhergehenden, “klassischen” Spektren, die aus Schwarz und Weiß bzw. Licht und Finsternis hervorgehen, stattdessen *bunte* Ausgangsbedingungen, wobei alle Farben in solchen Ausgangsbedingungen wiederum Komplementärfarben sind, so entstehen *unordentlicher Vollspektren*: Sie zeigen ebenfalls drei primäre Farbbereiche. Werden die Ausgangssituationen für die unordentlichen Spektren variiert, so dass keine Komplementärfarben mehr die Ausgangssituation in der Figur-/Feldrelation stellen, so erscheinen an der Stelle von Vollspektren mit drei primären Farbbereichen lediglich *Teilspektren* mit weniger als drei primären Farbbereichen, oder aber, wenn keine genauen Farbkomplementärwerte in der Ausgangssituation gegeben sind, hinsichtlich der einen oder anderen Farbe abgeschwächte oder farbintensitätsverminderte Vollspektren.⁵

Im Unterschied zum Begriff des *Spektrums* möchte ich nun den Begriff der *Situation* auf folgende Art einführen: Isoliert man beispielsweise aus einem Newtonspektrum eine Farbe (oder einen Bereich von Farben) und betrachtet diese (oder diesen) in einem dunklen lichtlosen Umfeld durch ein Prisma – etwa in einem objektiven Versuch durch eine weitere Spaltvorrichtung –, so betrachtet man eine solche Farbe in einer genau bestimmten Situation, nämlich in der Situation eines schwarzen (oder “dunklen”) Umfeldes und damit in einer “normalen” bzw. üblichen Situation bzw. der Newtonsi-

⁵Die farbintensitätsverminderten Vollspektren, wurden in der Tagung weder genauer besprochen noch experimentell vorgeführt. Sie ergeben sich aber im Speziellen aus der Verminderung des Sättigungsgrades (sowohl in Richtung auf Helligkeit wie Dunkelheit) als auch durch bestimmte Abweichungen vom komplementären Buntwert der Ausgangsfarben.

tuation. Das normale *Spektrum* oder Newtonspektrum unterscheidet sich dann von der regulären *Situation* oder Newtonsituation dahingehend, dass ersterem helles weißes Licht oder eine weiße Figurfarbe in der Figur-Feld-Relation zu Grunde liegt, während in einer Newtonsituation jede (Spektral-)Farbe zur Figurfarbe erhoben werden kann, wenn nur die Feldfarbe schwarz bleibt bzw. lichtlose Finsternis darstellt. Mit anderen Worten: Das Newtonspektrum entsteht als ein Spezialfall der geschilderten Newtonsituation. Die prismatische Betrachtung von verschiedensten Farben in einer Newtonsituation führt zur Feststellung bestimmter Phänomene, die wir gleich kennen lernen werden.

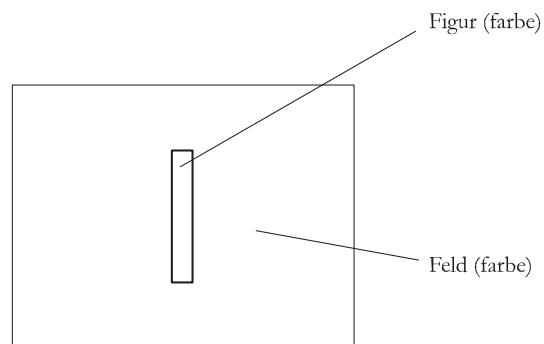


Abbildung 1: Zur Nomenklatur der Definition des Begriffs der *Situation*.

Eine *Situation* besteht demnach aus einer *Figur* (etwa einem farbig ausgeleuchtetem Spalt bzw. einem farbigen Streifen) und einem umgebenden *Feld* bestimmter Farbe, die durch ein Prisma in Augenschein genommen werden. Ist die Feldfarbe, wie in der Newtonsituation schwarz, so haben wir es mit einer regulären, ordentlichen oder normalen Situation zu tun. Ist sie von anderer Farbe, so haben wir es mit einer unüblichen, irregulären oder unordentlichen Situation zu tun. Wir unterscheiden nun also *Feldfarbe* und *Figurfarbe*. Ein normales oder ordentliches Spektrum im subjektiven Versuch kennzeichnet sich daraus, dass es sich *sowohl* aus einer schwarzen Feldfarbe *als auch* aus einer weißen Figurfarbe erstellt bzw. mittels Betrachtung einer solchen eingeschränkten Situation durch ein Prisma zeigt. D.h., nur aus einer komplementären und normalen Ausgangssituation von Figur- und Feldfarbe erscheint ein normales Spektrum. Der Begriff des normalen oder ordentlichen Spektrums schränkt sich nach dieser Darlegung auf eine genau bestimmte normale Situation ein, nämlich auf die Situation, in der die Figur-Feld-Relation sich aus den unbunten Farben Weiß (Figur) und Schwarz (Feld) konstituiert. Kehrt sich eine solche Situation der Farbe nach um, dann führt dies zu einem umgekehrten oder unordentlichen Spektrum und alle weiteren unordentlichen Spektren ergeben sich aus solchen irregulären Situationen in denen die Farben der Figur-Feld-Relation bunte Komplementärfarben bilden.

Alle unordentlichen Spektren, einschließlich des Goethespektrums, lassen sich aus dem Verhalten der Farben in einer Newtonsituation herleiten, ebenso wie sich auch die Farberscheinungen des Newtonspektrum (und die aller anderen Spektren) aus dem

Verhalten der Farben in einer Goethesituation herleiten lassen. Mit anderen Worten: Die Newton- bzw. die Goethesituation sind nicht “physikalisch” ausgezeichnet. Es gibt allerdings praktische Gründe dafür, die Newton-Situation zu bevorzugen. Um das Verhalten von Farben in einer Goethesituation zu beobachten, vor allem im Zusammenhang mit objektiven Versuchen, bedarf es einen weit größeren technischen Aufwandes, als dies für die Beobachtung des Verhaltens von Farben in einer Newtonsituation nötig ist. In subjektiven Versuchen lassen sich die Bedingungen für unordentliche Spektren dagegen relativ leicht erstellen, vor allem anhand von eigens erstellten Betrachtungsgrundlagen mit RGB Farben an Bildschirmen. Es ist natürlich klar, dass die RGB-Farben eines Monitors nicht vollkommen den Spektralfarben entsprechen; doch hat sich in meinen Vorversuchen – in denen ich objektive mit subjektiven koppelte – gezeigt, dass das Verhalten der RGB Farben durchaus dem Verhalten der Spektralfarben nahe kommt. Voraussetzung aber dazu ist ein Monitor, der die RGB Farben in optimaler Qualität wiederzugeben imstande ist. Eine geringfügige Abweichung davon verzerrt bereits die Phänomene. Wir werden nun zunächst die *Relativität* (oder auch Wechselbeziehung) prismatischer Erscheinungen berühren, dann auf die Phänomene der *Verschiebung, Fächerung und Vereinigung* von Farben zu sprechen kommen, auf die Bildungsstufen der Spektren hinweisen und erst dann die Eigenart komplementärer Spektren näher behandeln.

Die Wechselbeziehung prismatischer Erscheinungen

Die Relativität prismatischer Farberscheinungen lässt sich aus zwei Erscheinungsformen, die man den *individuellen* und den *allgemeinen Charakter* prismatischer Farben bezeichnen kann, näher bestimmen.

Der *individuelle Charakter* einer Farbe ist zum einen dadurch gekennzeichnet, dass ein und dieselbe Farbe sich prismatisch ganz unterschiedlich auslebt und ein ganz unterschiedliches Gesicht oder Aussehen annimmt, wenn sie in verschiedene Feldsituationen gebracht wird. Jede Farbe zeigt ein unterschiedliches Vermögen auf ihre Umgebung zu reagieren. Wir kennen ja aus nichtprismatischen Situationen das Phänomen des Simultankontrastes, das auch unter dem Begriff der *Wechselbeziehung* (Interaktion) von Farben behandelt wird.⁶ *Eine Farbe kann aussehen wie zwei Farben, ja viele Farben*, wenn man es genau nimmt. Das Aussehen einer Farbe wird beeinflusst von dem Feld in dem sie sich befindet. Ist das Feld dunkler als die Farbe, die sich darin befindet, so wirkt sie heller; ist das Feld heller, so wirkt sie dunkler; ist das Feld bunt, so nimmt sie gegebenenfalls einen Zug der Gegenfarbe an usw.

Nun treffen wir bei einzelnen prismatischen Erscheinungen zwar nicht direkt auf diese spezielle Art von Phänomenen, aber wie sich eine Farbe durch ein Prisma darstellt, hängt eben ganz von ihrer farbigen Umgebung ab. Eine Farbe kann ihr farbiges Gesicht bewahren oder leicht verändern (sich mehr oder weniger “streuen”), sie kann

⁶Siehe: Josef Albers, *Interaction of Color*, Grundlegung einer Didaktik des Sehens, Schauberg, Köln 1970

aber auch ihr “farbiges Gesicht gänzlich wechseln”; es können aus einer Farbe zwei verschiedene Farben werden. Dabei steht die Farbe natürlich unter verschiedenen Bedingungen, Bedingungen der Betrachtungsdistanz durch ein Prisma, Bedingung ihrer Größe, Bedingungen ihres Feldes usw. Ich werde Ihnen gleich ein solches Beispiel vorführen. (Es wird ein gelbes, schmales Farbband auf grünem, rotem, weißem, türkischem, schwarzem, purpurnem, blauem und grauem Feld vorgeführt und durch ein Prisma in Augenschein genommen.) Diese ihre ganz spezifische Reaktion auf bestimmte Bedingungen macht einerseits ihren individuellen Charakter aus, andererseits und zum zweiten ist der individuelle Charakter einer Farbe auch dadurch gekennzeichnet, dass *es keine Farbe gibt, die gänzlich gleich auf Situationen prismatisch reagiert wie eine andere Farbe*. Es zeigt eine Farbe, in welcher Situation sie sich auch befindet, nie das gleiche Gesicht wie eine andere Farbe, höchstens ein ähnliches Erscheinungsgesicht. (Beispiele werden vorgeführt.) Sie können auch den individuellen Charakter der Farben ablesen an den Tafeln, die ich zum besseren Verständnis angefertigt habe. (Tafel I und Tafel II, Seite 30 ff.)

Der *allgemeine Charakter* einer Farbe ist dagegen dadurch gekennzeichnet, dass jede Farbe sich bezüglich bestimmter Erscheinungsqualitäten bei der Beobachtung durchs Prisma wie jede andere Farbe verhalten kann. So kann sich ein Gelb vollkommen gleich verhalten wie ein Blau und ein Blau vollkommen gleich verhalten wie ein Rot usw., sofern eine *geeignete andere farbige Feldsituation* hergestellt wird. So, um ein Beispiel vorwegzunehmen, das wir gleich sehen werden: Gelb verhält sich auf Grün so, dass es kaum gestreut und verschoben wird und seine scharfen Ränder oder Kanten beibehält, also keine Säume bildet. Blau verhält sich auf Purpur oder Magenta so, dass es weder verschoben noch gestreut wird und seine scharfen Ränder beibehält und Rot verhält sich auf Schwarz ebenso. *Gänzlich verschiedene, ja sogar komplementäre Farben können sich ganz gleich verhalten und dasselbe Muster prismatischen Verhaltens an den Tag legen*. So verhält sich Gelb auf Weiß wie Blau auf Schwarz.

Wie der allgemeine Charakter von Farben sich in der prismatischen Betrachtung aus einer *Gleichheit des Verhaltens* zu erkennen gibt, so der individuelle Charakter einer Farbe aus der *Verschiedenheit des Erscheinungsgesichts*. Und beide Charakteren machen die *Relativität der prismatischen Erscheinungen* deutlich, in dem alle Erscheinungen auf einen wechselseitigen Bezug hin ausgerichtet sind.

Es wurde vorhin von der Figur-Feld-Relation gesprochen und Figur- und Feldfarbe voneinander unterschieden; ebenfalls wurde die Unterscheidung zwischen *Spektrum* und *Situation* eingeführt. Jetzt möchte ich zur klareren Sprachregelung noch eine weitere Unterscheidung einführen: Wenn man eine Betrachtungsgrundlage für subjektive Versuche erstellt, so entwickelt man ein *Ausgangsbild* für die Versuche. Von einem solchen Ausgangsbild ist das (spektrale) *Erscheinungsbild*, das sich im Blick durch ein Prisma einstellt genau zu unterscheiden. Sowohl das Ausgangsbild wie das Erscheinungsbild zeigt Farben in einer bestimmten Situation; aber das Erscheinungsbild zeigt die Farben des Ausgangsbildes nach Maßgabe der durch das Prisma herbeigeführten Veränderung. Wir werden diese Unterscheidung im Folgenden noch benötigen.

Die Phänomene der Verschiebung (Translation) und Streuung (Diffusion), Fächerung (Flabellation) und Vereinigung (Konduktion) von Farben.

Wir wollen uns nun den Phänomenen der Verschiebung, Fächerung und Vereinigung von Farben in einer Newtonsituation näher zuwenden. Dazu betrachten wir zunächst ein reguläres Newtonspektrum. Ein solches zeigt sich in einem subjektiven Versuch, wenn wir eine weiße Figur (ein schmales in die Länge gezogenes Rechteck) in eine schwarze Feldfarbe bringen. Betrachten wir ein solches Ausgangsbild durch ein Prisma, so finden wir ab einer bestimmten Betrachtungsdistanz drei primäre Farbbereiche: Rot, Grün und Blau. Das weiße Spaltbild des Ausgangsbildes hat sich im Erscheinungsbild in ein *mehrfarbiges Streubild oder Fächerbild* verwandelt. Nehmen wir eine der hier klar voneinander unterscheidbaren Farben aus diesem Spektrum heraus und stellen es als zweite, gleich große Figur über die weiße Figur, so lässt sich ein besonderes Phänomen beobachten: Ist die Farbe Rot, so bewegt sich dieses Rot auch nicht über die Stelle an der sich im Newtonspektrum das Rot befindet hinaus. Ist die Farbe Grün, so bewegt sich – mit zunehmender Betrachtungsdistanz vom Ausgangsbild – das Grün genau dorthin, wo im Newtonspektrum sich das Grün befindet; und ist die Farbe Blau, so geschieht ein Gleiches: es bewegt sich dorthin, wo im Newtonspektrum sich das Blau befindet. Neben diesem Phänomen der *Farbverschiebung* (oder Verrückung vom Orte) beobachtet man aber noch zusätzlich ein Phänomen der *Streuung*, das ich, um es von der Zerstreuung oder Dispersion abzugrenzen, einfach Diffusion nenne. Das Grün, das von der Stelle rückt, bildet neben seiner erkennbaren Verbreiterung oder Streuung unscharfe Säume und auch das Blau zeigt unscharfe Säume und ist die am meisten gestreute oder breiteste Farbe des Erscheinungsbildes, ebenso breit wie es eben auch im Newtonspektrum ist. Allein das Rot behält relativ scharfe Kanten und rückt auch nicht von der Stelle. Um dieses Phänomen in subjektiven Versuchen zu beobachten, wurden im Ausgangsbild das RGB Rot, das RGB Grün und RGB Blau über das Weiß des Spaltbildes gestellt. Die einzelnen Phänomene ergeben sich natürlich aus den dazu nötigen Betrachtungsdistanzen.

Die Feststellung, dass das Rot dabei nicht von der Stelle rückt und relativ scharfe Kanten behält, also kaum gestreut wird, lässt sich dahingehend ausnützen, dass Rot zu einer Art Markierungsfarbe wird, d. h. zur Festlegung eines Rasters oder eines Maßstabes, um die verschiedenen Grade der Verschiebung bzw. Streuung der anderen beiden Farben genauer einschätzen zu können. Versehen wir daher das Ausgangsbild mit schmalen roten Linien im Abstand eben der Breite der rechteckigen Figur, so lässt sich das Verhalten der beiden anderen Farben im Vergleich dazu näher studieren und auch sehen, wie weit sich das weiße Ausgangsbild im schwarzen Umfeld streut. Ich habe daher die rote Farbe auf schwarzem Grunde auch einen Marker genannt, der es erlaubt, den Grad der Verschiebung und Streuung quantitativ genauer einschätzen zu können.

Etwas ganz anderes zeigt sich nun, wenn wir an die Stelle der roten, grünen und blauen Farbe über dem jeweiligen weißen Spaltbild die Farben Türkis (=Cyan), Purpur

(=Magenta) und Gelb setzen. In den subjektiven Versuchen tun wir dies, indem wir ein RGB Cyan, gemischt aus Blau und Grün, ein RGB Magenta, gemischt aus Blau und Rot und ein RGB Gelb, gemischt aus Grün und Rot über das Weiß stellen. Wollen wir die subjektiven Versuche mit objektiven koppeln, dann wird man das Gelb wie Türkis aus einem Kantenspektrum isolieren und betrachten, das Purpur aber aus einem Goethespektrum – die Ergebnisse laufen auf dasselbe hinaus, sodass wir uns auf die subjektiven Versuche mit RGB Farben beschränken können.

Im Blick durch ein Prisma zeigt sich nun kein bloßes Bild der örtlichen Beharrung oder Verschiebung der Farben, sondern ein Bild der Fächerung. Türkis fächert sich in Grün und Blau, Purpur fächert sich in Rot und Blau und Gelb fächert sich in Rot und Grün. Betrachten wir solche Fächerbilder aus einer bestimmten Distanz und im Vergleich zum Newtonspektrum, so stellen wir fest, dass in diesen Fächerbildern genau jene Farben fehlen, welche diese Bilder in ein *vollzähliges* Spektralbild verwandeln würden. So fehlt dem Fächerbild des Türkis die Farbe Rot, dem Fächerbild des Purpur die Farbe Grün, dem Fächerbild des Gelb die Farbe Blau; eben jene Farbe jeweils fehlt, welche die genaue Komplementärfarbe zur Ausgangsfarbe bildet. Umgekehrt fehlen aber dem prismatischen Erscheinungsbild des Roten, Grünen und Blauen jeweils zwei Farben, um das Spektrum in ein vollzähliges Spektralbild zu verwandeln. Es lassen sich einzählige, zweizählige und dreizählige Spektralbilder unterscheiden. Dreizählige Spektralbilder ergeben sich dabei ausschließlich aus komplementären Ausgangsbedingungen, im Falle einer Newtonsituation aus Weiß und Schwarz. In diesem Sinne kann zwischen *vollzähligen* und *teilzähligen* Spektralbildern unterschieden werden. Ich vermeide in diesem Zusammenhang bewusst, von zerlegbaren und unzerlegbaren Farben zu sprechen, sondern spreche anstelle von “Zerlegung” von “Fächerung”, um einen (im Gegensatz zum Ausdruck “Zerlegung”) *deutungsoffenen Terminus* in Gebrauch zu bringen. Dagegen lässt sich ohne weiteres von fächerbaren und nicht-fächerbaren Farben sprechen, allerdings nur im Kontext der Situation, aus der sie als hervorgehen. Denn es wird sich noch zeigen, dass etwa die in einer Newton-artigen Situation fächerbaren Farben in einer umgekehrten, Goethe-artigen Situation sich als nicht fächerbar erweisen usw.

Nun lässt sich das Phänomen der Verschiebung von Farben auch dahingehend ausnützen, dass man in einem Ausgangsbild die Positionen der Farben derart vertauscht, dass die in einem größeren Maße verschiebbare Farbe vor eine weniger oder gar nicht verschiebbare Farbe gestellt wird, um eine prismatische Vereinigung von Farben zu erwirken. Dies führt uns auf das dritte hier genannte Phänomen: der prismatischen Vereinigung von Farben. Hier nämlich zeigt sich, dass sich aus allen drei Farben Blau, Grün und Rot, welche ja unterschiedliche Grade der Verschiebung aufweisen, zusammen die Farbe *Weiß* ergeben können. Das Ausgangsbild für die Feststellung eines solchen Phänomens wird dahingehend aussehen, dass zuerst sich die Farbe Rot in die Ausgangssituation stellt, welche dann in umgekehrter Streu- und Verschiebungsrichtung gefolgt wird von der Farbe Grün, welche einen bestimmten Grad an Verschiebbarkeit aufweist und dieser wiederum folgt im Ausgangsbild in umgekehrter Translationsrichtung die Farbe Blau. (Versuch vorgeführt.) Klar und deutlich wird in einem solchen

Versuch erkennbar wie alle drei Farben zusammen Weiß ergeben. Lassen wir hingegen eine der drei Farben weg, so ergeben sich aus Blau und Grün das *Türkis*, aus Blau und Rot das *Purpur* und aus Grün und Rot das *Gelb*, eben jene Farben, die sich zuvor in je zwei der anderen Farben fächerten.

[Es gelingt in subjektiven Versuche im Allgemeinen nicht die Farben, die sich so zusammenschieben, vollkommen zur Deckung zu bringen, da mit der Translation zugleich eine Streuung und damit zugleich eine Verbreiterung (sowie eine marginale Schwächung der Phänomene) einhergehen. In der Koppelung objektiver Versuche mit subjektiven bereitet es hingegen kein Problem die Farben vollständig zur Deckung zu bringen, wenn berücksichtigt wird, dass die brechende Kante, durch die es zum Spektralbild kommt, die gleiche ist, durch die auch die Vereinigung von Farben mittels eines zweiten Prismas beobachtet wird.]

Wechseln wir nun unsere Betrachtungen von einer Newtonsituation zu einer Goethesituation, so ergibt sich eine vollkommene Umkehr des Verhaltens der Farben. Dazu betrachten wir zunächst auch ein Goethespektrum mit den drei primären Farbbereichen Türkis, Purpur und Gelb, das sich aus einer schwarzen Stegfigur in einem weißen Feld ergibt. Setzen wir nun über das schwarze Stegbild in gleicher Breite und Höhe eine der dabei beobachtbaren Farben: Türkis, Purpur, Gelb, so verharrt nun Türkis wie zuvor Rot an der Stelle, Purpur wandert dagegen von der Stelle und bildet unscharfe Säume (wie zuvor das Grün) und Gelb streut und verschiebt sich am meisten wie zuvor das Blau. Wir haben es hier nicht nur mit einer Farbumkehr (in die komplementären Gegenfarben) zu tun, sondern auch mit einer Verhaltensumkehr der Farben. Wie sich zuvor an einer Newtonsituation zeigte, dass sich Türkis, Purpur und Gelb fächerten, so zeigt sich nun, dass sich Rot, Grün und Blau fächern und zwar Rot in Purpur und Gelb, Grün in Türkis und Gelb und Blau in Purpur und Rot. *Die unfächerbaren Farben in einer Newtonsituation erweisen sich in einer Goethesituation als fächerbare Farben und die fächerbaren Farben in einer Newtonsituation erweisen sich hier als nicht fächerbar.* Ebenfalls lässt sich aus der Vereinigung aller unfächerbaren Farben durch entsprechende Anordnung ein Schwarz bilden und desgleichen ein Blau, Grün und Rot, wenn eine der drei Farben ausgespart bleibt. Dazu lässt sich die Farbe Türkis als Marker in einer Goethesituation einsetzen, analog zum Rot in einer Newtonsituation.

Und für alle übrigen unordentlichen oder irregulären Situationen gilt: das Verhalten der acht gewählten Hauptfarben verändert sich gravierend. Durch alle Situationen zieht sich eine deutliche Veränderung, welche zur Feststellung führt, dass sich jede Farbe wie jede beliebige andere Farbe verhalten kann, sich einmal auffächert und dann wieder nur verschiebt usw.⁷

⁷Die Versuche zur Beobachtung dieser Phänomene wurden vorgeführt.

Die Bildungsstufen der Spektren, das Bildungsspektrum

Es wäre m. E. vollkommen verfehlt, wenn man ein Fächerbild bzw. ein Spektralbild als etwas Fix und Fertiges ausgeben würde. Wie wir dies an dem objektiven Versuch von Herrn Theilmann mit einem Keilspalt gestern sehen konnten⁸, zeigten sich die Farben unten im Spektrum anders als oben. Unten, wo der projizierte Spalt breiter war, leuchteten die Farben intensiv und Gelb wie Türkis waren zwischen Rot und Grün und Grün und Blau noch bemerkbar. Oben hingegen, wo der projizierte Spalt enger war, verdunkelten sich die Farben und primär waren hier nur die Farben Rot, Grün und Blau zu erkennen. Georg Maier machte uns darauf aufmerksam, dass wir hier nicht so sehr von einem kontinuierlichen Farbband sprechen sollten, sondern eher von einem “diskreten” Farbmuster⁹. Allerdings sind die einzelnen, farblich recht einheitlichen Farbbereiche in sich durchaus differenziert, denn zwei verschiedene Gelbfilter verändern das Erscheinungsbild des Spektrum auf völlig verschieden Weise. Vor diesem Hintergrund wollen wir uns nun mit dem Konzept der *vier Bildungsstufen* näher bekannt machen, denn aus diesen Stufen lässt sich auch über die Eigenart der komplementären Spektren etwas sagen.

Hinsichtlich der Bildungsstufen diverser Spektren gehe ich von einer so genannte *Grundstufe* aus, dem wohlbekannten *Kantenspektrum*. Das normale Kantenspektrum sieht so aus, dass sich in der Mitte Weiß befindet, an den Kanten oder Grenzen zu Schwarz aber jeweils ein Farbpaar: <Blau, Türkis> und <Gelb, Rot>. Ein solches Kantenspektrum ergibt sich in einem objektiven Versuch, wenn der Spalt, durch den das Licht dringt nur entsprechend groß ist. Habe ich eine verstellbare Spaltvorrichtung, so kann ich den Spalt z. B. kleiner machen und im Zuge dieser Verkleinerung werde ich zu einem so genannten *Vollspektrum* kommen, in dem die Farben Rot, Grün und Blau “wohl geordnet”, d. h. als Farbentripel sichtbar sind: <Blau, Grün, Rot>. Eine solche Stufe stellt im gewissen Sinne eine *Endstufe* vor. Ist die Endstufe eines vollständigen Spektralbildes erreicht, kann man den Spalt weiter verengen, aber es wird sich hinsichtlich der Farbe nichts wesentlich Neues ereignen, bis auf die weitere Verdunkelung der drei Farben – die natürlich auch vorher schon bemerkbar war. Dagegen ändert sich in Bezug auf die Farbigkeit der Ansicht zwischen der Grund- und Endstufe recht viel.

Zunächst können wir bei einer sukzessiven Verengung des Spaltes von einem Kantenspektrum aus bemerken, dass es eine Stelle bzw. auch Spaltbreite gibt, an der die *inneren Begrenzungsfarben* des normalen Kantenspektrums, das sind Gelb und Türkis, knapp aneinander stoßen bzw. aneinander zu stoßen beginnen. Das heißt, dass das *Weiß* oder das Licht bzw. die “bloße Helle” in der Mitte dieses Spektrums verschwindet. Wir haben damit nach der ersten Stufe des Vorliegens eines Kantenspektrums eine zweite Stufe erreicht, welche ich die *1. Eliminationsstufe* (bzw. die *2. Stufe des Spektrums*)

⁸Es wurde zur Demonstration des Unterschieds zwischen Farbqualität und spektraler Qualität der Beleuchtung ein Dia mit einem sich nach oben verjüngenden Spalt über ein Prisma auf eine Leinwand projiziert, wobei Helligkeit und Farbigkeit nach oben hin abnahmen.

⁹Den Ausdruck “diskret” schlug Johannes Grebe-Ellis in einem Gespräch zu den Phänomenen vor.

nenne, denn das Weiß verschwindet als optischer Eindruck. Während der Verengung bzw. des Zusammenschiebens der beiden Spaltteile haben sich aber die Kantenfarbenpaare nicht verändert, sie verändern ihre Position im Gesichtsfeld, aber behalten Farbe und Breite. In diesem Sinne liegt beim Erreichen der 1. Eliminationsstufe ein *unvollständiges Kantenspektrum* vor, das die Farben des vollständigen Kantenspektrums, aber kein Weiß mehr zeigt.

Es findet sich nun eine interessante Parallele dieser Stufe zu einem Fächerbild in einer Newtonsituation. Versuchen wir nämlich ein Magenta oder Purpur in seine beiden Fächerfarben zu zerteilen oder auseinander zu schieben, so zeigt sich, dass sich ein *vollständiges Fächerbild* von Purpur genau dann einstellt, wenn sich das Spektrum auf dieser 2. Bildungsstufe (der 1. Eliminationsstufe) befindet (bei gleicher Breite der Figur). Ein vollständiges Fächerbild liegt nämlich genau dann vor, wenn die Farben, in die sich das Bild fächert, exakt nebeneinander liegen bzw. aneinander grenzen ohne sich zu überschneiden. Liegen im Fächerbild von Purpur die Farben Rot und Blau genau neben einander, so handelt es sich bereits um ein vollständiges Fächerbild (andernfalls um ein unvollständiges, wenn noch Purpur sichtbar ist oder, um ein *überevullständiges*, wenn sich Dunkelheit zwischen beide Teile schiebt).

Verengen wir den Spalt nach dem Eintreten der 1. Eliminationsstufe weiter, so bemerken wir – sozusagen schon beim “ersten Schritt” – ein *zartes und eher liches Grün* zwischen Gelb und Türkis. Zugleich werden die inneren Begrenzungsfarben schmaler. Sukzessive verschwinden die beiden Farben von ihrem Inneren und mit jeder weiteren Verengung des Spaltes wird das Grün zugleich breiter, deutlicher und dunkler. Die 2. Bildungsstufe geht damit in eine 3. Bildungsstufe über, die sich durch eine *Farbinnovation* auszeichnet.¹⁰ Die 3. Bildungsstufe ist aber nicht nur eine *Innovationsstufe*, sondern auch eine 2. *Eliminationsstufe*, in der das helle und lichte Türkis zum Verschwinden gebracht wird.¹¹

Aus dem bisher Gesagten ergeben sich folgende Phasen der Erscheinung von Spektren bei Verengung des Spaltes (vgl. Abb. 2; zur Nomenklatur rechts in der Graphik vgl. Seite 14 ff.):

- die Grundstufe des Spektrums, das *vollständige Kantenspektrum*, das Weiß (bzw. die Figurfarbe) zwischen zwei in Breite und Schärfe charakteristisch gegliederten, zweifarbigen und komplementären Säumen zeigt,

¹⁰Diese erreicht interessanterweise ihren Höhepunkt, wenn sich aus einer Newtonsituation analog dazu ein vollständiges Fächerbild des Türkis in Grün und Blau ergibt, also das Türkis aus dem Bild verschwunden ist. In der entsprechenden Phase ist das Türkis aus dem Erscheinungsbild des Bildungsspektrums so gut wie verschwunden (es bleibt noch ein Rest des Gelben – was einleuchtet, wenn man sich die unterschiedliche Breite der türkisen Farbfläche und der gelben Fläche im Kantenspektrum klar macht.)

¹¹Höchstens ein Streusaum von Türkis zu Blau bleibt als dunkles Türkis noch bestehen. Aber auch das Gelb hat dabei bereits viel von seiner Leuchtkraft und Klarheit des Eindrucks (vergleichbar zum Kantenspektrum) als auch von seiner Saumbreite eingebüßt. Jenes Gelb, das sozusagen übrig bleibt, noch bestehen bleibt, erscheint in einem ins Rötliche gezogenen Ton.

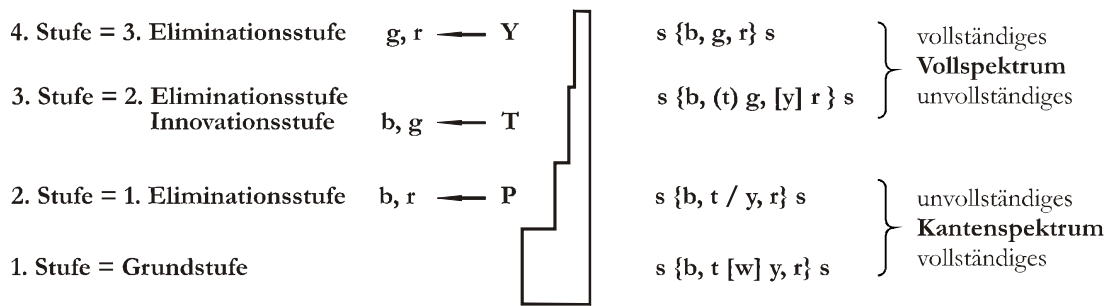


Abbildung 2: Die Bildungsstufen der Spektren in einer Situation. Zur Nomenklatur der“Formeln” vgl. Seite 14 ff., siehe auch Tafel III, Seite 32

- die 2. Bildungsstufe, in der sich die beiden Säume gerade berühren und das Weiß (bzw. die Figurfarbe) verschwunden ist (1. Eliminationsstufe),
- die 3. Bildungsstufe, in der durch die Überdeckung der Säume eine *neue Farbe* im Spektrum erscheint, zu Lasten der Saumfarben, die übereinandergeschoben werden (Innovationsstufe resp. 2. Eliminationsstufe).

Mit der 3. Bildungsstufe ist die erste Stufe eines Vollspektrums erreicht. Es zeigt sich in der Newtonsituation Gelb, das aber bei weiterer Verengung des Spaltes verschwindet. Wir sehen dann

- die 4. Bildungsstufe, das *vollständige Vollspektrum*. Dieses zeichnet sich durch den im obigen Sinn diskreten, dreifarbigen Aufbau aus.

Für eine gegebene Feld-Figur-Konfiguration wollen wir von der Gesamtheit der daraus durch Variation der Figurbreite (bzw. der Betrachtungsgeometrie) entstehenden verschiedenen Spektren als dem *Bildungsspektrum* sprechen. Im Konzept des Bildungsspektrums werden die Stufen des Kantenspektrums (vollständiges KS und Elimination der Figurfarbe) und die Stufen des Vollspektrums (Farbinnovation und vollständiges VS) als Etappen *eines Vorgangs* verstanden. Tafel III (Seite 32) fasst das Bildungsspektrum mit den vier Bildungsstufen schematisch und grafisch zusammen. Wichtig ist nun noch, dass in der Bildung eines normalen Spektrums sich die Farben in dem Augenblick zu verändern beginnen, an dem die 2. Bildungsstufe erreicht ist. Sozusagen nach oben hin in der Heranbildung von Grün, werden die Farben immer dunkler. Genau das Umgekehrte passiert in der Bildung des umgekehrten Spektrums oder Goethespektrums: In der Heranbildung von Purpur, das zunächst noch relativ satt und dunkel ist und dann sich mehr und mehr aufhellt, werden auch die übrigen Farben stetig heller.

Die Eigenart komplementärer Spektren

Zur im Titel versprochenen Charakterisierung der Eigenart komplementärer Spektren führen wir einen Trick ein, der es erlaubt über bestimmte Sachverhalte präzise zu

sprechen, ohne diese selbst vor Augen zu haben. Es handelt sich um eine einfache Notierweise, in der große und kleine Buchstaben die einzelnen Farben symbolisch repräsentieren. So stehen die Buchstaben “R” bzw. “r” für Rot, “Y” bzw. “y” für Gelb (nach dem Englischen “Yellow”), “G” bzw. “g” für Grün, “T” bzw. “t” für Türkis oder Cyanblau, “B” bzw. “b” für Blau oder Blauviolett, “P” bzw. “p” für Purpur, Pfirsichblüt, Pink oder Magenta, “W” bzw. “w” für Weiß und “S” bzw. “s” für Schwarz. Die Großbuchstaben beziehen sich dabei auf die *Farben in den Ausgangsbildern* und die Kleinbuchstaben auf die *Farben in den Erscheinungsbildern*. Pfeile deuten jeweils an, dass aus der prismatischen Betrachtung eines Ausgangsbildes sich das entsprechende Erscheinungsbild dazu einstellt. Und die verschiedenen Klammern kennzeichnen näher den Ort und die Grenze der Farben.

Erproben wir diese Notation zunächst an der Stufe der Kantenspektren. Gehen wir in einem Ausgangsbild von einer schwarzen Feldfarbe und einer weißen Figurfarbe aus, so zeigt das Erscheinungsbild bei entsprechender Beobachtungsgeometrie ein normales Kantenspektrum. An den Kanten treffen wir dabei die Erscheinung der Farbpaare <Blau, Türkis> und <Gelb, Rot>. Rot und Türkis bilden dabei die schmäleren Säume oder Farbränder und Gelb und Blau die breiteren Säume. Die breiteren Säume werde ich im Folgenden durch fette Buchstaben, die schmäleren Ränder oder Säume durch nichtfette Buchstaben markieren. So ergibt sich für das normale Kantenspektrum, wenn wir das Ausgangsbild dazu mitberücksichtigen, folgender Ausdruck:

$$S [W] S \Rightarrow s \{ \mathbf{b}, t [w] \mathbf{y}, r \} s$$

Die Feldfarbe wird jeweils doppelt notiert, sie erscheint ja auf beiden seiten der Figur und des Spektrums. Aus dem komplementären Ausgangsbild von Schwarz und Weiß ergibt sich aus einer gewissen Breite der Spaltfigur bzw. aus einer bestimmten Betrachtungsdistanz zum Bild ein normales Kantenspektrum. Kehre ich nun die Ausgangsbedingungen um, d. h. wird die Feldfarbe Weiß und die Figurfarbe Schwarz, so zeigt sich das erste unordentliche Kantenspektrum:

$$W [S] W \Rightarrow w \{ \mathbf{y}, r [s] \mathbf{b}, t \} w$$

Weiß und Schwarz werden im Ausdruck für das Erscheinungsbild konsequenterweise klein notiert. Im Vergleich der Erscheinungsbilder zeigt sich, dass die Plätze der Spektralfarbenpaare vertauscht wurden. Gelb und Rot befinden sich nun auf der gegenüberliegenden Seite und Blau und Türkis ebenfalls. Kurz: Mit der Umkehr von Figur- und Feldfarbe haben auch die Spektralfarbenpaare ihre Plätze vertauscht.

Wir gehen nun hier einen Schritt weiter und gehen vom Kantenspektrum zum Vollspektrum über. Ein solches ergibt sich etwa, wenn wir die Betrachtungsdistanz zum Bild vergrößern bzw. den Spalt verkleinern. Das Weiß im normalen Kantenspektrum verschwindet und schließlich verschwinden auch Türkis und Gelb – wir erhalten die Bildungsfolge:

$$S [W] S \Rightarrow s \{ \mathbf{b}, t [w] \mathbf{y}, r \} s \Rightarrow s \{ \mathbf{b}, g, r \} s$$

An die Stelle des mittleren Bereichs von Türkis, Weiß und Gelb hat sich das Grün gesetzt, die *Zentralfarbe* ist nun nicht mehr wie im Kantenspektrum Weiß, sondern Grün. Die *Randfarben* Blau und Rot bzw. die äußeren Begrenzungsfarben dieses Spektrums aber haben sich noch erhalten. Aus dem normalen Kantenspektrum bildet sich in der Mitte, mit zunehmenden Verlust der inneren Begrenzungsfarben, das Grün heraus. Kennzeichnen wir in diesem Sinne die Bildung einer Farbe dahingehend, dass wir sie kursiv notieren, dann machen wir optisch deutlich, dass sie jene Farbe ist, die bei der Verengung des Spaltes erscheint.¹²

Wir verfahren nun analog dazu mit dem umgekehrten Kantenspektrum. Aus dem umgekehrten Kantenspektrum bildet sich ja in der Mitte das Purpur heraus und entsprechend wird die Notierung folgende Gestalt annehmen:

$$W [S] W \Rightarrow w \{y, r [s] b, t\} w \Rightarrow w \{y, p, t\} w$$

Stellen wir nun beide Erscheinungsformen auf folgende Art gegenüber, sodass wir uns die komplementären Beziehungen noch deutlicher vor Augen führen können, so zeigt sich, dass auch die sich herausbildenden Zentralfarben einander komplementär sind:

$$\begin{array}{ccc} S [W] S & \Rightarrow & s \{b, t [w] y, r\} s & & w \{y, r [s] b, t\} w & \Leftarrow & W [S] W \\ & & \downarrow & & \downarrow & & \\ & & g & & p & & \end{array}$$

Nicht nur sind in den Kantenspektren die beiden Spektralfarbenpaare einander komplementär bzw. ist Blau dem Gelb und ist Türkis dem Rot komplementär, sondern auch die beiden Zentralfarben der Vollspektren sind einander komplementär.

Gehe ich nun von diesen beiden Farben in dem Ausgangsbilde aus, lasse ich sie sozusagen zu den Figur- und Feldfarben der Ausgangssituation werden, so ergeben sich im Erscheinungsbild wiederum komplementäre Spektren, die wir uns zunächst von den Kantenspektren und dann von den Vollspektren her anschauen wollen. Ist die Feldfarbe Grün und ist die Figurfarbe Purpur, so ergibt das Ausgangsbild folgendes Erscheinungsbild nach meiner Notierweise:

$$G [P] G \Rightarrow g \{t, b [p] r, y\} g \Rightarrow g \{t, s, y\} g$$

Umgekehrtes ergibt sich, wenn ich Grün zur Figurfarbe und Purpur zur Feldfarbe werden lasse:

¹²Wenn man es ganz genau nimmt, so müssten die Farben des Vollspektrums mit einem Strich oder Stern versehen werden. Das Blau verändert sich nämlich im Zuge der Heranbildung von Grün und auch das Grün modifiziert sich von seinem ersten Auftreten der 3. Bildungsstufe bis zum vollständigen Vollspektrum. Schließlich unterliegt auch Rot einer gewissen Modifikation. In diesem Sinne wäre eine genauere Schreibweise:

$$S [W] S \Rightarrow s \{b, t [w] y, r\} s \Rightarrow s \{b^*, g^*, r^*\} s$$

Auf diese Komplikationen der Notation wird aber im Folgenden verzichtet.

$$P [G] P \Rightarrow p \{r, y [g] t, b\} p \Rightarrow p \{r, w, b\} p$$

Vergleichen wir nun alle vier Spektren miteinander, indem wir diese auf folgende Weise einander gegenüber stellen,

$$\begin{array}{ccc}
 S [W] S & \Rightarrow & s \{b, t [w] y, r\} s & & w \{y, r [s] b, t\} w & \Leftarrow & W [S] W \\
 & & \Downarrow & & \Downarrow & & \\
 & & g & & p & & \\
 & & s & & w & & \\
 & & \Uparrow & & \Uparrow & & \\
 G [P] G & \Rightarrow & g \{t, b [p] r, y\} g & & p \{r, y [g] t, b\} p & \Leftarrow & P [G] P
 \end{array}$$

stellen sich folgende Beziehungen heraus:

Wir haben die Zentralfarbe des normalen Spektrums als Feldfarbe des Purpurspektrums gewählt und umgekehrt ebenso: die Zentralfarbe, die sich im Vollspektrum mit grünem Feld und purpurfarbener Figur zeigt, ist Schwarz – die Feldfarbe des normalen Spektrums oder Newtonspektrums. Das was im einen Spektrum im Zentrum liegt, ist im anderen Spektrum der äußerste Bereich. Es vertauschen sich dann auch beim Übergang vom normalen Spektrum zum Purpurspektrum mit der grünen Feldfarbe die Spektralfarben der Kantenspektren hinsichtlich ihrer Folge! Es findet ein *Folgenwechsel der Farben* innerhalb der Spektralfarbenpaare statt. Türkis wird zur äußeren Begrenzungsfarbe und Blau wird zur inneren Begrenzungsfarbe, Türkis ist nun so breit wie vorher Blau breit war und Blau bildet nun einen solchen Farbrand wie zuvor Türkis. Gleiches gilt für das andere Spektralfarbenpaar: Rot wandert nach innen und Gelb wandert nach außen, sie vertauschen ihre Position.

Konnten wir oben bei den komplementären (Kanten-)Spektren einen *Seitenwechsel der Farben* konstatieren, so stellen wir nun einen *Folgenwechsel* der Farben fest, und zwar auch im Goethespektrum oder im Grünspektrum (mit der purpurnen Feldfarbe). Das Purpurspektrum (mit grüner Feldfarbe) verhält sich dabei zum Grünspektrum analog dazu, wie sich das Goethespektrum zum Newtonspektrum verhält: Die Spektralfarbenpaare vertauschen ihre Seiten.

Damit haben wir eine erste Runde zur Eigenart komplementärer Spektren absolviert. Es folgt nun die zweite, die zwar ebenso einfach ist, aber die es nötig macht, die Beziehungen der Farben zueinander noch näher zu betrachten. Aus diesen Beziehungen heraus ergibt sich näher fassbar die 3. Eigenart komplementärer Spektren. Sie stellt einen *Typenwechsel der Spektralfarben* vor. Ich möchte in diesem Zusammenhang auf eine Unterscheidung von Steiner zurückgreifen, die er in seiner Vortragsreihe vom Wesen der Farben eingeführt hat, die Unterscheidung zwischen *Glanzfarben* und *Bildfarben*. [Es erscheint mir nicht unbedingt nötig gerade auf diese Unterscheidung zurück zu greifen, aber sie eignet sich m. E. vorzüglich dazu, den Farbtypenwechsel

näher zu beschreiben.] Um diese Unterscheidung begreifen zu können, müssen – wie bereits gesagt – die Beziehungen der Farben zueinander näher in Augenschein genommen werden. Zu diesem Zwecke schreibe ich die Farben der Spektralfarbenpaare noch einmal gesondert auf, und zwar in der Form eines Quadrates:

Blau Türkis

Gelb Rot

Fragen wir uns nun, welche Beziehungen zwischen diesen Farben bestehen, so liegt zunächst auf der Hand, dass Gelb und Blau, sowie Rot und Türkis Komplementärfarben sind, d. h. also *Farbgegensätze*, die sich in einem bestimmten Sinne neutralisieren oder gegenseitig optisch aufheben, also bei der Vereinigung ihren Buntcharakter verlieren. Wir können in diesem Sinn von *Farbopponenten* sprechen. Dagegen lassen sich Rot und Gelb, sowie Türkis und Blau als einander verwandte Farben ansprechen. Sie heben sich nicht auf, sondern verbinden sich zu neuen, bunten Farben. Zudem liegen sie auch als Spektralfarben nebeneinander in den Kantenspektren. Verwandte Farben wollen wir *Proponenten* nennen und die Art dieser Verwandtschaft näher schildern.

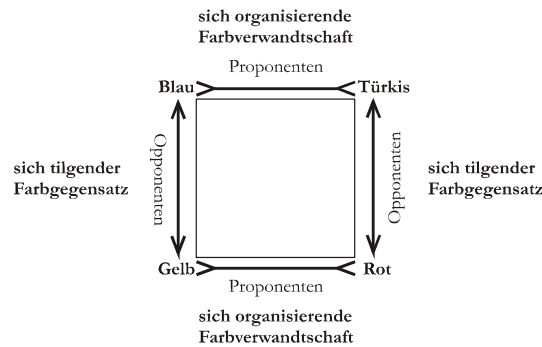
Es ist klar, dass Rot und Gelb der warmen Seite der Farben angehören und Türkis und Blau der kalten Seite und von daher lässt sich eine Verwandtschaft innerhalb der beiden Paare synästhetisch (“sinnlich-sittlich”) schnell erfassen. Ich spreche im Folgenden mehr als Künstler, wenn ich versuche, den Typ dieser Verwandtschaft näher herauszustellen: Beide Farbproponenten (Rot/Gelb, Türkis/Blau) zeigen eine spezielle “Fürsprache”. Man kann ihre Fürsprache dahingehend ausdrücken, dass man sagt: sie sind auf eine besondere Weise dazu fähig, sich *farbräumlich* und *farbenergetisch* zu organisieren. Rot und Türkis sind von ihrem Eindruck her nicht nur die größten Temperaturoppositionen: warm und kalt, sondern auch die größten Raumgegensätze: vorne und hinten. Rot, namhaft Zinnoberrot (Feuerrot) ist die Farbe des Frontalen, des Entgegenkommens, der Nähe. Türkis – manche nennen diese Farbe auch Eisblau – ist dagegen die Farbe der Ferne, des Zurückweichens, der Distanz. Denken Sie sich nun ein Gelb in einem Kreis auf einem weißen Untergrund vollkommen gleichmäßig, d. h. als homogene Fläche aufgetragen, so wird man bemerken, dass sich das Gelb (trotz Homogenität) seinem weißen Umfeld mitteilt und sich optisch verstrahlt. Befindet sich in diesem Gelb ein roter Kreis, so wird das Gelb dadurch farbenergetisch bereichert, sozusagen vertieft. Es gewinnt an Impulsivität, an Ausdruckskraft]. Umgekehrt, denken Sie sich einen blauen Kreis (ebenso homogen als Farbe aufgetragen) in einem schwarzen Umfeld, so werden Sie ebenfalls bemerken können, dass das Blau sich nach innen öffnet, nach Innen seine Lichtqualität zu entfalten beginnt. Auf einem weißen Feld wird dagegen das Blau seine Leuchtkraft, seine Fähigkeit sich mitzuteilen deutlich einbüßen. Setzen Sie wiederum in das Zentrum des blauen Kreises einen türkisen Kreis, so wird das Blau farbenergetisch erhöht, durch Türkis sozusagen bereichert. Es wird das Blau

in ein Lichthaftes gesteigert und die Leuchtkraft des Blauen wird dadurch noch mehr gehoben wie die Strahlkraft des Gelben energetisch durch Rot gesteigert ist. Es ist in diesem Zusammenhang durchaus interessant, dass Gelb im normalen wie umgekehrten Kantenspektrum durch Rot pointiert wird und Rot an Schwarz als auch Gelb an Weiß grenzt und in Weiß ausläuft. Umgekehrt stößt Blau an Schwarz und wird durch Türkis erhöht, das wiederum an Weiß grenzt.

Sehen wir uns diesen Zusammenhang noch einmal näher an: Es bringt sich in beiden verwandtschaftlichen Beziehung jeweils etwas einander Entgegengesetztes, im Sinner einer entsprechenden Ordnung zum Ausdruck: Das Blau wird in seiner Pointierung durch Türkis nach innen hin *verlichtet*, während das Gelb in seiner Pointierung zu Rot sich nach innen hin *verdichtet* und verdunkelt. Auf der anderen Seite wird das Gelb *nach außen hin* zum Weiß sich diesem mehr und mehr mitteilen, sich diesem gewissermaßen öffnen, sozusagen nach Weiß hin verstrahlen; dagegen wird das Blau sich nach innen öffnen, sich *nach innen hin* verlichten und sich hier sozusagen mehr mitteilen. Damit lässt sich schon die typische Farbeigenschaft des Glanzes kennzeichnen. *Glanz charakterisiert sich aus einer Form der Mitteilung von Licht*. Es drückt sich ein Strahlen und Glänzen im sich Mitteilen aus. Verlichten und Verdichten, Ausdehnen, sich Öffnen sowie Zusammenziehen, Erhöhen wie Vertiefen von Lichtenergie stehen sich gegenüber und verdeutlichen gleichsam eine *Art von Impulsivität*, welche die *farbenergetische* Organisation dieser Farben meint. Auch ihre *farbräumliche* Organisation macht davon keine Ausnahme. Die Farben werden aus ihrer dynamischen Natur angetrieben, sich räumlich zu organisieren; begreifbar daraus, dass Gelb und Rot sich organisiert zum Betrachter hinbewegen, während Blau und Türkis sich vom Betrachter wegbewegen. Nachvorkommen und Zurückweichen spielen hier eine wichtige Rolle im sich Organisieren ihrer Eigenschaft.

Gelb wird durch Rot pointiert, in seiner farbenergetischen Erscheinung durch Rot vertieft; umgekehrt wird aber auch Rot durch Gelb in seiner Fähigkeit, sich nach außen mitzuteilen, zu glänzen und zu leuchten erhöht. Ebenso wird Blau durch Türkis pointiert, in seiner Eigenschaft sich nach innen hin zu öffnen, zu leuchten unterstützt. Umgekehrt fördert das Blau die Eigenschaft von Türkis "sich zu lichten", "sich zu weiten", indem es durch seine Dunkelheit diese Neigung deutlicher herausstreicht.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal die bisher festgestellten Beziehungen der vier Farben, so können wir die komplementären Gegensätze dieser Farben durch einen Doppelpfeil und die sich organisierenden Verwandtschaften durch aufeinander zustrebende Pfeile markieren:



Alle Farben aber kennzeichnen sich durch eine Art von Impulsivität, wie eben dargestellt und lassen sich als *Gruppe der Glanzfarben* ansprechen oder typisieren.

Nun finden sich aber noch vier andere Farben in den Spektren (siehe Tafel III und IV, Seite 32 f.), die bisher als *Spektralfarben* nur im Zentrum, d. h. als Zentralfarben aufgetaucht sind: Grün und Purpur im normalen und umgekehrten Vollspektrum und Schwarz und Weiß im Purpur- und Grünspektrum. Auch hier liegt der komplementäre Gegensatz dieser Farben klar auf der Hand. Weiß und Schwarz, sowie Grün und Purpur sind komplementäre Farbgegensätze. Bleibt demnach zu fragen: Welchem Verwandtschaftstyp könnten nun diese Farben angehören? Denn hier liegt die Art der Verwandtschaft der Farben bei weitem nicht so klar zu Tage wie bei den Glanzfarben. Ich möchte diese Gruppe der Farben die *Gruppe der Bildfarben* nennen, in Anlehnung – wie gesagt – an Steiners Unterscheidung, der Weiß, Schwarz, Grün und Pfirsichblüt als Bildfarben bezeichnet.

An dieser Stelle lässt sich die Ersetzungsregel formulieren, mit der wir aus den vorherigen vier Kantenspektren bzw. Vollspektren alle weiteren gewinnen können. Diese Regel, die ich in Anknüpfung an die übliche Ausdrucksweise in der Mathematik und Logik *Substitutionsregel* (Ersetzungsregel) nenne, besagt:

Ersetze Blau durch Schwarz, Gelb durch Weiß, Rot durch Purpur, Türkis durch Grün und umgekehrt – bzw. in symbolsprachlicher Schreibweise:

$$\begin{array}{llll}
 b \rightarrow s & \text{und} & s \rightarrow b & (\text{bzw. } S \rightarrow B) \\
 t \rightarrow g & & g \rightarrow t & (\text{bzw. } G \rightarrow T) \\
 y \rightarrow w & & w \rightarrow y & (\text{bzw. } W \rightarrow Y) \\
 r \rightarrow p & & p \rightarrow r & (\text{bzw. } P \rightarrow R)
 \end{array}$$

Wende ich diese Regel an, dann ergeben sich aus den vier Spektren von vorhin alle übrigen:

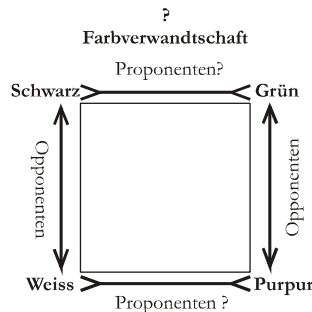
$$\begin{array}{ccc}
 B [Y] B \Rightarrow b \{s, g [y] w, p\} b & y \{w, p [b] s, g\} y \Leftarrow & Y [B] Y \\
 \Downarrow & & \Downarrow \\
 & g & p \\
 & s & w \\
 \Uparrow & & \Uparrow \\
 T [R] T \Rightarrow t \{g, s [r] p, w\} t & r \{p, w [t] g, s\} r \Leftarrow & R [T] R
 \end{array}$$

Der Seitenwechsel lässt sich ebenso wie der Folgenwechsel der Farben in einer Regel ausdrücken: Der Seitenwechsel besagt ja “Vertausche die Position der Farbpaare miteinander” und der Folgenwechsel besagt “Vertausche die Position der Farben innerhalb der Farbpaare”. Entsprechend kann die Regel folgende Gestalt haben:

Seitenwechsel: $\langle m, x \rangle \rightarrow \langle o, z \rangle$ und vice versa $\langle o, z \rangle \rightarrow \langle m, x \rangle$
 Folgenwechsel: $\langle m, x \rangle \rightarrow \langle x, m \rangle$ und vice versa $\langle x, m \rangle \rightarrow \langle m, x \rangle$

Die Regeln sind hier so formuliert, dass Sie an die Stelle der Buchstaben “x”, “m”; “o”, “z” die Abkürzungen für die Farbnamen der Glanzfarbenpaare oder Bildfarbenpaare also “b”, “t”; “y”, “r” bzw. “s”, “g”; “w”, “p” einsetzen können.

Das Merkmal dieser Spektren ist nun, dass im Kantenspektrum an die Stelle der Glanzfarbenpaare sich Bildfarbenpaare gesetzt haben bzw. im Erscheinungsbild der jeweiligen Kantenspektren die Begrenzungsfarben Bildfarben oder die Spektralfarbenpaare Bildfarbenpaare darstellen. In diesem Sinne hat also ein *Farbtypenwechsel* stattgefunden. Glanzfarben werden in den Spektralbildern zu Bildfarben und natürlich auch umgekehrt, wenn ich die Regel sozusagen von diesen Spektren ausgehend “rückwärts” anwende. In diesen Spektren zeigen sich also Bildfarben als Spektralfarben und es befinden sich jeweils nur bestimmte Bildfarben nebeneinander. Die Frage ist nun: Kennzeichnen diese nebeneinanderbefindlichen Bildfarben ebenfalls eine Farbverwandtschaft und wenn ja, von welcher Art ist diese? Zu diesem Zwecke ordne ich die Farbnamen wiederum in einem Quadrat an:



Ich möchte diese Frage dahingehend beantworten, dass ich gleich eine nächste Frage daran anknüpfe: Was bedeutet *inhaltlich* die eingeführte Ersetzungsregel, was besagt sie eigentlich genauer? Sie besagt nicht nur, dass ich an die Stelle bestimmter Farben, die Glanzfarben genannt wurden, nun andere Farben zu setzen habe, die nun Bildfarben heißen, sondern sie besagt auch, dass auf der einen Seite durch die Ersetzungsregel eine *Verdunkelung* der Farben bewirkt wird und auf der anderen Seite eine *Aufhellung*. Schwarz ist dunkler als Blau und Grün ist dunkler als Türkis. Dagegen ist Weiß heller als Gelb und Purpur ist heller als Rot. Diese inhaltliche Seite [sozusagen semantische Seite] führt uns näher zum Unterschied von Bild- und Glanzfarben heran. Bildfarben sind einerseits dunkler als die dunklen Glanzfarben und andererseits heller als die hellen Glanzfarben. Genauer noch gesagt: die Glanzfarbenpaare drücken

weit mehr eine Nähe der Farben zueinander aus als die Bildfarbenpaare. Die Bildfarbenpaare der Spektren rücken als solche weit mehr voneinander ab, polarisieren sich deutlicher von ihrer Helldunkeleigenschaft, während die Glanzfarbenpaare der Spektren weiter aneinander gerückt sind, sich deutlicher von ihrer Farbeigenschaft, von ihrer Buntkraft zu verstehen geben.

Vor der näheren Typisierung können wir noch feststellen, dass das Türkis des Kantenspektrums innerhalb der Spektralfarben die hellste Farbe nach dem Gelb ist. Sehen wir uns das spektrale Grün genauer an: An den Bildungsstufen des normalen Spektrums lässt sich deutlich ablesen, dass das Grün in seinem ersten Moment des Auftauchens noch recht hell, sozusagen ein liches und zart anmutendes Grün ist. In der Folge wird dieses Grün aber immer dunkler und satter. Grün und Schwarz zeigen keine sich farbenergetisch organisierende Natur dahingehend, dass etwa Schwarz in seiner Glanzwirkung gesteigert werden könnte. Im Gegenteil, Schwarz zeigt *überhaupt keine Glanzwirkung*, sondern baut vielmehr eine *Sogwirkung* auf. Schon in dieser Hinsicht kann also gar keine Förderung der Fall sein. Zudem zeigt das Grün eine gewisse *Verhaltenheit von Licht*, welches das Licht weder nach außen noch nach innen mitteilt, es weder nach außen verstrahlt noch nach innen öffnet, sondern es hält das Licht wie eingesperrt, hält es bei sich oder hält es zurück.

Dieser *tenerische Charakter*¹³ des Grünen steht im Gegensatz zum impulsiven etwa des Roten, aber auch im Gegensatz zur inneren Lichtbewegung von Türkis, sich farbäumlich zu öffnen, aufzuhellen, zu entfernen. Diese Verhaltenheit von Licht im Grünen bedeutet aber umgekehrt eine Verstärkung der Finsternis, eine vermehrte Dunkelheit (gegenüber Türkis und Gelb) und damit eine *Verwandtschaft* zu Schwarz, der dunkelsten Farbe überhaupt. Grün schließt sich mit Schwarz deshalb zusammen, weil in beiden eine gewisse Form der Finsternis, der Dunkelheit wirksam ist, die sie auch deutlich von der Dunkelheit des Blau unterscheidet. Zwar lässt sich dem Blau eine gewisse Sogwirkung nicht absprechen, wodurch auch das Blau hier innerlich verwandt dem Schwarzen ist, aber die Dunkelheit von Schwarz kennzeichnet sich hier vor allem daraus, dass es kein Licht aus sich heraus lässt, sondern ebenso wie das Grün zurückbehält. Dem Betrachter teilt das Schwarz kein Licht mit. Schwarz ist *uneingeschränkte* Mitteilung von Finsternis. Das lässt sich zwar nicht von Grün sagen, aber Grün *organisiert* sich energetisch auch nicht mit Schwarz, aber sehr wohl *koordiniert* sich Grün mit Schwarz. Grün koordiniert sich *mit der Dunkelheit und Wirksamkeit* von Schwarz, welches in einem "Nicht-Preisgeben", "Nicht-Mitteilen" von Licht besteht.

Sehen wir uns nun weiter das spektrale Purpur oder Magenta¹⁴ an. An den Bildungsstufen des umgekehrten Spektrums lässt sich ebenso deutlich ablesen, dass das Purpur in seinem ersten Moment des Auftretens noch recht dunkel, ein Königsrot, ein Tiefrot, ein *klassisches Purpur* ist; dann aber hellt es sich mehr und mehr auf und

¹³Der Ausdruck "tenerisch" wurde von mir eigens dafür eingeführt und leitet sich vom lat. *tenere, retinere*: "zurückhalten" her.

¹⁴In der Regel wird Purpur nicht als Spektralfarbe angesprochen. Wir bezeichnen Purpur hier als eine Spektralfarbe, da Purpur eine *prismatische Erscheinungsfarbe* darstellt, genau wie auch alle anderen hier genannten Farben.

verweißlicht schließlich, ebenso wie das Grün (bei zunehmender Betrachtungsdistanz bzw. Verengung des Spaltes) verschwärzlicht. Das Purpur zeigt nun ebenso wie das Grün keine farbenergetische Natur, welche sich mit dem Weiß organisieren könnte, um es in seiner Glanzwirkung zu steigern. Weiß ist der höchste Ausdruck des Hellen und bedarf in dieser Hinsicht keiner anderen Farbe. Zwar wurde Weiß in der Malerei immer wieder als Glanz eingesetzt, als Glanzfarbe, um Lichtreflexionen oder Spiegelungen künstlerisch auszudrücken. Aber Weiß steigert dann nicht den Glanz einer Farbe, sondern eher den Glanz eines Gegenstandes oder Materials, das Glänzen und Schimmern eines Stoffes. Weiß ist nicht imstande, Purpur in seiner Farbkraft (in seiner Glanzwirkung) zu erhöhen, sondern ein Gegenteiliges ist der Fall, es hilft die Farbe zu verblassen, sie hinunter zu dämpfen zu einer Blässe, in der zwar ein gewisses Leuchten und Schimmern anwesend, aber nicht die Farbkraft (der innere Glanz, die Brillanz der Farbe) gesteigert wird. Hier zeigt sich deutlich der Unterschied zu Gelb und Rot als auch Türkis und Blau, welche beide sich in ihrer Farbkraft des Glanzes durchaus zu steigern imstande sind. Die Farbkraft des Purpur wird durch Weiß gedämpft und ebenso wird die Farbkraft des Weißen durch Purpur gedämpft. Die höchste Farbkraft und Intensität erlangt Weiß im reinen, "ungebrochenen" Weiß, und Purpur an einer Stelle, in der kaum Weißes (höchstens Transparentes) sichtbar ist. Ebenso zeigt das zunächst durchaus dunkle Purpur (im Bildungsspektrum der 3. Stufe) und dann noch mehr das helle Purpur (im Bildungsspektrum der 4. Stufe) eine gewisse *Verhaltenheit von Finsternis*, welche die Finsternis oder die Dunkelheit der Farbe wie gefangen hält, sie nicht in ihrer Sogwirkung sich entfalten lässt, sondern sie in ihrer Wirkung zurückhält. Finsternis in ihrer Wirkung, in ihrem Vermögen ist dadurch blockiert.

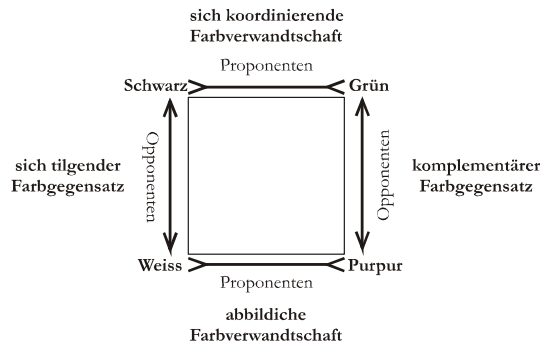
Dieser *tenerische Charakter* des Purpur differenziert sich beispielsweise vom impulsiven des Blauen. Im Blau ist die Sogwirkung des Dunklen deutlich zu erkennen („man wird wie in das Blau hineingezogen“). Der tenerische Charakter des Purpur steht ebenfalls in einem Gegensatz zum impulsiven Charakter des Roten, in dem die Strahlkraft des Lichtes dahingehend deutlich ist, „als würde etwas hinausgeworfen“, „als käme einem etwas entgegen“. Die *Verhaltenheit von Finsternis* im Purpur bedeutet andererseits eine Verstärkung des Lichtes, eine vermehrte Helligkeit und bringt damit das Purpur in die Nähe von Weiß, welche eben die hellste Farbe aller Farben ist. Purpur schließt sich mit Weiß deshalb auch zusammen, da in beiden eine Helligkeit wirksam ist, die sich deutlich von der Helligkeit der Glanzfarben unterscheidet. Die spezifische *Helligkeit* von Weiß kennzeichnet sich daraus, dass sie keine Dunkelheit, keine Finsternis dem Eindruck nach zurücklässt oder anders herum gesagt, dass *keine Finsternis im Weiß wirksam ist*. Blendendes Weiß, um eine erhöhte Ausdrucksform zu wählen, ist Ausdruck einer *Zurückweisung*, ist eine Form zurückweisenden Lichts. Wie Schwarz uneingeschränkte Mitteilung von Finsternis ist, so ist auch Weiß uneingeschränkte Mitteilung von Licht. Schwarz hingegen „verschluckt Licht“ (behält es zurück) und Weiß weist Finsternis von sich (stößt es von sich). Durch diese Geste des Zurückweisens, des Von sich Weisens, Abweisens von Finsternis koordiniert es sich aber mit Purpur, welches Finsternis in ihrer Wirksamkeit zurückhält oder einschränkt. Weiß wird mit Purpur koordiniert, indem im Weiß keine Finsternis mehr wirksam ist

und im Purpur Finsternis von ihrer Wirksamkeit abgehalten, zurückgehalten wird. Im Weiß wie Purpur finden sich unterschiedliche Grade einer verhaltenen Wirksamkeit von Finsternis. Im Weiß wird nur ein Maximum an verhaltener Dunkelkraft erreicht, d.h. die Wirksamkeit von Finsternis getilgt.

Versuchen wir, den Gesamtzusammenhang noch einmal zu formulieren: Wie im Purpur sich Finsternis in ihrer Sogkraft einschränkt, so schränkt sich im Grün Helligkeit in ihrer seiner Strahlkraft ein. Wie im Weiß die Kraft der Dunkelheit aufgehoben (zurückgewiesen) wird, so wird im Schwarz die Kraft der Helligkeit, des Lichtes unwirksam. Die Einschränkung entgegengesetzter Wirksamkeit erreicht in Weiß und Schwarz ihr Maximum. Dagegen erreicht die Einschränkung entgegengesetzter Wirksamkeit aus der Koordination von Purpur und Weiß als auch von Grün und Schwarz ihr Minimum. D. h. die Kraft der Dunkelheit, die Sogwirkung (die im Blau noch anwesend ist) wird im Purpur heruntersetzt und blockiert, auf ein Minimum reduziert; die Kraft des Lichtes, die Strahlkraft (die im Gelb anwesend ist) wird im Grün heruntersetzt und blockiert bzw. auf ein Minimum reduziert. So findet eine gegenseitige Angleichung der scheinbar völlig verschiedenen Farben in den Farbpaaren aneinander statt. Die Koordination führt zu einer Angleichung und damit zur Verwandtschaft, die mehr eine "äußere" Farbverwandtschaft und keine innere wie bei Gelb/Rot und Blau/Türkis ist. Ich möchte sie eine *koordinierte oder sich koordinierende Farbverwandtschaft* im Unterschied zur sich organisierenden oder organisierten Farbverwandtschaft nennen, vor allem auch wie sich diese Verwandtschaft im normalen und umgekehrten Bildungsspektrum darstellt. [Wie die Koordination der Farben nur aus einer bestimmten Ähnlichkeit heraus erwachsen kann, so vermag auch die Organisation der Farben nur aus einer bestimmten Ähnlichkeit heraus sich zu formen. Interessanter Weise sind Gelb und Rot und vielleicht noch mehr Blau und Türkis augenscheinlicher, offenkundiger verwandt als Schwarz und Grün und Purpur und Weiß. Dies deutet auf eine mehr *urbildlichere* und sinnlich manifeste Verwandtschaft bei den Glanzfarbenpaaren und auf eine mehr *abbildliche* und prozessuale Verwandtschaft bei den Bildfarbenpaaren hin. Es bereitet übrigens dem Auge keine Schwierigkeit das Weißliche im Purpur (= Magenta) neben dem bläulich anmutenden zu erkennen, vor allem, wenn man es unmittelbar neben Rot und dann – zur besseren Einschätzung – ein Weiß neben Purpur stellt und diese auf neutralgrauem Grund betrachtet. Mehr Schwierigkeiten bereitet es dem Auge, die Verwandtschaft zwischen dem spektralen Grün und Schwarz oder das Schwärzliche im (RGB) Grün zu erfassen. Die Verwandtschaft lässt sich primär an der Zunahme von Dunkelheit gegenüber Türkis ausmachen.

Wie lässt sich diese Verwandtschaft der Farben näher beschreiben? Die Verwandtschaft zwischen Purpur und Weiß lässt sich dahingehend schildern, dass die *Helligkeit* des Weißen auf das Purpur gleichsam *abgebildet*, auf dieses übertragen, und die Verhaltenheit des Dunklen im Purpur daraus offenkundig wird. Die Verwandtschaft zwischen Grün und Schwarz lässt sich derart beschreiben, dass die *Dunkelheit* des Schwarzen auf das Grün gleichsam *abgebildet*, auf dieses übertragen, und die Verhaltenheit des Lichtes im Grün daraus sichtbar wird. Statt sich farbäumlich und farbenergetisch zu organisieren, steht im Vordergrund eine Helldunkelkoordination. In dieser tritt die

Verhaltenheit entgegengesetzter Wirksamkeit oder hell-dunkler Wirksamkeit in Kraft, sozusagen eine Strahl- und Sogblockade. Nicht Farbenergie, Farbglanz und Farbraum stehen im Vordergrund bzw. *Impulsivität*, sondern polarisierte Energieverhaltenheit, *Tenerizität*, welche die Bildnatur der Farben hier zum Ausdruck bringt.



Kennzeichnen sich die Glanzfarben(paare) aus der Eigenschaft des Leuchtens und Strahlens, Verlichtens und Verdichtens bzw. aus einem (dualen) Mitteilungsvorgang (von Licht und Finsternis), so kennzeichnen sich die Bildfarben aus einem Vorgang des Zurückhaltens, aus einem Blockieren (von Licht und Finsternis bzw.) entgegengesetzter Wirksamkeit. Darin, so lässt sich sagen, sind sie typisch.

Kehren wir zur Eigenheit der komplementären Spektren zurück, so können wir neben dem abwechselnden Auftauchen von Glanzfarben und Bildfarben in den Kantenspektren noch bemerken, dass auch ein abwechselndes Auftauchen von Glanzfarben und Bildfarben bei den Vollspektren stattfindet, hier speziell bezogen auf die Zentralfarben, d.h. jenen Farben, die als phänomenologisches Ergebnis eines bestimmten Vorgangs angesehen werden können. Die spektralen Glanzfarben bringen Bildfarben und die spektralen Bildfarben bringen aus ihrer Mitte Glanzfarben hervor. Man kann die allgemeine Natur und die Abwechslung dieser phänomenologischen Begebenheit wiederum symbolsprachlich notieren und transparent machen. Repräsentieren wir die Bildfarben durch “*B*” und Glanzfarbenarben durch “*G*”, so ergibt sich für die *Gruppe der spektralen Glanzfarben* in den Kantenspektren die Struktur:

$$\mathcal{B}\{\mathcal{G}, \mathcal{G}[\mathcal{B}]\mathcal{G}, \mathcal{G}\}\mathcal{B}$$

Für die *Gruppe der spektralen Bildfarben* aber ergibt sich die Struktur:

$$\mathcal{G}\{\mathcal{B}, \mathcal{B}[\mathcal{G}]\mathcal{B}, \mathcal{B}\}\mathcal{G}$$

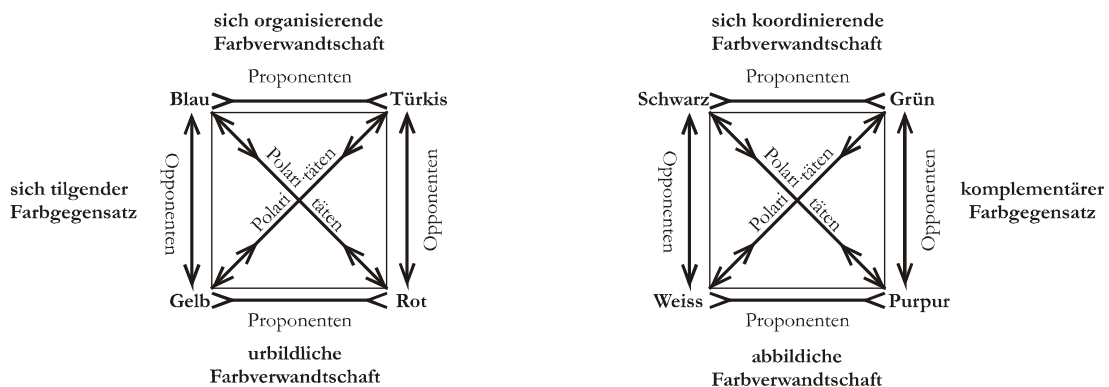
Im schmaler werden der Figur, in der Minimierung der Figurfarbe bzw. vom Kantenspektrum zum Vollspektrum ergibt sich dann:

$$\begin{aligned} \mathcal{B}\{\mathcal{G}, \mathcal{G}[\mathcal{B}]\mathcal{G}, \mathcal{G}\}\mathcal{B} &\rightarrow \mathcal{B}\{\mathcal{G}, \mathcal{B}, \mathcal{G}\}\mathcal{B} \\ &\text{beziehungsweise} \\ \mathcal{G}\{\mathcal{B}, \mathcal{B}[\mathcal{G}]\mathcal{B}, \mathcal{B}\}\mathcal{G} &\rightarrow \mathcal{G}\{\mathcal{B}, \mathcal{G}, \mathcal{B}\}\mathcal{G} \end{aligned}$$

d. h. eine gleichmäßige Abwechslung zwischen Bild- und Glanzfarben.

Kennzeichnet sich die *Gruppe der Glanzfarben* durch eine bestimmte *Art von Impulsivität*, von farbenergetischer und farbäumlicher Organisation, die mit einem Verlichten und Verdichten wesentlich gekoppelt sind, so kennzeichnet sich die *Gruppe der Bildfarben* durch eine bestimmte *Art von Tenerizität*, Zurückgenommenheit von Licht und Finsternis, die zu einer koordinierten Verwandtschaft der Farben führt. Der Komplex dieses Zusammenhangs ist vielschichtig. Farbenergetische Hemmung auf der einen Seite und farbäumliche Straffung auf der anderen Seite; desgleichen Zurückhalten und Zurückweisen spiegeln unter anderem diesen Zusammenhang. Ebenso Blockierung und Verweigerung sowie eine abbildliche Übertragung, die zu einer Form farbäumlicher Straffung ("Glättung"), zum Bildcharakter führt usw. Zurückweisen wie Zurückhalten von Licht und Finsternis, machen weniger eine Bewegung als vielmehr eine Haltung deutlich.

Abschließend möchte ich Sie noch darauf hinweisen, dass neben den genannten Beziehungen der Farben zueinander noch eine weitere Beziehungsform besteht, die man sich durch die ‚kreuzweisen‘ Relationen der Farbpaare verdeutlichen kann:



Diese Art von Beziehung zwischen den Farben nenne ich eine *farbpolare Beziehung* und die einzelnen Farben dieser Beziehungen können *Farbpole* heißen, so wie die Farbpaare dieser Relation als *Farbpolaritäten* bezeichnet werden können, in denen sich Entgegengesetztes wie Verwandtes einander gegenüberstellt. Eine Ausführung dieser Beziehungen kann hier nicht gegeben werden.

Farbpolaritäten spielen in der Kunst, im Alltag, aber ebenso in der Religion wie Mythologie eine wichtige Rolle. So findet sich die *Rot/Blau-Polarität* in vielen Christusdarstellungen, etwa in den Gewändern oder Umwürfen. Die *Gelb/Türkis-Polarität* steht nach wie vor für die Erfahrung von Grün aus der Stoffmischung. Im Zusammenhang der hier betrachteten Spektren bilden sich an der *Türkis/Gelb-Polarität* Weiß als auch Grün, wie sich an der *Rot/Blau-Polarität* Purpur und Schwarz bilden. (siehe Tafel III, 32). Die *Purpur/Schwarz-Polarität* finden Sie als Farbkombination in der Kardinalstracht und die *Grün/Weiß-Polarität* erscheint als Farbkombination in der Liturgie, aber auch in bedeutenden Gemälden des Abendlandes: Im Gemälde der "Arnolfini-Hochzeit" von Jan van Eyck findet sich die Grün/Weiß-Polarität (Gewand der Giovanna Cenami) ebenso deutlich zum Ausdruck gebracht wie die Purpur/Schwarz Polarität

(Gewand des Giovanni Arnolfini). Gleichfalls deutet die Mythologie derartige Zusammenhänge subtil an. Beispielsweise schildert die Theogenie des Hesiod die Geburt der Aphrodite aus dem weißen Schaum des Meeres. Nachdem Aphrodite ihren Fuß erstmals an Land setzt, umbettet Gras, d.h. Grünes oder Grünendes ihren Tritt¹⁵ Im Zusammenhang der hier betrachteten Spektren ergeben sich an der *Purpur/Schwarz-Polarität* einerseits Blau und andererseits Rot; an der *Weiß/Grün-Polarität* ergeben sich Türkis und Gelb (siehe Tafel IV, Seite 33). Mit diesem Hinweis möchte ich meinen Vortrag über die Eigenart komplementärer Spektren beenden.

Kurzer Nachtrag und Zusammenfassung:

Komplementäre Spektren kennzeichnen sich daraus,

1. dass sie auf allen Stufen eines Bildungsspektrums komplementäre Farben zeigen bzw. genaue Gegenfarben herausbilden. Auf der Stufe des Kantenspektrums führt dies zu einem Seitenwechsel der Spektralfarbenpaare; auf der Stufe des Vollspektrums führt dies an der Heranbildung der Zentralfarbe zur genauen Gegenfarbe, die in jeder Hinsicht dem anderen Spektrum oder Gegenspektrum *fehlt*. So fehlt dem Newtonspektrum in jedem Fall das Purpur, dem Goethespektrum in jedem Fall das Grün. Auf der 3. Bildungsstufe (der Stufe eines unvollständigen Vollspektrums) lassen sich noch jene Farben ausmachen, welche auf der 4. Bildungsstufe als identifizierbare Farben verloren gehen. Aber alle Farben werden im Augenblick der einsetzenden Farbinnovation modifiziert, d. h. verändern allmählich ihr Farbgesicht. Auf der 4. Bildungsstufe bildet sich ein Farbtripel heraus, das die genauen Gegenfarben zum komplementären Spektrum zeigt. Mit anderen Worten, es bilden sich in komplementären Spektren auch komplementäre Farbentripel bzw. komplementäre (vollständige) Vollspektren heraus.
2. dass sie *in ihrer Totalität* auf der Stufe des Kantenspektrums neben einem Seitenwechsel auch einen Folgenwechsel der Farben zeigen, der zudem noch von einem Typenwechsel der Begrenzungsfarben abgelöst wird. In diesem Sinne gruppieren sich die komplementären Spektren in die Gruppe der spektralen Glanzfarbenpaare und in die Gruppe der spektralen Bildfarbenpaare. Im Zuge fortgreifender Bildung formt sich im Zentrum der Vollspektren an einer spektralen Farbpolartät von Glanzfarben eine Bildfarbe und an einer spektralen Farbpolartät von Bildfarben eine Glanzfarbe. Aus ihrer Totalität begriffen führt so die

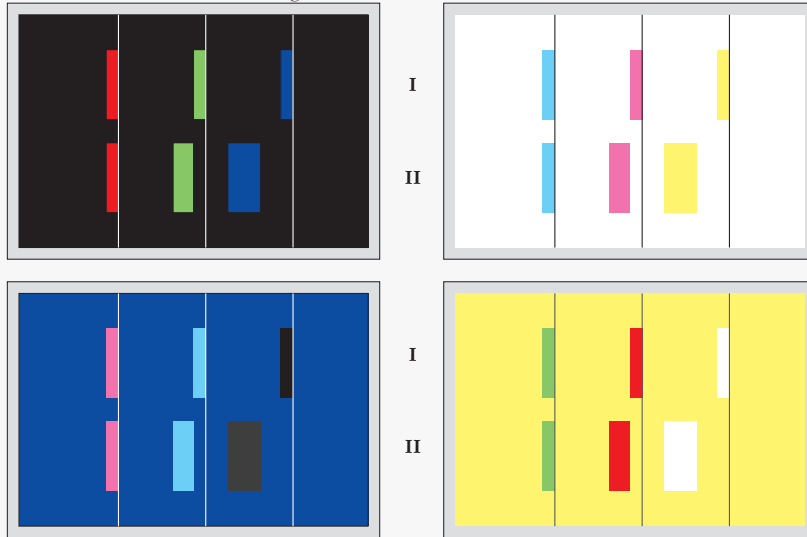
¹⁵Hesiod, Theogenie 188f: "Doch des Uranos Scham, getrennt vom Leib durch das Eisen, / abwärts geworfen vom Land in die laut aufbrandende Meerflut, / trieb übers Wasser lange dahin, bis schließlich ein weißer / Ring von Schaum sich hob um das göttliche Fleisch: Da / entwuchs ihm alsbald die Jungfrau. Zunächst zur heiligen Insel Kythera / wandte sie sich und kam dann zum meerumflossenen Kypros. / Hier, wo der Flut entstieg die ehrfurchtsgebietende, schöne / Himmlische, bette Gras ihren leichten Tritt. Aphrodite, / schaumensprossene Göttin, bekränzt mit den Blüten Kytheras, / heißt sie bei Göttern und Menschen" übersetzt von Albert von Schirnding, in: Hesiod, Theogenie – Werke und Tage; Düsseldorf/Zürich 1997

Gruppe der spektralen Glanzfarbenpaare in die Gesamtheit der Bildfarben und die Gruppe der spektralen Bildfarben in die Gesamtheit der Glanzfarben hinein. An der Totalität komplementärer Spektren gestaltet sich damit ein in sich fortgreifendes und auf sich zurückleitendes System von Farben, d.h. ein geschlossenes Farbsystem.

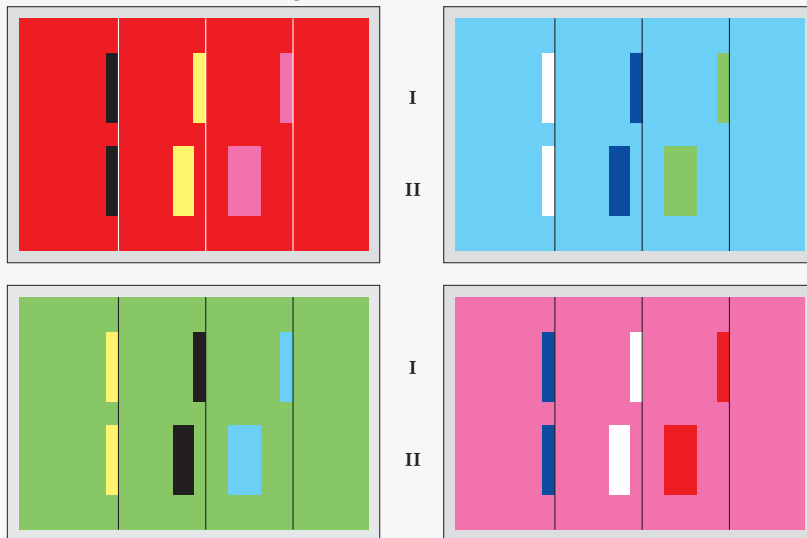


Betrachtungsvorlage für das *normale und umgekehrte Bildungsspektrum* bzw. für die Bildungsstufen des normalen und umgekehrten Spektrums (Newton- und Goethespektrum) aus entsprechender Betrachtungsdistanz unter Tageslicht.

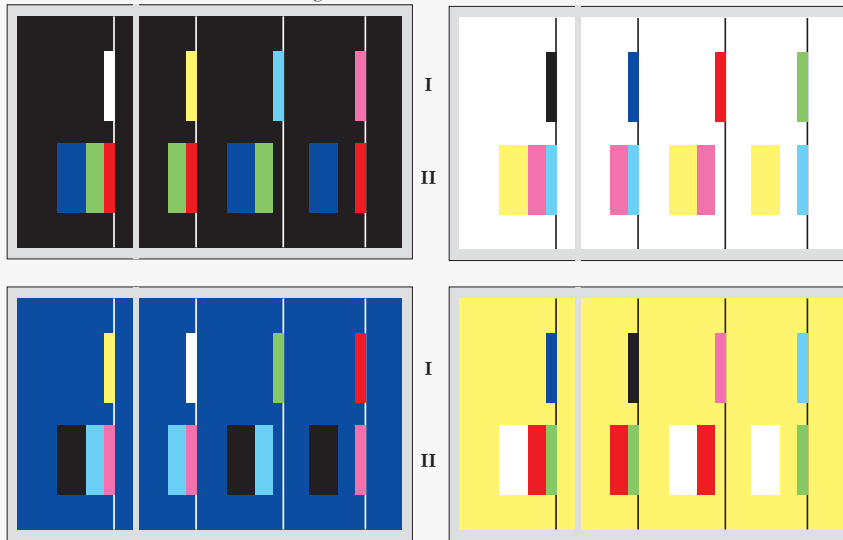
Tafel I a - Schematische Darstellung zu den diversen Graden der Translation



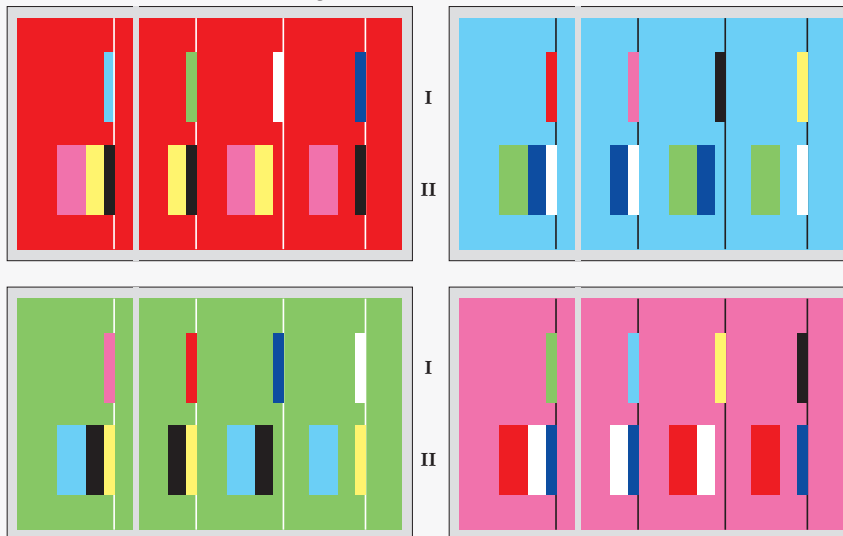
Tafel I b - Schematische Darstellung zu den diversen Graden der Translation



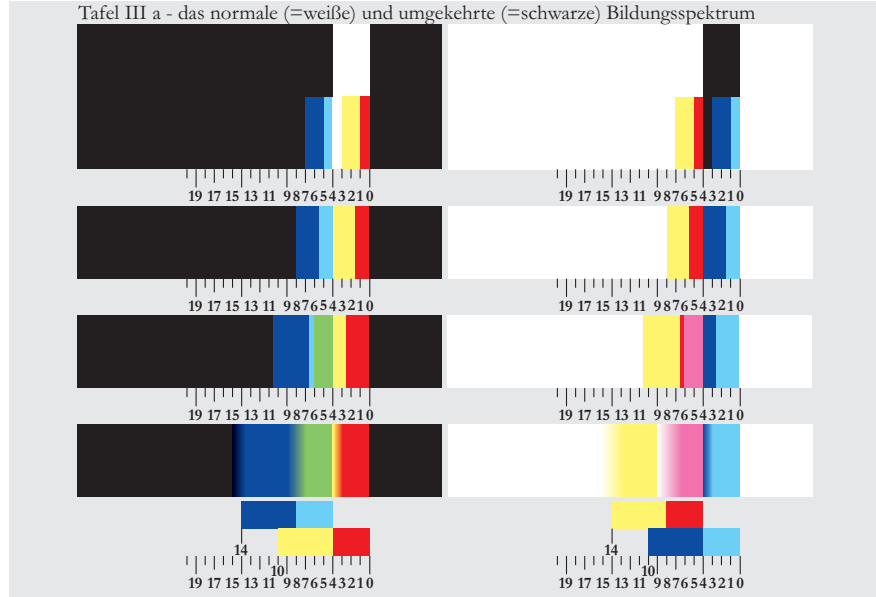
Tafel II a - Schematische Darstellung zu den diversen Formen der Flabellation



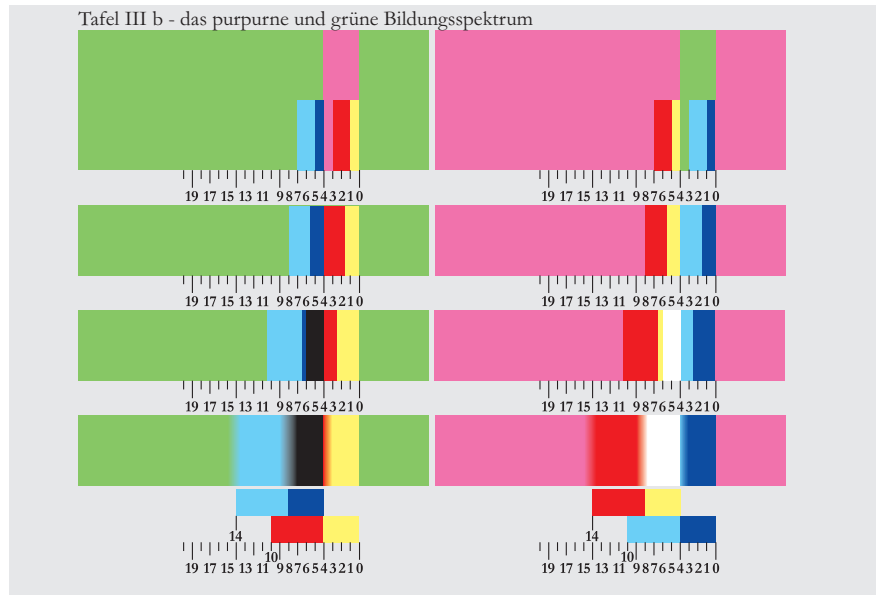
Tafel II b - Schematische Darstellung zu den diversen Formen der Flabellation



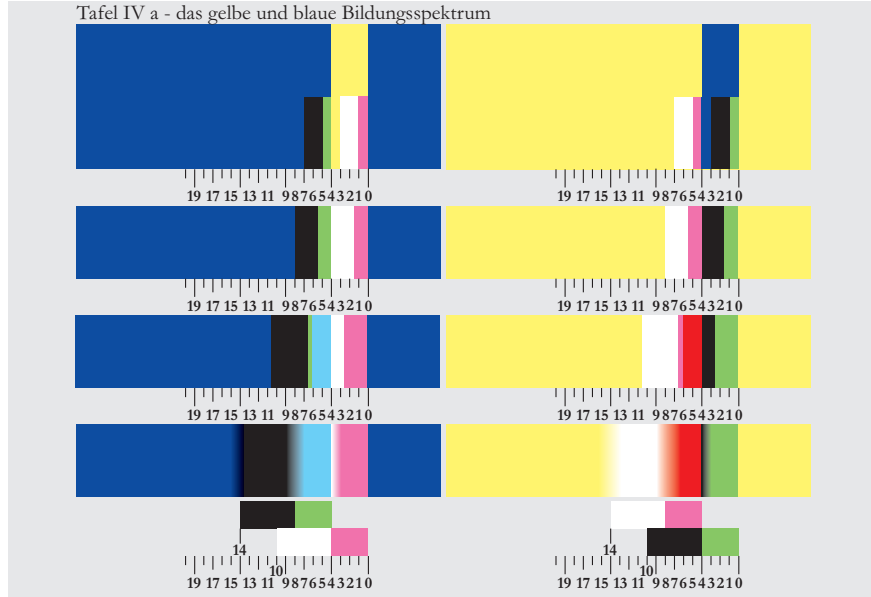
Tafel III a - das normale (=weiße) und umgekehrte (=schwarze) Bildungsspektrum



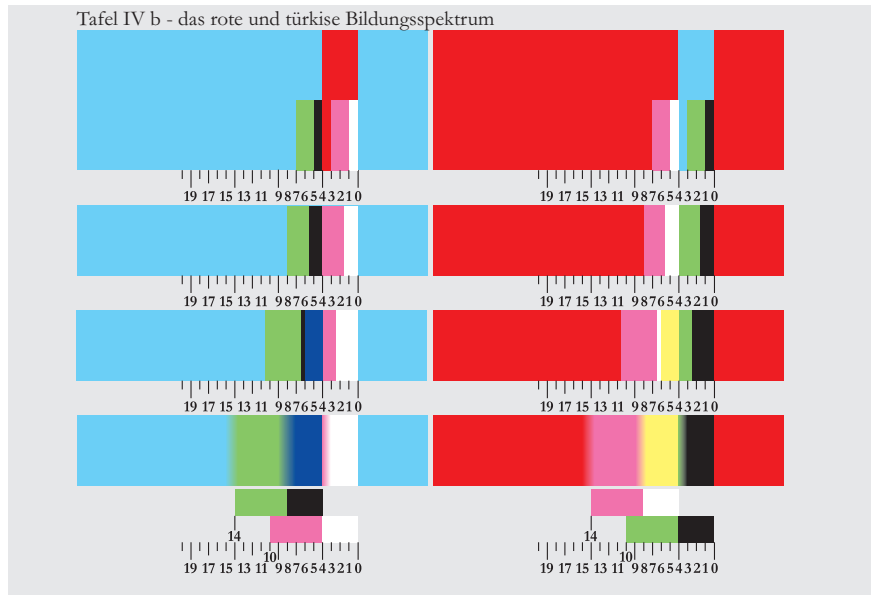
Tafel III b - das purpurne und grüne Bildungsspektrum



Tafel IV a - das gelbe und blaue Bildungsspektrum



Tafel IV b - das rote und türkise Bildungsspektrum



(Email-)Kontakte

Ingo Nussbaumer: ingo.nussbaumer@chello.at

Florian Theilmann: florian.theilmann@goetheanum.ch