

Abbildung F: Zwei bekannte und sechs neue Mischungsregeln (Graphik aus Ingo Nussbaumer, *Zur Farbenlehre*, Wien 2008).

[Erschien in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, *Freie Presse* und *Zeiten*, 4. September 2010, p. Z3].

Goethe über die Ordnung der Farbenwelt
 Olaf Lenz, Humboldt-Universität zu Berlin

Goethe ist der einzige Dichter vor Newton, der es gewagt hat, eine etablierte naturwissenschaftliche Theorie anzugreifen. Seine um 1790 verfasste Generalattacke auf Newtons *Opticks* besteht aus drei Teilen. In ihrem *didaktischen Teil* beschreibt Goethe eine unermessliche Vielfalt von Farbphänomenen und Farbexperimenten, die sich – wie Goethe meint – auf Newtons einseitige Auswahl der Farbphänomene stützt. Im *polemischen Teil* der *Farbenlehre* kritisiert Goethe zwar in kleingedruckter Schrift, um die Wirkung zu vergrößern, Newtons Theorie in großgedruckter Schrift zu verurteilen. In der *historischen Teil* der *Farbenlehre* rekonstruiert Goethe die Wissenschaftsgeschichte unserer Vorstellungen über die Farben des neunzehnten Jahrhunderts. Er beschreibt indigniert, welche die Newtonianer eingesetzt haben, um ihre Theorie durchzuboxen.

Während sich Physiker über alle diese Experimente lieber auf sich beruhen lassen wollten, hat Goethe eine ernste Psychose andichten, hat er die Handvoll seiner Dramen. Er hatte recht.

Goethe war nicht verrückt. Zwar hat er Newtons Experimente mit weißem Licht und einer Folter spannte. Aber er leugnete nicht die Beobachtungen des empirischen Naturwissenschaftlers. Und obwohl er sich für Farben, die an den Gegenständen

finden, der es gewagt hat, eine etablierte naturwissenschaftliche Theorie anzugreifen. Seine um 1790 verfasste Generalattacke auf Newtons *Opticks* besteht aus drei Teilen. In ihrem *didaktischen Teil* beschreibt Goethe eine unermessliche Vielfalt von Farbphänomenen und Farbexperimenten, die sich – wie Goethe meint – auf Newtons einseitige Auswahl der Farbphänomene stützt. Im *polemischen Teil* der *Farbenlehre* kritisiert Goethe zwar in kleingedruckter Schrift, um die Wirkung zu vergrößern, Newtons Theorie in großgedruckter Schrift zu verurteilen. In der *historischen Teil* der *Farbenlehre* rekonstruiert Goethe die Wissenschaftsgeschichte unserer Vorstellungen über die Farben des neunzehnten Jahrhunderts. Er beschreibt indigniert, welche die Newtonianer eingesetzt haben, um ihre Theorie durchzuboxen.

Während sich Physiker über alle diese Experimente lieber auf sich beruhen lassen wollten, hat Goethe eine ernste Psychose andichten, hat er die Handvoll seiner Dramen. Er hatte recht.

Goethe war nicht verrückt. Zwar hat er Newtons Experimente mit weißem Licht und einer Folter spannte. Aber er leugnete nicht die Beobachtungen des empirischen Naturwissenschaftlers. Und obwohl er sich für Farben, die an den Gegenständen

View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk provided by Dokumenten-Publikationsserver der Humboldt-Universität zu Berlin brought to you by CORE

Blick: Himmelsblau, Abendrot, Feuerschein, farbige Schatten, Regenbögen und die bunten Phänomene, die sich mithilfe von Glas- oder Wasserprismen hervorzaubern lassen.

Newton's Grundexperiment

Schauen wir Newton bei der experimentellen Arbeit über die Schulter (siehe Abbildung A). An einem schönen Sonntag des Jahrs 1666 verdunkelt Newton ein nach Süden gelegenes Zimmer, bohrt in den Fensterladen eine winzige kreisrunde Lochblende, bringt unmittelbar hinter dieser Blende ein Glasprisma an und fängt mit einer weißen Tafel zweiundzwanzig Fuß hinter dem Prisma an geeigneter Stelle alles Licht auf, das von der sonnenbeschienenen Lochblende durchs Prisma gefallen ist und dabei (gemäß Brechungsgesetz) seine Richtung verändert hat. Newton beobachtet zweierlei. Der aufgefangene Lichtfleck ist nicht weiß, sondern regenbogenbunt, und nicht rund, sondern fünfmal so lang wie breit. (Siehe Abbildung B). Am einen Ende ist dieser Farbstreifen blau, am anderen Ende rot; dazwischen türkis (cyanblau), grün und gelb. Natürlich sind die Übergänge zwischen allen diesen Farben fließend, aber um nicht immer von allen Zwischentönen reden zu müssen, wollen wir mit fünf Farben des Spektrums vorliebnehmen, die dann schematisch so aussehen:



Durch sorgfältige Messung und Berechnung findet Newton heraus, dass die Breite des aufgefangenen Farbstreifens den Erwartungen entspricht, so wie sie sich aus den geometrischen Parametern der Situation (aus dem Radius der Sonne und der Blende, dem Abstand der Tafel vom Prisma usw.) berechnen lässt. Überraschend ist die Länge des Farbstreifens – und seine Farbigkeit. Wenn man sich nun den buntgefärbten Streifen der Länge nach zusammengesetzt denkt, und zwar als Nebeneinander aus einem blauen, einem türkisfarbenen, einem grünen, einem gelben und einem roten Farbfleck, dann drängt sich der Verdacht auf, dass verschiedenfarbige Lichtstrahlen das Prisma in leicht unterschiedlicher Richtung verlassen haben müssen. (Siehe Abbildung A). Das Prisma hat also den farblosen Lichtstrahl (der von der Sonne durch die Lochblende aufs Prisma gelangte) in verschiedenfarbige Lichtstrahlen zerlegt, indem es dessen blauen Anteil stärker vom Weg abgelenkt hat als den türkisfarbenen, den türkisfarbenen stärker als den grünen usw. Kurz, das weiße Licht der Sonne ist eine Mischung verschiedenfarbiger Lichtstrahlen. Und um die Probe aufs Exempel zu machen, vereinigt Newton die getrennten Farben wieder, indem er sie allesamt (in der pechschwarzen Umgebung seiner Dunkelkammer) mit einer Linse auf einen Punkt wirft. Ergebnis: ein weißer Fleck, der also eine Mischung der verschiedenen Farben sein muss (Weißsynthese). So weit Newton.

Goethes Gegenexperiment

Non sequitur! ruft Goethe. Aber statt (wie die ewigen Skeptiker) nörgelnd im Lehnstuhl sitzen zu bleiben, springt Goethe auf, ersinnt eigene Experimente. Er variiert die Parameter der newtonischen Experimente, "vermannigfacht die Erfahrungen". Dabei macht er eine erstaunliche Entdeckung. Wenn man die Rollen von Licht und Dunkelheit in Newtons Experiment systematisch vertauscht, wenn man also das Sonnenlicht nicht durch eine kleine Blende in die Dunkelkammer schickt (wie Newton), sondern ihm einen Schattensteg entgegensetzt, dann zeigt sich ebenfalls ein farbiges Spektrum: auch bunt und genauso leuchtstark wie das newtonische Spektrum, aber mit anderen Farben! Genauer gesagt, lässt sich das glatte Gegenteil des newtonischen Spektrums blicken – sein Farbnegativ sozusagen. Anstelle des newtonischen Spektrums aus

Blau, Türkis, **Grün**, Gelb, Rot (Abbildung C),



findet Goethe (bei Vertauschung der Rollen von Licht und Finsternis) das komplementäre Spektrum

Gelb, Rot, **Purpur**, Blau, Türkis (Abbildung D).



Die newtonischen Farbenpaare Gelb und Rot bzw. Blau und Türkis kommen in beiden Spektren vor, allerdings an anderer Stelle. Aber Newtons Grün kommt in dem neuen Spektrum überhaupt nicht vor, stattdessen gibt es eine neue Farbe, die bei Newton fehlt und laut Newton als unvermischte Farbe gar nicht existieren dürfte – Purpur. Das war ausgerechnet Goethes Lieblingsfarbe.

Goethe flehte die Leser an, seine Experimente nachzubauen. Und in der Tat, man muss Goethes Spektrum mit eigenen Augen gesehen haben, um die Bedeutung des Effekts zu ermessen und ins Staunen zu geraten. An der Humboldt-Universität zu Berlin haben die beiden Lüneburger Physiker Matthias Rang und Johannes Grebe-Ellis die Sache mit hochmodernen Mitteln nachgebaut; in einer sensationellen Ausstellung zeigen, analysieren und vergleichen sie Newtons Spektrum mit Goethes Gegenstück. Die Vernissage steigt heute (4. September, 19 Uhr, Lichthof der HU, Unter den Linden 6, <http://www.experimentum-lucis.de/Ausstellung.htm>).

Gleichberechtigte Theorien

Goethe kann ein Gefühl des Triumphes kaum verhehlen, wenn er seine Entdeckung kommentiert: "Diese Phänomene gingen mir also völlig parallel. Was bei Erklärung des einen recht war, schien bei dem andern billig; und ich machte daher die Folgerung, daß wenn die newtonische Schule behaupten könne, das weiße Bild auf schwarzem Grunde werde durch die Brechung in Farben aufgelöst, getrennt, zerstreut, sie eben so gut sagen könne und müsse, daß das schwarze Bild durch Brechung gleichfalls aufgelöst, gespalten, zerstreut werde". Hier irrt Goethe nicht. Die Symmetrie zwischen beiden Spektren ist frappierend – theoretisch und visuell. (Siehe Abbildung E).

Jetzt haben wir also zwei Theorien über die Farben. Laut Newton sind alle spektralen Farben im weißen Sonnenlicht enthalten, laut Goethe kann man das glatte Gegenteil behaupten und sagen, dass alle Farben des Komplementärspektrums in der Dunkelheit enthalten sind. Und um die Probe aufs Exempel zu machen, können wir (genau wie Newton) die Farben des komplementären Spektrums vor weißer Umgebung zusammenführen und bekommen einen schwarzen Fleck; das ist die Schwarzsynthese. Halten Sie sich fest, nicht nur Newtons Weißsynthese lässt sich umkehren – alle newtonischen Experimente haben ein komplementäres Gegenstück! Ausgerechnet Newtons wichtigstes Experiment, das berühmte *experimentum crucis* stellen Rang und Grebe-Ellis in der Berliner Ausstellung vom Kopf auf die Füße, unter dem ironischen Titel *experimentum lucis*.

Das alles bedeutet: Die neue Theorie passt nicht schlechter zu den prismatischen Daten als die newtonische. Schwärze und Finsternis bestehen laut dieser neuen Sicht aus Schattenstrahlen verschiedener Farben. Goethe verfiht die Theorie nicht, er legt sie nur zum Zwecke des Arguments auf den Tisch – um Newtons Theorie die Alleinherrschaft abspenstig zu machen und ihr eine gleichberechtigte Alternative entgegenzustellen; Goethe findet beide Alternativen nicht etwa gleich gut, sondern gleich schlecht. In seiner eigenen Theorie entstehen die Farben nicht aus weißem Licht allein und nicht aus Finsternis allein, sondern wenn Licht *und* Finsternis in trüben optischen Medien *zusammenspielen*. (Wie er das gemeint hat, ist aus heutiger Sicht schwer zu verstehen).

Wenn es zur Erklärung der prismatischen Experimente schon zwei gleichberechtigte Theorien gibt – gibt es dann noch mehr solche Theorien? Um das zu überprüfen, hat der Wiener Maler und Farbexperimentator Ingo Nussbaumer vor kurzem eine Reihe neuer Experimente durchgeführt, mit deren Hilfe sich Goethes Gedanken radikal weiterführen lassen. Goethe hatte die Rollen von weißem Licht und schwarzer Dunkelheit miteinander vertauscht, wie wir gesehen haben; das war der erste Schritt der Vermannigfachung der Erfahrungen. Nussbaumer treibt es noch bunter. Ihn interessierte die Frage: Was passiert, wenn man an die Stelle des weißen Lichts gelbes Licht stellt und anstelle der Schwärze blaues Licht, das Farbkomplement von Gelb? Und was passiert, wenn man dann die Rollen

der beiden Farben wiederum miteinander vertauscht? Und was im Fall anderer Paare von Komplementärfarben?

Sechs neue Spektren

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen können einem den Atem verschlagen. In jedem dieser neuen Experimente bilden sich Spektren, jedesmal andere – nur dass sich bei diesen neuartigen Spektren stets mindestens eine von zwei neuen "Farben" einschleicht: Weiß oder Schwarz. So liefert ein gelber Lichtstrahl vor blauem Hintergrund ein Spektrum aus Schwarz, Grün, Türkis, Weiß, Purpur.



Und ein blauer Lichtstrahl vor gelbem Hintergrund liefert ein Spektrum aus Weiß, Purpur, Rot, Schwarz, Grün.



Genauso bei anderen Paaren von Komplementärfarben. Noch vier weitere Farbspektren hat Ingo Nussbaumer entdeckt:



Alle diese neu entdeckten Spektren bezeichnet Ingo Nussbaumer als unordentliche Spektren, und das, obwohl diese Spektren eine faszinierende Ordnung aufweisen.

Wer Newtons ursprünglichem Beweis zu folgen bereit war, der könnte jetzt also mit derselben Logik behaupten, dass z.B. gelbes oder blaues Licht alle anderen Farben enthält. Und die Probe aufs Exempel funktioniert bei beiden Behauptungen genauso wie vorhin bei Newtons Theorie und Goethes Gegentheorie (Gelb- bzw. Blausynthese).

Neue Regeln der Farbmischung

Alle diese Resultate sind nicht nur von theoretischem Interesse. Sie sind geeignet, unser Verständnis des Farbmischens zu revolutionieren. Bislang kennen wir zwei Schemata des Farbmischens, additive und subtraktive Farbmischung, eines beruht auf Newtons Spektrum, das andere auf Goethes Spektrum (siehe Abbildung F, Tafeln 1 und 2).

Was passiert, wenn man beim Mischen Farben der sechs anderen Spektren benutzt? Ingo Nussbaumer hat das ausprobiert. Er hat aus seinen sechs unordentlichen Spektren Farbstrahlen herausgelöst und vor geeigneter Umgebungsfarbe gemischt. Details finden sich in den Tafeln 3 bis 6 in Abbildung F, und wer sich in diese Tafeln vertieft, dem wird klar: In der Welt unserer Farben herrscht eine komplexe, hochsymmetrische Ordnung von reizvoller Schönheit. Mit welchen Mitteln unser Wahrnehmungsapparat und unser Gehirn diese wunderbaren Strukturen stiften, wissen wir noch nicht; das ist ein Thema für den Sinnesphysiologen. Für ihre Entdeckung waren hingegen keine komplizierten Messapparate erforderlich, da genügte das "feinste Messinstrument", das wir Menschen laut Goethe haben: unser Auge.

Jedermann kann dies Messinstrument jetzt ausprobieren. In einer grandiosen Lichtinstallation *working shade – formed light* zeigt Ingo Nussbaumer in Berlin erstmals eine große Serie höchst verschiedener Spektren, die er mit -zig Diaprojektoren und Wasserprismen entfaltet (Vernissage am kommenden Mittwoch, 8. September, 19 Uhr, Ehemalige Bauernmensa der HU, Invalidenstr. 43; bis 8.10.2010). Goethe jedenfalls hätte an den neu entdeckten Spektren seine helle Freude gehabt, das steht fest.

Abbildungen

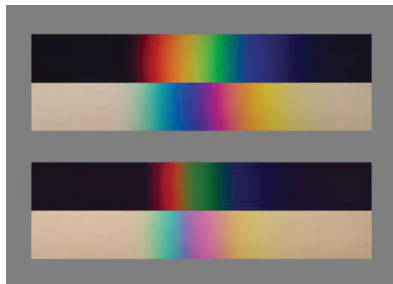


Abbildung E: Vergleich der konkurrierenden Spektren. Oben jeweils ein newtonisches Spektrum, darunter das exakte Gegenstück à la Goethe, das sich bei identischer Geometrie im Versuchsaufbau blicken lässt (Photos und Montage von Ingo Nussbaumer).

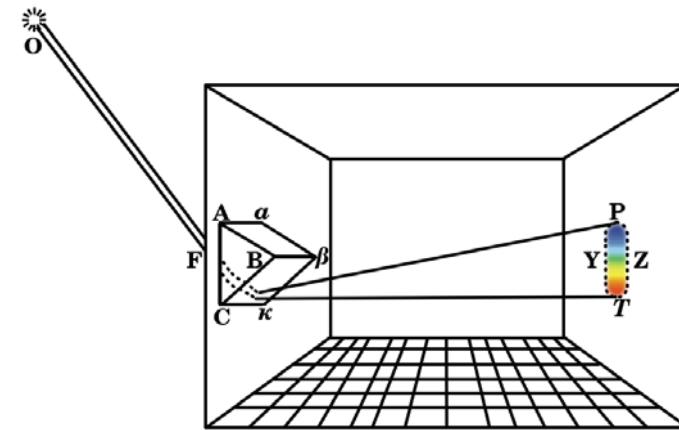


Abbildung A: Newtons Grundexperiment (Farbgraphik von Matthias Herder nach einer Schwarz/Weiß-Zeichnung aus Newtons Skizzenbuch).



Abbildung B: Newtonspektrum (Photo von Ingo Nussbaumer).



Abbildung C: Das newtonische Spektrum (Ausschnitt aus einem Aquarell von Goethe).



Abbildung D: Goethes Komplementärspektrum (Ausschnitt aus einem Aquarell von Goethe).