

Goethes Farbenlehre reloaded

Der Dichter als explorativer Experimentator

von Anne Hardy

Hofrat Büttner war ungehalten. Schon mehrfach hatte er Goethe schriftlich um die Rückgabe seiner Prismen gebeten. Der frisch aus Italien zurückgekehrte Geheimrat wollte in seiner neuen Wohnung am Frauenplan Newtons Versuche zur spektralen Zerlegung des Lichts wiederholen. Doch er war zu beschäftigt gewesen, um den dafür vorgesehenen langen schmalen Raum herzurichten: die Wände in Schwarz auszuschlagen und in den wohlverschlossenen Fensterladen ein Loch zu bohren, das nur einen feinen Lichtstrahl einließ.

Jetzt stand ein Bote vor der Tür, und Goethe wollte nur noch einen schnellen Blick durch die Prismen werfen, bevor er diese aushändigte. Er befand sich in einem völlig geweißten Zimmer. Aber, anders als erwartet, sah er beim Blick durch das Prisma keine Regenbogenfarben auf der Wand. 20 Jahre zuvor hatte er während seines Studiums in Leipzig Physikvorlesungen besucht und von Newtons *Experimentum Crucis* zur spektralen Zerlegung des weißen Lichts gehört. Gesehen hatte er es nicht, vermutlich, weil der Dozent es wegen des trüben Wetters auf einen anderen Tag verschoben hatte.

Nun blickte er enttäuscht auf die weiße Wand. Farben sah er lediglich an den Rändern der Fensterstäbe. Der benachbarte Physiker, den er später zurate zog, hätte ihm das Fehlschlagen seines Versuches leicht erklären können: Die farbige Aufspaltung des Lichts sieht man nur, wenn ein dünner Strahl durch eine Lochblende in einem ansonsten dunklen Raum auf das Prisma fällt. In einem hellen Raum tritt dieser Effekt zwar auch auf, aber man sieht ihn nicht, weil sich die Spektren vieler parallel einfallender Strahlen überlagern und wieder als weißes Licht wahrgenommen werden. Dass Goethe Farbaufspaltungen nur am Fensterkreuz sah, liegt daran, dass diese einen Teil der farbigen

Lichtbündel aus dem weißen Licht wegnehmen. Deshalb erscheint der Übergang von Helligkeit zu Schatten farbig.

Die Finsternis in Farben auflösen – Goethe entdeckt Komplementarität

»Es bedurfte keiner langen Überlegung, so erkannte ich, dass eine Grenze notwendig sei, um Farben hervorzubringen«, folgerte der Dichter richtig, zog aber den falschen Schluss, »daß die Newtonische Lehre falsch sei«. So berichtete er zehn Jahre später in der »Konfession des Verfassers«, die dem historischen Teil seiner dreibändigen Farbenlehre von 1810 vorangestellt ist. Unmöglich, die Prismen jetzt zurückzugeben. Goethe begann ausgiebig zu experimentieren. Bald ersetzte er die Newton'sche Versuchsanordnung durch eine weiße Scheibe auf schwarzem Grund.

Mit dieser Anordnung sah er ebenfalls das Spektrum der Lochblende, wenn er aus einer bestimmten Entfernung durch ein Prisma schaute. Auch dies lässt sich durch die Brechung in der Nähe von Grenzflächen erklären: Weiße Oberflächen reflektieren alle farbigen Lichtwellen, während schwarze sie vollständig absorbieren. So kann an der Grenze zwischen Schwarz und Weiß eine spektrale Auffächerung auftreten. Goethe ging aber noch einen Schritt weiter und kehrte die Farben um: Auch ein schwarzer Kreis auf weißem Grund erzeugte Farberscheinungen, woraus er schloss: »so müßte ja hier auch die Finsternis als in Farben aufgelöst angesehen werden«. Anders ausgedrückt: Es muss in optischen Experimenten prinzipiell möglich sein, Hell und Dunkel zu vertauschen.

Diese These ist zuerst 1970 von dem norwegischen Physiker Torger Holtsmark aufgegriffen worden (Holtsmark 1970). Sein theoretisches Konzept zur Invertierung von Newtons *Experi-*

mentum Crucis hat sein Mitarbeiter Pehr Sällström 2010 experimentell umgesetzt. Im Prinzip geht es darum, die spektrale Aufspaltung des Lichts an einem Spalt mit derjenigen an einem Steg zu vergleichen. Tatsächlich tritt dabei das Phänomen der »Farbe und ihrer Gegenfarbe« auf, das Goethe seinerzeit bereits beschrieben hatte.

Farbige Schatten und Nachbilder

Goethe war mit seiner Entdeckung hochzufrieden, »denn sie schien sich an manches bisher von mir Erfahrene und Geglaubte anzuschließen.« Die zueinander komplementären Farbstreifen erinnerten den Dichter an das Phänomen farbiger Schatten, das er 1777 auf einer Winterreise durch den Harz beobachtet hatte. Tagsüber hatte er vom Fenster seiner Kutsche aus violette Schatten auf dem gelblichen Schnee gesehen. Diese wandelten sich bei Sonnenuntergang, welcher »die mich umgebende Welt mit schönstem Purpur überzog«, in die Schattenfarbe Grün.

Das Phänomen farbiger Schatten ist verwandt mit demjenigen der Nachbilder farbiger Objekte. Sie leuchten in der Gegenfarbe, sobald das Auge sich abwendet und auf einer weißen Fläche ruht. »Um in der Kürze zu bemerken, welche Farben denn eigentlich durch diesen Gegensatz hervorgerufen werden, bediene man sich des illuminierten Farbenkreises unserer Tafeln«, empfiehlt der Dichter im didaktischen Teil seiner Farbenlehre. Der Kreis sei so eingerichtet, dass die zusammengehörenden Farben einander jeweils gegenüberliegen. »So fordert Gelb das Violette, Orange das Blaue, Purpur das Grüne, und umgekehrt. So fordern sich alle Abstufungen wechselweise, die einfachere Farbe fordert die zusammengesetztere, und umgekehrt.« Auch im »Faust« hat der Dichter das Phänomen später beschrieben: Als Feuerschweif, der dem verschwindenden Pudel zu folgen scheint. Goethe entdeckte und erforschte damit erstmals Effekte, die durch die Verarbeitung von Farbwahrnehmungen im Gehirn entstehen. Er ist deshalb auch als Wegbereiter der gestaltpsychologischen Schule bezeichnet worden. (Sarris 1999)

Doch zu dem Zeitpunkt, als der Dichter zu experimentieren begann, »stand alles dieses mir ohne Zusammenhang vor der Seele [...] Da ich in solchen Dingen gar keine Erfahrung hatte und mir kein Weg bekannt war, auf dem ich hätte sicher fortwandeln können; so ersuchte ich einen benachbarten Physiker, die Resultate dieser Vorrichtung zu prüfen.« Dieser versicherte ihm, »daß die Phänomene bekannt und aus der Newtonischen Theorie vollkommen erklärt seien«. Doch der Dichter ließ sich nicht beirren. Bereits ein Jahr später, 1791, publizierte er den ersten Teil seiner »Beiträge zur Optik«. 1792 folgte der zweite Teil.

Abseits der zeitgenössischen Optik

Die skeptische Reaktion der Fachwelt erklärte sich Goethe durch die »Beschränktheit der wissenschaftlichen Gilden«, die sich gegen Neuerungen wehrten. Dabei war ihm bewusst, dass zu seiner Zeit »die Optik zum größten Teil mathematisch« war. Durch die Opposition gegen Newton »regte ich die ganze Schule gegen mich auf und nun verwunderte man sich erst höflich, wie jemand, ohne höhere Einsicht in die Mathematik, wagen könne, Newton zu widersprechen«. So blieb ihm als Diskussionspartner lediglich der Freund Schiller. Bestätigung suchte er auch in den Schriften der Naturforscher des 17. und 18. Jahrhunderts, deren Ideen er im historischen Teil seiner Farbenlehre zusammenfasste – von Edme Mariotte bis Joseph Priestley und Benjamin Franklin. Nach Schillers Tod im Jahr 1805 fand der Dichter eine neue Zuhörerschaft in der »Mittwochsgesellschaft«, einem Kreis illustrierter Damen am Weimarer Hof, die er mit seinen Vorträgen unterhielt.

Von der Publikation seiner Farbenlehre im Jahr 1810 erwartete sich Goethe trotz der enttäuschenden Erfahrung mit seinen 20 Jahre zuvor publizierten »Beiträgen zur Optik« »mancherlei Revolutionen sowohl in der Naturlehre als in der Kunst«. Doch reagierten die meisten Zeitgenossen bestenfalls mit Achselzucken, wenn nicht mit Spott. Die Korrespondenz mit dem Naturforscher Georg Christoph Lichtenberg schief bald ein und Goethe merkte, dass die Fachwelt »stolz-mitleidig« auf ihn herabsah. Das ist nicht weiter verwunderlich, wenn man sich den damaligen Stand der Optik vor Augen führt.

Zwar stellten auch Physiker zu dieser Zeit den 1727 verstorbenen Newton infrage, aber aus einem anderen Grund: Hatte Newton Recht mit seiner Annahme, Licht bestehe aus Teilchen? Oder handelte es sich vielmehr um Wellen? Die Wellentheorie, die der Engländer Thomas Young zur Erklärung von Interferenzerscheinungen formuliert hatte, war zu Beginn des 19. Jahrhunderts von der Royal Society publiziert worden und zunächst unbeachtet geblieben – nicht zuletzt, weil ihr das mathematische Fundament fehlte. Der Franzose Augustin Jean Fresnel konnte dagegen 1815 alle von ihm erdachten Interferenz-Experimente durch eine mathematische Theorie erklären. Deren Vorhersagen ließen sich umgekehrt experimentell überprüfen. Fresnels Arbeit wurde in der Fachwelt ernst genommen, weil sie methodisch dem von der Theorie geleiteten Ansatz folgte, den bereits Newton gewählt hatte. Seine Arbeit löste unter den Fachkollegen eine heftige Kontroverse aus, welche der Wellenlehre des Lichts noch mehr Aufmerksamkeit verschaffte. (Roth 1997)

Eine weitere Bestätigung erfuhr die Wellentheorie – ebenfalls zu Goethes Zeiten – durch

1 Betrachtet man einen Fensterrahmen durch ein Prisma, sieht man – wie Goethe – Farbstreifen an der Grenze zwischen hell und dunkel.

2 Farbige Spiegelung auf der Linse, die das Licht bündelt, bevor es auf das Prisma fällt.

Literatur

- 1 Holtzmark, Torger (1970), Newton's Experimentum Crucis Reconsidered, Am. J. Phys. 38 (10) S. 1229–1235.
- 2 Krätz, Otto, Goethe und die Naturwissenschaften, München 1998.
- 3 Ribe, Neil; Steinle, Friedrich (2002), Exploratory Experimentation: Goethe, Land, and Color Theory, Phys. Today 55 (7), S. 43–49.
- 4 Karl Rittersbacher, Der Naturforscher Goethe in Selbstzeugnissen, Verlag Die Kommenden GmbH, Freiburg 1968.
- 5 Roth, Günter D., Thomas Young (1773–1829), Augustin Jean Fresnel (1788–1827) und Joseph von Fraunhofer (1787–1826), in: Karl von Meyenn, Die großen Physiker. Von Aristoteles bis Kelvin (Bd. 1), München 1997.
- 6 Sarris, Viktor: Goethes Farbenlehre aus heutiger wahrnehmungspsychologischer Sicht, in: Schmidt, Alfred; Grün, Klaus-Jürgen (Hrsg.), Durchgeistete Natur. Ihre Präsenz in Goethes Dichtung, Wissenschaft und Philosophie, Verlag Peter Lang, Frankfurt 1999, S. 8–90.
- 7 Schmidt, Alfred; Grün, Klaus-Jürgen (Hrsg.), Durchgeistete Natur. Ihre Präsenz in Goethes Dichtung, Wissenschaft und Philosophie, Verlag Peter Lang, Frankfurt 1999.
- 8 http://www.experimentum-lucis.de/Paper/experimentum_lucis_workshop.pdf (Stand: September 2015)
- 9 <http://www.deutsches-farbenzentrum.de/2010/03/200-jahre-goethes-farbenlehre-aus-sicht-der-modernen-optik/> (Stand: September 2015)



den Optiker Joseph Fraunhofer, der als technischer Erfinder im »Mathematisch-mechanischen Institut Reichenbach, Utzschneider und Liebherr« arbeitete. Er wollte die Abbildungsfehler in optischen Linsen reduzieren, die durch die unterschiedliche Brechung farbigen Lichts zustande kommen. Fraunhofer entdeckte 1817 die dunklen Linien des Sonnenspektrums. Er nutzte das Spektrum zur exakten Messung der Brechkraft seiner Linsen. Max Born, einer der Väter der Quantentheorie, bezeichnete Fraunhofers Entdeckung später als die »Geburtsstunde der Spektralanalyse«.

Farbenlehre im Dienst der Malerei

Das alles nahm Goethe nicht zur Kenntnis. Bis zu seinem Tod arbeitete er insgesamt 40 Jahre an seiner Farbenlehre. Sogar seine letzte Publikation widmete er im Alter von 83 Jahren dem Regenbogen. Und er schätzte seine Leistung weitaus höher ein als sein literarisches Werk: »Auf alles, was ich als Poet geleistet habe, bilde ich mir gar nichts ein. Daß ich aber in meinem Jahrhundert in der schwierigen Wissenschaft der Farbenlehre der einzige bin, der das Rechte weiß, darauf tue ich mir etwas zugute, und ich habe daher ein Bewußtsein der Superiorität über viele ...«

Goethe hat seine Leidenschaft für die Optik selbst durch sein Interesse für die Malerei erklärt. Von Kindheit an sei er in den Werkstätten der Maler ein und aus gegangen und habe sich selbst als Künstler versucht. »Ja ich fühlte

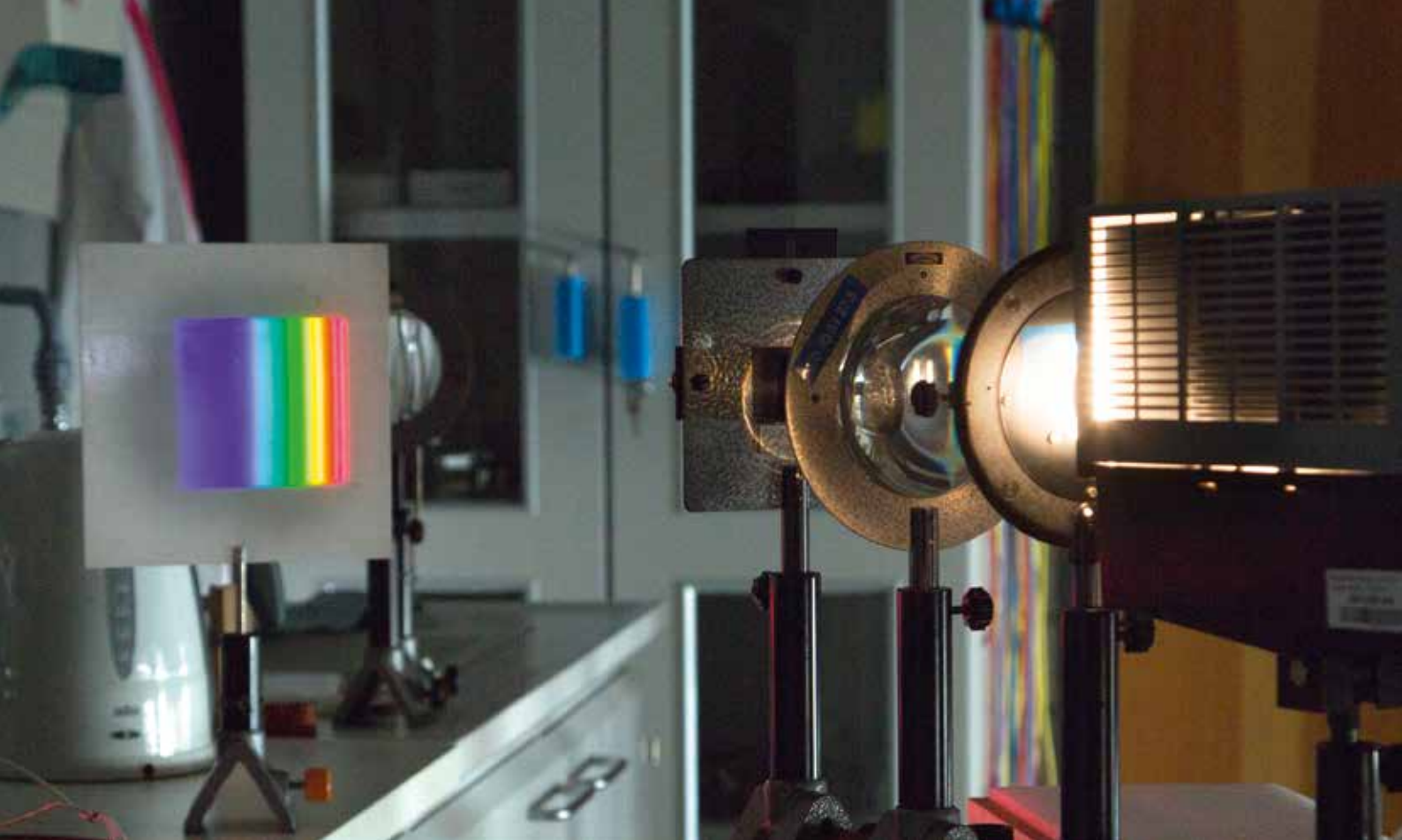
hiez, wozu ich eigentlich keine Anlage hatte, einen weit größeren Trieb als zu demjenigen was mir von Natur leicht und bequem war.« So verlegte er sich darauf, das Technische der Malerei zu studieren und insbesondere die Wirkung der Farben auf den Betrachter zu erforschen. Auf seiner Reise nach Italien brachte er »diesen mir so wichtigen Punkt überall wiederholt, lebhaft und dringend zur Sprache, dergestalt daß



Die Autorin

Dr. Anne Hardy, Jahrgang 1965, studierte Physik an der RWTH Aachen (Diplom 1991), arbeitete als freie Wissenschaftsjournalistin und promovierte 2003 in Wissenschaftsgeschichte an der Technischen Universität Darmstadt. Sie ist seit 2005 Redakteurin von Forschung Frankfurt.

hardy@pww.uni-frankfurt.de



ich dadurch selbst Wohlwollenden fast lästig und verdrießlich fiel.«

Auf seine Fragen konnten die Künstler ihm jedoch keine befriedigende Antwort geben. Goethe wollte nichts von »technischen Kunstgriffen« hören, sondern »Grundsätze« aufstellen. So gelangte er nach seiner Rückkehr aus Italien zu der Ansicht, »daß man den Farben, als physischen Erscheinungen, erst von der Seite der Natur beikommen müsse, wenn man in Absicht auf die Kunst etwas über sie gewinnen wolle«. Die Physik war also für ihn eine Hilfswissenschaft, mit der er die Wirkung der Kunst auf den Betrachter erklären wollte. Das konnte allein schon deshalb nicht funktionieren, weil die Trennung von Subjekt und Objekt beim Experiment ein Grundprinzip der physikalischen Methode ist. In Goethes Zugang zur Natur spielte der Betrachter aber immer eine zentrale Rolle. Sein Anliegen einer »ästhetischen« Deutung und Ordnung der Farben fand daher auch zuerst Eingang in die Malerei, etwa im Schaffen William Turners. (Krätz 1998)

Goethes Überheblichkeit gegenüber Newton und den Mathematikern und Physikern seiner Zeit hat dazu beigetragen, dass seine

Farbenlehre lange Zeit von Physikern kaum zur Kenntnis genommen wurde. Goethes Ablehnung galt dabei wohl eher der von der Theorie geleiteten Methode, die bis heute in den Naturwissenschaften dominiert. Forscher, die diesen Weg beschritten, charakterisierte Goethe als »genial, produktiv und gewaltsam, bringen eine Welt aus sich selbst hervor, ohne viel zu fragen, ob sie mit der wirklichen übereinkommen werde«. Sich selbst zählte er zu den aus seiner Sicht besseren Naturwissenschaftlern: »geistreich, scharfsinnig, behutsam, zeigen sich als gute Beobachter, sorgfältige Experimentatoren, vorsichtige Sammler von Erfahrungen«. Physikhistoriker haben darauf aufmerksam gemacht, dass Goethe einen »explorativen« experimentellen Ansatz begründete, der heute zunehmend wieder gewählt wird, um komplexe Systeme zu studieren. Denn bevor Hypothesen für ein komplexes System aufgestellt werden können, müssen sie durch eine Vielzahl unterschiedlicher Experimente erkundet werden (Ribe, Steinle). Insofern gebührt Goethe vielleicht doch ein Platz in der Ahnenreihe der Experimentalphysiker. ●

3 Newtons »Experimentum Crucis«, nachgestellt von Prof. Roger Erb im Institut für Didaktik der Physik. Blendet man durch ein schmales Prisma einen Teil des Spektrums aus, entstehen zueinander komplementäre Farben (kleine Bilder unten).