

Da lag Goethe falsch!

Es war eine Auftragsarbeit der Herzogin Luise von Sachsen-Weimar und Eisenach, die Goethe zum Schreiben des Buches „Zur Farbenlehre“ führte. Goethe veröffentlichte sein Werk im Jahr 1810, das auf seinen jahrelangen Studien beruhte. In einem großen Teil seines Buches wettet Goethe gegen Isaac Newton, der 1704 seine Versuche mit Sonnenlicht veröffentlicht hat. Goethe versuchte erfolglos, die Versuche mit einem Prisma zu wiederholen, mit dem Newton das weiße Sonnenlicht in ein Farbspektrum zerlegte und dieses wieder zu weißem Licht zusammenzufügen. Er realisierte nicht, dass Newton mit Licht, also einem Selbstleuchter ist, während er seine Arbeiten mit Farbpigmente und -farbstoffen durchführte. Lichtfarben mischen sich additiv, Pigmente mischen sich subtraktiv. Beide Mischprozesse sind nicht vergleichbar: Man kann sich beide Prozesse so vorstellen, dass beim subtraktiven Mischen zwei Farbfilter hintereinander angeordnet sind. Ein gelber Farbfilter lässt hauptsächlich gelbe Lichtstrahlen durch, die von einem nachfolgenden Blaufilter abgebremst werden. Durchgelassen werden nur Lichtstrahlen aus dem grünen Spektralbereich. Setzt man diese Filter parallel, so werden vom Gelbfilter und vom Blaufilter blaue Lichtstrahlen durchgelassen. Beide zusammen ergeben wieder die weißen Lichtstrahlen, die am Anfang eingesetzt wurden.

Goethe machte seine Versuche mit Pigmenten und Farbstoffen, die das einfallende Licht teilweise absorbieren und teilweise reflektieren. Grundsätzlich reflektieren diese im gesamten Spektralbereich: Ein roter Gegenstand reflektiert nicht nur im roten, sondern auch im gelben, grünen und blauen Spektralbereich – nur deutlich weniger. Gelb reflektiert auch im roten und grünen Bereich. Beide Bereiche werden vom Gehirn zu Gelb zusammengesetzt. Goethe erkannte nicht, dass seine Versuche vor dem Auge stattfanden und rein physikalischer Natur sind. Sie haben mit unserer Wahrnehmung nichts zu tun! Dem Auge ist es egal, ob das Grün oder Orange gemischt ist oder nicht – es erkennt keine Unterschiede.

Lichtstrahlen, die von einem Gegenstand reflektiert werden, treffen auf die Netzhaut im Auge. Dort lösen sie bei den Zapfen, die fürs Farbsehen verantwortlich sind, einen optischen Reiz aus. Es gibt drei Zapfenarten, die jeweils für den blauen, grünen und roten Spektralbereich empfindlich sind. Ist ein Zapfen defekt, so führt das zu einer Farbfehlsichtigkeit. Am häufigsten ist die Rot-Grün-Fehlsichtigkeit, die allerdings unterschiedlich stark sein kann. Sie führt zu Schwierigkeiten, Unterschiede von Rot und Grün zu erkennen.

Über den optischen Nerv, der das Auge über den sogenannten Blinden Fleck verlässt, gelangt der optische Reiz ins Gehirn. Erst dort wird er in Farbe „übersetzt“: Farben existieren nur im Gehirn und „kleben“ nicht an Gegenständen! Alle Vorgänge vorm Auge beschreibt die Physik, alle Vorgänge im Auge und im Gehirn beschreiben die Physiologie und die Psychologie. Das ist der große Knackpunkt bei Goethes Farbenwelt: Seine Aussagen beziehen sich nur aufs Farbmischen und nicht aufs Farbsehen!

Wenn man Farbpigmente und -farbstoffe mischt, erhält man die gleichen Ergebnisse wie Goethe. Gelb ist die hellste und bunteste Farbe, Blau die dunkelste und Rot liegt dazwischen, oder wie Goethe schreibt“ die wahre Vermittlung vom Gelben und Blauen durch das Rote geschieht“. Beim Mischen von Farbpigmenten passiert das, was jeder in der Schule mit seinem Malkasten erlebt hat. Am Anfang der Schulstunde waren die Farbnapfe schön bunt und zum Ende der Schulstunde sah der Malkasten fürchterlich aus, alles war nur noch braun-grau gemischt.

Wie kommen diese Aussagen über die optischen Eigenschaften der Pigmente und übers Mischen zustande? Die Lichtstrahlen werden aufgrund ihrer Wellenlänge beschrieben und damit im Farbspektrum eingeordnet. Lichtstrahlen mit großen Wellenlängen erzeugen rote Farbempfindungen und solche mit kurzen Wellenlängen führen zu blauvioletten oder blauen Empfindungen. Das Farbspektrum reicht von dem Ende mit langen Wellenlängen von 700 nm (10^{-9} m) bis zum anderen Ende mit kurzen Wellenlängen von 400 nm. Deutlich wird das Farbspektrum beim Regenbogen. Mit Farbmessgeräten lassen sich die Reflexionen von Gegenständen erfassen. Sie nehmen die Lichtstrahlen auf, die von Gegenständen - oft werden beschichtete Musterbleche in Postkartengröße verwendet - zurückgeworfen werden. Die Reflexionswerte werden meistens in 10 nm-Schritten bestimmt von 400 bis 700 nm im Farbspektrum gemessen. Sie werden in Prozentzahlen zu dem weißen Kalibrierstandard angegeben. In den meisten Fällen werden die Messpunkte zur Reflexionskurven zusammengesetzt. Der Anschaulichkeit stelle ich die Reflexionen als Säulen in den entsprechenden Spektralfarben dar.

Das Gehirn wandelt die Lichtstrahlen in Farben um. Und eine der größten Leistungen des Gehirns ist die Verknüpfung der beiden Endfarben des Farbspektrums zur neuen Farbe Purpur. Diese Farbe existiert nur im Gehirn und nicht draußen vor dem Auge. Durch diesen Zusammenschluss entsteht aus dem linearen Farbspektrum der Farbkreis. Der Kreis, der durchs Mischen von Farben erstellt wird, hat mit unserer Wahrnehmung nichts zu tun. In unserer Farbempfindung gibt es kein bläuliches Gelb und kein gelbliches Blau sowie kein rötliches Grün und umgekehrt. Deshalb werden die vier Farben in einem Koordinatensystem mit x-Achse mit positiven Werten für Rot und negativen für Grün. Die y-Achse stellt mit positiven Werten den Gelbanteil und mit negativen Werten die Blauanteile dar. Mit dieser Darstellung lässt sich jede Farbe einordnen. Unsere Farbempfindung beruht nicht auf dem Mischen mit Pigmentfarben. Insofern lag Goethe mit seiner Darstellung falsch.

Er konnte nicht – wie jeder von uns – nicht erkennen, wie die Pigmente und Farbstoffe reflektieren. Unser Auge “übersetzt” die Lichtstrahlen, die von diesen Materialien reflektiert werden, in Farben. Wir können nicht zurückschließen, wie die Reflexion zusammengesetzt ist. Als Goethe sein Buch “Zur Farbenlehre” schrieb, stand die Welt im Übergang zur neuen naturwissenschaftlichen Betrachtung der Vorgänge. In der Alchemie hatte man sich mit den vier Grundelementen Wasser, Feuer, Luft und Erde beschränkt, die zur Erklärung aller Naturphänomene herangezogen wurden. Für nicht erklärbare Phänomene wurde noch der Äther eingeführt. Er war nicht im heutigen chemischen Sinne gemeint, sondern eher als Seele und Geist zu verstehen. Es war das 5. Element, die Quintessenz. Oft wurde auch die Signaturlehre angewendet, die Vergleiche zwischen Naturobjekten und -phänomene zog: Weil die Walnuss aussah wie das menschliche Gehirn, folgerte man eine positive Wirkung fürs Gehirn, wenn man Walnüsse aß.

Goethe lebte also im Zeitalter des Übergangs, aber noch zu früh, um moderne Erkenntnisse der Naturwissenschaften zu erfahren. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beschäftigte sich Joseph von Fraunhofer intensiv mit dem Farbspektrum. Hermann von Helmholtz entwickelte Dreifarbenlehre von Thomas Young weiter. Die Entwicklung physikalischer Geräte zur Darstellung Messung von reflektierten Lichtstrahlen ermöglichte einen tieferen Einblick in die Vorgänge beim Mischen. Was Goethe nicht sehen konnte, zeigten die Messungen: Alle Pigmente und Farbstoffe reflektieren einfallendes Licht im gesamten Spektralbereich. Gelb reflektiert auch im grünen und roten Spektralbereich, wobei beide vom Gehirn zu Gelb zusammengesetzt werden. Gelb reflektiert Licht so stark über einen großen Spektralbereich, so dass es für uns sehr bunt und hell im Vergleich zu anderen Farben wie Blau oder Grün empfunden wird.

Wie ist Goethes Farbenlehre einzuordnen? Seine Versuche und die direkten Ergebnisse sind richtig, wie jeder bestätigen kann, der selber malt oder sich mit Farben beschäftigt. Falsch sind dagegen seine Schlussfolgerungen: Das Mischen von Farben (Pigmenten und Farbstoffe) hat nichts mit unserer Farbwahrnehmung zu tun. Die Mischvorgänge sind rein physikalischer Natur. So lassen sich Gelb und Blau nicht nur (subtraktiv) zu Grün, sondern auch (additiv) zu Weiß mischen! Insofern ist Goethes Farbenlehre eine Lehre des Farbenmischens. Er hatte Versuche mit einem Schwungrad gemacht, bei denen eine gelb-blaue Scheibe gedreht wurde. Das Ergebnis war nicht Grün, sondern Grau, weil das Auge die beiden Farben nicht unterscheiden konnte und additiv mischte. Da das Ergebnis nicht "in seinen Kram passte", bezeichnete er es als "scheinbare Mischung".

Das Buch "Lila macht kleine Füße" greift die hier beschriebenen Vorgänge auf und bietet weitere interessante Aspekte zum Thema Farbe. Es ist anschaulich und verständlich geschrieben. Eine Goldgrube für jeden, der sich für Farben interessiert.

Werner Rudolf Cramer
Lila macht kleine Füße
Können wir unseren Augen trauen
De Gruyter, Berlin
ISBN 978-3-11-079390-1
www.lila.wrcramer.de