

Spielwiese

Kinetische Farben

H. JOACHIM SCHLICHTING | WILFRIED SUHR

Wer seine Hand mit gespreizten Fingern vor den Augen hin- und herbewegt und dabei prächtige Farberscheinungen beobachtet, könnte geneigt sein, den symbolischen Sinn einer solchen Bewegung auf sich selbst zu beziehen. Woher sollten die Farben kommen, wenn weit und breit kein farbiges Licht zu sehen ist?

Dieses interessante Phänomen lässt sich zum Beispiel im Technorama in Winterthur bewundern. Dort werden in einem abgedunkelten Raum mehrere bewegte Objekte mit weißem Licht beleuchtet, die dabei in Abhängigkeit von ihrer Bewegung in bunten Farben erstrahlen. Genau genommen erscheinen die Farben an den Rändern der bewegten Objekte und stellen die Intuition der Besucher auf eine harte Probe. Dass zudem beim Blinzeln mit den Augen erratische Farberscheinungen auftreten, verleiht der Situation fast psychedelische Züge.

Es wird jedoch ziemlich schnell klar, dass das Geheimnis dieses Phänomens nicht in den Objekten selbst zu suchen ist, sondern in der Beschaffenheit des weißen Lichtes, in dem man sie betrachtet. Von dieser Annahme ausgehend, stellte sich uns die Herausforderung, mit möglichst einfachen Mitteln derartige „kinetischen Farben“ zu erzeugen.

Farbmischung durch zeitliche Aufeinanderfolge von Farben

Eine geeignete Mischung verschiedenfarbigen Lichts nehmen wir als weißes Licht wahr. Das Sonnenlicht und das



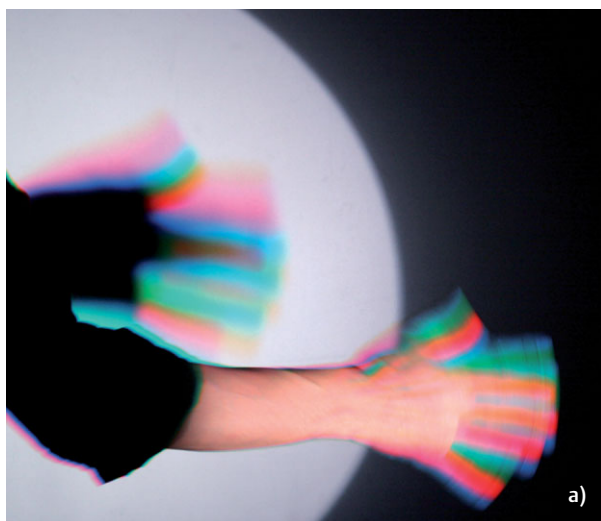
Abb. 1 Aufbau zur Herstellung von Mischlicht. Eine mit passenden Filterfolien bestückte Farbscheibe wird vom intensiven, weißen Licht eines Diaprojektors durchstrahlt.

Licht einer gewöhnlichen Glühlampe weisen ein kontinuierliches Farbspektrum auf, das mit Hilfe eines Prismas entfaltet werden kann. Dagegen kommen Leuchtstoffröhren mit diskreten Spektrallinien mit weniger Farben aus, um einen weißen Farbeindruck hervorzurufen.

Mit einem Farbkreislauf kann man demonstrieren, dass nur wenige Komplementärfarben oder drei Grundfarben ausreichen, um weißes Licht zu erzeugen. Hierfür malt man dessen Oberfläche mit entsprechenden Farbsegmenten aus, die sich bei einer hinreichend schnellen Drehung im Auge des Betrachters (annähernd) zu Weiß addieren. Das menschliche Auge ist ab einer bestimmten Frequenz des Farbwechsels nicht mehr in der Lage, diesen noch zeitlich aufzulösen. Welche Farben bei einer solchen Addition Weiß ergeben, kann man einschlägigen Farbtabelle entnehmen oder durch Probieren herausfinden.

Wir konstruierten eine kreisrunde Farbscheibe, unterteilt in zwei oder drei Sektoren aus passend kombinierten Filterfolien [1]. Die Größe der Sektoren wurde durch Probieren so gewählt, dass im Betrieb ein möglichst gutes Weiß entstand. Beidseitig mittels transparenter Kunststofffolien

Abb. 2 a) Die im weiß erscheinenden Mischlicht bewegte Hand reflektiert verschiedene Mischfarben. Deren Komplementärfarben werden dabei als „Schatten“ projiziert; b) ein rotierender Stab in weißem Mischlicht.



stabilisiert, wurde die Farbscheibe auf der Achse eines Elektromotors mit regelbarer Drehzahl montiert (Abbildung 1). Dann versetzten wir ihn in schnelle Rotation (circa 2000 U/min) und durchstrahlten die Scheibe mit weißem Licht eines Diaprojektors. Das projizierte Licht fiel auf die gegenüberliegende Leinwand, wo ein heller, nahezu weißer Lichtfleck entstand.

Bewegte man nun seine Hand vor der Leinwand hin und her, so reflektierte die Haut eine Vielzahl von Mischfarben, während der auf die Leinwand projizierte Schatten die zugehörigen Komplementärfarben aufwies (Abbildung 2a). Solche Farberscheinungen lassen sich mit unterschiedlichen bewegten Objekten hervorrufen. Schwingende Seile sind ebenso geeignet wie beispielsweise ein rotierender Stab (Abbildung 2b).

Die Erklärung für die Farberscheinungen liegt gewissermaßen auf der Hand: Wird die Hand ins Mischlicht gehalten, das aus der Farbfolge Grün, Rot, Blau besteht, so blockt sie beispielsweise gerade grünes Licht ab und ruft in dem Moment auf der Leinwand einen schwarzen Schatten hervor. Bewegt sich die Hand aber im Moment des Farbwechsels fort, so dass entsprechend der Farbfolge noch rotes Licht und kurz darauf blaues Licht auf die vorher beschattete Stelle fallen, so sieht man dort die additive Mischfarbe aus Rot und Blau. Denn das zur Ergänzung zu Weiß nötige Grün war ja vorher abgedeckt. Inzwischen blockt die Hand eine weitere Farbe ab und der Vorgang wiederholt sich. Je nach Geschwindigkeit fehlen Anteile von einer oder auch mehreren Ausgangsfarben zur Ergänzung zum Weiß, und es entstehen streifenweise Farbeindrücke.

Beim Augenzwinkern passiert etwas Ähnliches. Trifft eine der zeitlich aufeinander folgenden Komponenten des Mischlichts wegen der kurzzeitig geschlossenen Augenlider nicht auf die Netzhaut, kommt es ebenfalls zu einem Farbeindruck der restlichen Komponenten.

Moderne Variante zur Erzeugung kinetischer Farben

Eine weitere Möglichkeit, mit modernen Mitteln kinetische Farben zu erzeugen, entdeckten wir eher durch Zufall. Während einer Präsentation, bei der ein Beamer farbige Folienbilder auf die Leinwand projizierte, hatten wir Probleme, die Augen offen zu halten. Fortwährendes Zwinkern war die Folge, und es traten ganz unvermittelt ähnliche Farberscheinungen auf, wie soeben beschrieben. Die Erklärung hierfür ist: Der verwendete Beamer (vom Typ DLP) stellt im Prinzip eine ähnliche Vorrichtung dar, wie das Farbfilterrad, weil er in schneller Folge die Grundfarben projiziert. Mit diesem ansonsten eher als störend empfundenen „Regenbogeneffekt“ lässt sich also auf zeitgemäße Weise ein ähnliches Phänobjekt konstruieren wie mit dem Filterrad.

Eine genauere Untersuchung zeigt allerdings, dass solche DLP-Beamer ihre Farbenfolge mit sehr viel höherer Frequenz wiederholen als unser Folienrad. Deshalb muss die Geschwindigkeit der bewegten Objekte größer sein, um den gewünschten Farbeffekt hervorzurufen. Eine solche

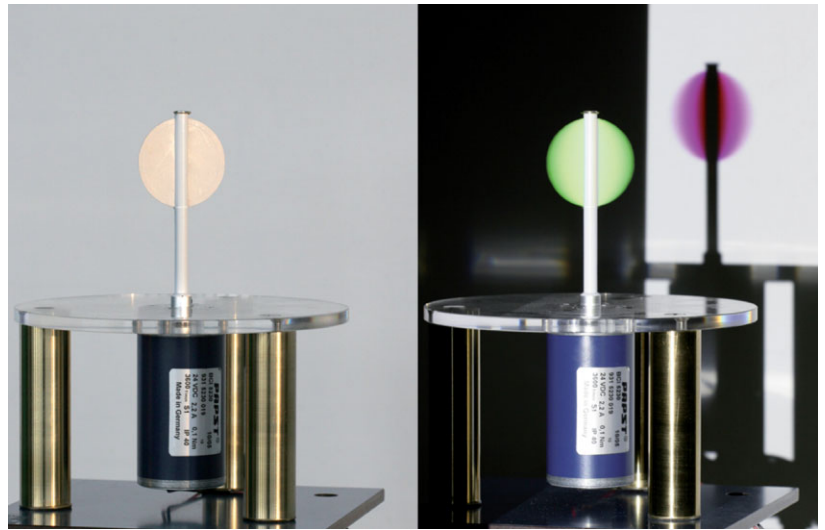


Abb. 3 Scheibe, die sich um ihre Längsachse in Rotation versetzen lässt. Links: in Ruhe, bei Tageslicht. Rechts: in Rotation, bei Beleuchtung mit weißem Mischlicht eines DLP-Beamers.

Vorrichtung lässt sich leicht selbst bauen. Sie besteht aus einer kleinen, weißen Pappscheibe, die ein Elektromotor in sehr schnelle Rotationen um ihre Längsachse versetzen kann (Abbildung 3). Zudem benötigt man etwas größere Pappscheiben mit Schwarz-Weiß-Mustern (Abbildung 4), die mittels eines Antriebs sehr schnell um ihre horizontale Achse gedreht werden können.

Die Ergebnisse sind sehr eindrucksvoll. Stimmt die Drehzahl der Pappscheibe mit der Frequenz der periodischen Farbabfolge der Beleuchtung überein, so hängt es von der Phase zwischen beiden ab, welche Mischfarbe die weiße Pappscheibe reflektiert beziehungsweise welche Komple-



Abb. 4 Drehbare Scheiben mit Schwarz-Weiß-Mustern. Links in Ruhe, bei Tageslicht, rechts in Rotation, bei Beleuchtung mit weißem Mischlicht eines DLP-Beamers.

mentärfarbe als ihr „Schatten“ projiziert wird. Das lässt sich anhand von Abbildung 3 (rechts) wenigstens im Prinzip nachvollziehen. Im Vordergrund sehen wir die rotierende Pappscheibe. Sie schimmert grünlich, weil sie immer nur dann dem weiß erscheinenden Licht des Beamers frontal zugewandt ist, wenn in dessen RGB-Farbabfolge gerade viel grünes Licht ausgesandt wird. Diese von der Scheibe reflektierte Farbe fehlt kurzzeitig im Schattenbereich, so dass dort die Komplementärfarbe erscheint.

Weicht die Farbwiederholffrequenz des Beamers auch nur leicht von der Drehzahl der Scheibe ab, so bleiben die Farben nicht so monochrom, wie es hier aufgrund der Momentaufnahme den Anschein hat. Vielmehr ist ein ästhetisch reizvoller, steter Wechsel zwischen verschiedenen Farben zu beobachten. Davon geben die hier abgebildeten Momentaufnahmen nur einen sehr unvollkommenen Eindruck wieder. Ihre volle ästhetische Wirkung entfalten die kinetischen Farben erst, wenn man sie in Bewegung erlebt.

Zusammenfassung

Mit verhältnismäßig einfachen Vorrichtungen lassen sich eindrucksvolle Farberscheinungen erzeugen. Diese Vorrichtungen mischen weißes Licht durch einen schnellen periodischen Wechsel farbiger Lichtpulse. In diesem Licht bewegte Objekte erscheinen daher in unterschiedlichen Farben. Neben den reinen Ausgangsfarben treten dabei auch Mischfarben aus unterschiedlich großen Anteilen dieser Ausgangsfarben sowie deren Komplementärfarben auf. Das Phänomen beeindruckt durch das unerwartete Hervorgehen von Farben aus weißem Licht.

Stichworte

Kinetische Farben, Farbmischung, Komplementärfarben.

Bezugsquelle

- [1] Filterfolien der Firma LEE lassen sich über die Firma LMP (www.lmp.de) beziehen.

Die Autoren



Wilfried Suhr, studierte Physik an der Universität Oldenburg, wo er 1992 über ein Thema der Wissenschaftsforschung promovierte. Gegenwärtig ist er als Mitarbeiter am Institut für Didaktik der Physik der Universität Münster im Bereich der Lehrerbildung tätig.



Hans-Joachim Schlichting ist Inhaber des Lehrstuhls für Didaktik der Physik an der Universität Münster und Mitbegründer der Rubrik „Spielwiese“.

Anschrift

Prof. Dr. H. Joachim Schlichting, Wilfried Suhr,
Institut für Didaktik der Physik, Universität Münster,
Wilhelm-Klemm-Straße 10, 48149 Münster.
schlichting@uni-muenster.de