

Die Farbenwelt erforschen

Text red.*
Bilder Renate Wirth

Professor Zeki – ein stämmig wirkender und zuweilen rechthaberisch auftretender Wissenschaftler – ist ein Pionier in der Neurobiologie des Farbensehens. 1973 hat er im Gehirn von betäubten Affen einen Bereich identifiziert, der grundlegend ist für die Verarbeitung von Farben. Später hat er bildgebende Untersuchungen verwendet, um im menschlichen Gehirn eine ähnliche Zone ausfindig zu machen. Deren Beschädigung hat eine vollständige Farbenblindheit zur Folge.

Die Position des menschlichen Farbzentrums – und ob es überhaupt ein solches gibt – ist unter Wissenschaftlern heftig umstritten. Laut Zeki sind aber Fortschritte zu verzeichnen: Langsam setzt sich die Erkenntnis durch, dass «das Gehirn die Farben der Aussenwelt nicht einfach passiv analysiert, weil es in der Aussenwelt nämlich gar keine Farben gibt, die man analysieren könnte».

Farben gehören so sehr zu unseren Erfahrungen und sind so eng verbunden

mit dem Erscheinungsbild von lebenden und leblosen Objekten, dass es eine Weile dauert, bis man realisiert, dass die Lampe auf dem Tisch nicht an sich rot und der Baum draussen auch nicht an sich grün ist. Margaret Livingstone, Neurobiologin an der Harvard University, sagt denn auch: «Die Menschen glauben, das Sehvermögen funktioniere wie eine raffinierte Kamera.» Sehen ist aber ein aktiver Prozess. Farben zeigen, wie das Gehirn den Charakter des



Grössere Leuchtkraft erzeugen mit nebeneinander platzierten Farbtupfern, die das Auge selber «mischt». Ausschnitte aus dem Bilderzyklus «Der Sieg»

Lichts interpretiert, das unsere Augen erreicht.

Farben entstehen im Kopf

Schon im alten Griechenland beschäftigten sich Philosophen mit der Herkunft der Farben. Im 17. Jahrhundert erklärte René Descartes, wie ein Regenbogen gebildet wird, und Sir Isaac Newton entdeckte, dass weisses Licht aus allen Farben des Spektrums zusammengesetzt ist. Zwei Jahrhunderte später bewies der schottische Physiker James Clerk Maxwell, dass Licht selbst sichtbare elektromagnetische Strahlung ist, die unterschiedliche Wellenlängen aufweist. Farbe ist das sichtbare Resultat unserer Fähigkeit, diese unterschiedlichen Wellenlängen von Licht zu unterscheiden.

Wenn Licht auf ein Objekt fällt, wird ein Teil davon absorbiert und ein anderer Teil wird reflektiert. Im weissen Licht – Sonnenlicht – erscheint ein undurchsichtiges Objekt, das alle Wellenlängen reflektiert, weiss. Ein undurchsichtiges Objekt hingegen, das alle Wellenlängen absorbiert, sieht schwarz aus. Eine Himbeere reflektiert Wellenlängen, die rotes Licht produzieren, und absorbiert alle andern. Bei einigen Oberflächen wird die Farbe nicht durch die Absorption von Licht bewirkt, sondern dadurch, dass die Strahlen mit verschiedenen Wellenlängen in unterschiedlichen Winkeln gebrochen werden – genau wie dies bei einem Regenbogen der Fall ist. So ändert sich zum Beispiel beim Morpho-Schmetterling die Farbe der Flügel je nach dem Winkel

des Lichteinfalls von leuchtend blau bis mattbraun.

Alle Wirbeltiere besitzen in ihrer Augennetzhaut zwei Arten von Sensoren. Die so genannten Stäbchenzellen sorgen im Dämmerlicht für einfarbiges Sehen, während die Zapfenzellen für das Farbsehen verantwortlich sind. Das bedeutet, dass Menschen nicht die einzigen Lebewesen sind, die Farben wahrnehmen können: Andere Primaten, aber auch gewisse Vogel-, Fisch- und Reptilienarten sowie Insekten sind ebenfalls dazu imstande. Während die meisten Säugetiere aber nur zwischen zwei Farbkanälen unterscheiden – etwa zwischen Hell und Dunkel oder zwischen Blau und Gelb –, verfügen Primaten und Menschen über drei Arten von Zapfenzellen. Diese so genannte Tri-



von Kunstmalerin Renate Wirth

chromasie befähigt sie, auch zwischen Rot und Grün zu unterscheiden. Jede der drei Arten von Zapfenzellen in der menschlichen Netzhaut spricht auf einen anderen Wellenlängenbereich zwischen Rot und Blau an. «Doch einzelne Photorezeptoren können nichts über die Farbe des Lichtes signalisieren», erklärt Trevor Lamb, Neurophysiologe an der Cambridge University. «Die einzige Möglichkeit, Informationen über Farben zu erhalten, besteht darin, die Signale der Photorezeptoren zu vergleichen, die auf unterschiedliche Bereiche des Spektrums reagieren.» Indem der Mensch vergleicht, wie schnell das Licht von den verschiedenen Zellen absorbiert wird, kann er grundsätzlich über zwei Millionen Farben unterscheiden. Farben beruhen also hauptsächlich auf einem Vergleich. Niemand weiss genau, weshalb menschliche Farbwahrnehmung diese Weise entwickelt hat, aber sie scheint biologisch wichtig zu sein. Farbe kann mithelfen, verschiedene Objekte zu unterscheiden, oder sie kann Anhaltspunkte zur Gesundheit von andern Mitgliedern der Spezies liefern. Eine vorherrschende Theorie besagt, dass die Trichromasie unseren Vorfahren geholfen hat, im grünen Blätterwerk reife Früchte zu finden, von denen viele orange und gelb gefärbt sind. Immerhin ernähren sich moderne Primaten zu 80 Prozent von Früchten.

Grünes Blatt bleibt grün

Eines der grossen Rätsel des Farbensehens ist die Farbkonstanz. Weshalb ist es zum Beispiel so, dass ein grünes Blatt in der Morgendämmerung, in der Mittagssonne und im Abendlicht, an einem bewölkten und an einem sonnigen Tag immer grün aussieht? Ur-

sprünglich wurde dieses Phänomen als kognitiver Effekt erklärt: Ein Apfel sieht sowohl unter der Küchenlampe als auch im hellen Tageslicht rot aus, weil der Betrachter die Form und die Farbe des Apfels aus dem Gedächtnis wiedererkennt.

In den fünfziger Jahren wurde die Fähigkeit des Gehirns entdeckt, unterschiedliche Beleuchtungen zu kompensieren, um die Farbe eines Objekts konstant zu halten. Wir wissen aber immer noch nicht, wie dies dem Gehirn so gut gelingt. Bei Robotern ist dies überhaupt nicht der Fall: Sie sind unfähig, Objekte auf die gleiche Weise zu erkennen, wie wir dies tun, wenn wir uns auf die Farbe abstützen. Anya Hurlbert, Neurowissenschaftlerin an der University of Newcastle, zitiert hierzu das folgende Beispiel: «Stellen Sie sich vor, Sie geben einem Roboter den Befehl, Ihre blaue Kaffeetasse aus zehn verschiedenen Tassen herauszusuchen, die alle gleich geformt und gleich gross sind. Wenn der Roboter so programmiert wurde, dass er ein spezielles blaues Signal unter der Wolframlampe erkennt, und der Raum plötzlich von Tageslicht durchflutet wird, dann wird er an dieser Aufgabe jämmerlich scheitern.»

Forscher vermuten zwar, dass die Farbwahrnehmung der einzelnen Menschen stark variieren kann; echte Farbenblindheit ist aber äusserst selten. Die meisten Schwächen beim Farbsehen beruhen darauf, dass eine oder mehrere Arten von Zapfenzellen fehlen, was zu geringfügigen Anomalien führt, wie der Rot-Grün-Farbenblindheit, von der zehn Prozent der männlichen Personen betroffen sind. Es gibt kaum jemanden, der keine oder nicht funktionstüchtige Zapfenzellen hat, was das Sehen

im Tageslicht zu einer Qual machen würde. Menschen ohne Stäbchenzellen dagegen, so meint Trevor Lamb, würden diesen Mangel wahrscheinlich kaum bemerken, ausser unter ungewöhnlichen Umständen.

Leuchtkraft der Malerei

Die Frage, ob Farben ein kulturelles Konzept darstellen, ist eng verbunden mit der Frage, ob das Vokabular, das wir für Farben gebrauchen, unsere Fähigkeit zur Farbunterscheidung begrenzt. Wir wissen zum Beispiel, dass die Sprachfähigkeit quer durch alle Kulturen eine angeborene Eigenschaft ist, die linguistischen Konzepte jedoch variieren können. Die Wahrnehmung bestimmter Farben scheint sich auf ähnliche Weise zu unterscheiden.

So kennen zum Beispiel das Keltische und das Japanische keinen Unterschied zwischen «grün» und «blau», und andere Sprachen verfügen bloss über drei oder vier Farbbegriffe. Bisherige Forschungen deuten darauf hin, dass in allen Kulturen ein Grundset an Farben erkannt wird. Allerdings ist dieses Thema bei weitem noch nicht erschöpfend erforscht worden.

Farbe spielt wohl bei keiner menschlichen Betätigung eine derart tragende Rolle wie in der Kunst. Daher überrascht es kaum, dass sich Forscher, die sich mit dem Farbsehen befassen, der Malerei zuwenden, um herauszufinden, wie Auge und Gehirn Licht verarbeiten. Philip Ball, Autor des Buches «Bright Earth: Art and the Invention of Color» (2001), hat Georges Seurats Überzeugung interessiert, dass es möglich sein müsse, grössere Leuchtkraft zu erzeugen mit kleinen, nahe nebeneinander platzierten Farbtupfern, die

das Auge dann sozusagen mische. Das Ergebnis dieses Bestrebens war der Pointillismus. «Aber sein eigentliches Dilemma», meint Ball, «ist eines, das allen Künstlern gemeinsam ist: Es ist nicht möglich, die Natur so zu malen, wie wir sie wirklich sehen. Es ist ganz einfach unmöglich, die Natur mit Pigmenten wiederzugeben.»

Zeki, der viel über Kunst schreibt, argumentiert, dass Fauvisten wie Henri Matisse und André Derain die Farben befreien wollten, um ihnen maximale emotionale Intensität zu verleihen. Das Problem für die Künstler war die Frage, wovon sie die Farben denn befreien sollten. Nicht von der Form, denn Farbe und Form sind untrennbar miteinander verbunden. Die Lösung lag darin, Objekte in ungewöhnlichen Farben zu malen – zum Beispiel die roten Bäume und das gelbe Wasser in André Derains «Le Pont de Charing Cross». Zeki hat herausgefunden, dass im Gehirn unterschiedliche Kanäle aktiviert werden, wenn man Menschen natürliche Szenen in natürlichen Farben zeigt und ihnen dann die gleichen Szenen in abnormalen Farben vorlegt. Die Fauvisten, so sagt er deshalb, nutzten das Potenzial des Gehirns.

Erinnerung an Orange

In der Genetik des Farbensehens – wie es entstanden und wie es in der DNA kodiert ist – sind grosse Fortschritte erzielt worden. Zudem gibt es laut Lamb nur noch wenige unbeantwortete Fragen zur Rolle der Photorezeptoren in der Farbwahrnehmung. Andererseits herrscht aber noch grosse Uneinigkeit darüber, wie Farben hinter der Netzhaut verarbeitet werden. Dieses Wissen

wäre nötig, um beantworten zu können, wie die Farbkonstanz tatsächlich funktioniert und wie sehr wir uns auf unsere Farbwahrnehmung abstützen. Forscher in Cambridge und Newcastle verfolgen eine Theorie, laut der einige Frauen nicht nur drei, sondern vier Farbkanäle besitzen. Falls dies zutrifft, würden diese Frauen über eine viel umfassendere Farbwahrnehmung verfügen als der Rest von uns.

Das vielversprechende Potenzial der Erforschung des Farbensehens liegt in dem, was sie uns über die Funktionsweise des Gehirns verraten kann. Denn Farben sind, wie der Geschmack, eine äusserst komplexe Wahrnehmung nicht zuletzt deswegen, weil Farben oft nur schwer erklärbare Gefühle auslösen können: Zufriedenheit, Freude oder Ärger. «An meine Tante Dora, die starb, als ich noch sehr klein war, habe ich keine Erinnerung ausser die Farbe Orange», schreibt der Neurologe Oliver Sacks in seinem Buch «Onkel Wolfram». «Ob dies die Farbe ihres Teints, ihres Haares oder ihrer Kleider war oder einfach der Widerschein des Kaminfeuers, weiss ich nicht mehr. Was geblieben ist, ist ein Gefühl der Wärme, ein nostalgisches Empfinden und eine sonderbare Vorliebe für Orange.»

* NZZ