

Sehen Menschen die gleiche Farbe anders?

Diese Frage birgt 3 Teilfragen, davon eine (die erste) zur Klärung der Frage selbst:

1.) Wie kann eine „gleiche Farbe“ „anders“ sein?

a.) Was ist „Sehen“?

Im alltäglichen Kontext zielt diese Frage typischerweise auf das Erleben von Farbe ab, also auf das, was in der Philosophie *Qualia* genannt wird: Erleben Menschen die gleiche, konkrete Farbe, z.B. die Farbe einer vor ihnen liegenden Banane, unterschiedlich? Die Frage ist dann: Was ist „Erleben“? In der Philosophie wird häufig das Erlebnis, die *Qualia*, eines Ereignisses als ganzheitlicher Gesamteindruck verstanden, der nicht durch naturwissenschaftliche Begriffe erfasst werden kann. Nimmt man aber an, dass dieses Erleben nicht unabhängig vom Körper geschieht, sondern das Produkt der Gesamtheit an Reaktionen unseres Körpers, inklusive unseres Gehirns, ist, so kann ein Vergleich dieser Reaktionen, insbesondere der neuronalen Reaktionen, Aufschluss über die Vergleichbarkeit des Erlebens liefern. Wenn das Erleben einer Person aus deren körperlichen Reaktionen besteht, so kann das Erleben eines Ereignisses mit sämtlichen Einflüssen der Situation nicht über Personen und Situationen hinweg vergleichbar sein, denn es handelt sich dann stets um einen anderen Körper, d.h. andere und anders verbundene Neuronen, und / oder um eine andere Situation. Vergleichbarkeit erlebter Ereignisse kann nur insofern geschaffen werden, als dass Entsprechungen von Objekten in der Umwelt wie auch von körperlichen Vorgängen identifiziert werden. Durch diese Entsprechungen können diese Objekte und Vorgänge über Personen und Situationen als gleich angenommen und dadurch auch mitgeteilt werden. Eine solche Betrachtung des Farbsehens soll im Folgenden geschehen. Dabei muss vorher die „Entsprechung“ zweier weiterer Begriffe dieser Frage geklärt werden, um deren Beantwortung „vergleichbarer“ und präziser kommunizierbar zu machen.

b.) Was ist „Farbe“?

Das grundlegende Problem ist, dass die Frage, wenn man Farbe wissenschaftlich betrachtet, absurd ist; denn wissenschaftlich betrachtet ist Farbe nicht etwas Personenunabhängiges in der Umwelt, sondern ein Produkt der menschlichen Wahrnehmung, genauer der differentiellen (unterscheidungsrelevanten) Empfindlichkeit der Rezeptoren (Zapfen) für unterschiedliche Wellenlängenkombinationen. Die Wellenlängenkombinationen sind NICHT Farbe; verschiedene Wellenlängenkombinationen können zu gleicher Farbempfindung schon auf der Ebene der Zapfen führen (= Metamere). Also entweder man sieht die gleiche Farbe oder verschiedene; das eine schließt das andere aus. Man kann nun entweder „Farbe“ in der Frage durch „Wellenlängenkombination“ ersetzen (→ Frage 2) oder „Sehen“ durch „Unterscheiden“ oder „Benennen“ (→ Frage 3). Erstere Möglichkeit betrifft das, was zwischen der Aufnahme der Wellenlängenvariationen und dem Erscheinen der Farbe passiert; sprich wie die Variation von Wellenlängen weiter verarbeitet und transformiert wird. Bei diesen Vorgängen (das WIE) kann es nun Unterschiede und Gemeinsamkeiten geben. Die dritte Frage betrifft das Produkt dieser Prozesse (das WAS), also das Erscheinen der Farbe (colour appearance),

c.) Welchen Unterschied meint „anders“?

Unterschiede und Gemeinsamkeiten können im Bezug darauf betrachtet werden, inwiefern:

- Die gleiche Person zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Kontexten „Farben gleich oder anders sieht“ (intraindividuelle Variabilität);
- Verschiedene Personen „Farben gleich oder anders sehen“ (interindividuelle Variabilität);
- Verschiedene Personengruppen „Farben gleich oder anders sehen“.

3.) Sehen Menschen bei gleichen Wellenlängenkombinationen die gleichen Farben anders? → Worin besteht Farbsehen?

Bei der Transformation der Wellenlängenkombinationen im Verlauf des Farbsehens gibt es zwar sowohl kontextabhängige, intraindividuelle wie auch interindividuelle Unterschiede. Doch gerade diese Prozesse der Farbwahrnehmung gleichen bestimmte Variationen aus und führen so gerade zu einer Angleichung der Farbwahrnehmung trotz verschiedener Ausgangsbedingungen:

- Intraindividuelle Variabilität: Das Phänomen der Farbkonstanz zeigt eine kontextübergreifende „Gleichmacherei“. Eine gelbe Banane kann in der blauen Tageslichtbeleuchtung noch genauso als gelb wahrgenommen werden wie in der gelblich-rötlichen Beleuchtung einer Glühbirne. Dabei ist das (von Ihnen angesprochene) Phänomen des lokalen Kontrastes ein essentieller Teil; der lokale Kontrast erlaubt es nämlich, eine Reizung der Zapfen an der Reizung der sie umgebenden Zapfen zu relativieren. Farbe ist also nicht etwas absolutes: Einer bestimmten Wellenlängenkombination kann NICHT eine bestimmte Farbe zugeordnet werden; sondern etwas relatives, denn am Kontext relativiertes. Dies führt aber nicht dazu, dass bestimmte Objekte verschieden erscheinen, sondern dass sie gerade GLEICH erscheinen, trotz unterschiedlicher Beleuchtung. Farbkontrastillusionen sind also ein Epiphänomen einer eigentlichen „Gleichmacherei“ in der natürlichen Umwelt. Die Tatsache, dass auf „höchster Ebene“, also in weiterverarbeitenden Bereichen des Kortex, eine gleiche Wellenlänge verschiedene Nervenzellaktivitäten hervorruft, ergibt sich daraus, dass nicht absolute Wellenlängenkombinationen, sondern eben relative Farbkontraste kodiert werden. Daher ist dies kein Zeichen für die Variabilität der Farbwahrnehmung.
- Interindividuelle Variabilität: Es stimmt, dass bei verschiedenen Personen gleiche (besser: korrespondierende, denn sie sind ja gerade nicht gleich) Opsine genetisch bedingt verschiedene Sensitivitätsgipfel haben können. Noch beeindruckender ist aber folgendes: Die relative Anzahl an L- und M-Zapfen kann beträchtlich zwischen verschiedenen Personen variieren, nämlich zwischen 1:1 und 16:1, also zwischen gleich vielen L- und M-Zapfen und 16 mal mehr L- als M-Zapfen. Trotz dieser beiden interindividuellen Unterschiede unterscheidet sich die Wahrnehmung zwischen diesen Personen – soweit man weiß – nicht (Brainard et al., 2000; Hofer, Carroll, Neitz, Neitz, & Williams, 2005; Lennie, 2000; Roorda & Williams, 1999)

Der Rückschluss von den Zapfen auf die Farberscheinung ist daher zu kurz gegriffen (s. auch Hofer, Singer, & Williams, 2005). Ein ganz wichtiger Schritt dazwischen ist die Verarbeitung der Zapfenaktivitäten im Ganglion des Sehnervs und auf der Ebene des Thalamus. Schon hier, auf sehr „niedriger“ Ebene, kommt nämlich nicht die reine Aktivierung der Zapfen an, sondern eine Transformation und Relativierung ihrer Aktivität. Die Zapfenaktivierungen werden auf dieser Ebene nämlich so kombiniert (durch Signalverstärkung und -inhibition), dass 3 Variationsachsen entstehen: Eine Luminanz- (d.h. Helligkeits-) achse bildet sich als Summe der Zapfenaktivierungen. Eine Farbachse, zweitens, kodiert die relative Variation der L- im Vergleich zu den M-Zapfen, denn sie entspricht der Differenz L-M. Drittens kodiert eine zweite Farbachse die relative Variation der L- und M-Zapfen im Vergleich zu den S-Zapfen, denn sie

entspricht der Differenz $S-(L+M)$. Dieses mathematische Modell zur Simulation der postganglionalen Farbverarbeitung wird Derrington-Krauskopf-Lennie (DKL) Farbraum genannt. Die große Frage ist nun, wie diese Variationen auf der Ebene des Kortex weiter transformiert werden, um zu jenen Variationen, die die Erscheinung von Farben für uns ausmachen, zu führen; und dies ist tatsächlich noch nicht völlig klar (Gegenfurtner, 2001, 2003; Gegenfurtner & Kiper, 2003).

Fazit:

Ja, sowohl die gleiche Person in verschiedenen Kontexten wie auch verschiedene Personen nehmen die gleiche Wellenlängenkombination auf unterschiedliche Weise wahr. ABER: Die Art und Weise wie man Farben wahrnimmt gleicht eher bestimmte Variabilitäten aus, als dass sie Ungleichheiten in der Farberscheinung hervorruft oder verstärkt.

3.) Unterscheiden und benennen Menschen die gleichen Farben anders?

Zur Erscheinung der Farbe gehört, dass Farben spätestens bei ihrer Beschreibung und Kommunikation als Kategorien (Rot, Blau, Grün etc.) begriffen werden. Man kann geradezu annehmen, dass der Begriff „Farbe“ im allgemeinen (nichtwissenschaftlichen) Kontext austauschbar mit dem Begriff „Farbkategorie“ verwendet wird. Nur in Fällen uneindeutiger Zuordnung, greift man auf kontinuierlichere Beschreibungen wie z.B. „eher grün, aber auch ein bisschen Blau“ oder so ähnlich, zurück. Die große Frage ist dabei nicht nur, wie das kontinuierliche Farbspektrum, das dann in eine kontinuierliche Zapfenreizung und einen kontinuierlichen DKL-Farbraum transformiert wird, zu diskreten Kategorien wird. Es stellt sich auch die Frage, durch welche nicht die Farbwahrnehmung betreffenden Wahrnehmungen und Kognitionen die Erscheinung der Farbe beeinflusst wird. Hierzu gehören u.a. die Verknüpfung einer Farbe mit einem Objekt (gelbe Banane vs. gelbes Feuerzeug) oder auch die Rolle der Sprache bei der Kategorisierung der Farbe (s. z.B. Hansen, Olkkonen, Walter, & Gegenfurtner, 2006). In diesem Zusammenhang folgen aus obiger Frage 2 Teilfragen:

a.) Kategorisieren Menschen gleiche Wellenlängen unterschiedlich?

Kann also das, was eine Person grün nennt, für sie zu einem anderen Zeitpunkt (intraindividuelle Variabilität) oder für eine andere Person (interindividuelle Variabilität) blau sein. Innerhalb einer Versuchsperson variieren die Grenzen der Farbkategorien über die Zeit und sogar über verschiedene Kontexte hinweg erstaunlich wenig (über die Zeit hinweg sogar nur etwa so viel, wie die Person überhaupt unterscheiden kann, also in der Diskriminationsmetrik gar nicht). Zwischen den Personen hingegen, kann es sehr wohl vorkommen, dass die Kategoriengrenzen so stark variieren, dass eine Farbe (Wellenlängenkombination projiziert auf den DKL-Raum), die nicht ganz sicher (mit $> 95\%$ Wahrscheinlichkeit) einer Kategorie zugeordnet wird, von verschiedenen Personen verschiedenen Kategorien zugeordnet wird (außer meinen eigenen Arbeiten, siehe auch: Hansen, Walter, & Gegenfurtner, 2007). Besonders zentral für die Forschung war dabei die Variation der Farbkategorien über verschiedene Sprachgemeinschaften hinweg. Hierbei kann man die Forschung einerseits so zusammenfassen, dass die typischen Farben von Farbkategorien, also z.B. das typische „Grün“, eine gewisse Stabilität über die verschiedensten Sprachgemeinschaften hinweg haben. Andererseits gibt es auch eine gewisse sprachspezifische Variabilität. Die Farbgrenzen sind übrigens in dieser Hinsicht weitaus weniger stabil (Zur Übersicht: Kay & Regier, 2006; Roberson & Hanley, 2007).

b.) Unterscheiden Menschen gleiche Wellenlängen unterschiedlich?

Diese 2. Teilfrage fragt danach, ob durch Lernen (z.B. von Objektfarben), durch Sprache (Farbbegriffe und -kategorien) oder durch oben (Frage 2) angeführte

Prozesse, die Erscheinung des Farbkontinuums selbst variieren kann. Diese zweite Teilfrage stellt die große aktuelle Forschungsfrage dar: Wie beeinflussen solche Lern-, Sprach- und physiologischen Faktoren die kontinuierliche Erscheinung von Farbe und deren Kategorisierung (Zur Übersicht: Kay & Regier, 2006; Roberson & Hanley, 2007).

Quellenverweise

- Brainard, D. H., Roorda, A., Yamauchi, Y., Calderone, J. B., Metha, A., Neitz, M., et al. (2000). Functional consequences of the relative numbers of L and M cones. *Journal of the Optical Society of America A Opt Image Sci Vis*, 17(3), 607-614.
- Gegenfurtner, K. R. (2001). Color in the cortex revisited. *Nature Neuroscience*, 4(4), 339-340.
- Gegenfurtner, K. R. (2003). Cortical Mechanisms of Colour Vision. *Nature Reviews*, 4, 563-572.
- Gegenfurtner, K. R., & Kiper, D. C. (2003). Color Vision. *Annual Review of Neuroscience*, 26(1), 181-206.
- Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, 9(11), 1367-1368.
- Hansen, T., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2007). Effects of spatial and temporal context on color categories and color constancy. *Journal of Vision*, 7(4), 1-15.
- Hofer, H., Carroll, J., Neitz, J., Neitz, M., & Williams, D. R. (2005). Organization of the human trichromatic cone mosaic. *J Neurosci*, 25(42), 9669-9679.
- Hofer, H., Singer, B., & Williams, D. R. (2005). Different sensations from cones with the same photopigment. *Journal of Vision*, 5(5), 444-454.
- Kay, P., & Regier, T. (2006). Language, thought and color: recent developments. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 51-54.
- Lennie, P. (2000). Color vision: putting it together. *Current Biology*, 10(16), R589.
- Roberson, D., & Hanley, J. R. (2007). Color vision: color categories vary with language after all. *Current Biology*, 17(15), R605-R607.
- Roorda, A., & Williams, D. R. (1999). The arrangement of the three cone classes in the living human eye. *Nature*, 397(6719), 520-522.