

Karl Schawelka

Farbe

Warum wir sie sehen, wie wir sie sehen

Verlag der
Bauhaus-Universität
Weimar

Für Laura

Für die freundliche Genehmigung der Reproduktion von Abbildungen danke ich:
Birkhäuser Verlag Basel
S. Fischer Verlag GmbH Frankfurt am Main
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH Heidelberg
John Wiley & Sons Limited, Chichester

Vorwort	7	
Die Alltagserfahrung: Farben als Substanzen	14	
Farben als Empfindungen	25	Empfindungen und Farbempfindungen
25		Farbempfindungen und Außenwelt 27
Physik und Farbe – Das Verhältnis von physikalischem Reiz und Empfindungen	39	
Lokalfarben, Oberflächenfarben und Farbkonstanz	53	
Die Evolution des menschlichen Farbensehens	64	Die photische Situation auf der Erde und das Farbensehen 64
64		Die Entwicklung der Trichromasie 72
Farbe und Kognition	79	Grundzüge der visuellen Wahrnehmung im Gehirn 79
79		Methoden der Gehirnforschung 84
84		Das menschliche Auge 88
88		Gene und Farbenblindheit 101
101		Vom Auge zum virtuellen Kortex 104
104		Farbe und Kortex 108
108		
Qualia und Synästhesien	114	
Das Problem der Grundfarben	131	Die Grundfarben der additiven und der subtraktiven Mischung 131
131		Drei Grundfarben oder vier Grundfarben? 140
140		
Farbsysteme	144	
Farbkategorien und Sprache	163	
Ressource Aufmerksamkeit	174	
Showing pink – Zur Biologie der Farbe Rosa	194	
Farbe mit und ohne Oberfläche – Farbe in Bildern	209	
Farbstile	230	Farbe als Gegebenheiten der Wahrnehmung 230
230		Der Einfluss neuer Farbstoffe und Pigmente 249
249		Farbe und Ekstase 258
258		
Bibliografie	270	

Karl Schawelka

Farbe

Warum wir sie sehen, wie wir sie sehen

Druck Gutenberg Druckerei GmbH Weimar

Basislayout: Pieter Dompeling

Umschlag und Bildbearbeitung:

Reinhard Franz

Satz und Gestaltung: Heidemarie Schirmer

© Verlag der Bauhaus-Universität Weimar

2007

ISBN 978-3-86068-314-9

Fax: + 49 (0) 3643/581156

E-Mail: verlag@uni-weimar.de

Vorwort

Man weiß viel über Farbe, weit mehr als über alle anderen Sinneswahrnehmungen. Diese für Laien vielleicht provozierend klingende Aussage trifft gleichwohl zu. Im 17. Jahrhundert, als an der französischen Akademie über die Vorzüge der Farbe gegenüber der Linie gestritten wurde, waren sich beide Seiten immerhin darin einig, dass der Umgang mit Farbe einer wissenschaftlichen Behandlung unzugänglich sei. Die Befürworter sahen in dieser Tatsache aber keinen Mangel, sondern ihren größten Vorzug. Ihre Haltung findet auch heute noch großen Zuspruch. Heidegger drückt diese Haltung in seinem berühmten Aufsatz *Der Ursprung des Kunstwerks* unmissverständlich aus: »Die Farbe leuchtet und will nur leuchten. Wenn wir sie verständlich messend in Schwingungszahlen zerlegen, ist sie fort. Sie zeigt sich nur, wenn sie unentborgen und unerklärt bleibt.«¹ Er spricht für viele, die Entzauberung fürchten, wenn sich die Wissenschaften eines Gebietes bemächtigen, von dem sie sich gerade einen wissenschaftsfreien Raum erhoffen. Ihnen kann ich nur den Trost spenden, dass mit jedem Wissen auch das Nichtwissen zunimmt, sodass wir bei allem Fortschritt nur zu einem neuen Arrangement der jeweiligen Bereiche kommen. Allerdings treibt der Prozess der Wissensvermehrung nicht zuletzt die künstlerische Entwicklung an und vor allem Künstler haben selten auf die Übernahme von Wissen verzichtet, das ihnen zur Verfügung stand.

Gerade in den letzten Jahren und Jahrzehnten konnten erhebliche Wissensfortschritte im Bereich der Farbforschung erzielt werden. So sind die Vorgänge im menschlichen Auge bis hinunter auf die Ebene der einzelnen Zellen, ja der von Molekülen im Prinzip geklärt. Auch die physikalische und chemische Seite der Farbwahrnehmung darf als gut erforscht gelten. Was passiert, wenn Photonen auf Materie treffen und welche Formen der Interaktion es dabei gibt, kann mit wünschenswerter Genauigkeit angegeben werden. Der Leitwissenschaft unserer Zeit, der Biologie, verdanken wir insbesondere in ihrer Ausprägung als Gehirnforschung oder Neurologie nicht nur einen erheblichen Erkenntniszuwachs, sondern auch neue, etwa ökologische und evolutionäre Fragestellungen, die noch vor kurzem undenkbar oder nicht beantwortbar schienen. Eine davon lautet: *cui bono*, worin besteht der Nutzen des Farbensehens? Inzwischen lassen sich begründbare Hypothesen anführen, wie und weshalb sich die menschliche Farbwahrnehmung herausgebildet hat, an welche Umweltbedingun-

gen sie angepasst und was ihr biologischer Sinn ist. Darüber hinaus gibt es neuere Aussagen einer ganzen Reihe anderer Wissenschaften, etwa der Anthropologie, der Genetik oder der Linguistik, die sich mit der Farbe befassen und wichtige Beiträge geliefert haben. Auch im Anwendungsbereich der bildverarbeitenden Techniken, Digitalkameras, Bildschirme, Druckverfahren, Farbatlantent etc. kam es zu einem exponentiellen Erkenntniszuwachs. CAD(= *computer aided design*)-Techniken und die Erzeugung virtueller Bilder trugen gleichfalls dazu bei, das, was die Wahrnehmung leistet, genauer zu sehen und wissenschaftlich beschreiben zu können.

Dieses umfangreiche und interdisziplinärer Forschung zu verdankende Wissen hat aber nicht dazu geführt, dass einfache, klare und überschaubare Regeln zur Farbwahrnehmung angegeben werden können. Die Situation scheint sogar mit jeder neuen Erkenntnis an Komplexität zu gewinnen. Deshalb ist ein Abschluss der Forschung, so, dass man sagen könnte, im Prinzip sei nun alles Wissenswerte über Farbe bekannt, in absehbarer Zeit nicht zu erwarten. Die Laienmeinung, dass man bezüglich der Farben eigentlich nichts Genaueres sagen kann und auf Intuition, Geschmack oder noch andere unwägbare Fähigkeiten angewiesen ist, findet im angesprochenen Sachverhalt, d. h. der Enttäuschung darüber, dass dem verbreiteten Bedürfnis nach einfachen Ratschlägen nicht entsprochen werden kann, ihre Begründung. Dennoch ist ein Pessimismus unangebracht. Die Verhältnisse ähneln ein wenig denjenigen in der Medizin. Auch da wissen wir in vielen Fällen ganz gut Bescheid. Wir wissen, wie eine Zelle funktioniert, welche Aufgaben welche Organe erfüllen, wissen, welche Folgen ihre unterschiedlichen Störungen nach sich ziehen, welche Rolle den Genen zukommt, kennen mancherlei psychosomatische Zusammenhänge und dergleichen mehr, aber die Hoffnung, dass wir zu einer einfach zu verstehenden Medizin zurückkehren können, wo zur Heilung sämtlicher Gebrechen etwa die Kenntnis von vier Körpersäften ausreicht, die in ein harmonisches Gleichgewicht zu bringen sind, wird ernstlich nicht mehr gehegt. Selbst wenn wir in der Zukunft eine verbesserte Theoriebildung sowie die Erhebung von mehr und genaueren Messdaten und den verstärkten Einsatz von Computern erwarten dürfen, wird jeder Einzelfall seine Besonderheit bewahren. Klar ist aber auch, dass Krankheiten nicht aus unserem Leben verschwinden werden. Dennoch gilt die Medizin zweifelsfrei als eine Wissenschaft und ihre Methoden sind effizienter und ihre Aussagen erwiesenermaßen zuverlässiger als andere Verfahren oder der gesammelte Hausschatz an Erfahrungsregeln.

Bei der Farbe ist die Situation ähnlich. Wegen der Kompliziertheit der Materie und der zum Teil eher geringen Anwendbarkeit wissenschaftlicher Aussagen für Praktiker bot und bietet sie einen Tummelplatz für anti- oder pseudowissenschaftliche Haltungen, wo nicht nur Geschmack, Intuition oder künstlerische Herangehensweisen ihr Recht behaupten, sondern obskurantistische und irrationalistische Einstellungen manchmal regelrecht gefordert werden, ja sogar weltanschauliche Erlösungsreligionen fröhliche Urständ' feiern. Die Haltung einer bewussten Wissenschaftsferne bei Künstlern kann dabei auf eine gewisse Tradition verweisen, denn schon die Übertragbarkeit der Erkenntnisse Newtons auf die Malerei war gering. In diesem Sinn enttäuscht äußert sich Philipp Otto Runge: »(...) so ist doch bekannt, wie hilflos den Künstler die aufgestellte Wissenschaft [gemeint: die auf Newton basierende Optik] gelassen hat, wenn die bestehenden Verhältnisse farbiger Substanzen Wirkungen erzeugten, die aus der bloßen Brechung des Lichtstrahls nicht zu erklären waren.«² Zwar dürfte inzwischen, seit durch Hermann von Helmholtz 1866 die Unterschiede zwischen additiver und subtraktiver Mischung herausgearbeitet wurden, der genannte Kritikpunkt gegenstandslos sein, doch Runge führt noch einen weiteren Punkt an, der seine Berechtigung behalten hat: »Um den Totaleindruck, den wir von der Welt durch unser Auge empfangen, zu begreifen und analog wiedergeben zu können, und um auch die Analogie der Mittel, welche wir haben, mit denen der Natur wissenschaftlich aufstellen zu können, müssen wir die Elemente jenes Eindruckes in unwandelbarer Reinheit ergriffen haben.«³ Das Schlüsselwort im angeführten Satz ist ›analog‹ bzw. ›Analogie‹. Die in einem Kunstwerk benutzten Mittel sind nicht identisch mit denen der Natur, sondern werden zur Herstellung einer analogen Repräsentation benutzt. Wenn Künstler beispielsweise in einem Landschaftsbild einen Regenbogen wiedergeben wollen, so nutzt es ihnen nur bedingt, wenn sie die physikalischen Gesetzmäßigkeiten dabei kennen, denn sie produzieren ja nicht direkt mithilfe von Sonnenlicht und Wassertropfchen eine Lichtbrechung, sondern sie müssen mithilfe von Pigmenten, Bindemitteln und geeignetem Farbauftrag auf einer flachen Unterlage etwas herstellen, was der Betrachter als Repräsentation eines Regenbogens akzeptiert. Die eigentümlichen Erfordernisse ihres Mediums kennen aber die Maler besser als irgendwer sonst. Allerdings gilt im Gegenzug auch, dass die künstlerischen Mittel ihrerseits nicht außerhalb der Naturgesetze stehen. Statt aber, was korrekt gewesen wäre, aufzuzeigen, wo in ihrem Bereich die physikalischen Theorien unzureichend oder ergänzungsbedürftig waren, glaubte man

in Künstlerkreisen, sie insgesamt in den Wind schlagen zu können. Dies zumindest ist eine Haltung, an deren Ausbreitung Goethe nicht unschuldig war, obwohl er sich um eine rationale Diskussion wenigstens bemüht hat. Die keineswegs überwundene Trennung in zwei Kulturen, die der Humaniora gegenüber den Naturwissenschaften, geht wohl auf die Zeit der Auseinandersetzung Goethes mit Newton zurück. Noch heute berufen sich insbesondere die Anhänger Rudolf Steiners auf Goethe und seine Farbenlehre, um ihre Kritik an naturwissenschaftlicher Erkenntnis, an technischer Weltbeherrschung und an einer materialistischen Geisteshaltung insgesamt zu untermauern. Hier ist nicht der Ort, sich mit ihnen auseinander zu setzen, doch sei festgestellt, dass ethische Fragen auf einer ethischen Ebene diskutiert und nicht als wissenschaftliche Sachfrage verkleidet werden sollten. Man kann den heutigen Naturwissenschaften und der Technik vielerlei vorwerfen und vor allem die Geisteshaltung, die auf eine Beherrschung und Ausbeutung der Natur aus ist, für fatal halten, aber diese Kritik sollte man nicht von der Beantwortung einer konkreten wissenschaftlichen Frage abhängig machen wie der, welches Modell die Vorgänge beim Durchgang von Licht durch ein trübes Mittel am besten beschreibt. Doch auch die Künstler des Bauhauses wie Kandinsky, Itten und Klee hatten – vorsichtig formuliert – ein gespanntes Verhältnis zu den Naturwissenschaften. Und selbst bei heutigen Zeitgenossen, die sich als rational und aufgeklärt verstehen, findet sich, was die Farbwahrnehmung betrifft, immer noch ein Kenntnisstand, der allenfalls auf die 20er-Jahre des letzten Jahrhunderts zurückgeht. Mag auch Bequemlichkeit dafür die Ursache sein, da es nicht zu den Standardanforderungen eines Geisteswissenschaftlers oder Künstlers zählt, sich über die Resultate der Quantenphysik oder der Neurologie oder Evolutionstheorie einigermaßen auf dem Laufenden zu halten, es gibt in der Praxis tatsächlich leider immer noch so etwas wie die von dem Novellisten C. P. Snow diagnostizierten zwei intellektuellen Kulturen, wobei die Einstellung zur Farbe als Schibboleth bei ihrer Unterscheidung dient. Ein wesentliches Anliegen des vorliegenden Buches besteht darin, für den Bereich der Farbforschung Wege zur Überwindung der Kluft zwischen Wissenschaft und Kunst aufzuzeigen.

Die Zeiten, wo Poststrukturalisten in der Wissenschaft lediglich eine sozial sanktionierte Form von Propaganda sahen, die von der Machtelite benutzt wird, um die Schwachen zu beherrschen, und deren Erklärungen nicht mehr Anspruch auf Gültigkeit beanspruchen dürfen als ein beliebiger Mythos, sind zwar anscheinend vorüber, aber im Dauerkonflikt zwischen Natur und Kultur wird von Geisteswissen-

schaftlern inzwischen gern der Vorwurf des ›Biologismus‹ gebraucht. Was immer das bedeuten mag – anscheinend fürchtet man eine Art Determinismus, der die Freiheit bedrohe – die Postmodernen vertreten die Meinung, der Kultur sei sozusagen alles möglich. Jegliches kulturelle Regelsystem sei ein willkürliches Konstrukt, das man allenfalls dekonstruieren könne. Der Verweis auf unsere biologische Natur würde der Vielfalt, Historizität und Plastizität unserer Einstellungen zur Farbe nicht gerecht werden. Es handelt sich dabei aber um einen Scheinkonflikt. Niemand behauptet, dass die annähernd 30.000 Gene der DNA unserer Spezies die ca. 100 Milliarden Neuronen im Gehirn mit ihren je an die tausend Synapsen und den entsprechenden vielfältigen Verknüpfungsmöglichkeiten festlegen könnten. Aber schon aus logischen Gründen bedarf das Besondere des Allgemeinen. Die Vielfalt der Gesichtspunkte und die unaufhebbare Voreingenommenheit unserer Wahrheiten, auf welche die Kulturrelativisten zu Recht hinweisen, stehen nicht im Widerspruch zur Biologie, sondern setzen diese geradezu voraus. Natur und Kultur wirken schon beim Heranwachsen eines Fötus beständig ineinander, sodass von einem genetischen Determinismus keine Rede sein kann. Gene sind Ermöglicher. Die Gene z. B., welche die Herstellung von Opsinen steuern, ermöglichen zuallererst einmal das Farbensehen, denn ohne sie wären wir farbenblind. Welchen spezifischen Gebrauch die jeweiligen Kulturen von dieser Fähigkeit machen, steht auf einem anderen Blatt. Dass die Fähigkeit, reife Früchte im Blattwerk aufzufinden, sich evolutionär entwickelt hat, verhindert nicht, sondern gestattet die Benutzung von Verkehrsampeln und damit auch die kulturelle Konstruktion der zugehörigen Regeln der Straßenverkehrsordnung. Deterministisch sind unsere Gene allenfalls in der Hinsicht, dass Ampeln, deren Signale auf der Verwendung von infrarotem bzw. uv-Licht beruhen, wohl Anlass zu häufigeren Verkehrsübertretungen geben würden. Im Übrigen wird auch die Freiheit der Meere weniger durch das Wissen über Untiefen und herrschende Strömungen bedroht als durch von Menschen gemachte, historisch gewordene Konstrukte oder Ideologien.

Immer noch finden sich Neuauflagen der Bücher Johannes Ittens, und dessen Lehre wird von vielen Kunsterziehern ungebrochen so vermittelt, als sei dies der heutige Kenntnisstand und es erscheinen immer noch Anleitungen zum Umgang mit Farbe für Anfänger, die ein hanebüchenes falsches Bild der Tatsachen vermitteln, während in den technischen Anwendungen, bei den verbreiteten Farbsystemen für Grafiker, der digitalen Bildverarbeitung und ähnlichem kommentarlos völlig andere, was nicht unbedingt heißt vertrauenswürdiger Regeln,

vermittelt werden.⁴ Zwar ist im Gegenzug auch klar, dass die Wissenschaft grundsätzlich keine wertenden Aussagen macht, sodass sie prinzipiell ästhetische Entscheidungen nicht begründen kann. Vom Vorwurf, diese Grenze ihrerseits überschritten und sich als Gesetzgeber der Kunst versucht zu haben, sind allerdings auch viele Naturwissenschaftler wie beispielsweise Wilhelm Ostwald nicht leicht freizusprechen.⁵ Dennoch bleibt, dass bei allen Vorzügen, die das Nicht-Wissen haben kann, ein auf Wissen gestütztes Vorgehen auf Dauer die erfolgreichere Strategie bietet, wie es schon, mit anderen Worten, Thomas Ernest Hulme (1886–1917) formulierte: »Genauigkeit kommt immer der Schönheit zugute und richtiges Denken dem zarten Gefühl.« Die Künstler, die eine Entzauberung ihrer Welt befürchten, können also beruhigt sein. Etwas zu einem Mysterium zu erklären, führt nicht per se zu guten Resultaten, eher ist das Gegenteil der Fall, und außerdem gibt es noch genügend Bereiche im Umgang mit Farbe, wo unser Wissen nicht hinreicht und ihnen mit ihren spezifischen Verfahren ausreichend zu tun bleibt.

Dieses Buch wendet sich, der Kompetenz des Autors entsprechend, in erster Linie an Künstler, Designer und Vertreter aller gestalterischen Berufe sowie an Kunsthistoriker und andere Geisteswissenschaftler oder einfach auch an interessierte Laien. Es möchte die kunsthistorische Forschung mit Einsichten in die Neurologie des Sehens verknüpfen und sie dadurch womöglich präzisieren und verbessern. Der Aufbau, dass zunächst der Kenntnisstand zur Farbwahrnehmung dargestellt oder zumindest skizziert wird, ehe gewisse Anwendungen vorgestellt werden, folgt bekannten Mustern. Im Gegensatz zur existierenden Literatur für den genannten Personenkreis aber werden die neuen Resultate, Thesen und Fragestellungen der interdisziplinären Farbforschung und insbesondere der Biologie aufgegriffen und es wird versucht, sie mit dem mir geläufigen Material der Kulturwissenschaften zusammenzubringen. Vor allem wird der Gehirnforschung breiter Raum gegeben. Das Buch will zum einen den heute verfügbaren Kenntnisstand der Farbforschung in lesbarer Form, aber möglichst ohne Abstriche an der Korrektheit ausbreiten. Daran anschließend werden mir interessant scheinende Konsequenzen und Anwendungen im Kulturbereich entwickelt, vorgestellt und vorgeschlagen, die – wie ich hoffe – manches Neue bringen. In der Annahme, dass auch die Neurowissenschaften aus kunstwissenschaftlichen Erkenntnissen gewinnen können, versucht der Autor gleichwohl, die Grenze zwischen Sollen und Sein, zwischen Beschreibung und Wertung zu respektieren. Man erwarte also keine Ratschläge zur farbigen Gestaltung von

Staubsaugern oder Hauseingängen oder die bei der Anlage eines Aquarells zu beachtenden Regeln.

Die Grundthese des Buches, dass die menschliche Farbwahrnehmung nur vor dem Hintergrund von und im Zusammenwirken mit anderen, vor allem visuellen Wahrnehmungsleistungen beurteilt werden kann, ist nicht neu. So vertrat Kurt Koffka schon 1936 die Auffassung, dass eine allgemeine Theorie der Farbe gleichzeitig eine allgemeine Theorie von Raum und Form sein müsse. Allerdings hat sich das Wissen um solche Zusammenhänge seitdem dramatisch erweitert, was vor allem für die evolutionäre Perspektive gilt. Die Fähigkeit, Farben zu unterscheiden, muss ein Lebewesen in die Lage versetzen, sinnvolle Unterscheidungen zu treffen, die letztlich zu Handlungen führen, die zumindest in der Geschichte der Gattung einen Überlebensvorteil geboten haben. Angesichts der metamodalen Organisation des Gehirns führt eine isolierte Betrachtung einzelner kognitiver Submodalitäten in die Irre. Erst im Verständnis der Leistungen der Farbwahrnehmung in den natürlichen, alltäglichen Lebenszusammenhängen erhalten bestimmte Besonderheiten – wie sie in der Kunst gern herauspräpariert werden – ihren Platz. Es wird sich zeigen, dass ein Verständnis der Farbe ›an sich‹ wenig hilfreich ist, wenn nicht die Wechselwirkungen mit anderen Aspekten der Wahrnehmung beachtet werden. Dies gilt auch für die Wahrnehmung von Kunst, denn wir betrachten sie prinzipiell mit dem gleichen Wahrnehmungsapparat, mit dem wir auch die Wirklichkeit sehen, wenn auch einige spezielle Bedingtheiten zu beachten sind. Das Argument, dass die Farbe eine ethologische Herangehensweise erfordert und nicht losgelöst von den anderen Elementen der Wahrnehmung behandelt werden kann, wird vor allem in den abschließenden Kapiteln konkretisiert, in denen der Autor auch eigene Überlegungen entwickelt, während die anderen Teile des Buches eher referierenden Charakter haben.

Anmerkungen:

- 1 Martin Heidegger, *Der Ursprung des Kunstwerks* (1935/36) in: *Holzwege*, Frankfurt/M., 6. Aufl. 1980, S. 32.
- 2 Zitiert nach Felix Höpfer, *Wissenschaft wider die Zeit – Goethes Farbenlehre aus rezeptionsgeschichtlicher Sicht*, Heidelberg 1990, S. 101f.
- 3 Ebd., S. 102.
- 4 Vgl. Andreas Schwarz u. a. (Hrsg.), *Immer wieder Itten ...? Neue Ansätze zum Umgang mit Farbe im Kunstunterricht*, o. O., 2003.
- 5 Vgl. Wilhelm Ostwald, *Farbsysteme, das Gehirn der Welt*, ZKM, Rolf Sachsse, Peter Weibel (Hrsg.), mit einem Text von Albrecht Pohlmann.

Die Alltagserfahrung: Farben als Substanzen

Der schottische Philosoph Thomas Reid schrieb 1764: »Die Philosophen sind sich sicher, dass Farbe nicht in den Körpern, sondern im Geist ist; und der ›Pöbel ist sich sicher, dass Farbe nicht im Geist ist, sondern eine Qualität der Körper.«¹ Nun zählen wir uns alle wohl lieber zu den Philosophen als zum Pöbel, aber auch wenn man Farbe als eine Hervorbringung des Gehirns ansieht, – was der in diesem Buch vertretenen Auffassung entspricht – sollte man eine Erklärung dafür haben, wieso sie überhaupt und noch dazu alles in allem recht erfolgreich im täglichen Leben als eine Qualität der Körper betrachtet werden kann. Die damit gegebene Rehabilitierung des common sense war übrigens auch das Anliegen von Thomas Reid. Denn in unserem volkstümlichen Alltagsverständnis handelt es sich bei Farben eindeutig um sichtbare Eigenschaften von Substanzen. Sand ist sandfarben, Spinat spinatgrün, Ziegel sind ziegelrot und Ocker eben ockerfarben. Wenn wir die Empfindung eines reinen Rots beschreiben sollen, so denken wir in der Regel dabei an Objekte wie Feuerwehrautos oder andere konkrete Dinge oder Stoffe wie Blut. Mithilfe der Bezeichnung für Substanzen mit charakteristischer Farbe sind wir dann sogar in der Lage, die Farben anderer Objekte zu umschreiben: Als kaffeebraun kann auch eine Hautfarbe bezeichnet werden, ein Hemd kann fliederfarben sein. Ja, es spricht viel für die Vermutung, dass alle unsere Farbwörter ursprünglich nur eine bestimmte Substanz bezeichnet haben, ehe ihre Bedeutung auf andere Entitäten übertragen wurde. Bei Bezeichnungen wie orange, rosa, oliv und violett (frz. *violet* = Veilchen) ist der Bezug zu den ursprünglich namengebenden Früchten und Blumen noch heute erhalten geblieben, während andere Wörter wie ›blond‹ in ihrer Anwendbarkeit immer noch auf eine bestimmte Kategorie von Gegenständen eingeschränkt sind. Es gibt Volksstämme wie die Usbeken, die zumindest früher ohne abstrakte Farbwörter auskamen, und auch Kinder sehen zunächst in Farben konkrete Eigenschaften von Objekten, die weder als abstrakt gedacht noch auf andere Objekte übertragen werden. Die Benennung von Farben bzw. die Ausbildung von Farbwörtern scheint ein Vorgang eigener Art zu sein, der mit der Entwicklung des kategorischen Denkens zusammenhängt.

Manche farbige Substanzen wie z. B. Ochsenblut, Kreide, Nagellack oder Schuhcreme können dazu genutzt werden, andere Objekte damit zu überziehen und einzufärben. Sie werden im Alltag als Farben im engeren Sinn, genauer als Farbstoffe oder Farbmittel bezeichnet und, da wir gewohnheitsmäßig Teile unserer Haut, Kleiderstoffe, Verpackungen, Wände, ganze Häuser, Gartenzäune, Autos, Schiffe und noch alles mögliche andere mit Farbe versehen, gibt es Farben-geschäfte, Kosmetika und eine einschlägige Industrie, die solche Farbmittel herstellt. Man unterscheidet unlösliche Farbmittel, die Pigmente, von den löslichen, den Farbstoffen. Pigmente werden mit Bindemitteln (eventuell noch Lösungsmitteln und anderen Zusatzstoffen) versetzt. Nach Erstarren des Bindemittels auf einer Unterlage halten die verklebten Pigmente dort dauerhaft fest. Farbmittel sind für uns wahrnehmungsmäßig untrennbar von Substanzen. Weder die Unterscheidung von Buntfarben und Unbuntfarben noch die von eigentlichen Farben und solchen, die auch Oberflächeneigenschaften mit einschließen, spielen auf dieser Ebene eine Rolle. Entsprechend zählen im Alltag Gold, Silber oder Metalliclacke zu den möglichen Farben, die eine Oberfläche aufweisen kann.

Was ist biologisch gesehen der Sinn von all dem? Warum erscheinen uns Farben als Attribute von Objekten oder Eigenschaften von Dingen ›da draußen‹? Halten wir fest, dass wir fähig sind, uns an Substanzen zu erinnern, dass ihre charakteristische Farbigekeit zum Wissen um die jeweilige Substanz gehört, dass wir letztere uns zu einem gewissen Grade vorstellen können, auch wenn sie gerade nicht zu sehen ist, und dass wir die Eigenschaft, eine bestimmte Farbe aufzuweisen, auch vom jeweiligen Träger loslösen und in der Vorstellung auf andere Stoffe, Materialien oder Objekte übertragen können. Manchmal liegt eine solche Übertragbarkeit alles andere als nahe, sodass jede Sprache Farbbezeichnungen kennt, die nur innerhalb bestimmter Objektbereiche Anwendung finden, manchmal, wie bei der Bezeichnung ›rabenschwarz‹, übertragen wir dafür eine Farbbezeichnung auch auf Entitäten wie den Humor, die gar nicht sinnlich wahrnehmbar sind. Wir können jedoch die in die hunderttausende gehenden Nuancen an Farbempfindungen, zu deren Unterscheidung wir anscheinend dann imstande sind, wenn wir sie gerade aktuell vor Augen haben, in wenige Kategorien wie eben ›Rot‹ oder ›Braun‹ fassen und damit besser memorieren. Natürlich wissen wir, dass unsere Sinneseindrücke uns täuschen können und wir manchmal andere Farben sehen als unter normalen Umständen, aber unsere Zuversicht, dass einer Oberfläche ›eigentlich‹ ihre ›richtige‹ Farbe zukommt, wird damit nicht

erschüttert. Zwar gibt es gewisse Grenzen in der Genauigkeit unserer Erinnerung, aber schwere kategorielle Fehler, dass etwa ein Kirschtrot mit einem Orange verwechselt wird, können wir im Normalfall ausschließen.

Welchen Nutzen ziehen Menschen daraus, dass sie Farben unterscheiden können? Farben sind Farben von etwas. Würden wir sie nicht auf etwas beziehen können, wäre die Farbwahrnehmung recht nutzlos. Zum Farbwissen gehört nicht nur das Erkennen der Farbe, sondern die Fähigkeit, sie einem Objekt zuzuordnen. Für uns hat jedes Objekt, das wir sehen, mindestens eine Farbe. Haben wir ein Objekt gut sichtbar im hellen Tageslicht vor unseren Augen, so sind wir ziemlich sicher, welche Farbe oder Farben ihm zukommen. Wir können gar nicht anders, als eine spezifische Oberfläche gleichzeitig und zusammen mit ihrer Farbe wahrzunehmen. Allerdings gibt es Objekte, deren farbiges Aussehen sich ständig ändert, Wasserflächen z. B. oder auch Seifenblasen. Dennoch weisen auch diese in dem Augenblick, in dem ich hinschaue, eine spezifische Farbigkeit auf, selbst wenn sie an verschiedenen Stellen verschieden sein mag, ja auch dann, wenn sie sich vor meinen Augen ändert. Manchmal gelingt es uns nicht, die wahrgenommene Farbe einem Objekt zuzuordnen, was uns sogar besonders beschäftigt und die Aufmerksamkeit weckt, aber das ist die Ausnahme, welche die Regel bestätigt. Die Wahrnehmung ist unwillkürlich bestrebt, Farbempfindungen und konkrete Oberflächen aufeinander zu beziehen. Ist ihr das einmal gelungen, können wir den vorherigen Zustand, bei dem uns ein Farbreiz auffiel, ohne dass wir wussten, zu welchem Objekt die Farbe gehört, nicht mehr zurückrufen.

Durch ihre Farbe also können Oberflächen rasch und sicher unterschieden werden. Was verschieden ist, sollte möglichst auch verschieden aussehen und umgekehrt: Ein Eichhörnchen sollte sich, selbst wenn es teilweise überdeckt wird, in unserer Wahrnehmung vom Laubwerk abheben, die Blätter dagegen untereinander ähnlich sein. Da die Oberflächen zu Körpern gehören, dienen Farben also gerade dem Erkennen und Unterscheiden von Objekten. Haben zwei Objekte die gleiche Farbe, so spricht viel dafür, dass sie auch in ihrer Substanz übereinstimmen. So dürften wahrscheinlich sämtliche gelben Flecken auf meinem Rasen zur gleichen Art von Löwenzahnblüten gehören. Demnach kann, was zusammen gehört, durch gleiche Farbigkeit signalisiert werden, seien es Teile eines einzigen Objektes oder verschiedene, aber ähnliche Objekte, wie umgekehrt durch die Verschiedenartigkeit der Farbe innerhalb eines Objekts dieses optisch in Teile

zerlegt werden kann. Für Unterscheidungen, Klassifikationen und Gliederungen wie bei Weiß- oder Rotweinen, dem weißen Haus oder den gelben oder roten Rüben eignen sich die Farbkategorien anscheinend vorzüglich.

Nun sind Farben nicht die einzigen optischen Eigenschaften, an denen wir Oberflächen auseinander halten können. Es gibt z. B. Differenzen in den Texturen. So unterscheiden sich eine Wiese und ein Kiesweg bzw. polierter Glattputz oder Rauputz in ihrer Textur, wie auch in anderen visuellen Eigenschaften wie ›glänzend‹ oder ›matt‹. Auch mag trotz gleicher oder ähnlicher Texturen die Helligkeit zweier Oberflächen unterschiedlich sein, z. B. bei Mehl und Ruß. Die Definition nach DIN: »Farbe ist diejenige Gesichtsempfindung eines im Auge strukturlos erscheinenden Teiles des Gesichtsfeldes, durch die sich dieser Teil bei einäugiger Beobachtung mit unbewegtem Auge von einem gleichzeitig gesehenen, ebenfalls strukturlosen angrenzenden Bezirks allein unterscheiden kann«, ist zwar korrekt, aber zu konzeptuell. Sie wird der Tatsache nicht gerecht, dass wir im alltäglichen Normalfall eben mit beiden Augen sehen, uns bewegen und dass Farben perzeptuell viel auffälliger sind als Texturunterschiede oder auch geringere Helligkeitsunterschiede. Wir sehen Farben nicht schließlich und zu guter Letzt erst dann, wenn alle anderen visuellen Unterscheidungsmöglichkeiten erschöpft sind, sondern sofort und in einem funktionalen Zusammenhang mit anderen Leistungen der Wahrnehmung. Etwa bei der Abgrenzung verschiedener Flächen vertrauen wir unmittelbar und unwillkürlich den Farbwahrnehmungen, ehe uns andere Kriterien überhaupt auffallen.

Objekte zu erkennen und von ihrem Hintergrund zu isolieren ist eine fundamentale Leistung der visuellen Wahrnehmung, die allerdings auch dann ganz gut funktioniert, wenn – wie in einem Schwarz-Weiß-Film – die Farbwahrnehmung behindert oder ausgeschaltet ist. Selbst wenn zwei Oberflächen ziemlich identisch aussehen, können wir häufig anhand von Regeln wie der geschlossenen Form oder des gemeinsamen Schicksals (was sich gemeinsam bewegt, dürfte zusammengehören) Objekte von ihrem Hintergrund isolieren. Vergleicht man ein farbiges Foto einer natürlichen Szenerie mit einem manipulierten Schwarz-Weiß-Foto der gleichen Szenerie, dem also die eigentliche Farbinformation entzogen wurde, mit einem manipulierten Foto der Ursprungsszene, das keinerlei Hell-Dunkel-Unterschiede mehr aufweist, also nur noch farbige Information trägt, so wird klar, dass im Schwarz-Weiß-Foto solche visuellen Elemente wie Form, Hell-Dunkel-Unterschiede, Orientierung, die Texturen sowie Objektgren-

zen ganz gut erkennbar sind, während auf dem Foto mit der reinen Farbinformation recht wenig davon unterschieden werden kann. Addiert man beide Informationen aber – was zum ursprünglichen Farbfoto zurückführt –, so wird deutlich, dass die Unterscheidung unterschiedlicher Objektklassen mittels ihrer Farbe mühelos und selbstverständlich gelingt. Die Früchte und die Blätter werden unter Zuhilfenahme der segmentierenden Farbinformation leicht auseinandergehalten, besser erkannt, eingepägt und sogar erinnert.

In der Regel benutzen wir drei Dimensionen oder Freiheitsgrade, um eine Farbe zu kennzeichnen. Wir unterscheiden den eigentlichen Farbton selbst, also ›blau‹, ›grün‹, ›rostrot‹ oder ähnliches. Daneben können wir diesen eigentlichen Farbton nach hell und dunkel qualifizieren, also etwa ein ganz helles, ein helles, ein mittleres oder dunkles Blau und vielleicht noch ein Nachtblau unterscheiden. Als drittes steht uns eine Kennzeichnung der Sättigung zu Gebote: beispielsweise ›ein kräftiges, leuchtendes Blau‹, ›ein mittleres Blau‹, ›ein gedecktes, gebrochenes‹ oder auch ein ›ausgewaschenes Blau‹. Unterschiede in der Sättigung fallen uns vergleichsweise am wenigsten auf, was, nebenbei bemerkt, beim Vorzug des PAL-Systems gegenüber Secam beim Farbfernsehen eine Rolle spielt. Aber auch die Wahrnehmung der Helligkeit ist nicht völlig problemlos. Sie wird beispielsweise gern überschätzt, wenn ein Farbton sich stark von seiner Umgebung abhebt.

Im Alltag nehmen wir ohnehin keine strenge Trennung vor zwischen Materialeigenschaften wie ›matt‹, ›glänzend‹, ›stumpf‹, ›durchscheinend‹ etc. und den eigentlichen Farbbezeichnungen, wenn nicht ohnehin wegen des Bezugs zu einer konkreten Substanz eine solche Trennung unnötig und undurchführbar erscheint. Bei einem Ausdruck wie ›stahlblau‹ z. B. macht es wenig Sinn zu fragen, ob darunter eher der Aspekt des ›metallisch Glänzenden‹ oder von ›Blau‹ zu verstehen ist. Die Befunde der Linguisten weisen gleichfalls darauf hin, dass sich reine Farbwörter im Verlauf der Sprachentwicklung erst relativ spät herausbilden. So wiesen unsere in den europäischen Sprachen gängigen Farbbezeichnungen einst eine enge Verbindung mit Materialeigenschaften und Texturen auf und es kam diesbezüglich oft zu einer Bedeutungsverschiebung. Anscheinend geht beispielsweise das mittellateinische Wort *blavus*, aus dem unser ›blau‹ entstanden ist, auf *flavus* zurück, das die Bedeutung ›goldgelb glänzend‹ hatte. Auch kennt man Volksstämme wie die Nuer (am oberen Nil), die zwar über wenig eigentliche reine Farbwörter verfügen, dennoch aber mit vielen spezialisierten Wörtern subtil über die Fellfarben samt Flecken und

Glanz ihres Viehs zu reden verstehen. Es spricht also viel dafür, dass Wörter, die das Aussehen von Materialien bezeichnen oder mit bezeichnen, grundlegender sind als die reinen Farbwörter. Erstere können ständig ad hoc gefunden und als Referenzobjekte verwendet werden, was im Übrigen die Werbung gern ausnutzt. Bei dieser ist jedoch zusätzlich ein anderes Phänomen im Spiel. Evidenterweise kann man sich nur dann mit einem anderen über einen Farbton verständigen, wenn beiden Sprechern die Substanz auch bekannt ist, die als Referenz dient, was aber bei Bezeichnungen wie ›smaragdgrün‹ oder ›korall‹ in früheren Zeiten oder ›fuchs‹ in den heutigen nicht ohne Weiteres gelten dürfte. Solchen Bezeichnungen haftet daher eine Art Herrschaftswissen an: »Ich kenne solche edlen Substanzen, die dir nie untergekommen sind.« Die Werbung verfährt beim Erfinden exklusiver Farbtöne gern nach dem beschriebenen Muster. Ihre Farbbezeichnungen wie ›premiumweiß‹ oder ›tropenblau‹ dienen selten der Information, sondern beschwören ein prestigeträchtiges Assoziationsfeld. Denotation und Konnotation von Farbwörtern sollten deshalb unterschieden werden.

Trotz der Fülle an Information, die in einem Schwarz-Weiß-Bild steckt, fällt es uns bei einem Fußballspiel entschieden leichter, die Mannschaft in blauen Trikots von der in den roten zu unterscheiden als die dunkelgrauen Spieler von den mittelgrauen bzw. die mit den seidenen von denen in leinenen Trikots. Die Bereitschaft, mehr Geld für Farbfernseher auszugeben, für Farbfotos oder Videos in Farbe, findet nicht zuletzt in solchen Verhältnissen der Wahrnehmung ihre Begründung. Es hat sich gezeigt, dass Farbe nicht nur bei der Objekterkenntnis hilfreich ist, sondern auch bei der Memorierbarkeit der Szenen und Objekte. Verglichen mit Texturen, deren Unterscheidbarkeit für die Wahrnehmung nicht so besonders gut ausgeprägt ist, fällt es uns sehr leicht, eine herausstechende Farbe zu erkennen. Man spricht vom Pop-Out-Effekt. Die Aufforderung, aus einer Reihe von grünen Elementen das rote herauszufinden, können wir rascher erfüllen als die, das Element mit abweichender Lage, Form, Textur etc. anzugeben, auch wenn es vergleichbar isoliert ist. Verkehrsschilder, Signale etc., auf die wir sofort und unwillkürlich reagieren sollen, beruhen daher auf kräftigen Farbgegensätzen, nicht auf Unterschieden in der Textur oder dem Glanz der Oberfläche. Dennoch kann man sagen, dass zwischen der Farb- und der Texturwahrnehmung funktional eine gewisse Verwandtschaft besteht, ja dass mit der Farbwahrnehmung für die damit begabten Lebewesen sich vor allem die Unterscheidbarkeit verschiedener Oberflächen enorm verbessert hat.

Helligkeitsunterschiede sind gegenüber Farbunterschieden wesentlich mehrdeutiger. Handelt es sich um ein Grau im Licht oder ein Weiß im Schatten? Verschiedene Helligkeiten können einerseits darauf beruhen, dass eine Oberfläche nur anders zum Licht steht als eine gleichartige andere (unter gleichen Bedingungen gleich aussehende), oder aber darauf, dass die eine Oberfläche eben mehr oder weniger Licht reflektiert, also »an sich« (in ihrem Reflektanzverhalten) heller oder dunkler ist, oder beides. Unsere Wahrnehmung muss also erst die mutmaßliche räumliche Gesamtsituation unter Berücksichtigung der Lichtquelle beurteilen, ehe sie entscheidet, dass es sich in einem Fall um einen bloßen Schatten handelt, den man vernachlässigen darf, im anderen Fall um permanente Eigenschaften von Oberflächen, die eben dauerhaft verschieden hell sind und nicht nur zufällig im Augenblick gerade so erscheinen. Weisen zwei Oberflächen dagegen verschiedene Farben auf, so dürften sie mit ziemlicher Sicherheit auch in ihrer Materialität verschieden sein. Kommt es auf rasche und eindeutige Unterscheidung von Oberflächen an, so empfiehlt sich schon deshalb eine farbige Kennzeichnung, da in unserer natürlichen dreidimensionalen Umgebung erhebliche Helligkeitsunterschiede ohnehin ständig berücksichtigt werden müssen. Auch Unterschiede im Sättigungsgrad sind, verglichen mit Farbunterschieden, wenig auffällig und unzuverlässig. In einer natürlichen Umgebung können zwei an sich identische (unter gleichen Bedingungen gleich aussehende) Oberflächen sich ohne Weiteres in ihrer Sättigung unterscheiden, etwa weil mehr oder weniger eine trübe Luftschicht zwischen ihnen und dem Auge liegt oder sie eher von Reflexlicht im Halbschatten beleuchtet werden statt von direktem Licht. Da viele Oberflächen das reflektierte Licht nicht völlig gleichmäßig in jede Richtung abgeben, kommt es schon bei kleinen Änderungen des Betrachtungswinkels zu Unterschieden in der Sättigung. Die menschliche Wahrnehmung ist ihnen gegenüber recht tolerant. Außerdem nimmt bei geringen Lichtstärken, in der Dämmerung z. B., die Sättigung ab. Aus diesem Grund empfiehlt es sich nicht, bei einem Stromkabel die stromführende Faser graublau, den erdenden Teil hingegen blaugrau zu gestalten, sondern man wählt sie tunlichst aus klar getrennten und robust zu unterscheidenden Farbkategorien.

Bei den Menschenaffen und auch beim Menschen handelt es sich um recht bewegliche Tiere, deren Vorfahren sich wahrscheinlich im Geäst von Bäumen an rasch wechselnde räumliche Situationen anpassen mussten. Die menschliche Farbwahrnehmung kann nicht ohne Berücksichtigung dieser Beweglichkeit behandelt werden, denn in

einer natürlichen Wahrnehmungssituation stehen Augäpfel, Kopf, Rumpf und Körper selten still. Bei Unklarheit über das Gesehene hilft manchmal bereits eine kleine Ortsveränderung. Mit ihrer Hilfe gewinnen wir Sicherheit über Oberflächeneigenschaften wie Glanz oder bei der Frage, ob es sich um einen Schatten oder wirklich einen Farbunterschied handelt. Die Eigenbewegung erfolgt nun in enger Verbindung mit dem Tastsinn und nur in Bezug auf letzteren können wir, wie bereits Herder ausführte, Körper und räumliche Formen erfahren. Farben erhalten daher in der Regel erst im Zusammenspiel mit der Raumwahrnehmung und dem Tastsinn ihre eigentliche Bedeutung, weshalb die Farbwirkung nicht losgelöst von Stoffen, Erden, Substanzen und deren materiellen Eigenschaften betrachtet werden sollte.

Auch die Sprache liefert uns wichtige Hinweise auf diesen engen Zusammenhang zwischen konkreten Oberflächen und Farben. Deshalb gibt es Farbbezeichnungen, die nur zur Bestimmung von Käfern, Steinen, Weinsorten oder Pferden dienen. Sie tragen damit der Tatsache Rechnung, dass für unsere Wahrnehmung die Verbindung von materieller Erscheinung und Farbton sehr eng ist. Die mehr oder weniger systematischen Änderungen eines Farbeindrucks je nach Eigenbewegung geben uns also Hinweise auf die Materialität, das Mikrorelief einer Oberfläche, ihre Texturen wie ›glänzend‹, ›matt‹, ›pelzig‹, ›faserig‹, ›schuppig‹, auf Farbauftragweisen und dergleichen. Opalisierende, irisierende oder auf Interferenz beruhende Farberscheinungen erkennen wird in der Natur sofort, wenn wir den Blickwinkel auch nur ganz leicht ändern – nicht aber in einer Abbildung. Deshalb müssen im Prinzip je nach Material und Farbauftrag verschiedene Farbatlanten angefertigt werden. Um die Farbe eines Goldfisches genau zu bestimmen (was tatsächlich vorgekommen ist),² brauchte man eigentlich Farbkarten, in denen die Oberfläche von Fischschuppen simuliert ist und die unter Wasser mit den Fischleibern verglichen werden. Aber schon zur Bestimmung von Woll- und Seidenstoffen, diverser Putzarten oder Plastikfolien sind jeweils eigene Farbatlanten mit den entsprechenden Texturen nötig und in Gebrauch. Es gibt kein Farbsystem, das alle möglichen Sorten von Oberflächenfarben umfasst.

Farben als Substanzen werden jeweils nicht allein wegen ihres Farbtons geschätzt, sondern auch wegen ihrer Transparenz, ihres Glanzes, ihrer Brillanz, wegen unmerklicher Beimengungen von glänzenden Kristallen und ähnlichem. Künstler und Kunsthandwerker aller Zeiten haben samtig matt schimmernde Oberflächen, den weichen, seidigen Glanz, die harzige Konsistenz von Lackfarbe, Lasurschichten, deren Eindruck sich je nach Blickwinkel ändert und die deshalb lebendig

erscheinen, herzustellen und zu verfeinern versucht. Ihre Aufmerksamkeit widmeten sie der Veredlung ihrer Werkstoffe, dem Beizen, Wachsen, Polieren, Lasieren oder Firnissen, dem Punzieren, Riefeln und dergleichen. Manchmal wurden, nur um einen leichten perlmutartigen Schimmer zu erzielen, aufwendige Prozeduren entwickelt und keine Kosten gescheut. Obwohl seit gut 2000 Jahren die Giftigkeit von Bleiweiß bekannt ist, haben Künstler jedenfalls bis zur Entwicklung von Titanweiß diesen Farbstoff anderen Weißpigmenten vorgezogen. Es kommt eben nicht nur auf die Remissionsanteile des Lichtes bei einer Farbe an, sondern auch auf das, was Maler ihren »Körper« nennen. In der Denkmalpflege erweist sich immer mehr, dass der Farbcharakter, wie er sich aus ihrer Konsistenz und Auftragsweise von z. B. Kalkfarben ergibt, für die Wirkung entscheidender ist als die vom Spektrometer gemessene Übereinstimmung mit einem historischen Farbton, wenn letztere mit einer modernen, stumpfen Industriefarbe realisiert wird, die völlig gleichmäßig appliziert wird.

Es hat sich gezeigt, dass die bevorzugte Farbwahl erheblich vom Gegenstand abhängt: Was für Früchte, für Hautfarben, für Anzüge oder für Autos gilt, lässt sich nicht auf andere Produkte übertragen. Der unnachahmliche orangefarbene Firnis einer echten Stradivari wäre in einem Bild von Matisse ebenso unauffällig wie das bei altem chinesischem Porzellan geschätzte grünliche Celadon, was sich im Westen als Bezeichnung dieser Färbung durchgesetzt hat. (Sie geht auf die Romanfigur eines schmachtenden Liebhabers zurück, dessen Lieblingsfarbe eben dieses modische chinesische Porzellangrün war.) Nicht nur, dass die Erwartungen an die typischen Farben der Materialien, aus denen die Produkte bestehen, eine Rolle spielen, es handelt sich immer um Farben, die untrennbar mit taktilen Werten verbunden sind. Die Beurteilung von Farben und Farbkombinationen ist daher ausgesprochen kontextabhängig, zumeist nahsichtig und auf konkrete Dinge bezogen. Was wir gerne anfassen, ob kühle, glatte oder warme, grobkörnige Objekte, liegt nicht unwesentlich an unseren Erwartungen an den jeweiligen Gegenstandsbereich. Nebenbei bemerkt: Die unterschiedlichen Erinnerungen an Substanzen, die ein und derselbe Farbton je nach individueller respektive kulturell vermittelter Erfahrung auslöst, sind für seine emotionale Einschätzung von entscheidender Bedeutung. Der *redlight district* hat seinen Namen nicht von ungefähr daher, dass ein menschliches Gesicht im schummerigen rötlichen Licht, das die Pupillen weitet, kleine Unregelmäßigkeiten nicht erkennen und die Haut durchblutet erscheinen lässt, attraktiver aussieht.

Insbesondere der Glanz kann als ein universell verbreitetes Merkmal farbiger Oberflächen bezeichnet werden, dem wir große Bedeutung beilegen. Unsere Reaktion auf ihn dürfte zu einem gewissen Grad angeboren sein, vielleicht weil Glanz unter den Bedingungen der Savanne, dem wohl natürlichen Habitat der Menschen, auf Feuchtigkeit und Wasser schließen lässt. Nicht nur, dass er die Aufmerksamkeit auf sich zieht, er durchbricht die Dreidimensionalität und vermag uns zu entrücken. In so gut wie allen Religionen spielt das Licht die Rolle eines sichtbaren Zeichens oder einer Metapher für Transzendenz. Es scheint, dass, indem sie das Sonnenlicht, das nicht direkt angeblickt werden kann, zurückwerfen, glänzenden Materialien etwas Heiliges, Mächtiges zukommt. Deshalb gehört der weiche Glanz von Gold, das auch die Glanzlichter gelblich färbt, und gehören Metalle wie Silber sowie Wasserflächen, Spiegelungen oder polierte Steine zu den gebräuchlichen Gestaltungsmitteln im sakralen Bereich. In unserer Gegenwart lassen die verbreiteten Metallic-Autolacke ahnen, welchen Kultwert wir diesen Fortbewegungsmitteln beimessen.

Als weithin verbreitetes Mittel, Transzendenzerfahrungen zu befördern, kann es allenfalls die Transparenz mit dem Glanz aufnehmen. Die biologisch nützliche Unterscheidung zwischen klarem und trübem Wasser mag bei ihrer Wertschätzung beteiligt sein. Das Wort ›Durchlaucht‹ (eigentlich: ›Durchleuchtet‹) als Steigerung von ›Erlaucht‹ (= ›Erleuchtet‹) unterstellt sozial hochstehenden Personen sogar einen diaphanen Körper. Die Lasuren, durchscheinenden Überzüge, die arbeitsintensive Umwandlung opaker Pigmente in Farbstoffe oder Tinkturen, Stoffe, die, ›in der Wolle gefärbt‹, gewissermaßen immaterielle Farbwirkungen zeigen, sie spielen bei der Veredelung von Materialien eine entsprechend bedeutsame Rolle. Selbst künstlerische Techniken wie der Pointillismus, die eigentümlich unfassbare schwebende Farbschleier erzeugen, gehören in den gleichen Zusammenhang.

Nun wäre die Schilderung der innigen Verbindung von Farbe mit Substanzen unvollständig, würde man vergessen, darauf hinzuweisen, dass diese auch fehlen kann. Das Blau des Himmels beispielsweise oder allgemein die Farben entfernter Objekte werden wahrgenommen, ohne dass wir sie auf eine konkrete greifbare Substanz in unserem Handlungsraum beziehen oder beziehen können. Dem deutschen Psychologen David Katz folgend unterscheidet man verschiedene Erscheinungsweisen der Farbe, je nachdem, ob sie in Verbindung mit einer räumlich situierten konkreten Oberfläche erlebt wird oder nicht. Er nahm in diesem Sinn eine Trennung der ›Oberflächenfarbe‹ von der ›Flächen-‹ oder ›Filmfarbe‹ vor. Als Bezeichnung für letztere hat

sich inzwischen die Bezeichnung ›Farbe im Öffnungsmodus‹ durchgesetzt. Blickt man nämlich durch eine kleine Öffnung wie etwa eine Rolle zusammengedrehten Papiers, so sehen wir eine Farbe nicht mehr als Teil einer Gesamtzenerie, sondern flächig, senkrecht zu unserer Blickachse, in unbestimmter Entfernung und ohne Bezug auf die Oberfläche, der sie anhaftet. Man kann sagen, dass wir dann Farben im Öffnungsmodus sehen, wenn ihre Verbindung zu Oberflächen mit ihren räumlichen Orientierungen in unserem Handlungsraum nicht möglich ist. Sie sind so etwas wie das *default setting* der Farbwahrnehmung, d. h. entsprechen dem, was man in Ermangelung ausreichender zusätzlicher Information sieht. Im Grunde ist damit das Bindungsproblem angesprochen, die Tatsache, dass wir nicht eine ungeordnete Vielfalt unverbundener Wahrnehmungsinhalte erleben, sondern die verschiedenen Texturen, Farben, Bewegungen etc. ein und demselben Objekt wie etwa einem Gesicht zuschreiben. Wie stellt das Gehirn die Verbindung zwischen einzelnen Modulen oder Zentren her, die jeweils bestimmte Aspekte zu einem einheitlichen Perzept beisteuern? Dazu muss ein reger Austausch zwischen ihnen herrschen – man spricht vom *cross talk* –, es müssen aufsteigende und absteigende Prozesse integriert werden etc. In einem späteren Kapitel wird ausführlicher auf die hier beteiligten Wahrnehmungsprozesse eingegangen. Unter anderem muss, wenn die Bindung der Farbwahrnehmung an Objekte aufgehoben ist, die Kategorie der Helligkeit anders gefasst werden, da im Öffnungsmodus nicht mehr unterschieden werden kann, ob beispielsweise ein schwach beleuchtetes Weiß oder ein stark beleuchtetes Grau vorliegt. Hier sei nur erwähnt, dass auch die Film- oder Flächenfarben respektive Farben im Öffnungsmodus ihre Besonderheit, ihre Immaterialität etc. nur vor dem Hintergrund ihrer Abweichung vom Normalfall erhalten, der Farben und Substanzen innig aufeinander bezieht.

Anmerkungen:

- 1 Zit. nach Heinz Greuling, *Die Physik des Lichts und die Metaphysik der Farbe*, in: *Farbe & Gesundheit*, Roland Aull (Hrsg.), München 2004, S. 14.
- 2 Vgl. Victoria Finlay, *Colour. Travels Through the Paintbox*, London 2002, S. 436.

Farben als Empfindungen

Empfindungen und Farbempfindungen

Trotz der Selbstverständlichkeit, mit der wir im Alltag Farben auf konkrete Materialien und ihre Oberflächen beziehen, sind Zweifel am Platze, wie eng die Verbindung zwischen Substanzen und ihren Farben tatsächlich ist. Im Gegensatz zu der Sicherheit, mit der wir im Alltag Farben solchen Objekten, Substanzen und Oberflächen zuschreiben, die außerhalb von uns vorhanden sind, steht die unabwiesbare Tatsache, dass jedes Mal, wenn ich eine Farbe sehe und mir bewusst ist, dass ich sie sehe, nur ich allein mir sicher bin oder sein kann, dass ich an der und der Stelle meines Gesichtsfeldes eine Farbempfindung habe. Mögen die anderen noch so sehr insistieren, dass es da gar keine Farbe zu sehen gibt oder diese ganz anders aussieht, als sie mir vorkommt, ich allein kann wissen, was ich empfinde und mir sicher sein, ob ich jetzt eben eine Farbempfindung habe.

Demnach sind Farben Empfindungen, d. h. Hervorbringungen unseres Gehirns. Nur die Person, die das jeweilige Gehirn besitzt, kann die spezifische subjektive Erfahrung machen, die manche ihrer Gehirnaktivitäten begleiten und sich darüber Rechenschaft geben. Farbempfindungen gehören damit zur selben Gruppe von Erscheinungen wie Schmerzempfindungen, Tastempfindungen, Geruchsempfindungen, Temperaturempfindungen, Geschmacksempfindungen etc. und für sie gilt, was für alle Empfindungen gilt. Empfindungen sind privat in dem Sinn, dass ich mit Sicherheit nur meine eigenen Empfindungen habe, erlebe und über sie berichten kann, während ich die Empfindungen anderer Menschen höchstens indirekt und in Analogieschluss zu meiner privaten Empfindungswelt erschließe. (In der Tat gibt es keine Möglichkeit zu wissen, ob nicht das, was eine andere Person Rot nennt, von ihr so empfunden wird wie das, was ich Grün nenne.) Ich kann mir zwar vorstellen, was andere empfinden, wenn sie an einer Rose riechen oder ein Musikstück hören, aber ich kann ihre Empfindungen nicht wirklich teilen. Selbst wenn ich mich noch so sehr in eine andere Person hineinversetze, ihre Empfindungen gehören ihr und nicht mir. Umgekehrt weiß ich, dass das, was ich empfinde, wenn ich ein bestimmtes Rot sehe, für meine Mitmenschen nicht direkt nachzuvollziehen ist. Natürlich gibt es Veranstaltungen,

wie in ein Konzert zu gehen oder einen Film anzuschauen oder sich einem religiösen Ritual zu unterziehen, wo meine Empfindungen und die der anderen in gewissem Umfang synchronisiert und einander angenähert werden, aber auch da bleibt, dass ich die Empfindungen der anderen nur »von außen« beurteilen kann, während mir meine eigenen unmittelbar zugänglich sind.

Das Gehirn wurde nicht für die Logik oder die Vernunft geschaffen, sondern als Organ, das zum Überleben dient. Die Überlebenschancen werden anscheinend durch möglichst schnelle, wenn auch gelegentlich falsche Entscheidungen vergrößert. Ein kleiner Vogel auf Nahrungssuche kann nicht bei jedem einzelnen Ast untersuchen, ob es sich nicht doch um eine essbare Raupe handelt, die sich als Ast tarnt. Unser Gehirn ist dazu programmiert, voreilige Schlüsse zu ziehen und als wahr zu akzeptieren, was offenbar für das Überleben vorteilhafter ist als zu objektiveren Urteilen zu gelangen, wenn diese unverhältnismäßig viel Zeit erfordern. Es ist sogar so ausgelegt, dass es uns nur das Vorteilhafte als wahr akzeptieren lässt. Jeder Wahrnehmungsakt ist daher immer bewertend und immer eingebettet in die Vorgeschichte der Erfahrung, also ins Gedächtnis. Er bedeutet immer auch einen virtuellen Handlungsakt: Tue dies oder unterlass dies! Nur wenn ein Sachverhalt für den Organismus in einem bestimmten Augenblick eine Bedeutung besitzt, kann er auf die Ebene des Bewusstseins gehoben werden. Der neuronale Bewertungsprozess findet daher vorher statt, ist präbewusst. In ihn sind statistische Annahmen eingegangen, die sich zumindest für das Überleben unserer Vorfahren als vorteilhaft erwiesen haben. Kategorien wie warm/kalt, rein/trüb, reif/unreif etc. dürften immer noch eine gewisse Rolle spielen. Der Fall eines Malers, der durch einen Verkehrsunfall cerebral farbenblind wurde und der berichtet, dass in der Folge ihm weder die farblose Nahrung noch der mausgraue nackte menschliche Körper attraktiv erschienen, zeigt, wie sehr die biologische Relevanz bei der Ausbildung von Farbkategorien beteiligt ist und wie sehr sie emotionale Reaktionen beeinflusst.¹ Farbwahrnehmungen sind uns in aller Regel bewusst, was im Übrigen auf eine evolutionär jüngere Fähigkeit unseres Gehirns verweist.

Zwar sind in der Zwischenzeit bildgebende Verfahren entwickelt worden, mit denen die Gehirnaktivität festgestellt werden kann, während die Versuchsperson bestimmte Wahrnehmungsreize verarbeitet, und ein Außenstehender kann beispielsweise feststellen, ob etwa die Region hV4, die wahrscheinlich eine gewisse Rolle bei der Farbwahrnehmung spielt, in diesem Augenblick bei ihr besonders aktiv ist, aber auch dann kann niemand sicher sein, ob überhaupt bzw. wenn

ja, was die Versuchsperson wirklich empfindet. Das bislang ungelöste Problem des Bewusstseins spielt hier hinein, denn eine messbare Aktivität in einer Gehirnregion heißt noch nicht, dass die betreffende Person sich der damit verbundenen Aktivitäten bewusst ist bzw. sie in Empfindungen umsetzt. Die philosophische Unterscheidung von Perzeption und Apperzeption sucht diesen Unterschied zu fassen. Meine Empfindungen sind mir aber stets bewusst, denn ich habe sie nur dann, wenn ich gleichzeitig weiß, dass ich sie habe. Aber selbst wenn wir uns vorstellen, dass es bei einer Weiterentwicklung der Gehirnforschung und der erwähnten bildgebenden Verfahren eines Tages möglich sein wird zu entscheiden, ob einem bestimmten Erregungsmuster im Gehirn immer Bewusstseinsprozesse entsprechen, d. h., ob man imstande ist, sie von außen zu registrieren, bleibt, dass wir zu den Empfindungen anderer Leute keinen direkten Zugang haben. Wir hätten allenfalls eine notwendige Bedingung erkannt, wüssten aber weder, wie Bewusstseinsprozesse entstehen, noch was die anderen wirklich empfinden.

Farbempfindungen und Außenwelt

Es ist hilfreich, sich die kategorielle Zugehörigkeit von Farbempfindungen zu den Empfindungen allgemein klar zu machen, denn viele Probleme, an denen sich bedeutende Denker abgemüht haben, lassen sich so leichter verstehen. Schon in Platons *Timaios* wird die Frage aufgeworfen, welcher Realitätscharakter den Farbempfindungen zukommt, eine Frage, die inzwischen zu einer eigenen seltsamen Form von Scholastik geführt hat und von Philosophen und Wissenschaftlern noch heute recht kontrovers beantwortet wird, ohne dass dies in der Praxis einen sonderlichen Unterschied ausmacht. Demnach geht es darum, ob unseren Empfindungen etwas Konkretes, Vorhandenes, Messbares in der physikalischen Welt entspricht oder ob es sich um rein geistige Konstrukte, Illusionen oder Einbildungen handelt. Was unsere Farbempfindungen betrifft, wird letzteres ja durchaus behauptet. Nehmen wir zum Vergleich die Schmerzempfindungen, wo niemand auf die Idee kommt, ihnen würde ein klarer, physikalisch messbarer Sachverhalt zugrunde liegen. Wohl im Tegmentum, also irgendwo im Gehirn, wird da eine Schmerzempfindung gebildet, wobei über die Nerven Informationen aus allen Teilen des Körpers herangezogen werden. Wir empfinden diesen Schmerz aber nicht als im Gehirn angesiedelt, wo im Übrigen auch keine Schmerzrezeptoren

vorhanden sind, sondern differenzieren sehr wohl nach Rückenschmerzen, Zahnweh oder einem schmerzenden Schienbein. Selbst wenn der Schmerz als schwer lokalisierbar erlebt wird, dann doch als diffus in Bezug zu unserem Körper. Offenbar gibt es im Gehirn unter anderem auch eine Repräsentation des Körpers und die Schmerzempfindungen werden auf die entsprechenden Teile dieser Körperrepräsentation bezogen. Dies erklärt zumindest, wieso es zu Phantomschmerzen kommen kann (Schmerzen in Gliedern, die gar nicht mehr vorhanden sind), und auch, wieso wir an manchen Körperstellen schmerzunempfindlich werden, wenn die Nervenleitung zum Gehirn unterbrochen ist. Die Schmerzempfindung wird nicht an der schmerzenden Stelle erzeugt, sondern im Gehirn. Wenn ein bestimmter Teil des Tegmentums, das periaquäduktale Grau, aktiviert ist, sind fast alle Schmerzempfindungen verschwunden. Es gehört demnach zum Wesen der Schmerzempfindungen, dass es sich zwar um Produkte einer Gehirnaktivität handelt, sie aber als in bestimmten Körperregionen lokalisiert empfunden werden.

Ähnlich ist es, wenn wir unsere Farbempfindungen konkreten Objekten, Oberflächen oder wenigstens Richtungen im Raum zuordnen. Wir verfügen im Gehirn über mindestens eine Repräsentation des Raumes, in dem wir uns befinden, wo wir Objekte unterscheiden, die räumlich geordnet sind, und beispielsweise die Flasche auf dem Tisch vom Schatten, den sie wirft, mühelos unterscheiden. Dieser Repräsentation (oder: diesen Repräsentationen) des Raums in unserem Gehirn werden die Farben zugeordnet, nicht irgendwelchen Entitäten in der physikalischen Welt, und es gehört zum Wesen der Farbempfindungen, dass wir dies ganz selbstverständlich und automatisch tun, auch wenn wir zu einem gewissen Grad davon abstrahieren können. Wären die Farbempfindungen völlig unabhängig von der Raumwahrnehmung mit den Objekten in ihm, unabhängig von ihrer wahrgenommenen Größe, Form, räumlichen Gruppierung etc., so würden sie uns wenig nützen. Daraus ergibt sich, dass die Farbempfindungen nicht unabhängig von der Repräsentation (oder: den Repräsentationen) des Raums im Gehirn und den darin unterschiedenen Objekten sind. Da mindestens noch der Tastsinn und die durch Eigenbewegungen des Körpers gelieferten Informationen in die mentalen Repräsentationen des Raumes mit eingehen, werden unsere Farbempfindungen wohl auch von ihnen modifiziert.

Die Psychologie (diese Wissenschaft sollte nicht mit den Berufen des Psychiaters oder Psychoanalytikers verwechselt werden) des 19. Jahrhunderts stellte sich die Wahrnehmung in etwa so vor wie das

Ablezen eines Messinstruments. Da gibt es einen physikalisch bestimmbaren Reiz, etwa eine Luftschwingung einer bestimmten Frequenz mit einer gewissen in Dezibel messbaren Energie, und dem korrespondiert eine Empfindung wie z. B. der Ton a bei Zimmerlautstärke. Nach dieser Sicht sollten die Empfindungen uns Auskunft geben über die Außenwelt. Sie liefern die Informationen, aus denen ›das Ich‹, d. h. irgendeine Instanz im Gehirn, dann ein mehr oder weniger zutreffendes Bild der Wirklichkeit gewinnt. In diesem Sinne sagt ›uns‹ das Vorliegen von Geschmacksempfindungen wie sauer, bitter, salzig oder süß etwas über die chemische Zusammensetzung unserer Nahrung, empfinden ›wir‹ Kälte, so erfahren wir etwas über die Temperatur unserer Umgebung und so weiter. Nach diesem Modell, das demnach eine Art Gespenst in einer Maschine voraussetzt, vermittelt ›uns‹ (dem Geist oder dem Ich) eine Farbempfindung wie z. B. rot, dass da ein physikalisch bestimmbarer Reiz vorliegen muss, dessen Vorhandensein die entsprechende Empfindung auf ihre Weise registriert.

Dass dieses Modell nicht zutreffend sein kann, ergibt sich jedoch schon aus der Tatsache, dass eine Instanz im Gehirn (ein ›Homunkulus‹), welche die Sinnesdaten abliest, sie interpretiert und aus ihnen Handlungsanweisungen bezieht, um dies zu leisten wieder Sinnesorgane brauchte, die eine weitere Instanz zu interpretieren hätte und so weiter ad infinitum. Unsere Sinnesempfindungen liefern keine Messdaten, sondern sind bereits Resultat einer Interpretation des Gehirns. Sie bieten in einem eine Auswahl aus den Reizen, eine Bewertung und eine Handlungsanweisung. Wichtiger noch ist die Tatsache, dass der Zustand unseres Körpers die Art und Stärke einer Empfindung beeinflusst. Empfindungen sind immer ein Produkt von äußerem Reiz und seiner Bewertung aufgrund der momentanen Situation des Organismus. Im Grenzfall bedürfen wir gar keines äußeren Reizes, um dennoch Empfindungen hervorzubringen. Prozesse wie Habituation an einen Reiz, Assimilation und Adaption gehen ebenso wie der Kontext, in dem sich unser Körper befindet, in die Reaktion ein. Gleichermäßen beeinflusst das Vorliegen anderer, vielleicht für neuartiger oder wichtiger erachteter Reize die Wahrnehmung. Die in jeder Wahrnehmung enthaltenen Bewertungen, die Aufmerksamkeit, die man einem Reiz widmet, Schockzustände, sie alle lassen das eindimensionale Modell einer automatisch ablaufenden Stimulus-Response-Reaktion als unzureichend erscheinen. In Empfindungen ist der Zustand des Körpers, der empfindet, und sind seine Interessen bereits mit eingeflossen. Bei den Schmerzempfindungen wird besonders deutlich, dass

sie uns mehr über den Zustand des eigenen Körpers informieren als über die Außenwelt, obgleich sie durchaus auch relevante Informationen über letztere geben. Sie liefern aber nicht nur Erkenntnisse über die Härte der Tischkante oder die Temperatur der Herdplatte, sondern vor allem Wertungen und Handlungsanweisungen: »unterlasse in Zukunft solche Handlungen, die dir Schmerzen bereitet haben«, »schone im Augenblick deinen Rücken« etc. Es handelt sich bei ihnen, auch wenn sie als Messinstrumente wenig taugen, keineswegs um eine Art Selbstbelustigung unseres Gehirns, sondern um ein für das Überleben des Individuums wie der Art eminent wichtiges System. Menschen, die aufgrund einer genetischen Erkrankung schmerzempfindlich sind, haben nur eine geringe Lebenserwartung.

Eine ähnliche Beziehung zum Zustand des empfindenden Organismus gilt auch für andere Empfindungen. Das Vergnügen, das sie bereiten, rührt in erster Linie von den als positiv bewerteten Reizen her. Was der Organismus als nützlich einstuft, wird als lustvoll belohnt, was als schädlich, mit Unlustgefühlen oder Schmerzen bestraft. In einer Umgebung, in der Nahrungsmittel knapp sind, rät die Empfindung ›bitter‹ gleichwohl dazu, das Ganze besser auszuspucken, während die Empfindung ›süß‹ uns dazu verleitet, so viel wie möglich davon zu konsumieren. Dennoch informieren uns die vier Geschmacksempfindungen süß, salzig, sauer und bitter über die chemischen Eigenschaften der in den Mund gelangten Stoffe nur höchst selektiv und nicht einmal zuverlässig: Es gibt Süßstoffe, die nicht nähren, und nahrhafte Substanzen, die nicht süß schmecken. Ähnlich ist es beim Geruch, wo wir zerfallende Eiweißstoffe, die uns vergiften könnten, als penetrant stinkend empfinden und den Geruch frischer Blüten als frisch und angenehm. Viele giftige Gase dagegen kommen uns völlig geruchlos vor. Wer zweifelt, ob den Farben etwas Objektives in der Welt entspricht, muss sich das Gleiche auch bei den anderen Empfindungen fragen. Die Glucose-Moleküle sind nicht ›an sich‹ süß, auch nicht ihr chemisches Verhalten, sondern sie schmecken süß, wenn sie von unserem Organismus in der rechten Weise aufgenommen werden. Wir essen sie nicht, weil sie süß schmecken, sondern wir haben umgekehrt evolutionär die Empfindung ›süß‹ entwickelt, weil diese Moleküle sich als Energielieferant bewährt haben. Empfindungen stellen daher so etwa dar wie die individuell und stammesgeschichtlich erworbenen Reaktionen auf bestimmte Reizsituationen, die nach Maßgabe des jeweiligen Körperzustands bewertet werden. Sie erfüllen eine biofunktionale Aufgabe. Wer hungrig ist, nimmt anders und anderes wahr als jemand, der satt ist. Auch die Farben haben durch-

aus Teil an diesem Belohnungs- und Bestrafungssystem, wobei noch zu sagen ist, dass selbst negative Empfindungen noch eher zu ertragen sind als ein längeres Ausbleiben von Empfindungen insgesamt. Zur Beziehung von Farben zu den Bewertungen des Körpers wird später mehr zu sagen sein.

Nicht alle Reize, die der Körper aufnimmt und auf die er reagiert, gelangen ins Bewusstsein. In vieler Hinsicht reagiert der Körper wie ein Automat, beispielsweise bei der Regulierung der Körpertemperatur, die in der Regel ebenso zuverlässig und ohne Beteiligung von Bewusstseinsprozessen abläuft wie bei einem Thermostaten. Bei den Pheromonen z. B. handelt es sich um Duftstoffe, die unser Verhalten beeinflussen, ohne dass uns jedoch bewusst wird, dass eine Beeinflussung vorliegt. Mit dem Bewusstwerden von Empfindungen scheint eine gewisse Verzögerung einherzugehen, die es auch erlaubt, die mit ihnen gegebene Handlungsanweisung aufzuschieben oder zu missachten. Dies gilt für das Gewahrwerden von farbigen Objekten in besonderem Maße. Wenn in Empfindungen Bewertungen und Handlungsanweisungen enthalten sind, heißt dies, da sie ja ins Bewusstsein gelangen, gerade nicht, dass wir ihnen unbedingt Folge leisten müssen. Ich kann, wenn es denn sein muss, für den Augenblick vielleicht meine Schmerzen unterdrücken oder, auch wenn die Kirschen dort am Baum einladend reif und saftig aussehen, sie im Wissen, dass es sich um Tollkirschen handelt oder sie jemand anderem gehören, dort hängen lassen.

Wie zuverlässig sind Empfindungen? Wir wissen alle, dass den Empfindungen nicht immer und unbedingt zu trauen ist. Andererseits können, wie gezeigt, uns sogar Schmerzempfindungen etwas über die Außenwelt, z. B. über die Härte eines Objekts, an dem wir uns gestoßen haben, mitteilen, auch wenn sie uns vorwiegend über den Zustand unseres Körpers informieren und beispielsweise die Handlungsempfehlung geben, unser Schienbein im Augenblick besser zu schonen. Man kann Phantomschmerzen empfinden, ohne wirklich krank zu sein, kann umgekehrt schwer erkrankt sein, ohne Schmerzen zu empfinden. Dass die Farbempfindung ›rot‹ die Aufmerksamkeit auf sich zieht, vermag angesichts der Gefahr, die heutzutage vielleicht eher von radioaktiver Strahlung ausgeht, nicht mehr so überlebensrelevant sein. Wenn wir Blau als kühl und Gelborange als warm empfinden, so steht dies im diametralen Gegensatz zur Energiehaltigkeit der jeweiligen Photonen.

Gerade beim letzten Beispiel erweist sich, dass Empfindungen eher evolutionär erworbene Wahrscheinlichkeitsannahmen widerspiegeln,

als dass sie physikalische Fakten registrieren würden. Wie jeder Physikstudent im ersten Semester lernt, entsteht das Himmelblau durch Beugung an relativ kleinen Molekülen der Atmosphäre, was die kurzwelligeren Anteile stärker betrifft als die langwelligeren. (Haben die Moleküle dagegen eine gewisse Größe wie bei Wasserdampf, so reflektieren sie Licht im gesamten Bereich des Spektrums, weshalb Wolken weißlich erscheinen.) Das direkte Sonnenlicht, dem durch die genannte Beugung kurzwellige Anteile entzogen wurden, sieht aus diesem Grund eher gelblich aus. Es ist weiterhin *anisotrop* (stark gerichtet) im Gegensatz zum wegen der Rayleigh-Streuung mehr oder weniger *isotropen* (gleichförmig in jeder Richtung) Licht, das vom restlichen Himmel ausgeht. Die stammesgeschichtlich erworbene Erfahrung, dass das direkte wärmende Sonnenlicht eher gelblich aussieht, während die nur indirekt vom blauen Himmel beleuchteten kühlen Schattenbereiche eher bläulich wirken, dürfte für diesen ihren emotional erlebten Charakter der warmen und kalten Farben verantwortlich sein. Die gewisse Aufmerksamkeit, Spannung und Alarmierung, ja freudige Erwartung, die stark gesättigte und aus ihrer Umgebung herausstechende Farben hervorrufen, wobei insbesondere Rot zu nennen ist, kann zwanglos aus den mutmaßlichen stammesgeschichtlichen Erfahrungen in einer natürlichen Umwelt abgeleitet werden. Merkwürdigerweise sind, was die beteiligten Gehirnprozesse betrifft, Angst und Lust eng verwandt, was die ambivalente Wirkung von Farben vielleicht besser zu verstehen hilft. Ähnliche Bewertungen nimmt die Wahrnehmung bereits vor, wenn glänzende Stellen mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen als matte oder helle Stellen mehr als die dunklen. Reine, gesättigte Farben fallen mehr auf als gedeckte, Rotes mehr als Grünes etc. Ebenso interessieren nahe, greifbare Objekte stärker als Schatten; Löcher, Hintergründe oder sonst wie entfernte Entitäten und bewegte Objekte beschäftigen uns mehr als unbewegte. Das meiste davon gilt bereits für Säuglinge und dürfte auf angeborenen Verarbeitungsmechanismen des Gehirns beruhen. Schatten hängen von unserer Position im Raum ab und bilden, wenn es um das Herausfiltern von Invarianten geht, nicht die höchste erreichbare Stufe. Empfindungen registrieren nicht physikalische Gegebenheiten, sondern stellen eine Art eigenes psychobiologisches Urteil über Wahrscheinlichkeit und Relevanz der jeweiligen Reize dar.

Gerade aus den Farben allerdings sind direkte Handlungsanweisungen nur selten zu gewinnen. Sie spielen eine eher diagnostische Rolle, sie lenken, je mehr sie aus der Umgebung herausstechen, den Blick auf sich, erregen Aufmerksamkeit, aber sie lassen auch Spielraum für

die Reflexion. Wie Maurice Merleau-Ponty es ausdrückt, tritt die Qualität einer Sinnesempfindung erst dann so recht hervor, wenn ich, anstatt sie zu leben, Zweifel hege und mich bemühe, sie zu fassen und zu beschreiben.² Manche Beeren sind trotz ihrer einladenden Farbe giftig, was gelernt werden sollte. Rote Fliegenpilze dürfen nicht zwanghaft verzehrt werden. Unser Instinktverhalten kann durch die Erfahrung, dass grüne Granny-Smith Äpfel schmackhaft, dass Pflaumen und Heidelbeeren mit ihrer ins Bläuliche reichenden Farbigkeit dennoch delikats und verträglich sind, suspendiert werden, wenn auch der Genuss von seppie alla Veneziana (Tintenfisch in eigener Sauce) eine gewisse Eingewöhnungszeit erfordert und Bier in blauen Dosen, wie die Firma Aral feststellen musste, geradezu unverkäuflich ist. Speziell der Geruch kann durch die Farbe der wahrgenommenen Substanz stark beeinflusst werden, wie durch Experimente nachgewiesen wurde. Der Effekt ist so stark, dass die Versuchspersonen selbst nach Demonstration der Versuchsbedingungen nicht glauben wollten, dass zwei farblich verschiedene Substanzen identisch im Geruch waren.³

Erworbene Assoziationen und Konditionierungen, die jedoch mehr den Erfahrungen mit bestimmten Substanzen als den eigentlichen Farben gelten, beeinflussen unsere Zu- und Abneigungen. Denke ich bei einer bestimmten Farbkombination automatisch an Erbsen und Karotten, so löst dies bestimmte, emotional gefärbte Erinnerungen aus und ich kann die genannte Farbzusammenstellung jedenfalls nicht mehr als vornehm oder extravagant empfinden. Ob die bei Farben gegebene Lockerung der Bindung an das Instinktverhalten damit zusammenhängt, dass bei der Entstehung des trichromatischen Sehens die biologische Umwelt unserer Vorfahren ja bereits farbige Signale enthielt, die für andere Spezies Bedeutung hatten, nicht aber für sie, mag einen Teil der Erklärung liefern. Die gewiss auffälligen bunten und gut riechenden Blüten z. B. sind als die sexuellen Reize der Pflanzen für uns Menschen (wenn auch nicht für die Bienen) biologisch ziemlich uninteressant, wenn man nicht annimmt, dass sie allgemein ein fruchtbares Land, »in dem Milch und Honig fließen«, also ein unserer Gattung gemäßes Habitat, indizieren. Dennoch nutzen wir sie ähnlich wie die bunten Federn der Vögel speziesübergreifend zum Schmuck, bei der Werbung und auch in Bestattungsritualen. Allerdings weisen Pflanzen, die stark riechen, in der Regel keine ausgeprägte Farbigkeit auf und umgekehrt. Im Vergleich zum Sehen wirkt der Geruchssinn unmittelbarer auf unsere Handlungen ein.

Kant hielt die Welt an sich für unerkennbar. Wir können sie nur nach Maßgabe der Kategorien unseres Erkenntnisapparats nach Raum

und Zeit und Kausalität beschreiben. Er gab damit den Anstoß zur Entfaltung der philosophischen Richtung des deutschen Idealismus, einer Epoche, die immer noch als ein Höhepunkt der Philosophiegeschichte gilt, obwohl sie natürlich inzwischen von anderen Strömungen abgelöst wurde. Wegen der Resultate der Gehirnforschung jedoch kehrt dieser Idealismus nun gewissermaßen im naturwissenschaftlichen Gewand wieder: Wir haben nur unser Gehirn und können mit ihm nur jene Gedanken denken und nur jene Gehirnzustände erfahren, die eben seine Bauart zulässt. Zwar werden mit den neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen die von Kant postulierten Kategorien modifiziert und anders verstanden, aber das Prinzip, dass wir nur nach Maßgabe unseres Gehirns die Welt verstehen können, bleibt das Gleiche, ebenso wie die Problematik, ob überhaupt und wenn, dann wie wir zu einer Erkenntnis der Außenwelt fähig sind. Letztlich muss die Kenntnis der Außenwelt nach Maßgabe dessen, was das Gehirn kann, beschränkt bleiben. Andererseits bedarf das Gehirn zu seiner Entwicklung einer Außenwelt, auf die es reagieren kann.

Heißt das, dass es sich bei Farbempfindungen lediglich um Ideen handelt, dass wir jeden Versuch aufgeben sollten, über sie etwas über die Welt an sich zu erfahren? Wir sind inzwischen an ›Fehlfarbendarstellungen‹ gewöhnt, also Darstellungen, wo bestimmten Parametern wie etwa der Temperatur bei Wetterkarten willkürlich Farben zugewiesen werden, aber man muss sich klar machen, dass auch die normale Farbwahrnehmung, ja jede bewusste Wahrnehmung eine Art ›Fehlfarbendarstellung‹, also eine Konstruktion des Gehirns ist. Wir leben in einer virtuellen Welt. Für uns Menschen sind Farbempfindungen ein auffälliger Teil unserer visuellen Wahrnehmung, während wir uns die Wahrnehmungswelt eines Hundes, die von Geruchsempfindungen dominiert wird, kaum vorstellen können, um von den Empfindungen einer Fledermaus, die sich bekanntlich über ultrakurze Schallsignale nach dem Prinzip des Echolots orientiert, ganz zu schweigen.

Die Farbempfindungen beziehen sich nicht direkt auf die Außenwelt, sondern auf andere mentale Konstrukte des gleichen Gehirns, den Raumvorstellungen z. B. Das Gehirn selber produziert also Annahmen über die Außenwelt. Auch wenn diese Raumkonstruktionen eher der Vorbereitung von Handlungen dienen, die der Situation angemessen sind, als dass sie zur Erkenntnis des Raums an sich führen, so dienen Farbempfindungen doch der Differenzierung, Gliederung und Bewertung der Objekte in diesem geistigen Konstrukt. Damit ist die Frage nach dem Realitätscharakter der Farbempfindun-

gen eigentlich beantwortet. Sie sind höchstens graduell, nicht prinzipiell von unseren anderen Realitätskonstruktionen verschieden.

Wer, wie der Autor, der Ansicht der Internalisten zustimmt, dass die gesamte visuelle Erfahrung der Welt auf interne Repräsentationen des Gehirns zurückführbar ist und dass weder kausale noch Ähnlichkeitsbeziehungen dieser Repräsentationen zu einer vom Gehirn unabhängigen Außenwelt bestehen müssen, wird ungeachtet dessen Folgendes anerkennen: Unser gleiches Gehirn erlaubt es, sich gegenüber den eigenen Empfindungen (und auf einer zweiten Stufe: Konstruktionen) kritisch und theoretisch zu verhalten, ja sogar Physik zu betreiben. So vertrat kein geringerer als Albert Einstein die Ansicht, dass alle Wissenschaft nur eine Verfeinerung des Denkens im Alltag sei. Den Ausgangspunkt bildet eine Kontrolle der einzelnen Empfindungen aneinander. Bei der Auge-Hand-Koordination ist dies inzwischen sogar gut erforscht. Wir sind imstande, die verschiedenen internen Repräsentationen, die wir haben, miteinander zu vergleichen und zu sehen, welche kausalen oder sonstigen Beziehungen zwischen ihnen auf einer theoretischen Ebene feststellbar sind. Es gibt also manchmal, wenn die erforderliche Zeit vorhanden ist und die Notwendigkeit dazu verspürt wird, eine Art paralleler Konsistenzprüfung, wo verschiedene Gehirnrepräsentationen miteinander und mit bisherigen Erfahrungen verglichen werden können. Gerade für die Kategorie des Raumes nutzen wir alle verfügbare Information, solche des Tastsinns, der Wahrnehmung von Eigenbewegung, der Bewegungswahrnehmung, des visuellen Systems mit all seinen Hinweisen wie der Überschneidung, Parallaxe, der binokularen Disparität etc. Der Versuch der Wahrnehmung, etwaige Widersprüche dieser diversen Informationen aufzulösen, dürfte sogar den Ausgangspunkt unserer theoretischen Fähigkeiten bilden. Das Gehirn kann demnach eine dritte Ebene von Wirklichkeitskonstruktion vollziehen und sogar von den Resultaten der eigenen Konstruktion felsenfest überzeugt sein, z. B., dass es nicht die Sonne ist, die aufgeht, sondern dass es die Erde ist, die sich dreht.

Im genannten Sinne hielt Achim von Arnim die ganze Physik ihrem Wesen nach für die Übertragung einer Sinnesempfindung in eine andere: »Alle Physik läuft darauf hinaus einen Sinn durch den andern zu construiren durch sich selber kann und soll keiner.«⁴ Anstatt Temperaturempfindungen lediglich zu fühlen, beurteilen wir die Länge einer Quecksilbersäule, anstatt uns auf unsere Schwereempfindungen zu verlassen, beurteilen wir wieder auf visuellem Weg den Ausschlag einer Waage etc. Dies ist das Prinzip der Maßstäbe, Zirkel und sonsti-

gen Messinstrumente. Wir müssen also gar nicht zu unbeweisbaren erkenntnistheoretischen Annahmen greifen über die Realität, wie sie sich jenseits unserer Gehirne verhält, um psychophysische oder biofunktionale Zusammenhänge zu erkennen.

Woran könnten wir unsere Farbempfindungen überprüfen? Goethe hielt dies für überflüssig, wenn nicht irregeleitet. Für ihn ist das Auge selbst das beste Messinstrument: »Der Mensch an sich selbst, insofern er sich seiner gesunden Sinne bedient, ist der größte und genaueste physicalische Apparat, den es geben kann.«⁵ Angeboren ist aber nicht gleichbedeutend mit wahr. Widersprüche wie den zwischen subjektiv empfundener Temperatur und intersubjektiv überprüfbareren Messresultaten lösen wir in der Regel nach dem Muster: »Du hast Recht, an sich ist es hier laut Thermometer nur 20 Grad warm, aber mir ist im Augenblick trotzdem zu heiß. Ich muss an die frische Luft.« Bei der Farbe jedoch sagen wir nicht: »Du hast Recht, an sich handelt es sich laut Spektrograf bei dieser Farbe um ein Rot, aber mir erscheint sie im Augenblick gelb.« Wenn sie mir im Augenblick gelb vorkommt, so gehe ich davon aus, dass sie auch anderen Menschen an meiner Stelle gelb erscheint und wenn sie allen anderen Menschen gelb erscheint, so hat eben der Spektrograf den entscheidenden Mangel, nicht unserem Sehen zu entsprechen. Vor allem sind es intersubjektive Differenzen, die als Fehler und Widersprüche der Wahrnehmung bemerkbar werden und so den Anstoß zur Ausbildung von Zollstöcken, Waagen oder Thermometern gegeben haben; sie treten bei den Farben kaum auf, da diese mit anderen Empfindungen nur höchst indirekt vergleichbar sind. (Die auf Galilei und Locke zurückgehende Unterscheidung zwischen primären und sekundären Qualitäten, wonach Farbe zu den sekundären Qualitäten zu rechnen ist, spielt hier hinein. John Locke definierte die primären Eigenschaften als solche, die vom Körper untrennbar sind, nämlich Solidität, Ausdehnung, Gestalt, Bewegung oder Ruhe und Zahl. Alle übrigen wie Farben, Töne, Geschmack etc. waren für ihn sekundäre Eigenschaften. Seiner Meinung nach finden sich die primären Eigenschaften wirklich in den Körpern, während die sekundären nur im Wahrnehmenden existieren. Ohne Augen gäbe es keine Farben, ohne Ohren keine Töne und so weiter. Lockes Ansicht wird anscheinend dadurch bestätigt, dass Farben unterschiedlich erscheinen können, wandelbar sind, es Farbenblinde gibt und so weiter. Allerdings wies Bischof Berkeley darauf hin, dass sich die gleichen Argumente auch auf die primären Eigenschaften anwenden lassen, weshalb seitdem die Locke'sche Unterscheidung als überholt gilt. Dennoch beherrschte sie die Praxis der Physiker und das Alltagsden-

ken bis heute. Wenn zwischen physikalisch messbaren Sachverhalten und unseren Empfindungen kein linearer Zusammenhang besteht, so ist das für uns nur selten relevant. Farben können nur gesehen, aber nicht gehört, gefühlt oder gerochen werden. Die Farbinformation kann mit der Information durch andere Sinnesempfindungen kaum in Widerspruch geraten. Höchstens im Verhältnis zur Raumwahrnehmung treten gelegentlich Konflikte auf. Allerdings beruht inzwischen unser physikalisches Wissen über das Weltall in erheblichem Maße auf der Farbwahrnehmung bzw. auf von ihr abgeleiteten Messungen. Nicht nur erlauben es die Fraunhofer'schen Linien in den Spektren, die Zusammensetzung entfernter Sterne zu analysieren, und gibt die nach dem Doppler-Effekt zu verstehende Rotverschiebung ein Maß für die Geschwindigkeit, mit der sie sich von der Erde entfernen, inzwischen können wir an winzigen periodischen Schwankungen dieser Rotverschiebung sogar erkennen, ob manche Sterne von größeren Planeten umkreist werden.

Goethe hat insofern Recht, als für die meisten praktischen Zwecke der Bestimmung einer Farbe der Bezug auf allenfalls Farbmuster und -atlanten genügt, wobei wir beim Vergleichen immer noch unseren eigenen Augen trauen. Es gibt natürlich auch Geräte wie Spektrofotometer sowie physikalische Definitionen der Leuchtdichte etc., die mit entsprechenden Vorrichtungen gemessen werden kann. Im Allgemeinen besteht aber kein Bedürfnis nach einem solchen Messinstrument. Wir haben den merkwürdigen Fall, dass wir der Genauigkeit unserer Farbempfindungen mehr trauen als einem Apparat. Inzwischen aber benutzen wir – pace Goethe – z. B. bei der exakten Einstellung von Kameras, Farbkopierern, Druckmaschinen oder bei der elektronischen Bildbearbeitung in wachsendem Umfang doch Geräte häufiger als die Augen. Allerdings muss ein Resultat, das sich an das Auge wendet, letztlich doch von uns Betrachtern mit unserer biologischen Ausstattung beurteilt werden.

Unser Gehirn gestattet es auch, sich selbst als Produkt der Evolution zu sehen, in das gattungsgeschichtlich wie auch individuell erworbenes erfolgreiches Verhalten eingegangen ist. Der Geist kann, wie der späte Schelling dachte, sich selber als ein Naturprodukt sehen, kann annehmen, dass seine eigene Wahrnehmung im Wesentlichen zutreffend sein muss, da er sonst nicht hier wäre, kann sogar, wie Goethe, davon ausgehen, dass unsere mentalen Konstruktionen und die Außenwelt sich in einer Art von prästabilisierter Harmonie befinden. Je nach erkenntnistheoretischer Position mag also, wer will, das Verhältnis von Empfindungen zur physikalischen Welt als ein intrapsy-

chisches Problem ansehen oder einen relationalen Funktionalismus vertreten. Das Verhältnis zu den physikalischen Gewissheiten bleibt, gerade wenn man es ins Gehirn selbst verlagert, auf ein intelligentes Raten reduziert, wobei evolutionär über trial and error erworbene Regeln eine Rolle spielen. Dies entspricht auch der heute gängigen Auffassung von Wissenschaftstheoretikern.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. Oliver Sacks, *Eine Anthropologin auf dem Mars*, Reinbek bei Hamburg 1995.
- 2 Vgl. Maurice Merleau-Ponty, *Phänomenologie der Wahrnehmung*, Berlin 1962, S. 227.
- 3 Vgl. Brian J. Koza, Anna Cilmi, Melissa Dolese und Debra A. Zellner, *Color Enhances Othonasal Olfactory Intensity and Reduces Retronasal Olfactory Intensity*, in: *Chemical Senses* 2005, Bd. 30(8) S. 643–649.
- 4 Achim von Arnim, *Aphorismen zur Theorie des Lichts*, GSA 95/U5 Mss 213/5, Goethe-Schiller Archiv Weimar, Aphorismus 15, zitiert nach: Frederick Burwick, *The Damnation of Newton*, Berlin 1986, S. 141.
- 5 Zitiert nach Höpfner, *Wissenschaft wider die Zeit – Goethes Farbenlehre aus rezeptionsgeschichtlicher Sicht*, Heidelberg 1990, S. 202.

Physik und Farbe

Das Verhältnis von physikalischem Reiz und Empfindung

»Die Farben selbst, ihre Verhältnisse zu einander und die Gesetzmäßigkeit ihrer Erscheinung, dies Alles liegt im Auge selbst, und ist nur eine besondere Modifikation seiner Thätigkeit ...«¹ Schopenhauer, von dem diese Aussage stammt, teilt, Ideen Goethes aufgreifend, die Ansicht, dass Farbe nicht in der Natur, sondern nur im menschlichen Wahrnehmungsapparat (für ihn: ›Auge‹) zu finden ist. Dies entspricht im Prinzip der im vorliegenden Buch vertretenen Auffassung. Im Gegenzug gilt dann aber auch: Die Physik kennt keine Farben. Zu Farbeempfindungen kommt es nur, wenn ein Beobachter über ein entsprechendes Nervensystem verfügt, während physikalische Gegebenheiten auch dann existieren, wenn sie nicht beobachtet werden. In ihrer bislang umfassendsten Theorie, der auf Richard Feynman (1918–1988) zurückgehenden Quantenelektrodynamik, hat die Physik es im elementarsten Sinn mit elektromagnetischen Wellen und verschiedenen Materieteilchen zu tun und mit den Wechselwirkungen zwischen ihnen. Diese können untersucht und beschrieben werden, ohne auf Begriffe wie ›Rot‹ oder ›Blau‹ rekurrieren zu müssen. (Dass Physiker manche Eigenschaften ihrer als Gluonen bezeichneten Elementarteilchen ›Farben‹ nennen, ist nur eine *façon de parler*.) Elektromagnetische Strahlungen können dabei sowohl als Welle als auch als Teilchen bzw. als Photonen oder Lichtquanten beschrieben werden. Wahrscheinlich wäre es richtiger, allein von Photonen und ihrer in Terahertz gemessenen Vibrationsenergie (sowie deren Phasen) auszugehen, da aber mathematisch einfache Umrechnungsregeln existieren und sich im Bereich der Wahrnehmungsforschung die Bestimmung nach in Nanometer gemessenen Wellenlängen eingebürgert hat, werden im Folgenden beide Ausdrucksweisen unterschiedslos angewandt, ohne dass damit eine Aussage über die ›wahre‹ Natur des Lichts impliziert wäre. Die verschiedenen elektromagnetischen Wellen respektive Photonen unterscheiden sich lediglich nach der Frequenz, in der sie schwingen (in der Darstellung als Photonen: hinsichtlich ihrer Energie), sowie der Ebene, in der sie das tun, bzw. ihrer Phase. Daneben müssen natürlich sowohl ihre Richtung als auch die Intensität, d. h. die Anzahl von Photonen, die pro Zeiteinheit auf einer gegebenen Fläche auftrifft, berücksichtigt werden. Ob als Welle oder Teil-

chen dargestellt, sie sind nicht selber farbig, sondern unsere Wahrnehmung vermag es, wenn Photonen (eines gewissen Energiebereichs) ins Auge gelangen und dort in bestimmten Rezeptoren Reaktionen auslösen, daraus in einer komplizierten Folge von Verarbeitungsschritten Farbempfindungen zu erzeugen. Für die Schwingungsebene bzw. die Polarisation der einzelnen Wellen – respektive die Phase bei den Photonen – besitzen wir Menschen jedoch, im Gegensatz zu manchen Tieren wie den Bienen, keine Sinnesorgane. Sie bleibt im Folgenden daher unberücksichtigt.

Was ist dann mit unserer felsenfesten Überzeugung, dass bestimmte Substanzen eine Farbe haben, die wir unter normalen Bedingungen sofort sehen, dass diese ihre Farbe ihnen einigermassen dauerhaft zukommt und wir uns darüber intersubjektiv verständigen können? Dazu müssen wir uns klar machen, dass uns diese augenfällige Materialeigenschaft, wie schon Aristoteles wusste, nicht unmittelbar gegeben ist. Sein Argument war übrigens, dass Gegenstände, die wir direkt auf das Auge legen, keine Farbempfindungen hervorrufen. Intuitiv ist es nicht ohne Weiteres einsichtig, dass die Gegenstände Lichtstrahlen reflektieren, die, wenn sie in unser Auge gelangen, von unserem Gehirn zu Raum- und Gegenstandswahrnehmungen weiterverarbeitet werden. Die Natur des Lichtes stellt für unser Alltagsverständnis durchaus ein Rätsel dar. Deshalb hatte die Sendetheorie, wonach das Auge, um zu sehen, wie ein Scheinwerfer Strahlen aussendet, viele Jahrhundert lang ihre Anhänger. Allerdings war es natürlich zu allen Zeiten bekannt, dass auch Licht erforderlich ist, um Farben sehen zu können. Unsere Augen können nur Lichtstrahlen registrieren und verleiben sich nicht irgendwie direkt die Substanzen ein. Lediglich aus der Analyse von Muster, Anzahl, Verteilung und Zusammensetzung der ins Auge gelangenden Lichtstrahlen kann unsere Wahrnehmung respektive unser Gehirn zu der Überzeugung gelangen, dass diese Zitrone da vor uns eben zitronengelb aussieht oder der Wein im Weinglas bordeauxrot. Wie also hängen die ins Auge gelangenden Photonen, die mit physikalischen Mitteln beschrieben werden können, mit den Farben wahrgenommener Oberflächen zusammen?

Zunächst war schon lange vor Newton bekannt, dass man einen neutral (›weiß‹) aussehenden Lichtstrahl in einem Prisma ›beugen‹ kann, sodass er, auf eine weiße, reflektierende Fläche geworfen, ein verbreitertes ›Spektrum‹ (= Gespenst) erzeugt, das farbig aussieht. Newton wies nun (wenn auch möglicherweise nicht als erster, so doch für die breitere wissenschaftliche und später allgemeine Öffentlichkeit) nach, dass man erstens diesen Vorgang wieder rückgängig

machen kann – es entsteht wieder ein neutral (›weiß‹) aussehender Lichtstrahl, wenn man den je nach Beugungsvermögen auseinander gezogenen Lichtstrahl erneut vereint – und zweitens, dass, wenn man eine bestimmte, rot oder blau etc. aussehende Stelle des auseinander gezogenen farbigen Spektrums ein zweites Mal beugt, man kein neues Resultat erhält. Er schloss daraus zum einen, dass das neutral (›weiß‹) aussehende Licht zusammengesetzt sein muss, denn es lässt sich je nach Beugungsverhalten in verschiedene Bestandteile zerlegen, und zum anderen, dass die einzelnen Bestandteile, in die es sich zerlegen lässt, die Fähigkeit haben, im Auge eine bestimmte Farbempfindung hervorzurufen. Dabei war er sehr vorsichtig und korrekt in seinen Formulierungen: »For the rays to speak properly, are not colored. In them there is nothing else than a certain power and disposition to stir up a sensation of this or that color.«² Streng genommen sollte man daher die Rede vom roten, blauen, weißen Licht etc. vermeiden. Rot, Blau, Weiß etc. sind Empfindungen, also Hervorbringungen unseres Gehirns, und der Zusammenhang zwischen Photonen einer bestimmten Sorte und Empfindungen ist – wie im Folgenden näher ausgeführt wird – wesentlich indirekter als die Rede von ›rotem‹ oder ›grünem‹ Licht nahe legt.

Die Entdeckungen Newtons waren damals sensationell. Insbesondere war es aus theologischer Sicht schwer zu akzeptieren, dass das ›weiße‹ Licht, das seit alters als Emanation des Göttlichen, als Erscheinung der Transzendenz, als rein und reinigend angesehen wurde, aus einem Gemenge verschiedener (und rangniedrigerer) Elemente bestehen sollte. Galten die Farben bis dato als Produkte des Lichts und mithin als eine geringere Stufe seiner Erscheinungsweisen, so war durch Newton die ganze Stufenlehre des Seins korrumpiert worden. Dies bildete übrigens auch den Ausgangspunkt für Goethes Kritik, der festhielt, dass für die Welt unserer Empfindungen die Empfindung von Weiß nichts Zusammengesetztes hat und ihr dort der Charakter von Ursprünglichkeit und Reinheit zukommt. Aus heutiger Sicht widersprechen sich die beiden Aussagen Newtons und Goethes nicht unbedingt, denn sie handeln einerseits von physikalischen, andererseits von psychologischen Sachverhalten. Schließlich erscheint uns psychologisch auch Wasser als ursprünglich, elementar und einfach, obwohl es in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegbar ist.

Jedenfalls konnte man in der Folge von Newton die Lichtstrahlen immer besser nach ihrer Wellenlänge, Intensität und Zusammensetzung analysieren und damit das Gebiet der Psychophysik eröffnen, die den Zusammenhang zwischen physikalischen Parametern und korre-

spondierenden Empfindungen untersucht. Man konnte z. B. sehen, welche physikalisch bestimmbaren Reize gerade noch wahrgenommen werden oder welche Wellenlängen wir mit welcher Farbempfindung verbinden. Damit ist aber der eigentliche Bereich der Physik bereits verlassen und jener der Psychologie erreicht. Wenn Schopenhauer, für den Farbe in der »qualitativ getheilte(n) Thätigkeit des Auges«³ besteht, sie eindeutig dem menschlichen Wahrnehmungsapparat zuordnet, so fragt der große Psychophysiker Hermann von Helmholtz im Gegensatz dazu gerade nach der Differenz von physikalischem Reiz und sinnlichem Eindruck. Letzterer besitzt seiner Meinung nach für den modernen positivistischen Wissenschaftler »keine unumstößliche Autorität; er untersucht die Berechtigung desselben, fragt ob wirklich das ähnlich, was die Sinne für ähnlich, ob wirklich das verschieden, was sie für verschieden erklären, und kommt häufig zu einer verneinenden Antwort.«⁴ Für ihn sind also allein die physikalisch bestimmbaren Reize gewiss, d. h. intersubjektiv überprüfbar, und das zu bestimmende abgeleitete Ungewisse liegt in dem, was die Sinne daraus machen.

Einige der verblüffenden Resultate der Psychophysik waren, dass wir nur einen kleinen Bereich der elektromagnetischen Wellen überhaupt wahrnehmen können, der als der Bereich des sichtbaren Lichts bezeichnet wird und etwa von 400 bis 700 nm (1 nm entspricht 10^{-9} Meter) reicht. Die obere und untere Grenze der sichtbaren Strahlung ist jedoch schwer zu bestimmen, da die Empfindlichkeit der Rezeptoren in diesen Bereichen stark abfällt und gegen null geht. Um dort gleiche Luminanz zu erzielen, wie in den mittleren Bereichen des Spektrums, sind um ein Vielfaches mehr Photonen nötig. Auch sind die Grenzen der Wahrnehmbarkeit großen individuellen Schwankungen unterworfen, sodass man sie auf vielleicht 370 bis 750 nm ausdehnen darf. Jüngere Beobachter können meist kürzere Wellenlängen als 400 nm – also solche im uv-Bereich – noch wahrnehmen. Sie wirken aber auf sie genauso violettblau wie das restliche kurzwellige Ende des sichtbaren Spektrums. Alles, was unter 460 nm liegt, sieht für uns jedoch gleichermaßen blauviolett aus, wie umgekehrt alles über 640 nm den gleichen Eindruck eines warmen Rots hervorruft. Selbst den Bereich der für uns sichtbaren Lichtstrahlen, der ja linear und stetig organisiert ist, nehmen wir aber nicht in der Weise einer Skala wie etwa bei der Temperatur wahr. Das langwelligste, eben noch erkennbare Licht erscheint uns als ein warmes, leicht gelbliches Rot. Die Empfindungen gehen über Orange, Gelb, Grün und Blaugrün zu Blau und enden schließlich im kurzwelligsten Bereich bei einem

Farbton, der als ein ziemlich rotstichiges Blau oder sogar als Violett angesehen werden muss. Die beiden Enden, die, physikalisch gesehen, Welten trennen, liegen empfindungsmäßig gar nicht so weit auseinander, wie man erwarten sollte, während die mittleren Grüntöne einen den Rottönen eher entgegengesetzten Eindruck hervorrufen. Die physikalisch gesehen energiereicheren Teile des Spektrums nehmen wir im Gegensatz dazu als bläulich und als eher kühl wahr, während wir die energieärmeren langwelligen Teile als rot, orange oder gelb und somit als wärmer empfinden. Daneben hat sich ergeben, dass der ganze Bereich der Purpurtöne im Spektrum nicht vorkommt. Sie entstehen für die Wahrnehmung in der Regel dann, wenn gleichzeitig kurz- und langwellige Lichtstrahlen (unter weitgehendem Ausschluss der mittleren Wellenlängen) ins Auge gelangen. Purpurtöne lassen sich demnach nicht mit einer einzigen Wellenlänge erzeugen, aber erlauben es, das langwellige, infrarote Ende des Spektrums mit dem kurwelligen, ultravioletten Ende nahtlos zu verbinden, sodass der Bereich der Buntfarben kreisförmig geschlossen werden kann. Purpur ist also ebenso wie Weiß eine nicht-spektrale Farbe.

Ein weiteres wichtiges Resultat der Psychophysik besteht in der Komplementarität. Zu jeder Wellenlänge (samt korrespondierender Farbempfindung) lässt sich eine andere (bzw. im Fall der zu den Grüntönen komplementären Purpurtöne eine Kombination zweier anderer) finden, die so miteinander gemischt werden können, dass sich die Farbempfindungen wechselseitig aufheben und ein farbneutraler ›weißer‹ Eindruck entsteht. (Bei den induzierten Gegenfarben, wie wir sie von Nachbildern kennen, handelt es sich wegen gewisser Adaptionseffekte nicht um die exakten Komplementärfarben. Die verschiedenen Sorten an Zapfen bzw. Ganglionzellen im Auge bzw. an noch späterer Stelle erholen sich verschieden schnell von der Adaption. Deshalb ändert sich auch die Farbe des Nachbildes mit der Zeit. Viele Arten von Nachbildern kommen dagegen erst zustande, nachdem Farbe im Gehirn, zumindest im Kniekörper, erzeugt ist. Farben können im Gehirn nicht ohne ihre Partner oder Opponenten ankommen.) Zwei Komplementärfarben müssen dieselben Farbreizempfänger im Auge anregen wie das breitbandige Weiß. Entgegen dem, was wir von unseren Wasserfarben zu wissen glauben, bilden im Bereich farbiger Lichtquellen Blau und Gelb so ein komplementäres Paar. Auch zeigt sich, dass fast alle Farbempfindungen auf mehr als eine Weise erzeugt werden können. Der Eindruck von Gelb z. B. kann entstehen, indem monochromatisches Licht ausschließlich der Wellenlänge um 585 nm gewählt wird oder langwelliges (= ›rotes‹) und mittelwelliges

(= ›grünes‹) Licht kombiniert werden. Umgekehrt können aus der Kombination dreier geschickt gewählter monochromatischer Lichtquellen fast alle Farbempfindungen hervorgehen. Es ergab sich auch, dass manche der Wellenlängen als heller wahrgenommen werden als andere, dass wir in manchen Bereichen wesentlich sensibler reagieren und geringere Unterschiede registrieren können als in anderen sowie dass in verschiedenen Bereichen des Spektrums ganz unterschiedliche Intensitäten nötig sind, um überhaupt eine Empfindung herbeizuführen. Beispielsweise unterscheiden sich zwei Gelbtöne für uns bereits bei einem Unterschied von 1 nm, zwei Rottöne erst bei 3 nm. Nichts davon lässt sich aus den physikalisch bestimmbaren Reizen ablesen.

Diese Resultate, wenn sie auch auf farbige Lichter oder Lichtquellen beschränkt sind, haben noch heute ihre Gültigkeit und bilden die Grundlage für Diaprojektionen, Video- und Kinofilme, Theaterscheinwerfer sowie unsere Farbfernseher, Beamer und Flachbildschirme. Immerhin bleibt die unumstößliche Tatsache bestehen, dass die im Auge ankommenden Reize aus Photonen bestehen, und deren Eigenschaften, Zusammensetzung und räumliches Muster kann die Physik beschreiben. Angesichts der immer weiter verbreiteten Verfügung über farbige Lichter in künstlerischen und designerischen Berufen, wo die Bestimmung der Farben über Monitore und spezialisierte Farbprogramme erfolgt oder Architekten der nächtlichen Erscheinung ihrer Bauten mithilfe künstlicher Lichtquellen immer mehr Bedeutung geben, sollte das Wissen um die genannten Zusammenhänge entschieden verbreiteter sein, als es ist.

Allerdings behandelt die Psychophysik Helmholtz'scher Prägung die Wahrnehmung als eine Art *black box* und hat wenig darüber zu sagen, warum sie sich so sehr von den physikalischen Sachverhalten unterscheidet. Im Alltagsleben würde niemand auf die Idee kommen, eine Farbempfindung nach ihren physikalisch bestimmbaren Bestandteilen zu bezeichnen. Dies ist übrigens auch der Nachteil vieler gängiger Computerprogramme, in denen die Farben nach den Rot-, Blau- und Grünanteilen der Leuchtdioden bestimmt werden. Die heutige Gehirnforschung unternimmt es, in die *black box* hineinzuschauen. Sie fragt, wie es kommt, dass wir farbige Oberflächen sehen, wo doch nichts an den Photonen erkennen lässt, ob sie direkt von einer Lichtquelle abstammen oder von einer Oberfläche reflektiert wurden.

Gibt es physikalische Eigenschaften von Oberflächen, die mit unseren Farbempfindungen korrespondieren? Die Antwort darauf ist bei vielen Theoretikern und Philosophen strittig und manche halten die Farbempfindungen für ein rein subjektives Phänomen, dem nichts in

der Wirklichkeit entspricht. Das stimmt zwar – wie ausgeführt – in dem banalen Sinn, dass unsere Empfindungen Hervorbringungen des menschlichen Gehirns sind, doch wäre es recht unwahrscheinlich, wenn sie keinerlei Bezug zur physikalischen Realität unterhalten würden, denn die menschliche Wahrnehmung hat unter anderem den Sinn, uns so weit über die physikalische Welt, die Welt ›da draußen‹, zu informieren, dass wir bei der Erfüllung unserer biologischen Aufgaben, dem Überleben und der Reproduktion erfolgreicher sind als die Konkurrenz. Wenn die Farbwahrnehmungen uns nicht dabei helfen würden, hätten sie sich wohl kaum entwickelt. Im Alltagsverständnis gelten Farben als verlässliche Eigenschaften von Gegenständen bzw. ihrer sichtbaren Oberflächen. Der Bleistift in meiner Hand ist gelb, ich trage heute die braunen Schuhe und die Tomaten im Garten werden langsam rot. Zwar sehen wir die Farben der Gegenstände nicht direkt, sondern nur die von ihnen reflektierten Lichtstrahlen, aber uns interessiert deren Zusammensetzung nur insoweit, als sie uns über die mehr oder weniger unveränderlichen Eigenschaften der Gegenstandsoberflächen informiert.

Nun gibt es tatsächlich eine solche Eigenschaft von Oberflächen, die physikalisch beschrieben werden kann, nämlich die sogenannte Reflektanz. Aus physikalischer Sicht hat jede Materie ein charakteristisches Reflektanzverhalten, wonach das Muster, was mit auftreffenden Photonen geschieht, gleich bleibt. In der Regel sind Änderungen auf molekularer Ebene nötig, um dieses Reflektanzverhalten zu ändern, wie etwa im Fall einer schwarz werdenden Silberschicht, die gerade infolge des auftreffenden Lichtes oxidiert. In irgendeiner komplizierten Weise scheint also das Reflektanzverhalten, das ein Physiker mit seinen Methoden messen und beschreiben kann, mit dem zusammenzuhängen, was wir als Farbe empfinden. Ein Photon, das auf eine materielle Oberfläche trifft (genau genommen auf die Elektronenhülle), hat im Wesentlichen nur drei Möglichkeiten. Es kann in die Materie eindringen, wobei es ein wenig aus seiner Bahn abgelenkt und verlangsamt wird, es kann absorbiert werden, was zu einer gewissen Erwärmung führt, und es kann schließlich zurückgeworfen werden. (Genau genommen wird es auch dann kurzfristig absorbiert, hebt dabei ein Elektron auf eine energiereichere Bahn, bis dieses Elektron wieder, unter Aussendung eines dem ursprünglichen gleichen Photons, in eine energieärmere Bahn zurückspringt.) Welche der Möglichkeiten dabei auftritt, hängt sowohl von der Struktur der jeweiligen Oberfläche (genau genommen: ihrer Elektronenhülle) ab, aber auch von der Energie des Photons (der Wellenlänge des Lichts.) Im Prinzip

hat je nach Energie des Photons die beteiligte Oberfläche alle Freiheitsgrade der Transmission, Absorption oder Reflexion zwischen 0 und 100%. Man kann daher für die verschiedenen Oberflächen eine Tabelle erstellen, in der beispielsweise festgehalten wird, dass Licht einer Wellenlänge von 700 nm zu 60% reflektiert wird, Licht einer Wellenlänge von 699 nm zu 59%, bis hin zum Licht von 400 nm, das vielleicht nur zu 15% reflektiert wird. So etwas kann untersucht werden und solche Messungen sind für viele Bereiche von technischen Anwendungen der Farbe unentbehrlich. Genau genommen müssen wir dieses Reflektanzverhalten also getrennt für jede einzelne Wellenlänge untersuchen, da es je nach Wellenlänge (oder Energie) anders ausfallen kann und zumeist auch tatsächlich anders ausfällt. Bei der Beschreibung eines physikalisch bestimmten Reflektanzverhaltens als Farbe geht daher Information verloren. Die Farbempfindung bildet so etwas wie ein Integral der einzelnen Reflektanzen bei unterschiedlichen Wellenbereichen. Was für uns exakt die gleiche Farbe aufweist, kann physikalisch gesehen unterschiedlich sein, ein Sachverhalt, der als Metamerie bezeichnet wird. Sie wird weiter unten behandelt.

Geschieht die Reflexion innerhalb eines mehr oder weniger transparenten Mediums, spricht man von Streuung oder Diffusion. Reflexion an Oberflächen wiederum kann entweder so geschehen, dass der Austrittswinkel dem Eintrittswinkel spiegelsymmetrisch entspricht (Spiegelung), oder so, dass wie bei einem perfekten ›Lambert'schen Reflektor‹ – benannt nach dem deutschen Mathematiker Johann Lambert, der im 18. Jahrhundert die Interaktion von Licht mit Oberflächen untersucht hat –, der Austrittswinkel völlig unabhängig vom Eintrittswinkel ist. Wir bezeichnen die entsprechenden Oberflächen als spiegelnd oder matt. Die meisten Oberflächen liegen zwischen diesen Extremen, indem sie sowohl eine bevorzugte Reflexionsrichtung haben, als auch Teile des auftreffenden Lichts ungerichtet zurückwerfen. Die Wahrnehmung hat sich danach gerichtet, das diffus von Oberflächen reflektierte Licht aufzunehmen und zu analysieren und in Farbempfindungen umzusetzen. Dieses macht aber nur einen Bruchteil des auftreffenden Lichtes aus. Bei Glanzlichtern oder Spiegelungen ist das anders, weshalb sie uns leicht blenden können. Auch erscheint uns Licht, das durch ein transparentes Medium hindurchgegangen ist, als reiner und gesättigter, da die Anteile des bei Draufsicht von einer Oberfläche gestreuten diffusen Lichtes fehlen. Glasfenster in gotischen Kathedralen z. B. nutzen diesen Effekt aus. Es gibt daneben noch vielerlei Spezialfälle wie die Beugung an Gittern, die Interferenz oder den, dass das remittierte Lichtquantum zeitlich verzögert auftritt oder

dass es eine andere Energie aufweist als das absorbierte. Fluoreszierende Stoffe z. B. wandeln das für Menschen unsichtbare UV-Licht teilweise in für uns sichtbare Wellenlängen um. Auch gibt es selbstleuchtende Stoffe wie Phosphor, doch kann man sagen, dass in der weitaus überwiegenden Mehrheit der Fälle das Licht, das in unser Auge gelangt, vorher von einer Oberfläche reflektiert wurde.

Nun sieht man einem Photon, das ins Auge gelangt, nicht an, welche ›Geschichte‹ es hat, wie oft es mit Materie interagiert hat und auf welche Weise. (Solche, die dauerhaft absorbiert wurden, können evidenterweise nicht mehr ins Auge gelangen.) Photonen haben die erwähnten physikalischen Eigenschaften und keine weiteren. Es erscheint daher als kaum vorstellbar, wie die Sicherheit, die uns unsere Wahrnehmung verschafft, mindestens vortäuscht, dass wir es mit festen Körpern zu tun haben und mit permanenten Eigenschaften ihrer Oberfläche, überhaupt zustande kommen kann. Irgendwie schafft es die Wahrnehmung, genau die ›Geschichte‹ der Photonen, die ins Auge gelangen, zu erkennen und aus ihnen abzuleiten, wie die Materie beschaffen war, von der sie reflektiert wurden. Die Verhältnisse beim Hören sind übrigens völlig anders geartet. Hier interessieren wir uns für die Quelle des Schalls, also das, was ihn verursacht, und nicht dafür, was den Schallwellen widerfahren ist, bis sie ins Ohr gelangen.

Kommen wir zurück auf die Reflektanzeigenschaften von Oberflächen, von denen wir gesagt haben, dass sie auf eine versteckte und unklare Weise mit unseren Farbwahrnehmungen zusammenhängen müssen. Dass sie uns farbig vorkommen, wird nach dem oben Ausgeführten einerseits verständlich, denn wenn Sonnenlicht auf einen für uns rot aussehenden Körper auftrifft, erscheint er uns eben deswegen rot, weil er bevorzugt die langwelligen Anteile dieses Lichts reflektiert, die anderen dagegen vorwiegend absorbiert bzw. transmittiert. Im Auge kommen also im Wesentlichen solche Lichtwellen an, die wir als rot empfinden. Ähnlich verhält es sich bei den anderen Farben. So weit lässt sich das auch mit Messinstrumenten kontrollieren.

Absorbiert ein Körper schließlich das auftreffende Licht mehr oder weniger gleichmäßig über das Spektrum verteilt, so erscheint er uns dann weiß, wenn er circa 50% des ankommenden Lichts reflektiert, und schwarz, wenn er dies zu weniger als 10% tut bzw. grau in den Bereichen dazwischen. Hier beginnen aber schon die Probleme, denn ein kräftig beleuchtetes Schwarz und ein schwach beleuchtetes Weiß reflektieren Licht, das physikalisch gesehen ununterscheidbar ist, während wir doch trotz unterschiedlicher Beleuchtungsverhältnisse ein weißes Hemd von einer grauen Hose mühelos auseinander halten

können. Ähnlich verhält es sich bei den Braun- und Olivtönen, deren reflektiertes Licht physikalisch gesehen sich nicht von dem von weniger gesättigten Grüngelb-, Gelb- oder Orangetönen unterscheidet, nur dass es von Oberflächen stammt, die es zu einem erheblich geringeren Teil zurückstrahlt, als dies bei letzteren der Fall ist. Man kann übrigens jedes Orange braun erscheinen lassen, wenn man es mit helleren, strahlenderen Farben umgibt. Es scheint, dass die Wahrnehmung, sobald sie Körper und Oberflächen im Raum unterscheidet und die jeweiligen Farbempfindungen auf sie bezieht, letztere gehörig modifizieren kann. Dies ist tatsächlich der Fall und wird im Kapitel über Lokalfarben und die Farbkonstanz genauer ausgeführt. Die Erscheinungsweise der Farbe, also ob wir sie als Lichtfarbe oder als Oberflächenfarbe (resp. Stofffarbe) sehen, liegt nicht an physikalisch messbaren Unterschieden der jeweiligen Photonen, sondern allein an der unterschiedlichen Konstruktion der jeweiligen Empfindung im Gehirn. Durch geeignete Versuchsanordnungen kann man einen identischen Reiz auf die eine oder andere Weise erscheinen lassen.

Entsprechen unseren Farbempfindungen also verschiedene Wellenlängen des Lichts? Können wir unsere Farbempfindungen als eine Art unvollkommenes Messinstrument ansehen, das uns über die Zusammensetzung des im Auge anlangenden Lichts informiert? Könnte ein Messgerät, das die Zusammensetzung des Lichts an einer bestimmten Stelle analysiert, als Ersatzauge dienen? Offenbar ist dem in einem gewissen Grade so. Eine digitale Kamera macht ja genau das. Sie analysiert das an einer bestimmten Stelle auftreffende Licht danach, wie viel lang-, mittel- und kurzwellige Anteile es enthält, und die Wiedergabegeräte verwandeln diese Information wieder in ein Muster entsprechender Lichtquanten. Dennoch liefert dieses Verfahren keine befriedigende Entsprechung dessen, wie die Wahrnehmung Reize in Empfindungen umsetzt. Nur unter speziellen, in der natürlichen Umgebung sehr seltenen Bedingungen kann eine eindeutige Zuordnung von Licht einer bestimmten Wellenlänge zu einer korrespondierenden Farbempfindung vorgenommen werden, nämlich dann, wenn wir sie als Farbe im Öffnungsmodus oder Lichtfarbe einschätzen. Sobald Objekte und ihre räumlichen Beziehungen erkannt werden, ja bereits sobald eine gewisse Vielfalt an farbig unterschiedlichen Flächen vorliegt, gibt es keine eindeutige Zuordnung von Wellenlängen und Farbempfindungen mehr.

In einer Serie von eleganten Experimenten hat der nicht gerade publikumsscheue Erfinder Edwin Land, auf den unter anderem die Entwicklung der Polaroid-Kamera zurückgeht, dies nachgewiesen. Er

benutzte dazu eine Apparatur, mit der man drei Lichtquellen, die je lang-, mittel- und kurzwelliges Licht liefern, getrennt steuern und damit ihre Zusammensetzung bestimmen konnte. Sie beleuchteten eine Art abstraktes Bild, das aus einer Vielzahl rechteckiger Farbflecken bestand und das er wegen einer vagen Ähnlichkeit zu Bildern des gleichnamigen Pioniers der Abstraktion einen ›Mondrian‹ genannt hat. In der Fachsprache hat man sich darauf verständigt, ein solches Bild als den ›Landschen Mondrian‹ zu bezeichnen. Land konnte nun zeigen, dass für unsere Wahrnehmung eine bestimmte Fläche, die z. B. unter Tageslichtverhältnissen rot erscheint, uns auch dann noch rot vorkommt, wenn das von ihr zurückgestrahlte Licht de facto eher mittelwellig ist (weil er die Lichtquellen so eingestellt hat, dass mittelwelliges Licht stark dominiert) und uns deshalb ebenso grünlich erscheinen müsste wie ein grünes Feld seines ›Mondrians‹ im Tageslicht. Obwohl das von der grünen Stelle im Tageslicht reflektierte Licht identisch war mit dem von der roten Stelle im künstlichen mittelwelligen Licht, sah letztere immer noch rötlich aus. Da auch im entsprechend eingestellten ›grünlichen‹ Licht im Vergleich mit den Nachbarstellen der rötliche Fleck immer noch mehr langwelliges Licht zurückstrahlt als diese, schließt die Wahrnehmung daraus, dass es sich eben um einen rötlichen Fleck handeln dürfte.

Unsere Farbempfindungen beruhen also zumindest zu einem gewissen Teil auf einem Vergleich mit denen in der Nachbarschaft. Wenn es, wie im Fall isolierter Farben, die in einer möglichst lichtschluckenden Umgebung liegen (d. h. Farben im Öffnungsmodus), nichts zu vergleichen gibt, so tritt auch das beschriebene Konstanzphänomen nicht auf. Die Erscheinung, dass trotz erheblich wechselnder Lichtverhältnisse wir die Farben von Oberflächen unverändert als annähernd gleich wahrnehmen, findet ihr Pendant darin, dass physikalisch identische Oberflächen für uns auch höchst unterschiedlich aussehen können. Dieses Phänomen, dessen Untersuchung und systematische Beschreibung auf den Chemiker Michel-Eugène Chevreul zurückgeht, wird Simultankontrast genannt. Dazu an anderer Stelle mehr. Demnach werden Farben in der Wahrnehmung durch ihre Nachbarfarben beeinflusst, was einerseits zur Farbkonstanz wie umgekehrt zur Erscheinung des Simultankontrastes führen kann, sodass physikalisch identische Reize zu höchst unterschiedlichen Empfindungen Anlass geben.

Wenn wir nun Reflektanzen, die ein Physiker messen kann, auch wenn nicht recht klar ist, wie die Wahrnehmung dieselbe Aufgabe eigentlich bewerkstelligt, als das eigentliche Korrelat der Farbwahr-

nehmung begreifen, was biologisch gesehen jedenfalls einleuchtet, so kann dennoch nicht von einer einfachen und direkten Beziehung gesprochen werden. So sind die Reflektanzen nie unmittelbar gegeben, sondern das von einer Oberfläche reflektierte Licht hängt natürlich von der jeweiligen Lichtquelle ab. Ein weiteres Problem dabei ist, dass die Untersuchung der Reflektanz von Oberflächen viel mehr Informationen gibt als unsere Farbwahrnehmung berücksichtigt. Unsere Farbwahrnehmung ähnelt eher einer Integralbildung und reduziert eine für uns nicht handhabbare Komplexität. Sie nutzt die verschiedene Empfindlichkeit dreier Rezeptortypen im Auge, deren glockenförmige Empfindlichkeitskurven sich noch dazu stark überlappen, und setzt das unterschiedliche Maß an Erregung dieser drei Rezeptoren auf eine höchst komplizierte Weise in Farbbeimpfindungen um. Physikalisch unterschiedliche Reflektanzen können daher zu gleichen Erregungsmustern und damit auch gleichen Empfindungen führen. Genau dies ist ja die Ursache dafür, dass wir mit der geeigneten Mischung einer begrenzten Anzahl an Grundfarben fast alle anderen nachahmen können. Sehen für die Wahrnehmung zwei Farben gleich aus, obwohl sie physikalisch unterschiedlich sind, so spricht man von ›metameren‹ Farben.

Man kann definieren, dass zwei Reize, sofern sie die gleiche neuronale Antwort auslösen, als identisch erscheinen, auch wenn sie physikalisch verschieden sind. Um einen Vergleich mit der Musik zu bemühen: Es ist, als würden wir zwischen dem Zweiklang c und g und einem Zweiklang aus den dazwischen liegenden Tönen d und f bzw. dem reinen Ton e nicht unterscheiden können. Genau dies aber passiert bei der Metamerie, wo der Farbwahrnehmung die Diskriminierung etwa zwischen einem reinen Gelb der Wellenlänge 585 nm und einem aus Grüngelb von vielleicht 570 nm und Orange von 600 nm gemischten Gelb nicht gelingt. Der Chemiker Ostwald hatte erstmals bedingt gleiche (= *metamere*) von unbedingt gleichen Farben unterschieden. Für jedes Paar metamerer Objekte gibt es jedoch Beleuchtungsverhältnisse, unter denen sie verschiedenfarbig erscheinen, was übrigens der Genauigkeit unser Farbkopierer bestimmte Grenzen setzt und bei der Kontrolle von Banknoten genutzt wird. Es gibt natürlich auch Messgeräte, mit denen die unterschiedliche Empfänglichkeit unserer drei Rezeptortypen im Auge simuliert wird. Hierzu zählen beispielsweise Farbkopierer und Videokameras. Jede Kamera für farbige Bilder ist jedoch stark abhängig von der Zusammensetzung des herrschenden Lichts. Sie kann ebenso wenig wie die Farbfotografie eine der wichtigsten Leistungen unserer Farbwahrnehmung vollbringen,

die sogenannte Farbkonstanz, die in einem eigenen Kapitel besprochen wird.

Im Augenblick genügt es zu sagen, dass die Leistung der Farbkonstanz darin besteht, trotz wechselnder Beleuchtung, wie sie unter natürlichen Bedingungen ständig vorkommt, eine Art Beurteilung der Reflektanzen von Oberflächen vorzunehmen. Die physikalische Untersuchung von Reflektanzen kann mit genormten Lichtquellen arbeiten, während dies für die Wahrnehmung nicht gilt. Das von der Sonne stammende Licht, an das unsere Wahrnehmung sich über Jahrtausende angepasst hat, ändert je nach Tages- und Jahreszeit, nach geographischer Breite und atmosphärischen Bedingungen seine Intensität und Zusammensetzung. Nun ist physikalisch gesehen das von einer Oberfläche reflektierte Licht (und das allein steht unserer Wahrnehmung zur Analyse zur Verfügung) nicht allein von der Reflektanz der beteiligten Oberfläche abhängig, sondern auch von der Zusammensetzung des auf sie auftreffenden Lichts. Liefert die Lichtquelle beispielsweise ausschließlich eher langwelliges ›gelbes‹ Licht, so kann auch kein kurzwelliges, ›blaues‹ Licht von irgendetwas reflektiert werden. Unsere Wahrnehmung ist, im Gegensatz zu den von einer Videokamera registrierten Bildern, dennoch in erstaunlich gutem Maß dazu in der Lage, etwa ein weißes Papier in gelblichem Glühbirnen-Licht von einem gelben Papier in neutralem ›weißem‹ Tages-Licht zu unterscheiden. Dazu ist es, wie erwähnt, nötig, gewissermaßen die ›Geschichte‹ des im Auge eintreffenden Lichts zu untersuchen und die Reflektanzen der Oberflächen von der Zusammensetzung des herrschenden Lichts zu trennen. Letzteres wird sozusagen herausgerechnet, sodass wir mit den charakteristischen Farben der Gegenstände eine Art Beurteilung ihrer dauerhaften Reflektanzeigenschaften vornehmen.

Der Zusammenhang zwischen empfangenem Reiz und ausgelöster Empfindung ist somit höchst indirekt und hängt von den biologischen Aufgaben ab, welche die Farbwahrnehmung zu erfüllen hat. Als Messinstrument für die Frequenzen des ins Auge gelangenden Lichts wäre unsere Farbwahrnehmung höchst unvollkommen. Unsere Wahrnehmung ist auf das Erkennen von Objekten aus. Die Tatsache allein, dass beispielsweise eher langwelliges Licht eine bestimmte Stelle unseres Sehfeldes erreicht, ist für uns in der Regel ziemlich uninteressant. Physikalisch gesehen identisches Licht kann je nach Kontext zu völlig verschiedenen Farbempfindungen führen und umgekehrt können gleiche Farbempfindungen durch physikalisch gesehen höchst unterschiedliche Reize verursacht sein. Wir interessieren uns also

ziemlich wenig für die ›Farbe‹ der Lichtquelle (d. h. ihre spektrale Zusammensetzung), sondern fast ausschließlich für die Farbe der Oberfläche von Objekten. An die Schwankungen des Sonnenlichts sind wir aber ganz gut angepasst. In unserer natürlichen Umgebung gibt es mit der Sonne so gut wie nur eine Lichtquelle und deren Licht ist zu stark, um es direkt betrachten zu können, sodass fast alles Licht, das in unsere Augen gelangt, vorher von Oberflächen reflektiert wurde. Selbst bei Mondlicht handelt es sich um von einer (übrigens dunkelgrauen) Oberfläche reflektiertes Sonnenlicht.

Anmerkungen:

- 1 Arthur Schopenhauer, *Sämtliche Werke*, 6. Band, Franz Mockrauer (Hrsg.), München 1923, S. 44f. (*Über das Sehn und die Farben*, § 14, 1816).
- 2 Zitiert nach: *Sources of Color Science*, hrsg. von David L. MacAdam, Cambridge und London, 1970, S. 23.
- 3 Wie Anm. 1, S. 27. (*Über das Sehn und die Farben*, § 5, 1816).
- 4 Vgl. Höpfner, *Wissenschaft wider die Zeit – Goethes Farbenlehre aus rezeptionsgeschichtlicher Sicht*, Heidelberg 1990, S. 156

Lokalfarben, Oberflächenfarben und die Farbkonstanz

Wie im ersten Kapitel ausgeführt, behandeln wir in unserer Alltagswelt Farben als sinnliche Qualitäten konkreter Dinge, als optisch wahrnehmbare Eigenschaften der Oberfläche von Dingen. Deshalb denken wir bei Farben zumeist an materiell greifbare Substanzen. Es gibt kaum einen Farbton, der in uns nicht Erinnerungen an bestimmte Objekte hervorruft, mit denen er üblicherweise zusammen auftritt, und wir reagieren emotional unterschiedlich je nach dem, welcher Gegenstand dies ist und welche Empfindungen wir mit den so assoziierten Gegenständen verbinden.

Im üblichen Normalfall der Farbwahrnehmung tritt die Farbempfindung demnach als Teil eines Prozesses auf, der auf Invarianten, konkreter: auf Objekterkenntnis gerichtet ist. Das, was unsere Wahrnehmung vornehmlich interessiert, sind Objekte, nicht die leeren Stellen zwischen ihnen. Ein Objekt unterscheiden wir von seiner Umgebung nach (bedeutsamer) Figur und (unwichtigerem) Grund. Insbesondere ist die Unterscheidung, was lediglich ein substanzloser Schatten bzw. ein Lichtkringel ist oder aber zu einer tastbaren, stabilen Oberfläche gehört, relevant. An einem Objekt interessieren uns seine dauerhaften Aspekte, was es ist, für uns bedeutet, wozu es dienen kann, aber auch seine räumliche Lage, insbesondere in Bezug zu unserem Körper, seine tast- und greifbaren Eigenschaften, seine raue oder glatte Oberfläche und dergleichen. Gewisse Teile der Wahrnehmung haben gelernt, von unserem zufälligen Blickpunkt abzusehen. An einem Fahrrad, einem Baum, einem Messer oder einem Stuhl sind in der Regel die permanenten Eigenschaften wichtiger als solche, die bereits in einem Sekundenbruchteil anders aussehen. Demnach halten wir, wie bereits ausgeführt, Farben für fest mit bestimmten Objekten verbunden, halten sie für charakteristische und unveränderliche Oberflächeneigenschaften, weshalb es eine gerichtete Aufmerksamkeit erfordert, sich die Farbe von ungreifbaren, unmanipulierbaren Entitäten wie etwa farbige Schatten oder dem Spiel von Reflexen ins Bewusstsein zu rufen. Wenn Renoir an einem weiblichen Torso das Spiel der grünlichen Reflexe unter einem sommerlichen Blätterdach auf der nackten Haut malt, so fühlte sich ein Kritiker an verwesendes Fleisch erinnert. Er hat insofern nicht ganz unrecht, als die Wahrnehmung uns bevor-

zugt über die invarianten Elemente der Umwelt informiert und wir die dafür unwesentlichen Reflexe automatisch zu unterdrücken geneigt sind. Dass impressionistische Bilder die Empfindung von Luft oder Atmosphäre hervorrufen, hängt gleichfalls mit dieser Betonung ephemerer Phänomene zusammen.

Die Zuordnung von Farbempfindungen zu bestimmten haptisch erfassbaren Objekten betrachten wir als recht stabil, was auch die Voraussetzung für ihre Memorierbarkeit und die durch sie gegebene Kategorienbildung bildet. Wir verlassen uns darauf, dass die Objekte eine feste, relativ unveränderliche Zuordnung zu ihren Farben unterhalten, dass unser grünes Auto auch morgen und in einigen Wochen noch die gleiche Farbe haben wird und der gelbe Bleistift auf unserem Schreibtisch nicht mysteriöserweise über Nacht seine Farbe wechselt. Sicher gibt es Objekte, die ihre Farbe ändern, etwa Seifenblasen, Öllachen oder Perlmutter, aber das ist dann eben die besondere Eigenschaft solcher Objekte. Es scheint also, dass der ökologische Sinn unserer Farbwahrnehmung, der Überlebenswert, den eine entwickelte Farbwahrnehmung für Menschen und Menschenaffen hatte und hat, genau darin liegt, dass sie es uns erlaubt, nicht nur momentan bestimmte Oberflächen voneinander zu unterscheiden, sondern sie Objekten zuzuordnen, um diese auch in wechselnden Situationen einigermaßen sicher zu identifizieren, zu kategorisieren und im Gedächtnis zu behalten.

Die Objekte bzw. ihre sichtbaren Oberflächen haben in der Regel eine für sie bezeichnende Farbe, ihre sogenannte Lokalfarbe (wobei natürlich die verschiedenen Oberflächen eines vielgliedrigen Objektes verschiedene Farben haben können.) Der aus der Malersprache stammende Ausdruck Lokalfarbe bezeichnet die Farben der Gegenstände, wenn man sie aus der Nähe unter normalen Lichtverhältnissen betrachtet und die mehr oder weniger zufälligen Modifikationen durch Licht und Schatten, indirekte Beleuchtung, durch das von benachbarten Gegenständen stammende Reflexlicht, atmosphärische Erscheinungen und dergleichen ausschließt. Wenn wir Farbbezeichnungen wie ›tomatenrot‹ oder ›elfenbeinweiß‹ benutzen, meinen wir die jeweilige Lokalfarbe. Ebenso dienen die gängigen Farbatlanten der genauen Feststellung einer Lokalfarbe. Will ich jemandem vorführen, welche Farbe ein Hausanstrich oder ein Plattenbelag hat, so vergleiche ich sie mit verschiedenen Farbmustern durch Danebenhalten, bestimme das ähnlichste und kann dieses dann später als Referenz benutzen. Entsprechendes gilt für andere taxonomische Zwecke, für die Färbung von Zähnen bei der Anfertigung eines Gebisses oder die

Bestimmung von Stoffen, Gesteinssorten oder Käfern. Es sind die Lokalfarben, die wir gemeinsam mit unserem Objektwissen abspeichern.

Die Unterscheidung zwischen Lokalfarben und Oberflächenfarben erfolgt im wissenschaftlichen Schrifttum nicht konsistent und in vielen Zusammenhängen brauchen sie auch nicht unterschieden zu werden. Der umfassendere Begriff ist Oberflächenfarbe, während Lokalfarbe sozusagen die ideale Oberflächenfarbe, wie sie unter optimalen Bedingungen erscheint, bezeichnet. Jedenfalls ist klar, dass man, um eine Lokalfarbe bestimmen zu können, sie zunächst einer konkreten Oberfläche mit ihrer Ausdehnung und räumlichen Beziehung zum Betrachter zuordnen muss. Dazu müssen die Oberflächen wieder als Teile von Objekten gesehen werden, die in den Gesamttraum mit seiner herrschenden Lichtsituation eingebettet sind und so weiter. Es kann zu dramatischen Änderungen unserer Farbwahrnehmung kommen, wenn wir feststellen, dass ein Seh-Eindruck, den wir einer bestimmten Oberfläche zugewiesen haben, doch nicht zu ihr gehört. In diesem Sinn wären Lokalfarben vielleicht noch einen Schritt konzeptueller als die bloßen Oberflächenfarben, d. h., sie würden der Extraktion einer Invarianz aus wechselnden Erscheinungen gleichkommen.

Den Grad, in dem unsere Wahrnehmung darauf eingestellt ist, Lokalfarben bzw. Oberflächenfarben zu erkennen, vermag man daran zu ermessen, dass es eine ganze Reihe von Farbbezeichnungen gibt, die nur als Bezeichnung für Oberflächenfarben dienen können. Hierzu zählen beispielsweise grau, rosa, oliv und braun, aber auch schwarz. Wie bereits beschrieben, gibt es physikalisch gesehen, d. h. in der Messung der Zusammensetzung der Lichtstrahlen, die das Auge erreichen, keinen Unterschied zwischen dem Licht, das ein schwach beleuchtetes weißes Blatt Papier zurückwirft, und dem Licht, das ein stärker beleuchtetes graues Papier reflektiert (oder gar ein schwarzes Papier unter einer starken Lampe.) Dennoch sind wir unter normalen Wahrnehmungsbedingungen immer imstande, Weiß von Grau zu unterscheiden. Ähnliches gilt für die Wahrnehmung von Braun. Von einem schwach beleuchteten Gelborange und einem stark beleuchteten Braun können in ihrer Zusammensetzung identische Lichtstrahlen ausgehen, aber wir nehmen beide Farben als sehr unterschiedlich wahr. Sogar der Sinneseindruck ›schwarz‹ bezieht sich auf eine Oberflächenfarbe. Fällt überhaupt kein Licht in unser Auge, so sehen wir nicht schwarz, sondern wegen der Eigenaktivität unserer Sinneszellen ein Dunkelgrau. Zum Sinneseindruck ›schwarz‹ kommt es erst, wenn von einer bestimmten wahrgenommenen Oberfläche entschieden weniger Licht reflektiert wird als von den anderen Oberflächen im Ge-

sichtsfeld. Entscheidend ist, dass die Wahrnehmung den Farbeindruck auf eine Oberfläche bezieht, nicht, ob das ›an sich‹, d. h. für den Physiker, auch stimmt. Sehen wir dagegen keine Oberfläche, sondern ein dunkles Loch, sollten wir genau genommen von Dunkel und nicht von Schwarz reden. Damit etwas als Schwarz gesehen wird, braucht es paradoxerweise sowohl Licht als auch beleuchtete Oberflächen und unter ihnen eine schwarze, die, obwohl sie im Licht liegt, sehr wenig davon zurückstrahlt. Den Unterschied zwischen Oberflächenfarben und den anderen, nicht auf konkrete Oberflächen zu beziehenden – man spricht von Farben im Öffnungsmodus, Film- oder Flächenfarben, es herrscht aber keine einheitliche Terminologie – kann man sich am besten dadurch veranschaulichen, dass graues oder schwarzes, auch braunes oder olivfarbenes Licht nicht vorstellbar ist. Wenn eine Lichtquelle weniger intensiv ist als eine andere, sagen wir dennoch nicht, dass sie graues Licht aussendet. Entsprechendes gilt für die anderen reinen Oberflächenfarben wie Braun etc. Braunes Licht gibt es nicht.

Selbst bei den Leuchtfarben, die uns inzwischen von den Markierstiften recht vertraut sind, handelt es sich um eine spezielle Art von Oberflächenfarben, denn nur im Vergleich mit ihrer Umgebung kann das von ihnen stammende Licht als ungewöhnlich leuchtstark beurteilt werden, sodass wir zu glauben geneigt sind, sie würden selber leuchten. Auch Silber und Gold müssen als Oberflächenfarben angesehen werden, ähnlich wie Eigenschaften wie glänzend oder matt nur konkreten Oberflächen zukommen. Beleuchtet man Oberflächenfarben sehr stark, so fangen sie an zu glänzen, während die Steigerung der Intensität einer Lichtquelle diese eher heller erscheinen lässt. Dieser letzte Sachverhalt verweist zum wiederholten Male darauf, dass die Beweglichkeit unseres Körpers, die bei der Wahrnehmung von Glanz recht wesentlich beteiligt ist, auch bei den Farbwahrnehmungen nicht außer Acht gelassen werden kann. Nicht nur, dass die Augen sich ständig bewegen müssen, dass Kopf und Rumpf ins Spiel kommen, wir erhalten Hinweise auf den Raum, in dem wir uns befinden, und damit auf die Oberflächen mit ihren Oberflächenfarben, durch das Zusammenspiel mit der Eigenbewegung. Um zu durchschauen, dass ein Spiegel ein Spiegel ist oder eine Oberfläche silbern und nicht vielleicht grau, genügt es in der Regel, sich ein wenig vor ihnen zu bewegen. Dieser Sachverhalt sollte beim Entwerfen am Monitor, der ja nicht Oberflächenfarben, sondern Lichtfarben bietet, stärker beachtet werden. Oberflächenfarben können mit den gebräuchlichen Farbkarten nicht in ihrer Gesamtheit dargestellt werden, da sie eben alle möglichen Texturen aufweisen können. Ob eine farbige Fläche

später als braun oder rosa, marineblau oder oliv erscheint, hängt zudem noch vom Kontext ab, in den sie eingebettet wird. Im Öffnungsmodus, wo wir Farben isoliert von ihrer Umgebung, eben durch eine kleine Öffnung sehen, gibt es diese Oberflächenfarben nicht.

Die Wahrnehmungsleistung der Farbkonstanz ist zwar schon seit längerem bekannt, doch erst seit kürzerer Zeit erkennen wir darin eine der grundlegenden Fähigkeiten unserer Farbwahrnehmung, ohne die sie ihren ökologischen Wert weitgehend einbüßen würde. Zum Überlebenswert der Farbwahrnehmung gehört nicht nur ihre perzeptuelle Salienz, d. h. dass Farben »aus ihrer Umgebung herausstechen«. Damit eine rote Frucht sich für uns deutlich von ihrer grünen Umgebung abhebt, ist die Bestimmung der Lokalfarbe bzw. die Leistung der Farbkonstanz noch nicht nötig, sondern nur die Wahrnehmung eines auffälligen Kontrastes zur Umgebung. Für die Fähigkeit aber, den Reifegrad der Frucht zu bestimmen oder verschiedene Früchte ähnlicher Form wie Grapefruit und Orangen aufgrund der Farbe zu unterscheiden, bedarf es einer Bestimmung der Lokalfarbe und damit der Farbkonstanz. Die Wahrnehmungsleistung der Farbkonstanz bietet Überlebensvorteile in vielen Bereichen.

Die Bestimmung der Lokalfarbe und die damit verbundene Wahrnehmungsleistung der Farbkonstanz sind alles andere als selbstverständlich. Was unseren Sinnesorganen und unserem Gehirn zur Verfügung steht, sind ja nicht die direkten Oberflächen der Objekte, sondern die wechselnden Muster und Zusammensetzungen der Lichtstrahlen, die, von den Oberflächen reflektiert, in unsere Augen gelangen. Diese sind aber grundsätzlich mehrdeutig. Vor allem hängt die Zusammensetzung des ins Auge gelangenden Lichtes nicht nur von den Reflektanzcharakteristiken der jeweils bestrahlten Oberflächen ab, sondern von der Art der Lichtquelle wie auch vom Medium, das sie durchquert haben. Ein und dieselbe Reizkonfiguration kann daher selbst unter natürlichen Bedingungen auf sehr verschiedenen Ursachen beruhen. Das Sonnenlicht wechselt im Verlauf eines Tages wie auch unter dem Einfluss atmosphärischer Bedingungen seinen Charakter, d. h. den jeweiligen Anteil seiner lang-, mittel- und kurzwelligen Bestandteile. Ebenso kann die absolute Lichtstärke auch bei Tageslicht, je nach Wolkenstand und Tageszeit, im Freien oder unter Bäumen, ganz erheblichen Schwankungen unterworfen sein. Außerdem gibt es noch die indirekte Beleuchtung durch den Himmel und das von benachbarten Körpern abgestrahlte Reflexlicht. Auch das transmittierende Medium, also in der Regel die Luft, unterliegt Schwankungen je nach Sonnenstand und atmosphärischen Bedingungen.

Dennoch aber gelingt es uns unter normalen Wahrnehmungsbedingungen in erstaunlichem Maße, die Lokalfarbe der Gegenstände zu erkennen und zu memorieren. Ein Briefkasten erscheint uns ebenso gelb im rötlichen Morgenlicht wie unter dem gelblichen Licht der Mittagssonne, genauso gelb im Schatten, wenn er nur das indirekte bläuliche Licht des Himmels erhält, aber auch unter Bäumen, wo ihn vorwiegend das grünliche Reflexlicht erreicht. Wir können bei uns vertrauten Menschen erkennen, ob sie blass aussehen oder nicht, obwohl der dabei bemerkte Wechsel der Reflektanzeigenschaften der Haut um ein Vielfaches geringer ist als die Schwankungen in der Beleuchtungssituation während eines Tages. Wie also kommen wir zur Überzeugung, dass die Banane vor uns reif ist und es sich nicht um ein unreifes, grünliches Exemplar im langwelligen Abendlicht handelt? Wie können wir ein weißes Blatt Papier im Schatten als weiß identifizieren und von einem grauen Karton im Licht unterscheiden? Auf welche Weise kann der Anteil der jeweiligen Lichtquelle und der des transmittierten Mediums »herausgerechnet« werden? Wie unsere Wahrnehmung das zustande bringt, ist ein ausgesprochen komplizierter Vorgang, den die Forschung erst langsam zu verstehen beginnt. Es scheint auch, dass die von der Wahrnehmung schließlich erzielte Farbkonstanz nicht in einem Schritt erzielt wird, sondern mehrere Prozesse beteiligt sind. Unter anderem spielt auch eine Rolle, ob konkrete Gegenstände, deren typische Farben bekannt sind, erkannt werden oder nicht.

Nun besteht das Problem für die Wahrnehmung darin, wie jeder weiß, der einmal versucht hat, ein realistisches Bild zu malen, dass wir die Lokalfarben, die wir fest abgespeichert haben, nur in den seltensten Fällen auch wirklich sehen. Alle Gegenstände um mich herum sind zumindest nach Licht und Schatten abgestuft und ich hätte große Mühe festzulegen, welche der Seiten gerade am ehesten ihrer Lokalfarbe entspricht. Ist es die Lichtseite, der Halbschatten oder die Schattenseite? Es gibt, wie angedeutet, zusätzlich noch eine ganze Reihe anderer Faktoren, die das aktuelle Aussehen der Gegenstände beeinflussen, sodass demnach das Herausfiltern einer Lokalfarbe eine Idealisierung oder Abstraktion bedeutet. Bei ihr handelt es sich um die Feststellung einer Invarianz. Weil diese Abstraktion oder Konstanzleistung in einem bloßen Apparat wie einer Kamera unterbleibt, können wir aus Farbfotos nur unzureichend auf die jeweils abgebildeten Farben schließen. Würden wir aus einem Farbfoto ein Stückchen eines abgebildeten Kleiderstoffes ausschneiden, um die ursprüngliche Farbe danach zu bestimmen, so würden wir unser »blaues Wunder«

erleben. Fotografen ist es geläufig, dass sie auf die Lichtstärke wie auch die Farbcharakteristik der jeweiligen Beleuchtung eingehen müssen, denn ihr Apparat weist keine Mechanismen zur Herstellung von Farbkonstanz auf. Sie benutzen Mittel wie Belichtungsmesser, Blenden und Filter, um diesen Mangel auszugleichen.

Schaffen wir Bedingungen, in denen lediglich ein isolierter Lichtreiz ins Auge gelangt, indem wir, wie beim Öffnungsmodus beschrieben, durch eine enge Röhre aus schwarzem Karton gucken, so reagiert die Wahrnehmung tatsächlich einer Kamera vergleichbar und kommt zu einer Farbempfindung, die gut mit der spektralen Zusammensetzung des jeweiligen Reizes korrespondiert. Im Öffnungsmodus der Farbe wird sie eben nicht als von einer relativ nahen, gegenständlich interpretierbaren Oberfläche stammend konkret räumlich erlebt, weshalb die Farbkonstanz auf einer Relation beruht. Kann eine solche Relation nicht hergestellt werden, bleibt die Farbkonstanz aus. Das archetypische Beispiel dürfte der blaue Himmel darstellen.

Den Gegensatz dazu bildet der Modus der Oberflächenfarbe, der mit der Farbkonstanz verknüpft ist. Allerdings entscheiden nicht die tatsächlichen Verhältnisse darüber, sondern wie die Wahrnehmung sie konstruiert, ob wir etwas im Öffnungsmodus oder als Oberflächenfarbe wahrnehmen. So kann ein begrenztes Stück Oberfläche durch ein exakt ausgerichtetes Spotlight (das dem Betrachter verborgen ist) als selbst leuchtend erscheinen. Der (nach dem Psychologen Adhemar Gelb benannte) Gelb-Effekt ist geeignet, dies zu illustrieren: Ein schwarzes Papier, das von einer verborgenen Lichtquelle beleuchtet wird, sieht weiß aus. Weil wir sein Licht nicht mit anderen reflektierenden Oberflächen in seiner Umgebung vergleichen können, erscheint uns deshalb der Mond im Öffnungsmodus als eine weißliche Lichtquelle, obwohl er aus dunkelgrauem Gestein besteht, das lediglich (zu einem kleinen Teil) empfangenes Licht zurückstrahlt. Die Wahrnehmung behandelt ihn als Flächenfarbe und hält ihn für selbst leuchtend. Die unausrottbare Neigung der Wahrnehmung, Farbedrücke auf räumlich eingeordnete Oberflächen zu beziehen, kann auch das Emmert'sche Gesetz (nach dem deutschen Psychologen Emil Emmert, der dieses Gesetz 1881 beschrieben hat) verdeutlichen. Starren wir etwa eine Minute unverwandt auf einen starkfarbigen Fleck und blicken anschließend auf eine neutrale Fläche, so sehen wir natürlich das bekannte Nachbild in der Komplementärfarbe. Dieses aber erscheint uns größer, wenn wir es auf der Zimmerwand sehen, und kleiner, wenn wir als neutrale Projektionsfläche ein Blatt Papier nehmen.¹

Die menschliche Wahrnehmung verfügt offenbar bei der Festlegung auf eine Lokalfarbe über mindestens einen Konstanzmechanismus, der es uns erlaubt, trotz der ständig wechselnden Wahrnehmungsbedingungen so etwas wie unveränderliche Oberflächeneigenschaften von Objekten festzustellen. Die Wichtigkeit der Unterscheidung zwischen soliden Oberflächen und Öffnungen wird am besten klar, wenn man sich die biologische Aufgabe der Wahrnehmung vor Augen hält. Nehmen wir einen einfachen Fall, eine Welt, in der alle Oberflächen einheitlich sind, sagen wir aus Gips bestehen, die das Licht gleichmäßig streuen und immer den gleichen Anteil des auftreffenden Lichtes reflektieren. In einer solchen Welt geben die beobachtbaren Helligkeitsunterschiede stets Hinweise auf die Neigung der jeweiligen Oberfläche in Bezug auf die herrschende Lichtquelle wie auch auf den Betrachter. Eine solche idealisierte Wahrnehmungs-Welt, zu deren Veranschaulichung wir uns einen klassizistischen weiß gestrichenen Innenraum voller Gipsabgüsse denken können, lässt die räumlichen Bezüge, die Volumina und Zwischenräume, plastisch und ohne Verunklärung durch andere Rücksichten in Erscheinung treten, was – nebenbei bemerkt – den Vorstellungen der Kunsttheorie jener Zeit durchaus entsprach. Leider ist die Wirklichkeit komplizierter als eine solche idealisierte Situation, denn die Oberflächen der Objekte haben verschiedene Reflektanzeigenschaften, d. h., sie strahlen bei gleicher Beleuchtung unterschiedlich viel Licht, auch unterschiedliches Licht, und auf unterschiedliche Weise zurück, sie können sich, selbst wenn wir im Augenblick von der eigentlichen Farbwahrnehmung absehen, immer noch zwischen Weiß, Grau oder Schwarz bewegen und matt oder glänzend sein.

Wie bereits gesagt, besteht physikalisch gesehen zwischen Licht, das von einer weißen, im Halbschatten liegenden Fläche stammt, und dem einer grauen, die besser beleuchtet ist, kein Unterschied. Damit unsere affenartigen Vorfahren eine dunkle Öffnung nicht mit einem schwarzen Ast verwechseln, den sie zu ergreifen suchen, oder ein schwarzes Raubtier für einen Schatten halten, was ihre Überlebenschancen zweifellos beeinträchtigen würde, muss die Wahrnehmung also irgendwie solide Oberflächen von Schattierungen und Öffnungen zu unterscheiden lernen, muss, physikalisch gesprochen, die unterschiedlichen Reflektanzen von Oberflächen von bloßen Luminanzgrenzen unterscheiden. Diese Aufgabe ist keineswegs einfach. Die bestentwickelten Computerprogramme sind zur Objekterkenntnis aus Helligkeitsunterschieden noch nicht in der Lage, auch wenn sie nur eine vereinfachte künstliche Welt zu erkennen haben. Dass die

menschliche Wahrnehmung (auch bei Rot-Grün-Blinden) dies in der Regel schafft, ist klar, nicht aber, wie. Gewisse Annahmen über die physische Welt, etwa dass es nur eine oder möglichst wenige Lichtquellen gibt, dass Schattengrenzen eher diffus und allmählich verlaufen, während Reflektanzgrenzen zu abrupten Änderungen neigen, dürften eine Rolle spielen. Objekte können einander verstellen, sodass ein T-förmiges Zusammenstoßen von Konturen Hinweise gibt, was vorne und hinten liegt. Eine weitere Annahme unserer Wahrnehmung besteht darin, die Lichtquelle oben anzunehmen. Es scheint, dass das Farbsehen – und zwar bereits bei Dichromaten – bei der Entdeckung von Oberflächenfarben hilfreich ist. Oberflächenfarben geben Auskunft über Reflektanzen, während wir Lichtquellen oder Farbeindrücke, die wir nicht konkreten Oberflächen zuordnen können, empfindungsmäßig einem anderen Modus zuweisen.

Für das Erkennen von Oberflächenfarben ist also der Vergleich mit der Umgebung von zentraler Bedeutung. Wenn die Lichtquelle nämlich ihren Charakter ändert, so ändert sich gleichzeitig das von allen Objekten einer Szenerie reflektierte Licht im selben Sinn, sodass die jeweiligen Relationen zueinander gewahrt bleiben. Ähnliches gilt, wenn ein Schatten auf mehrere Objekte fällt. Dass eine Schattengrenze mit einer Reflektanzgrenze übereinstimmt, wäre ein Zufall. Da die Lichtquelle der Sonne nicht punktförmig ist, sie weist von der Erde aus gesehen einen Durchmesser von $0,5^\circ$ auf, sind Schattengrenzen typischerweise verwischt und bestehen aus einer Übergangszone von Halbschatten. Dagegen neigen Objektgrenzen bzw. Grenzen von Reflektanzen auf einer Oberfläche zu eher abrupten Verläufen. Die Wahrnehmung eliminiert also, so gut es geht, die Besonderheiten der zufällig herrschenden Beleuchtung, um die beschriebene Farbkonstanz zu erzielen.

Nun ist die beschriebene Farbkonstanz andererseits aber auch nicht vollkommen. Die im künstlichen Licht des Kaufhauses gekaufte Krawatte kann sich bei Tageslicht als doch nicht passend zu Anzug und Hemd erweisen, die entfernten blauen Berge verwandeln sich beim näher Kommen in grüne, bewaldete Hügel und ein bloßer Sonnenfleck auf unserem Weg entpuppt sich vielleicht doch als ein dreidimensionaler heller Stein. Die Leistungen der Farbkonstanz unterliegen gewissen natürlichen Grenzen und entwickeln sich beispielsweise nur, wenn das Licht einigermaßen gleichmäßig aus Wellenlängen eines breiten Frequenzbandes zusammengesetzt ist, sowie bei nicht übermäßig starker oder schwacher Lichtstärke. Vor allem wenn zwei (oder mehrere) unterschiedliche Lichtquellen beteiligt sind, was unter

natürlichen Umständen allerdings nur dann eintritt, wenn direktes Sonnenlicht mit dem indirekten Licht des blauen Himmels konkurriert, ist der Mechanismus der Farbkonstanz überfordert. So beruht die bekannte und immer noch schlagende Demonstration der farbigen Schatten, die Otto von Guericke 1672 beschrieben hat (und die durch Goethes Farbenlehre bekannt geworden ist), auf der Verwendung zweier Lichtquellen mit unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung. Dies gilt auch unter natürlichen Verhältnissen, da, wie schon Leonardo feststellte, die Lichtquelle, die den Schatten verursacht, ihn selber eben nicht erreicht. Die Schattenzone muss von woanders her ihr Licht erhalten, beispielsweise als Reflexlicht, das aber die Farbe der abstrahlenden Flächen angenommen hat, oder es handelt sich um indirektes Licht vom Himmel. Aber auch im normalen, natürlichen Bereich des Sonnenlichts kann es zu mehr oder weniger starken Differenzen kommen. So ist das Phänomen der farbigen Schatten abhängig von der herrschenden Lichtart. Ist das Sonnenlicht beispielsweise in der Abenddämmerung ausgeprägt in den warmen Bereich verschoben, so weist die Strahlung des umgebenden blauen Himmels entsprechend ein Übergewicht im kalten Bereich auf. Was vom direkten Sonnenlicht erhellt wird, dürfte eher gelblicher aussehen als die Schattenzonen, die ja immer noch kurzwelligeres Licht vom Himmel empfangen. Ist der Himmel bewölkt, sodass nur diffuses Licht die Erdoberfläche erreicht, gibt es auch keine ausgeprägten Schatten.

Dass die Farbkonstanz nicht so perfekt ist, wie sie technisch gesehen sein könnte, macht biologisch gesehen auch Sinn, denn einmal ist es ja auch manchmal nützlich, Änderungen des Zustands der Atmosphäre, der Beleuchtung und des Himmels zu erkennen, zum anderen kann es sinnvoll sein, doch einmal die Aufmerksamkeit auf Schatten, Öffnungen, Reflexlichter und andere flüchtige Erscheinungen zu richten. Da der Winkel der Sonne zum Horizont mit verantwortlich für die Zusammensetzung des Lichts ist und die herannahende Dämmerung bemerkt werden sollte, ist eine perfekte Farbkonstanz für Lebewesen wie die Primaten wahrscheinlich gar nicht erstrebenswert. Wie so oft bietet die Wahrnehmung eine Art Designkompromiss unter Berücksichtigung evolutionär erworbener statistischer Annahmen. Vielleicht deshalb und zur Kompensation der dabei unvermeidlichen Irrtümer hängen manche der Kontrastphänomene bei Farbempfindungen von der Gerichtetheit der Wahrnehmung ab. Man kann zu einem gewissen Grade trainieren, die Aufmerksamkeit auf farbige Schatten und Reflexe, Kontrastphänomene (oder Kanten oder Valeurs oder noch andere Elemente der Wahrnehmung) zu richten.

Monets Serie von Ansichten der Kathedrale von Rouen wäre ein Beispiel für eine willentliche Reduktion der Farbkonstanz bei einem Künstler, der damit die Aufmerksamkeit auf die Änderung der atmosphärischen Bedingungen während eines Tages lenkt. Da der Bau praktisch monochrom ist und nur aus einer Steinsorte besteht, sind sämtliche wahrnehmbare Farbunterschiede allein auf die Beleuchtungssituation zu beziehen. Sie wird vom Künstler übertrieben und gewissermaßen karikiert. Ein solches Training, automatische Leistungen der Wahrnehmung zurückzunehmen, ist natürlich keineswegs frei von historischen und kulturellen Komponenten.

Was passiert, wenn die Wahrnehmung die Zuordnung von Farbeempfindungen zu Objekten wegen der obwaltenden Umstände nicht leisten kann? Das kommt nicht nur in künstlichen Laborbedingungen vor, für die unsere Wahrnehmung nicht eingerichtet ist, sondern auch gelegentlich in der Natur selbst. Zunächst ist dazu zu sagen, dass auch dann die Farbeempfindungen zumindest nach ihren Richtungen situiert werden. Wir wissen immer, wo in unserem Gesichtsfeld wir einen Farbreiz haben, auch wenn uns seine räumliche Ortung nicht gelingt. Solche Farbreize, die wir als Farben im Öffnungsmodus sehen bzw. die in der Terminologie von David Katz als Film- oder Flächenfarben bezeichnet werden, haben also einen Ort in der Fläche, aber nicht im Raum. Wenn uns keine klare räumliche Orientierung gelingt, wenn Objekte nicht als Objekte isolierbar sind, dann sind wir auch nicht imstande, ihnen Oberflächenfarben zuzuordnen. Manchmal lässt sich beobachten, wie eine Farbeempfindung ihren Charakter ändert, sobald wir sie einem endlich erkannten Körper zuschreiben, und es gelingt uns nicht mehr, diese Änderung willentlich rückgängig zu machen. Als Faustregel mag gelten, dass beim Vorliegen von mehr als einer Lichtquelle der Mechanismus der Farbkonstanz überfordert ist. Aber auch im Fernblick wird die Farbkonstanz nicht aufrechterhalten. Ein Tannenwald in der Nähe und einer auf einem entfernten Hügel haben für uns verschiedene Farben, obwohl wir wissen, dass es sich um die gleiche Art Bäume handelt. Nicht selten stellt sich dann das Gefühl der Entrückung ein, ist der Bezug zur Umgebung, zum Raum, zu greifbaren Oberflächen gestört. Viele künstlerische Arbeiten, die auf der spezifischen Farbbehandlung beruhen, beziehen ihre Wirkung aus einer solchen Behinderung der Leistungen der Farbkonstanz.

Anmerkung:

- 1 Vgl. Dale Purves und R. Beau Lotto, *Why we see what we do: an empirical theory of vision*, Sunderland, Massachusetts, 2003, S. 39.

Die Evolution des menschlichen Farbsehens

Die photische Situation auf der Erde und das Farbsehen

Farbe ist kein physikalisches, sondern ein biologisches Phänomen, wenn es auch auf physikalische Gegebenheiten rekurriert. Ihre Wahrnehmung dient dazu, biologisch wichtige Information aus unserer Umgebung zu beziehen. Eine ganze Reihe von Lebewesen, die – wie die Bienen – uns nicht einmal sehr ähnlich sind, verfügt über die eine oder andere Form von Farbwahrnehmung, während unter den Säugtieren nur die großen Affen und Menschenaffen der alten Welt Farben auf eine Weise sehen, die mit der unseren vergleichbar ist. Jedenfalls sind wir nicht die ersten und einzigen Lebewesen, die über das Sehen verfügen und Farben unterscheiden können, was eine Reihe tief greifender Konsequenzen hat. Sie werden in einem späteren Kapitel thematisiert. Hier soll es zunächst nur um die Evolution unserer Farbwahrnehmung gehen.

Wir gehören zu den Trichromaten, da es in unseren Augen drei Rezeptortypen – die sogenannten Zapfen – gibt, mit denen wir drei unterschiedliche Bereiche des sichtbaren Lichts miteinander vergleichen und auseinanderhalten können. Sie werden gängigerweise als L-Zapfen, M-Zapfen und S-Zapfen bezeichnet, wobei L für *long* steht, M für *middle* und S für *short*, was die Wellenbereiche ihrer maximalen Empfindlichkeit angibt. Der vierte Rezeptortyp im menschlichen Auge, die Stäbchen, dient dem Sehen bei sehr schwachem Licht, wo die drei Sorten von Zapfen inaktiv sind. Mit ihnen allein können keine Vergleiche angestellt und deshalb keine Farben unterschieden werden: »Nachts sind alle Katzen grau.« Hunde oder Rinder dagegen sind – wie die meisten Säugetiere – nur imstande, zwischen lang- und kurzwelligem Licht zu unterscheiden, da sie (neben den Stäbchen) nur über zwei spezialisierte Zapfen-Rezeptoren im Auge verfügen (man spricht von Dichromaten), wohingegen Tauben und viele andere Vögel deren vier aufweisen und entsprechend zu den Tetrachromaten zählen. Andere Säugetiere wie die Delfine sind sogar nur Monochromaten und können mit ihrer einen Sorte von Zapfen überhaupt keine Farben unterscheiden. Dagegen haben, wie schon ihr buntes Gefieder zeigt, Vögel in der Regel eine sehr gute Farbwahrnehmung. Gegen-

über der Farbwahrnehmung beim Menschen sind sie zumeist imstande, auch Licht im ultravioletten Bereich noch zu erkennen, was etwa Falken dazu verhilft, Feldmäuse anhand ihrer (für Säugetiere unsichtbaren) Urinspuren zu jagen.¹ Da im Bereich der Primaten insbesondere die Farbwahrnehmung der Makaken der unseren recht ähnlich ist, stammen übrigens viele der Erkenntnisse aus Untersuchungen an ihnen. Allerdings gibt es inzwischen eine sprunghafte Entwicklung an sogenannten nicht-invasiven Techniken, mit denen Gehirnzustände bei Menschen in vivo untersucht werden können, sodass Experimente mit Tieren in wachsendem Ausmaß verzichtbar sind. Tiere leben wahrnehmungsmäßig also in sehr unterschiedlichen Welten und ihre Sinne sind dem Habitat angepasst, das sie besetzen. Auch das Farbsehen sollte als eine Adaption verstanden werden. Grundsätzlich ist noch zu sagen, dass Gehirne nicht einfach passiv aufnehmen, was ihnen in der Welt begegnet, sondern sie mit Körpern verbunden sind, die handeln müssen und die Konsequenzen ihrer Handlungen erleiden. Sie lernen aus den Erfahrungen, die ihre Körper machen. Ohne Handlungen gibt es kein Lernen.

Bleiben wir zunächst bei der Außenwelt. Die Sonne, von der anerkanntermaßen das Leben auf unserer Erde abhängt, sendet regelmäßig eine Unmenge elektromagnetischer Strahlungen aus, von denen ein gewisser Teil die Erde erreicht, ein kleinerer Teil davon die Atmosphäre durchdringt, sodass zumindest tagsüber, da alle sichtbaren Körper wenigstens einen kleinen Teil dieser Strahlung reflektieren, es kaum eine Stelle auf der Erdoberfläche gibt, wo nicht solche elektromagnetischen Strahlen vorkommen. Die von der Sonne ausgehenden Photonen (respektive in anderer Beschreibungsweise: elektromagnetischen Wellen) bzw. der die Erdoberfläche erreichende Teil bilden das Energiereservoir, aus dem die Pflanzen ihre Fotosynthese speisen. Nun finden wir am Erdboden nicht jede der möglichen elektromagnetischen Wellen, deren Wellenlängen von mehreren Kilometern bis zu wenigen Nanometern reichen können, im gleichen Umfang vor, sondern es gibt ein deutliches Maximum in dem Bereich, den wir als (sichtbares) Licht bezeichnen, und da wieder in einem Bereich um die 540 nm. Der Teil, der für Menschen sichtbar ist, d. h. elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge zwischen circa 400 und 700 nm, bildet also auch den Hauptanteil der ankommenden Strahlung. Durch einen glücklichen Zufall sind das gerade die Wellenlängen, die mit den Dimensionen der Atome und Moleküle und Elektronenhüllen gut korrespondieren, sodass bei der Interaktion von Licht und Materie interessante Phänomene auftauchen. (Zur Erinne-

rung: Ein Nanometer hat die Länge von 10^{-9} m, während ein Wasserstoffatom einen Durchmesser von circa 10^{-10} m aufweist. Die Wellenlängen des sichtbaren Lichts liegen daher im Bereich recht großer Moleküle, wie sie im organischen Bereich vorkommen.) Radiowellen z. B. haben zu wenig Energie, um viel Wechselwirkung mit den Atomen entfalten zu können, während Gamma-Strahlen so energiereich sind, dass sie Materie leicht durchdringen bzw. beim Zusammenstoß mit organischen Molekülen diese häufig zersetzen. Die Tatsache, dass auch andere Lebewesen nicht sehr viel weiter als wir im Infrarot-Bereich oder auch dem Ultraviolett-Bereich sehen können, spricht gleichfalls dafür, dass dieser Bereich des sichtbaren Lichts biologisch am relevantesten ist. Anstatt lediglich zu einer Erwärmung zu führen, können absorbierte Photonen aber auch chemische Reaktionen auslösen wie bei der Oxydation einer Silberschicht, was Fotografen ja gut bekannt ist. Es ist also verständlich, dass das für das Leben auf der Erde wichtigste Molekül, das Chlorophyll, eben gerade elektromagnetische Wellen etwa im Bereich des sichtbaren Lichts absorbieren kann, was in der Folge mittels des Fotosynthese genannten Prozesses zur Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie führt. Dabei wird aus Kohlendioxyd und Wasser Zucker gebildet und Sauerstoff freigesetzt. In einem rückläufigen Prozess ›verbrennen‹ Tiere diesen Zucker und gewinnen daraus die dem Sonnenlicht entstammende Energie zurück, die sie für ihre Lebensvorgänge nutzen, wobei sie wieder Wasser und CO_2 erzeugen.

Ohne Licht gäbe es kein Leben, wie wir es kennen. Gewisse Moleküle können Photonen in einer Weise absorbieren, die zum Umbau ihrer räumlichen Anordnung führt und damit katalytisch chemische Prozesse in Gang setzen, von denen manche über komplizierte Zwischenstufen eben zur Selbstreproduktion führen und letztlich das Leben ausmachen. Solche Moleküle reagieren aber nicht auf jede elektromagnetische Welle bzw. jedes Photon, sondern gezielt auf solche, die gerade die richtige Energiemenge zum Auslösen der für sie typischen Prozesse aufweisen. Man kann daher – und tut dies auch – die Mikroalgen, die zu den elementarsten Lebensformen zählen, nach den für sie typischen Farben einteilen, denn sie wirken wie ein Pigment, indem sie gezielt Photonen einer bestimmten Energie (Licht einer gewissen Wellenlänge) absorbieren. Die charakteristische grüne Farbe des Chlorophylls beruht z. B. darauf, dass dieses Molekül Licht mittlerer Wellenlänge nicht absorbiert, sondern reflektiert, während es sowohl kurzwelliges als auch langwelliges Licht absorbiert. Die selektive Empfindlichkeit für Licht bestimmter Wellenlängen (respekti-

ve Photonen bestimmter Energie) bildet daher einen elementaren Bestandteil des Lebens: Licht verschiedener Energie und darauf gezielt reagierende Moleküle gehören untrennbar zum Leben. Insofern beruht und beruht das Leben schon dann auf Farben bzw. der Selektivität für Licht verschiedener Wellenlänge (oder Photonen verschiedener Energie) bei bestimmten Molekülen, lange bevor es Augen gab, sie zu sehen. Andererseits, sobald das Farbensehen sich bei einem Lebewesen herausbildet, findet es diese biologischen Gegebenheiten vor. Lebewesen, die das Farbensehen entwickelt haben, können die Information, die beispielsweise darin liegt, dass absterbendes Chlorophyll sein Absorptionsverhalten ändert und nicht mehr bevorzugt Licht von 540 nm reflektiert (für uns: grün), nutzen, um vielleicht frisches Grün von trockenem zu unterscheiden oder reife Früchte von unreifen. Dazu passt, dass die Sehpigmente in unseren Augen, die sogenannten Opsine, sich als chemisch eng verwandt mit solchen für die Fotosynthese geeigneten Molekülen wie dem Chlorophyll erweisen. Da die Aufgabe ähnlich ist, nämlich Photonen einer bestimmten Energie »einzufangen«, die bestimmte elektrische und chemische Prozesse in Gang setzen, die wiederum nachgeschaltete Zellen beeinflussen, ist dies auch nicht verwunderlich.² Der Zusammenhang von Farbe und Leben, wie er so oft von Dichtern beschworen wurde, erhält somit ein gewisses Fundament in sachlichen Gegebenheiten.

Wie man inzwischen aus Untersuchung der beteiligten Gene weiß, ist es im Verlauf der Evolution zwar vermutlich nicht mehrfach zur Entwicklung des Sehens und auch des Farbensehens gekommen, aber es haben sich in unterschiedlichen Gattungen und Arten sehr unterschiedliche Formen von Augen sowie von Sehpigmenten herausgebildet.³ Wie erwähnt, verfügen die Bienen sowie viele Fische und fast alle Vögel über ein spezifisches Farbensehen und es gibt noch weitere Besonderheiten bei einzelnen Arten. Es zeigt sich, dass die höchst unterschiedlichen Farbwahrnehmungsvermögen der Tiere jeweils präzise an ihre Umweltbedingungen angepasst sind. Es macht beispielsweise wenig Sinn, uv-Licht wahrnehmen zu können, wenn dies im gegebenen Lebensraum gar nicht vorkommt, was etwa für Fische zutrifft. Das Farbensehen des Menschen ist, im Gegensatz zu den meisten Säugetierarten, sehr gut ausgeprägt, wobei allerdings unter den Wirbeltieren die Säugetiere das Schlusslicht bilden. Wir teilen die genannte Fähigkeit des trichromatischen Farbensehens mit den meisten Affenarten unter den sogenannten Altweltaffen, während die sogenannten Neuweltaffen mit ihrem Lebensraum in Südamerika, die sich vor vielleicht 35 bis 40 Millionen Jahren von den gemeinsamen Vor-

fahren abgespalten haben, nur über ein reduziertes Farbunterscheidungsvermögen verfügen. Im Folgenden werden die Entwicklungen bei anderen Wirbeltieren und Insekten nur gestreift, wir interessieren uns vor allem für die menschliche Farbwahrnehmung. Damit kann man sagen, dass die Entwicklung zur vollständigen trichromatischen Farbsehen, wie es der Mensch aufweist, (wir verfügen – abgesehen von den Stäbchen – über drei verschiedene Arten von Rezeptoren, die jeweils für Licht verschiedener Wellenlänge besonders empfindlich sind, haben damit drei weitgehend unabhängige Parameter, was die Voraussetzung für die Bildung dreidimensionaler Farb Räume im Gehirn ist), offensichtlich erst nach der Trennung der Stammbäume von Altwelt- und Neuweltaffen erfolgt sein kann. Immerhin scheint sich auch bei manchen Neuweltaffen seitdem eine eigene Form des trichromatischen Sehens entwickelt zu haben bzw. zu entwickeln, interessanterweise nur bei den weiblichen Mitgliedern der Art, was auch ein Licht auf den Evolutionsdruck wirft, dem die Farbwahrnehmung unterliegt. So ist die räumliche Orientierung, die die Farbwahrnehmung eher entbehren kann, beim männlichen Teil der Menschheit, der in Stammesgesellschaften beim Jagen weiter umherstreifte, bekanntlich im Durchschnitt etwas besser ausgebildet, während das Sammeln im Kulturvergleich meist den weiblichen Angehörigen der Spezies oblag, die auch bei uns Menschen über die weniger störungsanfällige Farbwahrnehmung verfügen. (Natürlich liegt es mir fern, daraus normative Schlüsse über die erstrebenswerte Rolle von Frauen in menschlichen Gesellschaften abzuleiten. Dass es anatomisch aufweisbare Unterschiede in männlichen und weiblichen Gehirnen gibt und die Geschlechter für unterschiedliche Aufgaben unterschiedlich gut geeignet sind, dürfte aber nicht zu bestreiten sein.) Wie dem auch sei, optimale Farbwahrnehmung und optimale Sehschärfe oder auch Raumwahrnehmung sind nicht gleichzeitig zu haben.

Das Farbsehen gibt es nicht umsonst. Es muss bestimmte Aufgaben erfüllen, muss für das damit ausgestattete Lebewesen im gegebenen Habitat biologische Vorteile bringen, um die damit verbundenen Kosten aufzuwiegen. Offenbar bietet es eine Unterscheidungsmöglichkeit zusätzlich zu Form und Helligkeit und man kann, da wir auch mit Schwarz-Weiß-Filmen und Fotos ganz gut zurechtkommen, fragen, was diese zusätzliche Unterscheidungsmöglichkeit bringt. Welches sind also die Vorteile, die bei unseren Vorfahren die Ausbildung des Farbsehens begünstigten? Zur Beantwortung dieser Frage muss ein wenig weiter ausgeholt werden, denn auch Säugetiere, die nicht über das gleiche entfaltete trichromatische Farbsehen wie der Mensch

verfügen, haben in der Regel zumindest ein dichromatisches Farbsehen, besitzen also zwei verschiedene Arten von Rezeptoren, mit denen Unterschiede in der Wellenlänge des Lichts registriert werden können. Man geht davon aus, dass im Verlaufe der Evolution die Ur-Säugetiere, die vor gut 100 Millionen Jahren auftraten, an das Leben bei Nacht angepasst waren und in der Folge das bereits bei Reptilien vorhandene gut entwickelte Farbsehen eingebüßt haben. Nur die Beuteltiere Australiens haben dieses ursprüngliche Farbsehen der Reptilien anscheinend beibehalten.

In den Augen der Ur-Wirbeltiere war demnach zunächst nur ein Rezeptortyp (das Ur-Stäbchen) vorhanden, mit dem nur Hell-Dunkel-Unterschiede wahrgenommen werden konnten. (Die Empfindlichkeitsscharakteristik der Stäbchen im menschlichen Auge und des Lichtrezeptors im Froschauge sind nahezu identisch.) Daraus hat sich dann eine weitere Form, der Ur-Zapfen, entwickelt, der für das Sehen bei Tageslicht geeignet ist. Diese Sorte von Zapfen, die unseren S-Zapfen recht verwandt gewesen sein dürfte, hat sich dann vor circa 200 Millionen Jahren aufgespalten in eine Sorte, die für kurzwelliges Licht (von uns meist als blau wahrgenommen) empfindlich war (die direkte Vorform unserer S-Zapfen), und eine andere, die eher von langwelligem Licht, das wir heute im Spektrum dem gelbgrünen Bereich zuzuordnen würden, maximal erregt wird. Der Vorteil lag wahrscheinlich zunächst nur darin, dass der Bereich des sichtbaren Lichts dadurch erweitert wurde, während die Verrechnung der Information beider Zapfentypen sich erst später entwickelt hat. Das ist dann die Stufe der sogenannten Dichromaten, solcher, die eben nur zwei verschiedene Farben unterscheiden können. Bei Wirbeltieren haben sich dann daraus Tri- und Tetrachromaten entwickelt, während die Vorfahren der Säugetiere ihr Farbsehen zunächst rückgebildet haben, ehe sie dann in einem zweiten Anlauf es zumindest teilweise zurückgewonnen haben.

Warum es bei der Entwicklung des Farbsehen bei Wirbeltieren aus einer Phase, in der nur Hell-Dunkel-Unterschiede wahrgenommen werden konnten, zu einer Sensibilität für die Zusammensetzung des Lichts nach eher langwelligem oder kurzwelligem Anteil, denen wohl die Empfindungen gelb und blau (warm und kalt) zugrunde liegen, und warum dies den betroffenen Lebewesen biologische Vorteile bot, ist nicht mit Sicherheit zu beantworten. Einige Vermutungen können aber angestellt werden. Aufgrund physikalischer Gegebenheiten, unter denen der Rayleighschen Beugung an Molekülen besondere Bedeutung zukommt, enthält direktes Sonnenlicht eher langwellige Anteile

(und wirkt auf uns gelblich), während das indirekte, kurzwellige, vom Himmel abgestrahlte Licht uns eher bläulich erscheint. Deshalb ist der Himmel (für uns) blau und sehen Schatten, die nur indirekt vom Himmel beleuchtet werden, (für uns) eher bläulich aus. Die Unterscheidung von direktem Sonnenlicht und indirektem Licht ist mit zwei Zapfentypen für lang- und kurzwelliges Licht möglich und es leuchtet unmittelbar ein, dass dies biologisch sinnvoll ist.

Die ersten Säugetiere waren anscheinend kleine, nachtaktive Tiere, die den Spitzmäusen ähnelten, und es spricht viel dafür, dass sie vor allem über eine Art Vorform der Stäbchen im Auge verfügen haben. Nach dem Sauriersterben vor ca. 65 Millionen Jahren, als die Säugetiere sich ausbreiteten, haben letztere offenbar zunächst zusätzlich eine und dann zwei Arten Zapfen entwickelt oder wieder zurück entwickelt, mit dem Sehen bei Tageslicht möglich wurde. Unsere Vorfahren vor gut 35 Millionen Jahren verfügten also, ebenso wie viele andere Säugetiere, über eine Farbwahrnehmung, die in etwa der entspricht, die die meisten unter den sogenannten Rot-Grün-Blinden innerhalb der menschlichen Bevölkerung aufweisen. Genau genommen sind die meisten als farbenblind bezeichneten Menschen nicht wirklich farbenblind, sondern nur rot-grün-blind. Sie können immer noch unterscheiden, ob eher lang- und kurzwellige Anteile im wahrgenommenen Licht überwiegen, die sie empfindungsmäßig vermutlich nach gelb und blau sortieren. Man spricht vom Daltonismus, wenn Rot und Grün nicht unterschieden werden können, bzw. von Neuteranomalie, wenn eine geringe Effektivität des Rot-Grün-Kanals im Vergleich zum Gelb-Blau-Kanal vorliegt. Die geläufige assoziative Anmutung der Farben nach ›warm‹ oder ›kalt‹ auch bei uns Trichromaten verweist noch auf diese ursprüngliche Dimension der Farbempfindungen.

Nun ist langwelliges Licht für Menschen (und andere Säugetiere) gut verträglich. Es wird wegen der darin meist verstärkt enthaltenen Infrarotanteile über die Haut auch leichter als warm wahrgenommen, während das ultraviolette kurzwellige, bläulich wirkende Licht eher zerstörerisch wirkt. Im warmen, langwelligen Licht fühlen wir uns wohler. Unsere künstlichen Lichtquellen wie Glühbirnen enthalten erheblich mehr langwellige Anteile als das Tageslicht. Andererseits beurteilen wir in erster Linie nicht die Farben von Lichtquellen, sondern die von Objekten bzw. von deren Oberflächen. Was also bringt es für ein Lebewesen, gelbe oder blaue Oberflächen von weißen, grauen oder schwarzen zu unterscheiden? Man kann spekulieren, dass die uns Normalsichtigen grün erscheinende Vegetation für dichromatisch wahrnehmende Säugetiere wie für viele Rot-Grün-Blinde eher

gelblich aussieht. Für sie existiert ein sogenannter Neutralpunkt zwischen Gelb und Blau, den sie als farblos oder grau beschreiben. Da bei manchen Menschen die Rot-Grün-Blindheit auf nur ein Auge beschränkt ist, sodass sie Normalsichtigkeit mit Daltonismus vergleichen können, sind solche Vermutungen möglich. Die Verwandtschaft von Grau und Grün, die schon Goethe konstatierte und Kandinsky übernahm, dürfte also einer älteren Phase der Farbwahrnehmung entstammen, in der zwischen Rot und Grün nicht unterschieden werden konnte. Wasserflächen, in denen der blaue Himmel sich spiegelt, dürften dagegen von erheblicher ökologischer Bedeutung sein. Es leuchtet auch ein, dass Unterschiede nach kalt/blau und warm/gelb für Pflanzenfresser den Feuchtigkeitsgehalt der Nahrung indizieren können. Früchte sind eher im warmen, gelben Bereich zu finden und Haut oder Fell von Artgenossen und anderen Tieren ebenfalls. Kalte Farben weisen lebende Säugetiere jedenfalls in ihrem Äußeren nicht auf. Das Blau der Augen bei manchen Europäern beruht nicht auf einem blauen Pigment, sondern auf der Wirkung eines trüben Mediums vor Dunkelheit.

Wahrscheinlich aber liegt der wesentliche Vorteil gar nicht so sehr im Auseinanderhalten von langwelligem und kurzwelligem Licht, das von Oberflächen reflektiert wird. Ein weiterer Evolutionsdruck könnte dadurch entstanden sein, dass die spektralen Änderungen des Lichts im Tagesverlauf zu kompensieren waren. Monochromate können nämlich keine korrekten Helligkeitsempfindungen bilden. Wie im Abschnitt über Farbkonstanz ausgeführt wird, bietet ein dichromatisches Sehen große Vorteile, wenn es darum geht, Reflektanzen von Luminanzen (= wahrgenommenen Helligkeiten) zu unterscheiden, also beispielsweise ein massives Objekt von einem Beleuchtungsphänomen wie dem Schatten, sodass die räumliche Wahrnehmung gegenüber Monochromaten entscheidend verbessert wird. Oberflächen erscheinen verschieden hell je nach Winkel, in dem sie vom Licht getroffen werden, sodass ein helles, verschattetes Objekt und ein dunkleres, das mehr Licht empfängt, in der wahrgenommenen Helligkeit gleich sein können. Diese beiden Fälle muss die Wahrnehmung aber unterscheiden. Wir können davon ausgehen, dass das Auseinanderhalten von Hohlräumen, Schatten oder Lichtreflexen einerseits und festen Ästen andererseits biologisch relevant ist. Derjenige Bäume bewohnende Affe, der ständig ins Leere griff, gehört wohl nicht zu unseren Vorfahren. Für dieses evolutionäre Entwicklungsschema spricht übrigens auch, dass die meisten Farbenblinden Weiß wie Normalsichtige sehen, was nicht der Fall wäre, würden sie Weiß lediglich so bilden,

wie es unsere Schulbücher behaupten, nämlich nur bei ausgewogener Reizung aller drei Rezeptortypen.

Die Entwicklung der Trichromasie

Nehmen wir, um biologisch zu argumentieren, die Situation eines belaubten Baumes, wie er zum Habitat unserer Vorfahren gehört haben mochte. Wir sehen viel Grün, das alle Werte zwischen Hellgrün und Schwarz annehmen kann, sehen den Stamm, Äste und Zweige, vielleicht dazwischen den blauen Himmel. (Auch Dichromaten können die Farbe der Vegetation und die des Himmels unterscheiden.) Es gibt direktes und indirektes Licht, durchscheinende Blätter im Gegenlicht und häufig sogar glänzende Stellen vorwiegend an den Blatträndern, wo es zu einer Spiegelung des Sonnenlichts kommt. Die einzelnen Blattformen mit ihren Lichtern, Schattenzonen und Glanzlichtern sind von den Ästen und Zweigen vor allem wegen der Form zu unterscheiden. In einer solchen Umgebung Früchte, insbesondere reife Früchte, allein an ihrer Form zu erkennen, ist nicht eben einfach (Abb. 1). Der gängige Test für Farbenblindheit, der sogenannte Ishihara-Test, funktioniert übrigens genau nach diesem Prinzip. Zufällig verteilte hellere und dunklere Flecken können nur im Rückgriff auf farbige Unterscheidungen von der Wahrnehmung zu einer Figur auf einem Grund organisiert werden.

Wenn wir uns einmal in die Lage des Baumes versetzen, der Vorteile davon hat, wenn seine Früchte von Affen verzehrt werden, was den darin enthaltenen Samenkörnern eine bessere Verbreitung sichert, so empfiehlt es sich für ihn, diese Früchte möglichst anlockend und erkennbar werden zu lassen, sodass sie aus der geschilderten Umgebung herausstechen. Der Vorgang der parallelen Ausbildung von auffälligen Fruchtfarben und trichromatischem Farbensehen, das diese Auffälligkeit auch erkennt, bei unseren Vorfahren ähnelt dem bei Pflanzen, die auf Bestäubung durch Bienen setzen und ihre Blüten für letztere auffällig und attraktiv gestaltet haben. Alles außer Grün war erlaubt, solange die Bienen die Blüten gut erkennen können. Deren Farbensehen stimmt jedoch nicht mit dem menschlichen überein. Sie verfügen über einen Rezeptor im Bereich von 340 nm (Bienenpurpur), haben aber keinen, der den menschlichen L-Zapfen entspricht. Viele Blüten reflektieren daher bevorzugt für Menschen unsichtbares UV-Licht. Setzen die Pflanzen dagegen auf eine Befruchtung durch den Wind, können ihre unscheinbaren Blüten natürlich grün bleiben. Für uns ist Rot die auffälligste Farbe und entsprechend haben manche



Abb. 1: Farbe hilft beim Auffinden biologisch wichtiger Objekte

Pflanzen, die auf Verbreitung durch Primaten setzen, gelernt, ihre reifen Früchte im rötlichen Bereich auszubilden. Denn auch die Pflanzen profitieren von der entwickelten Wahrnehmungsleistung ihrer Kunden. Auch hier ist es eher so, dass wir gelernt haben, die Empfindung ›Rot‹ zu entwickeln, um die biologisch relevanten Früchte zu erken-

nen und attraktiv zu finden, als dass wir diese Früchte mögen, ›weil sie rot aussehen.

Es scheint, dass vor 35 Millionen Jahren, als einige unserer Primaten-Vorfahren zum trichromatischen Sehen übergangen, also einem Sehen, das im Rot-Grün-Bereich feinste Farbunterschiede erkennen kann, auch die Vorfahren unserer Bananenstauden, Apfel-, Birnen-, Aprikosen-, Orangen- und Zwetschgenbäume, um von anderen Früchten wie Ananas oder Trauben zu schweigen, sowohl das Fruchtfleisch zuckerhaltiger als auch die äußere Schale frei von Chlorophyll und damit gelblicher und rötlicher werden ließen. Man spricht von Ko-evolution.⁴ Reife Früchte in Büschen oder Bäumen zu finden ist für Menschen mit Rot-Grün-Blindheit eine schwierige Aufgabe. Unreife Früchte, die Tannin enthalten, sind für uns Menschen jedoch nicht bekömmlich und überreife Früchte entweder ungenießbar oder es gibt sie nicht mehr, da sie vorher schon von Fressfeinden geerntet wurden. Tannine sind Gerbstoffe, die viele Pflanzen entwickelt haben, um sich gegen das Gefressenwerden zu schützen. Die meisten Pflanzenfresser unter den Tieren haben sich inzwischen an diese Entwicklung angepasst und vertragen grünes Laub und unreife Früchte. Die Vorfahren der Menschen konnten dies ebenso wenig wie die heutigen Menschen. Sie waren auf den Verzehr reifer Früchte ohne Tannine angewiesen. Man kann sich leicht vorstellen, dass unsere äffischen Vorfahren, für die geeignete Früchte wegen ihrer Farbe herausstachen, einen gewissen Überlebensvorteil genossen. Nicht nur beim raschen und sicheren Auffinden der Früchte, auch bei der Beurteilung ihres Reifegrades war die Farbwahrnehmung von erheblichem Vorteil. Energiereichere Nahrung konnte wiederum für ein vergrößertes Gehirnvolumen genutzt werden etc. Menschliche Farbenblinde, genau genommen Rot-Grün-Blinde, übersehen leicht rote Dinge und weichen beim Früchtesammeln, wo sie deutlich schlechter als Normal-sichtige abschneiden, eher auf den Geruchssinn aus oder achten auf Texturen. Allerdings haben sie leichte Vorteile beim Sehen in der Dämmerung und man kann deshalb vermuten, dass sie in nördlichen Ländern, wo es zu sehr langen Dämmerungszeiten kommt, häufiger zu finden sein dürften als in Äquatornähe. Diese aus evolutionären Überlegungen abgeleitete Hypothese wurde inzwischen überprüft und bestätigt. Dennoch sind auch in Polargebieten über 90% der Bevölkerung voll farb-tüchtige Trichromaten, was den biologischen Nutzen dieser Art von Wahrnehmung unterstreicht.

Den Übergang vom dichromatischen zum trichromatischen Sehen kann man sich so vorstellen, dass der vormals ›gelbe‹ Bereich weiter

aufgespalten wird nach rot/grün. Dies war – wie erwähnt – vermutlich vor circa 35 Millionen Jahren der Fall, jedenfalls nachdem die Entwicklungslinien der Affen der alten und neuen Welt sich getrennt haben. Die Trichromatizität, dass wir (zusätzlich zu den S-Zapfen) anstelle nur eines Zapfens im langwelligen Bereich über deren zwei verfügen, die L- und M-Zapfen eben, hat sich innerhalb der Säugetiere nur bei den größeren Affen und Primaten der alten Welt ausgebildet. Sie bilden die phylogenetische Gruppe, der auch der homo sapiens angehört. Affen aus Südamerika (die Platyrrhinen) dagegen sind weiterhin Dichromaten, wenn sie nicht eine eigene interessante Form der Trichromasie ausgebildet haben, die jedoch auf die Weibchen beschränkt ist. Dass etwa zu diesem Zeitraum sich die entsprechenden Landmassen getrennt haben, stimmt gut mit dem geschilderten Befund überein. Es gibt im menschlichen Auge (und dem vieler Altweltaffen) neben den für die Detektion von kurzwelligem Licht (= ›blau‹) zuständigen Zapfensorten nunmehr zwei im langwelligen, ›gelben‹ Bereich, deren maximale Empfindlichkeit für unterschiedliche Wellenlängen des Lichts sich ein wenig unterscheidet. Nun wird das Erkennen der Früchte im grünen Laubwerk sowie die Beurteilung ihres Reifegrades durch die Rot-Grün-Differenzierung entscheidend verbessert. Nicht nur, dass Farbe die Zusammengehörigkeit von Objekten erkennen lässt, was die Trennung von Ziel (Früchte) und Hintergrund (Laub) erleichtert, sie sorgt auch für eine große perzeptuelle Auffälligkeit. Wenn man Menschen Aufgaben der Objekteinteilung nach Farbe, Form oder Funktion stellt, so wurde über alle kulturellen Grenzen hinweg gefunden, dass es eine klare Entwicklungsordnung gibt, bei der das Sortieren nach Farbe zuerst erscheint. Ohne diese Auffälligkeit, dieses Herausstechen aus einer andersfarbigen Umgebung, das in Bruchteilen einer Sekunde geleistet wird, wäre das Farbensehen von wenig bzw. deutlich geringerem Wert.

Wahrscheinlich aber sind die Vorteile des trichromatischen Sehens umfassender, als dass es uns allein beim Auffinden von Früchten behilflich ist. Eine Reihe von natürlich in Pflanzen vorkommenden Stoffen wie z. B. die Karotenoide, mit denen Vitamin A verwandt ist, sind für uns lebensnotwendig und wir erkennen sie dank unseres entwickelten Farbensehens anhand ihrer Farbe. Bei anderen dieser in Pflanzen vorhandenen auffälligen Moleküle handelt es sich um Antioxydantien, die damit für die Gesundheit von Bedeutung sind. Ein entwickeltes Farbensehen hilft, solche Stoffe zu finden. Dass die Rhodopsine (der Sehpurpur) im Auge chemisch mit den erwähnten Karotenoiden zusammenhängen, fügt dem noch eine bezeichnende Note

hinzu. Übrigens haben Pflanzen, schon lange bevor Primaten das trichromatische Sehen entwickelt haben, durch ihre Färbung Tiere zu einem Verhalten verführt, das ihnen nützt. Andererseits können Tiere, wie z. B. die Flamingos, wenn sie über die Nahrung Karotenoide aufnehmen, manchmal als sekundäre Folge selber eine rosa Färbung annehmen und damit für Artgenossen (die sogar Tetrachromaten sind) gesund und attraktiv erscheinen. Es scheint jedoch, dass Geruch und Geschmack, die anderen Mittel, mit denen die Pflanzen Tiere manipulieren können, nicht gleichzeitig mit einer Konzentration auf die Farbigekeit optimiert werden können. Die Produktion der prächtigen farbigen Oxykarotenoide verhindert in der Regel, wie Rosenzüchter wissen, dass die kleineren, für Geschmack und Geruch verantwortlichen Terpen-Moleküle in gleichem Umfang produziert werden. Dass wir Menschen gegenüber anderen Säugetieren eher visuell als olfaktorisch orientiert sind, stimmt damit gut überein. Die gewisse Emotionalität, der anziehende und zum Verzehr anregende Charakter, der von reifen Früchten und ihrer warmen Farbigekeit ausgeht, dürfte jedoch ähnlich wie der attraktive süße Geschmack zuckerhaltiger Früchte auf Resten instinktgesteuerten Verhaltens beruhen. Jedenfalls konnten unsere Vorfahren vor gut 35 Millionen Jahren eine biologische Umwelt vorfinden, in der farbige Signale von den unterschiedlichsten Lebewesen bereits vielfach genutzt wurden und eine Reihe wichtiger Moleküle wie Hämoglobin, Chlorophyll oder eben die Karotenoide gerade im Bereich von 500–700 Nanometern ein unterschiedliches Reflektanzverhalten zeigen, was den Nutzen einer Ausbildung oder Verfeinerung ihrer Farbwahrnehmung bei langwelligem Licht zweifellos vergrößert. Unsere subtile Unterscheidungsfähigkeit in diesem »warmen« Bereich kann demnach als Anpassung an eine gegebene Umwelt interpretiert werden.

Ein anderes Argument für die gegebene Ähnlichkeit von L- und M-Zapfen rührt von der Evolution her. Wir wissen dies aus Untersuchungen an Genen. Es ist inzwischen gelungen, die Gene, die für die Ausbildung der verschiedenen Opsine, den Hauptbestandteilen der Fotorezeptoren im Auge, zuständig sind, zu identifizieren. Sie enthalten viele membranartig übereinanderliegende Schichten aus Rhodopsin oder Sehpurpur. Rhodopsine wiederum bestehen aus dem Protein Opsin und aus Retinal. Die leicht verschiedenen Opsine sind für die unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Fotorezeptoren verantwortlich. Die relative Nachbarschaft oder Entfernung der einzelnen Gene voneinander gibt dabei ein Indiz für den Zeitraum an, in dem sie sich voneinander getrennt haben, ebenso wie das Maß an Übereinstim-

mung oder Abweichung in ihrem chemischen Aufbau. Die Gene für unsere ›roten‹ und ›grünen‹ Opsine, d. h. Teilen der L- und M- Rezeptoren im langwelligen Bereich, liegen nebeneinander nahe dem Ende auf dem langen Arm des X-Chromosoms (Xq28), haben sich also vor noch nicht allzu langer Zeit erst auseinander entwickelt, das ›blaue‹ Opsin-Gen der S-Zapfen dagegen liegt weit entfernt auf Chromosom Nr. 7, während das Opsin-Gen für die Stäbchen sich auf Chromosom Nr. 3 befindet. Der genetischen Uhr folgend entwickelte sich aus einem Ur-Rhodopsin vor circa 800 Millionen Jahren der Vorfahr des menschlichen Farbpigments, wahrscheinlich gleichzeitig mit dem Entstehen von Zapfen, vor circa 200 Millionen Jahren fand die Trennung des ›blauen‹ und des noch ungeschiedenen ›rot/grünen‹ Opsin-Gens bei Wirbeltieren statt, während – wie erwähnt – die Gen-Duplikation im langwelligen Bereich bei Catarrhinen (Schmalnasenaffen, eine Unterabteilung der Primaten), die getrennte ›Rot‹- und ›Grün‹-Opsine erzeugte, bei einem frühen Catarrhin-Primates vor circa 35 Millionen Jahren erfolgte. Die Aminosäuresequenzen, welche die Proteine für das L- und M- Pigment steuern, unterscheiden sich nur an 15 von 364 Stellen.⁵ Erst nach der Abspaltung der Platyrrhinen Neuweltaffen von den Catarrhinen hat sich das trichromatische Sehen entwickelt und diese Entwicklung sowie der Prozess der Aufspaltung im langwelligen Bereich ist auch gegenwärtig keineswegs abgeschlossen. Normalsichtige Menschen mit bis zu vier verschiedenen ›roten‹ und bis zu sieben verschiedenen ›grünen‹ Opsinen wurden beobachtet. Da die Outputs dieser unterschiedlichen Opsine jedoch nicht von entsprechenden Ganglionzellen miteinander verglichen bzw. gegeneinander verrechnet werden, führt ihr Vorhandensein nicht zu einer grundsätzlich anderen Wahrnehmung.

Als weitere Folge dieser farbigen Differenzierung sind auch Tiere – Artgenossen und mögliche Beutetiere ebenso wie gefährliche Raubtiere – in einem solchen urwaldartigen Habitat anhand ihrer Farbe besser erkennbar. Die mit der Entwicklung der Trichromatizität gegebene subtile Unterscheidung von Farbnuancen im warmen Bereich konnte selbst bei Primaten, die sich von Blättern ernähren, wohl auch zur Beurteilung der Sukkulenz (des Wassergehalts) von mehr oder weniger grünem Laub genutzt werden. Daneben scheint für so soziale Lebewesen wie Affen und Hominiden auch folgender Aspekt von Bedeutung zu sein: Wir können die Haut, deren Gesundheit, den emotionalen Zustand von Artgenossen relativ gut beurteilen. Im Sinne einer Exaptation dürfte als Folge der Trichromatizität schließlich die Emotionalität resp. Sexualität von Artgenossen (Paarungsbereitschaft,

Erröten, blass werden) durch rosa Farbe signalisiert werden. Unter Exaptation versteht man die Umnutzung eines durch Adaption gewonnenen Zuges zu anderen Zwecken als den, für den die ursprüngliche Adaption erfolgte. Die Federn der Vögel z. B. haben sich zunächst zur Regulierung des Wärmehaushalts bei Reptilien entwickelt und wurden dann erst zum Fliegen umgenutzt. Der auffällige Einsatz von rosafarbenen gut durchbluteten Hautpartien als sexuelles Signal bei vielen Affenarten kommt einem hier in den Sinn. Gerade für die Nuancen in der Hautfarbe von Mitmenschen haben auch wir ein besonders feines Empfinden. Der Bericht eines Malers, der durch eine kleine Verletzung seines Kortex die Fähigkeit, Farben wahrzunehmen, verloren hat, ist hier aufschlussreich. Die mausgraue Farbe, die für ihn die Haut seiner Partnerin angenommen hatte, stellte ihn vor schwere emotionale Probleme. Aber auch beim Essen hatte er Schwierigkeiten, die grauen Substanzen, die er zu sich nahm, schmackhaft zu finden. Die unheilvolle Rolle, die wir der noch heute und wider besseres Wissen der Hautfarbe eines Menschen bei der Beurteilung seiner Gruppenzugehörigkeit zuweisen, scheint ebenfalls auf eine ehemals biologisch sinnvolle Differenzierung hinzuweisen.

Das Farbensehen hat demnach vitale Bedeutung für die Partnerwahl und die sozialen Beziehungen, für den Essenserwerb, das Erkennen von Raubtieren oder Beute, die Kommunikation und Gewinnung von Information über die Umgebung in taxonomisch unterschiedlichen Organismen.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. Andrew Parker, *Seven Deadly Colours. The Genius of Nature's Palette and how it Eluded Darwin*, London 2005.
- 2 Ein Opsin, das von einem Photon angeregt wurde, ändert kurzfristig die räumliche Anordnung seiner Bestandteile, sodass andere Molekülgruppen sich dort anlagern und zusammenfinden können, die den genannten Prozess auslösen. Springt das Opsin nach einer kurzen Zeitspanne in den ursprünglichen Zustand zurück, endet der Vorgang.
- 3 Vgl. Andrew Parker, wie Anm. 1.
- 4 Vgl. John D. Mollon, »*Tho' She Kneel'd in That Place Where They Grew ...*«: *The Uses and Origins of Primate Colour Vision*, wieder abgedruckt in: *Readings on Color*, Alex Byrne und David R. Hilbert (Eds.), Vol. 2 *The Science of Color*, Cambridge und London 1997, S. 379–396.
- 5 Vgl. Karl R. Gegenfurtner, *Gehirn und Wahrnehmung*, Frankfurt/M. 2002, S. 103.

Farbe und Kognition

Grundzüge der visuellen Wahrnehmung im Gehirn

Das Gehirn ist ein Teil des Nervensystems. Es besteht natürlich aus Zellen, im Wesentlichen sind dies aber spezialisierte Nervenzellen oder Neuronen, deren Eigenheit darin besteht, dass sie elektrische Signale ansammeln und weiterleiten können. Auch können sie sich im Gegensatz zu anderen Zellen nicht (oder nur selten) regenerieren. Ihre Anzahl im Gehirn ist unvorstellbar groß und beträgt circa 10^{10} , während die Anzahl ihrer Verknüpfungen im Bereich von 10^{13} liegt. Neuronen verfügen neben dem Zellkörper samt Zellkern über ein Axon, d. h. einen langen und dünnen Fortsatz, in dem Impulse weitergeleitet werden können. Ein solches Axon, das über einen Meter lang werden kann, verzweigt sich am Ende vielfach und über dessen Endungen nehmen die Neuronen Verbindungen zu vielen anderen Zellen auf. Außerdem verfügt ein Neuron über die relativ kurzen astartigen Dendriten, wo umgekehrt die Axone anderer Zellen »andocken« können. Die so geschaffenen Verbindungen zweier Zellen werden Synapsen genannt. Man unterscheidet wegen der nach Eingang und Ausgang gerichteten Übertragung präsynaptische und postsynaptische Zellen bzw. bei Nervensträngen aufsteigende (afferente) und absteigende (efferente) Bahnen. Gewisse chemische Stoffe, die Neurotransmitter, sind imstande, diese Fähigkeit der Weiterleitung, sei es hemmend oder fördernd, zu beeinflussen, wobei sie ihre Wirkung mehr oder weniger gezielt nur bei den Synapsen bestimmter Neuronengruppen entfalten. Solche speziellen Botenstoffe, unter denen Adrenalin und Dopamin vielleicht am bekanntesten sind, werden meist vom Gehirn selbst erzeugt, doch können Drogen z. B., aber auch antipsychotische Medikamente, wie man sie seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts einsetzt, eine ihnen vergleichbare oder sogar stärkere Wirkung entfalten.

Eine einzelne Nervenzelle kann nicht viel anderes tun, als ein elektrisches Potenzial aufzubauen und, wenn ein gewisser Schwellenwert überschritten wird, zu »feuern«, d. h. ihr Potenzial über die teilweise sehr langen Axone an die Dendriten anderer Nervenzellen abzugeben, wobei die Stärke der jeweiligen Synapsen, d. h. ihre Durchlässigkeit,

von Belang ist. Die inzwischen gut untersuchten Details der Vorgänge auf molekularer Ebene brauchen uns hier nicht zu interessieren. Im Wesentlichen geht es um eine Änderung der Permeabilität für bestimmte Ionen. Nach einer solchen Entladung bildet die Neuronen aber rasch wieder ihr Ruhepotenzial aus. Damit Neuronen arbeiten können, brauchen sie für ihre Stoffwechselprozesse sowohl Glucose als auch Sauerstoff und zwar, verglichen mit anderen Körperzellen, recht viel. Obwohl das Gehirn nur 2% des Körpergewichts ausmacht, erhält es 16% der Blutversorgung. Man kann davon ausgehen, dass aktive Zellen mehr Blut benötigen als passive, sodass der regionale cerebrale Blutfluss, abgekürzt rCBF, einen Hinweis auf Gehirnaktivitäten in bestimmten Regionen gibt.

An der empfangenden Zelle kommen natürlich viele solcher Signale an, die erregend oder hemmend sein können. Dabei ist der Beitrag eines einzelnen Axons zum Schwellenpotenzial der zu erregenden Zelle gering und beträgt nur ein bis fünf Prozent. Das heißt, dass die Beiträge vieler Axone nötig sind, um die postsynaptische Zelle zu einer Reaktion zu bringen. Deren Ausgangspotenzial ist immer diskret: Entweder die Zelle feuert oder sie feuert nicht, während die eingehenden Einzelbeiträge im Prinzip einfach addiert werden. Kommen mehrere Signale gleichzeitig an, die sich wechselseitig verstärken, ist die Chance, dass das Aktionspotenzial erreicht wird, natürlich höher. Deshalb dürfte die Rolle der Synchronizität bei Gehirnvorgängen recht erheblich sein. Sie ist zwar noch nicht gut verstanden, bildet gegenwärtig jedoch eines der spannendsten Forschungsgebiete. Die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung schwankt. Die Übertragung an Synapsen und Dendriten dauert etwa 5 Millisekunden und, je nachdem ob die Axone Myeline (eine fetthaltige Isolationschicht) besitzen oder nicht, kann das Potenzial in ihnen sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 100 m pro Sekunde ausbreiten. Ohne Myeline werden nur circa 1m/sec erreicht. Während der Pubertät erfahren übrigens gerade in den Frontallappen viele Axone eine Myelinisierung, was gleichzeitig auch eine Konzentration auf bestimmte Nervenbahnen bedeutet.

Wichtig ist noch die Plastizität der Synapsen. Ihre Durchlässigkeit liegt nicht ein für alle Mal fest, sondern kann sich verbessern oder verschlechtern. Manchmal ist eine solche Veränderung nur innerhalb eines gewissen Zeitfensters möglich und ein einmal erreichter Zustand wird dann dauerhaft fixiert, manchmal bleibt die Plastizität während der gesamten Lebensdauer der Zellen erhalten. Wenn man Menschen, die nach der Geburt an einer Trübung der Linse leiden und deshalb

als Blinde aufwachsen, durch eine spätere Operation die Sehfähigkeit zurückgibt, können sie allerdings viele der für das Sehen erforderlichen Verknüpfungen nicht mehr aufbauen und müssen mühsam versuchen, wenigstens Teile davon zu erlernen. Ein solcher Fall, der von Oliver Sacks beschrieben wurde, handelt von einem Mann, der im Alter von 50 Jahren operiert wurde, doch die neu auf ihn einströmenden Seheindrücke als zu verwirrend empfand und sich lieber in der Dunkelheit aufhielt.¹

Liegen solche Zeitfenster nicht vor, können wir auch im Alter noch manches lernen. Dabei gilt, dass neuronale Verbindungen, die nicht bestätigt werden, verstummen, wie umgekehrt Zellen leitfähiger werden, wenn sie häufiger erregt sind. Man spricht von der Hebb'schen Regel, die der kanadische Psychologe Donald Hebb schon 1949 aufgestellt hat. In den lernfähigen Netzwerken von Neuronen erfolgt also die Speicherung erworbener Erfahrung über die Veränderungen der synaptischen Stärke. In sie sind eher historische und statistische Erfahrung eingegangen, als dass sie nach logischen Prinzipien systematisch geordnet wären. Man geht dabei von Prozessen der Selbstorganisation aus und kann mittels Computer – *in silico* – das Verhalten selbst adaptierender Netze untersuchen.

Das Gehirn selbst lässt sich in Hirnstamm und die Hirnrinde (oder Kortex) einteilen. Letztere verdankt ihren Namen der vielfach gefalteten Oberfläche, in der man Windungen (Gyri) und Furchen (Sulci) unterscheiden kann. Dieser Gehirnteil hat sich beim Menschen relativ zu den anderen Teilen am stärksten entwickelt und ist Sitz solcher ›höherer‹ geistiger Vorgänge wie Bewusstsein und Planung. Mehr als die Hälfte des gesamten Kortex ist an Verarbeitungsprozessen für das Sehen zumindest mitbeteiligt. Er besteht aus zwei Hemisphären mit je vier Lappen. Sie alle weisen an ihrer Oberfläche – dem Neokortex – fast überall sechs Schichten auf, die sich im Aufbau und ihren Bestandteilen kaum unterscheiden. Ob Nervenzellen gerade eher mit visuellen oder auditiven oder sonstigen Aufgaben befasst sind, kann man ihnen von außen nicht ansehen. Dennoch gibt es im Gehirn eine räumlich gegliederte Aufgabenverteilung, ja auch innerhalb der Regionen reagieren benachbarte Neuronen meist ähnlich. Durch das Studium von Gehirnerkrankungen, wo es beispielsweise durch Schlaganfälle zur Zerstörung – man spricht von Läsionen – bestimmter Regionen kommt, war schon lange bekannt, dass völlig unterschiedliche geistige Fähigkeiten von solchen Läsionen betroffen sein können. Verschiedene Teile des Gehirns erfüllen demnach sehr unterschiedliche Funktionen. Unter anderem sind Aphasien (Störungen im Sprachverständnis)

und Agnosien (neuronal bedingte Erkenntnisstörungen ohne Beeinträchtigung des visuellen Systems) seit langem bekannt, aber es kommt auch recht häufig zu Skotomen genannten Ausfällen an bestimmten Bereichen des Gesichtsfeldes.

Was die Farbwahrnehmung im engeren Sinn betrifft, hat man z. B. eine Farbagnosie (Unfähigkeit, einem Objekt eine Farbe zuzuordnen), eine Farbensamenaphasie (unterschiedliche Farben können zwar gesehen, aber nicht benannt werden) und noch andere Störungen beschrieben, von denen die Achromatopsie (oder zerebrale Farbenblindheit, um sie von den auf einer Störung in der Retina beruhenden Formen zu unterscheiden), die wichtigste ist. Der viel gelesene Psychologe Oliver Sacks hat den Fall des Malers J. I. auch einer breiteren Öffentlichkeit bekannt gemacht, der nach einem kleineren Autounfall die Fähigkeit, Farben wahrzunehmen, verlor, ohne dass die Bewegungs- und Objekterkenntnis beeinträchtigt war. Es gibt auch eine durch Kohlenmonoxidvergiftung hervorgerufene Störung, wo umgekehrt die Fähigkeit, Farben zu benennen, erhalten bleibt, aber sonst wenig anderes noch bewusst wahrgenommen wird.²

Bekannt ist die Lateralisation, nach der die linke Gehirnhälfte den rechten Teil des Körpers steuert und umgekehrt. Auch das Sprachvermögen ist auf der linken Gehirnhälfte angesiedelt, während andere Aufgaben wie vor allem die der räumlichen Orientierung eher von der rechten Gehirnhälfte bewältigt werden. Leider hat die Entdeckung solcher Tatsachen zu einer Reihe unsäglich dummer Bücher geführt, wonach die linke Gehirnhälfte verteufelt und die rechte in den Himmel gehoben wurde. Da die linke Hälfte meistens dominiert, wird sie als verantwortlich für alles Schlechte auf der Welt angesehen und alles, was diese Dominanz bricht, als segensreich. Wie aus der Untersuchung von *split-brain*-Patienten hervorgeht, bei denen die Verbindung zwischen den beiden Gehirnhälften meist zur Behandlung einer sonst unbehandelbaren Epilepsie unterbrochen wurde, ist es, im Gegensatz zu den Behauptungen dieser Bücher, natürlich gut und häufig auch erforderlich, dass wir beide Gehirnhälften besitzen und sie auch im permanenten Austausch benutzen. Hier sei festgestellt, dass erstens, wenn überhaupt, dann eher der linken Seite so etwas wie Kreativität zugesprochen werden muss, während die rechte eher mit der Lösung von Routineaufgaben beschäftigt ist, dass zweitens im Normalfall ohnehin über den Balken (oder: *corpus callosum*) ein beständiger Austausch stattfindet, der zur Bewältigung vieler komplexer Aufgaben auch erforderlich ist, sowie dass drittens Frauen, deren *corpus callosum* relativ stärker als das der Männer ausgeprägt ist, über eine

bessere Kommunikation der beiden Hälften verfügen, ohne dass ihnen das zum Schaden gereicht. Die Fähigkeit, Farben wahrzunehmen, ist jedenfalls nicht auf eine Gehirnhälfte beschränkt. Bei aller funktionalen Trennung verschiedener Gehirnbereiche sollte noch festgestellt werden, dass es sich um keine Einbahnstraßen handelt, sondern eine Fülle von Verbindungen in beide Richtungen verläuft, sowie dass bei Schädigungen einer bestimmten Stelle benachbarte Gehirnregionen zu einem gewissen Teil die verlorenen Funktionen übernehmen können.

Der Okzipitallappen enthält die meist als V1 (das V steht für visuell) bezeichnete primäre Sehrinde, die an die 15% des gesamten Kortex ausmacht und in der fast alle von den Augen stammenden Informationen ankommen. Sie wird wegen der charakteristischen Streifen auch *area striata* genannt. Menschen, bei denen diese Stelle zerstört ist, gelten als blind im alltäglichen wie im legalen Sinn. Gewisse Schritte der visuellen Wahrnehmung finden aber nicht nur dort, sondern auch in den sogenannten extrastriären Bereichen statt. So ist die Objekterkenntnis in Bereichen des Temporallappens lokalisiert, während im Parietallappen die Stellung des Körpers im Raum verankert ist. Man kennt inzwischen an die 30 solcher mit dem Sehen verbundener Repräsentationen in der Hirnrinde und weitere in tieferen Hirnstrukturen sind zumindest zu vermuten.

Ein wichtiges Prinzip besteht noch in der retinotopen Ordnung. Darunter ist zu verstehen, dass bereits in der Retina nebeneinanderliegende Ganglienzellen überlappende, benachbarte rezeptive Felder besitzen, die auch zu benachbarten Neuronen der höheren Ebene projizieren. Diese Ordnung bleibt erhalten: Was auf der Retina benachbart ist, ist es zumeist auch noch in anderen visuellen Zentren. Deswegen auch kann aus Skotomen (den Ausfällen im Gesichtsfeld) auf den Ort der Schädigung geschlossen werden. Die so bestimmte retinotopie Ordnung lässt sich also bis in höhere Verarbeitungsebenen verfolgen. Man spricht von neuronalen topografischen Karten. Allerdings wird dabei die Kartierung immer gröber, wenn Objekte beispielsweise unabhängig von ihrer Positionierung im Gesichtsfeld erkannt werden.

Die Informationsverarbeitung durch das Gehirn lässt sich recht grob und ungefähr mit der Prozessierung der Eingaben durch einen Computer vergleichen. Ging man bis vor kurzem noch davon aus, dass das Gehirn im Gegensatz zu einem Computer aber durch eine massive Parallelverarbeitung gekennzeichnet ist, die insbesondere in früheren Stufen der Wahrnehmung auftritt, während später eine eher

serielle Verarbeitung stattfindet, so hat sich heute das Bild erheblich verschoben. Jedenfalls muss die Idee einer strengen Modularität aufgegeben werden. Nicht nur, dass die einzelnen relativ getrennten Verarbeitungswege immer auch durch ein gewisses Maß an Interaktion, an reziproker Konnektivität miteinander verbunden sind, es scheint auch weder eine strenge funktionale Trennung einzelner Kanäle noch eine wirklich hierarchische Struktur nach *top-down*- und *bottom-up*-Prozessen vorzuliegen, was zum einen bedeutet, dass die einmal aufgenommene Information praktisch sofort überall ist, zum anderen und für die Leistungen des Farbsystems relevant, dass die Verbindung mit der Raum- und Objektwahrnehmung, wie es z. B. für die Oberflächenfarben gilt, auf mehreren Ebenen stattfindet. Die inzwischen üblichen konnektivistischen Modelle tragen diesem Sachverhalt Rechnung. Dass die Wahrnehmung letztlich der Vorbereitung von Handlungen im Raum dient, erweist sich auch hier als der Schlüssel zum Verständnis.

Bei der bloßen Vorstellung von Farbe, Bewegung oder Form sind teilweise die gleichen Regionen aktiv wie bei Vorliegen äußerer Reize. Ebenso verhält es sich bei Träumen, Halluzinationen oder inneren Stimmen. Der Unterschied besteht darin, dass die Konfiguration insgesamt anders geartet ist. Weder einzelne Neuronen noch eng begrenzte Regionen, sondern Verbände von vielleicht 100 bis 1000 Neuronen, die sich über viele Regionen erstrecken können, scheinen an einem Wahrnehmungsinhalt beteiligt zu sein. Bislang sind solche Figureationen jedoch kaum nachweisbar.

Methoden der Gehirnforschung

Die Untersuchung des Gehirns hat man als eine Art *reverse engineering* bezeichnet. Wenn ein Ingenieur ein Instrument entwickelt, das eine bestimmte Aufgabe erfüllen soll, so haben wir umgekehrt mit dem Gehirn bereits ein fertiges Instrument und fragen nach den Aufgaben, die es erfüllt und die es zu dem werden ließen, was es ist. Natürlich ist es manchmal hilfreich, die Erfüllung einer bestimmten Aufgabe, die unser Wahrnehmungssystem leistet, durch einen Ingenieur nachbauen zu lassen bzw. im Computermodell (= *in silico*) zu simulieren, um zu sehen, welche Schwierigkeiten auftreten, die unser Gehirn auf seine Weise zu meistern gelernt hat. Ein solches *reverse engineering* hat seine eigene Tradition, wobei Charles Darwin eine Schlüsselrolle zukommt, doch sind die Methoden der Kunstwissenschaft dem beschriebenen Vorgehen durchaus nicht unähnlich. Sie ha-

ben allerdings den Nachteil, nicht wirklich getestet werden zu können. Im medizinischen Sinn wurde die Untersuchung spezieller kognitiver Ausfälle bei Kranken aufgrund von Verletzungen bestimmter Regionen im Gehirn, welche dann post mortem bei der Autopsie bestimmt werden können, bereits im 19. Jahrhundert genutzt und hat beispielsweise zur Entdeckung spezieller Sprachareale mit unterschiedenen, für sie charakteristischen Leistungen geführt. Sie bildet immer noch eine der verlässlichsten Quellen über die Aufgabenverteilung im Gehirn. Offenbar gibt es gewisse Spezialisierungen, sodass nicht jede Stelle im Gehirn sich mit jeder Aufgabe befasst. Allerdings birgt die naive Zuordnung von kognitiven Ausfällen und dem Ort eines beobachtbaren Schadens so manche Tücken: Wenn man irgendwo in einem Fernsehgerät die Verbindung zum Antennensignal unterbricht, kommt es zum bekannten Rauschen, aber man hat deswegen nicht ein Rauschunterdrückungsmodul gefunden. Das Funktionieren eines bestimmten Gehirnbereichs mag eine notwendige, aber nicht unbedingt auch hinreichende Bedingung für die Erfüllung einer bestimmten kognitiven Leistung bilden. Die Beobachtung sogenannter doppelter Dissoziationen gibt aber einen gewissen Hinweis, dass tatsächlich eine bestimmte Funktion an einer bestimmten Gehirnstelle lokalisiert ist. Oft findet man, dass bei einer Verletzung des Gehirns eine bestimmte Leistung ausfällt, während eine andere, damit verwandte, durchaus intakt sein kann. Wenn man nun ein Krankheitsbild findet, wo es sich genau umgekehrt verhält, die beiden Leistungen also an zwei Stellen getrennt voneinander auftreten, sie demnach doppelt dissoziiert sind, spricht viel dafür, dass die beiden Stellen tatsächlich getrennte Leistungen erbringen. Beispielsweise gibt es Kranke, die zwar Farben gut unterscheiden können, aber nicht mehr wissen, welche davon welchem Objekt üblicherweise zukommt, während andere sich zwar sicher sind und auch sagen können, dass Tomaten rot und Bananen gelb zu sein haben, aber außerstande sind, aus einer Reihe von Buntstiften die passenden auszuwählen.

Wenn wir von den Tierversuchen absehen, mit denen zwar Aussagen über das lebende Gehirn getroffen werden können, die naturgemäß aber nur bedingt Aussagen über das menschliche Gehirn zulassen und aus ethischen und methodischen Gründen immer weniger zum Einsatz kommen bzw. kommen sollten, wenn wir umgekehrt immer besser die begrenzte Aussagekraft der seit alters bekannten Introspektion erkennen, die nur über solche Vorgänge berichten kann, die ins Bewusstsein dringen, scheint das Gehirn als Untersuchungsgegenstand schwerlich erforschbar. Inzwischen ist jedoch eine

Reihe neuer Untersuchungsmethoden entwickelt worden, mit denen Aussagen über die Arbeitsweise des gesunden menschlichen Gehirns in vivo getroffen werden können. Dazu zählen schon Röntgenaufnahmen und EEGs. Letztere haben eine hervorragende zeitliche Auflösung, erlauben aber keine genauen Aussagen über den Ort, wo die sie verursachenden Prozesse stattfinden. Natürlich lässt sich die Schädeldecke auch teilweise entfernen, sodass bei operativen Eingriffen sogar einzelne Neuronen gezielt gereizt werden können. Da das Gehirn selber keine Schmerzrezeptoren besitzt, können Patienten bei dieser invasiven Technik bei Bewusstsein bleiben und Auskunft über ihre Erlebnisse beim Reizen bestimmter Neuronengruppen geben. Dieses Verfahren der Ableitung einzelner Hirnzellen wird vor allem angewandt, wenn etwa wegen eines Tumors Teile des Gehirns operativ entfernt werden müssen, um sicherzustellen, dass möglichst wenig gesundes Gewebe entfernt wird. Auch diese Technik hat unser Wissen über die Arbeitsweise des Gehirns deutlich erweitert, doch verbietet sich natürlich ihre Anwendung bei gesunden Versuchspersonen.

Am häufigsten angewandt werden heutzutage daher Methoden wie PET und fMRI, bei denen die Arbeitsweise des gesunden Gehirns von außen, also nicht-invasiv studiert werden kann.³ Mit ihnen kann bildlich dargestellt werden, welche Bereiche des Gehirns unter verschiedenen experimentellen Bedingungen, etwa beim Lesen, beim Sehen oder beim Sich-Vorstellen, besonders aktiv sind. Sie gehen von dem Sachverhalt aus, dass, damit Neuronen arbeiten können, sie für ihre Stoffwechselprozesse sowohl Glucose als auch Sauerstoff brauchen und zwar, verglichen mit anderen Körperzellen, recht viel. Man kann davon ausgehen, dass aktive Zellen mehr Blut benötigen als passive, sodass der regionale cerebrale Blutfluss einen Hinweis auf gesteigerte Gehirnaktivitäten in bestimmten Regionen gibt. Das erste Verfahren dieser Art war SPECT (= *single photon emission computerized tomography*), wobei radioaktives Xenon 133 inhaliert werden muss, das aber nur relativ langsam zerfällt, was zu einer geringen zeitlichen Auflösung führt.

Eine Weiterentwicklung davon, die aber durchaus auf den gleichen Prinzipien beruht, wird als PET (= *positron emission tomography*) bezeichnet. Dabei wird eine radioaktive Substanz, in der Regel eine Zuckervariante, ins Blut gegeben, sodass auch hier der vermehrte Blutfluss bestimmter Gehirnregionen an der erhöhten Radioaktivität erkennbar wird. Trotz der vielen Erkenntnisse, die durch PET-Studien gewonnen werden konnten, hat die Methode auch Nachteile. Zum einen ist das räumliche Auflösungsvermögen eher gering. Kleinere

Regionen als ca. 1cm^3 lassen sich damit nicht bestimmen. Bereits ein 1mm^3 pt Gehirngewebe enthält aber bereits circa 100.000 Neuronen. Zum anderen können wegen der zwar geringen, aber doch vorhandenen Gesundheitsgefährdung durch die Injektion einer radioaktiven Substanz nicht gut mehrfach Untersuchungen bei den gleichen Personen durchgeführt werden. Schließlich ist das Verfahren auch recht kostspielig.

Daher wurde eine neuere Methode, die fMRI (= functional magnetic resonance imaging, oder funktionelle Kernspintomographie) entwickelt, bei der die unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften von sauerstoffarmem gegenüber sauerstoffreichem Blut genutzt werden. Auch aufgrund dieser Eigenschaften lassen sich Orte mit erhöhtem Blutfluss lokalisieren. Sie ist aus einer älteren Technik, genannt MRI (= *magnetic resonance imaging*) hervorgegangen, mit der durch starke magnetische Felder die dreidimensionale Struktur des Gehirns untersucht werden konnte. Die Technik der fMRI registriert und misst ebenso wie PET den erhöhten Blutfluss entsprechend der bei bestimmten Aufgaben gestiegenen neuronalen Aktivierung in den betroffenen Arealen. Sie verfügt jedoch über eine wesentlich bessere räumliche Auflösung, denn mit ihr können Bereiche von ca. 1mm^3 bestimmt werden. Diese Methode hat inzwischen SPECT und PET verdrängt. Sie ist nicht nur billiger und ungefährlicher, sodass auch mehrfache Versuche mit der gleichen Person möglich sind, doch ist ihr zeitliches Auflösungsvermögen immer noch nicht optimal. Sie ist immer dann geeignet, wenn die Aktivierung eines Hirnareals über einen Zeitraum von Sekunden bis zu mehreren Minuten konstant ist. Um eine fMRI zu machen, wird der Kopf einer Person einem starken magnetischen Feld ausgesetzt, das vielleicht 80.000 Mal stärker ist als das magnetische Feld der Erde. Wasserstoffmoleküle in der Nähe von sauerstoffreichem Blut verhalten sich etwas anders als solche in der Nähe von sauerstoffarmem. Durch den Vergleich der jeweiligen BOLD (= blood oxygen level dependent) -Signale können auch hier Regionen mit erhöhtem rCBF registriert werden. Im Wesentlichen wird sowohl bei PET als auch fMRI die subtraktive Methode angewandt, d. h., es werden nicht nur die Aktivitäten bei der zu untersuchenden Aufgabe bestimmt, sondern auch diejenigen während einer Kontrollaufgabe. Sollen beispielsweise die Aktivitäten bei Wahrnehmung eines farbigen Reizes bestimmt werden, so besteht die Kontrollaufgabe darin, eine vergleichbare Vorlage zu betrachten, die nur in Schwarz-Weiß gehalten ist. Aus der Differenz beider Aktivitäten ergibt sich dann erst, was speziell für die Farbwahrnehmung kennzeichnend sein dürfte.

Inzwischen gelingt es durch die sogenannte transcraniale Magnetstimulation (= TMS) auch, bestimmte Areale von außen durch ein starkes Magnetfeld so zu reizen, dass sie aktiv werden, wobei man wieder die Versuchspersonen direkt befragen kann. Es handelt sich um eine nicht-invasive Technik, die das Prinzip der elektromagnetischen Induktion nutzt. Dabei wird ein ultrakurzes Magnetfeld erzeugt, welches ein ebensolches elektrisches Feld in den anvisierten stromleitenden Neuronen hervorruft, was hinwiederum Aktionspotenziale auslösen kann. Allerdings gibt es auch hier Grenzen der erzielbaren räumlichen Präzision. (Schon im 19. Jahrhundert war es übrigens gelungen, durch starke wechselnde Magnetfelder Phosphene, also Lichterscheinungen, ohne Reizungen der Retina auszulösen).

Die beschriebenen Verfahren haben allerdings den Nachteil, dass sie weder zeitlich noch räumlich zu so exakten Aussagen führen, wie es wünschenswert wäre. Schließlich werden nicht die Reaktionen von Neuronen direkt gemessen, sondern aus dem Blutfluss Schlüsse gezogen, die immer noch Hunderttausende von Zellen betreffen. Dass beispielsweise in V1 (der primären Sehrinde) manche Zellen besonders gut auf Richtungen, andere auf Farbunterschiede ansprechen, wäre mit fMRI allein nicht zu entdecken. Auch erweist sich die Annahme einer strengen Modularität im Gehirn als fragwürdig. Da jedes Gehirnareal mehrere Aufgaben erfüllt und da immer Koalitionen verschiedener Neuronenverbände bei einem Perzept beteiligt sind, sollte man sich vorsehen, nicht eine lokalisierte Zellgruppe allein für die Erfüllung komplexer mentaler Aufgaben verantwortlich zu machen. Damit würde man in die phrenologische Falle tappen. Man geht heute eher davon aus, dass es verschiedene räumlich weit verteilte Systeme gibt, die ein konzertiertes Zusammenwirken je einzelner Komponenten erfordern. Natürlich muss auch der Laboratoriumseffekt beachtet werden, dass der Kontext eines Labors die Versuchspersonen beeinflusst. Vielleicht noch wichtiger ist die Beschränkung, dass bei allen diesen bildgebenden Verfahren die Probanden längere Zeit regungslos zu verharren haben, was den natürlichen Situationen, in denen die Wahrnehmung ihre Leistungen vollbringt, nur sehr eingeschränkt entspricht.

Das menschliche Auge

Seit der Jesuit und Astronom Christoph Scheiner im Jahre 1625 ein Ochsenauge untersucht hat und, nach Entfernung der beiden äußer-

sten Hautschichten der Rückseite, auf der halbtransparenten Retina ein kleines, auf dem Kopf stehendes Bild der Außenwelt sehen konnte, ein Experiment, das Descartes dann wiederholt hat, wird das Auge mit einer Kamera (damals natürlich einer *camera obscura*) verglichen. Seitdem auch gilt die Retina oder Netzhaut als der Ort, wo Außenwelt und Gehirn zusammenkommen. Hier wird die Energie der Photonen in elektrochemische Signale umgewandelt, die dann vom Gehirn weiter bearbeitet und gedeutet werden. Derjenige Teil elektromagnetischer Strahlung, bei dem eine solche Umwandlung möglich ist, wird Licht genannt.

Bekanntlich verfügen wir mit unseren Augen über Sinnesorgane, mit denen wir einen kleinen Teil der auf der Erdoberfläche vorhandenen elektromagnetischen Wellen (oder Photonen), den wir im Gegensatz zu etwa Röntgenstrahlen oder Radiowellen als (sichtbares) Licht bezeichnen, wahrnehmen können. Mit diesem Vorgang fängt das Farbensetzen an, denn die Vorgänge ›da draußen‹ in der physikalischen Welt lassen sich ja beschreiben, ohne auf Begriffe wie ›türkis‹ oder ›blutrot‹ zurückzugreifen. Physikalisch gesprochen umfasst der Bereich des sichtbaren Lichts etwa die Wellenlängen von 400–700 nm. (Ein Nanometer entspricht einem millionsten Millimeter.) Elektromagnetische Wellen dicht über 700 nm können wir als infrarote Strahlung über die Sensoren der Haut als Wärmestrahlen empfinden, während sogenanntes ultraviolettes Licht mit Wellenlängen kürzer als 400 nm bekanntlich die Haut zu bräunen vermag. Dabei muss noch festgehalten werden, dass wir nur solche elektromagnetische Wellen oder Photonen sehen können, die über die Linse direkt in unser Auge gelangen. Ein noch so starker Photonenstrahl, der vor unseren Augen vorüberzieht, ohne dass davon – etwa durch Rauchpartikel – Teile abgelenkt werden, die unsere Rezeptoren im Auge aktivieren, ist für uns unsichtbar. Das Licht selber ist, wie schon Newton festhielt, nicht farbig, aber, wie ein Blick auf einen Strahl des Sonnenlichts zeigt, der durch ein Prisma nach seinen verschiedenen Wellenlängen auseinandergezogen wurde, empfinden wir Licht verschiedener Wellenlänge (wenn es denn ins Auge fällt) als farbig. Bei dieser Zerlegung in das sogenannte Spektrum erscheint uns kurzwelliges Licht als Blau, eher mittelwelliges als Grün und langwelliges Licht schließlich als Rot. Und bekanntermaßen empfinden wir Licht, in dem alle sichtbaren Frequenzen annähernd gleich stark vertreten sind, als Weiß.

Da der Aufbau des menschlichen Auges mit Hornhaut, Pupille, Linse, Glaskörper etc. und der optischen Gesetze, wonach in Analogie zu einer Kamera ein (auf dem Kopf stehendes) Bild auf die Augenhaut

seite geworfen wird, weitgehend bekannt sein dürfte, sei dieser hier nur kurz rekapituliert. Es handelt sich beim menschlichen Auge um ein Linsenauge, wie es für Wirbeltiere typisch ist. Licht kann über die Hornhaut, Irisblende und Linse in den mit dem Glaskörper gefüllten Innenraum des Auges eintreten, wobei es gebündelt wird und auf der Rückseite, der Retina, das bereits erwähnte kleine Bild hinterlässt. Sechs Muskeln bewegen dieses Auge von außen bzw. halten es in Position, zwei andere Muskelgruppen können in seinem Inneren die Weite der Irisblende steuern sowie die Linse verformen, um je nach Entfernung die Tiefenschärfe zu regulieren, d. h., das auf die Retina fallende Bild scharf zu stellen. Diesen Akkomodation genannten Vorgang simulieren wir mit den Jahren, wenn die Linse altersbedingt ihre Elastizität verloren hat, schlecht und recht mit unseren Gleitsichtbrillen. Die Hauptarbeit der Lichtbündelung wird jedoch durch die Cornea, die Hornhaut, geleistet. Die Irisblende, die sich nur im Verhältnis von 1 zu 16 verändern kann, ist weniger für die Anpassung an wechselnde Lichtstärken verantwortlich, sondern dafür, wie groß der Bereich der Retina ist, auf den die Lichtstrahlen fallen können. Das menschliche Auge weist ja einen fantastisch großen Bereich auf, in dem es funktionsfähig ist. Es vermag sich an Intensitätsdifferenzen im Ausmaß von 10^{13} zu 1 anzupassen. Schon die Differenz zwischen einem gut beleuchteten Innenraum und dem Tageslicht an einem Sonntag im Freien verhält sich wie eins zu Tausend. Wir reagieren mehr auf Relationen, d. h. darauf, wie viel Licht ein Objekt im Verhältnis zu seiner Umgebung ausstrahlt als auf die absolute Leuchtdichte. Dieses Verhältnis bleibt auch dann relativ gleich, wenn sich die Beleuchtung insgesamt ändert.

Die Augen sind ständig in Bewegung, bewegen sich zumeist aber ruckartig in den sogenannten Sakkaden, wobei sie bestimmte Merkmale abtasten, die von der Wahrnehmung für wichtig erachtet werden. Suchen wir also gezielt nach bestimmten Informationen, so ändern sich auch die von den Sakkaden aufgesuchten Orte. Werden Bilder so auf der Netzhaut fixiert, dass sie trotz der Sakkaden immer auf die gleiche Stelle fallen, so verblassen sie nach wenigen Sekunden. Um scharf zu sehen, muss der Blick ständig hin- und herwandern, was natürlich auch der Fall ist. Sehen erfordert wechselnde Reize, ohne Abwechslung gibt es kein Sehen. Offenbar sind möglichst ausgeprägte Unterschiede, Ränder, Kanten für die Wahrnehmung wichtig und offenbar dürfen die Rezeptoren nicht ihre Reaktionsfähigkeit verlieren. Auch der Lidschlag wird vom Gehirn gesteuert und nimmt bei Stress zu, bei Aufmerksamkeit und Konzentration jedoch

ab. Sakkaden und Lidschlag lassen sich von außen beobachten und können verraten, worauf das Interesse eines Betrachters gerichtet ist.

Für unsere Zwecke wichtiger sind aber Aussagen zur Rückseite des Auges, der Netzhaut oder Retina. Bei ihr handelt es sich um nach außen verlagerte Gehirnteile, ein ontogenetischer Vorgang, der vielleicht für ihren ungünstig scheinenden Aufbau verantwortlich ist. Sie enthält nämlich verschiedene Schichten mehr oder weniger transparenter Zellen, wie Ganglien-, Amakrin-, Bipolar- und Horizontalzellen, die das Licht erst durchdringen muss, ehe die eigentliche Schicht lichtempfindlicher Zellen erreicht wird. Wie bereits erwähnt, ist das Rhodopsin (der Sehpurpur der Stäbchen) in unseren Augen chemisch eng mit Chlorophyll verwandt, was nicht verwundert, da auch dieses Molekül Lichtquanten zu einem Umbau seiner Molekülstruktur benutzt, was über gewisse komplizierte Zwischenschritte zu einer Umwandlung der Energie dieser absorbierten Lichtquanten in ein elektrisches Potenzial führt. Wird ein Opsin (der wirksame Bestandteil in den Zapfen und Stäbchen) von einem Lichtquant getroffen, kann es von einem Zustand in einen anderen umspringen, wobei es nach einer kurzen Erholungsphase wieder in den ursprünglichen Zustand zurückspringt. In einer der beiden Formen wirkt es aber wie ein guter Katalysator, sodass es Prozesse auszulösen vermag, die eben die An- oder Abwesenheit von Photonen signalisieren. Damit findet der entscheidende, als Transduktion bezeichnete Vorgang statt, wo die Energie der Photonen in elektrische Signale umgewandelt wird, die von den Neuronen verwertbar sind.

Bekanntlich befinden sich in unseren Augen zwei Arten von Zellen, die dieses leisten können, und zwar einmal die außergewöhnlich sensiblen Stäbchen, die schon von einem einzigen Photon zu einer Reaktion gebracht werden können und nur bei Dämmerung und Dunkelheit aktiv sind, sowie die Zapfen, die für unser Sehen bei Tag verantwortlich sind und entsprechend mehr Photonen brauchen, ehe sie reagieren. Mit den ersteren allein, deren maximale Empfindlichkeit für Wellenlängen im bläulich-grünen Bereich liegt, können wir, da es ja nur eine Sorte davon gibt, keine Farben unterscheiden und nur Helligkeitsunterschiede wahrnehmen. Das von den Sternen stammende Licht, das durchaus farbig ist, können wir wegen ihrer geringen Lichtstärke nur mit den Stäbchen und dementsprechend nur als weißlich wahrnehmen. Es liegt also nicht am Aufbau von Zapfen oder Stäbchen, ob sie zum Farbsehen taugen, sondern an den unterschiedlichen Möglichkeiten, in späteren Stadien ihre Signale zu verrechnen. Die vom Auge empfangenen Photonen sind also selbst nicht farbig,

sondern unterscheiden sich nur durch ihre Energie respektive Wellenlänge. Die Stäbchen sind äußerst lichtempfindlich und vor allem im Dämmerlicht beim in der Fachsprache skotopisch genannten Sehen aktiv; sie vermitteln lediglich Helligkeitsempfindungen. Die Zapfen dagegen ermöglichen unser Farbsehen. Bereits im Auge werden sie über kompliziert geschaltete Nervenfasern mit dem Sehnerv verbunden, der die von ihnen gelieferten Informationen über die seitlichen Kniehöcker und dem optischen Chiasma (einer X-förmigen Kreuzung von Nervenbahnen) zum hinteren Kortex weiterleitet, wo sie nach weiterer Auswertung in Farbempfindungen umgesetzt werden.

Die Zapfen gibt es in drei verschiedenen Versionen, die jeweils bei Licht unterschiedlicher Wellenlänge ihre maximale Empfänglichkeit aufweisen. Schon George Palmer hatte im Jahre 1777 die Existenz dreier verschiedener Rezeptortypen vermutet, doch wurde seine Ansicht erst 1802 durch Thomas Young (1773–1829) in Wissenschaftskreisen verbreitet. Nachdem im Verlauf des 19. Jahrhunderts ihr Vorhandensein immer mehr zur Gewissheit geworden, hatte man schon 1886 die Absorptionsspektren der Zapfen recht gut abschätzen können, indem man sich auf verschiedene Sorten farbenblinder Beobachter stützte in der Annahme, dass ihnen jeweils genau eine Sorte von Rezeptoren fehlen würde. Unsere heutigen genaueren Messungen⁴ zeigen vor allem, dass die Empfindlichkeiten der jeweiligen Rezeptoren sich insgesamt auf einen sehr großen Bereich erstrecken, sodass es zu erheblichen Überlappungen kommt (Abb. 2). Die L- und M-Zapfen, deren maximale Empfindlichkeit eng (im gelb-grünen Bereich bei circa 565 nm, respektive grün-gelben Bereich bei circa 535 nm) benachbart ist, sodass es zu besonders starken Überschneidungen kommt, sind sogar im ganzen für uns sichtbaren Bereich elektromagnetischer Wellen von circa 400–700 nm Wellenlänge nicht untätig, während die S-Zapfen am besten auf Licht im Bereich von 435–440 nm ansprechen und auf Licht über 550 nm kaum ansprechen. Sowohl Stäbchen als auch Zapfen haben nun bei ausreichender Aktivierung durch Photonen die Eigenschaft, über eine komplizierte Kaskade von Vorgängen ein Strompotenzial, das normalerweise an ihren Zellmembranen vorhanden ist, zu unterbrechen und damit in ein Signal zu verwandeln, dass sie eben aktiviert worden sind. Nach einer gewissen Zeit, wenn sie sich ›erholt‹ haben, springen sie wieder in ihren Ausgangszustand zurück und der in ihrem Ruhezustand fließende ›Dunkelstrom‹ beginnt wieder zu fließen.

Es gibt auf der Netzhaut eines einzigen Auges circa 125 Millionen dieser Stäbchen und Zapfen. Die Zahl der Stäbchen überwiegt dabei

um fast das zwanzigfache. Auch die circa 6,5 Millionen Zapfen sind keineswegs gleichmäßig verteilt, sondern durchschnittlich gibt es von den L-Zapfen doppelt so viele wie von den M-Zapfen, wobei aber erhebliche individuelle Unterschiede in den Zahlenverhältnissen auftreten können, ohne dass dies die Farbwahrnehmung beeinträchtigen würde. Die S-Zapfen dagegen kommen bedeutend seltener vor und machen nur etwa ein Prozent aller Zapfen aus. Deshalb wird für sehr kleine Sehwinkel und insbesondere, wenn wir etwas fixieren, das Farbsehen dichromatisch. Wir sind an dieser Stelle gewissermaßen blaublind. Man spricht von einer *small-field tritanopia*. (Als Tritanopie wird eine seltene Form von Farbenblindheit bezeichnet, bei der die S-Zapfen fehlen.) Abgesehen von den mengenmäßigen Unterschieden finden sich die verschiedenen Rezeptortypen in der Netzhaut auch keineswegs gleichförmig verteilt. Es gibt einen Bereich, genau gegenüber der Linse, in dem wir besonders scharf und genau unterscheiden können, zumal er als einziger nicht von den erwähnten Ganglion- und anderen Zellen verstellt ist. Dieser heißt Sehgrube oder Fovea. Zwar nimmt er nur einen kleinen Bereich des Sehfeldes ein (nur circa 2 Bogenminuten), aber alles, was wir fixieren und scharf sehen wollen, müssen wir dort abbilden. In der Fovea mit ihren 1,5 mm Durchmesser finden sich fast nur Zapfen und kaum Stäbchen, sodass wir nachts, wenn nur die Stäbchen aktiv sind, einen Stern häufig deutlicher sehen, wenn wir ihn nicht zu fixieren suchen, sondern ein wenig peri-

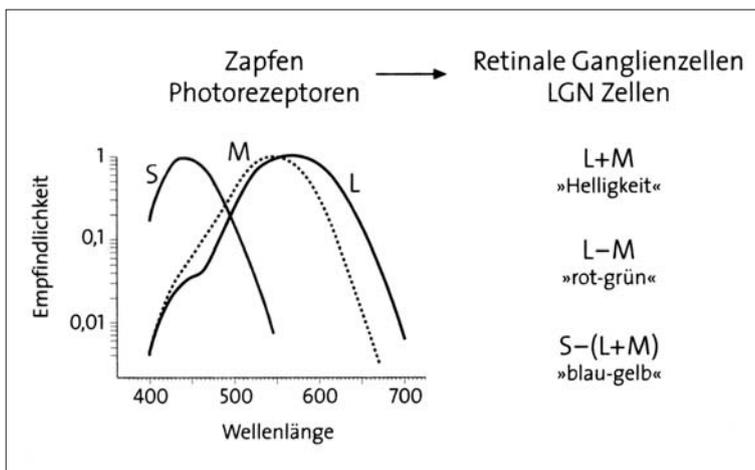


Abb. 2: Die Absorptionsspektren der drei Zapfentypen und ihre Verschaltung

pher betrachten. Die Dichte an Ganglienzellen beträgt hier circa 50.000 pro Quadratmillimeter im Gegensatz zur Peripherie, wo es nur etwa 1000 sind. Im innersten Bereich der Fovea, der sogenannten Foveola (circa 30 Bogenminuten, circa 0,33 mm Durchmesser), finden sich dann nicht nur keine Stäbchen, sondern auch keine S-Zapfen mehr, was dazu führt, dass wir dort kein Blau wahrnehmen können.

Die Farbwahrnehmung beruht nun im Prinzip auf einem Vergleich, in welchem Verhältnis zueinander die drei Zapfentypen aktiviert sind. Dies wird Mengen- oder Populationscodierung genannt. Hier liegt ein entscheidender Unterschied zu unseren Kameras etc. vor, die einzelne Pixel je für sich registrieren, ohne zwischen den drei Klassen ihrer Rot- Blau- und Grün-Informationen Vergleiche anzustellen. Man muss sich vorher aber klar machen, dass mit der Reduktion auf drei Rezeptoren eine erhebliche Reduktion der möglichen Wahrnehmungsdimensionen verbunden ist. (Natürlich bedeutet auch schon die Abbildung eines dreidimensionalen Musters von Photonenstrahlen auf die zwei Dimensionen der Retina eine Reduktion.) Um physikalisch das Reflektanzverhalten einer Oberfläche vollständig zu beschreiben, müsste man dies für jede der möglichen Wellenlängen getrennt tun und dabei auch die unterschiedlichen Richtungen berücksichtigen. Eine erhebliche Reduktion dieses Reflektanzverhaltens wird aber selbst dann noch durch die Wahrnehmung vorgenommen, wenn man sich lediglich auf die Analyse der verschiedenen Wellenlängen des im Auge eintreffenden Lichts beschränkt. Beispielsweise fehlen im natürlichen Sonnenlicht bestimmte Wellenlängen (die fraunhoferschen Linien) ganz und gar, ohne dass uns dies auffällt. Drei Zahlen also genügen, um die unterschiedliche Aktivierung der drei Zapfenarten an einer bestimmten Stelle der Retina zu beschreiben. Dies ist das gleiche Prinzip wie das, auf dem unsere digitalen Kameras sowie die elektronische Bildbearbeitung beruhen. Doch zurück zum Auge. Unter genormten Laborbedingungen gilt: Werden besonders die für kurzwelliges Licht sensiblen S-Zapfen aktiviert, während gleichzeitig die beiden anderen Zapfentypen möglichst wenig aktiv sind, so kommt es zur Farbempfindung ›blau‹, und werden die für langwelliges Licht empfindlichen Zapfentypen möglichst einseitig aktiviert, also so, dass gleichzeitig die M-Zapfen und die S-Zapfen nur wenig reagieren, so kommt es zur Empfindung ›rot‹. Schließlich führt die maximale Aktivierung der M-Zapfen bei gleichzeitig minimaler Aktivierung der S- und L-Zapfen zur Empfindung ›grün‹. Alle anderen Farbempfindungen können als unterschiedliche Mischungsverhältnisse der Aktivitätsmuster der drei Zapfentypen gedeutet werden: L-Zapfen und S-Zapfen

maximal und M-Zapfen minimal erregt ergeben die Empfindung ›purpur‹ (oder: ›magenta‹), L-Zapfen und M-Zapfen maximal und S-Zapfen minimal ergeben ›gelb‹, S-Zapfen und M-Zapfen maximal bei minimaler Erregung der L-Zapfen ergeben ›cyanblau‹. Gleichmäßige Aktivierung aller drei Zapfentypen führt schließlich zur Empfindung ›weiß‹ (genauer: hell) und Nichtaktivierung aller drei Zapfentypen zur Empfindung ›schwarz‹ (genauer: dunkel).

Es zeigt sich, dass nicht die Tatsache der Aktivierung einer Zapfensorte allein eine Farbempfindung herbeiführt, zumal sie in sich mehrdeutig ist, da ein schwacher, aber geeigneter Reiz und ein starker, aber nicht optimaler Reiz zum gleichen Erregungszustand führen kann, sondern Verrechnungen zwischen den verschiedenen Typen, die im Wesentlichen auf Additionen und Subtraktionen hinauslaufen. Man kann sich das veranschaulichen, wenn man sich drei Auffangvorrichtungen für Regenwasser vorstellt, von denen eine zusätzlich auch Schnee auffangen kann, während eine dritte neben Regen auch Hagelkörner durchlässt. Um herauszufinden, ob die registrierten Niederschläge eher in Form von Schnee, Regen oder Hagel gefallen sind, genügt es, ihre jeweilige Füllmenge miteinander zu vergleichen. Dabei müssen die absoluten Füllmengen ebenso wenig bekannt sein wie die Zahl der jeweiligen Messbecher übereinstimmen muss. Sind z. B. ›Schnee + Regen‹ zu 80 % gefüllt, während ›Regen allein‹ ebenso wie ›Regen + Hagel‹ nur zu 10 % gefüllt sind, heißt dies, dass sehr viel Schnee, wenig Regen und kein Hagel gefallen ist. Im Prinzip werden also nur die Reaktionen der drei Klassen von Zapfen miteinander verglichen, was zu einer weiteren Reduktion der Information führt. Ähnlich wie in der Politik, wo aus der Kenntnis des Resultats einer Abstimmung nicht mehr auf das Verhalten eines einzelnen Abgeordneten rückgeschlossen werden kann, ist bei Vorliegen ein und derselben Farbempfindung nicht mehr eruierbar, welche Zapfen im Einzelnen aktiviert waren.

Das also ist das Prinzip, nach dem die Wahrnehmung vorgeht, wobei es im Detail aber zu raffiniert anderen Lösungen kommt. Die erwähnten Verrechnungen obliegen den Ganglien- und den anderen vorgeschalteten Zellen. Zunächst werden mehrere Sehzellen so miteinander vernetzt oder verbunden, dass es nur dann zu einer Reaktion in der entsprechenden Zelle kommt, die weitergegeben wird, wenn das Zentrum anders reagiert als die Umgebung dieses Zentrums. Dies ist das Prinzip der lateralen Hemmung. Nur Unterschiede also, nicht Ähnlichkeiten werden registriert. Grenzen, nicht homogene Felder werden bemerkt. Dies hat mehrere Vorteile. Einmal ist es

nachrichtentechnisch günstig, wie unsere Bildkomprimierungstechniken wie JPEG (= *Joint Photographic Experts Group*) zeigen, die gleichförmig wiederkehrenden Informationen zusammenzufassen und nur die Grenzen genau zu registrieren, zum anderen wird damit eine Unabhängigkeit von der absoluten Lichtstärke erreicht. Redundanz wird nicht weitergeleitet, nur die Information. Viele Sehzellen arbeiten dabei einem Ganglion zu und bilden dessen rezeptives Feld. Es teilt wegen der lateralen Hemmung dem Gehirn Veränderungen und Grenzen mit, nicht was gleich bleibt. Die eigentliche Farberregung wird dabei durch kleinere, Modulatoren genannte Ganglienzellen, die Helligkeitserregung durch die größeren Dominatoren weitergeleitet. Die technischen Details brauchen hier nicht zu interessieren, wichtig ist nur, dass wegen der erwähnten lateralen Hemmung nicht die absolute Stärke eines Reizes für die Erregung einer Ganglionzelle ausschlaggebend ist, sondern der relative Unterschied zwischen innerem und äußerem Bereich eines rezeptiven Feldes darüber entscheidet. Die Zellen reagieren dabei gegenüber abrupten Unterschieden viel sensitiver als gegenüber graduellen. Wenn Goethe gegen Newton darauf bestand, dass Grenzen nötig sind, um Farben wahrnehmen zu können, worin ihm übrigens ein Chaostheoretiker wie Mitchell Feigenbaum gefolgt ist, so scheint die Organisation unserer Nervenzellen nach dem Prinzip der lateralen Hemmung dafür verantwortlich zu sein. Eine Ganglionzelle reagiert also sensibel auf kleine Differenzen von Reizintensitäten, nicht aber auf ihre absolute Stärke. Das erklärt auch, weshalb wir beim Sehen erhebliche Unterschiede in der Leuchtdichte tolerieren können. Die Populationscodierung ist durchaus effizient und sensibel. Wenn Schallwellen einen Frequenzbereich von ca. 20 und 20.000 aufweisen, während der Bereich des sichtbaren Lichts noch nicht einmal 1 zu 2 ausmacht, so können wir doch einen Unterschied von 1 % (im Grün-Gelb-Bereich bemerken, während auch für Musiker 1 % Differenz kaum zu entdecken sind).

Wichtig ist noch, dass alle diese Zellenverbände ein sogenanntes rezeptives Feld haben, womit gemeint ist, dass nur Reize, die innerhalb dieses rezeptiven Feldes fallen, zu einer Reaktion führen können. Je größer die rezeptiven Felder sind, desto empfindlicher können sie sein, je kleiner, desto besser ist ihre räumliche Auflösung, also die Fähigkeit, getrennte, aber benachbarte Raumpunkte zu unterscheiden. Letztere kann mit der Pixelgröße bei Computergrafiken verglichen werden. In der Fovea, wo die Zapfen besonders dicht gepackt sind, sind sie auch so geschaltet, dass die rezeptiven Felder besonders klein sind und entsprechend ist dort die Auflösung gut. Umgekehrt kann

deshalb das besonders empfindliche (und nur bei schwachen Lichtstärken aktive) skotopische System, wo viele Stäbchen eine Ganglionzelle beschicken, nur eine geringe Auflösung haben. Ähnliches gilt für die Modulatoren, welche die eigentliche Farbinformation extrahieren. Nicht nur finden sich weniger von ihnen, sie verfügen auch über größere rezeptive Felder, weshalb ihr Auflösungsvermögen geringer ist. Einige dieser Verschaltungen reagieren dann, wenn die Mitte aktiviert wird und die Umgebung nicht, bei anderen ist es genau umgekehrt. Manchmal spricht die Mitte besonders gut an, wenn dort langwelliges Licht auftritt, manchmal ist es gleichgültig, ob lang- oder mittelwelliges auftritt, etc. Nach den jeweiligen Gegensatzpaaren, die einander für eine Reaktion bedingen, können wir – vereinfacht gesagt – Ganglionzellen für ›hell/dunkel‹, ›gelb/blau‹ und ›rot/grün‹ unterscheiden. Die Summe $L+M$ der entsprechenden Zapfen kodiert Helligkeit, ihre Differenz $L-M$ dann Rot bzw. Grün, während $S - (L+M)$ über die Frage von Blau respektive Gelb entscheidet. Zur Empfindung von Gelb kommt es demnach, wenn die S -Zapfen wenig oder nicht aktiviert sind, während gleichzeitig die L - und M -Zapfen dies in etwa gleichem Maße sind. Die übrigen Farben ergeben sich leicht aus den jeweiligen Kombinationen der drei Gegensatzpaare. Insgesamt führt das beschriebene Muster von Ganglionzellen zu drei ›Kanälen‹, in denen drei Gegensatzpaare kodiert sind. Man kann den beschriebenen Prozess als eine Umkodierung bezeichnen, durch die Polaritäten entstehen. Goethe hatte die Existenz solcher Polaritäten schon 1810 vermutet und Ewald Hering war ihm darin gefolgt.

Daher können wir eigentlich erst auf der Ebene der Ganglionzellen von so etwas wie der Farbinformation sprechen. Dort findet die Trennung zwischen Hell/Dunkel und Buntfarben statt, die in verschiedenen Sorten von Ganglionzellen verarbeitet werden. Dies hat nicht nur informationstechnische Vorteile, sondern lässt sich aus der Evolution ableiten. Evolutionär älter und bei den meisten Säugetieren dominierend sind die großen Ganglionzellen (= Dominatoren), die Helligkeit verarbeiten. Es scheint, dass es bei der Ausbildung der Trichromatizität bei den Altweltaffen einfacher war, dieses funktionierende System intakt zu lassen und es nur durch neuere Systeme (mit den Modulatoren) zu ergänzen. Das deutlich niedrigere Auflösungsvermögen der Zellen, die Farben codieren, dürfte an der Bauweise der farboptionen Modulatoren liegen. Da ein System mit hoher Auflösung ja bereits vorhanden ist, leuchtet es auch ein, dass die diesbezüglichen Anforderungen beim Farbsystem geringer sein können. Fälle wie der eines Malers, der nach einem Autounfall farbenblind wurde, dafür

aber an Sehschärfe gewann, sprechen ebenfalls dafür, dass Farbwahrnehmung und optimale Auflösung nicht gleichzeitig zu haben sind.

Als ein Resultat der spezifischen Verschaltung der Ganglionzellen im Auge muss auch die Komplementarität betrachtet werden. Nichts in den physikalischen Eigenschaften der Photonen oder auch der Trichromatizität weist auf sie hin. Unter Komplementarität versteht man die Tatsache, dass zwei geeignete Farben wie etwa Rot und Blaugrün oder Blau und Gelb, wenn man sie (additiv resp. optisch) mischt, sich auslöschen oder neutralisieren. Immer wenn die Aktivitäten der Rot-Grün- bzw. der Blau-Gelb-Kanäle ausgeglichen sind, sehen wir Weiß oder Grau. Umgekehrt ist also ein deutliches Signal in mindestens einem der genannten Kanäle nötig, um eine Buntfarbe wahrzunehmen. Ebenso entstehen die Nachbilder erst durch die Arbeitsweise der farb-opponenten Ganglionzellen oder Modulatoren. Das bekannte Phänomen der Nachbilder, dass, wenn man lange auf einen intensivfarbigen, z. B. roten Fleck starrt und dann auf eine neutrale weiße Fläche, man ein blaugrünes Nachbild sieht etc., lässt sich leicht über die beschriebenen Eigenschaften dieser Ganglionzellen verstehen. Sind sie über eine gewisse Zeit aktiv, so »ermüden« sie, sodass bei einem kurz darauffolgenden neutralen Reiz die bislang inaktive und noch voll funktionstüchtige andere Seite der Polarität das Übergewicht erhält. Der Simultankontrast dagegen, der besagt, dass zwei Farben, wenn man sie mischt, sich auslöschen und als Weiß (oder Grau) erscheinen können, sich aber in ihrer Wirkung verstärken, wenn sie nebeneinander zu liegen kommen, beruht auf der Arbeitsweise sogenannter doppelt opponenter Zellen, die erst auf einer späteren Ebene auftreten, und wird dort behandelt.

Was ist nun der Grund für dieses komplizierte Arrangement von Stäbchen und dreierlei Zapfen, die noch dazu höchst ungleich über die Retina mit ihrer Fovea und Foveola verteilt sind (wobei noch der »blinde Fleck« hinzukommt, die Stelle, wo der Sehnerv die Netzhaut verlässt und sich keine Rezeptoren befinden)? Weshalb decken ihre Empfindlichkeiten den Bereich des sichtbaren Lichts so asymmetrisch ab?

Zunächst muss grundsätzlich gesagt werden, dass die Wahrnehmung nicht so funktioniert, dass da ein auf die Netzhaut geworfenes Bild ins Gehirn weitergeleitet und dort gesehen und interpretiert wird. Dies würde das bereits erwähnte Problem des Homunkulus mit dem infiniten Regress hervorrufen. Die Netzhaut bildet ontogenetisch einen Teil des Gehirns und die eigentliche Verarbeitung des Netzhautbildes beginnt bereits in ihr. Schon in ihr nimmt ein Prozess seinen

Anfang des Herausfilterns dessen, was biologisch wichtig ist, eine Reduktion und ein Umkodieren. Würde zu viel Information weitergegeben werden, würde schon der blinde Fleck zu viel Platz einnehmen und das Auge unbeweglich werden. Der Sehnerv, der vom Auge ausgeht, weist nur circa 800.000 Stränge auf, was gegenüber den 125 Millionen Stäbchen und Zapfen eine erhebliche Komprimierung und Abstrahierung bedeutet. Sie beginnt schon bei den Horizontalzellen mit ihrer lateralen Hemmung, sodass von der absoluten Beleuchtungsstärke unabhängige Kontraste und nicht Gebiete gleicher Information an weitere Gehirnregionen zur Auswertung gelangen.

Dass in der Fovea keine Stäbchen mehr zu finden sind, hat mit der Bedeutung des Tagessehens zu tun. Man muss sich klar machen, dass das Farbensehen nur einen und beileibe nicht den wichtigsten Teil der visuellen Wahrnehmung ausmacht. Fundamentalere ist die Unterscheidung von Helligkeiten. Wie erinnerlich, sind für die Helligkeit so gut wie nur die M- und L-Zapfen zuständig, und die sind in der Fovea überrepräsentiert. Da das Auge ähnlich wie ein Prisma Licht verschiedener Wellenlänge durchaus unterschiedlich bricht – man spricht von chromatischer Aberration – kann es sich nur auf einen engen Bereich davon wirklich scharf einstellen. Dies erklärt, dass die M- und L-Zapfen in ihren Empfindlichkeiten so nahe benachbart zu liegen kommen und dass die S-Zapfen, deren maximale Empfindlichkeit von jener der M- und L-Zapfen ja sehr verschieden ist, in der Fovea wenig bis gar nicht vertreten sind. Übrigens beruht darauf das im Fernsehen beliebte Blue-Box-Verfahren, wo agierende Menschen anscheinend nahtlos vor einem anderen Hintergrund gezeigt werden als dem, vor dem sie sich tatsächlich im Studio befinden.⁵ Blau also ist wahrnehmungsmäßig eine besondere Farbe wie auch Purpur oder Magenta, wo nie klar ist, ob das Auge sich eher auf die lang- oder kurzwelligen Bestandteile des auftreffenden Lichts einstellen sollte. In der Regel akkomodiert das Auge so, dass die langwelligen Teile des Lichts scharf gesehen werden. Die allermeisten Zapfen und vor allem die in der Sehgrube sind für langwelliges Licht sensibel. Überwiegen einmal die kurzwelligen Anteile, so muss das Auge nachjustieren, was blaue Objekte als entfernter liegend erscheinen lässt und deshalb Blau als Farbe der Ferne gilt. Der sogenannte Farbraum hängt deswegen mit dieser unterschiedlichen Akkomodation bei lang- und kurzwelligen Anteilen des Lichts zusammen. H. v. Helmholtz hatte dieses als chromatische Aberration bezeichnete Phänomen erstmals beschrieben.

Auch andere Besonderheiten der visuellen Wahrnehmung können als ein Designkompromiss zwischen unterschiedlichen Anforderungen

wie z. B. möglichst großem Gesichtsfeld und gleichzeitig möglichst hoher Auflösung betrachtet werden. Ein ausschließlich peripheres Sehen, wie es bei den Impressionisten z. B. thematisiert wurde oder bei einer im Alter zu befürchtenden Makuladegeneration allein noch möglich ist, kann nicht im Entferntesten die durch Fixierung in der Fovea erreichte Detailgenauigkeit bieten. (Genau genommen geben die Werke der Impressionisten nicht unbedingt das undeutliche Gesichtsfeld außerhalb der Fovea wieder, sondern durchaus invariante Faktoren der Umgebung, die das Licht, die Atmosphäre oder das Wetter spezifizieren unter Weglassung anderer.)

Das periphere Sehen, in dem wir nur über eine geringe Auflösung verfügen, ist gleichwohl nicht unwichtig, sondern erfüllt spezielle Aufgaben. Würde man durch eine Röhre gucken, hätte man den berühmten Tunnelblick und sähe beispielsweise Farben nur im Öffnungsmodus und könnte sie nicht einer räumlichen Gesamtsituation zuweisen. Das periphere Sehen steuert nicht nur die Sakkaden und erlaubt es, die Aufmerksamkeit auf andere Bereiche des Gesichtsfeldes zu richten, auch der Vergleich verschiedener Raumfrequenzen wird erst durch seine Hinzuziehung möglich. Manchmal wird ausgenutzt, dass peripheres und fokales Sehen Eindrücke liefern, die nicht in Einklang zu bringen sind. Dies trifft etwa bei Werken des Neoimpressionismus zu, wo das fokale Sehen einzelne Punkte unterscheidet, während das periphere Sehen mit seinem geringen Auflösungsvermögen davon unabhängige Farbschleier beiträgt, die sich zu bewegen scheinen, da sie sich nicht an ausgeprägte Luminanzgrenzen anheften können. Das gerühmte perlende Grau bei Seurat erweist sich als abhängig von der Größe der Punkte, die im Verhältnis zum Auflösungsvermögen irgendwo zwischen dem zentralen und dem peripheren Sehen angesiedelt sind. Auch die Werke des Impressionismus zehren davon, dass das periphere Sehen eine erkennbare Dreidimensionalität liefert, während die fokussierenden Sakkaden nur unintelligible Einzelheiten bieten.

Wichtig ist noch der Begriff der sogenannten ›Stimmung‹ des Auges, worunter eine Anpassung an die vorherrschende Leuchtdichte und Farbverteilung im Gesichtsfeld zu verstehen ist. Auch sie benutzt das periphere Sehen. Die Wahrnehmung bemüht sich also, die jeweils herrschenden Besonderheiten der Lichtsituation ›herauszurechnen‹. Deshalb lässt sich die ›Stimmung‹ beschreiben durch die Farbe, die jeweils als unbunt empfunden wird. Eine Farbstimmung umfasst in der Regel die gesamte Netzhaut. Farbempfindungen müssen daher als Vergleiche von Vergleichen von Vergleichen angesehen werden. Setzen wir an einem Sommertag eine getönte Sonnenbrille auf, so er-

scheint uns einige Sekunden lang die Umwelt tatsächlich in einem anderen Farbton. Bald jedoch fällt uns nicht mehr auf, dass wir die Welt durch eine beispielsweise gelbe Brille betrachten. Die Blaus unterscheiden sich immer noch von den Grüns.

Es gibt neben dem photopischen Bereich bei Tageslichtverhältnissen, wo die Zapfen aktiv sind und wir Farben wahrnehmen können, noch einen mesopisch genannten Bereich, wo sowohl Stäbchen als auch Zapfen aktiv sind. Detailgenaues foveales Sehen mittels der Zapfen setzt bereits im Morgengrauen ein, ehe die rot-grün- und blau-gelb-Kanäle voll funktionstüchtig sind, bzw. bleibt bei der Abenddämmerung länger erhalten. Interessant ist noch, dass das System der Stäbchen, das vor allem beim skotopischen Sehen aktiv ist, durchaus das gleiche Netz an Ganglienzellen benutzt wie das System der Zapfen beim photopischen Sehen. Es herrscht demnach eine Ökonomie im Gebrauch der Verarbeitungswege, die auch bei späteren Verarbeitungsstufen im Gehirn zu beobachten ist. Da also je nach Helligkeit die Mitwirkung der Stäbchen variiert, die ihre maximale Empfindlichkeit in einem Bereich haben, der mit circa 500–510 nm gegenüber den (für die Helligkeitswahrnehmung zuständigen) M- und L-Zapfen zum kurzwelligen Ende des Spektrums hin verschoben sind, führt dies dazu, dass bei abnehmender Lichtstärke rote Oberflächen immer dunkler erscheinen, während blaue strahlender und heller werden. Dieses Phänomen, das der böhmische Wissenschaftler Jan Purkinje als erster beschrieben hat, wird seitdem nach ihm Purkinje-Verschiebung genannt. Um in Filmen, wo man ja eine gewisse Leuchtdichte nicht unterschreiten kann, anzudeuten, dass eine Szene in der Dämmerung oder Dunkelheit spielt, hat sich daher die Konvention eingebürgert, sie in einem kräftigen Blaustich und unter weitgehendem Verzicht auf andere Buntfarben und insbesondere Rottöne wiederzugeben. Es gibt noch weitere Einflüsse der absoluten Lichtstärke auf das Farbsehen. So sind wir bei geringen Lichtstärken eher sensibel für Lichter entweder im roten, blauen oder grünen Bereich (Brücke-Bezoldphänomen), während bei hohen Leuchtdichten die blau-gelbe Achse dominiert (Brücke-Abnesches Phänomen).

Gene und Farbenblindheit

Die im Kapitel über die Evolution des Farbsehens beschriebene Anordnung der Gene vermag auch gut die verschiedenen Arten von Farbenblindheit oder Farbenschwäche zu erklären, die in der Retina

ihren Sitz haben. Ist, was selten vorkommt, die Entwicklung der S-Zapfen, also des ›blauen‹ Rezeptortyps gestört, so kommt es zur Tritanopie, ist die Entwicklung der L-Zapfen (= der ›Rot‹-Rezeptoren) oder der M-Zapfen (= der ›Grün‹-Rezeptoren) gestört, handelt es sich bei den Betroffenen um Protanope oder Deutanope. Diese beiden letzteren Formen, die vor allem bei Männern recht häufig zu finden sind, verweisen ebenfalls auf eine evolutionär junge Entstehungszeit der Rot-Grün-Differenzierung. Da Rot-Grün-Blindheit (wie sie Protanope und Deutanope aufweisen) von John Dalton 1798 zuerst beschrieben wurde, wird sie auch als Daltonismus bezeichnet. Es spricht manches dafür, dass die langwelligen L-Rezeptoren die evolutionär jüngsten sind. Nicht nur die Anfälligkeit für Störungen, auch die Leichtigkeit, mit der Rotempfindungen bewusst werden, weisen darauf hin. Daneben gibt es noch die Monochromasie oder totale Farbenblindheit, wo nur ein Zapfentyp vorhanden ist. Menschen, die diesen Mangel in ihrer Retina aufweisen, sehen die Farben nur als Schwarz-Weiß-Abschattierungen. Darüber hinaus gibt es noch eine seltene genetische Erkrankung, die wiederum durch O. Sacks einer breiteren Öffentlichkeit bekannt gemacht wurde, wo die Ausbildung von Zapfen insgesamt unterbleibt.⁶ Den Betroffenen bleiben zum Sehen nur noch die für geringe Lichtstärken vorgesehenen Stäbchen. Patienten, die an dieser Stäbchenmonochromasie genannten Krankheit leiden, sind sehr blendungsempfindlich, sehen die Welt ebenfalls nur in Grautönen, haben in der Mitte des Gesichtsfeldes, wo die Fovea zu erwarten wäre, keine Rezeptoren und daher ein zentrales Skotom (einen Gesichtsfeldausfall). Sie verfügen über eine extrem hohe Lichtempfindlichkeit, doch nur über ein geringes zeitliches und räumliches Auflösungsvermögen. Es überrascht wenig, wenn sie die Dämmerung schätzen, wo sie gegenüber anderen Menschen unbeeinträchtigt erscheinen.

Bekanntlich verfügen wir Menschen über 24 Chromosomen, von denen zwei, das sogenannte X-Chromosom und das wesentlich kleinere Y-Chromosom, über die Geschlechtszugehörigkeit entscheiden. Verfügt ein Mensch über zwei X-Chromosome, so handelt es sich um ein weibliches Exemplar, während die männlichen Exemplare über je ein X und ein Y-Chromosom verfügen. Dass die beiden Gene, welche die Erzeugung der Rezeptoren für ›rotes‹ und ›grünes‹ Licht steuern, auf dem X-Chromosom liegen, hat demnach zur Konsequenz, dass Frauen sie in doppelter Ausfertigung besitzen, während Männer nur über ein Exemplar verfügen. Die klinisch gut bestätigte Tatsache, dass ein recht großer Teil der männlichen Bevölkerung, nämlich circa 9%,

über ein eingeschränktes Farbwahrnehmungsvermögen im Rot-Grün-Bereich verfügt, während der entsprechende Anteil bei Frauen unter 1 % liegt, findet hier ihre Erklärung. Da letztere über zwei X-Chromosomen verfügen, können sie nämlich ein etwaiges defektes Gen kompensieren, während Männern dies nicht möglich ist. Das Gen, das die Ausbildung der L-Rezeptoren steuert, gibt es interessanterweise in zwei verschiedenen Varianten, die in der Gesamtbevölkerung etwa im Maße von 60 % zu 40 % verteilt sind. Das hat zur Folge, dass es in der Tat zwei verschiedene L-Rezeptoren gibt, die sich in ihrer maximalen Empfindlichkeit leicht, aber merklich unterscheiden. Der eine Typ spricht vor allem auf Licht der Wellenlänge 552 nm an, während der andere Typ seine maximale Empfindlichkeit bei 556 nm hat. Wir leben also (und nicht allein deshalb) wahrnehmungsmäßig durchaus in verschiedenen Welten. Die Empfindlichkeit der zwei verschiedenen Opsine für die L-Zapfen, die unterschiedlich häufig verbreitet sind, liegt zwar nur um 4 nm auseinander, was ein zwar kleiner, aber doch spürbarer Betrag ist. Keineswegs also nehmen wir alle die Farben gleich wahr. Es gibt auch Frauen (naturgemäß nur Frauen, die ja über zwei X-Chromosomen verfügen), die beide Sorten Opsine in den Rezeptoren für langwelliges Licht aufweisen. Sie zählen damit technisch gesehen zu den Tetrachromaten, doch weisen sie offenbar keine anderen qualia (spezifische Sinnesqualitäten) im Rotbereich auf als der Rest von uns. Der Besitz unterschiedlicher Arten visueller Pigmente im Auge ist zwar notwendig, aber nicht hinreichend für das Farbhören. Das visuelle System müsste ihre Aktivität durch spezialisierte Ganglionzellen auch vergleichen können und dies ist im Fall der beiden unterschiedlichen ›Rot‹-Opsine nicht der Fall.

Abgesehen von den erwähnten genetisch bestimmten Differenzen gibt es noch Faktoren wie die Trübung der Hornhaut und damit auch eine altersbedingt abnehmende Empfindlichkeit für kurzwellige Frequenzen. Mit zunehmendem Alter verfärbt sich die Hornhaut ins Bräunliche, was die Wahrnehmung von Blau behindert. Das Alterswerk von Monet, der sich mit 80 Jahren die Hornhaut operieren ließ, zeigt, welches die Effekte dieser Trübung sind. Daneben ist in Regionen mit starkem Licht in Äquatornähe eine Form von Farbenblindheit verbreitet, die gleichfalls auf einer fehlenden oder eingeschränkten Wahrnehmung von Blautönen beruht. Um die Augen vor zu starker Einstrahlung von schädlichem ultraviolettem Licht zu schützen, kommt es dort, ähnlich wie bei der Ausbildung schwarzer Hautfarbe, bei manchen Völkern zu einer starken Pigmentierung der Hornhaut im Auge, die jedoch auch das kurzwellige, ›blaue‹ bzw. ›blauviolette‹

Licht ausfiltert. Möglicherweise ist die unterschiedliche Einteilung des Farbraums bei ihnen also Folge dieser durch recht äußerliche Faktoren verursachten Unfähigkeit, Blau wahrzunehmen. Dadurch entsteht eine Form eingeschränkten Farbsehens, die der Tritanopie vergleichbar ist, obwohl die S-Zapfen im Auge vorhanden und funktionstüchtig sind. Dass wir alle bei kleinen Schwinkeln bzw. im Bereich der Foveola kein Blau wahrnehmen können, wurde bereits erwähnt.

Vom Auge zum visuellen Kortex

Die in den Zapfen ermittelte Information wird also in den Ganglienzellen umgeformt. Deren Axone leiten sie gebündelt im Sehnerv weiter zum *corpus geniculatum laterale* (= CGL), dem seitlichen Kniekörper, der wiederum einen Teil des Thalamus (ein Teil des Zwischenhirns) darstellt. Die Sehnerven der beiden Augen treffen und überkreuzen sich aber vorher im *chiasma opticum*, der Sehnervenkreuzung, und zwar so, dass die Information aus der jeweils linken Hälfte unseres Sehfeldes auf der rechten Gehirnseite weiterverarbeitet werden und umgekehrt. (Die Stränge werden also so geteilt, dass jeweils und nur die von der inneren, »nasalen« Seite der Netzhaut stammende Information auf die andere Körperseite wechselt (Abb. 3). Die derart neu zusammengesetzten linken und rechten Stränge des Sehnervs erreichen dann zunächst den jeweiligen seitlichen Kniekörper. Was die genaue Rolle dieser Zwischenstation in einem Bereich des Thalamus ist (den übrigens alle Sinneswahrnehmungen aufweisen), ist noch unbekannt. Anscheinend befand sich evolutionär gesehen in dieser Gehirnregion vor der Ausbildung der Großhirnrinde das eigentliche visuelle Zentrum. Es scheint, dass von dort zum einen bestimmte Informationen direkt, d. h. unter Umgehung des Kortex, an Gehirnareale wie dem limbischen System weitergegeben werden, was bei emotional wichtigen Reizen zu einer beschleunigten Reaktion führen könnte, zum anderen, dass aufgrund von Rückmeldungen höherer Gehirnregionen bereits hier die Aufmerksamkeit auf bestimmte Merkmale gerichtet werden kann. Die genannten Verbindungen zu extrakortikalen Regionen verlaufen über die *colliculi superiores* (die oberen Hügel), einem Teil des Tectums, das als phylogenetisch älter angesehen wird. Von dort aus werden unter anderem die Augenbewegungen wie die erwähnten Sakkaden gesteuert, es gibt aber auch Verbindungen zu anderen Gehirnteilen, denen etwa bei der Regulierung unseres Tag-und-Nacht-Rhythmus eine gewisse Rolle zukommt.

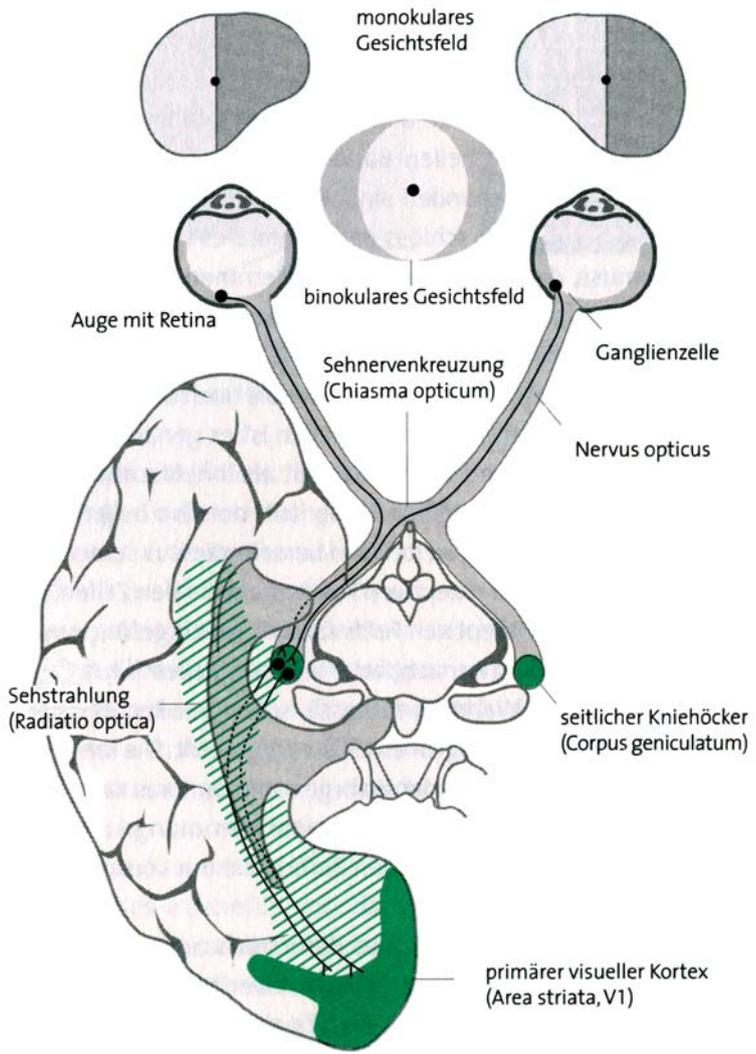


Abb. 3: Die Sehbahn; schematische Darstellung der neuronalen Verschaltung des menschlichen Sehsystems in der Ansicht von unten

Interessanterweise gibt es zum Kniekörper mehr absteigende (= efferente) Bahnen, die – aus ›höheren‹ Regionen stammend – in ihn einmünden, als solche, die von ihm aufsteigen. Der Kniekörper besteht aus sechs Zellschichten, von denen die beiden ersten, inneren, und entwicklungsgeschichtlich älteren, aus größeren Zellen bestehen, die auch ein größeres Rezeptionsfeld aufweisen. Sie werden deshalb als magnozellular bezeichnet. Die vier äußeren heißen dagegen parvozellulär. Diese Unterscheidung nach Größe lässt sich bis in die Ganglienzellen der Retina zurückverfolgen. Alle sechs Schichten sind retinotop organisiert. Die magnozellulären Zellen gelten als weitgehend farbenblind und enthalten Information über die Helligkeit, aber, da sie rascher reagieren können, auch über die Bewegung. Das Magnosystem kann höhere Frequenzen (an die 50 pro Sekunde) erkennen, während die Grenze des Parvo-Systems bei höchstens 12 Hertz liegt, eine Tatsache, die für die Film- und Fernsehtechnik nicht ohne Bedeutung ist.

Eine Zerstörung der parvozellulären Zellen im Kniekörper führt dagegen zu einem Verlust des Farbsehens sowie zu einer gewissen Beeinträchtigung der Sehschärfe. Die von ihnen gebildeten vier Schichten enthalten Information über Helligkeit und Rot-Grün-Unterschiede. Jede Schicht enthält aber nur Informationen aus einem Auge. Eine Vermischung der Informationen aus beiden Augen findet erst später, im visuellen Kortex, statt. Die Informationen über Blau-Gelb-Unterschiede werden dagegen nicht über die parvozellulären, sondern über die koniozellulären Schichten des geniculatum weiter gegeben. Diese dünnen Zwischenschichten sind erst kürzlich entdeckt worden. Jedoch werden alle für Farbe empfindlichen Zellen, sei es in den parvo- oder koniozellulären Schichten, maximal von einem Reiz in einer der sogenannten Kardinalrichtungen erregt. Welche das sind, wird im Folgenden erläutert.

Man hat herausgefunden, dass die Codierung der Informationen im optischen Nerv sehr effizient ist. Dazu müssen die drei ›Kanäle‹, denen die Informationsübermittlung obliegt, möglichst wenig korrelieren. Man hat ihre Existenz mit dem von Statistikern angewandten Verfahren der Faktorenanalyse theoretisch ermittelt, inzwischen aber auch in elektrophysiologischen Experimenten nachweisen können. Es gibt einen Kanal, der die Luminanz-Information (also über wahrgenommene Hell-Dunkel-Unterschiede) weitergibt, einen weiteren, der die Farbgegensätze von Rot und Grün weiterleitet, und einen dritten, der dies für die Farbgegensätze von Blau und Gelb tut. Hier also ist der Ort, um die Komplementarität zu verstehen sowie teilweise auch

die Tatsache, dass wir farbige Nachbilder sehen. Starren wir z. B. eine Minute lang unverwandt auf einen kräftig roten Fleck und blicken anschließend auf eine weiße Wand, so erscheint ein blaugrünes Nachbild in der Form des ursprünglichen Flecks. Wichtig ist aber, dass die Hauptachsen oder Kardinalrichtungen des in den Kniekörpern vorliegenden Farbenraums nicht genau mit den Grundfarben übereinstimmen, die wir als das optimale Rot, Blau, Grün oder Gelb ansehen würden. Die Rot-Grün-Achse beispielsweise reagiert am stärksten auf ein Rot, das ein wenig in den gelblichen Bereich verschoben ist, bzw. auf ein Grün, das deutlich näher an Cyanblau liegt als an dem, was die meisten unter uns als Grün bezeichnen würden. Bei der Blau-Gelb-Achse ist es ähnlich: Ihr optimales Blau ist in Richtung Violett verschoben und das ihm opponierende Gelb ähnelt eher dem Farbton Chartreuse (einem Grüngelb) als einem reinen Gelb. Man weiß das aus Experimenten zur Adaption. Adaptiert man die Wahrnehmung z. B. an die Rot-Grün-Achse, so bedarf es zwar stärkerer Reize, um dort noch eine Reaktion auszulösen, während die Reizschwelle bei der Blau-Gelb-Achse davon unbeeinflusst bleibt. Es fällt auf, dass je zwei Enden der genannten Gegensatzpaare, nämlich einerseits Gelb und Rot, andererseits Blau und Grün als warm bzw. kalt, als positiv und anziehend oder negativ und zurückweichend empfunden werden. Deshalb dürfte bereits auf dieser Ebene eine unterschiedliche Codierung der jeweiligen Pole nach aktiv und passiv stattfinden. Sie würde der gefühlsmäßigen Polarität von Licht und Dunkel im magnozellulären Kanal entsprechen.

Wie in späteren Gehirnzentren aus den vier Grundfarben der Ebene der Ganglienzellen und der beiden seitlichen Kniekörpers dann unsere geläufigen Grundfarben Rot, Blau, Grün und Gelb werden, ist noch unklar, dass da aber eine Verbindung bestehen muss, ergibt sich aus der Tatsache, dass wir uns kein grünliches Rot (oder rötliches Grün) und kein bläuliches Gelb (oder gelbliches Blau) vorstellen können. Auch diese Farben sind also oppositionell organisiert. Dies hatte der Psychologe Ewald Hering bereits 1878 festgestellt. Man spricht daher auch von den Heringschen Grundfarben. (Sie sind mit den sogenannten ›reinen‹ Farben verbunden. Fordert man Versuchspersonen auf, dasjenige Gelb anzugeben, das keinerlei Grün oder Rot enthält – oder Rot, das keinerlei Gelb oder Blau enthält, etc. –, so stimmen die Resultate bemerkenswert gut überein.) Von den seitlichen Kniekörpern wird die Information dann über die *radiatio optica*, die Sehstrahlung, weitergeleitet in den primären visuellen Kortex, der einen Teil des Hinterhauptlappens bildet.

Farbe im Kortex

Die Information aus den Sehnerven der Augen gelangt also schließlich an einen Bereich des Okzipitallappens (oder Hinterhauptlappens), der in der Fachsprache als V1 (V steht für visuell) bezeichnet wird. Diese Region wird wegen ihrer charakteristischen Streifen auch als *area striata* bezeichnet (und die späteren Verarbeitungsschichten entsprechend als extrastriär). Sie besteht, wie alle Bereiche des Neokortex, aus sechs Schichten. Man konnte nun nachweisen, dass die Projektionen aus den magnozellulären, den parvozellulären und den (erst kürzlich entdeckten) koniozellulären Strängen schließlich verschiedene Schichten dieses primären visuellen Kortex erreichen. Auch sie sind retinotop organisiert, wobei allerdings der Bereich der Fovea erheblich überrepräsentiert ist. Von V1 gibt es viele Verbindungen zur nächsten Schicht V2. Strittig ist, ob die im Kniekörper ebenso wie noch in V1 beobachtete Segregation auch in weiteren Schichten wie V2 und darüber hinaus durchgehalten wird. Die Autoren, die diese Meinung vertreten, nehmen an, dass den anatomisch unterscheidbaren Kanälen auch eine funktional unterschiedene Rolle zukommt, sodass in einem von ihnen Bewegung und Tiefe, in einem zweiten Form und einem dritten Farbe prozessiert wird, ehe, nach der Schicht V2, eine Aufspaltung in einen ventralen ›Was-Kanal‹ und einen dorsalen ›Wo-Kanal‹ stattfindet. Diesem Schema entsprechend würde Farbe dann so gut wie nur im ›Was-Kanal‹ weiter prozessiert werden. Es geht also darum, wie unverbunden bzw. in welcher enger Verbindung mit anderen visuellen Attributen wie Form, Bewegung oder Tiefe die Farbsignale behandelt werden.

Die Theorie einer funktionalen Trennung, die in den 1980er-Jahren entwickelt wurde, geht also von einer strengen Modularität und einer massiven Parallelverarbeitung aus, ähnlich wie es die damals aktuellsten Experimente im Bereich der künstlichen Intelligenz untersuchten. Wäre unser Gehirn aber so organisiert, würde sich das ›Bindungsproblem‹ in aller Schärfe stellen, nämlich die Frage, wie die getrennt prozessierten Attribute wie Farbe, Form, Größe, Richtung, Raum, Bewegung etc. wieder zu einem einheitlichen Wahrnehmungsbild zusammengefügt werden. Deshalb geht man heute eher von konnektivistischen Modellen aus.

Die Schicht V1 ist bekannt geworden, seit Torsten Wiesel und David Hubel im Jahr 1959 in einer Serie bahnbrechender Experimente, für die sie 1981 den Nobelpreis erhielten, nachweisen konnten, dass dort Zellen existieren, die auf gerichtete Reize reagieren. Nicht punkt-

förmige Reize, wie in der Retina und dem Kniekörper, sondern kurze Lichtstreifen konnten sie am besten aktivieren, wobei je nach Richtung andere der übereinanderliegenden Zellverbände reagierten. Einige Zellen sprachen auf die Länge der Balken an, wieder andere auf Winkel. Man sah und sieht in diesen Zellen den Anfang der Analyse von Formelementen, die schließlich zu Konturen und zum Erfassen von Objekten weiter prozessiert würden. Es war daher eine Überraschung, als durch die fMRI nachgewiesen wurde, dass die gleiche Schicht V1 auch bei Aufgaben, in denen besonders stark die Farbwahrnehmung involviert ist, eine starke Aktivität aufweist. Inzwischen weiß man, dass die meisten Zellen in V1 und in V2 auf unterschiedliche Reize bzw. mehrere visuelle Attribute ansprechen. Eine strikte Modularität in verschiedenen parallelen Verarbeitungsbahnen ist also nicht gegeben. Auch durch andere Untersuchungen ist klar geworden, dass selbst bei Vorliegen äquiluminanter (oder auch: isoluminanter) Reize, also solcher, die keinerlei Helligkeitsunterschiede, wohl aber Farbunterschiede aufweisen, die Wahrnehmung von Form und Bewegung nicht völlig unterbunden ist. Einer der Vorteile des beschriebenen Arrangements ist, dass die visuellen Attribute nicht wieder auf einer weiteren Verarbeitungsebene zusammengeführt werden müssen.

Die Zellen in V1 und V2 nun verhalten sich ziemlich ähnlich. Etwa 50% von ihnen reagieren selektiv auf farbliche Reize. Fast alle Zellen, die auf Farbunterschiede reagieren, sprechen aber auch auf Helligkeitsunterschiede an, eine Eigenschaft, die im visuellen Kortex anscheinend durchgängig anzutreffen ist. Bei solchen Zellen, die stärker auf äquiluminante (in der Helligkeit ununterscheidbare) Reize als auf Helligkeitsunterschiede reagieren, kann man aber annehmen, dass sie Input von den farbopponenten Kanälen erhalten. In V2 gibt es dann – neben einer Mehrheit von Zellen, die sich in ihrem Verhalten nicht von solchen in V1 unterscheiden – auch solche, die nur auf einen vergleichsweise engen Bereich farbiger Reize ansprechen. Es gibt jedoch gewisse Unterschiede zu den Zellen im seitlichen Kniekörper. So reagieren viele von ihnen besonders gut auf Farbreize, die nicht – wie die letzteren – mit den oben beschriebenen kardinalen Richtungen übereinstimmen, sondern dazwischen liegen. Möglicherweise hängt dies mit der Ausbildung von Farbkategorien zusammen (siehe im Kapitel über Farbe und Sprache). Es gibt anscheinend ein Kontinuum an Zellen, wonach manche fast nur auf Farbunterschiede und kaum auf Helligkeitsunterschiede ansprechen, andere im Gegensatz dazu fast nur auf Helligkeitsunterschiede und kaum auf Farbunterschiede und die Mehrheit der Zellen irgendwo dazwischen liegt.

Man hat auch doppelt opponente Zellen nachweisen können, also solche, die eine Farbgränze weitgehend unabhängig von der Zusammensetzung des Lichts, das auf sie fällt, kodieren können, sodass bereits in der Schicht V1 die Anfänge der Farbkonstanz zu vermuten sind. Doppelt opponente Zellen haben die Eigenschaft, dass Farben, die in einer Mischung einander aufheben würden, sich verstärken, wenn sie aneinanderstoßen. Wird beispielsweise eine solche Zelle angeregt, wenn sie im Zentrum ihres rezeptiven Feldes einen roten Reiz erhält (und von einem grünen Reiz im Zentrum deaktiviert), so wird sie gleichfalls durch einen grünen Reiz im Umfeld angeregt (und durch Rot im Umfeld abgeschwächt). Solche Zellen dienen also zur Entdeckung von Farbgränzen und sind für das Phänomen der induzierten Farben sowie des Simultankontrastes verantwortlich. Unter dem Simultankontrast, der vom Chemiker Chevreul im 19. Jahrhundert beschrieben wurde, versteht man, dass zwei benachbarte Farben sich in der Wahrnehmung beeinflussen und an der Grenze in Richtung ihrer Gegenfarben verändern würden. So sieht ein neutrales Grau neben einem Blau heller und gelblicher aus als das gleiche Grau neben einem Gelb, was es dunkler und bläulicher erscheinen lässt. Doppelt opponente Zellen dienen der effizienten Informationsverarbeitung. Nicht jeder Punkt in einer wahrgenommenen Szene ist es gleichermaßen wert, registriert zu werden. Die Stellen eines abrupten Kontrastes werden von der Wahrnehmung deutlich bevorzugt konstatiert in der Annahme, dass die Bereiche innerhalb einer durch Farbgränzen bestimmten Fläche weitgehend homolog sein dürften. Es scheint also, dass Farbkonstanz und Simultankontrast zwei Seiten der gleichen Münze bilden. Durch bestimmte Färbetechniken kann man bestimmte Regionen in V1, nämlich die sogenannten *blobs*, von ihrer Umgebung absondern. Sie dürften die farbopponenten Zellen enthalten. In V2 unterscheidet man dann Regionen von dicken, dünnen und blassen Streifen. Ungerichtet, selektiv auf Farben ansprechende Zellen hat man bevorzugt in den *blobs* bzw. den dünnen Streifen gefunden. Allerdings widersprechen neuere Resultate der Annahme einer streng ausgeprägten Modularität. Auch die Zellen in den *blobs* und den dünnen Streifen reagieren in gewissem Umfang auf Bewegungsreize und auf Form. Zudem hat man einen bemerkenswert aktiven Austausch zwischen den parvo-, magno- und koniozellulären Kanälen in V1 nachweisen können.

Der Neurologe Semir Zeki hat in einer Serie von einflussreichen Artikeln und Büchern die Existenz eines speziellen Farbenzentrums postuliert und dafür die kortikale Zone V4 im Gehirn von Makaken

ausgemacht. Die entsprechende Stelle im menschlichen Gehirn wird meist ebenfalls als V4, manchmal als hV4 (das h steht für *human*) bzw. auch Hadjikhani et alii folgend⁷ als V8 bezeichnet. Zeki zufolge würden die Zellen in V1 noch direkt mit dem vorliegenden physikalischen Reiz korrelieren, während in V4 dann die sogenannte Farbkonstanz vorliegen würde, die Reaktion der Zellen also mit dem, was menschliche Beobachter als ihre Empfindung angeben, übereinstimmen würde. Es scheint jedoch, dass die Zellen in V4 keine größere Spezialisierung auf farbige Reize aufweisen als in Regionen wie V1 oder V2, sondern sie allenfalls über eine geringere Auflösung verfügen. Zwar ist klar, dass dort eine Region des Kortex liegt, die über einen höheren Prozentsatz an Zellen verfügt, die stärker auf Farb- als auf Luminanzunterschiede reagieren, aber ein Ausfall dieses Zentrums führt darüber hinaus auch zu schweren Defiziten in der Objekt- und Mustererkennung. Wer unter zerebraler Achromatopsie leidet, also der Unfähigkeit, Farben wahrzunehmen, obwohl der Wahrnehmungsapparat bis zur Ebene V1 intakt ist, sieht deshalb noch nicht die Welt einfach wie in einem Schwarz-Weiß-Film. Umgekehrt können bei verschiedenen Läsionen des Gehirns verschiedene Leistungen der Farbwahrnehmung selektiv betroffen sein, z. B. das Farbgedächtnis oder die Farbkonstanz. Dazu passt, dass vielerlei Zentren aktiviert werden, auch wenn das Gehirn ausschließlich farbige Reize zu verarbeiten hat. Entsprechend hat man nachgewiesen, dass in Zentren wie MT, denen eine große Rolle bei der Bewegungswahrnehmung nachgesagt wird, nicht wenige Zellen gleichfalls auf Farbunterschiede ansprechen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Zentren sind daher eher als graduell zu verstehen und nicht im Sinne einer strengen Spezialisierung. Die Prinzipien der Mengenkodierung, dass beständig Vergleiche von Vergleichen von Vergleichen zwischen verschiedenen Ebenen vorgenommen werden wie auch die Nutzung gleicher Bahnen für verschiedene Systeme, denen wir bei der Retina begegnen, dürften auch bei den »höheren« Verarbeitungsstufen eine Rolle spielen.

Daraus ergibt sich einmal, dass über die Prozessierung der Farbinformation im Kortex noch längst nicht alles bekannt ist. Aus Untersuchungen mit fMRI weiß man aber auch, dass bereits V1 und nicht erst eine höhere Ebene eine große Rolle bei der Farbwahrnehmung spielt. Auch die Phänomene der chromatischen Adaption (Gewöhnung an starke farbliche Kontraste) hat man als in V1 angelegt nachweisen können. Es gibt also wohl keine spezielle Population von Neuronen, die ausschließlich der Farbwahrnehmung dienen. Insgesamt muss deshalb auch die Idee einer strengen Modularität aufgegeben werden.

Daraus kann man zum anderen folgern, dass im Gehirn kein eigenes Farbenzentrum existiert, sei es hV4, V8 oder ein anderes. Darüber hinaus scheint es so zu sein, dass vieles für die Farbempfindungen Relevante bereits in frühen Ebenen, in der Retina, in den Kniekörpern und in V1 resp. V2 passiert und ansonsten bei einer objektbezogenen Farbempfindung verschiedene Zellen in verschiedenen Zonen zusammen aktiv sind. Die Vorstellung, dass da in der Wahrnehmung aus Konturen ein Objekt konstruiert würde, dem dann wie in den Malbüchern unserer Kindheit irgendwie Farbe hinzugefügt würde, kann nicht aufrechterhalten werden. Allerdings ergibt sich aus Forschungen zu den neurologischen Korrelaten von Bewusstsein, dass Vorgänge in V1 ebenso wenig wie solche in der Retina oder im Kniekörper hinreichend sind, um ins Bewusstsein zu gelangen, während Vorgänge in V4 sehr gut mit bewussten Wahrnehmungen korrelieren.

Die Simultaneität und Modularität, die auf massiver Parallelverarbeitung beruhen, wie sie die ersten Phasen der visuellen Wahrnehmung kennzeichnet, wird somit schrittweise zunehmend durch Interkonnektivität ergänzt, bis auf höheren Ebenen keine hierarchischen Abhängigkeiten mehr vorliegen, sondern eine offene Verflechtung. Dies erklärt auch, weshalb Beschädigungen eines bestimmten Areals nicht mehr zum vollständigen Ausfall entsprechender Wahrnehmungsleistungen führen. Die Farbwahrnehmung ist ein konstruktiver Prozess, der nicht nur von der in einem Reiz enthaltenen Information abhängt, auch nicht allein von der Bauart des Gehirns, sondern von der Bewertung dieses Reizes aufgrund des gegenwärtigen mentalen Zustands des Wahrnehmenden. Man muss von einem beständigen *cross talk* zwischen den verschiedensten Zentren, ja selbst zwischen den verschiedenen Modalitäten wie dem Sehen und Hören ausgehen. Es gibt keinen privilegierten Ort, wo alle Informationen zusammenkommen.

Die Hauptaufgabe der visuellen Wahrnehmung besteht jedoch nicht in der Farbwahrnehmung, sondern in der Objekterkenntnis sowie darin, unsere Handlungsfähigkeit im Raum zu gewährleisten. Um eine so hochkomplexe Aufgabe zu lösen wie die zu erkennen, ob eine Abbildung ein Tier zeigt oder nicht, brauchen Menschen nur wenige Millisekunden, sodass angesichts der Geschwindigkeit unserer Neuronenverknüpfungen nur 5-10 Stationen beteiligt sein können. Man hat in den Schläfenlappen des Kortex (wo der von V1 resp. V2 ausgehende ventrale Verarbeitungsstrom des ›Was‹-Systems endet), Regionen gefunden, die nur auf Gesichter ansprechen oder nur auf Hände bzw. andere Objektkategorien. Bei den Gesichtern sprechen einige nur auf

Frontalansichten an, andere auf Profilsansichten, einige auf Details, andere reagieren mehr auf einen bestimmten Gesichtsausdruck. Zwar gibt es wahrscheinlich nicht ein einzelnes ›Großmutterneuron‹, aber es genügen doch wenige Neuronen bzw. deren kombinierte Reaktionen, um ein Individuum und seinen Gesichtsausdruck zu repräsentieren. Wie die Wahrnehmung in 70 bis 100 Millisekunden und so wenigen Schritten von V1 mit seiner Analyse der Orientierung und Länge von Kantensegmenten zur Erkenntnis ganzer Objekte gelangt, bildet dabei ein großes, ungelöstes Rätsel. Die dabei erforderlichen Konstanzleistungen, dass unabhängig von Entfernung, Beleuchtung, Blickwinkel etc. die Objekte sicher erkannt werden, stellt dabei das eigentliche Explanandum dar. Was die Farbe betrifft, so ergibt sich daraus, dass das, was für die Objekterkenntnis unerheblich ist, z. B. ein zufälliges Glanzlicht, ein veränderlicher Schatten, eine leichte Verfärbung durch Reflexlichter, von der Wahrnehmung anders behandelt wird als das, was als permanente Objektfarbe (= ›Lokalfarbe‹) gilt. Insgesamt jedoch stehen die angeführten Befunde der Gehirnforschung gut im Einklang mit der Erfahrung der extremen Kontextabhängigkeit der Farbwahrnehmung, wie sie z. B. beim Phänomen der Farbkonstanz, aber auch dem Simultankontrast zu beobachten ist. Auch dass Farbe nicht getrennt von anderen visuellen Merkmalen prozessiert wird, deckt sich gut mit den Erfahrungen der Maler.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. Oliver Sacks, *Eine Anthropologin auf dem Mars*, Reinbek bei Hamburg 1995.
- 2 Vgl. Michael Morgan, *The space between our ears*, London 2003, S. 169, und Karl R. Gegenfurtner, *Gehirn und Wahrnehmung*, Frankfurt/M. 2002, S. 99.
- 3 Eine gute Einführung bei: John Harrison, *Synaesthesia: the strangest thing*, Oxford 2001, insbes. Kapitel 6.
- 4 Vgl. Karl R. Gegenfurtner, wie Anm 2, Abb. 2.
- 5 Zur Blue-Box vgl. Claudia Blümle, *Blue-Box: Künstlerische Reflexionen einer Studioteknik*, in: *Philosophie des Fernsehens*, hrsg. von Oliver Fahle und Lorenz Engell, München 2005.
- 6 Vgl. Oliver Sacks, *Die Insel der Farbenblinden*, Reinbek bei Hamburg 1997.
- 7 Vgl. N. Hadjikhani et alii, *Retinotopy and color sensitivity in human visual cortical area V8*, in: *Nature Neuroscience* Bd. 1 (3), 1998, S. 235–241.

Qualia und Synästhesien

Von Johannes Müller (1801–1858), dem Begründer der modernen Physiologie, stammt die explizite Formulierung der Erkenntnis, dass es nicht von der Natur der empfangenen Reize abhängt, sondern der Bauart des jeweiligen Sinnesorgans, in welche Kategorie von Empfindungen sie im Gehirn umgewandelt werden. So können die gleichen Photonen einmal über die Haut als Wärmeempfindungen, zum anderen über das Auge als Farbempfindungen erfahren werden. Jedes Sinnesorgan verfügt nur über eine eigene, ihm spezifische Weise, Reize zu verarbeiten. Das Auge reagiert – wie schon Goethe beschrieben hat – auf anderes als Licht, z. B. auf Druck, gleichfalls mit Sehempfindungen, weil es Reize eben nur auf die ihm eigene Weise in Empfindungen umsetzen kann. Wie kommt es, dass Geruch und Farbe, Gehör, Schmerz etc. auf ihre je eigentümliche Weise empfunden werden? Ihren physikalischen Ursachen in der Natur oder auch im Gehirn sind die von uns erlebten Empfindungsqualitäten jedenfalls nicht ähnlich. Obwohl die Nervenzellen überall im Gehirn ziemlich gleich aufgebaut sind und eigentlich nur aktiv oder passiv sein können, allenfalls in der Frequenz, mit der sie sich entladen, noch weitere Informationen enthalten sind, geben sie zu Recht unterschiedlichen und untereinander unvergleichlichen Empfindungen Anlass. Sie werden als qualia bezeichnet. Gibt es unterschiedliche Zelltypen, die Geschmacks- Geruchs- oder Farbempfindungen absondern? Liegt es am Ort, wo sich eine Zelle befindet, ob sie Töne oder Gerüche vermeldet?

Heutzutage bietet sich ein Vergleich mit den digitalisierten Medien an. Was an einer silbrig glänzenden CD macht, dass in ihr entweder Texte, Bilder, bewegte Bilder und/oder Töne gespeichert sind? Das Prinzip der Digitalisierung beruht ja gerade darauf, dass qualitative Unterschiede eingeebnet und in dieselbe Sprache übersetzt werden. Deshalb gibt die Untersuchung der digitalisierten Zahlenkolonnen auf einer CD allein keinen Hinweis darauf, ob sie – wenn überhaupt – von Schallwellen oder Lichtstrahlen herrühren bzw. diese repräsentieren. Es wäre sogar denkbar, dass sie Geruchsempfindungen oder sinnlich nicht Wahrnehmbares codieren. Immerhin muss man im genannten Beispiel schließlich doch eine Instanz annehmen, welche die

gespeicherten Zahlen interpretiert und über eine Schnittstelle in Bilder oder Töne umwandelt.

Die Situation im Gehirn ist damit vergleichbar. Wie können die Aktivitäten einfacher Nervenzellen oder auch ihrer Zusammenschlüsse überhaupt zu Empfindungen führen, noch dazu zu so unterschiedlichen wie ›rot‹ oder ›schmerzhaft‹ oder ›süß‹? Welche Instanz sollte sie in Empfindungen umsetzen? Welche andere diese Empfindungen haben? Können wir je Nervenzellen identifizieren, deren Aktivität unseren bewussten Empfindungen entspricht? Hätte man dann mehr als lediglich eine notwendige Bedingung erkannt und wäre dem Geheimnis, wie es überhaupt zum Bewusstwerden von Empfindungen kommen kann, noch keinen Schritt näher gekommen? Wie und wo entstehen die qualia? Bilden sie eine Vorstufe von Bewusstsein oder sind sie gar mit dem Bewusstsein identisch? Farben zählen nun zu den auffälligeren unter den qualia und ihre Wahrnehmung ist zumindest im Normalfall an das Bewusstsein gekoppelt. Der sprichwörtliche Blinde, der über die Farbe redet, verfügt nicht über das Erleben des quale einer Farbe. Wenn wir ein Rot sehen, dann wissen wir auch, dass wir ein Rot sehen. Gehirnaktivitäten wie die elektrische Reizung eines Neurons oder die Ausschüttung von Neurotransmittern, die elektrische und chemische Kommunikation zwischen einzelnen Neuronen, Neuronenpopulationen oder auch verschiedener Regionen im Gehirn lassen aber nicht erkennen, ob sie von einem Bewusstseinszustand begleitet sind oder nicht. Die Theorie einer speziellen Sekretion mancher Zellen kann wohl als äußerst unwahrscheinlich ad acta gelegt werden, doch nehmen wir immer noch gern an, dass, wenn die Aktivität bestimmter Nervenzellen bekannt ist, damit auch die begleitenden Empfindungen wie ›rot‹ oder ›blau‹ irgendwie bestimmt seien. Trotz erheblicher Anstrengungen der Philosophen und entsprechend umfangreicher Literatur zum Problem der qualia ist im Augenblick keine Lösung in Sicht, ja es erscheint im Moment keine auch nur denkbar. Die reduktive Einstellung, im jeweiligen quale eine unentzifferbare und evidente Botschaft zu sehen, von der man, hat man sie einmal empfangen, alles weiß, was man von ihr wissen kann und über die es letzten Endes nichts zu sagen gibt, dürfte eine gesunde Reaktion auf die genannten Schwierigkeiten darstellen, wenn sie auch nicht wirklich zu befriedigen vermag.¹

Vielleicht stoßen wir hier an eine systematische Grenze, nämlich an die Grenze dessen, was ein System wie das Gehirn über sich selbst aussagen kann. Jedenfalls wird mit den qualia auch das ›problem of other minds‹ berührt, wonach zwei Individuen nie die Erfahrungen

des anderen wirklich teilen können. Wie können wir wissen, ob ein anderer ein Bewusstsein hat, so wie wir? Wann würden wir einer Maschine Bewusstsein zuschreiben? Dies erinnert an das vergleichbare Problem, wie ich wissen kann, ob ein anderer eine Farbe so empfindet wie ich. Es gibt allerdings inzwischen Evidenz dafür, dass die meisten Menschen im Verlauf des Heranwachsens eine *theory of mind* entwickeln. Nicht nur, dass sie anderen Menschen ein ähnliches Bewusstsein wie ihr eigenes unterstellen, sie können sich insoweit in den anderen hineinversetzen, dass sie das Bild, das sie selber ihm zeigen, sich vorstellen und entsprechend manipulieren können. Wir können antizipieren, wie wir auf andere wirken. Autisten haben dabei typischerweise Probleme, wie überhaupt die mit der ›theory of mind‹ gegebene soziale Kompetenz der Einfühlung in andere bei Männern durchschnittlich weniger gut ausgeprägt ist. Gesten, Schauspielerei, Kommunikation, aber auch die Fähigkeit zur Lüge beruhen auf dieser *theory of mind*. Die Entdeckung von Spiegelneuronen, d. h. von Neuronen, die sowohl aktiv sind, wenn ich einen anderen bei einer bestimmten Tätigkeit beobachte, als auch, wenn ich selbst die gleiche Tätigkeit tatsächlich vollführe, zeigt, dass es für die genannte *theory of mind* eine neuronale Grundlage gibt. Dennoch bleibt: Ich kann nur sagen, wie ich mich fühlen würde, würde ich mich verhalten wie ein anderer bzw. würde ich mich in seiner Situation befinden, indem ich mich unwillkürlich in ihn hineinversetze, ich kann es nicht wirklich wissen.

Allerdings sind die Wände zwischen unseren Sinnen nicht so hermetisch gegeneinander geschlossen wie gemeinhin angenommen wird. Das war schon den Romantikern bekannt, die Zustände zwischen Wachen und Schlafen, Träume, Tagträume, Halluzinationen oder von Drogen induzierte Fantasien untersucht und geschätzt haben. Sie postulierten eine geheime Entsprechung zwischen den verschiedenen Sinnesempfindungen und lieferten die Grundlage für die Beschäftigung mit Synästhesien. Es handelt sich dabei um ein faszinierendes Gebiet, dessen Erforschung auch Aufschlüsse über das menschliche Gehirn, über qualia und Bewusstsein, über Sprache und Denken geben dürfte. Die Fähigkeit, Analogien, Metaphern, Symbolisierungen oder Assoziationen zu bilden, scheint den Menschen auszuzeichnen. Hier sollen aber vor allem die relevanten Resultate der Synästhesieforschung hinsichtlich der Farbwahrnehmung diskutiert werden. Synästhesie heißt wörtlich ›Zusammenempfinden‹. Diese Kunstwort wurde aus griechisch: *syn* (= zusammen) und *aisthesis* (= Empfindung) gebildet. Synästhetiker sind demnach Menschen, die auf Reize einer Sin-

nesmodalität unwillkürlich mit Empfindungen antworten, die einer anderen angehören. Man sollte wohl von verschiedenen Formen von Synästhesien sprechen, denn sowohl die auslösenden Reize als auch die mitempfundene qualia können recht unterschiedlich sein. Im Prinzip kann jeder Sinn zu synästhetischem Mitempfinden in einer anderen Modalität führen, beispielsweise können Gerüche taktile Empfindungen auslösen. In der bei weitem überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind allerdings Farbwahrnehmungen beteiligt und zwar meistens als das induzierte Phänomen. Mit Abstand am häufigsten kommt es zur Farbe-Graphem-Synästhesie, bei der die grafische Gestalt von Buchstaben oder Zahlen bei den Betroffenen unwillkürlich eine korrespondierende Farbwahrnehmung auslöst (Abb. 4). Es handelt sich also um eine zusätzliche Wahrnehmung, die ca. 5/100 sec. später als die Wahrnehmung des Graphems auftritt und die gerichtet ist, d. h. wenn der Buchstabe A zur Wahrnehmung von Rot führt, gilt nicht im Umkehrschluss, dass die Wahrnehmung von Rot ihrerseits auch den Buchstaben A hervorruft. Strenggenommen handelt es sich bei diesem Zusammenempfinden von speziellen Formen wie Buchstaben oder Ziffern und Farben allerdings nicht um zwei Modalitäten, da beide dem visuellen Modus angehören, aber doch um zwei verschiedene Submodalitäten.



Abb. 4: Darstellung der Farben, die eine Synästhetikerin mit diversen Buchstaben verbindet

Nun gab es zur Zeit der Romantik keine klare Unterscheidung zwischen bloßen Assoziationen und wirklichen Korrespondenzen. Dies wurde beim Thema der Farborgeln offensichtlich. Seit der Jesuitenpater Louis-Bertrand Castel 1725 die Idee eines *clavecin oculaire* vorgestellt hatte, gab und gibt es immer wieder Versuche, eine Art visueller Musik mit Farben herzustellen.² Es zeigte sich jedoch, dass keine der vorgeschlagenen Zuordnungen zwischen Farben und Tönen zu überzeugen vermag. Auch haben die Künstler erworbene Synästhesien, durch Drogen oder Migräne ausgelöste, sowie subjektive Phänomene wie Photismen und auch Halluzinationen nicht voneinander bzw. von den echten Synästhesien getrennt. Photismen oder Phosphene (flackernde Lichtblitze oder formlose farbige Erscheinungen) beim Hören von Lärm, bei einem Schlag auf den Kopf (›Sternchen sehen‹) etc. wahrzunehmen ist ein gewöhnliches Phänomen. Man unterscheidet gewöhnlich die Phosphene als von der Retina durch andere als Lichtstrahlen ausgelöste Reize von den Photismen als auf inneren Reizen beruhende halluzinatorische Licht- und Farbenempfindungen, doch ist die Terminologie recht unscharf. Es herrscht keine generelle Einigkeit über die genauen Grenzen der beiden Begriffe. Der Begriff Photismen geht auf die erste Buchveröffentlichung zum Thema Synästhesie von Eugen Bleuler und Karl Lehmann im Jahre 1881 zurück.³ Übrigens hat der Künstler Paul Gauguin in seinem Werk *Manao Tupapau* von 1892 (Abb. 5) Photismen oder Phosphene zu zeigen versucht. Als nicht von äußeren Reizen ausgelöst werden die Farberrscheinungen der Synästhetiker gern als eine Art halluzinatorische Photismen angesehen. Wir können mehr sehen als das, was von der Retina stammt. Auch bei zerstörter Sehbahn, bei Blinden oder innerhalb von Skotomen (Ausfälle im Gesichtsfeld) treten solche Photismen auf und selbst wesentlich komplexere farbige Erscheinungen kommen vor, ohne dass ihnen ein äußerer Reiz entspräche.

Allerdings kennt jede Sprache synästhetische Wendungen wie eine raue Stimme, ein hoher Ton, selbst die Einteilung der Tonarten nach Dur (= hart) und Moll (= weich) bringt Akustisches und Taktilen zusammen. Problemlos können wir sagen: ein ›scharfer Geschmack‹, ein ›stechender Geruch‹, eine ›helle Stimme‹, eine ›schreiende Farbe‹ und so weiter und so fort. Um Transzendentes, Unerklärliches, Visionen, um eine Verwirrung der Sinne und dergleichen anzudeuten, haben Dichter der Romantik gern auf solche Metaphern zurückgegriffen. Im Bereich der Literaturwissenschaft versteht man unter Synästhesien eben auch nur eine besondere Gattung von Metaphern. Es war daher lange die Frage, ob Synästhetiker nur über eine besonders ausgepräg-

te Metaphorik verfügen oder ob sie tatsächlich und für sie deutlich wahrnehmbar über die behaupteten Empfindungen verfügen. Jedenfalls haben alle Menschen die Fähigkeit, intermodale Analogien zu bilden und es gibt auch eine Reihe von intersensoriellen Attributen wie etwa die Intensität. Immer mehr kristallisiert sich heraus, dass das Gehirn metamodal organisiert ist und einzelne Sinnesmodalitäten nicht isoliert voneinander betrachtet werden sollten.⁴

Inzwischen gilt es als unbestrittene Tatsache, dass es echte Synästhetiker gibt, also Menschen, die nicht nur assoziativ vielleicht einen Trompetenton mit der Farbe Scharlach in Verbindung bringen, sondern tatsächlich eine spezifische ununterdrückbare Gehirnaktivität aufweisen, wenn sie etwa beim Betrachten von Zahlen über unwillkürliche Farbempfindungen berichten. Man hat die Fibern der Kindheit angeführt, wo Buchstaben oder Musiknoten oft farbig unterschieden wurden, um die These erworbener Assoziationen zu erhärten, doch vermag diese Erklärung den Tatsachen nicht gerecht zu werden. Es sind mehrere Tests entwickelt worden, um wirkliche Korrespondenzen, also Empfindungen, die den jeweiligen Personen tatsächlich bewusst werden, von bloßen Assoziationen, wie wir sie alle kennen,

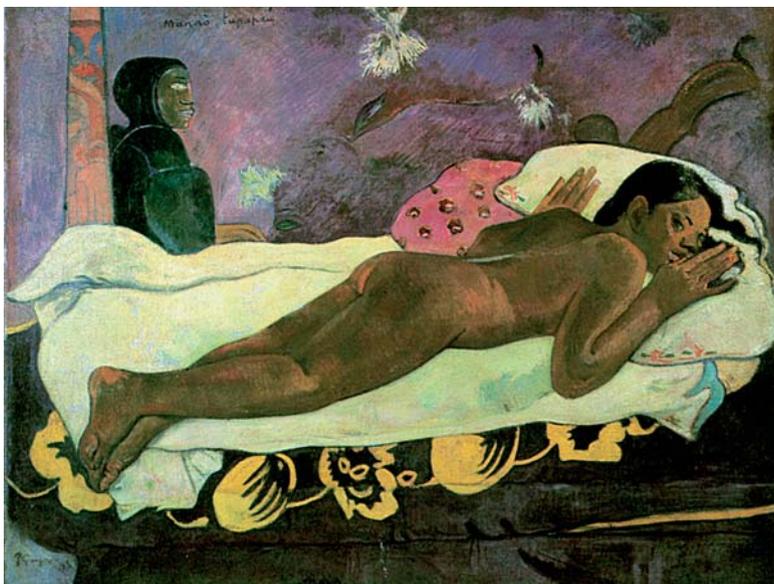


Abb. 5: Paul Gauguin, *Manao Tupapau*, 1892, Öl auf Leinwand, 73 x 92 cm, Albright-Knox-Gallery, Buffalo

zu unterscheiden. Bei einem von Vilayanur S. Ramachandran entwickelten Verfahren handelt es sich um eine Art von spezialisiertem Ishihara-Test (mit dem üblicherweise Farbenfehlsichtigkeit diagnostiziert wird). Versteckt man einige Ziffern 2 so in einer Menge von Ziffern 5, dass Nicht-Synästhetiker Schwierigkeiten haben, sie mühelos aufzufinden, so können Synästhetiker, für die beide Ziffern sich ja durch ihre Farbe unterscheiden, diese Aufgabe wegen des farbigen Pop-Out-Effekts rasch und sicher lösen und mit einem Blick erkennen, ob die versteckten Ziffern 2 vielleicht eine geometrische Anordnung bilden (Abb. 6). Ein anderer Test besteht darin, die von Synästhetikern behaupteten Korrespondenzen anhand hunderter Beispiele niederzuschreiben und sie teilweise nach Jahrzehnten erneut darüber zu befragen. Die erstaunlich hohe Genauigkeit (über 90%), die echte

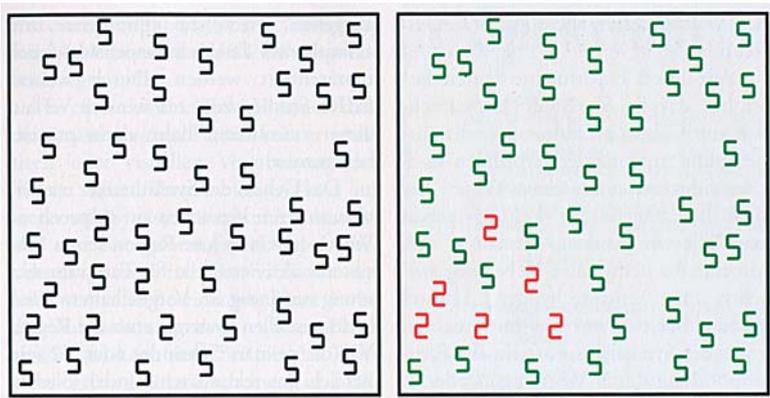


Abb. 6: Normalsichtige haben Schwierigkeiten, die Zweien in einem Wald von Fünfen zu erkennen (links), während diese für manche Synästhetiker farbig herausfallen (rechts)

Synästhetiker dabei erzielen, erweist, dass es sich dabei nicht um bloße Gedächtnisleistungen oder erworbene Assoziationen handelt, sondern um ein wirkliches, zwanghaftes Mit-Empfinden, das sich über die Zeit gleich geblieben ist. Die Unterschiede zwischen echten Synästhetikern und dem gewöhnlichen Rest von uns Nicht-Synästhetikern konnten inzwischen auch über bildgebende Verfahren der Gehirnaktivitäten nachgewiesen werden.

Die erste wissenschaftliche Beschreibung des Phänomens stammt aus dem Jahre 1812, wo ein Dr. G. T. L. Sachs dieses psychologische Phänomen bei sich und seiner Schwester schildert. Seine Schilderung dürfte dennoch dem für solche Phänomene aufgeschlossenen geisti-

gen Klima jener Zeit der Romantik zu verdanken sein, denn nur wenn man nicht befürchten muss, als geisteskrank stigmatisiert zu werden, sind solche Selbstauskünfte zu erwarten. Jedenfalls war in Wissenschaftskreisen das Thema anschließend ziemlich in Vergessenheit geraten, bis, Bleuler/Lehmann folgend, Sir Francis Galton im Jahr 1883 in einem einflussreichen und grundlegenden Werk *eidetische Bilder*, Halluzinationen und eben der Sache nach auch Synästhesien beschrieb, was einem Künstler wie Wassily Kandinsky nicht verborgen geblieben war. Der Begriff Synästhesie selbst wird allerdings erst seit 1892 durch Jules Millet eingeführt und schließlich allgemein gebräuchlich. Gleichzeitig mit Galtons Werk erschien Arthur Rimbauds Gedicht *Voyelles*, wo den Vokalen Farben zugeordnet werden:

» A noir, E blanc, I rouge, U vert, O bleu : voyelles,

Je dirai quelque jour vos naissances latentes. «

In der Folge dieser Veröffentlichung (und auch dank Paul Verlaines Einführung, in der Rimbaud zu einer Art Seher stilisiert wurde) entwickelte sich die Beschäftigung mit Synästhesien zu einer regelrechten Mode im Fin de Siècle, der sich kaum ein Künstler entziehen konnte. Klimt, Segantini, Khnopff oder Klinger wären stellvertretend zu nennen. Doch auch die folgende Generation zeigt sich gleichermaßen von der Annahme gewisser Entsprechungen zwischen den Sinnesempfindungen beeinflusst. Paul Klee, der in einem Gemälde von 1922 mit dem Titel *Das Vokaltuch der Kammersängerin Rosa Silber*, Aquarell auf Stoff, Gips und Karton, 52 x 42 cm, New York, Museum of Modern Art) sich mit dem Thema der Synästhesien befasst, wird an späterer Stelle eingehend behandelt werden.⁵ Im geistigen Klima des Symbolismus wurde auch deutlich, dass Dichter wie T. Gautier, der 1843 von Pseudosensationen von Farben berichtet, die er der Einnahme von Drogen verdankt, ähnlich wie Charles Baudelaire mit seinem Gedicht *Correspondances* von 1857, das die berühmte Zeile »les parfums, les couleurs et les sons se répondent« enthält, die romantische Tradition weitergeführt hatten. Natürlich darf in diesem Zusammenhang auch Richard Wagner mit seiner Theorie des Gesamtkunstwerks nicht unerwähnt bleiben.

Unter den echten Synästhesien findet vielfach auch das Zusammenempfinden zwischen dem Hören und Farbensehen statt, worauf ältere Ausdrücke wie *audition colorée* oder ›Farbenhören‹ hinweisen. Am häufigsten sind jedoch, wie erwähnt, Buchstaben und Zahlen (die Farbe-Graphem-Synästhesie) als Auslöser beteiligt bzw. Wortgruppen wie die Wochentage, Monate, Jahreszeiten, aber auch Namen. Daneben gibt es Farbempfindungen bei Phonemen, bestimmten Tönen

und auch bei den Tonarten in der Musik. Synästhesien werden meist beim Lesen, d. h. durch die Grapheme, oftmals aber auch durch das Hören der entsprechenden Phoneme ausgelöst. Andere Formen der Verknüpfung von Sinnesempfindungen, etwa zwischen Geschmacks- und Farbempfindungen, kommen zwar vor, sind aber sehr selten. Es gibt unter anderem Synästhesien bei Schmerzempfindungen, sogar bei der Wahrnehmung von Gesichtern.

Die von einzelnen Synästhetikern beschriebenen Verbindungen müssen als ausgesprochen idiosynkratisch, doch für das betroffene Individuum sehr dauerhaft gelten. Die Farben werden ihrer Schilderung nach jedoch nicht im landläufigen Sinn ›gesehen‹. Sie empfinden sie nicht als Teile der Welt ›da draußen‹, nicht in räumlicher Zuordnung, durch sie wird nicht etwa die Außenwelt gefärbt. Es gibt auch den Fall eines Synästhetikers, der im landläufigen Sinn farbenblind, d. h. wegen des Fehlens einer Zapfensorte im Auge rot-grün-blind ist, in seinen Synästhesien jedoch Farben wahrnimmt, die er ansonsten nicht sehen kann. Er nennt sie seine ›Mars-Farben‹.⁶

Die mitempfindenen Farbwahrnehmungen werden in der Regel als Farben innerhalb des Kopfes, vor dem geistigen Auge lokalisiert, manchmal aber auch auf einer Ebene vor dem Kopf, in ca. 1/2 m Abstand. Sie verhalten sich ein wenig wie Nachbilder und gehören im Modus zu den Film- oder Flächenfarben, d. h., sie befinden sich in einer unbestimmten Ebene senkrecht zur Blickachse, und zwar in der Regel vor schwarzem Hintergrund. Von den Betroffenen werden sie als ›nichtstoffliche‹ Farben von den ›stofflichen‹ Farben der gewöhnlichen Wahrnehmung unterschieden. Synästhetiker, die beim Hören von Musik Farben mitempfinden, können sogar Auto fahren und Musik hören, da sie die induzierten Farben getrennt vom normalen Sehen als eine eigene Welt oder als eine Art Folie vor der normalen Raumwahrnehmung empfinden und von ihr zu unterscheiden wissen. Umgekehrt neigen sie dazu, wollen sie sich auf die Farbempfindungen konzentrieren, die Augen zu schließen, um nicht durch andere Seh eindrücke abgelenkt zu werden.

Praktisch alle echten Synästhetiker haben diesen Zustand bereits so lange, seit sie sich erinnern können. Typischerweise merken sie erst vor und während der Pubertät, dass sie diesbezüglich anders sind als die anderen und verzichten in der Folge darauf, um sich nicht dem Spott oder der Diskriminierung als unnormal oder geisteskrank aussetzen, von ihren Mitempfindungen zu berichten. Häufig kennen sie aber enge Verwandte mit der gleichen Disposition. Das Phänomen ist entgegen älteren Schätzungen anscheinend doch verhältnismäßig ver-

breitet, betrifft wohl mindestens 0,5 % der Bevölkerung und dürfte in hohem Maße vererbbar sein. Es gibt regelrechte Synästhetikerfamilien. Auffallend oft sind Frauen unter den Synästhetikern zu finden, was auf einen Sitz des verantwortlichen Gens oder der Genkombination auf dem X-Chromosom schließen lässt. Dieses Merkmal wird offenbar dominant vererbt, was zu einer Verteilung zwischen den Geschlechtern von 3 zu 1 führen sollte. Dies entspricht gut der Verteilung in der *American Synesthesia Association*, die 72 % weibliche Mitglieder aufweist. Da synästhetische Veranlagung aber nach anderen Untersuchungen vielleicht 6 x häufiger von Frauen als von Männern berichtet wird, wird auch davon ausgegangen, dass das Vorliegen dieses Gens (oder dieser Genkombination) für männliche Nachkommen manchmal letal wirkt, eine Vermutung, die durch die Untersuchung von Synästhetikerfamilien erhärtet wird. Unter den verschiedenen Berufsgruppen ist echte Synästhesie anscheinend bei Künstlern besonders häufig verbreitet.

Es gibt bei den Synästhesien demnach merkwürdige Koppelungen, vielleicht Fehlschaltungen zwischen Gehirnbereichen, die normalerweise getrennt sind. Bei den auslösenden Graphemen und Phonemen, ja auch bei induzierenden Tönen der Musik und den Tonarten fällt auf, dass es sich recht häufig um von Menschen gemachte Ordnungen handelt, um Klassifikationen, Systematisierungen und Bedeutungszuweisungen an Elemente. Jedenfalls handelt es sich um eine finite Menge an Elementen. Manche Theoretiker unterscheiden deshalb eine kognitive Synästhesie von einer sensorischen, aber diese Unterscheidung vermag nicht zu überzeugen, da eben auch die auslösenden Sinnesempfindungen bereits kategoriell unterschieden sind. Eine Distinktivität von Reizen je nach biologischer Relevanz bildet die Grundlage für die Sprache und wird nicht von ihr hergestellt. Nun sind das Lesen und auch die Sprache entwicklungs geschichtlich nicht sehr alt. Gleiches gilt für die Musik. Unser Gehirn hat sich nicht für das Lesen entwickelt. Deshalb sollte es nicht verwundern, wenn gerade bei solchen neu erworbenen Tätigkeiten des Gehirns gewisse Anomalien häufiger auftreten.

Der Psychologe Vilayanur S. Ramachandran hat kürzlich eine interessante These aufgestellt. Ihm war aufgefallen, dass das Zentrum, wo die grafische Gestalt von Ziffern verarbeitet wird, und das Zentrum V4 (oder: hV4, V8), von dem schon lang vermutet wird, dass es nicht unwesentlich mit der Farbwahrnehmung zusammenhängt, eng benachbart auf dem *Gyrus fusiformis* (= der spindelförmigen Windung), einer Stelle am unteren Schläfenlappen liegen. Auch das Lesezentrum,

wo also Buchstaben entziffert werden, auf dem *angularen* (= eckigen) *Gyrus* liegt in der Nähe von Zentren, denen eine Rolle in der Aufmerksamkeit auf Farbe sowie der Integration von Farbe, Sprache und Form nachgesagt wird. Eines dieser Zentren, das *TPO* genannt wird und die Verbindung von Schläfen-, Scheitel- und Hinterhauptslappen darstellt, gilt als ein weiterer Bereich, in dem Farbe verarbeitet wird und das an Synästhesien häufig beteiligt ist. (Die Gruppe um Simon Baron-Cohen hatte bei ihrer Untersuchung von Synästhetikern, allerdings solcher, die auf Phoneme ansprechen, eine verstärkte Aktivität im linken *posteriores inferiores temporales Gyrus* sowie der linken und rechten occipital-parietalen Verbindung festgestellt, was sich gut damit in Einklang bringen lässt.) Offenbar gibt es zwischen solchen jeweils benachbarten Gebieten im Gehirn von Synästhetikern Verbindungen, die möglicherweise seit früher Kindheit bestehen und bei ihnen erhalten geblieben sind, ja sogar ausgebaut wurden.

Nach einer gängigen Theorie verfügen Synästhetiker auch als Erwachsene noch über Verbindungen, die zwar »junge« Gehirne aufweisen, aber bei anderen Menschen später zurückgebildet werden. Genetikern ist das Phänomen der Apoptosis bekannt, des genetisch programmierten Zelltods. Beispielsweise bilden sich unsere Zehen und Finger embryonal heraus, indem das dazwischen liegende Gewebe abstirbt. Ein ähnlicher Vorgang findet während der Pubertät noch im Frontallappen statt, wenn die Fähigkeiten des Denkens, Handelns und Planens sich verändern. Intuitiv macht es Sinn, wie es die von G. Edelman vertretene Auffassung des »neuronalen Darwinismus« fordert, dass mit der durch Lernprozesse zunehmenden Spezialisierung auch ein Ausmerzen der nicht benötigten Nervenverschaltungen einhergeht. Demnach skulptiert die Wahrnehmung aus der Fülle von Zufallsverbindungen diejenigen aus, die sich bewährt haben, und lässt die anderen absterben. Der Phänotyp wird durch die Interaktion des Genotyps mit der Umgebung und den dabei gemachten Erfahrungen geformt. Die These Ramachandrans nun besagt zum einen, dass bei Synästhetikern dieser genetisch programmierte Zelltod weniger stark ausgeprägt ist als bei Nicht-Synästhetikern, sodass sie im Schläfenlappen ihre früher erworbenen Verschaltungen bewahren, zum anderen aber auch, dass generell beim *homo sapiens* die Verbindungen zwischen verschiedenen Gehirnzentren in stärkerem Maße erhalten bleiben als bei unseren Vorgängern oder nächsten Verwandten, den Schimpansen.

Eine andere Theorie besagt, dass wir alle über Synästhesien verfügen würden, sie beim überwiegenden Rest von uns aber nicht ins

Bewusstsein vordringen würden. Der Unterschied läge also darin, dass nur Synästhetiker Vorgänge in hV4 bzw. ТРО bewusst wahrnehmen würden. Allerdings würde das bedeuten, dass die bei ihnen messbare vermehrte Aktivität in den entsprechenden Arealen allein auf Bewusstseinsprozesse zurückzuführen wäre. Eine schwache Form von Synästhesie ist ja bei uns allen weit verbreitet. Die Fähigkeit zu Sprache, Metaphernbildung oder Abstraktion dürfte an solche Vergleiche zwischen Sinnesmodalitäten gebunden sein. Schon beim Erkennen von Objekten müssen mehrere Modalitäten und Submodalitäten zusammgeführt werden. In der Tat vermag die angesprochene Theorie erklären, weshalb wir so leicht zu intermodalen Vergleichen fähig sind. Die Zuordnung runder Formen zum Laut ›buba‹ gegenüber dem Laut ›kiki‹, der eher mit spitzen Formen einhergeht, wurde interkulturell bestätigt, auch dass wir das Phonem ›r‹ eher mit einer sägezahnartigen, gerillten Oberfläche verbinden, wohingegen das Phonem ›sch‹ eher mit glatten, weichen Übergängen assoziiert wird. Solche metaphorischen Verbindungen finden sich zuhauf, wobei gerade die Ähnlichkeit zwischen auditiven und visuellen Metaphern bemerkenswert ist. So wurde kürzlich festgestellt, dass rote Fahrzeuge lauter wirken als etwa lindgrüne.⁷ Zwar haben auch Künstler wie Kandinsky und Matjushin eine kulturübergreifende Zuordnung von Farben zu Formen untersucht, doch können ihre Resultate nicht recht überzeugen. Kandinsky ordnete bekanntlich Gelb dem Dreieck, Rot dem Quadrat und Blau dem Kreis zu, während Matjushin im Gegensatz dazu geschwungene, runde Formen mit den warmen Farben assoziierte und spitze mit den kalten, was etwas plausibler erscheint.

Je weiter man im Gehirn voranschreitet, desto schwieriger fällt es, Funktionen zu lokalisieren. Man behilft sich mit der Rede vom Assoziationskortex. An der Stelle, wo Hinterhaupt-, Scheitel- und Schläfenlappen zusammentreffen, also am ТРО, das übrigens in der Nähe auditiver Zentren liegt, finden sich beispielsweise gehäuft bimodale Neuronen, solche, die sowohl auf visuelle als auch auf andere Reize antworten. Zahlen, die ja das Paradebeispiel für abstrakte Ordnungsbeziehungen bilden, werden ganz in der Nähe verarbeitet. Die Abstraktionsleistung, die nötig ist, um zwischen fünf Eiern, fünf Bäumen, Menschen, Schafen oder Hütten eine Gemeinsamkeit festzustellen, scheint mir in der Farbwahrnehmung jedenfalls vorbereitet zu sein. Konzepte für Farbe gehen der Versprachlichung anscheinend voraus. Rote Objekte haben bei allen Assoziationen an Feuer oder Blut in der Regel nur die Tatsache gemein, dass sie eben rot sind und gleiches gilt für gelbe, graue oder blaue, woran übrigens auch die gängigen

Versuche scheitern, eine natürliche Farbkonografie aufzustellen. Die Hartnäckigkeit, mit der wir Farbkategorien zum Systematisieren und Ordnen einsetzen bei Fahnen, Wappen, Farbleitsystemen, Karteikarten, Wasserhähnen, Wegemarkierungen und leider auch Menschenrassen, dürfte in dieser ihrer Verfügbarkeit und Abstraktionsleistung liegen. Ich würde deshalb die Vermutung wagen, dass bereits die Farbwahrnehmung mit der Fähigkeit zur Klassifikation und Abstraktion verknüpft ist. Dies würde auch den Hang zur Systematik erklären, der in der Liturgie, bei der Esoterik, der Zuordnung von Jahreszeiten, Altersstufen, Charaktertypen oder beim Umsetzen des Namens oder sonst eines Wortes in Farben fassbar wird. Was ›kategoriale Wahrnehmung‹ genannt wird – dass wir z. B. Laute, die an sich ein Kontinuum bilden (wie etwa ›ba‹ und ›da‹), unterschiedlichen Kategorien, nämlich den entsprechenden Phonemen, nicht aber Zwischenstufen zuordnen –, scheint wenigstens ansatzweise auch bei der Farbwahrnehmung der Fall zu sein. Obwohl sie gleichfalls ein Kontinuum bilden, bilden wir Kategorien wie ›blau‹ oder ›grün‹ etc. aus.

Halten wir fest: Synästhesien sind relativ einfach aufgebaut, abstrakt und kontextunabhängig. Sie gehören damit eher zu den niederen Leistungen der Wahrnehmung, wo es um die Vorverarbeitung von Merkmalen bzw. das Erkennen von Mustern geht. Offenbar werden Merkmale in einer Modalität oder Submodalität extrahiert, dann in ein Gehirnzentrum projiziert, das sie normalerweise nicht erreichen, und dort in Empfindungen umgesetzt, die für das empfangende Areal typisch sind und die ins Bewusstsein dringen. Vieles spricht also dafür, dass die qualia nicht von der Art des Inputs, sondern vom Ort im Gehirn abhängen. Welche induzierenden Merkmale mit welchen induzierten verknüpft werden, ist dabei großen individuellen Schwankungen unterworfen, doch steht fest, dass eine einmal erfolgte Zuordnung bei Synästhetikern sehr stabil ist und sogar gemeinsam im Gedächtnis abgespeichert wird, sodass sie beispielsweise (bei einer bestimmten Form der Musik-Farbe-Synästhesie, wo die Klangfarben von Instrumenten zu Farbempfindungen führen) an der induzierten Farbe sicherer erkennen können, um welches Instrument es sich handelt, als beim Hören selber. Sehr häufig findet sich auch die Notationssynästhesie, wo die induzierten Bilder eine Art Übersetzung des akustischen Materials in visuelles darstellen. Wenn wir an die Sprache denken, wo ähnlich willkürliche Zuordnungen von Klängen oder Graphemen an Bedeutungen vorgenommen werden, oder an unser Objektwissen, wo alle möglichen Attribute vereint sind, erkennen wir, dass unser Gehirn ständig an eine Digitalisierung gemahnende Opera-

tionen vollzieht, die den Synästhesien recht nahe kommen. Die Speicherung der synästhetisch erlebten Farben erfolgt ähnlich wie bei Objektkategorien.

Dass die ungewöhnlichen Verknüpfungen bei Synästhesien den Umweg über das limbische System nehmen, wie Richard E. Cytowic bei seiner einflussreichen ersten Veröffentlichung im Jahr 1989⁸ annahm, wird allerdings nicht mehr ernsthaft vertreten. Da die Neocortexschichten praktisch überall ähnlich aus sechs Schichten aufgebaut sind, sodass zwischen auditivem, visuellem oder motorischem Kortex kaum Unterschiede festzustellen sind, liegt es nahe zu vermuten, die gleichen sechs Schichten aus mehr oder weniger identischen Neuronen würden überall mehr oder weniger die gleichen Verrechnungen zur Extraktion von Merkmalen vollziehen. Die Plastizität, dass benachbarte Gehirnzellen etwa nach einem Schlaganfall Aufgaben übernehmen können, mit denen sie bislang nicht betraut waren, deutet gleichfalls darauf hin. Man hat daher Experimente gemacht, wo man Versuchstieren nach der Geburt den Sehnerv so umgeleitet hat, dass er Zentren erreicht, die ansonsten mit dem Hören befasst sind, und festgestellt, dass diese Areale später tatsächlich bei visuellen Reizen aktiv werden. Die derart behandelten Tiere kamen später ganz gut bei ihrer räumlichen Orientierung zurecht. Unser Cortexgewebe scheint also tatsächlich mehr oder weniger überall die gleichen Operationen zur Merkmalsextraktion zu vollziehen und sich nur je nach Input ein wenig anders zu organisieren. Zu ihnen dürften Kontrastermittlung, Vergleiche und Vergleiche von Vergleichen zählen. Die Frage, ob bei den erwähnten Experimenten auch die qualia des Sehens an den neuen Verarbeitungsort gewandert sind oder ob diese Tiere vielleicht eher wie die Wale oder auch wir bei akustischen Parkhilfen gelernt haben, akustische Signale räumlich zu interpretieren, kann allerdings, solange wir nicht mehr über das Bewusstsein und die qualia wissen, niemand beantworten.

Neuere Untersuchungen der kognitiven Neurowissenschaften weisen darauf hin, dass verschiedene Gehirnbereiche ein großes Maß an Plastizität aufweisen und beispielsweise bei Menschen, die in jungen Jahren erblinden, Teile des visuellen Kortex sich mit der Verarbeitung auditiver Signale befassen. Auch sonst mehren sich die Hinweise, dass es wesentlich stärkere Interaktionen zwischen verschiedenen Sinnesmodalitäten gibt als bislang angenommen, ja dass dies geradezu als der Regelfall angenommen werden muss. Gesehenes kann Gehörtes wie etwa beim McGurk-Effekt beeinflussen, Klänge können Aspekte des Gesehenen modifizieren etc. Der McGurk-Effekt, der für die Syn-

chronisation von Filmen wichtig ist, beschreibt, was bei einem Wahrnehmungskonflikt passiert, wenn wir etwa ein Gesicht sehen, das die Silbe ›ba‹ äußert, während gleichzeitig die damit inkompatible Silbe ›ga‹ zu hören ist: Wir nehmen einen dazwischen liegenden Ton wie ›da‹ wahr. Treten zwei Reize in verschiedenen Modalitäten gleichzeitig auf, so beeinflussen sie sich gegenseitig, wobei der zeitlich abrupt einsetzende, flüchtige, vergängliche, gleichgültig, in welcher Modalität, die permanenten Wahrnehmungen modifiziert.⁹

Was bislang in der Literatur zu Synästhesien jedoch nicht thematisiert wurde, ist der Sachverhalt, dass die Farbempfindungen, über die berichtet wird, kaum in unseren gängigen Farbsystemen wie dem HSB-Raum unterzubringen sind. Viele Synästhetiker liefern gern genaue und nuancenreiche Beschreibungen – ein Sachverhalt, der bereits Galton aufgefallen war – und sind mit den zum Vergleich angebotenen Farbkarten wie z. B. den Munsellchips wenig zufrieden. Nur näherungsweise und ungefähr wollen sie ihre Empfindungen mit ihnen umschrieben wissen. Der Dichter Vladimir Nabokov (1899–1977) empfand beim Hören eines englischen ›a‹ beispielsweise verwittertes Holz, bei einem französische ›a‹ dagegen poliertes Ebenholz. Im Schwarzbereich differenzierte er noch bei einem harten ›g‹ die Empfindung von vulkanisiertem Gummi, während ein ›r‹ ihn die Schwärze rußiger Lappen, die zerrissen werden, empfinden ließ.¹⁰ Auch wenn man dies als dichterische Hyperbole ansieht, ist klar, dass bei den mitempfindenen Farben auch solche Abschattierungen von etwa Blau vorkommen, die wir nicht als Farb-, sondern als Valeurunterschiede bezeichnen würden, sowie dass auch Oberflächeneigenschaften wie glänzend, matt oder silbrig eine große Rolle spielen.

Manche Synästhetiker berichten, dass ein Name wie ›Meredith‹ eine Art Schottenmuster aus tiefen Grüntönen und Violett heraufbeschwört,¹¹ es gibt flammende Zungen in Rot-Gelb etc. Typische Beschreibungen sind: ›Braungelb, die Farbe einer reifen englischen Walnuss‹, oder ›gelblich, wenig gesättigt wie altes Bienenwachs‹ oder ›ein sehr reiches, tiefes Schwarz, eher vom bläulichen Typ, mit braunen Flecken und Streifen, mit ausstrahlenden Flammen‹.¹² Vor allem treten die wahrgenommenen Farben nicht unabhängig von Formen auf. Von einer reinen Modularität kann also nicht die Rede sein. Auf eine Verknüpfung der Verarbeitung von Formen und Farben im Gehirn weist daneben auch der McCollough-Effekt hin, eine spezielle Form von Nachbildern, die stundenlang anhalten kann. Bei ihm wechseln Farben, die in gerichteten Streifen auftreten, im Nachbild zwar zu ihrem Komplement, aber es ist keine Fixierung der Vorlage erforder-

lich, sodass andere, ›höhere‹ Gehirnbereiche beteiligt sind als bei den normalen Nachbildern. Die Nähe der Empfindungen von Synästhetikern zu Photismen ist unverkennbar. Ähnliche Erscheinungen treten im Halbschlaf auf bzw. vor und nach dem Schlaf, nicht selten auch bei drogeninduzierten Halluzinationen. Bei erworbener Blindheit bzw. Gesichtsausfällen wird ebenfalls häufig von solchen Photismen berichtet. Man hat sie als endogene Bildmuster bezeichnet, wie sie auch in der steinzeitlichen Keramik, in Ritzzeichnungen an Felsen oder auch in Kinderzeichnungen zu beobachten sind, ohne dass allerdings der Aspekt der Farbe dabei berücksichtigt würde. Anscheinend handelt es sich um Grundformen der Wahrnehmung, die zum Aufbau komplexer Bilder benötigt werden, in der Regel aber nicht ins Bewusstsein dringen. Da in den meisten Fällen die visuelle Form der Zeichen unmittelbar als Stimulus agiert bzw. bei Phonemen ihre bereits kategorial gefassten distinkten Merkmale bzw. bei der kognitiven Synästhesie geordnete Entitäten wie Tage, Klangfarben, Tonarten etc., handelt es sich offensichtlich um eine Interaktion mit der Symbolebene. Man kann Synästhesien als eine Art Übersetzung eines Codes in einen anderen interpretieren, ähnlich wie Grapheme und Phoneme willkürlich aufeinander bezogen sind. Deshalb sind sie für sich allein künstlerisch wertlos, sondern können nur als Material einer weitergeführten künstlerischen Bearbeitung Bedeutung erlangen. Das in der Neurologie übliche Verfahren, Farbzentren dadurch zu ermitteln, dass einmal schwarz-weiße Reize, zum anderen äquivalente Farbreize geboten werden, ist für die auf V1 folgenden Farbzentren anscheinend nur bedingt geeignet. Zumindest einige enthalten nämlich auch Dimensionen wie Materialität, Textur oder Glanz und vor allem Formen, die unter anderem die Verarbeitung von Helligkeitsunterschieden voraussetzen. Wenn bei manchen Formen wie etwa der Notationssynästhesie die induzierten Farben und Formen sich auch nach zeitlich strukturierten Vorgaben richten, so spricht dies ebenfalls gegen die Existenz eines reinen Farbareals im Gehirn. Dazu passt, dass eine Zerstörung von hV4 nur zu einer Dyschromatopsie, einer Beeinträchtigung der Farbwahrnehmung, führt, aber nicht zu einer zerebralen Farbenblindheit. Memorierbar sind jedenfalls aber nicht die unendlich vielen Farmpfindungen, die wir haben können, sondern nur die ›objektivierten‹ unter ihnen bzw. die kategorial gefassten.¹³

Anmerkungen:

- 1 Sie kann sich auf Goethe berufen: »Man suche nur nichts hinter den Phänomenen.«

- 2 Vgl. jüngst: *Farbe-Licht-Musik: Synästhesie und Farblichtmusik*, hrsg. von Jörg Jewanski und Natalia Sidler, Bern 2006.
- 3 Vgl. Eugen Bleuler/Karl Lehmann, *Zwangsmäßige Lichtempfindungen durch Schall und verwandte Erscheinungen auf dem Gebiet der anderen Sinnesempfindungen*, Leipzig 1881.
- 4 Vgl. z. B. Alvaro Pascual-Leone und Roy H. Hamilton, *The Metamodal Organization of the Brain*, in: *Progress in Brain Research*, 2001, Bd. 134, 427–445, oder Shinsuke Shimojo u. a., *What You See Is What You Hear*, in: *Nature* 2000, Bd. 408, 788.
- 5 Zu Paul Klee und seinem Verhältnis zu Farbe und Musik vgl. Karl Schawelka, *Kanon der Farben, Krebs und Umkehrung*, in: *Wissenschaftliche Zeitschrift. Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar-Universität*, Heft 2/1994, S. 27–37, zu Itten vgl. Karl Schawelka, *Johannes Itten und die Musik*, in: *Johannes Itten und die Moderne*, hrsg. von Christa Lichtenstern/Christoph Wagner, Ostfildern-Ruit 2003, S. 156–177.
- 6 Vgl. Vilaynur S. Ramachandran, *A Brief Tour of Human Consciousness*, New York 2004, 60–82.
- 7 Vgl. Burkhard Strassmann, *Rot schreit am lautesten*, in: *Die Zeit*, Nr. 35 vom 19.8.2004.
- 8 Vgl. Richard E. Cytowic, *Synesthesia. A Union of the Senses*, New York 1989.
- 9 Vgl. Shinsuke Shimojo und Ladan Shams, *Sensory modalities are not separate modalities: plasticity and interactions*, in: *Current opinion in neurobiology*, Bd. 11, H. 4, 2001, 505–509.
- 10 Vgl. John Harrison, *Synaesthesia: the strangest thing*, Oxford and New York 2001, 131.
- 11 Ebd., S. 234.
- 12 Vgl. Kevin T. Dann, *Bright colors falsely seen: synaesthesia and the search for transcendental knowledge*, New Haven und London 1998, 12.
- 13 Vgl. Michael Morgan, *The Space Between our Ears*, London 2003, 170, 178ff., 220.

Das Problem der Grundfarben

Die Grundfarben der additiven und der subtraktiven Mischung

Im Bereich von Grundfarben und ihren möglichen Mischungen herrscht im populären Schrifttum eine gewisse Konfusion, die daher rührt, dass nicht streng genug auseinandergehalten wird, wovon die Rede ist. Ist von Lichtern, von Pigmenten mit ihren Reflektanzen und Rückstrahlkurven oder von Empfindungen die Rede? Und werden physikalische, physiologische oder psychologische Sachverhalte beschrieben? Jedenfalls sollte inzwischen klar geworden sein, dass Grundfarben – wenn es sie denn gibt – nicht ›da draußen‹ in den Photonen oder Reflektanzen existieren, sondern Eigenschaften unserer neuronalen Schaltkreise beschreiben. Nichts in den verschiedenen physikalisch messbaren Parametern der Photonen oder auch der Reflektanzen weist darauf hin, dass es sich um Grundfarben handeln müsse. Thomas Young war der erste, der erkannt hat, dass die Ursache der Grundfarben in der menschlichen Konstitution und nicht in der Natur des Lichtes gesucht werden muss. Die populären Mischungsgesetze additiv, optisch und subtraktiv betreffen aber physikalisch beschreibbare Sachverhalte und ziehen Schlüsse daraus für den Bereich der Psychologie oder der Farbempfindungen. Für sie gilt sämtlich, was für das Verhältnis von Physik und Empfindungen bereits ausgeführt wurde, dass zwischen der Beschaffenheit von Reizen und den ihnen korrespondierenden Empfindungen kein linearer Zusammenhang besteht. Beginnen wir mit den physikalisch einfachsten Sachverhalten, den Lichtern. Vorher sollte aber festgestellt werden, dass im Gegensatz zum Ohr, wo zwei einzelne Töne als gleichzeitig und dennoch getrennt voneinander wahrnehmbar sind, das Auge immer eine Mischung vollzieht. Zwei Farben an ein und derselben Stelle des Gesichtsfeldes werden als eine einzige (Misch-)Farbe wahrgenommen. Dies liegt – wie beschrieben – nicht an der Physik, also den Photonen, sondern an der speziellen Informationsverarbeitung, der Populationscodierung, durch die Zapfen im Auge.

Da es nur drei Sorten von Zapfen auf der Retina gibt, liegt es nahe, solche physikalischen Reize zu suchen, die möglichst jeweils nur die S-, oder die M- oder die L-Zapfen aktivieren. Gelänge dies, so

hätte man – zumindest auf der Input-Ebene – die drei Grundfarben gefunden, mit denen durch geeignete Mischung alle anderen zu erzeugen sind. Eine solche Überlegung hatte bereits Thomas Young angestellt, der schließlich auch die hierfür nötigen Farbreize ziemlich genau angeben konnte. In der Realität ist diese Reduktion auf drei ›Urfarben‹ jedoch wegen der starken Überlappung der glockenförmigen Empfindlichkeitskurven der drei Zapfentypen nicht grundsätzlich, sondern nur annäherungsweise möglich. Es lässt sich zeigen, dass drei Reize nicht ausreichen, um alle in der Natur möglichen Reize zu imitieren. Nehmen wir ein monochromatisches Licht (Licht, das nur eine einzige Wellenlänge aufweist) von vielleicht 580 nm. Es erscheint uns Gelb, da die L- und M- Zapfen in gleichem Maß erregt werden. Würde man dieses Gelb mischen aus Licht von circa 500 nm und 700 nm, also Licht, das möglichst nur die M- und die L-Zapfen isoliert aktiviert, so würde man zwar denselben Gelbton, aber in geringerer Sättigung erzielen, denn das aus dem Licht zweier unterschiedlicher Wellenlängen erzeugte Gelb erschiene als stärker mit Weißanteilen vermischt. Ähnliches gilt für jede andere monochromatische Lichtquelle. Wie immer man also drei Farbtöne auswählt, es gibt Bereiche hoher Sättigung, die mit ihnen nicht simuliert werden können. Nun sind in der Natur monochromatische Lichtquellen mit ihrer maximalen Sättigung ja ausgesprochen selten, sodass zumindest brauchbare Annäherungen an die drei Grundfarben gefunden werden können. Umgekehrt kann mit drei beliebigen verschiedenen monochromatischen Lichtquellen eine große Vielzahl von Mischungen hervorgerufen werden. Welche als die optimalen Grundfarben anzusehen sind, hängt daher von pragmatischen Zielvorstellungen ab.

In der Praxis gibt es aber weitere Beschränkungen, da die entsprechenden Lichtquellen einigermaßen billig in der Herstellung sein müssen, und auch dadurch, dass die Empfindlichkeit der entsprechenden Zapfen an beiden Enden des Spektrums, also sowohl im Bereich besonders kurzer als auch besonders langer Wellenlängen, rasch abnimmt. Für technisch-praktische Anwendungen macht es nicht viel Sinn, drei Grundfarben zu wählen, von denen zwei, um zu wirken, um ein Vielfaches energiereicher sein müssen als die dritte. Wie allgemein bekannt, haben sich als Grundfarben solche Lichtquellen bewährt, deren Licht wir als ein Rot, das leicht in den gelblichen Bereich hineinreicht, sowie als ein Grün bzw. als ein violettstichiges Blau bezeichnen würden. Sie entsprechen also etwa dem, was die drei Sorten von Leuchtdioden des Farbfernsehers produzieren. Dessen Dioden sind nämlich so ausgelegt, dass sie Licht aussenden, welches mög-

lichst nur eine Sorte Zapfen aktiviert. Ähnliches gilt für unsere Flachbildschirme sowie Beamer. Dass ihre jeweiligen Lichtquellen in der Farbigkeit nicht exakt übereinstimmen, führt zu gewissen technischen Übertragungsproblemen, etwa wenn eine Webseite auf einem Flachbildschirm ein wenig anders aussieht als auf einem Monitor. Die angeführten drei Farben werden auch als die Grundfarben der additiven Mischung bezeichnet, da man, wenn man eben ein (leicht gelbstichiges) ›rotes‹ und ein ›grünes‹ Licht addiert, die Empfindung von Gelb erhält, bei Mischung von (violettstichigem) ›blauem‹ und ›grünem‹ Licht die Empfindung von Cyanblau und bei Mischung von (leicht gelbstichigem) ›rotem‹ und (violettstichigem) ›blauem‹ Licht die Empfindung von Purpur bzw. Magentarot und entsprechend die übrigen Farben durch geeignete Kombinationen. Alle drei Lichtquellen zusammen führen zum Eindruck von Weiß. Diese drei können demnach mit einem gewissen Recht als Grundfarben angesehen werden, wenn man es mit Lichtquellen zu tun hat wie bei unseren modernen Medien, die in der Tat auf dieselbe Stelle gerichtet, also addiert werden können. Man spricht von RGB-Farben oder einem RGB-Raum (RGB steht für Rot, Grün, Blau). Diese drei Grundfarben der additiven Mischung werden manchmal auch als Urfarben bezeichnet. Man beachte, dass die durch Addition aus ihnen entstehenden Farben sämtlich heller erscheinen als jede der Ausgangsfarben, was nicht weiter verwundert, schließlich gibt es bei der Addition ja mehr Lichtquanten pro Flächeneinheit als vorher. Dass aber die Mischung von Blau und Rot nicht zum dunklen Violett führt, sondern zum aggressiv leuchtenden Magenta, verblüfft viele Kunsterzieher und Hobbymaler noch heute, ebenso wie auch die Tatsache, dass Cyanblau heller ist als Blau oder Grün. Farbige Lichter sind aber zur Wiedergabe von Oberflächenfarben nur bedingt geeignet. Weiterhin ist noch zu beachten, dass die Verhältnisse beim Gebrauch farbiger Lichtquellen eigentlich nur gelten, wenn das Tageslicht ausgeschlossen, zumindest deutlich reduziert wurde. Auf einem im Freien von der sommerlichen Mittagssonne bestrahlten Fernseher kann man wenig erkennen.

Nun haben wir es in der Natur äußerst selten direkt mit farbigen Lichtquellen zu tun. Farbige Lichter können in einem sehr engen Frequenzbereich gewählt werden, also ganz ›rein‹ sein, während farbige Oberflächen recht breitbandig Licht zurückwerfen. Wir sind aber, wie ausgeführt, in der Regel eher an den verschiedenen Oberflächen interessiert und es gibt dort eine Mischungsart, die bei weitem häufiger vorkommt und entschieden wichtiger ist als die additive, nämlich die optische Mischung. Haben wir es nicht mit Lichtern, sondern mit

Oberflächen und ihren Reflektanzen in einer räumlichen Situation zu tun, wo sie von einer einheitlichen Lichtquelle beleuchtet werden, dann greift in der Regel die sogenannte optische Mischung. Kann das von zwei oder mehreren Oberflächen reflektierte Licht nicht mehr auseinandergehalten werden, so sieht man an dieser Stelle eben eine einheitlich gefärbte Oberfläche. Unter der optischen Mischung ist demnach zu verstehen, dass das Auflösungsvermögen des Auges – sei es zeitlich oder räumlich – nicht hinreicht, physikalisch unterschiedliche Reize auseinanderzuhalten und diese sozusagen in einen Topf geworfen werden. (Dies passiert ja bereits bei den einzelnen Rezeptorzellen im Auge, denn deren Reaktion kann man nicht ansehen, ob sie durch viel Licht einer ungeeigneten Wellenlänge oder weniger Licht einer besser geeigneten angeregt wurden.) Sind die physikalischen Unterschiede zu klein, um von den rezeptiven Feldern im Auge unterschieden werden zu können, so reagieren sie so, als läge ein gemischter Reiz vor.

Was bei der optischen Mischung zweier Farben herauskommt, kann man leicht durch einen Kreisel herausfinden, der eine Scheibe mit den beiden Ausgangsfarben trägt, indem man ihn in rasche Drehung versetzt. Die optische Mischung ähnelt der additiven Mischung, da eben Lichtstrahlen der Sorte a mit solchen der Sorte b vermischt werden, nur dass im Gegensatz zur additiven Mischung die Helligkeit der resultierenden Farbe irgendwo zwischen den beiden Ausgangsfarben liegt. Grün und Rot führen daher nicht zu Gelb, sondern zu einer Art stumpfen Braun bzw. Rot und Blau zu einer Art stumpfem Violett, nicht dem strahlenden Magenta. Dieser vergleichsweise starke Verlust an Sättigung und Intensität bei der optischen Mischung rührt aber auch daher, dass die beiden in einen Topf geworfenen Gemenge an Lichtstrahlen, da sie ja von konkreten Oberflächen reflektiert wurden, ohnehin schon aus Licht recht verschiedener Wellenlängen zusammengesetzt waren.

Die optische Mischungsart beruht also auf der Überforderung des Auflösungsvermögens unserer Augen. Nehmen wir z. B. eine Kreisfläche, die aus abwechselnden – sagen wir roten und blauen – Segmenten besteht. In der Nähe können wir sie gut unterscheiden, weil das von ihnen reflektierte Licht auf jeweils verschiedene Zellgruppen der Retina fällt. Ändern wir den Abstand (oder versetzen wir die Kreisscheibe in rasche Drehbewegung, was nicht das räumliche, wohl aber das zeitliche Auflösungsvermögen der Augen überfordert), so sehen wir, ähnlich wie bei der additiven Mischung, einen Magentaton, der jedoch in seiner Helligkeit zwischen den beiden Ausgangstönen liegt

(ein wenig näher am helleren der beiden). Dies muss nicht überraschen, denn die durchschnittliche Menge an Photonen, die von den beiden unterschiedlichen Flächen reflektiert wird, hat sich ja nicht verändert. Daraus ergibt sich aber, dass die drei Farbtöne Cyanblau, Magenta und Gelb, die ja im maximal gesättigten Zustand heller sind als ihre unmittelbare Nachbarschaft, durch optische Mischung nicht, d. h. nicht in optimaler Sättigung erzeugt werden können. Ähnliches gilt für die Grundfarben der additiven Mischung (Orange)-Rot, (Violett)-Blau und Grün, die im Bereich maximaler Sättigung dunkler als ihre Umgebung im Farbkreis ausfallen. Mittels Gelb und Cyan kann daher optisch kein reines, maximal gesättigtes Grün entstehen, sondern nur ein hellerer, weniger gesättigter Grünton. Bei der optischen Mischung braucht man daher im Prinzip sechs Grundfarben sowie Schwarz und Weiß. Mischt man die Buntfarben optisch, so erhält man ein neutrales Grau. Die optische Mischung bildet die unter natürlichen Bedingungen weitaus am häufigsten vorkommende Mischungsart. Der grau aussehende Staub zeigt sich unter dem Mikroskop als aus bunten Partikeln zusammengesetzt und pointillistische Bilder aus blauen und gelben Pinselstrichen sehen aus gewisser Entfernung grau aus, nicht grün. Auch die Mischung der aufgerasterten Farben beim Vierfarbendruck gehorcht zumindest teilweise der optischen, nicht der subtraktiven Mischung, zu der wir gleich kommen werden, nämlich an den Stellen, wo sich die einzelnen Punkte nicht überlagern. Auch bei der Mischung von Malerfarben ist die optische Mischung beteiligt. Mischt man nämlich Pigmente – fein zermahlene feste Farbpartikel – rein mechanisch, was bei deckenden Farben annähernd der Fall ist, so verhalten sie sich im Gegensatz zu den in Bindemitteln gelösten Farbstoffen nach den Gesetzen der optischen Mischung, also wie Staub oder die farbigen Segmente auf dem Farbkreis. Blaue und gelbe Pigmente ergeben also grau, nicht grün. Maler sollten daher tunlichst mindestens sechs Grundfarben (neben Weiß und Schwarz) verwenden, wenn sie alle Buntfarben in guter Sättigung verwenden wollen, denn die mit Malerfarben auf der Palette erzielbaren Mischungen können keineswegs als rein subtraktiv beschrieben werden.

Worum geht es bei der subtraktiven Mischung? Genau genommen sollte man von der Gruppe der subtraktiven Mischungen im Plural reden, da mehrere nicht ganz identische Mischungsarten darunter verstanden werden. In ihnen geht es im Wesentlichen um Filterwirkungen. Wenn wir einen Photonenstrahl aus Photonen unterschiedlicher Energie vor uns haben, dann kann man manche davon herausfiltern, also wegnehmen oder subtrahieren, daher der Name subtraktive

Mischung. Der verbleibende Strahl, der ursprünglich vielleicht farblos (= weiß) war, ändert, wenn etwa die langwelligeren Anteile herausgefiltert werden, sein Aussehen, wird aber auch zwangsläufig weniger intensiv und erscheint lichtschwächer. Als Filter kann dabei jede transparente Schicht dienen, die eben nicht alle Photonen durchlässt, sondern einige davon absorbiert. Wie bereits erwähnt, gebührt Hermann von Helmholtz dabei das Verdienst, die Unterschiede zwischen additiver und subtraktiver Mischung erkannt und die herrschende Konfusion aufgelöst zu haben, weil bis dahin zwischen dem Verhalten von Lichtern und den als Filter wirkenden Pigmenten nicht oder nur unzureichend unterschieden wurde. Die sogenannte subtraktive Mischung sucht nun zu beschreiben, was passiert, wenn zwei oder mehrere solcher Filter übereinandergelegt werden: Ein gelber und ein blauer Filter übereinandergelegt lassen – das ist eine bekannte Erscheinung – Licht durch, das wir als grün empfinden.

Dies führt zu einer zur additiven Mischung analogen Überlegung: Gibt es drei optimale Filter, die aus dem Sonnenlicht gerade solche Anteile herausdestillieren, dass sie in ihrer Kombination das Reflektanzverhalten einer beliebigen Oberfläche simulieren können? Das müssten drei Filter sein, die jeweils getrennt voneinander alles Licht ausfiltern, das die L- bzw. die M- resp. die S- Zapfen aktiviert. Daraus ergibt sich, dass sie in etwa nur Licht passieren lassen dürfen, das für uns Cyanblau, Gelb oder Magentarot aussieht. Legt man zwei dieser Filter dann übereinander, etwa den gelben und den magentaren, so bliebe nur noch Licht übrig, das dem der additiven Grundfarbe (leicht gelbliches) Rot nahe kommt. Klar ist, dass zwei Filter weniger Licht durchlassen als je einer, sodass die resultierenden Farben dunkler sein müssen als die Ausgangsfarben. So weit also das Prinzip der subtraktiven Mischung. Mathematisch gesprochen wäre es übrigens korrekter, von multiplikativer Mischung zu reden, denn legt man beispielsweise zwei Filter übereinander, die jeweils 50% einer gegebenen Wellenlänge durchlassen, so erhält man als Resultat 25%, was 50% von 50% entspricht ($1/2 \times 1/2 = 1/4$), nicht 0% ($100\% - 50\% - 50\% = 0\%$).

Nun ist schon das Sonnenlicht nicht besonders gleichförmig, abgesehen davon, dass es je nach Tageszeit, geografischer Breite und atmosphärischen Bedingungen anders ausfällt, aber durch eine Normierung könnte man vielleicht doch zu einer Festlegung optimaler Grundfarben der subtraktiven Mischung gelangen. Die Metamerie, dass bei anderen Lichtverhältnissen die Originalfarbe und die nachgemischte Farbe unterschiedlich aussehen, lässt sich aber nicht ausschalten. In der Praxis gibt es darüber hinaus noch weitere Schwierig-

keiten, die vor allem darin liegen, dass die verfügbaren Farbstoffe keineswegs alles ungehindert durchlassen, was sie durchlassen sollen, bzw. umgekehrt die unerwünschten Wellenlängen nicht wirklich komplett herausfiltern. Wegen der starken Überlappung der Rezeptionskurven unser Zapfen ist dies auch nur annäherungsweise möglich. Unter anderem kann es vorkommen, dass mehrere Schichten des gleichen, z. B. gelben Filters nicht nur zu einer Verdunklung führen (schon diese sollte idealerweise nicht auftreten), sondern zu einer Farbverschiebung z. B. ins Rötliche. Bei der Anwendung solcher subtraktiver Filter als Druckfarben hängt das Resultat natürlich auch vom Papier, auf das gedruckt wird, und dessen Reflektanzeigenschaften ab. Außerdem gilt, wie bereits bei der additiven Mischung, dass aus grundsätzlichen Erwägungen keine drei Grundfarben der subtraktiven Mischung gefunden werden können, mit denen alle in der Natur vorkommenden Sättigungsgrade zu simulieren sind. Gleichwohl bilden Cyanblau, Magenta und Gelb die im Augenblick besten Grundfarben für unsere Druckindustrie, für Farbkopierer, Diapositive und Farbfilme. Man spricht von den CMYK-Farben oder vom CMYK-Raum. C steht für Cyan, M für Magenta und Y für Yellow. Das K (von black) bezieht sich auf die Tatsache, dass meist ein vierter Druckvorgang mit Schwarz eingeschaltet wird, um das Resultat zu verbessern, da sich mit den drei übereinandergedruckten Buntfarben nur ein Dunkelgrau erzielen lässt. Es gibt dennoch beeindruckende Fortschritte in der Genauigkeit von Farbkopierern, die Vorlagen immer besser reproduzieren können. Schwierigkeiten bereitet allerdings die Umwandlung von Bildern auf dem Bildschirm (d. h. im RGB-Raum) in die gedruckte Version (den CMYK-Raum), die man am besten der Druckerei überlässt, denn was rechnerisch zutrifft, kann von den konkret vorhandenen Pigmenten resp. Farbstoffen nicht eingelöst werden. Ein Grafiker, der auf dem Bildschirm entwirft, braucht daher gehörige Erfahrung.

In den gängigen Farbenlehren wird behauptet, dass die Gesetze der subtraktiven Mischung für den Umgang mit den Malfarben gelten, also nicht nur für die löslichen Farbmittel, sondern auch für Farben aus unlöslichen Pigmenten oder Farben als Substanzen. Entsprechend wären Cyanblau, Gelb und Magenta, unabhängig von der Frage, ob als Pigmente oder Farbstoff vorliegend, als die Grundfarben der Maler anzusehen, denn aus ihnen ließen sich alle anderen ermitteln. Für die Praxis der Maler ist die Beschränkung auf drei Grundfarben aber ohnehin unerheblich. Warum sollte sich jemand die Mühe machen, ein Grün oder Rot zu mischen, wenn diese Farben ihm direkt (und gesättigter) als Tubenfarbe zur Verfügung stehen?

De facto haben sie seit dem 18. Jahrhundert, also seit die Erkenntnisse Newtons sich zu verbreiten begannen, auch meist eine erweiterte, ›prismatische‹ Palette verwendet, wo sie neben Weiß und Schwarz für jede der wichtigsten Buntfarben im Farbkreis mindestens ein Exemplar vorgesehen haben. Dies gilt in besonderem Maße für die Paletten der Impressionisten und Neoimpressionisten. Auch muss gesagt werden, dass die gängigen Palettenfarben absolut keine idealen Filter darstellen, denn Filter müssen – wie dargelegt – transparent sein, was erfordert, dass keine festen Pigmentpartikel vorliegen, sondern es sich um gelöste Farbstoffe handelt. Deckfarben dagegen verhalten sich eher nach den Gesetzen der optischen Mischung, da sie aus Pigmenten bestehen. Schon Newton hatte gängige Pigmente fein zermahlen und vermischt und daraus (wie oben beim Hausstaub beschrieben), ein Grau erhalten. Nur mit transparenten, gelösten Farben wie den Aquarellfarben kommt man den Verhältnissen bei der subtraktiven Mischung halbwegs nahe. Die üblichen Tempera-, Öl- bzw. Acrylfarben dagegen enthalten sowohl transparente als auch deckende Anteile, und zwar je nach Sorte in verschiedenem Ausmaß. Die erzielte Tönung bei einer Farbmischung hängt von der Pigmentgröße, der relativen Brechzahl, der Art der Pigmente und Bindemittel, dem Grad ihrer Lösung in Binde- und Lösungsmitteln, von Absorption, Reflexion und Transmission der beteiligten Pigmente, ihrer Selektivität, der Art der Oberflächenspiegelungen und noch manchem anderen ab. Einfache Malerregeln können nur grobe Richtlinien angeben. Dies ist Malern durchaus geläufig, die wissen, dass manche ihrer Farben ergiebiger sind als andere, manche deckender etc. Schon Philipp Otto Runge hatte deshalb streng zwischen deckenden und transparenten Farben unterschieden, sodass die im populären Schrifttum üblichen Behauptungen über die subtraktive Mischung hinter den Erkenntnisstand von vor 200 Jahren zurückfallen. Was beim Mischen zweier Farben konkret herauskommt, lässt sich aus ihrem Aussehen allein nicht vorhersagen, wie eine einfache Überlegung zeigt. Nehmen wir einen transparenten bläulichen Farbstoff, der nur Licht der Wellenlängen von 400–550 nm durchlässt, und übermalen ihn mit einem anderen gelblichen, der nur Licht von 551–600 nm durchlässt, so erhalten wir keine grünliche Mischfarbe, sondern Schwarz.

Es ist nötig, so ausführlich auf die drei Grundfarben der subtraktiven Mischung einzugehen, weil ihnen im allgemeinen Bewusstsein und besonders in Künstlerkreisen ein besonderer, geradezu mythischer Status eingeräumt wird. Allerdings werden sie traditionell, seit Louis Savot und François d'Aguilon Anfang des 17. Jahrhunderts mit

Rot, Blau und Gelb gleichgesetzt (und Grün, Violett und Orange als Mischfarben angesehen), wobei André Félibien und später Gérard de Lairese als Multiplikatoren eine große Rolle zukommt.¹ Diese drei Farben konnotieren dabei so etwas wie eine *reductio ad elementa*, eine Beschränkung auf unhintergebar Elementares, Reines, Ursprüngliches, Uranfängliches. Die Künstler des Bauhauses, auch Mondrian und andere Künstler der zwanziger Jahre des 20. Jahrhunderts haben Rot, Blau und Gelb in entsprechendem Sinn verwendet. Warum haben Färber und Maler seit langem gewusst, dass im Prinzip drei Farben ausreichen, um alle übrigen zu mischen, sie aber als Rot, Blau und Gelb angegeben, während wir heute wissen, dass Cyanblau, Magenta und Gelb viel besser geeignet sind? Wahrscheinlich hängt das mit der Entwicklung der Farbtechnologie zusammen. Lasierende Farben, die auch beim Färben verwendet werden können, gibt es für die Farbtöne Magenta und Cyanblau erst ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts (oder sie waren wie Purpur extrem selten und kostbar). Das über lange Jahrhunderte wichtigste lasierende Rot, der Krapplack, kommt aber dem Magenta vergleichsweise nahe, ebenso wie die um 1800 verfügbaren lasierenden Blautöne wie Kobaltblau ziemlich grünstichig ausfallen und damit dem Cyanblau vergleichbarer sind als die gesättigten Blautöne, die uns heute zu Gebote stehen.

Das Wissen um die Gesetze der optischen Mischung ist daher viel wichtiger als das über die sogenannten Gesetze der subtraktiven Mischung, denn diese kommt in der Natur kaum vor, und wenn, dann allenfalls in einer Annäherung, die weit vom idealen Charakter entfernt ist, den der in den Lehrbüchern postulierte Gesetzescharakter suggeriert. Gesetze der subtraktiven Mischung gelten allenfalls ungefähr. Nur für ideale Filter, die bei manchen – erwünschten – Wellenlängen 0% und den anderen 100% durchlassen, sind sie einigermaßen einfach. Es gibt im Allgemeinen keine Regeln, die es erlauben, das Ergebnis einer subtraktiven Mischung nicht idealer Farbstoffe vorauszusagen. Manchmal führt sogar eine Beimischung von Weiß zu einer Sättigungszunahme oder es können mehrere Lasurschichten übereinander aus einem Orangeton einen Violetton machen. Die Beschränkung auf die drei Grundfarben der subtraktiven Mischung ist vor allem beim Druck, bei Farbfotos, Farbkopierern etc. wichtig, weil es die Anzahl der Arbeitsgänge reduziert, nicht so sehr für Maler, die sowohl mit der subtraktiven als auch der optischen Mischung arbeiten und im Übrigen wenig Vorteile von einer Beschränkung der Zahl ihrer Farbtuben haben. Für sie ist es im Wesentlichen nur nützlich, in etwa das Resultat von Mischungen vorhersehen zu können. Sie sehen

selbst, ob sie noch mehr Blau oder Weiß zufügen müssen, um dem gewünschten Ton näher zu kommen. Außerdem verhalten sich, sobald die Farben auf dem Bild aufgetrocknet sind, diese ohnehin nach den Gesetzen der optischen Mischung.

Drei Grundfarben oder vier Grundfarben?

Wie schon durch Beschreibungen wie ›ein leicht gelbliches Rot‹ oder ›Violettblau‹ nahegelegt, würde kein unbefangener Betrachter auf die Idee kommen, dass es sich bei diesen Farbtönen um Grundfarben handeln könnte. Ähnliches gilt für die Farbtöne Cyanblau und Magenta. Die Bezeichnung Magenta (sprich: Madschenta) geht übrigens auf den Namen einer oberitalienischen Stadt zurück, wo es – ähnlich wie im benachbarten Solferino – 1859 zu extrem blutigen Kämpfen kam, was unter anderem den Anstoß zur Gründung des Roten Kreuzes gab. Ein damals neu entwickelter synthetischer leuchtender Farbstoff im Purpurbereich wurde dann, um seinen auffälligen und aggressiven Charakter hervorzuheben, auf diesen Namen getauft, der durch einen Traktat des Grafikers Braquemond aus dem Jahr 1885 dann allgemein bekannt wurde. Mauve, der erste auf Anilinbasis entwickelte neue Farbstoff im Bereich zwischen Rot und Blau, war 1866 vorausgegangen. Schon diese geschichtliche Herleitung zeigt, wie wenig dieser Farbton im psychologischen Sinn als Grundfarbe gelten kann.

Kommen wir zu den psychologischen Grundfarben, also dem, was die meisten von uns als reine und nicht zusammengemischte Farbtöne ansehen würden, so haben wir, wie Ewald Hering bereits 1868 gegen Helmholtz festhielt, abgesehen von Weiß und Schwarz, nicht mehr drei, sondern vier von ihnen, nämlich Rot, Blau, Grün und Gelb. Wir sprechen hier allerdings nicht mehr von farbigen Lichtern oder Filtern, sondern von Empfindungen, also Eigenschaften unseres Nervensystems bzw. der Algorithmen, nach denen es Farben konstruiert. Hering definiert die psychologischen Grundfarben so, dass wir uns jede von ihnen ohne Beimischung der anderen vorstellen können, also etwa ein reines Rot ohne Beimischung von Gelb oder Blau, ein reines Gelb ohne Beimischung von Grün oder Rot usw. Diese vier Farben sind demnach antagonistisch in Paaren angeordnet in dem Sinn, dass für uns ein rötliches Grün oder ein bläuliches Gelb unvorstellbar sind. Diese vier Grundfarben spielen – neben Schwarz und Weiß – bei eigentlich allen Kulturen und in vielerlei praktischen Zusammenhängen, wo es um eindeutige Zuordenbarkeit geht, eine wichtige Rolle.

Das Londoner U-Bahn-Netz kennt eine Red-Line, eine Blue-Line etc. Unsere Flaggen und Verkehrszeichen benutzen fast nur sie und die Klassifikationen des Alltags greifen auf sie zurück. Es scheint, dass die Zahl von vier anstelle von drei eindeutig zu unterscheidenden Farben auch noch den Vorteil bietet, dass, wie das sogenannte Landkartenproblem belegt, vier Farben ausreichen, um jeden Farbfleck von angrenzenden anderen Flecken eindeutig abheben zu können. Bei der biologischen Aufgabe der Farbwahrnehmung, eine Entität deutlich von der Umgebung abgrenzen zu können, sind vier klar unterscheidbare Farben entschieden von Vorteil. Die Übereinstimmungen zwischen Individuen derselben Kultur wie auch zwischen Vertretern verschiedener Kulturen, was denn als das beste Exemplar von Rot, Blau, Grün oder Gelb anzusehen sei, sind dabei so erheblich, dass man eine genetische Grundlage für die Bevorzugung gerade dieser vier psychologischen Grundfarben annehmen muss. Jedenfalls verträgt sich die Tatsache, dass Gelb für uns eine echte Grundempfindung ist, gut mit dem dichromatischen Stadium der Evolution unseres Farbsehens.

Die Gehirnforschung hat die angeführte Beobachtung von Hering durch die Entdeckung opponenter Zellen und ihrer Verschaltung bereits im Auge bestätigen können. Daraus ergibt sich, dass man in der Tat – wie ausgeführt – von einem Rot-Grün- und einem Blau-Gelb-Kanal sprechen kann, die in derselben opponierten Weise organisiert sind, wie Hering es beschreibt. Bei Gelb handelt es sich also nur für die kleine Strecke zwischen Netzhaut und Ganglienzellen um eine Mischfarbe, dann jedoch um eine Grundfarbe. Schon Wilhelm Wundt hatte den Unterschied zwischen den drei Grundfarben auf der Ebene der Retina und der psychologischen Grundfarbe Gelb konstatiert: »Es folgt aber daraus nicht, dass nun z. B. Gelb eine aus Roth und Grün gemischte Empfindung ist oder dass bei der Reizung durch gelbes Licht nichts anderes als eine Reizung von roth- und grünempfindenden Elementen stattfindet. Dem ersten widerspricht die Beschaffenheit der Empfindungen, da Gelb sowohl von Roth wie von Grün qualitativ verschieden, keineswegs aber eine Mischung aus beiden ist.«² Allerdings werden diese opponierten Zellen im Auge von solchen Farbreizen optimal aktiviert, die nicht exakt mit den psychologischen Grundfarben identisch sind. Zur Erinnerung: Der Gelb-Blau-Kanal reagiert am besten auf ein ins Violette verschobene Blau bzw. auf einen als Chartreuse bezeichneten Farbton, also eine Art Grüngelb. Beim Rot-Grün-Kanal zeigt sich auf der Ebene des seitlichen Kniekörpers das Grün ins Bläuliche verschoben und das Rot ist eher etwas gelblicher, als wir nach der Heringschen Definition erwarten würden.

Offenbar gibt es im Gehirn weitere Transformationen, die aus den Gegebenheiten im Auge und Kniekörper schließlich die vier psychologischen Grundfarben entstehen lassen, wenn auch dieser Übergang gegenwärtig nicht auf physiologischem Niveau dargestellt werden kann. (Die Berlin-Kayschen Farbkategorien, also die zusätzlich zu den Heringschen weit verbreiteten fokalen Farben Grau, Braun, Orange, Violett und Rosa müssten bei diesem Transformationsprozess aber ebenfalls entstehen. Hierzu siehe unten.) Die vier sogenannten psychologischen Grundfarben stimmen dabei weder mit den Grundfarben der additiven noch denen der subtraktiven Mischung überein. Allenfalls für das Grün der additiven oder das Gelb der subtraktiven Mischung kann dies in etwa gelten. Die psychologische Grundfarbe Blau enthält im Gegensatz zur Grundfarbe der additiven Mischung Violett-blau keinen Rotanteil und die psychologische Grundfarbe Rot kann im Gegensatz zur Grundfarbe (leicht gelbstichiges) Rot der additiven Mischung gar nicht durch eine einzige Wellenlänge des Spektrums dargestellt werden, sondern nur durch eine Mischung lang- und kurzwelligen Lichts.

Im populären kunsthistorischen und künstlerischen Schrifttum herrscht viel Konfusion, weil die verschiedenen Arten von Grundfarben und die Sachverhalte, auf die sie sich beziehen, nicht klar genug auseinandergelassen werden. Anscheinend kam es besonders gern zu Verwechslungen zwischen den Grundfarben der subtraktiven Mischung und drei der psychologischen Grundfarben. Es dürfte beispielsweise deutlich geworden sein, dass das Verhalten von Farben auf der Palette wenig zu tun hat mit den Prozessen im Auge oder im Gehirn. Für die Wahrnehmung sind Blau und Gelb komplementär, während ein Mischen blauer und gelber Pigmente je nach der Größe der Farbpartikel meist nur eine Art recht vergrauten Grüns ergibt. Eigentlich müsste man also eher erklären, weshalb die Maler Grün verstoßen haben und sich immer noch hartnäckig weigern, diese als Grundfarbe anzuerkennen. In der Fachsprache nennt man diese Neigung den *paint-bias*. Die angeführte Logik, dass man Grün aus Blau und Gelb ermitteln kann, es sich demnach nicht um eine Grundfarbe handeln könne, ist aus zwei Gründen fragwürdig, denn zum einen wäre aus dem gleichen Grund dann auch Rot keine Grundfarbe, da es sich aus Magenta und Gelb ermischt lässt, zum anderen ist es mit der Mischbarkeit von Grün aus Blau und Gelb gar nicht so gut bestellt. Optisch gemischt ergeben sie Grau und subtraktiv gemischt ergeben sie – abgesehen von den anderen Unzulänglichkeiten dieser Mischungsart – nur dann wirklich Grün, wenn Blau durch Cyanblau ersetzt wird.

Jedenfalls sind die drei Farbtöne, welche die Moderne, das Bauhaus oder auch de Stijl als Grundfarben ansehen, nämlich ein Rot ohne Blau- oder Gelbeinteile, ein Gelb ohne Grün- oder Rotanteile und ein Blau ohne Rot- oder Grünanteile, weder im Sinne der additiven noch der subtraktiven Mischung als Grundfarben anzusehen. Nur noch im Sinne eines Zitats, einer Bezugnahme auf den Elementarismus der Moderne, können sie auf die (vermeintliche) Reduktion auf letzte Grundelemente verweisen. Eigentlich handelt es sich bei ihnen um drei der vier psychologischen Grundfarben, nur dass eine davon, das Grün, unterdrückt wird.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. Bernard Teyssède, *Roger de Piles et les débats sur le coloris au siècle de Louis XIV*, Paris 1957.
- 2 Vgl. Wilhelm Wundt, *Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele*, 3. bearbeitete Auflage, Hamburg und Leipzig 1897, S. 103.

Farbsysteme

Farbsysteme haben die Aufgabe, sämtliche Farben so in einem Modell nach ihren Ähnlichkeiten zu ordnen, dass die diversen Verwandtschaften, Beziehungen und Unterschiede erkennbar und ablesbar werden. In der Regel soll dabei jeder unterscheidbaren Farbe ein und nur ein Ort im jeweiligen Modell zukommen. Die Zahl der bekannten Farbsysteme geht inzwischen in die Hunderte, was bereits einen Hinweis darauf gibt, dass ein einziges System nicht ausreicht, sämtliche Bedürfnisse zu befriedigen. Nicht nur kommt es wegen sich wandelnder praktischer Erfordernisse immer wieder zu Neuentwicklungen, sondern auch grundsätzliche Differenzen verhindern die Festlegung auf ein einziges System. Insbesondere muss auch hier unterschieden werden, ob psychologische Sachverhalte wie die Farbempfindungen oder ob physikalisch definierte Reize (Lichtfarben, Licht bestimmter Wellenlängen) oder ob drittens Körperfarben (Oberflächenfarben respektive Farbproben) von dem jeweiligen System geordnet werden. Gerade bei älteren Farbsystemen herrscht in diesem Punkt oft Unklarheit. Eine solche Konfusion ist leider besonders für die in Künstlerkreisen verbreiteten Farblehren mit ihren Kreisen, Kugeln und sonstigen räumlichen Modellen typisch. Sie sind allein schon deswegen höchst fragwürdig, da sie zwischen psychologischen und physikalischen Sachverhalten respektive dem Verhalten von Farbmitteln oder Farbstoffen gar nicht oder nur ungenügend unterscheiden. Auch werden nicht selten aus ihnen Schlüsse abgeleitet, die sie einfach nicht zu leisten vermögen. Historisch gesehen lag solchen Systemen häufig die Idee zugrunde, Regeln für eine harmonische Zusammenstellung angeben zu können, was allerdings für die gegenwärtige Praxis kaum noch eine Rolle spielt. Nicht zuletzt hat die Erkenntnis, dass solche Regeln historisch und sozial wandelbar sind, dazu beigetragen, sie obsolet werden zu lassen.

Zunächst ist jedoch zu bemerken, dass weite Teile der Menschheit in langen Epochen offenbar kein Bedürfnis nach der Entwicklung von Farbsystemen verspürt haben und verspüren. Im Allgemeinen und im Alltag reicht es, sich auf fokale Farben zu beziehen, d. h. auf die gängigen Bezeichnungen wie Schwarz und Weiß, Rot, Grün, Gelb und Blau, vielleicht noch erweitert um Bezeichnungen wie Braun, Grau,

Violett, Rosa und Orange, die im Bedarfsfall mit zusätzlichen Qualifikationen wie ›ein leicht grünliches Gelb‹, ›ein ziemlich helles Blau‹, ›ein eher gedecktes Rot‹ etc. modifiziert werden können. (Zur Entwicklung und Verbreitung der fokalen Farben vgl. das folgende Kapitel, wo die Berlin-Kay-Hypothese diskutiert wird.) Natürlich sind immer auch Ad-hoc-Vergleiche mit Substanzen oder Entitäten wie himmelblau oder rabenschwarz oder ›die Farbe von Entengrütze‹ möglich. Auch hat man, wenn nötig, etwa bei den Handelsbörsen das Mittel der Materialproben seit langem genutzt.

Farbsysteme sind also nicht immer und überall anzutreffen, sodass eine kurze historische Betrachtung geboten erscheint. Selbst die, wie man meinen möchte, durch den Regenbogen oder das Prisma eigentlich vorgegebene natürliche Ordnung der gesättigten Buntfarben hat gleichfalls vor Newton anscheinend niemand genau beschrieben bzw. zur Grundlage eines Ordnungssystems gemacht. Weder Anzahl noch Art der im Regenbogen sichtbaren Farben wurden von den Autoritäten einheitlich geschildert, ja es gab nicht selten erhebliche Abweichungen von der faktischen Richtigkeit. Immerhin hatten Visionäre ihre Visionen nicht selten als aus den drei Farben Rot, Grün und Blauviolett (wie wir heute sagen würden: den Grundfarben der additiven Mischung) bestehend geschildert, die aus dem Weiß hervorgegangen wären, was im Sinne der christlichen Trinitätslehre gedeutet werden konnte: Vater, Sohn und Heiliger Geist sind verschieden und doch eins. Solche psychologischen Tatsachen im Sinn der an der Farbwahrnehmung beteiligten Gehirnprozesse zu deuten, blieb jedoch unserer Gegenwart vorbehalten.

Wann also erwiesen sich Systeme als nötig und was sollen sie leisten? Die Aufgabe der Taxonomie, der Beschreibung und wissenschaftlichen Klassifikation aller Naturerscheinungen, der man sich im 18. Jahrhundert mit allem Nachdruck stellte, hat das Problem der exakten Bestimmung einer Farbe enorm verschärft. Damals sind auch die ersten dreidimensionalen Ordnungen von Musterproben entstanden. Seitdem hat die entsprechende Aufgabe bei Foto, Film und Fernsehen, der Lichttechnik, beim Druck, der Architektur, Mode und vielen anderen technischen und künstlerischen Anwendungsbereichen in einem Maße zugenommen, dass wir ohne Festlegungen, Normierungen und der Garantie enger Toleranzbereiche nicht mehr auskommen würden. Dabei feierte der am Bauhaus tätige Künstler László Moholy-Nagy (1895–1946) noch vor gut achtzig Jahren die Möglichkeit von »Telephonbildern« als einen entscheidenden Durchbruch. Darunter verstand er, dass man telefonisch Anweisungen durchgeben

konnte, in welchen Farben ein auf Millimeterpapier vorgegebenes Kompositionsgerüst auszumalen sei, sodass zwischen dem Original und der Kopie kein Unterschied mehr bemerkbar wäre. Eigentlich brauchen Anrufer und Empfänger dazu nur dieselben Farbmusterbücher, Musterproben oder Normkarten, auf die sie sich beziehen. Eine solche Aufgabe ist heute alltäglich geworden. Normkarten, die in einem Farbatlas zusammengefasst werden, müssen aber noch nicht sonderlich geschickt geordnet sein. Anders steht es bei den Anforderungen an die Aufbauprinzipien, wenn – sagen wir – die verschiedenen Sättigungsstufen oder mögliche Helligkeitsabstufungen eines bestimmten Farbtones erkennbar sein sollen. Ähnliches gilt für die Komplementarität, aber auch dann, wenn etwa die möglichen Mischungen veranschaulicht werden sollen, bedarf es besonderer Konstruktionsprinzipien. Die bereits erwähnten Unterschiede der jeweils relevanten Grundfarben (psychologisch, additiv, subtraktiv) schließen dabei aus, sie in einem einzigen Modell optimal zu realisieren. Darüber hinaus ist grundsätzlich auch kein dreidimensionales Modell möglich, das es erlaubte, die subtraktive Mischung der real verfügbaren Farbmittel oder Farbstoffe darzustellen, was allein schon daran liegt, dass diese ja bei jedem von gut 300 Wellenbereichen jeden unterschiedlichen Wert annehmen können.

Die frühesten Versuche, Farben zu systematisieren, sind vom Streben gekennzeichnet, Grundfarben festzulegen. Darunter sind nicht unbedingt Grundfarben im modernen Sinn zu verstehen, sondern auch Zuordnungen zu den vier Elementen, vier Temperamenten etc. Typisch dafür ist die Zuweisung von Empedokles 483–423 v. u. Z.), der Weiß, Schwarz, Rot und Ockergelb als Farben der vier Elemente nannte, welche vier Farben ja auch für die frühesten Stufen der Malerei und der menschlichen Körperbemalung typisch sind. Eine erste, für unseren Kulturkreis auf Aristoteles (384–322 v. u. Z.) zurückgehende Ordnung der Farben ist nach Art einer Skala linear organisiert: Die als zusammengesetzt angesehenen Buntfarben werden zwischen den Extremen Schwarz und Weiß, die allein als Grundfarben gelten, je nach ihrer Helligkeit eingeordnet. Aristoteles sah dabei die Abfolge Gelb, Scharlach, Purpur, Grün und Blau als gegeben an. Den Regenbogen übrigens, dessen Farben er als nicht mit Malerfarben realisierbar ansah, nahm er als aus Rot, Grün und Violett zusammengesetzt an, was erstaunlich gut mit unseren Grundfarben der additiven Mischung übereinstimmt. Bei einer linearen Ordnung der Farben nach Helligkeit war es naheliegend, Blau näher an Schwarz und Gelb näher an Weiß heranzurücken, was den Platz in der Mitte für die entschie-

denste und auffälligste Farbe Rot übrig lässt. Die so bestimmte Ordnung hält sich recht lange, obwohl es problematisch ist, in ihr einen Platz für Grün (aber auch für Grau) zu finden. Anscheinend entspricht sie einem bestimmten elementaren Stadium der Entwicklung unserer Farbbegriffe. Auch wenn die Anzahl der zwischen Schwarz und Weiß eingeschobenen Farben – wie schon bei Aristoteles – erweitert wird, lässt sich das Problem nicht lösen. Die Testbilder unserer Fernsehgeräte ordnen übrigens ihre drei + drei Grundfarben ebenfalls nach der Helligkeit, was die sprunghafte Abfolge Blau, Rot, Magenta, Grün, Cyan und Gelb entsprechend der zunehmenden Helligkeit ergibt.

Die Anordnung Schwarz, Blau, Rot, Gelb und Weiß spielt noch bei Goethe (1749–1832), bei Kandinsky (1866–1944) sowie der Ablehnung von Grün als Grundfarbe in der Malerei der Moderne eine gewisse Rolle. Grün wird als irgendwie anders aus Gelb und Blau entstehend betrachtet als der in diesem Schema natürliche Übergang von Blau über Violett und Purpur zu Rot und weiter über Orange zu Gelb. Dass man Licht benötigt, das auf Oberflächen fällt, um deren Farben wahrzunehmen, bzw. bei Abwesenheit von Licht auch keine Farben mehr zu sehen sind, liefert die Grundlage für die Ordnung nach ihrer Helligkeit. Da in der Tat Oberflächen vom auftreffenden Licht gewisse Teile absorbieren, ist die Annahme, bestimmte Mischungsverhältnisse zwischen Licht und Dunkel würden das Wesen der Farben ausmachen, auch nicht unsinnig. Würden wir optimale Farbstoffe herstellen können, so würden sie bestimmte Bereiche des Sonnenlichts zu 100% absorbieren und andere zu 100% reflektieren. Gelb entstünde z. B., wenn der kurzwellige Anteil völlig absorbiert würde. Man hat sich die Entstehung der Farben aus einer Mischung von Licht und Dunkel gern in Analogie zu den Proportionalitäten der Musik vorgestellt, wo harmonische Teilungen eines Monochords nach dem Verhältnis einfacher ganzer Zahlen wie 1 zu 2, 2 zu 3 oder 3 zu 4 harmonische Akkorde erzeugen. Dementsprechend würden reine Verhältnisse wie 2 zu 3 auch bei der Mischung von Licht und Dunkel zu reinen Farben führen, andere zu unreinen Farben. Allerdings gibt es bei Farben stetige Übergänge und nicht den Unterschied zwischen Konsonanz und Dissonanz wie bei Tönen. Die Bestimmung der Quinte zu einem Grundton ist eindeutig, doch für die Bestimmung eines zu einem gegebenen Rot passenden Blaus gilt dies keineswegs. Zum anderen lassen sich zwei Farben nicht in der Weise eines Akkords am selben Ort erleben. Entweder erfahren wir sie räumlich getrennt, als nebeneinanderliegend, oder, wenn sie tatsächlich an der gleichen Stelle liegen, als einen einzigen resultierenden Farbton. In einem Ak-

kord der Musik dagegen erfahren wir zwei getrennte Elemente, die gleichwohl als konsonant oder dissonant erlebt werden.

Der Jesuit und Mathematiker François d'Aguilon (lateinisch: Franciscus Aguilonius, 1567–1617), der sich dabei wohl auf die Erfahrungen von Peter Paul Rubens (1577–1640) stützt, macht im 17. Jahrhundert aus der linearen Ordnung von Weiß, Gelb, Rot, Blau und Schwarz schließlich ein vernünftiges System, das, nebenbei bemerkt, mittels zweier geringer Transformationen in einen dreidimensionalen Pentaeder verwandelt werden könnte, wie ihn noch Paul Klee (1879–1940) benutzt. Klees Pentaeder der ›farbigen Totalität‹ weist Rot, Blau und Gelb als Eckpunkte der mittleren Ebene auf und senkrecht dazu Schwarz und Weiß als Eckpunkte unten und oben. Aguilonius' System ordnet vor allem die Mischungen. Er sieht Grün als Mischung von Blau und Gelb an, Orange als Mischung von Gelb und Rot und Violett schließlich als Mischung von Rot und Blau. Farbdreiecke mit Rot, Blau und Gelb in den Eckpunkten und den dazwischenliegenden Mischungen finden sich dann vermehrt in den Malereitraktaten des ausgehenden 18. Jahrhunderts.

Die Hell-Dunkel-Achse senkrecht zu den Buntfarben zu stellen, bedeutet einen weiteren wichtigen Schritt. Erst dann nämlich wird ein Farbkreis der reinen Buntfarben möglich. Das allerdings wirft das Problem auf, die Differenz zwischen den Oberflächenfarben wie Schwarz, Weiß und Grau sowie dem Beleuchtungsphänomen Hell/Dunkel zu erfassen. Da in der Malerei zunehmend ab dem 16. Jahrhundert die Wiedergabe der Räumlichkeit, der dreidimensionalen Körperlichkeit oder des ›Reliefs‹ mittels einer Abschattierung nach Hell-Dunkel-Werten als grundlegend angesehen wurde, was mit dem Fachausdruck *clair-obscur*-Malerei bezeichnet wird, war die Möglichkeit einer konzeptionellen Trennung von Helldunkel und den Buntfarben gegeben. Leon Battista Alberti (1402–1472) hatte den Grund dafür gelegt. Gleichwohl bleibt das Problem mit Weiß und Schwarz als Oberflächenfarben bestehen, was Leonardo da Vinci (1452–1519) darauf beharren lässt, sie als Farben anzusehen.

Die flächige Ordnung der gesättigten Buntfarben in einem in sich zurücklaufenden Farbkreis setzt sich erst durch Newton (1643–1727) durch. Dass die Purpurtöne in den prismatischen Farben nicht enthalten sind, da sie ja nicht durch Licht einer einzigen Wellenlänge darstellbar sind, hatte ihn nicht gehindert, doch stellt die genannte Tatsache zumindest in den Künstlerfarblehren ein Problem dar, wo solche Purpurtöne aus roten und blauen Pigmenten gemischt werden, da man sie ja als sekundär und abgeleitet ansah. Dann nämlich erhält

man nie einen hellen und gesättigten Magentaton, sondern nur ein dunkles, stumpfes, eher bräunliches Violett. Ähnliches gilt übrigens für Cyanblau, das aus Gelb und Blau mittels Palettenmischung nicht gut erzielt werden kann. Ignaz Schiffermüllers (von Beruf Entomologe, 1727–1806) 1772 in Wien veröffentlichter Farbenkreis hat bereits neben unzähligen anderen ihm folgenden – unter denen der Itten'sche Farbkreis wie auch die in Schulbüchern und anthroposophischen Zirkeln noch heute verbreiteten Farblehren genannt seien – mit diesem Problem zu kämpfen. Nicht umsonst gelten heutzutage Magenta und Cyanblau – neben Gelb – als Grundfarben der subtraktiven Mischung.

Insgesamt bleibt die Rolle der Grundfarben, die sich ja nicht der physikalischen Welt, sondern der Organisation des Wahrnehmungsapparats verdanken, lange problematisch. 1502 werden in Venedig im *Speculum lapidum* des Camillo Leonardo erstmals drei Grundfarben (ohne Bezug auf den Regenbogen, also, wie man annehmen darf, der subtraktiven Mischung) als Rot, Gelb und Grün bestimmt.¹ Da der heute gebräuchliche Farbton Cyan zwischen Blau und Grün liegt, ist diese Bestimmung genauso richtig wie die spätere und seit Anfang des 17. Jahrhunderts gebräuchliche Festlegung auf Rot, Gelb und Blau. Lodovico Dolce (1508–1568) greift sie ebenso auf² wie später Louis Savot 1609 in Frankreich in seiner Schrift *Nova-antiqua de causis colorum sententia*, der allerdings bereits Rot, Blau und Gelb nennt.³ Seit Le Blons (1667–1741) drucktechnischen Experimenten gelten die drei letztgenannten Farben in Malereitraktaten als die kanonischen Grundfarben, bis sie eben durch Magenta, Cyanblau und Gelb abgelöst wurden.⁴

Nun braucht man drei Dimensionen eines Farbsystems, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass mit den drei Zapfentypen im Auge, die ja drei Freiheitsgrade aufweisen, auch drei unterschiedliche Parameter berücksichtigt werden müssen. Erst räumliche Modelle können daher als befriedigend angesehen werden. Sie entstehen dann im 18. Jahrhundert, wenn man von dem Astronomen Aron Sigfrid Forsius (gest. 1637) absieht, dessen möglicherweise kugelförmiges Modell von 1611 allerdings so gut wie nicht rezipiert wurde. Die (1810 veröffentlichte) Farbkugel des Malers Philipp Otto Runge (1777–1810) gilt dagegen als eines der einflussreichsten räumlichen Modelle. Um den Äquator sind die gesättigten Buntfarben angeordnet, während die Erdachse von Hell nach Dunkel verläuft. Im Mittelpunkt der Kugel befindet sich also Grau, und die Breitengrade entsprechen in etwa den unterschiedlichen Helligkeitsstufen. Vertikale Schnitte zeigen alle Farben einer Farbart (und im Prinzip ihrer Kom-

plementärfarbe, Abb. 7). Sein Modell geht von drei Grundfarben aus, die er als Rot, Blau und Gelb bestimmte. Allerdings hat Runge das Problem, dass die gesättigten Buntfarben keineswegs gleich hell ausfallen und demnach auf verschiedenen Breitengraden zu liegen hätten, nicht gesehen. Sucht man Farben der gleichen Bunttonart, die sich nur durch ihre Sättigung unterscheiden, so sind sie in seinem System kaum zu ermitteln. Runge hat zwar den Unterschied transparenter und opaker Farben gesehen, doch ist unklar, ob er sich auf Farbbeimpfindungen, Licht- oder Körperfarben beziehen wollte.

Das im amerikanischen Sprachraum aber auch in Japan noch immer sehr verbreitete Munsell-System versucht, diese beiden Kritikpunkte

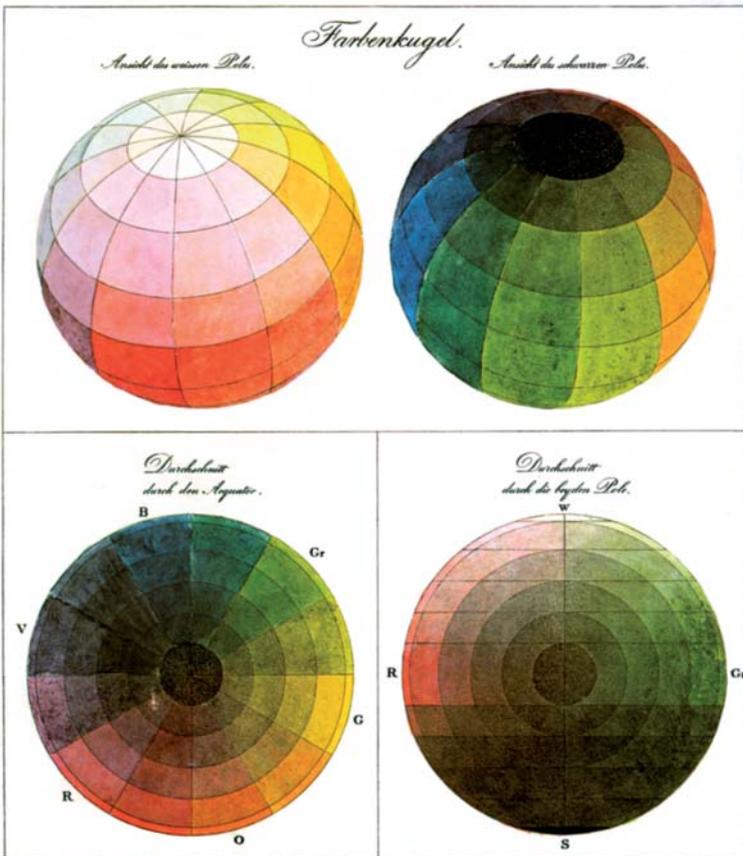


Abb. 7: Philipp Otto Runge, Probedrucke der Bildbeigabe zur Farben-Kugel, 1810

zu korrigieren. Albert H. Munsell (1858–1918) war gleichfalls Maler und berücksichtigt konkrete Farbproben. Sein zwischen 1905 und 1916 entwickeltes System ist nach dem Modell eines Zylinders aufgebaut, wo ebenfalls die innere Achse die unbunten Farben zwischen Schwarz und Weiß enthält und jeder vertikale Schnitt zwei Seiten mit nur je einer Farbart aufweist. Die im Prinzip zehn horizontalen Schichten dagegen (nur acht davon sind mit Pigmenten realisierbar) enthalten nur Farben gleicher Helligkeit, d. h. genau genommen gleicher Leuchtdichte (also der *lightness*, nicht der *brightness*, s. u.). Als Grundfarben nahm er fünf an – neben Rot, Blau, Grün und Gelb noch Purpur –, sodass er darauf verzichten muss, die Komplementarität oder Mischungsgesetze ablesbar zu machen. Eigentlich sind 100 Abstufungen des Farbkreises vorgesehen, doch auch hier begnügt man sich in der Praxis mit 20. Da Munsell auch der Tatsache Rechnung trägt, dass wir nicht bei jeder Helligkeitsstufe und in Abhängigkeit von der jeweiligen Farbart zwischen Grau und der maximal gesättigten Farbe gleich viel Zwischentöne ausmachen können, sind die vom inneren Stamm ausgehenden Äste verschieden lang, sodass sein Farbkörper ein sehr unregelmäßiges Aussehen annimmt (Abb. 8). Ein gewisser Fortschritt gegenüber Runge besteht darin, dass Munsell sich

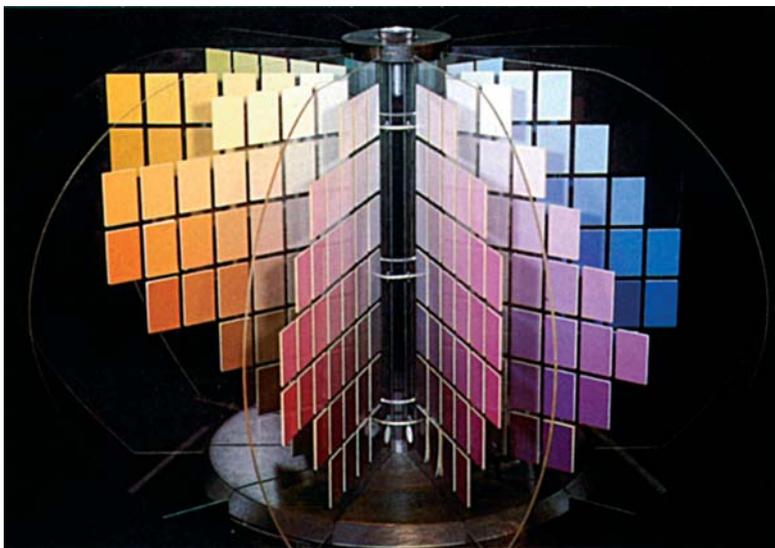


Abb. 8: Der Munsellsche Farbenbaum

erklärtermaßen auf reale Farbproben beschränkt, was ihn allerdings zwang, gewisse Stellen frei zu halten, da die verfügbaren Pigmente nicht hinreichend waren, den im System vorgesehenen und eigentlich nötigen Farbeindruck zu erzeugen. Was er *chroma* nennt, entspricht ziemlich dem, was unter Sättigung zu verstehen ist, aber nicht exakt. So fließen in sein *chroma* die kombinierten Effekte von *lightness* (also Leuchtdichte) und Sättigung ein, sodass der Parameter der Sättigung nicht wirklich rein dargestellt ist. Als weiterer Nachteil muss noch erwähnt werden, dass dieses System nicht gut in andere übertragbar ist.

Etwa gleichzeitig mit Munsell hat auch der Chemiker und Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald (1853–1932) sein Farbsystem entwickelt. Da dieses jedenfalls im deutschen Sprachraum zumindest bis zum 2. Weltkrieg von erheblicher Bedeutung war, soll es gleichfalls kurz vorgestellt werden (Abb. 9). Geometrisch gesehen handelt es sich um einen Doppelkegel. Auf der senkrechten Spindel sind wieder die unbunten Grauwerte versammelt, während die von Ostwald als ›Vollfarben‹ bezeichneten, also mit den verfügbaren Pigmenten resp. Farbstoffen optimal realisierbaren reinen, gesättigten Farben an der Peripherie des Kreises, der die beiden Kegelhälften trennt, angesiedelt sind: der ostwaldsche Vollfarbkreis. Auch Ostwald geht demnach von

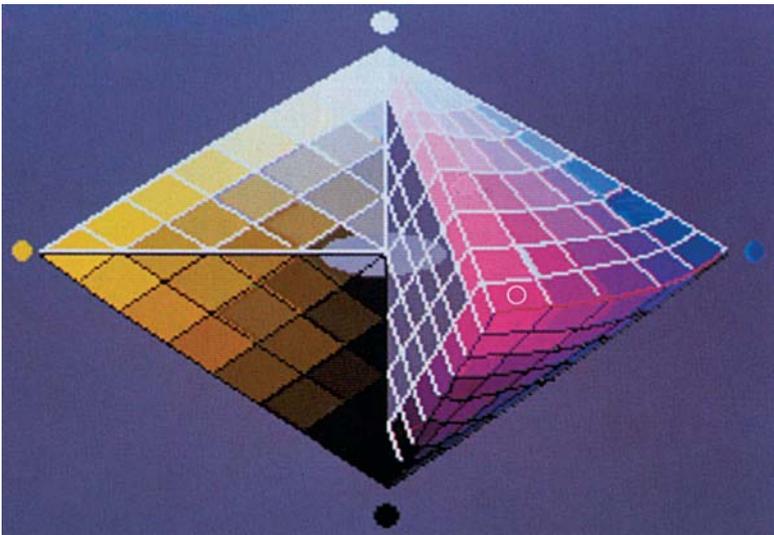


Abb. 9: Der Ostwaldsche Farbdoppelkegel; schematische Darstellung

Körperfarben aus. Seinem Modell liegt die Vorstellung zugrunde, dass jedes bunte Pigment durch die Hinzufügung von Weiß und Schwarz so abgetönt werden kann, dass sämtliche Helligkeits- und Sättigungsgrade der gleichen Farbtonart erzielbar sind. Ungewöhnlich für die Zeit ist noch, dass er die vier psychologischen Grundfarben Rot, Blau, Grün und Gelb zugrunde legt. Rot liegt also diametral Grün gegenüber und Gelb entsprechend Blau gegenüber. Schneidet man seinen Farbkörper mittels einer Ebene, welche die mittlere Spindel enthält, so entstehen je eine dreieckige Fläche, an deren Eckpunkten Weiß, Schwarz und die jeweilige Vollfarbe situiert ist. Die restlichen Felder der Fläche enthalten dann systematische Ausmischungen dieser Vollfarbe mit wechselnden Anteilen von Weiß und Schwarz. (Die Summe von Weiß, Schwarz und der Vollfarbe ergibt notwendigerweise den Wert 1.) Ein solches Dreieck enthält im Prinzip also alle Farben des gleichen Farbtons.

Historisch gesehen sind die Farbsysteme von Munsell, Ostwald und Runge, denen man vielleicht noch das System des Chemikers Chevreul (1786–1889) hinzufügen sollte, am wichtigsten, wobei zumindest das von Munsell nicht wirklich historisch geworden ist, sondern sich im angelsächsischen Sprachraum weiterhin großer Beliebtheit erfreut.

Ehe die heute gebräuchlichsten Farbsysteme vorgestellt werden, sind vielleicht ein paar grundsätzliche Bemerkungen am Platz. Man sollte die Wirkung der Farbkörper von Ostwald oder Munsell keineswegs unterschätzen. Erstmals hatten Künstler und Designer konkrete Farbproben vor Augen, die systematisch geordnet waren und an denen sie (annähernd) ersehen konnten, wie die verschiedenen Stufen an Sättigung oder Helligkeit einer Farbe aussahen. Nicht wenige wie später Vasarély haben ihre Werke gestützt auf solche Körper aufgebaut bzw. ihre Farbwahl getroffen. Dies gilt auch heute noch, wenn Architekten beispielsweise zu einer Fassadenfarbe die passende Farbe des Sockels auswählen. Zumindest gehört der Umgang mit den Parametern Helligkeit und Sättigung seitdem für Gestalter zu den erforderlichen Kulturtechniken. Eingangs wurde bereits gesagt, dass man unterscheiden muss zwischen Systemen, die Empfindungen ordnen, zwischen realen Farbproben aus Pigmenten oder farbigen Lichtquellen. Dabei ist klar, dass, wer mit Farbsubstanzen zu tun hat, sich auf die entsprechenden Systeme beziehen wird, und wer mit Lichtquellen arbeitet, die ohnehin keine Körperfarben kennen, mit anderen. Grundsätzlich gilt jedoch, dass Oberflächen- oder Körperfarben mit ihren weiteren Dimensionen nach matt/glänzend, den diversen Auftragsarten, Oberflächenstrukturen etc. nicht in einem dreidimensiona-

len Modell Platz haben. In der Praxis sind daher Farbatlanten für verschiedene Materialien wie Wolle, Seide etc., aber auch für verschiedene Bindemittel und Farbauftragsweisen in Gebrauch. Die üblichen drei Dimensionen von Farbton, Helligkeit und Sättigung reichen ebenso wenig wie andere dreidimensionale Modelle hin, die farbige Erscheinung von Oberflächen vollständig zu beschreiben. Dies führt zur Frage, ob es überhaupt einen dreidimensionalen Farbraum im Gehirn gibt und wenn, ob dieser eher multidimensional organisiert ist. Ein dreidimensionaler Farbraum im Gehirn setzt jedenfalls die Abstraktion voraus, dass in ihm von Texturen, Strukturen, Glanz und anderen Oberflächenerscheinungen abgesehen wird. Ordnet ein solcher Farbraum Farben im Öffnungsmodus oder Oberflächenfarben? Sind darin bestimmte Kategorien wie Rot oder Blau oder Braun herausgehoben? Wo und wie sind solche Ordnungen im Gehirn implantiert? Beim gegenwärtigen Stand der Forschung lassen sich diese Fragen nicht befriedigend beantworten. Wahrscheinlich existieren verschiedene Ordnungsweisen der Farben im Gehirn nebeneinander und wahrscheinlich ergibt sich der Farbraum eher implizit und ist nicht an einer einzigen Stelle implantiert.

Dennoch gibt es Beschreibungen, die intuitiv nachvollziehbarer sind als andere und eher der Organisationsweise unseres Gehirns entsprechen dürften. In unserer alltäglichen Bestimmung von Farben (ich spreche von der Wahrnehmung von Oberflächenfarben) ordnen wir sie nach drei verschiedenen Parametern, nach dem eigentlichen Farbton, ihrer Helligkeit und schließlich nach ihrer Sättigung. Wir unterscheiden etwa das blaue vom grünen Hemd (Farbton), das hellblaue vom dunkelblauen (Helligkeit) und schließlich das graublaue vom strahlend blauen, leuchtend blauen oder vielleicht sogar schreiend blauen (Sättigung). Nach diesen drei Parametern kann man die Oberflächenfarben in einem Farbraum anordnen, der in der Regel so gestaltet wird, dass eine polare Achse von Schwarz über Grau zu Weiß gebildet wird, die den Körper durchdringt, senkrechte Schnitte durch diese Achse (die etwa den Breitenkreisen entsprechen) enthalten Farben gleicher Helligkeit respektive Oberflächen gleicher Helligkeit bzw. wahrgenommener Intensität, während der Abstand von der Grauachse die Sättigung einer Farbe indiziert. Die Punkte auf der Außenseite des Körpers entsprechen also den reinsten oder gesättigsten, die bei gegebener Helligkeit (genauer: Leuchtdichte) möglich sind. Die Äquatorlinie folgt dabei der Abfolge des Farbkreises. Da wir, wie Ewald Hering schon 1868 feststellte, die Buntfarben in zwei antagonistischen Paaren empfinden, sodass kein rötliches Grün oder gelbliches

Blau vorstellbar ist, sollten auf dieser Linie die vier psychologischen Grundfarben Rot, Blau, Grün und Gelb vertreten sein. Nach H. v. Helmholtz werden in diesem Sinn Farbton, Sättigung und Helligkeit unterschieden und damit ein psychologischer Farbraum oder HSL-Raum (*hue, saturation, lightness*) für Körperfarben beschrieben. Eng verwandt damit ist der HSB-Raum (*hue, saturation, brightness*), der im dritten Parameter die Helligkeit von Lichtquellen und nicht die *Valeurs* von Oberflächen benutzt und mithin Farben im Öffnungsmodus oder Lichtfarben ordnet.

Der alltagssprachliche Ausdruck Helligkeit muss also dabei genauer definiert werden, denn er bezieht sich sowohl auf die Beschreibung von Oberflächenfarben als auch auf die von Lichtquellen. Im Englischen hat sich die Unterscheidung von *lightness* für Oberflächenfarben und *brightness* für Lichtquellen eingebürgert. Da im Deutschen hell und dunkel als Bezeichnung von Lichtverhältnissen im Gegensatz zu Schwarz und Weiß als Bezeichnung von Oberflächenfarben fest eingebürgert ist, sei im Folgenden der aus der Malersprache stammende Kunstausdruck *Valeur* zur Bezeichnung der Helligkeitsunterschiede von Oberflächenfarben verwendet. Ein helles und ein dunkles Grau unterscheiden sich demnach in ihrem *Valeur*, ebenso ein helles und dunkles Braun etc. Ein Weiteres ist in diesem Zusammenhang noch zu bedenken: Die gängigen Farbatlanten oder Farbsysteme definieren die *Valeurgleichheit* in der Regel physikalisch, d. h. nach Kriterien wie der Leuchtdichte. Ein Grau und ein Blau haben dieselbe Leuchtdichte, wenn die von ihnen reflektierte Menge an Photonen pro Flächeneinheit die gleiche Summe an Energie aufweist. Nun erscheinen uns aber gesättigte Farben als leuchtender und heller, als es ihrer Leuchtdichte entspricht – man bezeichnet dies als den sogenannten *Farbeitrag* – und ein psychologischer Farbraum müsste dies in Rechnung stellen. Es fällt uns schwer, die perzeptuelle Salienz, also die Auffälligkeit eines Farbtons, von seiner Sättigung und Helligkeit zu trennen. Man kann davon ausgehen, dass der psychologische Farbraum im Gehirn, um seine biologischen Aufgaben zu erfüllen, gemäß den relativen Ähnlichkeiten und Unterschieden geordnet sein muss. Die diversen Informationen in den magno-, parvo- und koniozellulären Kanälen pro Ort müssen also miteinander verglichen werden und es liegt nahe, dass große Übereinstimmung geringe Aufmerksamkeit erheischt, während geringe Übereinstimmung für die Wahrnehmung große Auffälligkeit bedeutet. Reine und gesättigte Farben, aber auch die Extremwerte der Helligkeitsskala weisen in diesem Sinn wenig Übereinstimmung mit ihrer Umgebung auf. Wahrscheinlich also wer-

den ein oder mehrere Durchschnittswerte gebildet, mit denen die einzelnen Punkte im Farbraum verglichen werden, sodass der jeweilige Abstand ein Maß für den Kontrast bzw. die Auffälligkeit abgibt. Ein solcher Farbraum, in dem die Abstände von einem Zentrum nach drei Dimensionen eine Rolle spielen, führt von sich aus zu einem mehr oder weniger kugeligen Gebilde, in dem vielleicht bestimmte Achsen wie z. B. die Rotachse im Einklang mit ihrer biologischen Bedeutung stärker ausgebildet sind als andere.

Bei den künstlich konstruierten Farbsystemen sind die verschiedenen Konstruktionen eines Farbraums, ob Kugel, Doppelspindel, Kugelpackung, Munsellbaum oder ähnliches, dabei mathematisch gleichwertig und lassen sich ineinander transformieren. Sie haben je nach Anwendungsbereich ihre Vor- und Nachteile, sind mehr oder weniger anschaulich etc. Es sollte jedoch immer klar sein, ob von Farbempfindungen die Rede ist, von als farbig empfundenen Lichtquellen, von Pigmenten, Farbmitteln oder wovon sonst. Die gängigen Umrechnungsprogramme, die etwa die Darstellung als Leuchtpunkte bei einem Monitor in die der subtraktiven Grundfarben des Farbdruckers oder gar in die empfindungsmäßig organisierten HSL-Farbräume zu leisten vorgeben, liefern nicht mehr als Anhaltspunkte und sind nur mit Vorbehalt zu benutzen. Physikalisch gleiche Abstände werden empfindungsmäßig durchaus recht unterschiedlich erlebt. Wir haben fokale Punkte, an denen wir zu subtileren Unterscheidungen fähig sind, und können insgesamt im Bereich der warmen Farben mehr Sättigungsgrade unterscheiden. Auch gibt es gewisse Änderungen der Empfindlichkeiten für bestimmte Oberflächenfarben je nach Intensität der Beleuchtung. Je heller es ist, desto eher nehmen wir Farben auf der Gelb-Blau-Achse wahr, je dunkler, desto eher die additiven Grundfarben Rot, Blau und Grün. Farbatlanten, Farbtabelle und Farbsysteme, die auf empfindungsmäßiger Gleichabständigkeit beruhen, können daher streng genommen nur innerhalb eines definierten Helligkeitsbereiches gelten. Systeme, die auf Farbproben beruhen, müssen mit dem Problem der Metamerie rechnen und können bei unterschiedlichen Lichtquellen irreführende Resultate hervorbringen. Ohnehin ist klar, dass die diversen Modifikationen, die ein Farbeindruck je nach Umgebung erfährt, in den Farbsystemen, wo gerade die Nachbarschaften streng geregelt sind, nicht zu veranschaulichen sind, was bei typischen Oberflächenfarben wie Schwarz oder Braun besonders ins Gewicht fällt.

Nach allen diesen Kautelen können wir uns endlich den heute gebräuchlichen Systemen zuwenden. Das für wissenschaftliche und

vor allem farbmetrische Zwecke am meisten verbreitete Darstellungsverfahren, die von der CIE (*Commission Internationale d'Éclairage*) 1931 entwickelte Normfarbtafel sollte zumindest in den Grundzügen verstanden sein (Abb. 10). Man kann sie sich am einfachsten als einen dreidimensionalen Farbkörper vorstellen, dessen Hell-Dunkel-Achse zusammengedrückt wurde. Aussagen über die Helligkeit lassen sich ihr also nicht entnehmen, während, wie üblich, die gesättigsten Farben an der Peripherie liegen. In der Normwerttafel werden nicht Oberflächenfarben oder Empfindungen, sondern Lichtquellen geordnet und beschreibbar gemacht. Auf psychophysischen Messungen beruhend kommt sie ohne Farbmuster aus. Sie geht von der psychophysischen Tatsache aus, dass die farbige Erscheinung einer jeden Lichtquelle durch die geeignete Mischung dreier anderer genormter

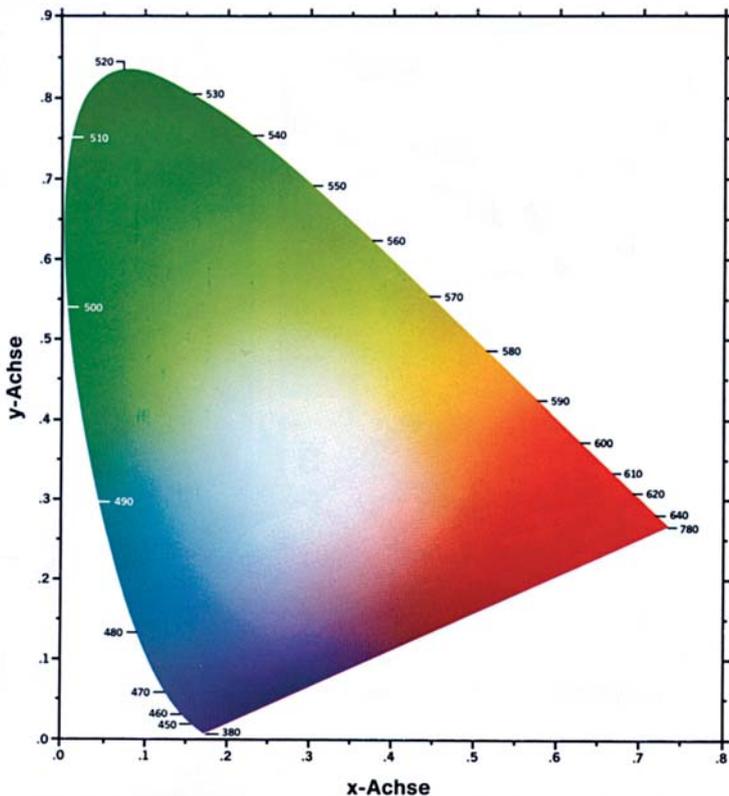


Abb. 10: Die Normfarbtafel der CIE (zur Veranschaulichung mit Druckfarben ausgefärbt)

Lichtquellen nachgeahmt werden kann. Dies gilt zwar – wie bereits im Abschnitt über die additive Mischung ausgeführt – nicht absolut, aber zumindest rechnerisch, wenn man negative Beträge zulässt. In der Regel wird eine Zielfarbe vorgegeben, die von den Versuchspersonen nachzumischen ist. Diese müssen sich also nicht über das *quale* der jeweiligen Farbe äußern, sondern können sich auf die Aussagen ›gleich‹ oder ›nicht gleich‹ beschränken. Die drei Koordinaten der jeweils bei Übereinstimmung benötigten genormten lang-, mittel- und kurzwelligigen Lichtquellen genügen dann zur Beschreibung des vorgegebenen Reizes. Natürlich gehören dazu eine Normierung der Betrachterreaktionen und auch sonst standardisierte Bedingungen. Die unendliche Mannigfaltigkeit der natürlich vorkommenden Lichtquellen wird damit auf drei Parameter reduziert, was ja genau dem Vorgang entspricht, der auf der Retina des Auges stattfindet.

Um in der Darstellung wirklich alle vorkommenden Lichtquellen erfassen zu können und um die leidigen negativen Beträge auszuschließen, hilft man sich mit einem Trick: Man postuliert drei ideale Lichtquellen, die es real gar nicht geben kann, die es jedoch erlauben, jede Lichtquelle als Summe dreier positiver Beiträge, x , y , und z darzustellen. Da man sich auf eine einzige Helligkeitsstufe beschränkt, gilt weiterhin: $x + y + z = 1$. Es genügen also zwei Koordinaten zur Darstellung aller möglichen (Licht)-Farben der gegebenen Helligkeit. Im Grunde genommen handelt es sich um ein Farbdreieck in Form eines gleichschenkligen-rechtwinkligen Dreiecks, dessen Eckpunkte von je einem fiktiven Super-Blau, -Rot oder -Grün eingenommen werden. Es wird so in ein Koordinatennetz eingefügt, dass die beiden Katheten im Nullpunkt zusammentreffen. Ihm entspricht das fiktive ideale Blau. Auf der senkrechten Achse werden die y -Werte (der fiktiven supergrünen Lichtquelle) aufgetragen, die ja von 0 bis höchstens 1 reichen können, auf der waagrechten Achse die x -Werte (des fiktiven Superrots), für die das Gleiche gilt. Die z -Werte ergeben sich automatisch aus der Formel: $z = 1 - (x + y)$. Innerhalb dieses Koordinatensystems gibt es noch den Weißpunkt, für den gilt, dass $x = y = z = 1/3$. Sind die drei Beiträge x , y , und z der fiktiven Lichtquelle gleich groß, so nehmen wir definitionsgemäß eine unbunte Helligkeit wahr. Weiter ergibt sich aus diesem Koordinatennetz der sogenannte Spektralfarbenzug, eine hufeisenförmige Kurve, die den Ort aller Farben aufzeigt, die nun tatsächlich real mit monochromatischem Licht erzeugt und wahrgenommen werden können. Die beiden unteren Enden werden gern mit der Purpurgeraden geschlossen, d. h. mit Farben, die nicht mit einer einzigen monochromatischen Lichtquelle realisierbar

sind, sondern aus der Mischung von langwelligem und kurzwelligem Licht entstehen.

Es gilt nun, dass alle real vorkommenden Lichtfarben innerhalb dieser Figur liegen müssen und dass jede Gerade, die durch den Weißpunkt geht, die entstandene schuhsohlenförmige Figur an zwei Stellen schneidet, die komplementär zueinander liegen. Darunter ist zu verstehen, dass aus den entsprechenden zwei Lichtquellen ein farblos aussehendes Weiß gemischt werden kann. Auch gilt, dass sämtliche Resultate der additiven Mischung zweier Lichtquellen auf der Strecke, die ihre entsprechenden Punkte verbindet, zu liegen kommen. Hier wird die Tatsache ausgenutzt, dass man bei der additiven Mischung rechnen kann wie mit Vektoren, da gilt, dass zwei gleich aussehende Lichtquellen Farben auch nach Hinzufügung einer dritten zu jeder von beiden noch gleich aussehen. Dieses System mit allen seinen Varianten hat sich durchgesetzt, um Lichtfarben messen und beschreiben zu können. Es hat sich vor allem bei der Farbmimetrik, bei der digitalen Bildbearbeitung, der Mess- und Nachrichtentechnik und in vielen anderen Bereichen als unverzichtbar erwiesen. Ihm ist das für Grafiker übliche RGB-System insofern verwandt, als es mit Lichtfarben arbeitet und gleichfalls drei definierte Lichtquellen im lang- mittel- und kurzwelligen Bereich benutzt.

Bei Benutzung eines Computers ist es üblich, eine bestimmte Farbvalenz durch die relativen Anteile der drei Grundvalenzen, die sogenannten Farbwertanteile zu definieren. Das RGB-System ist einfach zu verstehen: Es geht von den bei einem Monitor verfügbaren Lichtfarben aus, also den roten, grünen und blauen Phosphoren, die jeweils eine senkrecht zueinander stehende Achse bilden, mithin einen würfelförmigen Raum aufspannen (Abb. 11). Jeder Farbton, der mit die-

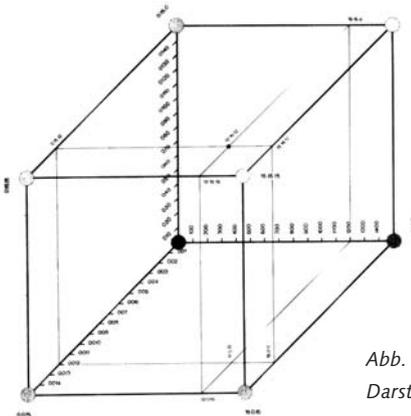


Abb. 11: Der RGB-Farbraum; schematische Darstellung

sen definierten Lichtquellen realisierbar ist, findet darin seinen Ort und lässt sich durch die drei Zahlen seiner Koordinaten darstellen. Scanner rechnen die Oberflächenfarben von Bildvorlagen in die entsprechenden Zahlen um, während digitale Kameras diese von vornherein zur Verfügung stellen. Allerdings ist der RGB-Raum beschränkt auf jeweils ein Wiedergabemedium, und es müsste, wenn andere farbige Lichtquellen wie z. B. LED-Dioden, Beamer oder Laserlicht benutzt werden, jeweils ein eigenes neues RGB-System angewandt werden. Abgesehen von der grundsätzlichen Einschränkung, dass mit Lichtfarben Oberflächenfarben nicht wirklich erfassbar sind, hat das System auch den Nachteil, dass manche Abstufungen unnötig subtil sind, d. h. von Menschen gar nicht wahrnehmbar sind, während andere dagegen vielleicht zu grob ausfallen. Die 256 Abstufungen, die rechnerisch pro Pixel möglich sind, führen zu ca. 17 Millionen Farbnuancen (= $256 \times 256 \times 256$). Dennoch liefert es die Grundlage unserer Bildtechniken und Medien. Nachteile der beiden zuletzt genannten Systeme, also der CIE Normwerttafel und des RGB-Raums, sind, dass der Abstand zweier Punkte in beiden Darstellungen wenig darüber aussagt, als wie entfernt die entsprechenden Farben empfunden werden, was für den psychologischen Farbraum jedoch essenziell ist. Vor allem ist der Grünbereich deutlich überrepräsentiert. Um dem abzuhelfen, wurden diverse Verfahren entwickelt wie das CIELAB-System. Inwieweit grundsätzlich die CIE-Normwerttafeln oder RGB-Darstellungen in HSB-Darstellungen oder gar in HSL-Darstellungen überführbar sind, d. h. inwieweit letztere als vektorielle Räume gelten können, die lediglich nach den eigenen Parametern Farbton, Helligkeit und Sättigung organisiert sind, ist dabei mehr als fraglich.

Der CMYK-Raum, der für unsere Drucker benutzt wird, entsteht, indem die Grundfarben des RGB-Raums in solche der subtraktiven Mischung, also Cyan, Magenta und Gelb umgerechnet werden. Das wäre im Prinzip rechnerisch kein Problem, wenn es ideale Farbstoffe gäbe, doch trifft dies schon nicht für die farbigen Lichtquellen des RGB-Raums zu, noch weniger für die verfügbaren Druckfarben. Zudem kommt es beim gängigen Rasterdruck sowohl zu einer optischen als auch zu einer subtraktiven Mischung, die rechnerisch nicht wirklich erfassbar ist. Man behilft sich durch mehr oder weniger systematische Verzerrungen bei der Umrechnung, um für die Praxis annähernd akzeptable Resultate zu erzielen. So wird, da die Überlagerung der drei Druckfarben kein gutes Schwarz ergibt, für feine Linien und dunkle Stellen ein vierter Druckvorgang mit Schwarz hinzugefügt (das K von CMYK steht für *black*).

Unter den heute gebräuchlichen Farbsystemen muss noch das schwedische ncs-System (= *natural colour system*) erwähnt werden. Es geht von psychologischen Sachverhalten aus. Entsprechend werden wie bei Ostwald die vier psychologischen Grundfarben Rot, Blau, Grün und Gelb zugrunde gelegt. Sie liegen sich in einer quadratischen Anordnung gegenüber und werden als zwei komplementäre Paare behandelt (Abb. 12). An Ostwald knüpft auch die Anordnung in einem Doppelkegel an. Allerdings geht das System nicht von Körperfarben aus, sondern davon, wie wir sie empfindungsmäßig beurteilen. Die Schritte zwischen den einzelnen Stufen werden so bestimmt, dass wir sie psychologisch gesehen möglichst als gleich empfinden, was natürlich nur innerhalb der Grenzen der Realisierbarkeit durch die

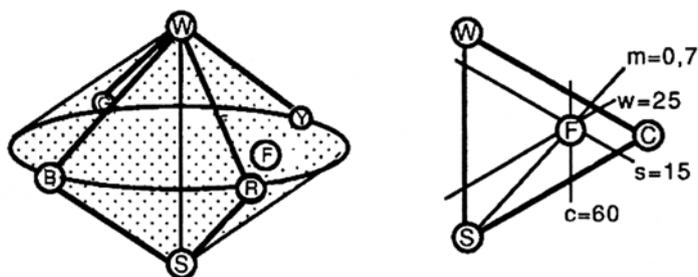


Abb. 12: Das schwedische ncs-System; schematische Darstellung

jeweiligen Pigmente bzw. Farbstoffe gültig ist. Auch in diesem System sind die Resultate von Mischungen nicht ablesbar. Angesichts der per Definition festgelegten gleichen Abstände zwischen den vier Grundfarben gibt es darüber hinaus auch Probleme mit der Vergleichbarkeit der jeweiligen Stufen – sagen wir – im Blau-Grün-Bereich mit denen im Rot-Gelb-Bereich. Sie werden psychologisch gesehen als unterschiedlich groß empfunden. Weiterhin ist auch die psychologische Gleichabständigkeit abhängig von der absoluten Lichtstärke. Gleichwohl hat das ncs-System enorme praktische Vorzüge, da es unserem intuitiven Verständnis entgegenkommt und einigermaßen rasch und zuverlässig erlaubt, einen Farbton zu bestimmen. Es ist in weiten Anwendungsbereichen unumstritten, wenn es auch den Nachteil hat, nicht mit den auf Lichtfarben beruhenden Systemen wie dem CIE oder RGB-Systemen kompatibel zu sein.

Das in Deutschland entwickelte Ral-System versucht, genau die Brücke zwischen den diversen CIE-Systemen wie z. B. der Normfarbta-

fel nach DIN 5033 und den Farbatlanten zu schlagen, doch hat es sich weltweit noch nicht wirklich durchsetzen können. Wie bereits angesprochen, gibt es zwischen beiden Systemen auch grundsätzliche Differenzen. Heute sind für Europa jedenfalls die CIE-Normwerttafeln mit ihren Varianten, das schwedische NCS-System sowie der RGB- und der CMYK-Raum am üblichsten. Als Fazit bleibt, dass kein einzelnes System allein gültig ist und sein kann sowie dass pragmatische Erwägungen und nicht zuletzt die Verfügbarkeit, Verbreitung und Kommunizierbarkeit des jeweiligen Systems eine Rolle spielen. Sind z. B. Häuser anzustreichen, ist es von Vorteil, direkt Anstrich-Farben auswählen zu können, was mit Farbmusterbüchern gelingt, während sich bei der Farbmessung, der Arbeit mit Lichtquellen oder am Computer CIE-Darstellungen bzw. RGB-Systeme empfehlen. Achtet man dagegen eher auf die Wirkung der Farben im Kopf, wird man zum NCS-System oder anderen vergleichbaren Ordnungen greifen. Gewarnt werden muss noch vor dem typischen Fehler, dem jeweiligen System mehr zu entnehmen, als es hergibt. Vor allem Symmetrien, die zwar das Modell, aber nicht die zugehörigen Farbempfindungen aufweisen, sind verführerisch. Deshalb sind die geometrischen Regeln, die Dreiecke, Vierecke etc., die so gern in Farbkreise eingeschrieben werden, um harmonische Farbklänge anzuzeigen, ausgesprochen fragwürdig. Wenn z. B. das, was als gleicher Abstand angenommen wird, durch das Modell von vorneherein definiert ist, dann können sie nicht anschließend als Beweis für tatsächlich gleiche Abstände dienen.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. Thomas Lersch, (Stichwort) *Farbenlehre*, in: *Reallexikon zur deutschen Kunstgeschichte*, Bd. VII, 1974, Sp. 157–274. Hier: Sp. 186.
- 2 Ebd., Sp. 194.
- 3 Ebd., Sp. 200.
- 4 Vgl. Jacques Christoffe Le Blon, *L'harmonie du coloris dans la peinture*, Otto M. Lilien (Hrsg.), Faks. London 1725, Stuttgart 1985.

Farbkategorien und Sprache

Newton hatte im Spektrum nur kontinuierliche Übergänge entdeckt und war sich unschlüssig, wie viele Farben da eigentlich zu sehen waren und wo ihre Grenzen lagen. Er hatte sich schließlich auf sieben festgelegt, was ihn zwang, zwischen Blau und Violett noch den Ton Indigo einzuschieben. Geleitet wurde er dabei von gewissen Spekulationen über die Vergleichbarkeit von Farbe und Musik. Seine sieben Farbtöne sollten ähnlich wie bei der gängigen Tonleiter zwischen einer Oktave fünf Ganz- und zwei Halbtöne aufweisen, wobei er sich in ihrer Abfolge auf die dorische Leiter festlegte. Über die Frage, wie viele Farben der Regenbogen aufweist und wie man sie benennt, gab es auch sonst keine Übereinstimmung bei den Autoritäten.

Offenbar ist die Unterteilung des Spektrums zu einem gewissen Grad willkürlich und hängt von kulturellen Faktoren ab. Daraus und aus der unbestreitbaren Tatsache, dass viel mehr Farbnuancen unterschieden als sprachlich bezeichnet werden können, ergibt sich anscheinend zwingend der Schluss, dass die Einteilung des Farbraums in durch Farbwörter bezeichnete Kategorien nicht von physikalischen, sondern von kulturellen Konventionen abhängig sein muss. Hinzu kam die notorische Schwierigkeit, Farbwörter zu übersetzen. Was meinte Homer, als er das Meer *oinopos* (wein- oder purpurfarben) nannte? Sahen die alten Griechen, die ja keine Bezeichnung für unser Blau hatten, die Welt mit anderen Augen?

Dies war jedenfalls die Meinung der Linguisten, welche die Auffassung vertraten, dass wir die Welt nur vermittels unserer Sprache verstehen und deshalb, je nach den Kategorien, mit denen wir vertraut sind, buchstäblich die Welt anders wahrnehmen würden. So war de Saussure der Ansicht, die Distinktivität des Wahrgenommenen werde erst durch sprachliche Zeichen hergestellt. Die Sapir-Whorf-Hypothese, benannt nach zwei ihrer Hauptvertretern, behauptet dementsprechend eine radikale linguistische Relativität. Sie wird gern am Beispiel der Farbbezeichnungen für Schnee bei den Inuit (ehemals, und nicht mehr politisch korrekt: Eskimos) exemplifiziert, die angeblich in die Dutzende gehen würden, während wir, die wir nicht so abhängig vom Schnee sind, vielleicht gerade das Wort ›schneeweiß‹ benutzen.

Von der vergleichbaren Annahme eines radikalen kulturellen Relativismus ging auch Michel Foucault aus, wenn er in seinem Buch *Die Ordnung der Dinge* den Wandel der Klassifikationsschemata im Europa der Neuzeit untersucht und damit einen einflussreichen Beitrag zur Philosophie der Postmoderne lieferte. An den Anfang seines Buches stellt er eine von José Luis Borges erzählte Anekdote einer angeblichen chinesischen Enzyklopädie, in der die Welt so radikal anders klassifiziert ist als bei uns, dass wir uns in eine derart geordnete Kultur schlicht nicht hineinversetzen können. Die Frage der Farbbezeichnungen liefert also den Testfall darüber, wie kulturabhängig unsere Wirklichkeitskonstruktionen sind.

Ein Duo amerikanischer Ethnolinguisten, nämlich Brent Berlin und Paul Kay, kam dagegen bei der Überprüfung der Sapir-Whorf-Hypothese (von deren Richtigkeit sie ausgingen) zu anderen Resultaten, die sie in ihrem 1969 erschienenen Werk *Basic Color Terms* dargestellt haben. Man spricht inzwischen von der Berlin-Kay-Hypothese. Sie fanden heraus, dass in der Regel alle der von ihnen untersuchten 98 Sprachgemeinschaften sich mit höchstens elf elementaren und eigenständigen Farbwörtern begnügen und allenfalls mit einer geringeren Zahl auskommen. Jede untersuchte Sprache wies dabei mindestens zwei Wörter auf für Weiß/Hell und Schwarz/Dunkel. Als eigenständige Lexeme für Farbe definierten sie solche, die 1. allen Sprechern der jeweiligen Sprechgemeinschaft verständlich sind und von ihnen routinemäßig angewandt werden, die 2. auf alle Gegenstandsbereiche übertragen werden können und die 3. nicht zusammengesetzt sind und nicht als Bezeichnung einer konkreten Substanz dienen. Die Bezeichnung ›cyanblau‹ würde wie ›dunkelblau‹ gegen die Bedingung 3 und darüber hinaus wohl auch gegen Bedingung 1 verstoßen, die Bezeichnung ›orange‹ kollidiert wahrscheinlich, die Bezeichnung ›anthrazit‹ sicher mit Bedingung 3, während das Adjektiv ›blond‹ gegen Bedingung 2 verstößt. Im Deutschen bleiben somit Wörter wie weiß, grau, schwarz, rot, blau, grün, gelb, braun, violett (vielleicht auch lila), orange und rosa, wobei bei ›orange‹ und ›rosa‹ die Erfüllung der Bedingung 3 strittig sein mag und umgekehrt möglicherweise ein Wort wie ›beige‹ Anspruch auf Hinzufügung erheben könnte.

Berlin und Kay vertraten nun die Auffassung, dass diese (oder ihnen entsprechende) elf Farbwörter in allen entwickelten Sprachen vorhanden seien, jedoch nirgends mehr als die genannten elf von ihnen ausgebildet würden. (Dass Künstler oder Designer in ihrer Berufspraxis durchaus mehr Farbwörter verwenden, ist kein Gegenbeis, solange diese nicht Bedingung 1 genügen.) Sie waren aber auch

der Meinung, dass die Sequenz in der Ausbildung der einzelnen Farbwörter nicht willkürlich sei, sondern einer festen Regel folgen würde. Es gibt anscheinend eine gewisse Hierarchie zwischen ihnen – man spricht heute von der Berlin-Kay-Hierarchie. Verfügt eine Sprache nur über zwei der oben definierten Farbwörter, so sind dies unweigerlich Bezeichnungen für Weiß/Hell und Schwarz/Dunkel. Sind es deren drei, so kommt eine Bezeichnung für Rot bzw. für den gesamten Bereich der warmen Farben, also Rot, Orange und Gelb, dazu. Bei der nächsten Stufe handelt es sich um eine Bezeichnung für Grün (die auch die blauen Töne mit umfasst) oder Gelb, der auf der übernächsten dann entsprechend Gelb oder Grün folgt. Das sechste Farbwort, das hinzukommt, muss dann Blau sein. Auf der nächsten Stufe kommt dann eine Bezeichnung für Braun hinzu und im letzten Schritt schließlich, ohne dass eine hierarchische Reihenfolge feststellbar wäre, je weitere für Grau, Violett, Orange und Rosa.

Diese Berlin-Kay-Hypothese war heftig umstritten und wird immer noch kontrovers diskutiert, denn schließlich besagt sie, dass unsere sprachliche Kategorienbildung und damit auch unsere Weisen der Welterfassung weit weniger frei sind als angenommen. Im engeren Sinne würde die Richtigkeit ihrer These bedeuten, dass genetische und biologische Faktoren bei der Weise, wie wir den Farbraum wahrnehmen und organisieren, eine erhebliche Rolle spielen. Kritiker haben auf manche Ausnahmen hingewiesen, dass etwa im Russischen mit *goluboj* (hellblau) und *sinii* (blau bis dunkelblau) zwei Wörter für Blau existieren. (Auch das heutige Italienisch kennt die Wörter *azzurro* und *blu*, während im Französischen mit *marron* und *brun* zwei Bezeichnungen für Braun existieren.) Es wurde des Weiteren kritisiert, dass, wenn eine Sprache beispielsweise nicht über Wörter für Orange und Rosa verfügt, ihr Wort für Rot nicht identisch mit dem Bedeutungsumfang unseres Wortes für Rot sein könne, da es dann eben auch die Orange- und Rosatöne mit umfassen würde. In der Tat deckt das alte bretonische Wort *glas* sowohl Bereiche, die wir als grün, als auch solche, die wir als blau bezeichnen würden, ab und parallele Beispiele für *grue* (also Wörter, die *green* und *blue* umfassen) hat man in vielen Sprachgemeinschaften gefunden. Man kann diese Wörter der Stufe 3 oder 4 im Entwicklungsschema von Berlin/Kay daher streng genommen nicht mit unserem Grün gleichsetzen.

Ein weiterer Kritikpunkt betraf die Abgrenzung der verschiedenen Farbbezeichnungen, wo es selbst zwischen Sprechern derselben Sprache teilweise zu erheblichen Abweichungen kommt. Auch gibt es – wie im ersten Kapitel bereits ausgeführt – die Möglichkeit, ohne

eigentliche Farbwörter auszukommen, indem auf Substanzen mit oder ohne Verbindung zu ihren Texturen, dem Glanz etc. als Referenzobjekte zurückgegriffen wird. In manchen Sprachen wird subtil zwischen reifen und unreifen Früchten einer Sorte unterschieden, ohne dass eigentliche Farbwörter von sonderlicher Bedeutung wären.

Dies führte zu gewissen Modifikationen der Berlin-Kay-Hypothese, von denen die wichtigste ist, dass die Farbwörter nicht mehr ganze Bereiche abgrenzen, sondern eher einen Fokus bezeichnen. Wir gruppieren die wahrgenommenen Farben nach so etwas wie der Nähe zu idealen Prototypen. Dabei sind wir uns bei der Frage, was ein besonders typisches Rot (oder Braun, Gelb etc.) ist, bemerkenswert einig. Diese idealen Prototypen sind in allen Kulturen mehr oder weniger gleich und auch recht unabhängig davon, ob die jeweilige Sprache über Wörter verfügt, sie zu bezeichnen. Trotz des Fehlens mancher Farbnamen kategorisieren die Dani (ein Naturvolk auf Neuguinea) die Farben ziemlich so wie Nordamerikaner. Schwierigkeiten der Zuordnung treten nicht bei den ›besten‹ Exemplaren auf, sondern bei den Grenzen zwischen den Bereichen. Farbkategorien haben also unscharfe Ränder. Es gelingt aber dagegen nicht, willkürliche Prototypen zu erlernen und sie konsistent anzuwenden. Deshalb gilt die Berlin-Kay-Hypothese trotz gewisser Kritikpunkte heute als im Prinzip allgemein akzeptiert.¹ Das Prinzip besagt in seiner allgemeinen Form, dass es eine biologische Komponente bei wahrnehmungsmäßigen Kategorien gibt, mit denen die Sprachwörter eine Art struktureller Kopplung eingehen. Grundparameter wie warm/kalt entlang der Gelb-Blau-Achse, transparent/opak, glänzend/matt (= nass/trocken?), eventuell auch reif/unreif oder süß/sauer entlang der Rot-Grün-Achse und rein/schmutzig entlang der Sättigungsachse scheinen in allen Sprachen eine Rolle zu spielen. Ihre biologische Relevanz dürfte unmittelbar einsichtig sein.

Natürlich ist die Wahrnehmung mit ihrer Kategorienbildung älter und fundamentaler als das Sprachvermögen, sodass es einleuchtet, wenn dieses sich auf etwas bezieht, das bereits im Gehirn vorhanden ist bzw. gemeinsam mit ihm ausgebildet werden kann. Sensorische Kategorien bilden die Grundlage für konzeptuelle Kategorien. Wir können nur benennen, was wir wahrnehmen und wie wir es wahrnehmen. Kein Mensch sieht aber Farben grundsätzlich als ein ineinander übergehendes Kontinuum, sondern nimmt bestimmte Farben wahr, wobei gilt, dass das, was rot ist, nicht grün sein kann oder das, was gelb ist, nicht blau. Die kategorielle Wahrnehmung ist im Gehirn angelegt. Ohne solche wahrnehmungsmäßig gebildeten Kategorien

wären Übersetzungen schlicht nicht möglich. Das schließt natürlich nicht aus, dass sprachlich gefasste Kategorien und kulturelle Faktoren einen modifizierenden Einfluss etwa über die Konnotationen bzw. die Substanzen, mit denen ein Farbton assoziiert wird, ausüben. Deshalb wird heutzutage meist nur noch eine schwache Form der linguistischen Relativität vertreten, die im Einklang mit neurologischen Erkenntnissen steht.

Inzwischen ist die wahrnehmungspsychologische Seite dieser Theorie gut geprüft worden mit dem Resultat, dass es die vermutete biologische Komponente bei der Farbkategorienbildung tatsächlich gibt. Auf die Existenz anatomisch unterscheidbarer Kanälen für Schwarz/Weiß, Rot/Grün und Blau/Gelb zwischen den Ganglionzellen im Auge und dem Okzipitallappen wurde ja bereits hingewiesen. Schon Säuglinge reagieren eher auf fokale Farben. Sie sind für Kinder auch leichter lernbar. Die gleiche Sequenz der Entwicklung von Farbnamen wie hell/dunkel, dann Rot, dann Grün oder Gelb, dann Gelb oder Grün, dann Blau, gefolgt von Braun, schließlich Grau, Rosa, Orange, Braun und Violett, wie sie im Kulturvergleich existierender Sprachen häufig nachgewiesen wurde, spielt anscheinend auch ontogenetisch, d. h. beim Spracherwerb von Farbbezeichnungen bei Kindern, eine Rolle, wobei Wörtern wie Schwarz und Weiß sowie Rot, Blau Grün und Gelb eine besondere Bedeutung zukommt. Die Zerlegung eines Farbkontinuums in diskrete Farbwörter ist zwar nicht in allen Sprachen gleich, die grundlegenden Farbwörter erfassen aber den gleichen Zentralbereich. Wahrscheinlich kommt man der Wahrheit am nächsten, wenn man annimmt, dass nur eine begrenzte, eventuell auch hierarchisch abgestufte Anzahl an Kategorien möglich ist, von denen die verschiedenen Kulturen eine je spezifische Auswahl treffen. Die Abgrenzung der reinen Farbwörter, in die ja ohnehin schon wie bei ›rosa‹ oder ›braun‹ Helligkeitsunterscheidungen mit eingehen können, von solchen, die auch Oberflächeneigenschaften wie ›matt‹ und ›glänzend‹ betreffen, ist allerdings ungeklärt. Ähnliches gilt für transparent/opak. Auch darüber, wie sich die Dimensionen von reif/unreif (rot/grün?) und rein/schmutzig (gesättigt/ungesättigt?) zu den Grundparametern verhalten, gibt es nur Vermutungen.

Dabei ist festzustellen, wie ungleich die uns vertrauten elf Kategorien den Farbraum aufteilen. Die warmen Farben haben ein eindeutiges Übergewicht. Nicht nur dass Rot, gefolgt von Gelb oder Grün, lange vor Blau eine eigenes Wort erhält, mit Orange und Violett wird auch den Übergängen von Rot zu Gelb resp. Blau eine eigene Kategorie zugewiesen, während z. B. der Übergang von Blau zu Grün leer

ausgeht. Mit Rosa und Braun erhalten sogar bloße Helligkeitsstufen warmer Farben eine eigene Kategorie. Zumindest bei Braun, Rosa und Grau handelt es sich eindeutig um Oberflächenfarben, die als farbige Lichter nicht darstellbar sind. Schwer vorstellbar, dass diese einseitige Aufteilung des Farbraums nicht Folge eines gewissen Selektionsdrucks sein sollte. Die wahrnehmungspsychologischen Kategorien sind älter und fundamentaler als die Notwendigkeit, für sie Wörter zu finden. Grundlegende Farbwörter sind auch nicht durch Paraphrasierung zu erlernen, sondern beziehen sich letztlich auf eine ostentative Definition: Es wird auf ein Objekt hingewiesen, auf das ein Farbwort wie rot oder blau etc. anzuwenden ist. Für die Organisation des Farbraums sind Farbnamen keineswegs erforderlich, sie folgen im Gegenteil der Organisation der Farbwahrnehmung.

Es scheint aber, dass der innere Farbraum in unserer Kultur sprachlich immer früher abrufbar wird. Konnten durchschnittliche Kinder im 19. Jahrhundert erst im Alter von acht Jahren die vier Grundfarben sicher bezeichnen, so können dies heute bereits Vierjährige. Ähnliches gilt für die Verbreitung der Farbwörter selbst innerhalb der westlichen Kulturen. Viele haben sich aus Wörtern herausgebildet, die einst eher Helligkeitsunterschiede oder Glanz bezeichneten. Die Frage, ob die Sprache die Wahrnehmung oder ob die Wahrnehmung die Sprache formt, kann daher nicht im Sinne eines entweder/oder entschieden werden. Man muss von verschiedenen Arealen ausgehen, die interaktiv verknüpft sind, aber im unterschiedlichen Maß durch Lernprozesse modifizierbar sind. Zumindest sollten verschiedene Phasen unterschieden werden, etwa wo ein abstrakter Farbraum nach den Parametern Farbton, Helligkeit und Sättigung vorliegt, wo fokale Farbkategorien gebildet werden, wo die Zuordnung zu Objekten stattfindet und schließlich sollten die Verknüpfungen dieser jeweiligen Ebenen mit der Sprache getrennt davon untersucht werden. Beispielsweise beginnt, wie gezeigt, die Kategorienbildung bereits im visuellen System und ist nicht auf die sprachliche Ebene beschränkt. Auch werden Farbnamen nicht am gleichen Ort wie die Objektfarben gespeichert, ebenso wenig wie Farbempfindungen und die zugehörigen Objekte.

Jedenfalls lässt die Universalität des Farbraums vermuten, dass es eine neurophysiologische Basis für ihn gibt. Farben kann man mit ziemlicher Genauigkeit circa 30 Sekunden memorieren. Wahrscheinlich gibt es für sie eine Art internen Farbraum im Gehirn, denn Farbnamen sind für dieses Kurzzeitgedächtnis unwichtig, wohl aber später für das langzeitliche Farbgedächtnis. Die Tatsache, dass Farbbenen-

nungen und Farbbempfindungen miteinander kollidieren können, wie es der (weiter unten erläuterte) Stroop-Effekt erweist, deutet ebenfalls auf die Priorität perzeptueller Kategorien hin. Im internen Farbraum spielen aber nicht alle unterscheidbaren Farben eine gleiche Rolle. Auch wenn wir sehr viel mehr unterscheiden können, haben wir nur etwa ein Dutzend Farben, unter denen Rot, Grün, Gelb und Blau als erste im internen Farbraum konsolidiert werden. Man kann davon ausgehen, dass die auf diesen internen Farbraum bezogenen Farberfahrungen praktisch bei allen Menschen identisch sind. Dennoch gibt es natürlich kulturelle Faktoren und Randbedingungen. So ist bei Japanern das beste Exemplar für Rot mehr im Orangebereich angesiedelt als das von Europäern. Auch ist die zunehmende Kategorisierung der Farben an die sprachliche und intellektuelle Entwicklung gekoppelt. Reine Farbwörter im Unterschied zu solchen, die Oberflächeneigenschaften (›blond‹) mit bezeichnen, setzen eine Konstruktion des inneren Farbraums voraus, doch haben Farbwörter ebenso viel mit pragmatischen Überlegungen zu tun wie mit der bloßen Wahrnehmung.

In europäischen Sprachen gelten Farbwörter als Adjektive, wobei Adjektive ihrerseits als eine Art Nomen gelten und mit ihnen sachlich und entwicklungsmäßig eng zusammenhängen. Im Deutschen können wir durch die Groß- resp. Kleinschreibung einen nominalen von einem adjektivischen Gebrauch der Farbwörter unterscheiden, also z. B. ›Blau‹ resp. ›das Blaue‹ von ›blau‹ als Attribut eines Objekts. Die jeweils üblichen Referenzobjekte für ein Farbwort (Meer, Himmel, Kornblume), an die unwillkürlich gedacht wird, können im Kulturvergleich natürlich andere sein, sodass zumindest die Konnotationen der Farbwörter in verschiedenen Sprachen unterschiedlich sind. Als semantische Attribute gehört das Farbwissen zum *hasa*-Wissen, nicht zum *isa*-Wissen und wird an den entsprechenden Gehirnstellen gespeichert, was durch spezifische Ausfälle bei Gehirnerkrankungen bestätigt wird. Instrumentales Wissen wie ›dieses Objekt ist ein (= *isa*) Hammer‹ gehört zum *isa*-Wissen, während Wissen über Attribute – ›dieses Objekt hat einen (= *hasa*) Henkel‹ – zum *hasa*-Wissen zählt. Welchen Bezug zu erlernten Erfahrungen Farbwörter aktivieren, wird selbstverständlich durch kulturelle Faktoren beeinflusst. Ob dies und wenn ja, in welchem Umfang die wahrnehmungsmäßigen Kategorien selber betrifft, ist jedoch fraglich. Jedenfalls bilden auch dafür Farbparameter wie Farbton, Helligkeit und Sättigung die Grundlage

Alles in allem darf man wohl, was das Verhältnis der wahrnehmungspsychologischen Farbkategorien zu ihrer sprachlichen Bezeich-

nung betrifft, gewisse Freiheitsspielräume konzедieren, sodass die Berlin-Kay-Hypothese eher einen starken Trend als ein unumstößliches Gesetz beschreibt. Jedenfalls ist klar, dass das Fehlen eines Farbworts in einer Sprache nicht bedeutet, dass die Sprecher nicht die entsprechenden Kategorien auseinanderhalten könnten. Zwar hatten die Griechen kein Wort für ›Blau‹ und ihr Wort *chloros* trennt nicht zwischen Gelb und Grün, aber nach Ausweis ihrer Kunstwerke waren sie alles andere als unsensibel für diese Farbtöne. Das Lateinische kennt keine Wörter für unser Braun oder Grau und ihr Wort *caeruleus*, welches wir mit Blau übersetzen, wird für das dunkle Meer als auch den Nachthimmel angewandt. Das alles ist mit der Berlin-Kay-Hypothese gut vereinbar. Lebende Sprachen entwickeln sich, sodass in ihr auch ältere Wörter weiter verwendet werden können, die einer anderen Sprachstufe angehören. So kennt und benutzt das Japanische immer noch den Begriff *awo*, der alle kühlen und dunklen Farben umfasst. Wenn Goethe Blau dem Dunkel und Gelb dem Licht zuordnet, steht er im Einklang mit den Befunden der Linguisten. Im Gegensatz zu diesen älteren Sprachschichten ist im Deutschen gegenwärtig anscheinend die Situation beim Gebrauch von Wörtern wie pink, rosa, purpur, magenta, lila, malvenfarbig und violett in Bewegung geraten, ohne dass absehbar wäre, welche das Rennen machen werden. Im Frankreich des 18. Jahrhunderts gab es neben *mauve* auch die (biologisch oder kulturell signifikative?) Bezeichnung *cuisse de nymphe émue* (wörtlich: Schenkel einer erregten Nymphe) für einen bestimmten, von einer Rosensorte abgeleiteten Farbton im gleichen Bereich, die sich allerdings nicht durchsetzen konnte.

Wichtig ist noch, sich den Gegensatz zwischen Benennen und Beschreiben klarzumachen. Meistens benennen die Farbwörter nur. Habe ich einen rotbraunen Anzug und einen dunkelgrauen, so kann ich auf die Frage meiner Frau, welchen davon ich anziehen will, durchaus antworten: den schwarzen, ohne Missverständnisse befürchten zu müssen. Hätte ich statt des dunkelgrauen einen dunkelbraunen, so wäre die Antwort ›den roten‹ zur Benennung des rotbraunen gleichfalls eindeutig und korrekt. Zur Benennung genügt je nach Kontext die einfachste Kennzeichnung. Wir sind nicht subtiler als nötig. Es ist sogar so, dass gerade die entwicklungsgeschichtlich älteren Stufen der Entwicklung von Farbwörtern in Verbindung mit der Objekterkenntnis bevorzugt zu Klassifikationen genutzt werden. Deshalb unterscheiden wir Weißwein von Rotwein, obwohl ersterer eher gelb aussieht als weiß. Drucker, die natürlich wissen, dass sie mit Cyanblau und Magenta umgehen, nennen in ihrem Arbeitsalltag ersteres ›Blau‹

und letzteres ›Rot‹, da Missverständnisse kaum zu befürchten sind. Würden Linguisten, gestützt auf solche Beispiele, den Bedeutungsumfang von Farbwörtern in unserer Sprache untersuchen, kämen sie zu merkwürdigen Resultaten. Wenn der späte Wittgenstein festhielt, dass die Bedeutung eines Wortes in seinem Gebrauch liegt, so trifft dies besonders für die Farbwörter zu. Wir nutzen Farbwörter, um zu raschen, sicheren und eindeutigen Zuweisungen zu bestimmten Kategorien zu gelangen. Dazu dürfen es nicht zu viele Kategorien sein und diese müssen perzeptuell weit genug auseinanderliegen. Im Alltag, wo es auf eine solche rasche und eindeutige Unterscheidbarkeit ankommt, also etwa bei Stromdrähten, U-Bahn-Linien, Flaggen, Wapen, Logos oder den Trikots von Sportlern, bilden die elf Grundfarben unter Bevorzugung der ersten sechs die Grundlage. Natürlich kommen in der Praxis durchaus verschiedene Farbnuancen vor, aber sie werden nach Maßgabe dieser elf kategorisiert. Damit bei der Tour de France der Träger des gelben Trikots eindeutig identifizierbar ist, müssen einfarbige zitronengelbe, safrangelbe, schwefelgelbe, bananengelbe Trikots etc. bei den anderen Fahrern vermieden werden. Wenn die Königsblauen (von Schalke 04) gegen die Himmelblauen (aus Chemnitz) spielen, wären die Grenzen der eindeutigen Zuordenbarkeit bzw. der Farbkonstanz rasch erreicht.

Es gilt bei farblicher Kennzeichnung eher ein Prinzip der kontrastiven Identifikation. Die Gliederung durch Farben ist nur bei relativ wenigen (fünf bis sechs) Kategorien hilfreich. Entsprechend ist auch die Anzahl von Farben in Displays begrenzt, nur etwa fünf können vor ihrem Hintergrund rasch und sicher unterschieden werden. Bei solchen Resultaten liegt es nahe, an die magno-, parvo- und koniozellulären Leitungen mit ihren drei Gegensatzpaaren von der Retina zum Kortex zu denken. Bei größerer Komplexität helfen wir uns eher durch Kombinationen von Farben als durch Differenzierung. Bei Logos, Fahnen, Metrolinien, Trikots etc. gibt es dann eher Zusammenstellungen wie Weiß/Grün, Gelb/Schwarz etc., als dass etwa indischgelb von orange unterschieden werden müsste.

Wir erkennen Farben schneller als Dinge, brauchen aber länger, sie zu benennen. Es gibt auch eine Kollision zwischen Farbwörtern und Farbempfindungen, die mit dem Namen Stroop-Effekt bezeichnet wird. Werden wir aufgefordert, die Farbe, in der einzelne Wörter geschrieben sind, zu benennen, so können wir das sehr rasch und zuverlässig. Beispiel: Hund, Katze. Anders wird es, wenn es sich dabei um Farbwörter handelt, deren Bedeutung nicht mit der Farbe ihrer Typografie übereinstimmt, wie z. B.: Grün oder Gelb. Dann brauchen

wir zur korrekten Benennung der Farben entschieden länger. Der Künstler Jasper Johns hat übrigens einer Reihe von Werken diesen Stroop-Effekt zugrunde gelegt. Es scheint, dass die Prozessierung von Wörtern und Farbkategorien nicht völlig getrennt voneinander verläuft. Dem Stroop-Effekt korrespondiert eine Störung, die als Farbanomie bezeichnet wird und bei der es zu einer Beeinträchtigung der Zuordnung von Farbwörtern und Farbkategorien kommt.

Insbesondere vermag die sprachliche Bezeichnung für einzelne Farbtöne die Assoziationen in bestimmte Bahnen lenken und unsere Einstellung zu ihnen beeinflussen. So sind die von der Bezeichnung ›Chartreuse‹ hervorgerufenen Bedeutungsfelder sicherlich positiver als die von Senffarbe oder gar Entengrütze. Die Werbung macht sich dies insofern zunutze, indem sie für ihre Produktbeschreibung Farbbezeichnungen wählt, die solche gewünschten positiven Assoziationen hervorrufen, deren Informationsgehalt dagegen in der Regel vernachlässigbar ist. Beispiele wären: premiumweiß oder königsblau. Natürlich ändert sich unsere gefühlsmäßige Einstellung zu gewissen Farbtönen entsprechend dem semantischen Wandel, dem die Farbwörter unterliegen. Der Farbton ›bismarckbraun‹ dürfte heute kaum noch ähnliche Empfindungen auslösen wie um die Wende des 19. Jahrhunderts. ›Monzarot‹ klingt entschieden exklusiver als ›tomatenrot‹ und die schon in den 1950-Jahren gebräuchliche Bezeichnung ›havanabraun‹, welche nach dem Erfolg von Wim Wenders Film *Buena Vista Social Club* wieder lanciert wurde, transportiert inzwischen nicht mehr die Konnotation eines gut genährten Kapitalisten, der sich eine Zigarre leistet, sondern solche von Genuss, Freizeit, Lebenslust etc., die andere Bezeichnungen von Brauntönen schwerlich aufweisen.

Wie bereits erwähnt, zeigen anthropologische und linguistische Daten, dass in vielen Kulturen über Farben nicht unabhängig von den Objekten, die sie tragen, gesprochen wird. Die Dinkas vom Oberlauf des Nils halten, wenn sie gefragt werden, ob dem Rot des Viehfells die Ziegelfarbe entspricht, dies für einen Witz,² während die Farbbegriffe der Leute von Arawak (ein indigenes Volk im peruanischen Amazonasgebiet) stark mit dem Reifegrad von Früchten und Gemüse korrespondieren. Gleichfalls wurde erwähnt, dass Farbwörter meist mit Gegenstandsbezeichnungen wie im Falle von bananengelb oder pechschwarz verbunden werden, die unter anderem auch ihre Textur, den Glanz etc. qualifizieren. Es scheint, dass die Semantisierung der Farben erst in einem Verarbeitungsstadium im Gehirn auftritt, wo Farben, Oberflächen und Substanzen fest miteinander verbunden sind. Die verbale Codierung spielt dann aber eine wichtige Rolle beim

Farbgedächtnis, bei der Wiederidentifikation. Die Assoziationen, die wir mit Farben verknüpfen, und die damit verbundenen gefühlsmäßigen Reaktionen liegen häufig allein an ihrem gegenständlichen Bezug. Aber auch die individuellen Unterschiede in der emotionalen Reaktion auf bestimmte Farbnuancen scheinen darauf zu beruhen, welche Zuordnungen zu bestimmten Gegenständen und Situationen sich bei bestimmten Kulturen oder den einzelnen eingeschliffen haben.

Anmerkungen:

- 1 Siehe dagegen John Gage, *Colour and Culture*, in: Trevor Lamb und Janine Bourriau (Hrsg.), *Colour: Art & Science*, Cambridge 1995, S. 175–193.
- 2 Vgl. Barbara A. C. Saunders & J. van Brakel, *Are there non-trivial Constraints on Colour-Categorization?* in: *Behavioral and brain sciences*, Bd. 20 (2), 1997, S. 187.

Ressource Aufmerksamkeit

Das Gehirn ist kein Organ zum Denken, sondern dient dem Überleben. Es muss Wesentliches herausfiltern und Unwesentliches unterdrücken. Im Sinne seiner biologischen Aufgabe ist es darauf ausgerichtet, neuartige und auffallende Informationen zu erfassen, die möglicherweise Handlungen erforderlich machen. Dabei kommt der Farbe und insbesondere der Farbe Rot, welche die Aufmerksamkeit besonders auf sich zieht, eine ausgesprochen wichtige Rolle zu. Das Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitssystem wird immer nur durch Abweichendes, Neues und Unbekanntes aktiviert, wobei Aufmerksamkeit und Neugierde auch als lustvoll erlebt und vom Gehirn belohnt werden können. Dass Farben das Leben bunter machen und eine gewisse Beziehung mit der Emotionalität unterhalten, dürfte damit zusammenhängen. Die Wahrnehmung interessiert sich vor allem für das, was ungewöhnlich ist, was aus seiner Umgebung heraussticht und sie widmet ihm, wie unter anderem durch Untersuchung der Augenbewegungen bekannt, besonders viel Aufmerksamkeit. Was also sticht für sie heraus, welche farbigen Reize lenken das Augenmerk auf sich? Die Gehirnforschung ist den Grundlagen solcher ›Pop-Out Effekte‹ nachgegangen. Da wird ein Element in eine Umgebung anderer, Distraktoren genannter, Elemente gestellt und untersucht, wie rasch und zuverlässig das Zielelement erkannt wird. Ein einzelnes S unter lauter T fällt sofort auf, das gleiche S wird weniger leicht erkannt, wenn es von sämtlichen anderen Buchstaben des Alphabets umgeben ist, aber auch schon ein einzelnes p kann sich gut unter vielen q verstecken, zumal wenn alle Himmelsrichtungen zugelassen sind. Ähnlich sticht ein blaues Element B unter roten B heraus, ein glänzendes unter matten etc. Sogar ein mittelgraues Element # fällt auf, wenn es nur von dunkelgrauen # # # umgeben ist, und selbst ein Texturunterschied, der aus Elementen gleicher Form, Helligkeit und Kontrast gebildet ist, (etwa: «, gegenüber: » » » ») wird in der Regel mühelos bemerkt. Wir können, was wenig überraschend ist, festhalten, dass ein Element umso leichter heraussticht, je gleichförmiger seine Umgebung ist und je simpler und ausgeprägter im wahrnehmungspsychologischen Sinn das unterscheidende Merkmal. Weist die Umgebung jedoch Freiheitsgrade auf, in denen das unter-

scheidende Merkmal enthalten ist, kann es seine diskriminierende Wirkung nicht mehr entfalten. Außerdem fällt ein zusammengesetztes, also wahrnehmungspsychologisch nicht mehr grundlegendes Element wie z. B. RB unter vielen RB weit weniger auf, zumal wenn beide in alle Richtungen gedreht sein können, aber auch ein mittleres B unter dunkleren und helleren B hat es schwer, die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken. Je vielfältiger also der Hintergrund an Formen, Richtungen, Kontrasten etc. ausfällt, desto schwieriger ist die Aufgabe, ein Element zu finden, das noch herausstechen kann, wenn gleichzeitig auch das unterscheidende Merkmal einer möglichst verschiedenen Kategorie der grundlegenden Elemente der Wahrnehmung angehören sollte. Was heraus sticht, weist damit Ähnlichkeit mit der Eigenschaft auf, die von Informationstheoretikern ›Prägnanz‹ genannt wird, worunter sie größtmögliche Auffälligkeit bei größtmöglicher Einfachheit verstehen. Man beachte, dass die Prägnanz nicht unabhängig von der Umgebung bestimmt werden kann.

Farben sind offenbar gut geeignet, solche für die Wahrnehmung elementaren unterscheidenden Merkmale abzugeben, und wir können rascher und zuverlässiger auf Farbunterschiede reagieren als auf andere Wahrnehmungselemente wie die gegenständliche Form. Dies war ja das biologische Argument gewesen, dass die Entwicklung zur Trichromatizität einen entscheidenden Vorteil brachte bei der Aufgabe, rote Früchte in einer Umgebung zu finden, die große Helligkeitsunterschiede und einen Reichtum an Formen, Richtungen etc. aufweist. Für Menschen mit Rot-Grün-Blindheit stechen rote Früchte eben nicht aus ihrer Umgebung heraus. Umgekehrt liefert die Farbe eine Merkmalsdimension, in der sich ein Objekt sogar dann noch deutlich von anderen absetzen kann, wenn diese in sämtlichen anderen Parametern wie vor allem den Helligkeitskontrasten über große Freiheitsspielräume verfügen. Im Gegensatz dazu sind Gebiete, die sich überlappen und in denen die gleichen Farben vorkommen, nur äußerst schwer voneinander zu trennen.

Wenn Farbe also Unähnlichkeit signalisiert, kann man anders herum etwas verhüllen oder tarnen, indem es farblich die Merkmale bekommt, welche die Umgebung aufweist. Die Dialektik von Verbergen und Auffallen erweist sich für die Farbe als grundlegend. Das lateinische *color* leitet sich von *celare* (= verhüllen, verbergen) ab, während das deutsche ›Farbe‹ mit indogermanisch *perk* zusammenhängt, was ›auffällig, gesprenkelt oder bunt‹ bedeutet. Die Natur macht uns beides vor: wie ein Lebewesen sich in seiner Umgebung verbirgt – man spricht von Camouflage – oder eben möglichst auffällt.

Es gibt in ihr Signale aller Arten, sexuelle Reize wie bei buntem Gefieder der meist männlichen Vögel oder den Gesäßen von Pavianen, es gibt auch Signale zur Abschreckung bzw. deren Nachahmung bei der Mimikry in allen ihren Formen. Solche Signale sollen die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, was natürlich auch Nachteile hat, denn es ist nicht ausgemacht, dass nur die ›richtigen‹ Adressaten erreicht werden – im Falle der bunten Blüten und Federn also die Bienen und Vogelweibchen – und weniger die Fressfeinde, welche allerdings hinwieder bei abschreckenden Signalen gemeint sind. Wenn das Handycap-Prinzip aber zutreffend ist, dass ein Lebewesen, das die Aufmerksamkeit auf sich zieht, damit möglichen Sexualpartnern zu verstehen gibt, ›seht her, ich kann mir leisten aufzufallen, weil ich schneller, stärker, geschickter oder klüger bin als die Konkurrenz‹, so machen gerade das Risiko und die damit verbundenen Kosten aus dem Signal auch ein ehrliches Signal.¹

In Farbempfindungen ist die akkumulierte Erfahrung in der Geschichte der Spezies und des Individuums mit eingeflossen. Sie stellen eine probabilistische Manifestation der Vergangenheit dar. Geben wir weitere Beispiele für das Auffallen, wie es sich bereits auf der Ebene einfacher Merkmale manifestiert: Im Visuellen lenkt, was sehr hell ist und sich sehr schnell bewegt, die Aufmerksamkeit auf sich. Glänzendes wird mehr beachtet als Mattes, Helles mehr als Dunkles. Bewegtes mehr als Unbewegtes. Es fällt nicht schwer, dafür Gründe anzugeben. Bewegtes könnte uns gefährlich werden und sollte im Auge behalten werden. Die Detektoren für Bewegung sind entwicklungsge­schichtlich älter und wichtiger als die für unbewegte Reize. Auch muss sich unser Auge an die hellste Lichtquelle anpassen, um nicht Schaden zu erleiden oder geblendet zu werden. Das allein würde die Auffälligkeit von hellen und glänzenden Stellen im Gesichtsfeld bereits rechtfertigen. Ob Glanz, den wir, wie die Werbung für Küchenreiner und Autos zur Genüge belegt, ausgesprochen schätzen, ursprünglich das lebenswichtige Element Wasser indiziert hat (nicht nur Bäche und Tautropfen glänzen, auch wasserhaltige Blätter tun dies eher als trockene), mag dabei dahingestellt sein. Gegenstände aus Gold, polierte Objekte, spiegelnde Oberflächen wie auch glänzendes Haar haben jedoch die Eigenschaft, in ihrer Form schwerer erfassbar zu sein und erfordern schon deswegen eine besondere Anstrengung, um sie in ihrer Lage, Größe und Richtung räumlich einzugliedern.

Bekanntlich können Menschen manche Dinge zwar sehen, die sie aber nicht ergreifen und auf die sie nicht einwirken können. Zu ihnen zählen Löcher, Schatten, Reflexlichter, vielleicht Kringle, die das durch

das Laub fallende Licht auf den Weg wirft, möglicherweise auch Substanzen, deren Grenzen und Gesamtheit nicht überschaubar sind. Solche flüchtigen ›unfassbaren‹ Erscheinungen interessieren uns in der Regel entschieden weniger als feste Körper in unserem Handlungsraum. Oberflächen von Körpern sind wichtiger als Öffnungen oder entfernte Hintergründe, Rot fällt ›im Grünen‹ mehr auf, Gelbes ist in der Regel räumlich näher und muss damit eher beachtet werden als Blaues. In der Tucano-Sprache, die vorwiegend im nordwestlichen Amazonasbecken gesprochen wird, steht ein Wort mit der Bedeutung von ›Natur‹ für den Bereich der grün/blauen Farben und ein Wort mit der Bedeutung von ›Kontrast‹ für den rot/orangen Bereich.² Was sich aus eigenem Antrieb bewegen kann – Tiere –, erregt mehr Aufmerksamkeit als Pflanzen oder unbelebte Objekte. Es gibt offenbar eine Gewichtung nach biologischer Relevanz bzw. nach den erworbenen Erfahrungen mit den jeweiligen Entitäten. Haut, Behaarung oder Fell von Raubtieren, von jagdbaren Tieren, von Artgenossen liegen im gelborangen, rötlichen, jedenfalls warmen Bereich, auch im Bereich von Braun- und Rosatönen, für die wir je eine eigene Farbkategorie besitzen und zusätzlich Sättigungsgrade besser unterscheiden können als im Bereich der kühlen Farben. Die Lippen, die rötlichen Schleimhäute und das Blut gehören dagegen zur Kategorie rot, die als die Farbe par excellence gelten darf. Für die Farben der Nahrung gelten ähnliche Beschränkungen. Sie kann weißlich, bräunlich, gelblich, grünlich und rötlich sein, während Blau meist ausscheidet. Aber auch andere Polaritäten farbbezogener Unterschiede werden vermutlich nicht unabhängig von biologischen Gegebenheiten von der Wahrnehmung bewertet. Dass die Gelb-Blau-Achse mit warm/kalt korrespondiert, dass rot/grün eine Beziehung zu reif/unreif unterhält oder die Dimension rein/unrein mit gesättigt/ungesättigt und wohl auch mit klar/trüb in Verbindung steht, während glänzend/matt mit feucht/trocken zusammenhängen dürfte, scheint zumindest intuitiv einsichtig zu sein. Wenn es zutrifft, dass Spannungszustände die Voraussetzung für Lustempfindungen sind, wird auch die Tatsache verständlicher, dass Farben das Leben bunter machen und eine Quelle für Emotionen bilden. Dazu aber müssen sie zunächst einmal auffallen.

Einige gestalterische Grundsätze können bereits aus dem bislang Ausgeführten entnommen werden. Nehmen wir eine alltägliche Aufgabe wie die, für ein gegebenes Wohnzimmer die Farbe eines Sofas auszuwählen. (Die umgekehrte Aufgabe, ein feststehendes Objekt, wie z. B. ein Bild von Yves Klein oder auch ein Sofa zu inszenieren, d. h. ihre Umgebung so zu verändern, dass das Objekt möglichst auffällt

oder möglichst verschwindet, wird im Anschluss besprochen.) Die hierbei geltenden Prinzipien lassen sich mutatis mutandis auf architektonische Gestaltungen, Bilder, Filmsequenzen, Werbematerial und alles mögliche andere übertragen, denn die Frage, wie viel Aufmerksamkeit einem Element zukommt, von welchen anderen Elementen es sich unterscheiden und mit welchen es zusammengehen soll, gilt für die Kosmetik ebenso wie für die Gestaltung von Feuermeldern, U-Bahneingängen oder die Trikotwahl für Schiedsrichter. Nebenbei bemerkt hat auch das Ornament die Aufgabe, abzugrenzen, hervorzuheben und zu gliedern, was es der Farbwahl verwandt macht. Bei der erwähnten Aufgabe ist es hilfreich, sich vorzustellen, was einmal die unauffälligste Lösung wäre, was also der Camouflage in der Natur entspräche, und zum anderen, die auffälligste Lösung zu suchen, die mit dem größten Pop-Out Effekt. In beiden Fällen muss dazu natürlich der Hintergrund berücksichtigt werden. Welche Kontraste wie hell/dunkel, rot/grün, gelb/blau, gesättigt/ungesättigt oder in den Texturen gibt es bereits? Es genügt nicht, einfach eine Durchschnittsbildung vorzunehmen und dann nach der am meisten ausgeprägten Abweichung zu suchen, denn wenn z. B. nur schwarze und weiße Elemente vorhanden sind, kann auch ein Grau auffallen. In einer Umgebung, die zwar alle Übergänge, aber lediglich die zwischen Schwarz und Weiß aufweist, sticht jede Farbe heraus. Gibt es bereits cremige Gelbtöne aller Arten, so bietet ein kräftiges Blau einen stärkeren Kontrast als ein Ocker etc. Und wenn ohnehin sämtliche Bunttöne in sämtlichen Sättigungen schon da sind, kann man mit Farbe allein keinen Akzent mehr setzen.

Offensichtlich bedeutet die Wiederholung der Hintergrundfarbe innerhalb der Objektkonturen ein probates Mittel, dem Objekt seine Auffälligkeit zu nehmen. Natürlich sind sowohl eine perfekte Camouflage als auch ein perfektes Signal nicht allein von der Farbe, sondern auch von anderen Faktoren wie vor allem der Form abhängig. Welche Richtungen und Lagen in welchen Raumfrequenzen herrschen vor? Solche Faktoren seien für den Augenblick einmal zurückgestellt. Dann ergibt die allein durch die Wahl der Farbe erzielbare beste Mimikry im Vergleich mit der besten erzielbaren Auffälligkeit so etwas wie das Maß an Dynamik, die durch die Farbwahl des in Rede stehenden Objektes erreicht werden kann. Das beste Verbergen in der Umgebung entspräche vielleicht der geringsten Dynamik bzw. der harmonischen Einbindung in sie, die jedoch Gefahr läuft zu langweilen.

Als die Farbfotografie für breitere Publikumsschichten erschwinglich wurde, gab es in den populären Anleitungen den – massenhaft

befolgten – Rat, an einer Stelle eines Landschaftsbildes eine junge Dame zu postieren mit einem roten Kopftuch oder einem anderen roten Bekleidungsstück. Dieser Kontrast erst würde dem Bild Leben verleihen (Abb. 13). Den Landschaftsmalern war dieses Mittel seit Langem vertraut. Es geht also auch um die Frage der gewünschten Spannung, denn Aufmerksamkeit ist mit Anspannung verknüpft. Sie ist selbstredend abhängig von kulturellen und individuellen Faktoren, von der gewählten Aufmerksamkeitsrichtung sowie vom jeweiligen

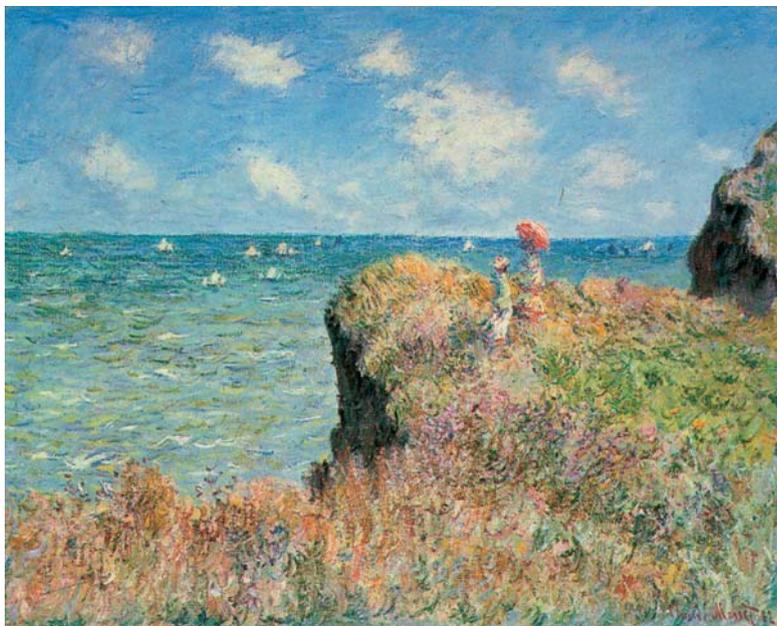


Abb. 13: Claude Monet, *Felsenpfad bei Pourville*, 1882, Öl auf Leinwand, 65 x 81 cm, Art Institute of Chicago

Zustand, also der Frage, ob man sich eher sich beruhigen oder aufregen will, wobei allerdings eine allzu ruhige Umgebung auch aufregt. Deshalb bietet eine Entspannungsmusik nicht etwa einen Dauerton, sondern eine mittlere Menge an recht vorhersehbaren und wenig aufregenden Ereignissen, die aber doch abwechslungsreich genug sind, um nicht sofort zum Halse herauszuhängen. Ähnliches scheint auch für die visuelle Umgebung zu gelten. Als eine erste Annäherung kann man davon ausgehen, dass ein entspannendes Ambiente geordnet genug sein sollte, um uns nicht vor Probleme zu stellen, aber auch

abwechslungsreich genug, um uns zu beschäftigen. Vor allem sollte es noch in jeder Hinsicht Entfaltungsmöglichkeiten in sich bergen, also nicht alle Möglichkeiten an Reizentzug oder umgekehrt Ausschöpfung sämtlicher gesteigerter Kontraste bereits verbraucht haben. Wenn uns etwas im wörtlichen wie im übertragenen Sinn »zu bunt« wird, dann kann es in dieser Richtung nicht mehr weitergehen. Demnach wird eine mittlere Ebene, die Spielräume lässt und allzu heftige Reize ebenso wie Reizarmut meidet, in der Regel als angenehm und spannend erlebt. Für Diskotheken gelten natürlich andere Erfordernisse. Es geht darum, das innere Milieu aufrechtzuerhalten, während Abweichungen als Emotionen erlebt werden. Gegenüber der von manchen Klinikchefs vorgebrachten Auffassung, die Dominanz von beispielsweise Gelb in einem Krankenzimmer würde einen positiven Einfluss ausüben, sei festgestellt, dass die Einschränkung auf eine Farbe auf Dauer ermüdet und dass ein zu geringes Reizangebot ebenfalls Stress auslöst. Nach zu viel Wüste sehnt man sich nach Las Vegas und umgekehrt. Ein moderates Maß an Abwechslung, wenn auch unter Berücksichtigung der jeweils besonderen physischen und räumlichen Bedürfnisse, scheint vonnöten.

Zurück zu unserem Beispiel: In der Regel wird man sich bei der gestellten Aufgabe für eine mittlere Lösung entscheiden. Das Sofa soll schon die Blicke auf sich lenken, aber doch mit dem übrigen Mobiliar harmonieren. Nun könnten vielleicht sowohl ein strahlendes Weiß als auch ein Hellblau oder sogar ein gedecktes Dunkelrot diesem Erfordernis, zwar etwas, aber nicht zuviel Spannung zu liefern, genügen. Was wäre der Unterschied? Das weiße Sofa würde mit den anderen weißen Elementen im Raum zusammengesehen werden, das hellblaue mit den bläulichen und das rötliche mit den roten. Farbe ist daher ein ideales Mittel, Bereiche zu bezeichnen, in denen ähnliches als verbunden erscheinen soll. Es gibt Farben, wie vor allem Blau, mit denen es schwerer fällt, Grenzen aufrechtzuerhalten. Da wir davon ausgehen, dass Ähnliches ähnlich erscheinen sollte und Unähnliches unähnlich, entscheidet die Farbwahl also über die Ordnungsbeziehungen zu den anderen Objekten, zu Teppich, Tisch, den anderen Sitzgelegenheiten, der Wand, den Vorhängen und so weiter. Sind die hergestellten Ordnungsbeziehungen willkürlich oder befriedigend? Dies hängt keineswegs allein von den formalen Verhältnissen ab, sondern ebenso von der Semantik. Treten die eigentlichen Farbunterschiede zurück, so gewinnen andere Merkmale wie die Texturen an Bedeutung. Zu einem wirklichen optischen Zusammenschluss kommt es aber nur, wenn die Farbarten eng benachbart sind, während größere Unter-

schiede in Sättigung und Helligkeit weniger problematisch sind. Bei zwar benachbarten, gleichwohl als zu unterschiedlich für einen Zusammenschluss empfundenen Farbarten ›beißen sich‹ die Farben, etwa ein Orangerot und ein Purpur. Wenn man sich bei der Auswahl der Garderobe fragt, ob Hemd und Jacke zusammenpassen, so wird über genau diese Frage entschieden. Dies ist nicht absolut zu verstehen, sondern vom Grad der Buntheit bei den restlichen Elementen abhängig. Gibt es neben den Hell-Dunkel-Unterschieden nur die beiden benachbarten Farben, die demnach perzeptuell gut getrennt werden können, so ist ihre Nachbarschaft ebenso unproblematisch, wie wenn angesichts der allgemein herrschenden Buntheit sie doch wahrnehmungsmäßig in die gleiche Kategorie gelangen. Außerdem kann der beschriebene Effekt sich beißender Farben natürlich auch gewollt sein, weil er die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Was heraussticht, ist nicht nur selber isoliert, es verstärkt die Zusammengehörigkeit des Restes und mindert die Auffälligkeit anderer Elemente, die ansonsten sich hervordrängen würden.

Das bislang Ausgeführte, wo der Kontext als vorgegeben und unveränderlich behandelt wurde, findet sein Gegenstück in der Aufgabe, ein feststehendes Objekt so in Szene zu setzen, dass es optimal zur Geltung gebracht wird, oder derart in eine Umgebung zu versetzen, dass es sich unscheinbar und unbedeutend ausnimmt. Natürlich ist diese Aufgabe Ausstellungsgestaltern, Museumskuratorinnen, Kosmetikerinnen, Autohändlern und vor allem Künstlern gut vertraut. Die Frage, ob das eigene Werk eine Nachbarschaft bekommt, die es verträgt, war der häufigste Streitpunkt bei Gruppen- und Gemeinschaftsausstellungen. Keine Hängekommission konnte es allen recht machen. Heute wird das Problem eher so gelöst, dass jeder Künstler seinen eigenen Raum bekommt, der im Zweifelsfall leer und weiß gestrichen – der berühmte white cube – zu sein hat. Nebenbei bemerkt: Die Entwicklung zur Installation hat eine ihrer Wurzeln in der Aufgabe, ein Kunstwerk wirksam in Szene zu setzen.

Es ist hier nicht der Ort, eine umfassende Theorie der Inszenierung zu geben, zumal Inszenierungen nicht allein ein Objekt zur Geltung zu bringen haben, sondern auch mit anderen Inszenierungen konkurrieren. Auch geht es nicht lediglich um die maximale Auffälligkeit, sondern darum, wie der Betrachter sich im geschaffenen Ambiente fühlt, ein Aspekt, der beim Wohnzimmerbeispiel mit dem Sofa bewusst ausgeklammert wurde. Bedarf es eines Blickfangs, um überhaupt jemanden dazu zu bringen, sich der Inszenierung auszusetzen? Der Zugang, die Schwelle, die Sakralisierung des Raums, die unge-

wöhnliche Beleuchtungssituation, sie spielen eine bedeutsame Rolle, um einzuschüchtern – was durchaus ästhetisch genossen werden kann – oder sich als dominant der Umgebung gegenüber zu erleben. Natürlich müssen auch formale Überlegungen wie die Symmetrie angestellt werden. Es gibt daneben Überinszenierungen, wo wir den getriebenen Aufwand als dem Objekt nicht angemessen empfinden, dieses vielleicht fehl am Platze wirkt. Grundsätzlich gilt jedoch auch hier: Züge, die hervorgehoben werden sollen, müssen isoliert werden, je isolierter, desto eher erscheinen sie als etwas Besonderes. Früher hatten Rahmen und Sockel eine solche abgrenzende Funktion zu erfüllen, heute besorgt bereits der Galeriekontext die nötige Isolation. Um besonders die Farbgebung zu behandeln, so gilt auch hier, dass eine Ansammlung gleicher Reize in der Umgebung – das *crowding* – hilft, bestimmte Züge zu verbergen. Starke andere Reize in der Umgebung – Distraktoren – lenken ab. Geht es um subtile Farbwirkungen, sind starke Kontraste im Umfeld natürlich schädlich. Sollen die *Valours* hervortreten oder die Texturen, muss die Farbigkeit reduziert werden. Soll die Wahrnehmung überfordert werden, so muss man ihr viel zu viel oder viel zu wenig zumuten.

Die Aufmerksamkeit kann aber nicht nur durch gewissermaßen rein formale und abstrakte Elemente, sondern auch durch inhaltliche, auf das Objekt bezogene Kriterien wie einem Bruch der Prototypikalität erzielt werden. Es gibt Objekte mit typischer Farbigkeit, andere, die in allen möglichen Farben vorkommen. Wird ein Objekt statt mit der zu erwartenden Farbe mit einer anderen versehen, so ist ihm Aufmerksamkeit sicher. Was bei einer Stradivari als unnachahmlicher Orangeton das Entzücken der Kenner hervorruft, würde in einem Bild von Matisse als eher gedeckte Farbe wirken. Kenner in China waren bereit, für Keramik in einem blassen Grün höchste Beträge zu bezahlen, da die sonstige vergleichbare Keramik nur Schwarztöne aufwies. Es gibt also eine Beurteilung der Auffälligkeit einer Farbe je nach Objektkategorien. Unter Prototypikalität ist zu verstehen, dass wir bei bestimmten Objekten und Substanzen Erwartungen hegen, welche Farbe sie aufweisen oder aufweisen sollten bzw. aus welchem typischen Material mit seiner damit gegebenen Farbe es besteht. Substanzen wie Tomatenmark, Schwefel oder Ruß verlieren ihre Identität, wenn sie ihre charakteristische Farbe einbüßen. Bei anderen Objekten wie Autos z. B. wissen wir, dass sie auch in anderen Farben als metallic-silbergrau vorkommen können und verwundern uns nicht sonderlich, wenn dies einmal der Fall ist. Im Gegensatz dazu sind Ziegel in der Regel ziegelrot und, streicht man eine Ziegelwand blau an, so irri-

tiert uns dies. Natürlich ist die Prototypikalität historisch wandelbar. Wir haben uns daran gewöhnt, dass Holz farbig behandelt wird. In ländlichen skandinavischen Gegenden, wo nur zwei Arten von Hausbemalung (in ocker oder dunkelrot) verbreitet sind, würde ein grünes Haus Aufsehen erregen, obwohl es sich doch eher in der Vegetation verbirgt. Die beschriebene Prototypikalität ist bei Lebensmitteln wie auch beim menschlichen Körper besonders ausgeprägt. Blaue, grünblaue und violette Früchte kommen zwar vor, blaue Bananen oder blaugrünes Fleisch sind jedoch zumindest gewöhnungsbedürftig. Wurstsorten ohne rötliche Farbstoffe mögen politisch korrekt und gesünder sein, sie sind jedoch beim Verbraucher nur schwer abzusetzen. Die Unverkäuflichkeit von Bier in blauen Dosen wurde bereits erwähnt, doch wäre immerhin auch vorstellbar, dass in Designerkreisen gerade ein solcher Bruch mit der Prototypikalität zelebriert wird.

Die natürlich vorkommenden Varianten in der Hautfarbe, Haarfarbe, der Farbe der Fingernägel, der Lippen, Brauen, Augen, Schleimhäute und Zähne unterliegen engen Grenzen. Durch Kosmetik die Lippen voller und durchbluteter erscheinen zu lassen, das Haar glänzender und weniger ergraut, sind probate Mittel, jünger und gesünder auszusehen und seine Attraktivität zu steigern. Die Erfahrung von Jahrtausenden steckt in der Kunst, die Aufmerksamkeit auf die gewünschten Züge zu lenken, sie von den weniger attraktiven abzulenken, die Hautfarbe zur Geltung zu bringen, rosige Wangen vorzutäuschen, die Hände durch betonte Fingernägel schmaler und länger erscheinen zu lassen, und so fort, was im Übrigen aber nur die Mechanismen der sexuellen Auslese aufgreift und überformt. Soziale Regeln, die wie immer wandelbar sind, legen fest, was als erlaubt und was als übertrieben gilt, sie tun dies jedoch auf Grundlage biologischer Faktoren. Ein Bruch der Prototypikalität liegt aber vor, wenn die Lippen schwarz oder blau geschminkt werden oder eine blaue oder grüne Hautfarbe gewählt wird. Die alten Britonen färbten die Körper ihrer Krieger blau, um sie als schreckenerregend und beängstigend erscheinen zu lassen. Ebenso wird die Exotik der extraterrestrischen »grünen Männchen« durch ihre bei Säugetieren undenkbare Pigmentierung betont. Auf die Idee, Zähne blau oder grün zu färben ist meines Wissens jedoch noch niemand verfallen. Auch bei der Kosmetik also geht es um die gleichen Fragen, was unterstreicht, was lenkt ab, vor welchem Hintergrund der Haut sollen sich Brauen, Wimpern, Lippen, Augen oder Haare in Szene setzen.

Die Aufmerksamkeit, die mit einem Bruch der Prototypikalität einhergeht, ist den Künstlern natürlich geläufig, obschon wir die Aufre-

gung, als Matisse einen blauen Akt malte, *Le nu bleu* von 1907, nicht mehr nachvollziehen können. Nach den Fauves mit ihren grünblauen Inkarnattönen wären die sogenannten Anthropometrien von Yves Klein, Abdrücke weiblicher Akte, die mit Ultramarinfarbe bestrichen waren, hier anzuführen. Natürlich kennen auch die Expressionisten eine gewollte Abweichung von der Prototypikalität, die, wie die zeitgenössischen Kritiken ausweisen, vom Publikum, wie nicht anders zu erwarten, mit Unverständnis aufgenommen wurde. Zweifellos also gibt es einen Reiz durch den Bruch der Prototypikalität, der sich jedoch rasch erschöpft, wobei in manchen Epochen die Künstlichkeit gegenüber der Natürlichkeit bevorzugt bzw. das Nachgemachte mehr als das Echte goutiert wurde. Das Rokoko war eine solche Kultur, die 60er- und 70er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts mit ihrer Pop-Kultur und ihren Plastikstühlen von Verner Panton wohl ebenfalls. Heutzutage haben wir eher die gegenteiligen Verhältnisse. Was als natürlich auftritt, ist mehr wert, und was seine Materialität offen zur Schau stellt, gilt als ehrlich. Naturmaterialien, ausgewaschene Jeans, ungebleichtes Leinen, ungefärbtes Papier, unbehandelte Holzplatten sind ihre Insignien, wenn auch der Höhepunkt dieser Ästhetik, in der natürlich auch eine politische Aussage steckt, bereits überschritten sein dürfte. Umgekehrt liegt der Fall bei Dachziegeln, die heutzutage in der Regel aus Beton bestehen, der jedoch ziegelrot eingefärbt ist. Hier handelt es sich eher um eine Simulation, die nicht auffallen soll und in der Regel auch nicht auffällt. Paradoxiertweise würde ein mit grauen Betonziegeln eingedecktes Reihenhaus in unseren Vorortssiedlungen nicht Ehrlichkeit, sondern Extravaganz bedeuten. Es geht um den Grad der Anpassung an Konventionen. Die Auffälligkeit, die einst Kupferdächer besaßen, sei es wenn sie neu oder bereits mit Grünspan überzogen waren, kam nur bedeutenden Gebäuden zu.

Vor allem aber gelten soziale Regeln, die erlauben, welchen Grad an Aufmerksamkeit jemand oder etwas auf sich ziehen kann und darf. Die Tatsache, dass in Westeuropa gut 50% der Bevölkerung Blau als ihre Lieblingsfarbe angeben, muss, wie der Kulturhistoriker Michel Pastoureau ausführt, eher als eine soziale denn eine ästhetische Aussage gewertet werden. In der Tat steht die behauptete Bevorzugung von Blau im Gegensatz zur Tatsache, dass keine 50% blauen Häuser oder Autos existieren, auch keine 50% blauen Schuhe. Höchstens beim Siegeszug der Blue Jeans, bei der Arbeitskleidung (vgl. die chinesischen ›blauen Ameisen‹) oder den dunkelblauen Herrenanzügen kann von einer Dominanz blauer Stoffe gesprochen werden. Blau darf als ein Ersatzgrau gelten und signalisiert demnach die Aussage: »Ich

bin mit meiner Position zufrieden, ich ordne mich ein und will nicht mehr Aufmerksamkeit auf mich ziehen, als mir zusteht.« Es handelt sich um eine Variante von ›mehr sein als scheinen.‹ Eine solche Anpassung gilt natürlich nur je nach Kontext und unterliegt historischem Wandel. Auf Beerdigungen kann man selbst in einem blauen Anzug unerwünschtes Augenmerk auf sich lenken, wohingegen einst auf den Tennisplätzen alles außer Weiß verpönt war, während heute dort keinerlei Farbcodes mehr gelten und allenfalls noch weiße Bestandteile in der Kleidung üblich sind. Die Fragen lauten also, was mir zusteht, zugestanden wird. Wie viel Aufmerksamkeit darf ich beanspruchen, will ich beanspruchen, soll oder muss ich heute beim gegebenen Anlass beanspruchen?

Ein Showmaster muss im Mittelpunkt stehen und bei der Arbeit entsprechende Kleidung tragen, ähnlich wie die Primaballerina, gleichfalls darf und soll die Braut beim Hochzeitsfest die Blicke auf sich ziehen und es gilt als höchst unfein, ihr an diesem Tag die Schau zu stehlen. Die Berufskleidung, zu der man auch das Kardinalsrot zählen muss, kann gleichfalls nicht nach Belieben oder momentaner Stimmung gewählt werden. Bei der Zugehörigkeit zu einem Corps, bei den Angestellten einer Firma, bei einer Mannschaft, bei Soldaten, Mönchen oder Orchestermitgliedern wird ebenfalls die Freiheit der Farbwahl eingeschränkt. Unsere erfolgreichen Sportler, die ja Werbeträger ihrer Sponsoren sind, laufen zwangsläufig in Outfits herum, die früher Clowns vorbehalten waren. Die Auffälligkeit einer Farbe bemisst sich nicht allein nach ihrer perzeptuellen Sonderstellung, sondern ebenso daran, wie sehr sie den sozialen Konventionen zuwiderläuft. Das Soziale kann eine Steuerung der Wahrnehmung bewirken, kann Prozesse der selektiven Aufmerksamkeit auslösen.

Die Kenntnis der sozialen Regeln, also dessen, was einst als *decorum*, als *bienséance* und *convenance* bezeichnet wurde, gehört natürlich zum nötigen Beurteilungswissen. Im Deutschen der Goethezeit wurden diese Wörter als ›Schicklichkeit‹, als das, was sich schickt, wiedergegeben. Es gibt auch heute dafür subtile Regeln. Man erinnere sich, dass bei den farbigen Amateurfotos eine junge Dame den roten Akzent zu setzen hatte. Junge Damen dürfen Aufmerksamkeit in einem Maße auf sich ziehen, das bei älteren Männern als pfauenhafte Eitelkeit kritisiert würde. Weibliche Bekleidung ist heute immer noch bunter als männliche, sie ist dies jedoch erst seit 1800 und möglicherweise zeichnet sich sogar gegenwärtig ein Wandel ab. Das Privileg, durch auffällige Farbigkeit die Blicke auf sich zu lenken, war vorher an die Macht, den Rang, also an die gesellschaftliche Stellung

gekoppelt, weshalb Frauen selten mit den männlichen Prälaten und Fürsten konkurrieren konnten. Ein König musste majestätischer aussehen als seine Entourage, diese prächtiger als das gemeine Volk. (In einem Bild Veroneses in London – *Alexander der Große vor den Frauen des besiegten Darius* – wird eine solche Verwechslung thematisiert.) Dazu passte, dass kräftige, gesättigte Buntfarben teuer waren und man ihnen schon deshalb eine soziale Aussage entnehmen konnte. Früher gab es Luxusgesetze, dass nur dem Adel das Tragen kostbarer Stoffe erlaubt war. Die Kostbarkeit war wiederum abhängig von der Verfügbarkeit der jeweiligen Farbmittel. In der Antike galt Purpur als die Majestätsfarbe schlechthin, doch als dieser Farbstoff im Jahre 1908 synthetisch hergestellt werden konnte, war ihm kein kommerzieller Erfolg beschieden. Inzwischen gab es reinere und leuchtendere Farbmittel im Violettbereich. Noch im 19. Jahrhundert konnte jedoch die Kaiserin von Frankreich Eugénie die Durchsetzung der jeweils neuesten Farbstoffe in der Garderobe, wie insbesondere das auffällige Mauve, befördern. Sie wurden durch ihr Vorbild, dem diese Form von Auffälligkeit zustand, als standesgemäß geadelt.

Heutzutage gibt es aber kaum noch Objekte, deren Preis durch ihre Farbigekeit bestimmt ist, wenn man davon absieht, dass im Gegenteil gedeckte, lasierende und wenig farbechte Naturfarben eine gewisse Exklusivität signalisieren. Beim Sport, in der Freizeit, im Urlaub sind dagegen kräftige Buntfarben geboten. Sie stehen für Gesundheit, Jugend und den Luxus, nicht arbeiten zu müssen. Allerdings bedeuten sie, da jeder sie sich leisten kann, kein ehrliches Signal mehr. In Punktkreisen gilt als dezent, was für mittlere Bankangestellte shocking wäre. Die gleiche Auffälligkeit ist in Vorstandsriegen dafür wieder möglich. In diesem Fall lautet die Aussage: »Ich bin unkonventionell und kreativ und habe es geschafft, dass ich mir meine Extravaganzen leisten darf.« Gegenüber der Prototypikalität und den sozialen Regeln ist das Gerede von den Lieblingsfarben (und deren Untersuchung) ziemlich unerheblich. Was für bestimmte Produkte als typische Farbe gilt, lässt sich nicht auf andere übertragen.

Dagegen steht die immer noch recht verbreitete Chromophobie der vornehmen Schichten als eine der zu beachtenden sozialen Regeln. Darunter ist ein freiwilliger Verzicht auf das Mittel, die Aufmerksamkeit durch Farben auf sich zu lenken, zu verstehen. Vielleicht ist dieser Verzicht juristisch zum ersten Mal in Venedig zu fassen, als die Beschränkung der Farbigekeit der Gondeln auf Silber und Schwarz beschlossen wurde. Im 17. Jahrhundert setzte sich in den Niederlanden bei den reichen männlichen Patriziern eine Art schwarze Tracht

durch, die vermutlich eine mit der calvinistischen Ethik verbundene Form der Askese zum Ausdruck bringt. Sie war allerdings vorher bereits am spanischen Hof aufgetreten, dort vielleicht deswegen, weil man den düsteren Monarchen Philipp II., der es liebte, sich in Schwarz zu kleiden, ja nicht übertrumpfen konnte. Aber schon gegen Ende des Mittelalters trugen die Herzöge am burgundischen Hof Schwarz und von Ludwig dem Heiligen wird gleichfalls berichtet, dass er nach seiner Rückkehr vom Kreuzzug sich in Dunkelblau oder Schwarz kleidete. Noch heute gibt es viele Bereiche etwa in der Politik oder Diplomatie oder bei vornehmen festlichen Anlässen, wo für Männer dunkle Anzüge vorgeschrieben sind. Heute ist die schwarze Kleidung das Kennzeichen der Intellektuellen und anderer Gruppen, die für sich eine Sonderrolle in der Gesellschaft beanspruchen. Ähnlich wie früher die Mönche – vor allem die Franziskaner mit ihren ungefärbten Roben – damit sich gegenüber der Farbenpracht der Reichen abgrenzen konnten, grenzen sie sich vom plebejischen Durchschnittsgeschmack ab.

Die Chromophobie an sich ist nicht schwer zu verstehen und ähnliche Verhältnisse gibt es im Kulturvergleich nicht selten. Jedes Mittel, die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, hat nämlich etwas von einem Wettrüsten an sich. Womit man sich auszeichnet und höheren Status erlangt, wird nachgeahmt, damit entwertet, perzeptuell ebenso wie sozial, also bedarf es gesteigerter Mittel, die aber wiederum nachgeahmt werden, usw. Irgendwann ist dann ein Punkt erreicht, wo eine weitere Steigerung unmöglich oder absurd wird. Das von Ernst Heinrich Weber im 19. Jahrhundert aufgestellte Weber'sche Gesetz, wonach Reize umso schlechter auseinanderzuhalten sind, je intensiver sie sind, trägt dazu bei. Hat man einen bunten Blumenstrauß, so fällt eine weitere hinzugefügte Blüte kaum noch auf. Ein solcher Sättigungspunkt ist in den Fußgängerzonen oder innerhalb der Werbebeilagen in unseren Printmedien erreicht worden. Die Lösung, die dann oft gefunden wird, besteht darin, wieder zu einem schlichten, einfachen Stil zurückzukehren, der allerdings eine neue Stufe der Raffinesse beinhaltet. Die Oberschichten laufen ja nicht Gefahr, mit den wirklich Armen verwechselt zu werden. Sie müssen sich vor allem von den nachdrängenden, als neu reich diffamierten Schichten absetzen, und wenn dies nicht durch den offensichtlich betriebenen Aufwand gelingt, dann wird so etwas als schlechter Geschmack diffamiert und dagegen die natürliche Grazie und schlichte Eleganz als Prärogative des wahren Adels gefeiert. Damit dieser freiwillige Verzicht auffällt, bedarf es allerdings einer ostentativen, verschwenderischen Leere.

Man kann argumentieren, dass im Bereich der Farbe ein solcher Punkt schon öfter erreicht wurde, etwa wenn Vasari gegen die koloristischen Reize der venezianischen Maler polemisiert, deren Leistung nur darin bestünde, am Rialto schöne exotische Farbmittel zu kaufen. In diesem Sinn hatte bereits Alberti gegen den exzessiven Gebrauch von Gold und Ultramarin in den Altarbildern, die lediglich den Reichtum des Auftraggebers erweisen würden, das Können des Malers ausgespielt. Er greift damit aber nur einen topos auf, den schon das Mittelalter kannte und der bereits in der Antike verbreitet war: *ars auro prior* – höher als der materielle Wert des Goldes steht die Kunstfertigkeit. In diesem Sinn schreibt etwa Plinius der Ältere: »Jetzt, wo der Purpur seinen Weg auch auf die Wände gefunden hat und Indien den Schlamm seiner Flüsse, das Blut der Drachen und Elefanten zur Verfügung stellt, ist die edle Malerei verschwunden. Alles ist demnach damals besser gewesen, als man weniger Mittel hatte. Der Grund ist, dass man, wie gesagt, um den Wert des Materials, nicht um den des Geistes bemüht ist.«³

Dies betrifft zwar die Malerei, wo alles in allem die Chromophobie sich nicht sonderlich durchsetzen konnte, doch bei der Kleidung und beim Wohnen haben immer wieder puritanische Sorgfalt, raffinierte Schlichtheit, minimalistische Eleganz oder klassizistische Strenge als Kennzeichen des guten Geschmacks gedient. Das Bauhaus bedeutet nur eine unter vielen derartigen Reformbewegungen. Es scheint allerdings, dass die Zurückhaltung in der Farbigkeit heutzutage eher die Mittelschichten erreicht hat, während unsere Prominenten und Stars davon abgerückt sind. Die besonders um die Mitte des letzten Jahrhunderts beliebten, aber auch noch heute verbreiteten betulichen Ratgeber, um Hausfrauen bei der farbigen Gestaltung ihrer Wohnzimmer oder der Auswahl ihrer Garderobe zur Hand zu gehen, wo Gesetze einer Harmonie der Farben postuliert werden, verdanken ihren Erfolg meist dem sozialen Tatbestand, dass die unsichere Klientel befürchtet, als neureich und geschmacklos abgestempelt zu werden. Was alle wollen, ist eine zurückhaltende, vornehme Farbigkeit, die aber doch als gewollt, als erlesen erscheint. Nicht die Anonymität der grauen Maus wird angestrebt, auch nicht die Auffälligkeit auf den ersten Blick, sondern dass sich die gekonnte, exquisite Raffinesse des Arrangements erst auf den zweiten Blick und vielleicht sogar nur für die Kenner entfaltet. Die Figur des Dandys, der seine Vornehmheit durch Geschmack und Stil beweist, ist hier ausschlaggebend. Der Dandy war im 19. Jahrhundert aufgekommen als Antwort auf das Problem, einerseits auf die entstehende Massengesellschaft zu reagie-

ren und andererseits einen Ersatz für die Erosion der Standesregeln der feudalen Gesellschaft zu bieten. Es geht also darum, wie man sich trotz penibler Einhaltung der sozialen Regeln auszeichnet. Wie wird dies erzielt?

Die ostentative verschwenderische Leere wurde bereits erwähnt. Die vornehme Zurückhaltung muss gleichwohl bemerkt werden. Das bringt einen Größenfaktor ins Spiel. Die Werbung für Nobelkarossen, wo eine zweiseitige fast monochrom gehaltene Anzeige mit minimalem Text oder Bildern geschaltet ist, führt das Prinzip vor. Angesichts der Leere haben dann Elemente wie die Texturen eine Chance auf Auffälligkeit, die sonst überdeckt würden. Das Material, dem der Kenner ansieht, wie besonders und wie teuer es ist, tritt dann zu meist an die Stelle leuchtender Farben. Wie erwähnt, gibt es manchmal auch eine Verlagerung auf bestimmte Objektkategorien, bei denen ebenfalls Kennerschaft zur Beurteilung der Seltenheit einer bestimmten Kombination von Farbe mit Textur erforderlich ist. Manchmal wie zur Zeit des Rokoko führt dies sogar dazu, die raffinierte Künstlichkeit in der Nachahmung von Materialien, was meist teurer kam als beispielsweise wirklichen Marmor zu verwenden, zum Erkennungszeichen des Geschmacks zu erheben.

Solche Regeln signalisieren Distanz, eine Welt, aus der ›Krethi und Plethi‹ ausgeschlossen sind. Exquisiter Luxus liegt deshalb paradoxerweise mehr an der sichtbaren Übereinstimmung mit der Form. Die Texturen, Gliederungen, der Rahmen, die Materialien, sie brauchen Raum, sich zu entfalten, und die vorgeführte Ordnung muss als natürlich und selbstverständlich erscheinen. Die Kunst, die Kunst zu verhüllen – *ars celare artem* – besteht darin, die Aufmerksamkeit trotz zurückhaltender Farbigkeit richtig zu lenken. Was gleich ist, sollte gleich, was unterschiedlich ist, unterschiedlich aussehen, doch was als gleich oder verschieden zu behandeln ist, bedeutet häufig eine nur mit viel Einübung zu erlernende soziale Kategorie.

Ein völlig anders geartetes, fast entgegengesetztes Mittel, trotz allgemeiner Buntheit im Umfeld noch eine gewisse perzeptuelle Aufmerksamkeit zu erzielen, muss noch erwähnt werden, nämlich die Kombination zweier Farben in Streifen. Zum Mittel der Kombination zweier Farben (mit oder ohne Streifen) wird bereits gegriffen, wenn die Anzahl der zu unterscheidenden Elemente höher ist als die zur Verfügung stehenden, einigermaßen sicher zu trennenden Farb-Kategorien. Beispiele wären die Ikonografie der Heiligen oder auch der Comic-Figuren, die Trikots von Fußballmannschaften, die Firmenlogos, die U-Bahnlinien und natürlich die Fahnen. Wenn das knappe Dut-

zend deutlich zu unterscheidender Farben vergeben ist, braucht man Zusammenstellungen wie Schwarz-Rot-Gold (Deutschland), Weiß-Blau (Bayern) im Bereich von Ländern, Weiß und Rot (Christus), Blau und Rot (Maria), Gelb und Blau (Petrus) bei Heiligen bzw. Grün und Weiß, Weiß und Blau für Fußballvereine etc. Dieses Mittel allein sorgt noch nicht für größere Auffälligkeit, wenn auch die Integrität eines einheitlichen Objekts verloren geht. Werden jedoch zwei unterschiedliche Farben in Streifen angeordnet, so kommt es je nach Breite dieser Streifen zu einer Irritation, die besondere Aufmerksamkeit erheischt. Bei Schranken, Zebrastrreifen, Markisen, einst bei der Sträflingskleidung und der Kleidung von Domestiken verwendet, heute vielleicht bei Sportlern – aber auch bei gefärbten Haarsträhnen wird dieses Mittel gern eingesetzt. Einerseits ist damit eine Aufhebung der Objektgrenzen verbunden, denn die Integrität einer Oberfläche wird verletzt. Bei der Mimikry, z. B. den Streifen des Tigers, geht es ja darum, die Objektgrenzen zu überspielen. Deshalb sehen wir genauer hin, wenn das gestreifte Objekt sich vor einheitlichem Grund befindet. Streifen schaffen deshalb auch eine Unklarheit über Lage und Charakter einer Oberfläche. Ist das ein rotes Objekt hinter schwarzen Ästen oder ein schwarzes hinter roten? Insbesondere die bei Bienen, Wespen und anderen Tieren häufigen gelb-schwarzen Streifen sorgen für maximale Auffälligkeit.

Die von Streifen ausgehende Irritation hängt – neben den gewählten Ausgangsfarben – davon ab, ob sie breit genug sind, um im Sinne des Simultankontrastes sich voneinander abzusetzen oder im Gegenteil im Sinne des Bezold'schen Ausbreitungseffektes sich einander angleichen. Sie ist am stärksten in einem Bereich, wo die Wahrnehmung zwischen beiden Optionen schwankt und sie deshalb einer speziellen Überforderung ausgesetzt ist. Ob Kontrast oder Assimilation hängt von der Größe des Musters bzw. vom Abstand des Betrachters ab. Gestreifte Stoffe signalisieren Besonderheit, Auffälligkeit, auch im Sozialen. Ein Künstler wie Daniel Buren hat, indem er mit Streifen auszeichnet, rahmt, hervorhebt, daraus eine künstlerische Strategie entwickelt.

Das führt zu einem wichtigen Punkt, der bislang nicht zur Sprache kam, nämlich die Größe des Ausschnitts, in dem die Auffälligkeit oder Unauffälligkeit einer Farbe beurteilt wird. Nahsichtig kann ein Sofa mit schmalen rot-grauen Streifen eine gewisse Auffälligkeit haben, die in größerem Abstand verloren geht, wo nur noch ein gedeckter Rotton zu erkennen ist. Ähnliches gilt natürlich für eigentlich jedes Objekt. Ein Haus mag für sich zurückhaltend in der Farbigkeit sein; in

der einheitlich im klassizistischen Gelb gehaltenen Straße, in der es steht, jedoch herausfallen. Diese selbst kann im Stadtviertel als Unge-
wöhnlichkeit empfunden werden etc. Solche Beurteilungen erfordern
aber das Gedächtnis.

Näher noch der in einem Blick erfahrbaren eigentlichen Wahrneh-
mung und auch wichtiger sind die Orts- oder Raumfrequenzen. Unter
Ortsfrequenz ist die Zahl der hellen und dunklen Streifen pro Sehwin-
kel zu verstehen. Mathematisch gesehen kann jedes Muster als Über-
lagerung verschiedener Ortsfrequenzen dargestellt werden und man
nimmt an, dass die Wahrnehmung eine ähnliche Operation bei der
Analyse der gesehenen Muster vollzieht. Die Details brauchen hier
nicht zu interessieren, doch liegt dem die Tatsache zugrunde, dass
sowohl feine, detailreiche Kontraste als auch summarische Informati-
on von der Wahrnehmung genutzt werden. Eine zu feine, detailreiche
Registrierung von Luminanzkontrasten könnte Wichtigeres – z. B. Ob-
jektgrenzen – außer Acht lassen. Für eine rasche, grobe Orientierung
reicht eine niedrige Ortsfrequenz (breite Streifen mit großem Abstand).
Es gibt deshalb Zellenverbände, die auf niedere, mittlere oder hohe
Ortsfrequenzen ansprechen. Die summarischen, niedrigen Raum- oder
Ortsfrequenzen werden wohl vom Magno-System registriert, das
rasch reagiert und für Bewegung besonders sensibel ist. Ihm obliegt
demnach die erste Orientierung. Die Entschlüsselung von Feinheiten
kann länger warten. Wenn wir zwei Fotos übereinander kopieren, die
eine Szene einmal mit sehr niedriger Raumfrequenz (durch einen
lowpass-Filter), das andere mal mit sehr hoher Ortsfrequenz (durch
einen highpass-Filter) wiedergeben, so ergibt diese Kombination be-
reits ein für uns recht zufriedenstellendes, realistisches Bild.

Kunstwerke des 17. Jahrhunderts etwa im Stile von Rembrandt
haben diesen Effekt einer die einzelnen Objekte ebenso wie das
ganze Bild übergreifenden summarischen Hell-Dunkel-Gliederung in
Verbindung mit einer an manchen Stellen feinen Zeichnung gern
genutzt. Im Sprachgebrauch der Künstler hat sich für eine solche
summarische Verteilung der hellen und dunklen Zonen in einem Bild
tatsächlich das Wort ›Effekt‹ eingebürgert. Ihn musste man jedenfalls
bei der Landschaftsmalerei rasch und spontan erfassen und skizzieren
können, wonach man dann in Ruhe die Details hinzufügen konnte.
Kompositionell gelungene Hell-Dunkel-Ordnungen wurden in den
Akademien analysiert, studiert und eingeübt. Sie gingen der gegen-
ständlichen Interpretation der Szene voraus. Die grobe, summarische
Gliederung, wie sie auch für das periphere Sehen jenseits der Fovea
typisch ist, betrifft aber nicht nur Helligkeits- oder Luminanzunter-

schiede. Einmal hat sich in der Malerei rasch, d. h. etwa um 1800, eine farbige Interpretation der ›Effekte‹ durchgesetzt, sodass die Schattenzone beispielsweise eher bläulich, die Lichter eher gelblich gestaltet wurden, wofür William Turner ein Beispiel gibt, zum anderen ist das Auflösungsvermögen der Farbwahrnehmung geringer als das der detailreichen Formwahrnehmung, sodass die Ortsfrequenz bei Farben und dort insbesondere bei Blau niedriger ausfällt. Diese Differenz, dass wir gleichzeitig im Zentrum des Blickes farblose Formen und in der Peripherie farbige Schleier sehen, wurde und wird bei impressionistischen und neoimpressionistischen Bildern, aber auch bei Bridget Riley oder manchen Werken der Op-Art künstlerisch genutzt. Grenzen, die bei verschiedenen Ortsfrequenzen oder Feinheitsgraden Bestand haben, werden von der Wahrnehmung privilegiert, was es umgekehrt erlaubt, Irritationen zu erzeugen, wenn sie bei unterschiedlichen Ortsfrequenzen unterschiedlich behandelt werden. Je nach Maßstab also sind unterschiedliche Teile der Wahrnehmung beschäftigt. Aus Adaptionsversuchen weiß man ebenfalls, dass die Anpassung an horizontale Streifen kaum Auswirkung hat auf vertikale oder diagonale Streifen oder dass eine Adaption an breite Streifen nicht mit der Wahrnehmung schmaler Streifen interferiert.

Wie bereits ausgeführt, variiert die Sensibilität für Unterschiede der einzelnen Rezeptorzellen resp. Verbände ebenso wie die Größe der rezeptiven Felder, für die solche Änderungen registriert werden. Diese von unterschiedlichen Zellen und ihren Netzwerken erfassten Unterschiede werden angesichts der retinotopen Ordnung nicht verschmolzen, sondern getrennt verarbeitet. Außerdem gibt es ja verschiedene Karten im Gehirn mit verschieden starker Auflösung, d. h. verschiedenen großen rezeptiven Feldern. Eine Abstraktion von der Ortsfrequenz, grob gesagt der Größe von Reizen, ist beispielsweise nötig, um Objekte zu kategorisieren.

Bestimmte Effekte wie der Craik-O'Brien-Effekt, d. h. die für die Wahrnehmung gleichmäßige Einfärbung einer geschlossenen Fläche von den Grenzen her, sind offenbar hier anzusiedeln. Die Wahrnehmung muss unterscheiden zwischen Konturen, die eine Fläche begrenzen, und solchen, die vernachlässigt werden können oder eine Binnengliederung markieren. Die an den Grenzen vorhandene Farbinformation wird im ersteren Falle auf die ganze so gebildete Fläche ausgedehnt. Für die Wahrnehmung genügt also manchmal ein konsistenter Intensitätswechsel an (geschlossenen) Grenzen, um eine so bestimmte Fläche gleichmäßig zu färben. Der Gesichtssinn füllt die Gebiete aus und richtet sich dabei nach dem, was er an der Grenzli-

nie beobachtet. Seurats Bilder verwenden gerne eine Art farbliches Analogon zum Craik-O'Brien-Effekt. Es gibt Beobachtungen an hirnverletzten Personen, denen die Verknüpfung von Farb- und Objektwahrnehmung abhanden gekommen ist. Diese Patienten berichten, dass eine Farbe sich über ihr gesamtes Gesichtsfeld ausbreitet und sie wie durch eine farbige Flüssigkeit oder einen transparenten, gefärbten Nebel hindurch den Raum und die einzelnen Objekte in ihm erfassen müssen. So berichtet der Neurologe MacDonald Critchley (1900–1997) von Patienten, die jedes Objekt als rot oder gelb sehen und solche, für die Farben über die Objektgrenzen treten, z. B. Haut die Farbe der Kleidung annimmt. Die Unfähigkeit, eine kohärente Objektgrenze zu bilden, scheint dafür ursächlich zu sein. Der v. Bezold'sche Ausbreitungseffekt ist damit wohl verwandt, denn chromatische Reize erlauben nur schwache räumliche Auflösung, da die farbsensitiven Ganglionzellen oder Modulatoren niedrigere Raumfrequenzen aufweisen.⁴

Anmerkungen:

- 1 Zu Camouflage vgl. auch Purves/Lotto, a. a. O., S. 231.
- 2 Vgl. Svetlana Vogt, *Farbwörter im Gehirn: Eine systematische sprachwissenschaftliche Untersuchung*, Diss. Duisburg 2004, wo auf J. Barnes, *Tucano*, in: R. M. W. Dixon und A. Y. Aikhenvald, *Amazonian Languages*, Cambridge 1999 verwiesen wird.
- 3 Vgl. C. Plinius, Secundus d. Ä., *Naturkunde*, Buch XXXV, hrsg. und übersetzt von Roderich König, Zürich, Düsseldorf, 2., überarbeitete Aufl. 1997, S. 47ff.
- 4 Zur Craik-O'Brien-Illusion vgl.: *Ein Blick ins Licht*, David S. Falk u. a. (Hrsg.), Berlin u. a. 1990, S. 200.

Showing pink –

Zur Biologie der Farbe Rosa

»He who understands baboon would do more towards metaphysics than Locke.« (Charles Darwin, *Notebook M*, 16. August 1838)

Die Biologie ist die Leitwissenschaft unserer Zeit und das führt dazu, dass auch im Bereich der Farbforschung neue Fragen gestellt und manchmal für alte Fragen neue Antworten gefunden werden. Eine der neuen Fragen geht dahin, was eigentlich der biologische Sinn der menschlichen Farbwahrnehmung ist. Offenbar hilft sie uns, sinnvolle Unterscheidungen zu treffen, und diese müssen letztlich zu Handlungen führen, die zumindest unseren Vorfahren in ihrem Habitat gewisse Vorteile verschafft haben. Unter den Säugetieren teilen wir die trichromatische Farbwahrnehmung nur mit den meisten Altwelt-Affen und Menschenaffen, während Hund, Katze, Pferd, Schwein, Maus etc. lediglich über ein dichromatisches oder gar kein Farbwahrnehmungsvermögen verfügen. Viele Fische, die meisten Vögel und auch manche Insekten können gleichfalls Farben unterscheiden, aber ihr Farbensehen weicht zum Teil erheblich von dem der Menschen ab. So sind Vögel nicht selten Tetrachromaten und können auch im UV-Bereich Farben wahrnehmen. Das Farbensehen steht in enger Verbindung mit der von einer Tierart jeweils besetzten ökologischen Nische.¹ Bei den Affen und Menschenaffen geht man davon aus, dass unser entwickeltes trichromatisches Farbensehen es vor allem erleichtert, reife Früchte in einer Umgebung wie den Baumkronen zu finden. Obwohl es dort erhebliche Unterschiede im Hell-Dunkel-Bereich gibt und eine Vielfalt an Formen, stechen für unsere Wahrnehmung die rötlichen Früchte heraus und sie verraten durch ihre Färbung auch ihren Reifegrad. Das erklärt vielleicht, weshalb wir im Rot-Grün-Bereich so feine Unterschiede wahrnehmen können und weshalb Rot so sehr unsere Aufmerksamkeit weckt.

Wie steht es nun mit Rosa? Die Anthropologen sind, den Untersuchungen der Ethnolinguisten Brent Berlin und Paul Kay folgend, der Meinung, dass es elf fokale Bereiche im menschlichen Farbraum gibt und wir kulturübergreifend dazu tendieren, für genau diese elf Bereiche ein grundlegendes Farbwort auszubilden. Auch die Reihenfolge, in der diese Farbwörter sich entwickeln, erscheint alles andere als

zufällig. Nun gehört Rosa zu den elf grundlegenden Farbwörtern bzw. privilegierten Orten im Farbraum. Alle Sprachen, welche die erwähnte Sequenz abgeschlossen haben, kennen ein Wort für Rosa, auch das Japanische, Chinesische und die europäischen Sprachen.

Die Bezeichnung ›rosa‹ hat das Deutsche, wie die meisten europäischen Sprachen, aus dem Lateinischen übernommen, wo *roseus* ›rosenfarben‹, d. h. die Farbe der Rose bedeutet. Diese ursprünglich wohl aus Asien stammende Zierpflanze spielte bereits in Ägypten eine bedeutende Rolle, wo sie das Symbol der Regeneration bildete. Homer kennt das Adjektiv *rhododactylos* (= rosenfingrig), welches, auf die Morgenröte angewandt, noch immer als Ausweis gymnasialer Bildung dient. Die Insel Rhodos (d. h. Roseninsel) galt den Griechen als Ort von Initiationsriten. Auch die jeweiligen Äquivalente für Rosa in anderen Sprachen sind in der Regel von Blütenfarben abgeleitet. Das im Angelsächsischen geläufige *pink* bezieht sich auf die Nelke und häufig können Bezeichnungen wie ›pfirsichblüte‹, ›kirschblüte‹ etc. rosa vertreten. Interessant in diesem Zusammenhang sind mythische Erzählungen zur Entstehungsgeschichte der Färbung der Rose. So lässt der seinerzeit viel gelesene Idylldichter und Kupferstecher Salomon Geßner (1730–1788) in seinen von der Antike inspirierten Nachdichtungen den Gott Bacchus erzählen, wie er eine schöne Nymphe auf der Flucht vor ihm nur mithilfe eines Dornbusches aufhalten kann. Als der Gott sich ihr zu erkennen gibt, errötet die Nymphe lieblich. Bacchus berührt den Dornbusch zum Dank mit seinem Stab und gebietet ihm, sich mit Blüten zu bedecken, deren Farbe die schamhafte Röte auf den Wangen der Nymphe nachahmt.² In der Tat trägt eine Reihe beliebter Rosensorten die Bezeichnung *blushing rose*. Es gibt also eine Beziehung zwischen der Farbe der Rose und dem Erröten einer jungen attraktiven Frau angesichts männlicher sexueller Avancen. Dazu passt, dass das Wort ›Nymphe‹ im Griechischen sowohl die Rosenknospe als auch die Braut bezeichnete. Damit sind eigentlich schon alle Ingredienzien genannt, die im Bedeutungsfeld von Rosa eine Rolle spielen.

Die Rose, in der anagrammatisch das Wort ›Eros‹ steckt, worauf Marcel Duchamp bei seinem Pseudonym *Rose Selavy* (= Eros, c'est la vie) anspielt, liefert nicht nur einen in vielen Sprachen beliebten weiblichen Vornamen, der auch in Abwandlungen wie Rosamunde (= rosenfarbiger Mund) oder Rosemarie (= Rose Mariens) verbreitet ist, sie begegnet stets in erotischen Zusammenhängen. Rosen bilden das Attribut der Venus, deren Priesterinnen Rosen im Haar tragen und selbstverständlich kann der Liebesgarten ihrer nicht entbehren. Noch

Gustav Klimts Umarmung im Schlussbild seines *Beethovenfrieses* siedelt das Paar in einem Rosengarten an. Auch in der christlichen Umwandlung der antiken Mythen, wo die Rose zum Symbol der Jungfrau Maria geworden ist, die gern im Rosenhag sitzend dargestellt wird, gibt es kein Paradiesgärtlein ohne Rosen. Halten wir vorläufig fest, dass Paradies und Sexualität, Jugend, Weiblichkeit, Erotik, auch Jungfräulichkeit und Unschuld (»Mädchenblüte«) zusammen mit Rosen und Rosa auftreten. Dass die Rose nicht selten auch im Totenkult auftaucht, widerspricht dem nicht, denn hier finden, abgesehen von der tröstlichen Wirkung einer Anspielung auf die Regenerationsfähigkeit der Natur, schöne, aber kurzlebige Objekte wie Schnittblumen gerade als Grabbeigaben vielfach Verwendung. Sie können als eine Art Opfer angesehen werden. Die römische Zeremonie, bei der Rosen auf ein Grab gestreut werden, hieß übrigens Rosalia.

Warum ist nun Rosa für uns Menschen so wichtig? Warum genügt es nicht, hellrot oder blassrot zu sagen? Die Farbe ist im Regenbogen nicht enthalten, auch nicht in den üblichen Farbkreisen und es fällt schwer, in der natürlichen Umgebung unserer Vorfahren rosa Objekte zu finden, die für sie biologische Bedeutung besaßen. Dass wir rosa-farbene Blüten schön finden und häufig sogar deswegen züchten, liegt bereits an ihrer Farbe und kann nicht ursächlich erklären, weshalb gerade diese Farbe für uns so bedeutsam ist. Immerhin steht Rosa in einem besonders starken Kontrast zu Grün und fällt auch wegen seiner Seltenheit in einer natürlichen Umgebung sehr stark auf. Um purpurn zu erscheinen, müssen Farbstoffe einen ganz engen Bereich des Lichts absorbieren und den Rest reflektieren, weshalb sie recht selten sind und entsprechend kostbar. Zumindest in seinen bläulichen Spielarten erfüllt Rosa damit die Bedingungen der Prägnanz und eignet sich als Signal, als Auslöser von Instinktverhalten. Was nun bei Affen und Menschenaffen eine rosa Färbung aufweist, sind die Schleimhäute, also Lippen, Mundinneres, die Genitalien, auch die Brustwarzen. Sie bieten, zumindest bei vielen Affen, starke sexuelle Reize. Bei Pavianen, bei Bonobos und vielen anderen Affen wird die sexuelle Bereitschaft durch die Färbung der Hinterteile bzw. Sexualorgane, bei Schneeaaffen auch durch das leuchtend rosarote Gesicht signalisiert (Abb. 14). Es wäre interessant zu untersuchen, ob die Sonderrolle von Rosa auch in der Farbwahrnehmung anderer Primaten nachweisbar ist. Der Einsatz von Farben im Dienste der sexuellen Attraktivität ist in der Natur sehr verbreitet, man denke an den Hahnenkamm oder das bunte Gefieder vieler Vögel. Auch die Flamingos nutzen übrigens Rosa zur Steigerung ihrer sexuellen Attraktivität.



Abb. 14: Rosa gefärbtes Hinterteil bei Bonobo-Weibchen

Sie zeigen damit, dass sie gesund und gut genährt sind. Flamingoweibchen würden sich nicht mit einem farblosen Männchen paaren.

Beim homo sapiens ist die weibliche Vagina allerdings nur selten sichtbar und im Gegensatz zu Affen verbergen die Menschen der weiblichen Sorte den Östrus, d. h. die Zeit ihrer Empfangsbereitschaft. Gleichwohl kennen wir den

Euphemismus der *pink parts* für die Genitalien und zumindest in pornografischen Zusammenhängen spielen die gut durchbluteten rosafarbenen Schamlippen eine große Rolle. Der im Internet gebräuchliche Ausdruck *showing pink*, um Aktfotos zu bezeichnen, in denen die weiblichen Modelle Einblick in ihren Genitalbereich gewähren, weist auf den gemeinten Zusammenhang hin. Die altehrwürdige Symbolik der Rose, wo in vielen Kulturen ebenfalls das Wort ›Rose‹ für das weibliche Genital stehen kann, ist damit vergleichbar. Nicht nur die im Mittelalter verbreitete durchsichtige Metaphorik, wonach die Frau eine Blume ist, die gepflückt werden will, worauf noch Goethes Gedicht *Heideröslein* anspielt, stellt einen Zusammenhang zwischen rosenfarben und der Vagina her. Auch beim Märchen vom Dornröschen geht es um eine Initiation. Die Farbe Rosa kann demnach als eine Art natürliches Symbol angesehen werden im Sinne Goethes. Seine Definition des Symbols sei deshalb hier in Erinnerung gebracht: »Es ist die Sache, ohne die Sache zu sein, und doch die Sache; ein im geistigen Spiegel zusammengezogenes Bild, und doch mit dem Gegenstand identisch.«³ Das Motiv der Verhüllung, wo gerade die Verhüllung das Verhüllte recht eigentlich erscheinen lässt, wie es von Freud so meisterhaft analysiert wurde, wird durch die zahllosen rosafarbenen Tücher bestätigt, mit denen weibliche Akte sich schamhaft verdecken.

Vor allem aber kennen Menschen kein fest programmiertes Instinktverhalten mehr. Dennoch reagieren wir noch auf die ursprünglichen Signale zumindest rudimentär. Sie vermögen es, uns in einen leicht entrückten Zustand zu versetzen, der uns desorientiert, wobei

wohl auch bestimmte Hormone wie Oxytocin ausgeschüttet werden. Im Falle von Rosa führt dies zu Zuständen von Intimität, Nähe, Zärtlichkeit, Friede, Glück, also einer milden Form von Berauschtigkeit. Selbst die Feier der Kirschblüte in Japan kann im gleichen Zusammenhang angeführt werden (Abb. 15). Sex entwapfnet. Beim Sex sind wir wie die meisten Lebewesen relativ wehrlos. So gut wie alle Paradiesdarstellungen kommen daher nicht ohne das Syndrom von jugendlicher Weiblichkeit, Nähe, Rosen aus. Kennzeichnend für sie ist die systematische Ausklammerung aller Elemente, die Wachsamkeit und Gefahrenabwehr bedeuten.

Dass wir Menschen kein eigentliches Instinktverhalten mehr kennen und dass das primäre Ziel der sexuellen Vereinigung nur indirekt angesteuert wird, bedeutet nicht, dass die Farbe Rosa ihre diesbezügliche Bedeutung verloren hätte. Schon im biologischen Bereich gibt es nämlich eine Verlagerung auf die sekundären Geschlechtsmerkmale und da vor allem auf die Lippen. Gut durchblutete, pralle Lippen stehen auch bei uns für Gesundheit, Jugend, sexuelle Reife und dergleichen. Sie bilden nach Meinung der Verhaltensbiologen die weiblichen Labien nach. Kein Wunder also, wenn Frauen seit alters mit kosmetischen Mitteln dem Aussehen der Lippen nachzuhelfen gelernt haben. (Übrigens verfärben sich die weiblichen Schamlippen bei sexueller Erregung, und zwar eher rosa bei Frauen, die noch keine Kinder ausgetragen haben, und eher ins Violette gehend bei den anderen.) Die Farbe der Lippen erscheint in der Regel weniger rot als rosa und entsprechend wurden sie in unzähligen Gedichten mit Rosen in Verbindung gebracht.

Es scheint, dass die herausragende Stelle, die Rosa im menschlichen internen Farbraum einnimmt, auf stammesgeschichtlich ältere Strukturen zurückgeht als die erwähnte Sonderentwicklung beim Menschen, wonach die Phase der Empfangsbereitschaft der Frau kaum noch äußerlich zu erkennen ist. Was einst ein direktes sexuelles Signal darstellte, ist bei unserer Art nunmehr zu einem sekundären Zeichen gewandelt. Gleichwohl fällt auf, wie sehr die Farbe Rosa in einem Bedeutungsfeld angesiedelt ist, das um Vorgänge der Fruchtbarkeit und Prokreation zentriert ist. Dazu zählen auch Intimität, Verschwiegenheit und Privatheit. Bei den Römern hieß *sub rosa* unter dem Siegel der Verschwiegenheit.⁴ Dem Mythos nach offeriert Cupido dem Gott des Schweigens Harpokrates eine Rose, damit dieser die Liebschaften der Venus diskret verheimliche. Auch dass, wie im Zusammenhang mit der Insel Rhodos angedeutet, die Mysterien der Initiation gern mit den Symbolen von Rosa und Rosen verknüpft sind,



Abbildung 15: Feier der Kirschblüte in Japan, Ueno-Park, Tokyo

kann damit verglichen werden. Beim Sex sind Menschen, wie wohl die meisten Lebewesen, gegenüber ihrer Umgebung wenig wachsam. Das bringt es mit sich, dass Sex in der Regel heimlich und in einer sicheren Umgebung gesucht wird. Aber auch die überzeugten Anhänger Luthers, für den ja die Ehe eine Lebensnotwendigkeit darstellte, erlauben ehelichen Geschlechtsverkehr nicht nur, um Kinder zu zeugen, sondern auch als Liebesbeweis, um »Unzucht zu vermeiden«

oder um »Kummer und Trauer zu lindern«. Die Entgegensetzung von Gewalt und Sex, wie sie im Slogan »make love not war« ausgedrückt ist, findet sich auch als beliebtes Bildthema der abendländischen Malerei. Der Bildvorwurf *Venus entwaffnet Mars*, wie er im 17. Jahrhundert so oft dargestellt wird, gibt den Malern Gelegenheit, die mit der intimen, weiblichen Sphäre konnotierte Erotik der kriegerischen Welt der Männer entgegenzusetzen. Rosa, Rosen, Sinnlichkeit, Nähe und gerötete weibliche Haut bilden dabei geradezu verpflichtende Gestaltungsmittel für den Bereich der Venus. Rosa stimmt nicht aggressiv, sondern wird als Beschwichtigung und zur Besänftigung eingesetzt.

Die an Bahnhofsbuchhandlungen zu erwerbenden Frauenromane in Heftform kennen eine ausgeprägte Farbikonografie. Ein unausgesprochener, aber wirksamer Code signalisiert den Kundinnen den zu erwartenden Inhalt. Gold weist auf historische Romane im Adelsmilieu hin, Blau auf die sachliche Welt moderner Frauen in der Gegenwart. Was die Explizitheit der Erotik angeht, steht Grün für soft, Rosa für romantische Liebe und Knallrosa oder Magenta für geradezu pornografische Darstellungen. In Frankreich kannte man seit dem 18. Jahrhundert auch die Bezeichnung *cuisse de nymphe émue* (= Schenkel einer erregten Nymphe) für eine wohl der Magenta verwandte Malerfarbe, was die Verbindung mit sexueller Erregung und Rosa/Pink/Malve/Purpur/Magenta unterstreicht.⁵ Rosa unterhält jedenfalls Beziehungen nicht nur zu Weiß und Rot, sondern auch zu Magenta/Purpur und sogar zu Lila/Violett. Das eben Ausgeführte widerspricht jedoch keineswegs der Tatsache, eher im Gegenteil, dass Rosa am menschlichen Körper auftritt, der grundsätzlich keine blauen Pigmente aufweist. Wie schon Goethe beschrieb, erscheint eine trübe transluzente Helligkeit vor dunklem Grund häufig als bläulich. So wird Blut, das durch die Haut durchschimmert, ins Bläuliche hin verfärbt, was die Rede vom vornehmen »blauen Blut« erklärbar macht. Ähnliches liegt den Hämatomen oder »blauen Flecken« zu Grunde, aber auch den blauen Augen bei Menschen mit schwacher Pigmentierung. Die rosa Wangen erscheinen daher nicht selten leicht bläulich, was im 18. Jahrhundert von Malern wie Boucher oder Nattier gebührend unterstrichen wurde. Die gleichzeitigen Porträts adeliger englischer Damen zelebrieren ebenfalls ein kühles Rosa, um zwischen Vornehmheit und jugendlich frischer Erotik zu vermitteln. Dass Rosa als die Fleischfarbe gilt, als die Farbe des Inkarnats, muss demnach differenziert werden. Nicht die Hautfarbe an sich, sondern nur die gut durchblutete Haut an den Stellen, wo diese Durchblutung für andere sichtbar wird, weist

rosa Färbung auf. Nun weisen aber die gleichen geröteten Stellen in der Regel starke sexuelle Bezüge auf. Der als Inkarnat bezeichnete Farbton ähnelt an sich eigentlich keiner der Varianten menschlicher Hautfarbe, sondern steht für diese Partien und damit indirekt für Erregung, Wallung oder Entbrennen. Der bereits erwähnte Maler J. I., der als Folge eines Autounfalls unter cerebraler Achromatopsie litt, beschreibt, dass er erhebliche Probleme hatte, die ihm mausgrau erscheinende weibliche Haut nicht abstoßend zu finden.⁶

Natürlich lässt sich Rosa nicht auf die Bedeutung des weiblichen Genitals einengen, ebenso wenig wie ein symbolischer Gebrauch mit der Nennung der Sache selbst verwechselt werden sollte. Die durch biologische Signale ausgelösten Instinktsequenzen wie z. B. der Nestbau oder eben das Paarungsverhalten sind zwar beim Menschen wesentlich indirekter und plastischer, sie können aufgeschoben, zerlegt und rekombiniert werden. Dennoch sind sie keineswegs unwirksam, wie das weltweite Bevölkerungswachstum zur Genüge belegt. Jedoch signalisiert sogar im Biologischen die Farbe Rosa mehr und Umfassenderes als allein die Aufforderung zur sexuellen Vereinigung, zumal der Eros sich auf eigentlich alle Lebensbereiche erstrecken kann. Sekundäre Merkmale wie die Lippen können auffälliger und wirksamer sein als die primären. Da eine Farbe nicht für eine andere stehen kann, unterhält Rosa aber auch noch in ihrer Verbindung mit sekundären oder tertiären Geschlechtsmerkmalen eine gewisse Beziehung zu ihrer Fundierung.

Ein weiteres sekundäres Geschlechtsmerkmal betrifft das Erröten, das für viele Männer außerordentlich attraktiv wirkt und deshalb gern imitiert wird. Im bekannten Lied von Franz Schubert *Als ich sie erröten sah*, das ein Gedicht von Bernhard Ambros Ehrlich (ca. 1765–1827) vertont, heißt es beispielsweise:

»Wenn mit wonnetrunken Blicken,
Ach und unaussprechlich schön
Meine Augen voll Entzücken
Purpurn dich erröten sehn,«

Erröten im engeren Sinne, das bei beiden Geschlechtern auftritt, ist einerseits ein unwillkürlicher Vorgang, andererseits gebunden an die Tatsache, dass man sich als den Blicken anderer, zu denen allerdings auch übernatürliche Wesen zählen können, ausgesetzt erlebt. Der Vorgang selbst ist nicht besonders gut verstanden, aber einiges lässt sich doch aussagen. Einmal ist er mit dem *sex flush* verwandt, der

unwillkürlichen Verfärbung von Kopf, Hals und Oberkörper beim Orgasmus, wobei die gleichen Botenstoffe wie Stickmonoxyd eine Rolle spielen, die übrigens auch die männliche Erektion steuern. Beim Erröten ist noch wichtig, dass die Neigung dazu im Lauf des Lebens sich verliert, weshalb es Unschuld und Jugendlichkeit konnotiert und bei älteren Menschen nicht mehr als glaubwürdig erscheint. In Karikaturen wie der von George M. Woodward aus der Zeit der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert, wo eine alternde Nymphe zu erröten behauptet, wird dann die unglaublich gewordene Scharade der Liebeswerbung im Rokoko bei einem alternden Paar persifliert. Auch handelt es sich beim Erröten um eine submissive Geste, die beschwichtigend wirkt. Inwieweit die rosafarbenen Babys, die gut daran tun, unser Fürsorgeverhalten auszulösen, hier herangezogen werden können, sei dahingestellt. Vor allem aber hängt Erröten davon ab, dass wir uns der Tatsache bewusst sind, das Objekt von Blicken anderer zu sein. Sind wir allein, erröten wir nicht. Nun können auch Männer erröten und beide Geschlechter tun dies auch in nicht-sexuellen Zusammenhängen, aber am häufigsten widerfährt dies doch jungen Mädchen, die bemerken, dass sie sexuell begehrt werden. So bezieht der Dichter Paul Claudel das Erröten direkt auf die Reaktion einer Frau beim Gewahrwerden, dass sie begehrt wird: »(...) le rose qui monte au visage de la femme quand elle voit se poser sur elle le regard approbateur de celui qu'elle aime (...)«⁷ Es scheint, dass Männer daraus den Schluss ziehen, ihre Avancen hätten eine gewisse Wirkung erzielt. Im bekannten Bild Fragonards *Die Schaukel* wird die schaukelnde junge Dame gewahr, dass sie dem vor ihr in einem Rosenbeet (!) kauern den Galan einen unziemlichen Einblick in ihren Intimbereich gestattet, was dieser auch ausnützt. Sie errötet und schleudert ihm ihren Schuh entgegen, worauf auch der Ertappte errötet, während der nichts ahnende, die Schaukel bedienende Abbé naive sein Geschäft weiterführt. Bei einem Bild wie Bronzinos berühmter *Allegorie der Liebe* in der National Gallery London errötet die ansonsten makellos weiße Venus angesichts des Kusses durch Amor auffällig an den Wangen, wobei ein anderer Knabe ein Bukett Rosen heranzutragt.

Schon der Pygmalionmythos lässt mit dem Erröten der Elfenbeinstatue ihre Beseelung beginnen. Zwischen Farbe und Leben, d. h. geröteten Wangen als sichtbare Emotionalität und Ausweis menschlicher Empfindungsfähigkeit, stellt auch Condorcets bekannte Schilderung einen Zusammenhang her, in der er in einem Gedankenexperiment einer Statue schrittweise geistig-seelische Fähigkeiten hinzufügt,

bis von einem menschlichen Wesen gesprochen werden kann. Das hier obligate Goethe-Zitat lautet: »am farbigen Abglanz haben wir das Leben.« Die Haut ist die Stelle des unmittelbaren Kontaktes zwischen dem Selbst und den anderen. Deshalb wohl weist das Erröten sowohl eine psychologische als auch eine soziale Komponente auf.

Gegenwärtig wird intensiv die sogenannte *theory of mind* diskutiert, die Tatsache, dass wir Menschen uns in andere hineinversetzen können und ein Bewusstsein dafür haben, welchen Anblick wir den anderen bieten und wie wir unsere Wirkung auf sie beeinflussen können. Dazu gehört auch die Fähigkeit des *mind reading*, des Erschließens der Bewusstseinszustände anderer, aber auch die Möglichkeit der Verstellung, was die Frage nach der Zuverlässigkeit der körperlichen Signale aufwirft.

Zahllos sind die Schilderungen der Schönheit von Frauen im europäischen Mittelalter, wo beispielsweise Venus oder auch Maria gerühmt werden als blond, mit schneeweißer Haut, die an den richtigen Stellen rosa erscheint. Diesem Ideal folgen jedenfalls im Westen auch spätere Maler bis weit ins 20. Jahrhundert. Für das 20. Jahrhundert mag ein Werk von Andy Warhol stehen, der das Sexsymbol der fünfziger Jahre, Marilyn Monroe, sogar mit einer durchgängig rosa Haut ausstattet



Abb. 16: Andy Warhol, Marilyn, 1964, Siebdruck auf Acryl auf Leinwand, 101,5 x 101,5 cm, Privatsammlung

(Abb. 16). Natürlich wird auch bei der Wangenfarbe mit Kosmetik und Schminke nachgeholfen, was keineswegs auf die sogenannten Kaukasier beschränkt ist.

Die Sichtbarkeit des Errötens hängt jedoch von der Pigmentierung der betroffenen Hautpartien ab. Diese selbst bedeutet eine Anpassung an die Stärke der Sonneneinstrahlung, aber in allen Kulturen, ob in Neuguinea oder bei den Amazonasindianern, ob bei den alten Ägyptern oder den heutigen Schweden

sind Kinder etwas weniger stark pigmentiert als Erwachsene und Frauen etwas weniger stark als Männer, weshalb eine helle Haut für Jugendlichkeit und Weiblichkeit stehen kann und steht, zumal der Vorgang zur Zeit der Pubertät noch nicht abgeschlossen ist. Auch ein japanischer Samurai ist wie der Ritter und auch der Westernheld idealerweise etwas dunkelhäutiger als die edle Frau, die sie erringen. Das bringt es mit sich, dass das Erröten als für junge Frauen typisch angesehen wird und ein gewissermaßen permanentes Erröten als sehr attraktiv gilt.

Allerdings muss hier auf ein rassistisches Vorurteil hingewiesen werden. Da eben das Erröten angesichts männlicher Avancen bei geringer Pigmentierung deutlicher sichtbar ist, neigen (hellhäutige) Männer dazu, Frauen mit dunklerer Haut für sexuell erfahren, vielleicht sogar schamlos oder durchtrieben zu halten, was in der Geschichte des Kolonialismus eine unselige Rolle gespielt hat und noch spielt. Nun weist die Dicke der Haut, ihre Transparenz und Pigmentierung an unterschiedlichen Stellen durchaus Unterschiede auf. Im westlichen Kulturkreis jedoch, d. h. bei Menschen mit nur geringer Pigmentierung, kommt eine rosa Hautfärbung naturgemäß auch an Stellen vor, wo sie bei Afrikanern nicht sichtbar ist, aber die physiologischen Vorgänge sind bei allen Menschen mehr oder weniger gleich.

Nachdem gezeigt wurde, dass Rosa ein starkes biologisches Signal aussendet, dessen Wirkung wir uns kaum entziehen können, seien aber einige Einschränkungen gemacht. So muss auf die fundamentale Ambivalenz hingewiesen werden, die allen biologischen Signalen innewohnt. Handelt es sich bei Rosa um ein ehrliches Signal? Als Kommunikationsmittel innerhalb unserer Art gebraucht, stellt sich das Problem der Glaubwürdigkeit in aller Schärfe. Soziale Regeln treten hinzu und müssen gleichfalls berücksichtigt werden. Natürlich hat die Fundierung der Wahrnehmung von Rosa in biologischen Gegebenheiten nicht zu bedeuten, dass die Reaktionen auf diese Farbe immer und überall gleich sind. Die Kultur greift ein und reguliert, was jeweils und in welchen Kontexten als erlaubt oder schicklich gilt. Biologie und Kultur sind nicht Gegensätze, denn die kulturellen Vorschriften setzen gern da an, wo etwas vorliegt, das zu regeln sich lohnt.

Grundsätzlich und nicht nur bei der Farbe Rosa gilt, dass die Reaktion auf einen Reiz im gleichen Maß vom Zustand dessen abhängt, der den Reiz empfängt, wie vom Reiz selbst. Wer übersättigt ist, wird einen Essensreiz vielleicht eher negativ erleben. Auch bei Rosa kann es einem angesichts der heute anzutreffenden Allgegenwärtigkeit synthetischer Farbstoffe leicht zu viel werden, abgesehen davon, dass

sich nicht jede Situation eignet, im Bedeutungsfeld dieser Farbe interpretiert zu werden. Wenn Rosa so oft als vulgär oder kitschig angesehen wird und insgesamt zu den am heftigsten abgelehnten Farben zählt, so verweist dies meines Erachtens paradoxerweise jedoch eher auf seine ungewöhnliche biologisch fundierte Wirksamkeit. Was mich gleichgültig lässt, ruft auch keine intensive Abwehr hervor. Sofern ich nicht der Adressat der Verführung bin bzw. wenn sie von der falschen Person ausgeht, mich ängstigt, mir peinlich oder unangenehm ist oder wenn der soziale Ort sie als unangemessen erscheinen lässt, stößt ein Reiz auf heftige Ablehnung, der in anderen Umständen vielleicht als Glücksversprechen wirkt und uns die Welt durch die sprichwörtliche rosarote Brille sehen lässt. Der Verhaltensbiologe Irenäus Eibl-Eibesfeldt hat das sogenannte »Schamweisen« untersucht, das Entblößen der Scham zur Schmähung von beispielsweise Gefangenen. Der Werbebranche sei's gesagt: Eine erotische Aufforderung, der ich angesichts der Umstände nicht nachkommen kann, wirkt verhöhrend oder beleidigend.

Bei Rosa also spielen die Reziprozität, das Entgegenkommen bzw. die eigene Bereitschaft, die Botschaft zu akzeptieren, eine entscheidende Rolle. Die Ambivalenz, der Kitschvorwurf, dass es uns so leicht zu viel wird, die der Verwendung von Rosa so oft anhaften, sie haben wohl hier ihre Ursache. Nicht selten bestimmt die Grenze zwischen privat und öffentlich, die natürlich ihrerseits von historischen und kulturellen Faktoren abhängt, darüber, ob Rosa als schicklich oder unschicklich angesehen wird. Da neben dem eigenen Zustand sowie der Selektivität, mit der wir mögliche Sexualpartner beurteilen, auch die sozialen Regeln, der Anstand und anderes regulierend eingreifen, kann Rosa leicht als Grenzüberschreitung, als unerwünschte Zumutung empfunden werden. Wie Derek Jarman feststellt: Rosa ist immer schockierend, nackt.⁸ Auch die vulgäre Miss Piggy der Muppet-Show ist rosa. Natürlich kann der Schock auch künstlerisch gewollt sein, wie es die Pop-Art vorführt.

Es gibt Zeiten, in denen Rosa im öffentlichen Raum akzeptabler ist als in anderen. Das Rokoko war unbedingt eine solche Epoche. Damals hat man gern erotische Bezeichnungen für die modischen Fleischtöne verwendet wie *nun's belly*, *couleur de baise moi*, *de péché mortel*, *des desirs amoureux* etc.⁹ Wohl schon der Manierismus kann, wenn man an Künstler wie Pontormo denkt, als rosa Epoche gelten und vielleicht auch der Jugendstil, den allerdings eher eine Neigung zu Mauve- und Violettönen auszeichnete. Die 50er-Jahre des letzten Jahrhunderts bildeten dann die bislang letzte Epoche, für die Rosa als

emblematisch gelten kann. Aber auch die psychedelischen 1970er-Jahre, das war die Zeit, wo der Rocksong *Think Pink* von John »Twink« Alder weite Verbreitung fand, hatten eine gewisse Vorliebe für das *shocking pink*. Die Pop-Art amerikanischer Prägung, die allerdings in die sechziger Jahre zurückreicht, hatte damals dann auch die allgemeine Pop- und Jugendkultur geprägt. Zwischen *high* und *low* gab es ungeahnte Hybridbildungen. Was *camp* war, und das war häufig rosa, war in. Die Adjektive »grell« oder »schockierend« oder »geschmacklos« galten keineswegs als pejorativ. Mit einer gewissen Verzögerung reagierte sogar die Haute Couture und brachte beispielsweise rosa Parfums auf den Markt: *Shocking rose* von Escada oder *Baby Doll* von Yves St. Laurent. Zehrten Wesselmans *Great American Nude* oder Oldenburgs *soft sculptures* mit ihrer schlaffen rosa Haut von der Alltagskultur der 1950er-Jahre, so haben sie ihrerseits die Pop- und Jugendkultur der 1970er befruchtet. Die Sex-Göttinnen des 20. Jahrhunderts wie vor allem Marilyn Monroe – emblematisch ihr rosafarbenes Kleid, das sie 1962 bei der Geburtstagsfeier von John F. Kennedy trug – unterhalten, wie einst Venus, eine natürliche Beziehung zu dieser Farbe.

Masako Ohya, eine millionenschwere japanische Witwe, die sich nur in Rosa kleidet, brach das Tabu, dass diese Farbe sich nur für junge Mädchen, jedenfalls Frauen vor der Menopause, schickt. Dies war auch die Zeit der großen Kämpfe im Namen der sexuellen Freiheit. Eines der Resultate war, dass die sozial vorgeschriebenen Rollen sexueller Identität gelockert wurden und weniger rigide Trennungen vorsahen, sodass sich eine deutliche Liberalisierung der öffentlichen Meinung gegenüber den Schwulen und Lesben durchsetzen konnte. Wenn sie auch den Beginn ihrer als Kunstwerk ernst zu nehmenden Auftritte erst ins Jahr 1991 setzen, so reichen die Anfänge von Eva und Adele, eines Berliner Künstlerpaares mit ungewisser sexueller Identität, die, stets rosa gewandet, in ihren Aktionen/Performances die neue Ausrichtung der Kunstwelt signalisierten, in diese Zeit zurück. Das technisch machbare Übermaß an Rosa- oder Purpurtönen führte zu einer Art künstlichen Paradieses. Die rosa Pillen von damals (»mothers little helpers«) versprachen Optimismus, wurden als Happy-maker gehandelt. So spielt die 1966 gegründete Musikgruppe *Pink Floyd* schon im Namen auf den poppigen und psychedelischen Charakter ihrer Musik an.

Nun sollte man jedoch nicht ohne Weiteres aus den Charakteristika eines in einer Epoche oder Kultur vorherrschenden Stils auf die Verfasstheit der jeweiligen Menschen schließen. Oft genug wird in der

Kunst ein Sehnsuchtsmotiv befriedigt. Sie weist eher auf ein Defizit hin, das im Alltag nicht befriedigt werden kann. So haben die Paradiesgärtlein des späten Mittelalters mit ihren Rosenhecken, Jungfrauen und schutzbedürftigen Kindern ihr Gegenstück in der kriegerischen, männlich bestimmten Realwelt mit ihren Exzessen an Gewaltausübung. Die alles andere als naive und unschuldige Gesellschaft des 18. Jahrhunderts, wo in Adelskreisen Kinder nicht selten um ihre Kindheit gebracht wurden und praktisch getrennt von ihrer Mutter aufwuchsen, hat in ihrer Kunst gerade solche Werte der Kindheit, naiven Sentimentalität, Jugendfrische und reuelosen Süße gefeiert, die sie realiter entbehrte. Auch die 1950er-Jahre mit ihrer bonbonfarbenen Unschuld, ihrer an Eisdielel gemahnenden Frische, versprachen einen Neuanfang, indem sie die Erinnerung an die Last und Schuld des 2. Weltkriegs zu kompensieren suchten. Edith Piafs *La Vie en rose*, das um 1945 entstand, wurde nicht umsonst zum beliebtesten Chanson der Epoche. Dort heißt es:

»Quand il me prend dans ses bras
Qu'il me parle tout bas
Je vois la vie en rose«

Jugendlichkeit, Frische, Süße, Kindheit, unschuldiger Sex oder naive Sentimentalität, wie sie sich in der Vorliebe für die Farbe Rosa manifestieren, sie verweisen eher auf ein verlorenes Paradies, ein nostalgisches Heraustreten aus der Gegenwart.

Im Grunde handelt es sich bei der unterschiedlichen Reaktion auf Rosa um eine soziale Aussage. Der Aufforderungscharakter samt Reziprozität und die Abhängigkeit vom stimmigen Kontext, die mit Rosa verbunden sind, führen dazu, dass man diese Farbe scheut oder an ihr Anstoß nimmt, wenn die genannten Bedingungen einer Hingabe nicht erfüllt sind. Jedenfalls unterliegt die Akzeptanz bestimmter Farben im öffentlichen Erscheinungsbild einem kulturellen Wandel und da immerhin scheint sich neuerdings wieder eine gewisse Toleranz im Umgang mit Rosa abzuzeichnen. Die Angst, gegen geheime Farbcodes zu verstoßen und als billig und geschmacklos dazustehen, hat sich entschieden verringert. Der Eindruck von Gediegenheit gilt nicht als sexy. Wer als Mann heute rosa trägt, sagt, dass er als *rara avis* gelten will und die Aufmerksamkeit, die er auf sich lenkt, gern aushält, zu verdienen meint und zu genießen versteht. Heute kann ein erfolgreicher junger Unternehmer, also jemand, der an der Spitze einer Hierarchie steht, sich ohne Weiteres beispielsweise ein rosa Auto leisten. Die Botschaft, die damit ausgesendet wird, ist: »Ich bin kreativ, innovativ, künstlerisch und habe eine Position erreicht, wo ich mir diese

Extravaganz leisten kann.« Das Nichtstun eines dolce vita oder die Befreiung aus den Zwängen der Pflicht und Notwendigkeit scheinen sich heute mit der Farbwahl von Rosa zu verbinden.

Rosa entfaltet seine Wirkung, ja seinen Charme, weil es nicht direkt die Sache beim Namen nennt, sondern suggestiv darauf anspielt, sie nicht unverblümt, sondern durch die Blume zu verstehen gibt. Rosa verdeckt und enthüllt eine andere Rose und es hängt vom Wissen, den gängigen Konventionen der jeweiligen Kultur und der Erfahrung des Adressaten ab, inwieweit dieser Zusammenhang ihr oder ihm bewusst ist oder nicht. Die in vielen europäischen Städten anzutreffenden Straßennamen wie »Rosengasse« oder »Rosenstraße«, »Rosenwinkel«, »Rosenthal«, »Rosenhagen« etc. standen einst als euphemistische Bezeichnung für die dort anzutreffende Prostitution. Die Wirksamkeit von Rosa liegt darin, dass sie unausgesprochen bleibt. Dies gilt natürlich für die Sprache der Liebe allgemein, wo zu viel Deutlichkeit das zerstören würde, was erst aufgebaut werden soll. Im Deutschen kennen wir den Ausdruck, etwas ›durch die Blume zu sagen‹ und Rosa, auch der Gebrauch von Rosen und anderer rosafarbener Objekte bieten eine hervorragende Möglichkeit, etwas zu sagen und gleichzeitig doch nicht zu sagen, es jedenfalls nicht so direkt zu sagen, das man nicht jederzeit von seiner Aussage wieder zurücktreten könnte.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. Andrew Parker, *Seven deadly colours*, London 2005.
- 2 Vgl. Anthony Mercatante, *Der magische Garten*, Zürich 1980, S. 93. Tizian gibt dem Gott Bacchus in seinem berühmten Bild *Bacchus und Ariadne* (National Gallery London) einen auffälligen rosa Umhang.
- 3 Vgl. J. W. v. Goethe, *Sophienausgabe*, Abt. I, Bd. 49, S. 142.
- 4 Vgl. Lutz Röhrich, *Lexikon der sprichwörtlichen Redensarten*, Freiburg, Basel und Wien, 2. Aufl. 1973, S. 778.
- 5 Allerdings bezeichnete man mit diesem Ausdruck bereits im 16. Jahrhundert eine Rosensorte.
- 6 Vgl. Oliver Sacks, *Eine Anthropologin auf dem Mars*, Reinbek bei Hamburg, 1995.
- 7 Vgl. Paul Claudel, *Commentaire du Cantique des cantiques*, 1948, S. 472, zitiert nach: Annie Mollard-Desfour, *Le dictionnaire des mots et expressions de couleur du XXe siècle/Le rose*, Paris 2002, S. 104.
- 8 Vgl. Derek Jarman, *Chroma*, Berlin 1995, S. 167.
- 9 Vgl. Don Pavey, *Colour and Humanism: Colour Expression over History*, o. O. 2003, S. 185.

Farben mit und ohne Oberfläche – Farbe in Bildern

Unsere Wahrnehmung hat sich nicht an zweidimensionalen Bildern entwickelt, sondern über Jahrmillionen hinweg in der natürlichen raumzeitlichen Umgebung unserer Vorfahren. Dort sind Bilder ein seltener Spezialfall. Dass im Prozess des Sehens auf der Retina zunächst ein flächiges Bild entsteht, das erst in der Folge durch das Gehirn eine räumliche Interpretation erhält, ist kein Gegenbeweis, denn wir haben keinen bewussten Zugang zu ihm. Was uns bewusst wird, ist bereits eine dreidimensionale Repräsentation der Welt. Die visuelle Wahrnehmung dient, wie inzwischen klar geworden sein sollte, zuvörderst dem Ziel, uns in unserer Umwelt zu orientieren, wozu das Erkennen der räumlichen Situation und die Unterscheidung von Objekten unerlässlich sind, und sie soll es uns erlauben, Handlungen in dieser Umwelt vorzubereiten und auszuführen. Die Umwelt ist kein zu betrachtendes Bild. Rasche Entscheidungen auf der Grundlage der bislang erworbenen Erfahrungen werden von der Wahrnehmung bevorzugt, auch wenn sie nicht immer zutreffend sind. Schnelligkeit und Genauigkeit sind nicht gleichzeitig zu haben. Selten gibt es die Gelegenheit, in Ruhe und ohne Handlungszwang die eigenen Wahrnehmungen zu überprüfen, wie es bei Bildern in der Regel möglich und für deren Betrachtung typisch ist. Prinzipiell sehen wir allerdings auch Bilder mit unserem nun einmal zur Verfügung stehenden Wahrnehmungsapparat an und dieser versucht, möglichst auch bei dem künstlichen Wahrnehmungsangebot, das Bilder darstellen, seiner biologischen Aufgabe nachzukommen. Dies gilt natürlich nicht minder für die Farbwahrnehmung.

Es gibt aber eine Reihe von Unterschieden, die nicht so sehr vom Wahrnehmungsvorgang selbst als von der besonderen Art von Wahrnehmungsangebot abhängen, das von Bildern ausgeht. Hier sei betont, dass die in der Lebenswelt so selten mögliche kontemplative Haltung der eigenen Wahrnehmung gegenüber im Kunstkontext und bei der Betrachtung von Bildern eine Entfaltungsmöglichkeit findet. Auch wenn in der Gegenwart die Herstellung von Tafelbildern nicht mehr repräsentativ für das Kunstgeschehen in unseren Biennalen zu sein scheint, werden hier die Verhältnisse beim Betrachten von Bildern behandelt, denn ihre Anwesenheit in unserem Alltag hat durch

Fotografie, Film, Fernsehen, Video, Computer sowie die Printmedien ein derartiges Ausmaß erreicht, dass man ohne Verständnis der Besonderheiten der Bildwahrnehmung Gefahr läuft, als visueller Analphabet zu gelten. Bilder, unter denen die Kunstwerke heutzutage nur einen verschwindend geringen Teil ausmachen, sind von ungleich größerem anthropologischem Gewicht als der spezialisierte Kunstbetrieb in den Industrienationen.

Wie beschrieben, reicht es wegen der drei verschiedenen Farbrezeptoren im Auge im Prinzip aus, drei unabhängige Werte (für lang-, mittel- und kurzweiliges Licht) zu messen, um den Farbeindruck einer bestimmten Stelle des Gesichtsfeldes zu bestimmen. Demnach genügt ein dreidimensionaler Farbraum für die Darstellung sämtlicher möglicher Werte. Unsere neuen Medien und Wiedergabeverfahren, die Farbmetrik, Drucktechnik und andere technische Anwendungen verfahren in genau diesem Sinn. Beispielsweise ist eine digitale Kamera so aufgebaut, dass sie eben jene drei Werte pro Bildpunkt ermittelt, die dann bei der Wiedergabe je nach Medium wieder in entsprechende Signale etwa von Leuchtdioden oder Pigmenten umgesetzt werden. So also beruhen die genannten Mimesis-Maschinen auf einer Aufzeichnung (und bei der Wiedergabe: einer Simulation) der photischen Situation, die ein Mensch am Standort der Kamera registriert hätte. Ein Bild löst im Idealfall dieselben Reize auf der Retina aus, wie der Betrachter sie in einer wirklichen Situation hätte empfangen können. Deshalb brauchen wir das Erkennen von Bildern nicht wirklich zu lernen, wenn es auch Einzelaspekte gibt, die eine gewisse Erfahrung im Umgang mit ihnen voraussetzen. So weit die Argumentation, die davon ausgeht, dass Bilder dem (flächigen) Muster entsprechen, das sich auf unserer Retina abbildet, seine räumliche Interpretation also erst später vom Gehirn geleistet wird, mithin Bilder einfacher als die Wirklichkeit zu verstehen sein müssten.

Das Problem ist, dass ein Bild nicht unsere sonstige visuelle Wahrnehmung außer Kraft setzt, sondern wir normalerweise genau wissen, dass wir es mit einem Bild und nicht mit der Wirklichkeit zu tun haben und das Bild lediglich als eine besondere Art von Objekt in unserem Realraum sehen. Bilder treten nicht an die Stelle des Realraums, in dem wir uns befinden, sondern werden ihm hinzugefügt, verkomplizieren ihn. Die Fernsehbilder im Wohnzimmer, die von weit entfernten Ereignissen berichten, setzen die gleichzeitige Wahrnehmung des Wohnzimmers nicht außer Kraft. Es gibt beispielsweise die Stereopsis (der Vergleich der beiden leicht unterschiedlichen Bilder in unseren Augen durch die Wahrnehmung, um daraus räumliche Schlüs-

se zu ziehen) sowie die relative Bewegung, die uns mitteilen, dass wir es mit einem Bild zu tun haben und nicht mit einem dreidimensionalen Objekt. Bei der relativen Bewegung oder Parallaxe handelt es sich darum, dass bei Eigenbewegung nahe Objekte im Verhältnis zu uns rascher ihren Ort verändern als entfernte. Beide, Stereopsis und Parallaxe, werden übrigens vom gleichen Gehirneareal verarbeitet. Es bleibt auch bei der Wahrnehmung eines Bildes nicht untätig, sondern sorgt weiterhin für die Orientierung unseres Körpers im Raum. Hindert man sie, etwa durch Einschränkung der Bewegungsmöglichkeiten des Betrachters oder durch Unschärfe, an der Wahrnehmung der Flächigkeit, kann die Überzeugungskraft der Illusion gesteigert werden.

Was ist ein Bild? Offenbar ist die Fähigkeit, Bilder wahrzunehmen, eine menschliche Spezialität. Tiere, wenn sie denn auf Bilder reagieren, meinen, dass vor ihnen tatsächlich eine Pflanze oder ein Tier existiert und nicht eine Darstellung. Sie lassen sich also ebenso wie Menschen manchmal täuschen. Ist ihnen jedoch klar, dass da nur eine zweidimensionale Wand ohne reale Objekte vor ihnen ist, hören sie auf, sich dafür zu interessieren. Zeigt man Hunden noch so attraktive andere Hunde im Fernsehen, so fesselt sie das keineswegs und sie schnüffeln auch nicht an ihnen herum. Wir Menschen wissen dagegen eigentlich immer, dass wir uns vor einem Bild, d. h. einer virtuellen und nicht realen Welt aufhalten, und verlieren trotzdem nicht das Interesse. Schon im Alter von zwei Jahren wissen Kinder, was Bilder sind. Sie müssen auch nicht im Gegensatz zu den Behauptungen mancher Anthropologen den Umgang mit ihnen wie eine Sprache lernen. Allerdings wird ein Kind seine dreidimensionale Puppe jederzeit dem Bild seiner Puppe vorziehen.¹

Wenn es sich erweisen sollte, dass zwischen der menschlichen Fähigkeit, auf Bilder zu reagieren, und solchen anthropologischen Phänomenen wie der Kunst, Religion, Sprache und damit auch Philosophie und Wissenschaft ein sachlicher Zusammenhang besteht, so wäre dies nicht verwunderlich, denn die Fähigkeit, sich unkörperliche oder unsichtbare Agenten vorzustellen, die uns gleichwohl beeinflussen, ist allen ihnen gemeinsam. Beispielsweise stellen wir uns Engeln gern als unfassbare Lichtwesen vor, ohne die uns vertraute materielle Körperlichkeit. Wir können nachdenken über das, was wir sehen, auch wenn die Existenz dessen, was wir sehen, gewissermaßen eingeklammert oder zweifelhaft ist. Zeichen stehen für etwas, das gerade nicht da ist, ähnlich wie Bilder etwas zeigen, das nicht wirklich an dem Ort ist, wo es selbst bzw. der Bildträger als physische Entität ist. Die menschliche Fähigkeit, das eigene Spiegelbild zu erkennen, wird

in diesem Sinne mit der theory of mind in Verbindung gebracht, wonach wir imstande sind, uns gewissermaßen von außen, mit den Augen eines anderen, zu sehen und umgekehrt ihnen ein inneres Bewusstsein zuzugestehen, wie wir es von uns selbst aus der Innenperspektive kennen, aber nicht direkt bei anderen beobachten können.

Natürlich sind wir uns bei Betrachtung eines Bildes, sobald es als Bild erkannt ist, jederzeit im Klaren, dass wir die abgebildeten Früchte nicht verzehren, uns mit einer abgebildeten Waffe nicht verteidigen, eine abgebildete Frau nicht umarmen können, aber das hält Menschen nicht ab, sich mit solchen Virtualitäten abzugeben. Deshalb erlaubt es gerade das Immaterielle von Bildern, d. h. ihre Flüchtigkeit, transzendente Wesen zu beschwören. Schon wenn die durch Eigenbewegung zu erwartenden Parallaxenbewegungen ausbleiben, sind wir sicher, dass das, was wir sehen, nicht dreidimensional sein kann und andere Informationen wie die Akkomodation, die Konvergenz bzw. der Konvergenzwinkel verhindern gleichfalls, dass wir getäuscht werden. Sie sind bei der Bildwahrnehmung nicht wirksam. Spätestens sobald wir uns bewegen, werden Trompe-l'oeil-Darstellungen ungläubwürdig. Wir bewundern sie nicht, weil wir sie mit der Wirklichkeit verwechseln, sondern weil sie täuschend ähnlich aussehen, obwohl sie nur aus erkennbar flachen Farbflecken bestehen. Nur in seltenen und recht künstlichen Fällen verwechseln wir Bilder mit der Realität. Dazu ist vor allem nötig, dass wir den Bildträger nicht als solchen erkennen und mit unseren realen Körperkoordinaten verrechnen können. Deshalb hatte Leonardo gefordert, Bilder aus großem Abstand zu betrachten, um die Illusion, die sie erzeugen, möglichst perfekt zu machen. In der Ferne ist die Stereopsis außer Kraft gesetzt und auch die relative Bewegung liefert kaum noch verwertbare Hinweise. Bilder sind, jedenfalls für Teile der Wahrnehmung, gewissermaßen von Natur aus Fernbilder. Auch im Kino vergessen wir vergleichsweise leicht, dass da eine monochrome Leinwand einer bestimmten Größe und Ausdehnung in einer bestimmten Lage zu unserem Körper situiert ist, die mit wechselnden Mustern farbig bestrahlt wird, denn das Filmbild im dunklen Kinosaal kollidiert nicht mehr mit anderen visuellen Informationen zum Realraum. Hier ist es sogar so, dass mit zunehmender Erfahrung die Neigung schwindet, sich bei Verfolgungsjagden an seinem Sitz festzuhalten.

Unter der genannten Perspektive ist die Wahrnehmung zweidimensionaler Bilder nicht einfacher oder elementarer als die unserer natürlichen Umgebung, sondern komplizierter. Es gibt im Gehirn eine Region, die als Orientations-Assoziations Struktur bekannt ist. Mittels

dieser Region sind wir imstande, uns von der Welt um uns herum zu unterscheiden und uns im Raum zu orientieren. Normalerweise nehmen wir die Leistungen dieser Region als selbstverständliche Gegebenheit hin, doch gibt es eine Reihe von Situationen, wo dies nicht zutrifft, sowie Techniken, mit denen man die genannten Leistungen schwächt oder außer Kraft setzt, unter denen eine Überforderung des sympathischen Systems am häufigsten begegnet. Nicht zufällig finden wir den Einsatz solcher Techniken häufig in religiösen Zusammenhängen, wo es um das Erreichen anderer Bewusstseinszustände geht, doch bereits das Betrachten von Bildern stellt für die erwähnte Orientations-Assoziations Struktur einen Konflikt dar.

Bilder sind zum einen Objekte in unserer Umgebung, von denen wir – wie bei anderen Objekten auch – im Allgemeinen sagen können, dass sie eine bestimmte Größe haben, eine gewisse Lage und einen bestimmten Abstand zu unserem Körper, wie ihre Oberflächen beschaffen ist und welche Färbung sie aufweist, dass sie von einer vorherrschenden Lichtquelle beleuchtet werden, sich von anderen Objekten abheben, und was sonst noch von Objekten gewusst werden kann. Dies ist der Sinn der viel zitierten Aussage von Maurice Denis, wonach es sich bei einem Bild, ehe es etwas Virtuelles wie ein Schlachtross oder eine nackte Frau darstellt, zunächst um ein plane Fläche, bedeckt mit Farben in einer bestimmten Ordnung, handelt. Das ist der eine Tatbestand. Darüber hinaus aber sehen wir etwas Virtuelles auf einem Bild, etwas, von dem wir wissen, dass es gar nicht real da ist, das wir aber dennoch unabweisbar vor Augen haben. Man spricht, dem Kunstphilosophen Richard Wollheim (1923–2003) folgend, von der *twofoldness* eines jeden Bildes.²

Die Wahrnehmung von Bildern und die Wahrnehmung der dreidimensionalen Wirklichkeit sind deshalb nicht identisch. Zwar ist ein Bild Teil der Wirklichkeit und wird normalerweise als Gegenstand in dieser Wirklichkeit erkannt, aber darüber hinaus zeigt das Bild etwas, was eigentlich real nicht da ist, sondern nur virtuell, nur als Abbild. Dies gilt übrigens auch für ungegenständliche Bilder. Farbige Dreiecke oder Kreise oder andere abstrakte Elemente nebst ihren Überlagerungen sehen wir nicht als Teil unseres realen Raums, sondern als Teile eines fiktiven Bildraums. Erst wenn die Gattung ›Bild‹ sich auflöst und z. B. zur Gattung environment übergeht, sind die Verhältnisse anders. Es scheint, dass zeitgenössische Künstler zunehmend die Virtualität der Bilder den Medien überlassen und uns im Sinne des Besetzens einer ökologischen Nische für die Wahrnehmung realer Räume, in denen wir real anwesend sein müssen, sensibilisieren. Dass dennoch

auch hier mit fiktiven Elementen gearbeitet wird und werden muss und es immer noch um eine Analyse des Charakters des eigenen Mediums geht, steht auf einem anderen Blatt. Der Kampf gegen die Illusion eines Bildes, dem die Authentizität einer taktilen Raumauffassung des Bildes als konkretes Objekt gegenübergestellt wird, ist für weite Bereiche der Moderne typisch, wie man etwa den Schriften von Mark Rothko entnehmen kann.³

Selbst Werke der Moderne, die sich bemühen, im Sinne des *tableau-objet* (der Begriff geht auf die kubistischen Collagen und Assemblagen zurück) nichts zu simulieren, d. h. Bilder, die als Objekte im Realraum wie jedes andere Objekt erscheinen wollen, sind jedoch, sogar wenn sie reale, konkrete Materialien aufweisen, nicht gänzlich frei vom genannten Doppelcharakter des Bildes. Wir interpretieren, ob wir wollen oder nicht, zumindest probeweise jeden Farbleck und jeden Strich auf einer Fläche räumlich, sehen vielleicht einander durchdringende transparente Schichten oder eine Form als vor einer anderen liegend, sehen eine Andeutung von Landschaft und dies wider besseres Wissen, dass alle Bildelemente auf einer ebenen Fläche situiert sind. Die unwillkürlich vorgenommene räumliche Interpretation der Bildelemente kollidiert also mit der Interpretation eines Bildes als realem Objekt im realen Raum, was uns aber offensichtlich nicht besonders viel ausmacht. Eigenbewegung, Disparität, Parallaxe und Akkomodation, die uns sagen, dass ein Bild ein Objekt im Realraum ist, müssen unterdrückt werden, wollen wir den virtuellen Bildraum erfahren. Die Bewegungswahrnehmung ist bei Bildern gleichfalls unterdrückt, denn nur die aus der Eigenbewegung resultierenden Informationen stehen zur Verfügung und die genau informieren uns nur über den Dingcharakter eines Bildes, nicht über die entsprechenden Verschiebungen in der virtuellen Welt der Darstellung. Dies gilt in gewissem Umfang auch für die bewegten Bildern des Films, Fernsehens etc., wo die gesehene Bewegungsinformationen nicht mit denen unserer Muskel- und Gleichgewichtssinne übereinstimmen. Für den räumlichen Eindruck, den wir dennoch von Bildern empfangen, sind vielerlei Mechanismen verantwortlich, die natürlich je nach Darstellungsweise in verschiedenem Maße zum Tragen kommen. Die bekanntesten darunter dürften die Modellierung nach Licht und Schatten, die perspektivische Größenabnahme und die Überdeckung von Formen darstellen. Aber auch unser Wissen um das normale Verhalten realer Gegenstände in der realen Welt, d. h. unsere inhaltliche Interpretation der Bildelemente, beeinflusst unsere räumliche Interpretation.

Ein Bild ist demnach ein Objekt wie andere Objekte im Realraum des Betrachters und die Farben auf diesen Objekten sehen wir manchmal – vor allem aus der Nähe – im Sinne der Farbkonstanz als die ihnen zukommenden Oberflächenfarben. Ein roter Fleck auf einer Leinwand erscheint uns als eben die Färbung dieses Stücks Leinwand. Nun mag aber beispielsweise dieses Stück Leinwand etwas Virtuelles wie eine rote Tomate darstellen. Gehört die wahrgenommene Farbe dann zur Oberfläche des Bildes oder zu der dargestellten Entität? Die Erfahrung der Maler, dass es vom Raum abhängt, wie die Farben innerhalb eines Bildganzen zur Geltung kommen, beschreibt offenbar die Auswirkungen unterschiedlichen Akzentuierungen der beiden der Seiten der *twofoldness*. Künstler wie Blinky Palermo haben in ihren Werken genau solche Mehrdeutigkeiten thematisiert, doch gibt es das Phänomen natürlich schon, wenn wir die sichtbare Faktur, die »Mache« des Bildes von der damit generierten Darstellung unterscheiden. Bei Bildern des späten Tizian wurde dies wohl erstmals diskutiert. Sie zeigen aus der Nähe unintelligible Pinselstriche, die aus der Ferne gesehen zu einer überzeugenden Illusion verschmelzen. Was wir von den beiden Seiten der *twofoldness* gerade sehen, hängt zu einem gewissen Teil von der Einstellung ab, zum Teil auch von Faktoren wie dem Betrachterabstand sowie der Sichtbarkeit der Oberfläche. Eine raue, strukturierte Oberfläche, vielleicht mit pastos aufgetragenen sichtbaren Pinselstrichen lässt die Wahrnehmung über den Objektcharakter des Bildes wenig im Unklaren, was der dennoch sich einstellenden Virtualität einen eigenen Charakter verleihen kann. Eine glatte Malfläche mit akademischen fini (d. h. Unterdrücken der Sichtbarkeit einzelner Pinselstriche) entspricht der entgegengesetzten Option. Bei manchen Videoskulpturen – genannt sei Gary Hill – wo Videobilder auf ein Objekt projiziert werden, das trotzdem erkennbar bleibt, wird ein solcher Widerspruch künstlerisch genutzt, doch hatte bereits die sichtbare, nicht mimetisch motivierte Faktur gerade in den auf Farbwirkung bedachten Spielarten der Malerei einst eine ähnliche Rolle gespielt. Das andere Ideal bestünde darin, wie Alberti gefordert hatte, den Bildträger möglichst wenig in Erscheinung treten zu lassen, um nicht mit dem fiktiven, illusionären Charakter des Dargestellten zu interferieren. Dies entspricht in etwa dem, was die neuen Medien zu leisten versuchen. Meiner Überzeugung nach und im Gegensatz zu manchen Theoretikern wie Ernst H. Gombrich gilt aber, dass selbst wenn nur jeweils eine der beiden Seiten der *twofoldness* ins Bewusstsein gelangt, die andere unterschwellig den Gesamteindruck mit beeinflusst. Die beteiligten Gehirnprozesse unterscheiden sich, wenn

ich zumindest unterbewusst weiß, dass ich eine Fiktion sehe bzw. dies nicht weiß. Dies betrifft auch und gerade die neuen Medien.

Welcher Seite der *twofoldness* rechnen wir die Bildfarben zu? Die Rolle der Farbe in Bildern ist durchaus problematisch. Der *inganno della pittura* – die von Bildern ausgehende Täuschung – bezieht sich nicht zuletzt auf die Farben. Im Sinne der Farbkonstanz haben wir Erwartungen, welche Farbe ein abgebildeter Gegenstand wie z. B. eine Tomate ›hat‹. Naiverweise würden wir also erwarten, dass die ›reale‹ Farbe einer Tomate (d. h. ihre Lokalfarbe) an der entsprechenden Bildstelle sichtbar wird. Dies ist jedoch nicht der Fall. Um auf einem Bild die Illusion einer Tomate hervorzurufen, muss der Prozess der Farbkonstanz gewissermaßen ungeschehen gemacht werden und muss ein Eindruck hervorgerufen werden, der weitgehend dem einer Farbe im Öffnungsmodus entspricht. Dieses Problem ist in taxonomischen, wissenschaftlichen Zusammenhängen schon recht früh offenkundig geworden. Im Buch 25, Kapitel 4 seiner *Naturgeschichte* spricht Plinius von den ersten Griechen – Cratevas, Dionysius und Metrodorus – die Pflanzen abgebildet und ihre Eigenschaften darunter geschrieben hätten und kritisiert die Farbgebung: »Verum et pictura fallax est coloribus tam numerosis, praesertim in aemulationem naturae, multumque degenerat transcribentium socordia.«⁴ (»Aber auch die Malerei trügt bei so zahlreichen Farben, zumal wenn man die Natur nachzuahmen trachtet, und auch die Fahrlässigkeit der Kopisten verdirbt viel.«) Galilei, Locke und andere haben deshalb auf die Wiedergabe der Farben in wissenschaftlichen Werken ganz verzichten wollen und Farbe als eine lediglich sekundäre Qualität der Wahrnehmung betrachtet. Das ist zwar eigentlich philosophisch gesehen unhaltbar, denn jede Sinnesempfindung müsste dann gleichermaßen als sekundär betrachtet werden, aber das Problem der korrekten Farbwiedergabe von Pflanzen, Steinen oder Tieren besteht auch heute noch. Grauabstufungen, Unterschiede in der Sättigung, werden im Sinne des Illusionismus als unterschiedliche Distanzen gedeutet. Je weniger gesättigt, je kontrastärmer ein Objekt, desto mehr weicht es optisch zurück. Soll also eine räumlich überzeugende Illusion gegeben werden, so muss die Lokalfarbe modifiziert werden. Kein noch so gutes Farbfoto kann zur exakten Bestimmung einer Lokalfarbe dienen. Wir behelfen uns heute in praktischen Zusammenhängen meist damit, dass ein standardisiertes Farbsample mit abfotografiert wird, an dem man die jeweiligen Abweichungen durch den fotografischen Prozess beurteilen kann. Wegen diverser anderer Phänomene wie der Schattierung erlaubt dies dennoch nicht, zuverlässig die Lokalfarben zu

ermitteln. Auch kann, da die Wirkung von Farben nicht unabhängig von ihrer Ausdehnung, also von ihrer relativen Größe im Verhältnis zum gesamten Gesichtsfeld und der dort herrschenden durchschnittlichen Farbverteilung ist, selbst die getreueste Farbwiedergabe nicht in Anspruch nehmen, einen Natureindruck korrekt zu reproduzieren. Farbeindrücke sind abhängig von der absoluten Größe. Kleinere Objekte wirken in ihrer Farbigkeit weniger gesättigt als größere, während ab einem bestimmten Sehwinkel die subjektiv erlebte Sättigung wieder abnimmt, was jedem, der aus einem Musterbuch die Farben eines Wandanstrichs auszuwählen hat, schmerzlich bewusst wird.

Nun sind gerade die Farbfotografien, Dias oder Film- und Fernsehbilder durch einen automatischen Verzicht auf die Farbkonstanz gekennzeichnet. Da der Mechanismus von Fotoapparat, Film- oder Videokamera nur mit den Lichtstrahlen befasst ist, also nur mit der physikalischen Seite der Wahrnehmung, können Dias oder Fernsehbilder oder Farbfotos auch nicht Verarbeitungsstufen der visuellen Wahrnehmung jenseits der Retina berücksichtigen. Menschen fällt genau dies sehr schwer: Maler wie Cézanne haben zeitlebens mit dem Problem des Verlernens einer automatischen Leistung der Wahrnehmung gerungen. Das ›unschuldige‹ Auge, an dem seiner Generation gelegen war, ist eine Fiktion. Ein Anfänger in der Malerei, der sich bemüht, ein einigermaßen realistisches Bild herzustellen, meint naiverweise, er müsse die Bildgegenstände in der ihnen zukommenden Farbe, eben der Lokalfarbe, wiedergeben. Rasch wird er aber merken, dass ein solches Vorgehen nicht zum gewünschten Resultat führt. Ganz abgesehen von der Schwierigkeit, die Lokalfarben durch Palettenmischung zu treffen, was wegen der unterschiedlichen Oberflächen der Farbträger und der Bildfarben nicht wirklich geht, zeigt sich, dass die Gegenstände nicht einfach ihre Lokalfarbe zu erkennen geben.

Aber auch, wenn diese Schwierigkeiten überwunden sind, ist damit noch keine überzeugende Darstellung gelungen. Je nach Lage im Raum und Beleuchtungssituation erscheint eine gleichmäßig eingefärbte Oberfläche verschieden hell, sie weist unterschiedliche Texturen und Glanzlichter auf, es gibt Modifikationen der Lokalfarbe durch benachbarte Farben, durch die Entfernung vom Auge, durch Reflexe, die Trübung durch Luftschichten und anderes mehr, was im Bild berücksichtigt werden muss. Und selbst wenn auf das Ziel einer realistischen Darstellung kein Wert gelegt wird, so wirken mehrere auf einem Bild nebeneinander ausgebreitete Lokalfarben häufig alles andere als angenehm und harmonisch, obwohl die dreidimensionalen

Objekte, von denen sie stammen, im Raum völlig natürlich zusammengehen.

Ohne zu sehr ins Detail gehen zu wollen, sei fest gestellt, dass das Prinzip solcher technischer Mimesis-Maschinen wie der Farbfotografie, die solche Muster an Photonen aufzeichnen, wie sie ein Mensch an ihrer Stelle hätte empfangen können, nur unter der Annahme eines unbeweglichen Betrachters zureichend funktioniert. Unsere Wahrnehmung hat sich aber an sehr mobilen Lebewesen herausgebildet. Deshalb bedeutet die Bildwahrnehmung für uns nur einen merkwürdigen und gerade deswegen Aufmerksamkeit heischenden Sonderfall. In den alltäglichen Wahrnehmungssituationen liefert die Eigenbeweglichkeit wichtige zusätzliche Informationen, die ein statisches Kamerabild, ja selbst das bewegte Bild einer Video- oder Filmkamera, nicht zur Verfügung stellt. Zwar kann man, blickt man durch ein Schlüsselloch, unter Umständen nicht entscheiden, ob dahinter eine zwei- oder dreidimensionale Situation zu sehen ist, doch sind wir uns, wenn wir uns frei bewegen können, darüber sofort im Klaren. Oder, wenn wir den Reflex auf einer Glasscheibe nehmen, so ist bei Änderung unserer Position mühelos erkennbar, ob es sich um einen Fleck auf der Scheibe selbst oder stattdessen um eine Spiegelung handelt. In einem Bild können wir unsicher sein, ob ein Farbwechsel – sagen wir auf einer ansonsten homogenen Wand – auf der Beleuchtungssituation beruht oder auf einer Verfärbung der Wand selbst, während in unseren natürlichen Wahrnehmungssituationen ein Reflexlicht oder eine Schattenzone von einem Muster auf einer Oberfläche leicht zu unterscheiden ist. Ähnliches gilt für Spiegel. In einem abgebildeten Spiegel kann man sich nicht die Frisur richten. Deshalb sind Bilder mit Goldgründen nicht wirklich fotografisch reproduzierbar. Bilder, und wenn sie noch so naturgetreu sind, können eben jeweils nur einen Betrachterstandpunkt zeigen und der ist vor allem nicht identisch mit dem, den ich bei ihrer Betrachtung gerade real im Wohnzimmer, in der Galerie oder im Kinosaal einnehme. Da unsere Raumwahrnehmung sowohl den Gleichgewichtssinn als auch die Muskelsinne einbezieht, kann auch die bewegte Kamerafahrt um ein Objekt nicht wirklich simulieren, was ein Betrachter unter Einbeziehung aller seiner Sinne anstelle der Kamera erlebt hätte. Ebenso wie für uns die Welt stabil aussieht, obwohl die Augen sich oder wir uns aus eigenem Antrieb bewegen, da die retinalen Bilder sofort neu kartiert werden, wirkt das Bild einer bewegten Kamera für uns viel chaotischer als das, was wir selbst anstelle der Kamera sehen würden. Und auch und gerade wenn ich mich frei vor einem Bild bewege, erhalte

ich keine zusätzlichen Informationen über das Dargestellte. Die halb-nackte Schöne hinter einem Baum wird bei seitlicher Betrachtung des Bildes nicht sichtbar. Übrigens ist da ein gewisser Konstanzmechanismus der Wahrnehmung am Werk, der die Verzerrungen ausgleicht, die eigentlich bei Schrägsicht auf Bilder auftreten sollten.

Demnach gibt es eine grundsätzliche Grenze bei der Schaffung einer perfekten Illusion. Sie tritt dann auf, wenn ein Bild als ein besonderes Objekt im Realraum erkannt wird. Schon ehe jemand versucht, abgebildete Objekte zu ergreifen, wird ihm klar, dass die haptischen Werte, das Mikrorelief, die Textur, der Glanz und ähnliches nicht wirklich reproduziert wurden, denn die subtilen Änderungen, die seine Eigenbeweglichkeit an ihnen sonst hervorruft, bleiben bei Bildern notwendig aus. Der reale Reliefauftrag von Farbe wirkt gleichfalls der Illusion entgegen, weshalb im Dienste der Illusion die Bildfläche möglichst wenig in Erscheinung treten sollte. Es ist richtig, dass die Entwerfer virtueller Realitäten an genau dem Problem arbeiten, wie sie die Materialität ihres Mediums zum Verschwinden bringen, und auch daran, wie sie die Parallaxe und scheinbare Bewegung integrieren sowie die subtilen Änderungen bei Glanz etc., aber im Augenblick scheint der nötige Rechenaufwand noch jenseits aller technischen Realisierbarkeit. Eine exakte Reproduktion von Oberflächenfarben also kann es streng genommen in Bildern nicht geben, wie sollte dies auch gehen, da der Bildträger nicht die Oberflächeneigenschaften der abgebildeten Objekte aufweist. Die Oberfläche eines Fotos ändert sich nicht, ob die Haut eines alten Mannes oder eines jungen Kindes abgebildet ist, der Bildschirm bleibt in seiner Materialität gleich, ob Nebel oder Diamanten, eine Blumenwiese oder ein Massaker gezeigt werden. Auch die Leinwand vermag nicht wirklich, die Stofflichkeit der Objekte und vor allem ihrer Zwischenräume zu simulieren.

Vieles, was die Oberflächenwirkung einer Farbe betrifft, geht in einer Abbildung zwangsläufig verloren. Das spielt natürlich eine besondere Rolle bei den sogenannten Kontaktfarben, also bei Braun, Grau, Schwarz, Oliv etc., die nur in Verbindung mit der Wahrnehmung einer Oberfläche auftreten. Die Reflexionseigenschaften verschiedener Texturen und das Spiel der Glanzlichter an verschiedenen Oberflächen können in einem Bild grundsätzlich nicht reproduziert werden, denn bewegen wir uns vor einem Bild, so bleiben dort die erstarrt abgebildeten Spiegelungseffekte konstant, während in der Wirklichkeit die leichteste Kopfbewegung sie zum Tanzen bringt. Damit sind die Farbinformationen in Bildern grundsätzlich mehrdeutig.

Hier allerdings sind gewisse Einschränkungen nötig. Künstler haben in der Tat versucht, durch einen jeweils besonderen Farbauftrag die Texturen und Oberflächen bestimmter Stoffe zu reproduzieren. Was durchsichtig ist, wird durch transparente Farbschichten simuliert, glattes durch glatten Farbauftrag, faseriges durch eine entsprechende Malweise wiedergegeben. Pisanello war ein Meister in der Simulation der taktilen Werte von Oberflächen und in der niederländischen Stilllebenmalerei des 17. Jahrhunderts gab es gemalte Blüten, die, aus der Nähe betrachtet, wie ein gepresstes Relief anmuten. Andere haben sich bemüht, durch den pastosen Farbauftrag Effekte wie das Funkeln an starken Krümmungen zu simulieren. Durch Beimengungen wie Sand oder Diamantstaub in die Farbmaterie kommt es gleichfalls zu Effekten, die fotografisch nicht reproduzierbar sind. Genau genommen verlassen sie damit den Bereich der Simulation, denn die beobachtbaren Effekte sind nicht virtuell, sondern auch wirklich in unserem Realraum da. Auch die Verwendung fettiger Öle oder Lasuren kann einer Oberfläche zu einem realen Glanz verhelfen, der sich der Darstellbarkeit entzieht. Im Prinzip handelt es sich bei der Betrachtung originaler Kunstwerke mit ihrem Mikrorelief der Bildoberfläche, dem Farbauftrag etc. um die Wahrnehmung eines dreidimensionalen Gebildes, was vor allem zutrifft, wenn man den einstigen räumlichen Kontext berücksichtigt. Jedes Bild, auch eine Fotografie oder ein Fernsehbild kann daher als eine Art Flachrelief gelten, dessen reale Oberfläche mit in die Gesamtwirkung eingeht.

Unsere Farbwahrnehmung verarbeitet immer auch Informationen, die aus der Eigenbewegung unseres Körpers resultieren, sodass mindestens noch ein vierter Parameter, nämlich ihre Oberflächenbeschaffenheit, hinzugenommen werden muss. Ob eine Farbschicht glänzend oder matt, eben oder plastisch ist, erkennen wir normalerweise erst, wenn wir uns bewegen können. Auch die dokumentarischste Fotografie liefert immer nur einen Moment und nicht die Information, die sich aus unserem Bewegungsfluss in einer realen Situation ergibt. Der Farbauftrag ist also ein Faktor, der mit der Wahrnehmung eines Bildes als realer Gegenstand und nicht mit der Wahrnehmung einer fiktiven Situation verbunden ist. Nebenbei bemerkt, ist es wegen solcher und anderer Unterschiede in der Faktur unmöglich, ein solches Bild getreu auf einer Fläche zu reproduzieren. Viele ältere und auch neuere gemalte Bilder sind im Grunde genommen dreidimensionale Gebilde.

Nimmt man also die Betrachtersituation hinzu, der sich in der Regel frei vor dem Bild bewegen kann, so ändern manche Bilder durchaus und in Abhängigkeit davon ihren Farbeindruck, bei verschiede-

nem Farbauftrag jedoch auf verschiedene Weise. Dies liegt vor allem daran, dass bei Vergrößerung des Betrachterabstands unser Auge kleinteilige Flächen nicht mehr trennen kann, sondern sie optisch verschmelzen. Da unsere Farbwahrnehmung die einzelnen Farbpfindungen immer in Bezug zum Gesamtdurchschnitt aller empfangenen Farbreize setzt, hängt der Farbeindruck eines Bildes auch von seiner Größe relativ zum gesamten Gesichtsfeld ab. Kunstwerke beziehen einen Großteil ihres Lebens und ihrer Wirkung aus dieser Tatsache. Bilder, die mit verschiedenen Lasurlagen transparenter Farbe übereinander arbeiten, ändern ihr Aussehen bereits bei leichten Kopfbewegungen, da die Anteile des Lichts, die von jeder der verschiedenen Farbschichten zurückgeworfen werden, je nach Einfallswinkel differieren. Ebenso verhält es sich bei stark pastosem Farbauftrag, wie in den Bildern van Goghs, wo die Unebenheiten und der Glanz der Farbmaterie die Zusammensetzung des zurückgeworfenen Lichts ständig modifizieren. Aber selbst deckende, stumpfe Farben, die glatt aufgetragen sind und nur mit ihrer obersten Schicht Licht reflektieren, ändern ihr Aussehen bei Betrachterbewegung.

Gleichwohl weist das beschriebene Verfahren der Simulation von Oberflächen in der Malerei enge Grenzen auf. Nur von Haus aus flächige und nahsichtig gesehene Entitäten lassen sich so wiedergeben, was dann aber mit der Illusion der dritten Dimension kollidiert. Die kubistischen Collagen, wo tatsächlich Texturen und andere Oberflächenwerte auf eine Fläche aufgeklebt wurden, verdeutlichen gleichfalls Möglichkeiten und Grenzen dieses Verfahrens. Prinzipiell lässt sich eine dreidimensionale Situation, in der ich mich frei bewegen kann, auch nur in drei Dimensionen wiedergeben. Die auf konkrete Oberflächen bezogene Farbkonstanz, die sich in unserer dreidimensionalen Realität sonst unwillkürlich einstellt, muss demnach bei Bildern suspendiert werden, wenn die dargestellte Virtualität zählen soll. Wie geht das zu?

Nun ist die Materialität geradezu per Definition nicht in ein anderes Medium überführbar und der nahsichtige Tastsinn und die mit ihm verbundenen Körpererfahrungen bilden das Andere der Virtualität. Gewissermaßen als Kompensation für die Herrschaft der Medien haben sich die heutigen Künstler dem Material zugewandt, den subtilen Reizen der Faktur, den Textunterschieden und explorieren vor allem in den künstlerischen Installationen die reale Körpererfahrung im realen Raum. Es scheint deshalb, dass gegenwärtig der Spielraum für Künstler und Gestalter in der Verbindung von Farbe und Materialität liegt. Hatten sich die Künstler der Bauhaus-Generation intensiv

mit Farblehren befasst, um Gesetzmäßigkeiten zu finden oder Harmonielehren aufzustellen, so ist diese Beschäftigung heute aus der Mode gekommen. Nicht zuletzt wegen der Fortschritte in der Farbmeterik, den Messtechniken und computergestützten Farbsystemen sehen Künstler in diesen Feldern offenbar immer weniger Möglichkeiten für die Entfaltung der eigenen Kreativität. Farben in Verbindung mit den taktilen Werten der Bearbeitung dagegen vermögen es noch, unser Verlangen nach Integrität zum Ausdruck zu bringen oder den Charakter des Echten, Authentischen heraufzubeschwören. Sie verkörpern in nuce eine Natur, eine Geschichte oder eine Lebensweise und versprechen ein eigenes, unentfremdetes Verhältnis zu den Dingen.

Das Interesse am Farbauftrag, an der Faktur, führt aber zur Materialästhetik. Ein Bild eines metallenen Gegenstandes etwa kann die Oberflächeneigenschaften von Metall, die wir durch Eigenbewegungen erfahren, in diesem Fall etwa die Veränderungen der Spiegelbilder, nicht wiedergeben: Auch wenn wir das Bild vor uns drehen, bleibt die abgebildete Spiegelung gleich. Wenn die Beziehung der Farbe zu ihrem materiellen Träger entscheidend wird, so ist der Schritt zur Installation nahezu erzwungen. Wird die körperliche Anwesenheit des Betrachters, d. h. seine Eigenbewegung in die künstlerische Rechnung mit einbezogen, so bereiten sich Künstler eine dreidimensionale Malfläche sogar dann, wenn diese eben bleibt. Die Werke Robert Rymans wären hier anzuführen. Es handelt sich bei ihnen um quadratische Bilder, die immer mit der gleichen weißen Farbe gemalt sind. Was variiert, sind Elemente wie Untergrund, mehr oder weniger pastose Farbauftragsweise und auch die Art, wie sie an der Wand angebracht sind. Obwohl sie auf den ersten Blick wie Bilder aussehen, handelt es sich doch um eine Art dreidimensionales Relief, das in einer Fotografie nicht zureichend wiederzugeben ist.

Paul Klee hat 1920 seinen Beitrag zum Sammelband *Schöpferische Konfession* mit dem berühmten Satz begonnen: »Kunst gibt nicht das Sichtbare wieder, sondern macht sichtbar.«⁵ Wenn sogar die technisch immer perfekteren Kameras an eine unaufhebbare Grenze der Nachahmung stoßen, sollte man dann vielleicht in Bildern eine eigene Art Wahrnehmungsangebot sehen, mit dem direkt auf das Gehirn eingewirkt werden kann? Das haben Maler natürlich länger schon vermutet und jedenfalls danach gehandelt. Das Bild muss in sich als ein eigenständiges Wahrnehmungsangebot stimmen und sich nicht an einer Nachahmungsrelation zu einer vorgegebenen Wirklichkeit messen. Es muss die Wahrnehmung des Betrachters zufriedenstellen und den stören Auslassungen, Verzerrungen, Übertreibungen keineswegs, eher

im Gegenteil. In Bildern können Farben reiner und gesättigter sein, kann auf Schattierung verzichtet werden, und anderes mehr. Da dies der Gegenstand des folgenden Kapitels ist, sei hier nur festgestellt, was an Bildern anders wahrgenommen wird als in einem dreidimensionalen Raum. Im Wesentlichen sind dies bestimmte Interferenzen durch die beiden Seiten der *twofoldness*. Der virtuelle, abgebildete Raum und der ichbezogene Realraum kollidieren. Deshalb wird der sogenannte Ton, eine Art farbiger Lasur über einem ganzen Bild (vergleichbar dem Farbstich eines Fotos), dem die Künstler im 18. und 19. Jahrhundert viel Aufmerksamkeit gewidmet haben, unter Galeriebedingungen sofort erkannt, während wir in der Natur durch die Assimilation etwa das Tragen gefärbter Sonnenbrillen oder die unterschiedliche Zusammensetzung des Tageslichts mühelos kompensieren, da unsere Wahrnehmung mehr an den Relationen der Farbflecken zueinander interessiert ist als an ihrer qualitativen Zusammensetzung. Dargestelltes Licht und Standortlicht sind nicht identisch. Das aber hat ebenfalls zur Folge, dass wir anhand farbiger Abbildungen nur recht allgemeine Anhaltspunkte über die Lokalfarbe der abgebildeten Gegenstände gewinnen können. Auf Bildern ist unter anderem auch die Leistung der Größenkonstanz beeinträchtigt. Wir empfinden vielleicht bei einer liegenden Figur den Fuß riesengroß gegenüber dem winzigen Kopf, was in der dreidimensionalen Situation selten auffällt.

Künstler haben beispielsweise bemerkt, dass viele farbliche Kombinationen, die in der Wirklichkeit problemlos sein mögen, in Bildern nicht zugänglich sind. Das Problem der Harmonie der Farben, mit dem sie sich vielfach beschäftigt haben, stellt sich ihnen nicht von ungefähr. Kombinieren wir dreidimensionale Objekte, so wirken sie selten so unangenehm für das Auge, wie es der Fall sein kann, wenn zwei oder mehr Farben auf einer Fläche aneinander stoßen. Die Raumwahrnehmung mit dem Wechsel der Ansichten, dem vereinheitlichten Licht, den Reflexfarben, die die Gegenstände aufeinander abstrahlen und anderes sind dafür verantwortlich. Auf der Fläche fällt dies alles weg, vor allem macht sich das Fehlen von Reflexlichtern, das die Farben einander angleicht, störend bemerkbar. Umgekehrt gibt es eine Reihe von Erscheinungen, die eigentlich nur auf der Fläche auftritt. Sehen wir von Effekten ab, die nicht direkt die Farbe betreffen, wie die Bewegungswahrnehmung oder die erwähnte Minderung der Größenkonstanz wie auch fast alle anderen optischen Illusionen, so bleiben vor allem der Simultankontrast wie auch sein Gegenspieler, der Bezoldeffekt. Aber auch die sonst von der Wahrnehmung eher unterdrückten Elemente wie Schatten oder Hohlräume

zwischen Objekten fallen auf Bildern deutlich stärker auf als sonst. Dass solche »Negativformen« auf Bildern das gleiche Gewicht bekommen wie die Formen der Objekte, die eigentlich gemeint sind, lernt man schon im Kunstunterricht. Das in der Malerei zu beobachtende Tabu des auf menschliche Körper fallenden Schlagschattens dürfte ebenso wie die verblüffende Toleranz für fehlende oder auch falsche Schatten darauf zurückgehen.

Wie erinnerlich, bereitet es uns normalerweise keine Schwierigkeiten, eine gut beleuchtete graue Fläche von einer weniger gut beleuchteten weißen Fläche zu unterscheiden. Für die Malerei gilt dies nicht. Ein Maler muss die Schattenseite eines weißen Hauses mit einer grauen Palettenfarbe wiedergeben, die vielleicht dunkler ist als das Grau des Daches im Sonnenlicht. Im Bild sehen wir beide Farbflecken als Teil der gleichen Oberfläche, nämlich der des Bildes, vergleichen sie direkt und haben deshalb mehr Mühe, die eine als weiße, verschattete Lokalfarbe und die andere als graue, beleuchtete Lokalfarbe zu interpretieren. Ähnliches gilt insbesondere für die anderen Kontaktfarben wie Braun, aber auch für die Wiedergabe glänzender Flächen wie Gold. Halten wir fest, dass Bilder – und sogar die perfektesten Farbfotos – nicht die Lokalfarbe der Gegenstände zeigen und auch nicht zeigen können, wenn wir sie als halbwegs zutreffende Wiedergabe eines Farbeindrucks akzeptieren sollen. Dass das rötliche Haar einer Marktfrau den gleichen Farbton besitzt wie die Karotte, die sie verkauft, fällt eigentlich erst einem Maler wie Degas auf, der beides in die Pigmentfarben seiner Palette umsetzen muss.⁶ Hinzu kommt, dass die in natürlichen Szenerien von uns bemerkbaren Unterschiede zwischen den hellsten und dunkelsten Stellen vielleicht im Faktor 1 zu 50 differieren, während das hellste Weiß und das dunkelste Schwarz auf einem Bild, auch einem Farbfoto, sich nur um den Faktor 1 zu 10 unterscheiden. Unserer Wahrnehmung genügen aber die Relationen der Bildfarben zueinander. Sind diese im Einklang mit den in der Natur beobachteten, so konstruieren wir uns ein zufriedenstellendes Bild. Künstler haben diesen Sachverhalt häufig festgestellt. So sprach Cézanne von den Äquivalenten, die dem Maler anstelle der natürlichen Gegebenheiten zur Verfügung stünden und die in eine zur Natur parallele Ordnung gebracht werden müssten. Charles Blanc, der eine Konversation mit Delacroix wiedergibt, behauptete, dass die großen Koloristen diejenigen seien, die keine Lokalfarbe benutzten, worauf Delacroix antwortete: »Vollkommen richtig, das da z. B. ist ein Farbton!«, wobei er auf das schmutzige Grau des Pflasters zeigte, »also gut, wenn man zu Paolo Veronese gesagt hätte: malt mir

eine schöne blonde Frau, deren Fleisch diesen Farbton da hat, hätte er sie gemalt, und die Frau auf seinem Bild wäre eine schöne blonde Frau geworden.«⁷

Außerdem gibt es die von unserem Wahrnehmungssystem hervorbrachten Farberscheinungen, wie etwa die Irradiation, bestimmte Kontrastphänomene wie die in früheren Kapiteln beschriebenen Bezoldeffekte und den Simultankontrast oder auch Nachbilder etc. Goethe hat diese Erscheinungen als erster ausführlich untersucht und unter dem Begriff ›physiologische Farben‹ zusammengefasst. Solche Phänomene, die man als Äquivalent zu den bekannten optischen Täuschungen im Bereich der Farbwahrnehmungen bezeichnen könnte, fallen uns jedoch üblicherweise nicht auf. Wenn doch, dann sind wir uns zumeist nicht im Unklaren, dass es sich um subjektive Phänomene handelt. Josef Albers, dem wir die zurzeit angesehenste Künstlerfarbenlehre verdanken, hat seine Farbtheorie gerade auf dem Unterschied zwischen dem, was wir unabweisbar als subjektives Kontrastphänomen in unserer Farbwahrnehmung sehen (in seiner Terminologie *actual fact*) und dem, was wir gleichwohl als physikalisch vorliegenden Sachverhalt zu erkennen meinen (in seiner Terminologie *factual fact*), d. h. als objektiv gegeben erachten, aufgebaut. Solche subjektiven Farbwahrnehmungen mögen uns zwar viel über die Funktionsweise unserer Farbwahrnehmung lehren und darüber hinaus in Erinnerung rufen, dass jede unserer Sinneswahrnehmungen nicht einfach mehr oder weniger mechanisch von einem äußeren Reiz verursacht ist und uns die objektive Natur dieses Reizes verrät, d. h. uns unvermittelt etwas über die Außenwelt mitteilt, sondern ein Produkt sowohl aus unserem körperlichen Zustand und unserer Wahrnehmungsweise wie von einem äußeren Reiz ist. Sinneswahrnehmungen sagen uns nicht nur etwas über die äußere Wirklichkeit, sondern auch darüber, wie wichtig beim gegebenen körperlichen Zustand wir diese Reize nehmen sollen, welche Bedeutung sie für uns haben etc.

Oben war davon die Rede, dass farbige Abbildungen nicht die Lokalfarben wiedergeben können und auch nicht die Verarbeitungsprozesse der Farbwahrnehmung im Gehirn vorwegnehmen dürfen. Dies muss nun ein wenig modifiziert werden. Es gibt den in vielen populären Malschulen verbreiteten Rat, die Farben der natürlichen Gegenstände in einem Bild ein wenig zu übertreiben. Ähnliche Empfehlungen haben z. B. Gauguin und Matisse ausgesprochen, doch scheint letzten Endes dieser Rat auf Delacroix zurückzugehen. Dieser meinte, dass wegen des Anteils an Streulicht, das in jedem von einer Bildoberfläche reflektierten Lichts enthalten sei, die Bildfarben blasser

erscheinen würden, man ihre Sättigung also übertreiben müsse. Auch bei Film- und Fernsehbildern, Farbfotos oder Comics sind die von den meisten Menschen bevorzugt Farben bunter als in der Wirklichkeit. Zwar gibt es in diesem Bereich auch eine stark kulturelle Komponente, aber auch in den chromophoben Subkulturen sind Abbildungen in ihrer Farbigkeit meist ausgeprägter als die realen Vorbilder. Es scheint also, dass man zweierlei unterscheiden muss: Die Vorliebe für kräftige, gesättigte Farben bei vielen Menschen, die nur deshalb stellvertretend in Bildern ausgelebt wird, weil sie in der Wirklichkeit schwerer zu befriedigen ist, und die Neigung, grundsätzlich Bilder farbiger zu gestalten als das, was sie abbilden.

Viele andere Elemente der Verarbeitung visueller Reize verhalten sich in Bildern ganz anders als die Farbkonstanz. Sie können dort sozusagen vorweg genommen werden. Zum Beispiel lassen wir es uns bei der Umrisszeichnung gefallen, dass die im Verlauf der Wahrnehmung erfolgenden Abstraktionsleistungen im Bild bereits vollzogen sind, sodass wir rascher das Wesentliche erkennen können. Noch immer und aus gutem Grund verwenden medizinische Lehrbücher Schemazeichnungen von Körperorganen, obwohl auch Fotografien zur Verfügung stünden, denn sie erleichtern das Erkennen der relevanten Unterschiede. Auch Comics oder Karikaturen können wir mühelos verstehen, weil die in ihnen vollzogene Abstraktionsleistung unserer normalen Gesichtswahrnehmung buchstäblich entgegenkommt. Das heißt aber, dass wir Bilder nur bedingt auf die gleiche Weise sehen wie die dreidimensionale Wirklichkeit. Selbst eine perfekte Farbfotografie kann grundsätzlich nicht so wirken wie der Wirklichkeitsausschnitt, den sie wiedergibt. Den Wirklichkeitsausschnitt sehen wir ohne Begrenzungen in einer einheitlichen Beleuchtungssituation. Das Farbfoto dagegen bildet selbst ein begrenztes Objekt in unserem Gesichtsfeld. Unsere Augen akkomodieren, um das Objekt Foto in unserer Hand scharf zu sehen, auf eine Entfernung von einigen Dezimetern und nicht, um die vielleicht dargestellte Landschaft mit parallel ausgerichteten, entspannten Augen deutlich zu sehen. Die Beleuchtungssituation des Fotos als Objekt und die wiedergegebene Beleuchtungssituation auf dem Foto sind zwei verschiedene Dinge. Das Foto zeigt vielleicht eine Außenszene an einem hellen Sommertag, wo unsere Augen auf eine große Lichtmenge eingestellt waren, während es als Objekt mit geweiteten Pupillen im Innenraum angeblickt wird. Bei der realen Szenerie wirkt die Assimilation, d. h., wir werden nicht gewahr, dass im Licht etwa der kurzweilige Anteil dominiert. Das Foto dagegen als kleiner Teil einer anderen Gesamtbe-

leuchtung weist in diesem Fall deutlich einen Blaustich auf. Auch können wir nicht ganz davon absehen, dass die Farben auf einem Foto Teil der Fotooberfläche sind. Ob die Bildoberfläche hoch glänzend oder matt ist, ob auf grobem Zeitungspapier oder Stoff gedruckt bzw. hinter Glas und Rahmen auf einer Fläche ohne Mikrorelief, beeinflusst unterschwellig auch die dargestellte Fiktion. Hinzu kommt, dass die flächig nebeneinanderliegenden Bildfarben im Sinne des Simultankontrastes miteinander agieren, und zwar anders und stärker als in der dreidimensionalen Wirklichkeit. Es gibt also merkwürdige Interaktionen der beiden Seiten der *twofoldness*.

Bilder können Farben übertreiben, unrealistische Farben zeigen, auf Modellierung verzichten, Konturen hervorheben, schematisieren und was noch alles, sie können Konflikte zwischen Farben und Formen, zwischen Farben und der Konsistenz der Raumdarstellung erzeugen, die permanenten Züge eines Gedächtnisbildes mit den Lokalfarben simulieren, sie können die Farbwahrnehmung überfordern, die Meldungen diverser Gehirnzentren gegeneinander ausspielen, wie es bei den subjektiven Phänomenen der Fall ist, sie können in einem sozialen Kontext betrachtet werden, der letztere beispielsweise als ›geistig‹ ansieht. Was sonst im Sinne der Imperative der Handlung zurückgestellt wird, vielleicht alarmiert und verstört, kann miteinander verglichen und abgewogen werden. Das alles rührt, wie oben angedeutet, daher, dass Bilder nicht Handlungen hervorrufen, sondern studiert, kontempliert, in Ruhe betrachtet werden können. Da sie, d. h. der dargestellte, virtuelle Teil von ihnen, nicht wirklich Teil unseres ichbezogenen Handlungsraumes sind, eignet ihnen der Charakter eines ›als ob‹. Bilder verhalten sich wie fernsichtig wahrgenommene Erscheinungen. Sehe ich eine Gebirgskette in der Ferne, so ändert sie, im Gegensatz zu einem – sagen wir – Stuhl vor mir, ihr Aussehen nicht, auch wenn ich mich hin- und her bewege. Eine mögliche Gefahr, die erst am Horizont auftaucht, erlaubt aber Nachdenken und Planung. Selbst Fernsehbilder in unserem Wohnzimmer, von denen wir nicht bezweifeln, dass die abgebildeten Katastrophen real irgendwo stattgefunden haben, haben Teil an diesem Charakter eines ›als ob‹ oder einer sehr entfernten Realität. Es sind eben nur Bilder und sie zwingen uns nicht, sofort aufzustehen und zu Hilfe zu eilen oder sich in Sicherheit zu bringen.

Damit haben wir also die Zweiteilung, dass die neuen Medien, Fernsehen, Film, Video, aber auch die Printmedien den Bildträger möglichst wenig in Erscheinung treten lassen wollen – wir sollen durch ihn hindurch das Dargestellte oder Repräsentierte sehen –

während die Künstler sich umgekehrt um den Bildträger als materielles Objekt bemühen und den diversen Formen der Interaktion zwischen den beiden Seiten der twofoldness besondere Aufmerksamkeit widmen. Letzteres führt zur Installation. Es gibt aber auch Kunstwerke, die ebenso wie die Medien den Bildträger vergessen machen wollen und dennoch nicht an der Mimesis, der Simulation oder sonst einer Darstellung der Wirklichkeit interessiert sind, sondern die in Bildern mögliche Wirklichkeit sui generis zu erzeugen suchen. Sie sind eng mit Phänomenen wie der Erzeugung von Film- oder Flächenfarben, d. h. dem Zusammenbruch der Farbkonstanz oder auch dem Farbraum verbunden. Ihre Besonderheit ist, dass sie als losgelöst von einem Bildträger erscheinen. Auch in der Natur gibt es Farben ohne (wahrnehmbare) Oberfläche. Es handelt sich um Objekte, die von Natur aus schwer fassbar oder isolierbar sind, etwa Dunst, Rauch oder die Luft zwischen nahen und entfernten Bergen, doch sind wir in der Regel an ihnen weniger interessiert als an den dinghaften, greifbaren Gegenständen. In unserer natürlichen Umwelt kommt es gelegentlich vor, dass wir Farben nicht konkreten Oberflächen zuordnen können. Die Farbkonstanz versagt z. B. bei einer strukturlosen, einzigen Fläche.

Der Kontrast in einer natürlichen Szenerie ist in der Regel um ein vielfaches größer als der Kontrast, der auf einer Bildfläche mit Pigmenten oder Farbmitteln zu erreichen ist. Eine Lichtquelle wie ein Fenster oder eine Lampe – von der Sonne zu schweigen – dürfte einige hundert Mal stärker sein als der Schatten unter dem Tisch, während der Unterschied zwischen dem schwärzesten Schwarz und dem hellsten Weiß bestenfalls um den Faktor 20 beträgt. (Allerdings kann bei transparenten Medien wie Glasfenstern oder Lichtkästen, wie sie der Künstler Jeff Wall benutzt, ein wesentlich höherer Kontrastumfang erzielt werden.) Dies wirft für Bildhersteller gewisse Probleme auf, wie diese Beschränkungen zu kompensieren sind. Eine Möglichkeit besteht darin, die Farbigkeit zu steigern, d. h. gegenüber den Valeurkontrasten die Farbkontraste zu übertreiben. Dies hatte schon Delacroix gefordert. Der erwähnte ›Farbbeitrag‹, die Tatsache, dass auffällige Farben heller und intensiver eingeschätzt werden, als sie ihrem Ort im Farbraum entsprechend sein dürften, ist hier entscheidend beteiligt. Gerade wenn der Valeurkontrast kaum eine Rolle spielt, während stark gegensätzliche äquiluminante Farben auftreten, kommt es gern zu einem Flimmern, zu Bewegungsillusionen und dergleichen, die die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und für den fehlenden Hell-Dunkel-Kontrast eintreten. Ein gutes Beispiel für diesen

Effekt bietet Monets Bild *Impression soleil levant*, wo sich die Sonne in ihrer Helligkeit so gut wie nicht vom kühlen Hintergrund unterscheidet, wohl aber in ihrer Farbigkeit.

Anmerkungen:

- 1 Zur Entwicklung der Bildwahrnehmung bei Kindern vgl. Paul Bloom, *Descartes' Baby*, London 2004.
- 2 Vgl. Richard Wollheim, *Painting as an Art*, London 1987.
- 3 Vgl. Mark Rothko, *The Artist's Reality*, Yale 2004.
- 4 Vgl. Plinius d. Ä., *Naturkunde*, Tusculum-Ausgabe, Bd. 35, hrsg. und übersetzt von R. König, Zürich 1996.
- 5 Vgl. Paul Klee, *Schriften, Rezensionen und Aufsätze*, hrsg. von Christian Geelhaar, Köln 1976, S. 118.
- 6 Vgl. James Fenton, *Leonardo's Nephew*, London 1999, S. 133f.
- 7 Vgl. Claude Lévi-Strauss, *Sehen – Hören – Lesen*, Frankfurt/M. 2004, S. 35f.

Farbstile

Farbstile als Gegebenheiten der Wahrnehmung

Die Stilgeschichte zählt zu den ältesten Verfahren der Kunstgeschichte, ja viele Jahrzehnte lang konnte man beide sogar als synonym ansehen. Dass man allein durch Anschauen und Vergleichen, d. h. aufgrund von wahrnehmungsmäßig gewonnenen Merkmalen, Objekte und Bilder relativ zuverlässig zueinander gruppieren kann, bildet dabei die Voraussetzung. Zwar ist auch dieser Vorgang noch nicht so recht verstanden, denn die möglichen Ordnungskategorien sind vielfältig und hängen nicht zuletzt von der Konzentrationsrichtung ab, wie auch die geläufigen Taxonomien und Klassifikationssysteme eine gewisse Abhängigkeit von historischen und sozialen Bedingungen aufweisen. Dennoch: hat man einmal einen bestimmten Rahmen gewählt, so sind die möglichen Zuordnungen keineswegs frei. Je nach Interesse und Konzentrationsrichtung kann man zwar zu höchst unterschiedlichen Zusammenstellungen kommen, doch müssen diese dann jeweils in sich konsistent sein. Letztlich handelt es sich bei der Stilanalyse um eine Art von Spurenlesen, eine, wie Carlo Ginzburg gezeigt hat, fundamentale Tätigkeit der Menschheit, die Jäger, Röntgenärzte – ein Radiologe benötigt drei bis fünf Jahre, um auf die Höhe der erforderlichen Leistungsfähigkeit zu kommen – Archäologen, Detektive und Psychoanalytiker, Kunstkenner, Mediziner sowie andere Berufsgruppen vereint. Ohne Generalisierungen wären wir nicht lebens- und lernfähig. Anscheinend sind also auch bei Zuordnungen nach phänomenologischen Kriterien stammesgeschichtlich erworbene Erfahrungen mit ihren statistischen Annahmen am Werk. Die Wahrnehmung seligiert und kategorisiert nach eigenen Bedeutungen. Gerade die Kategorisierung stellt eine der fundamentalsten logischen Operationen dar, welche die Kognition leistet. Es gibt also eine gemeinsame Basis, auf der sich die kulturellen Differenzen unserer Klassifikationen entwickeln können.

Wohl jeder Reisende hat die Erfahrung gemacht, dass ihm die Farbigkeit an einem neuen Ort auffällt, ungewohnt und merkwürdig vorkommt. Nicht selten wird der Versuch gemacht, diese andere Farbigkeit festzuhalten. Heutzutage erscheinen in schöner Regelmäßigkeit

Fotobände mit Titeln wie *Die Farben Afrikas*, *Die Farben Japans*, *Die Farben Frankreichs*, von den Reiseberichten zu schweigen, in denen der Farbenpracht am neuen Ort eine kausale Rolle für die Elation der Besucher zugeschrieben wird. Schon Goethe hatte übrigens einzelnen Nationen wie den Franzosen, Italienern, Engländern und Deutschen spezifische farbige Vorlieben zugeschrieben. Und natürlich haben reisende Künstler auch schon vor der Erfindung des Farbfilms versucht, die für sie ungewohnte Farbigkeit anderer Orte einzufangen. Der Begriff des Lokalkolorits, der allerdings auch kulturelle Faktoren wie Kostüme etc. umfasst, geht darauf zurück. Da schon der Brauch, Wäscheleinen zwischen den Häusern zu spannen (und sie zu nutzen), die Farbigkeit einer Stadt verändern kann, ist dies auch nicht unsinnig. Das Licht Italiens, insbesondere das von Venedig, später das von Südfrankreich bzw. Nordafrika, ja sogar der Südsee hat in den Überlieferungen der Künstler geradezu mythischen Status erhalten. Doch selbst in einem Museum ist es häufig möglich, bereits vor der Identifikation einzelner Künstlernamen oder der Sujets zu erkennen, dass es sich um Franzosen des 18. Jahrhunderts handeln muss oder um Niederländer des 17. Jahrhunderts. Da ist also etwas dran. Es gibt so etwas wie Farbstile und wir verbinden manche Epochen mit den für sie charakteristischen Farben, etwa die 1950er-Jahre mit pastellenen Eisdielenfarben oder die 1970er-Jahre mit psychedelischen Farbwirkungen.

Es fällt auch nicht schwer, Gründe anzuführen, weshalb die Farbigkeit an anderen Orten und Kulturen anders als die uns vertraute ausfällt. Beispielsweise spielen für den Eindruck einer Landschaft die Farbigkeit des Bodens, das Vorhandensein von Gewässern und der Zustand der Vegetation eine Rolle. Der Himmel bzw. das Klima haben großen Einfluss. In südlichen Breitengraden steht die Sonne höher, ist es meistens trockener, wird das Licht weniger getrübt, fällt gerichteter und intensiver aus usw. Auch die Haut-, Haar- und Augenfarben der jeweiligen Menschen sind nicht ohne Belang, denn sie haben Einfluss auf die Farben, mit denen sie sich bevorzugt kleiden. Was die Architektur angeht, spielt natürlich das Baumaterial eine Rolle. In Städten wie Toulouse, die von roten Backsteinbauten dominiert werden, ist die Farbigkeit anders als in solchen wie Weimar, in denen das Mauerwerk verputzt und sandgelb gestrichen wird. Sandstein, vielleicht durch Ruß geschwärzt, oder gestrichenes Holz haben natürlich auch ihre spezifische Auswirkung auf die Farbigkeit der gebauten Umwelt. Selbstverständlich sind kulturelle Faktoren ebenfalls nicht unwirksam, beispielsweise im kaiserlichen China, wo bestimmte Ziegelfarben an Dächern nur den Staatsbauten vorbehalten waren. Auch in Europa

signalisierten die auffälligen Kupferdächer mit ihrer dem Grünspan geschuldeten Färbung einen gewissen Repräsentationsanspruch.

In unserer Kultur gilt farbige Zurückhaltung, die auf Nuancen und Materialien setzt, alles in allem immer noch als elegant, vornehm und geschmackvoll, weshalb die Ästhetik der Punks als Angriff auf die Werte der dominierenden Schicht erscheint. Auch pflegen bäuerliche Kulturen eine andere Art von Umgang mit Farbe als städtische. In anderen Kulturen kann es sein, dass Männer bunter angezogen sind als Frauen, dass die kulturellen Regeln etwa zur Festlegung der Trauerfarben anders ausfallen als die uns vertrauten und natürlich gibt es schlicht auch unterschiedliche Traditionen, Moden und Vorlieben oder gar den banalen Mangel an Farbmitteln. Wenn man von der vielfach konstatierten farbigen Tristesse im ehemaligen Ostblock absieht, so wäre zu erwähnen, dass für viele Stammeskulturen Schwarz, Weiß sowie roter und gelber Ocker die einzigen haltbaren und in größerer Menge verfügbaren Pigmente darstellten, was ein Gang durch eine ethnologische Sammlung leicht bestätigen kann. Ihnen entsprechen auch die vier Grundfarben der Griechen und man kann das Nachleben dieser Tatsache bis in die Neuzeit verfolgen.

Das Phänomen unterschiedlicher Farbstile selber ist also zweifellos real. Viele würden sogar der Aussage zustimmen, dass Farbempfindungen eine Rolle spielen, dass die Farben in unserer Umgebung einen messbaren physiologischen und nicht-willkürlichen Einfluss auf unsere psychische Gestimmtheit bzw. Affekte haben. Allerdings haben an die hundert Jahre Forschung in diesem Bereich zu recht wenig bzw. eigentlich nur zu der gesicherten Aussage geführt, dass Rot einen aktivierenden und Blau einen dämpfenden Einfluss besitzt. Man muss also differenzierter vorgehen. Gleichwohl fallen auch dann die Versuche, solche Unterschiede zu fassen und zu beschreiben, meistens unbefriedigend aus. In der Regel handelt es sich um nicht mehr als eine subjektive Auswahl mehr oder weniger interessanter Einzelbeobachtungen. Im besten Fall werden fünf bis zehn Farben vorgestellt, die für den jeweiligen Ort typisch sein sollen und sich besonderer Beliebtheit erfreuen würden. Das Verfahren ist nicht völlig von der Hand zu weisen, aber doch unzureichend. Es ähnelt dem, wie Designer eine Farbfamilie festlegen oder wie jedes Jahr ein Sortiment an Modifarben präsentiert wird. Dabei geht es eigentlich nur um eine Beschränkung auf wenige Farben, die klar voneinander abgegrenzt sind und beständig wiederkehren, was anscheinend der Wahrnehmung entgegenkommt und von ihr als angenehm empfunden wird. Dies wusste schon Alberti, der feststellt, dass man Anmut erzielt,

wenn eine Farbe sehr stark von den anderen in ihrer Umgebung abweicht.

Natürlich gehorchen die Farben in den verschiedenen Kulturkreisen nicht einer solchen freiwilligen Beschränkung nach dem Muster von painting-by-numbers, was die erwähnten Bemühungen fragwürdig macht. Die Identifikation von Einzelfarben ohne Berücksichtigung ihrer Interaktionen kann bestenfalls den Ausgangspunkt einer Untersuchung bilden. Nicht nur werfen die meisten Autoren die unterschiedlichsten Dinge in einen Topf, es fehlt häufig am Willen, analytisch vorzugehen. Ohne lange über die Gründe für dieses – sagen wir – Desinteresse an überprüfbaren Aussagen zu spekulieren, sollen in diesem Kapitel Vorschläge gemacht werden, wie Farbstile beschrieben werden können, um eben zu intersubjektiv gültigen Propositionen zu gelangen. Dabei soll keine Systematik angestrebt werden, die alle Fälle zu behandeln erlaubt, sondern bescheidener nur gezeigt werden, dass auch im Fall der Farbe solche überprüfbaren Aussagen möglich sind und sie zu interessanten und zu berücksichtigenden Erkenntnissen führen können. Es wird also eher ein Forschungsprojekt vorgestellt, das zeigen soll, dass detaillierte Untersuchungen durchaus möglich und weshalb sie sinnvoll sind. Die Grundthese ist, dass solche stilistischen Unterschiede nicht lediglich ein Klassifikationsinstrument bieten, sondern die jeweiligen stilistischen Optionen auch wahrnehmungspsychologische Konsequenzen zur Folge haben, die in die Gesamtwirkung eingehen. Wenn eine Aufgabe der Kunst darin besteht, das Vertraute fremd zu machen, dann wird sie nicht zuletzt durch die Stilwahl erfüllt, die uns zumindest zu explorativem Verhalten mit allen damit verbundenen psychologischen Konsequenzen zwingt.

Heutzutage gilt die Stilgeschichte allerdings nur als eine Art Hilfswissenschaft, als notwendige Grundlage der Kulturwissenschaften, aber nicht mehr. In der Tat bietet sie nur einen begrenzten Nutzen: Sie kann bei der Frage der Unterscheidung von Original und Kopie vielleicht helfen, vermag aber nicht zu erklären, weshalb wir das eine schätzen und das andere nicht. Die Intentionalität entgeht ihr. Sie kann Wertfragen nicht beantworten, denn prinzipiell sind die Stile gleichwertig. Da sie die Kontextabhängigkeit nicht genügend berücksichtigt, entgehen ihr die sozialen Konstruktionen des Werts, das, was Kostbarkeit, Seltenheit etc. ausmacht. Die Rolle des sozialen Ortes an dem ein Werk begegnet, der ästhetischen Einstellungen, der gerichteten Aufmerksamkeit und anderes mehr werden vernachlässigt. Auch ist die Vorstellung einer strengen Abfolge der Stile nicht haltbar, man

muss eine Gleichzeitigkeit des Ungleichzeitigen konzedieren, muss anerkennen, dass verschiedene Kulturen und Subkulturen nebeneinander existieren mit jeweils eigenen Stilentwicklungen. Selbst die Verbindung einer Stilphysiognomie zu sozialpsychologischen Sachverhalten (›streng‹, ›heiter‹, ›frivol‹, ›verspielt‹ etc.), wie sie die Modejournalistik noch ungebrochen praktiziert, sollte als eher gedehnt betrachtet werden.

Gleichwohl ist eine stilkritische Untersuchung als Klassifikationsinstrument unverzichtbar, zumal wenn andere Informationen fehlen. Vielleicht haben wir das Kind mit dem Bad ausgeschüttet. Schließlich bedarf auch die soziale Konstruktion der Werte eines unterscheidbaren Substrats, dem eben kulturabhängig ein Wert zu- oder abgesprochen wird. Nimmt man die Produktionsästhetik ernst, dass, ohne die Intentionen der Künstler zu kennen, nicht zureichend über Kunst geurteilt werden kann, so muss man auf alle Fälle den Stilfragen wieder entschieden mehr Aufmerksamkeit widmen, als dies im gegenwärtigen Wissenschaftsbetrieb der Fall ist. Künstler denken am meisten über Aspekte nach, die auf die äußere, phänomenale Erscheinung ihres Werks bezogen sind und als wahrnehmungsmäßig beschrieben werden können, wobei gerade die Farbe bei vielen von ihnen alles andere als eine nachgeordnete Rolle spielt. Es scheint, dass die Neurologie mit ihren aktuellen Versuchen in Richtung einer Neuroästhetik zu einer bedeutsamen Verbesserung der Stilgeschichte und zur Klärung ihrer Grundlagen beitragen kann und bereits beiträgt. Stile sind perzeptuelle Gegebenheiten und sie haben feststellbare Effekte, die bis zu viszeralen Reaktionen reichen. Durch die Gehirnforschung ist eine größere Präzisierung ihrer Rolle und der durch sie gegebenen spezifischen Wahrnehmungsangebote für das Gehirn möglich geworden und in Zukunft sind weitere Fortschritte in dieser Hinsicht zu erwarten. Die von Semir Zeki ins Leben gerufene Forschungsrichtung einer neuronalen Ästhetik bewegt sich gegenwärtig (ohne dass dies den Vertretern auch bewusst wäre) in den Bahnen einer Revision und Modernisierung der Stilgeschichte.¹

Viele Kunstwerke haben Ähnlichkeit mit einem Verfahren, das die Psychologen eine ›funktionale Läsion‹ nennen. Wie wir aus bestimmten Ausfällen kognitiver Leistungen als Folge von Verletzungen im Gehirn wissen, sind manche Areale mit speziellen Aufgaben betraut. Die von Goodale und Milner untersuchte Patientin Dee, deren Was-System stark beeinträchtigt ist, kann beispielsweise mit Strichzeichnungen nichts anfangen. Nur geringfügig besser geht es ihr mit Schwarz-Weiß-Abbildungen, während sie bei Farbabbildungen manch-

mal anhand der Farben und Texturen, insbesondere wenn sie für das gezeigte Objekt typisch sind, erschließen kann, worum es sich handelt.² Wenn man nun ein Wahrnehmungsangebot macht, das bestimmte Informationen vorenthält, kann man solche Spezialisierungen bzw. das Zusammenwirken verschiedener Teile des Gehirns studieren. Bei Bildern der Koloristen wie Tizian und vielleicht auch bei kubistischen Collagen sind wir alle ein wenig in die Lage von Dee versetzt und müssen Schlüsse ziehen, ohne dass die globale Formwahrnehmung uns sonderlich unterstützt. Nun sind bereits Schwarz-Weiß-Graviken solche unvollständigen Wahrnehmungsangebote, auch Strichzeichnungen, ja Bilder insgesamt, denen die reale dritte Dimension und meist auch die Bewegung fehlen. Sie entsprechen ein wenig dem, was jemand mit cerebraler Achromatopsie erkennt. Bei der cerebralen Chromatopsie, wie sie der von Oliver Sacks beschriebene Maler (mit den Initialen J. I.) aufwies, können Patienten ohne Weiteres Konturen und Helligkeiten unterscheiden, sind aber nicht mehr in der Lage, Farben zu erkennen. Interessanterweise jedoch können sie sogar solche Konturen angeben, die ausschließlich von äquiluminanten Farbfeldern gebildet werden. Sie sind jedoch außerstande zu sagen, an welcher Seite beispielsweise das Rot und an welcher das Grün liegt. Man kann Darstellungen mit unscharfen oder ganz ohne erkennbare Konturen wählen, solche ohne Abschattierung etc. und damit bestimmte Gehirnzentren mehr oder weniger ausschließen. Dadurch wird das Gehirn gezwungen, neue Koalitionen der immer noch beteiligten Zentren einzugehen, also die einzelnen Module in neue Blocks einzubinden, was, wenn es dennoch gelingt, einen gewissen Sinn im Wahrnehmungsangebot zu finden, vom gehirneigenen Belohnungssystem honoriert wird. Dass dies adaptiv ist, dürfte unmittelbar einleuchten, schließlich führt es zu Lernvorgängen, die bei ungewöhnlichen Bedingungen überlebensrelevant sein können. Die Werke von Mark Rothko in der Houston-Chapel in Texas haben jedenfalls laut der Umfrage von James Elkins mehr Kunstliebhaber zu Tränen gerührt als andere ältere oder neuere Werke, was doch wohl auch damit zusammenhängen dürfte, dass das in ihnen realisierte Wahrnehmungsangebot (im Zusammenwirken mit dem gegebenen Kontext) ein Heraustreten aus Raum, Zeit und Kausalität und ein Aufgehen in einem größeren Ganzen begünstigt, wobei dem ›unfassbaren‹ Farbraum, verbunden mit dem Verlust der Farbkonstanz, eine wichtige Rolle zukommt.³

Die Behandlung der Farbe wurde allerdings aus der älteren Stilgeschichte ausgeklammert. Dies hatte manche verständliche Gründe:

Formale Stilmerkmale waren vergleichsweise robust, sie blieben auch in Reproduktionen erkennbar, wie sie auch in solchen Gattungen wie Zeichnung und Grafik, die ohne Buntfarben auskamen, anwendbar blieben. Für das Kolorit traf dies nicht zu. Deshalb erfolgt die Beschäftigung mit der Farbe in der Malerei im stilkritischen Schrifttum eher selten. Abgesehen vom Erbteil dieser Wissenschaften als Systematisierung des Kennertums, was die Farbgebung in der Malerei als Geheimnis der Küche des Malers – der Genießer muss zwar wissen, wie ein Omelett schmeckt, nicht aber, wie man es zubereitet – zu den eher lässlichen Kenntnissen zählen lässt, sind dafür auch einige sachliche Gründe verantwortlich. Da ist zum einen die Unsicherheit über den einstigen Zustand der Werke. Pigmente verändern sich manchmal chemisch, Firnisse werden gelb und dunkeln nach, deckende Schichten erscheinen im Laufe der Zeit durchscheinend und dergleichen mehr. Daneben gibt es die Eingriffe der Restauratoren – *questi assasini* – die häufig zur Verfälschung der intendierten Erscheinung eines Werks beigetragen haben. Auch der veränderte Kontext, vor allem die veränderte Beleuchtungssituation vieler Werke, spielen eine Rolle. Im Museum sind die Bilder aus dem einstigen Ensemble gerissen, der Lichteinfall ist anders, sie sind meist zu hell beleuchtet und der Betrachterstandpunkt wird näher gewählt als im ursprünglichen Zusammenhang vorgesehen.

Verfälschungen der Farbwirkung durch Abbildungen erschweren zusätzlich die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Kolorit. Auch die besten Fotos können nur einen ungefähren Anhaltspunkt liefern und ersetzen nicht die Beschäftigung mit dem Original, denn die Wirkung der Bildfarben hängt nicht unwesentlich von der Größe des Bildes ab, von der Art der Beleuchtung, ja sogar von der Intensität des Lichts, von der Beeinflussung durch den sozialen Kontext ganz zu schweigen. Über Farbe zu schreiben, galt daher nur vor dem Original als statthaft. Koloritforschung verführte nicht selten zu einer Kenner-schaft, die es sich als ungehörig verbittet, wenn sie Gründe für ihr Urteil angeben soll. (Bei der Stilgeschichte gab es anfänglich auch dieses Phänomen.) Der in der kunsthistorischen Forschung allmählich erzielte Konsens, dass man über Farbe als Wissenschaftler nicht schreiben könne, ist daher nicht ganz unbegründet. Die Abkehr von der Beschäftigung mit der Farbe führte jedoch zu der perversen und unhaltbaren Situation, dass dicke und gelehrte Bücher über Tizian geschrieben werden, einen seinerzeit wie auch heute als Kolorist hoch gerühmten Künstler, ohne dass mit nur einem Wort auf diese seine bekannteste und am meisten geschätzte Leistung eingegangen wird.

Nun ist heute nicht nur die Qualität der farbigen Abbildungen entschieden besser geworden und nicht zuletzt hat ihre Verfügbarkeit drastisch zugenommen, es steht darüber hinaus ein Vokabular zur Verfügung, um Aussagen über einen Farbstil zu treffen, die intersubjektiv überprüfbar sind. Auch können, wie jeder Fernsehbenutzer weiß, inzwischen Parameter wie Sättigung, Kontrast und Helligkeit einer Bildfarbe unabhängig voneinander gesteuert und damit untersucht werden. Die digitale Bildbearbeitung fügt dem weitere Möglichkeiten hinzu. Die Erzeugung virtueller Bilder hat gleichfalls unser Wissen um Wahrnehmungsfaktoren entschieden bereichert. Vor allem erlaubt dies Aussagen, die auf einer robusten Grundlage beruhen, sodass sie in weiten Grenzen auch anhand von Abbildungsmaterial getroffen werden können. Dabei bleibt es jedem Kunstfreund natürlich unbenommen, weiterhin seine eigene subjektive Reaktion vor einem Kunstwerk zum alleinigen Maßstab zu erheben. Einen Farbstil beschreiben zu können bedeutet nicht die Verfügung über einen Universalschlüssel für alles und jedes. In Übereinstimmung mit dem Hauptargument, dass Farbe nicht isoliert von den anderen Elementen betrachtet werden kann, sodass paradoxerweise gerade die Arbeit an der Form die spezifischen Wirkungsmöglichkeiten der Farbe produziert, ist es heute aber keineswegs mehr angebracht oder geboten, auf die Unterscheidung spezifischer Farbstile zu verzichten. Gewisse Aussagen zur Farbgebung können getroffen und über sie intersubjektive Einigung erzielt werden, die weder inhaltsleer noch unaufhebbar subjektiv ausfallen. Damit sind die Grenzen, die einer rein stilgeschichtlichen Untersuchung gesetzt sind, zwar nicht aufgehoben, aber es ist doch ein verbessertes Analyseinstrument geschaffen worden. Da Stil jedoch etwas mit den internen Weisen der Repräsentation von Bildinformation zu tun hat, sollte gleichwohl festzustellen sein, welche Stiloptionen welche Konsequenzen nach sich ziehen. Menschen können die eine oder andere Weise auswählen, die eine je spezifische physiologische Grundlage haben und damit den Reichtum der Erfahrungsweisen vergrößern.

Wie in den Kapiteln über die visuelle Wahrnehmung ausgeführt, wird die vom Auge empfangene Information nach verschiedenen Merkmalen in verschiedenen Gehirnzentren verarbeitet, wobei eine gewisse Spezialisierung stattfindet. Untersuchungen an Kranken, bei denen bestimmte Gehirnregionen geschädigt sind, geben Hinweise, welche Aufgabe welche Region zu erfüllen hat. Wie bereits ausgeführt, können wir zwar eine Vielzahl solcher visuellen Zentren unterscheiden, doch muss die Idee einer strengen Modularität aufgegeben

werden. Hat man ein solches Zentrum identifiziert, das bei einem bestimmten Wahrnehmungsangebot aktiv ist, so bedeutet dies keineswegs das Ende der Kette, sondern weitere Integrationsvorgänge folgen. Unser normaler Seheindruck entsteht daher aus dem Zusammenspiel verschiedener Regionen. Je nach Kontext werden andere kortikale Verbindungen gebildet. Ändert sich dieser, werden auch die Farben neuronal neu eingeschätzt. Bei Gehirnschädigungen im Bereich der visuellen Wahrnehmung, die nur die Farbwahrnehmung im engeren Sinne intakt gelassen haben, zeigt sich, dass diese allein kaum zu einer Orientierung in der Umwelt ausreicht, während umgekehrt ihr Ausfall ganz gut zu verkraften ist. Deshalb kann die Beurteilung der Farbwirkung eines Bildes oder einer Installation nicht unabhängig von der Analyse anderer visueller Elemente wie der Konturen oder der Hell-Dunkel-Wirkung geschehen. Die Regeln der Farbmaler betreffen daher nicht so sehr die Wahl mehr oder weniger geeigneter Einzelfarben als das Zusammenspiel ihrer Farben mit und die Beschränkung durch die anderen Wahrnehmungsfaktoren.

Die auf Hans Jantzen zurückgehende Unterscheidung von Eigen- und Darstellungswert der Farbe bedeutete ja bereits ein solches Analyseinstrument. Sie wurde von der Fachwelt durchaus übernommen, ist aber natürlich zu undifferenziert sowie in ihrem Anwendungsbereich viel zu eingeschränkt und insgesamt unzureichend, der Fülle an Farbstilen gerecht zu werden. Nehmen wir allein die Modellierung, d. h. die Abwandlung nach Licht und Schatten, um einer Form Plastizität zu verleihen. Ob ein Werk z. B. die gesamte Spannweite an Hell-Dunkel-Unterschieden aufweist oder eher auf äquiluminanten, gleichmäßig hellen Flächen beruht, ob die Valeurunterschiede in feinen, vielfach abgestuften Übergängen vorkommen oder auf wenige, hart nebeneinander gesetzte Werte beschränkt sind, ob solche Valeurstile streng monochrom behandelt werden oder farbig interpretiert sind, sodass etwa die dunkleren Stellen einer Farbe ins Bläuliche, die helleren ins Gelbliche tendieren, was die Kunstliteratur der Renaissance als *cangiantismo* bezeichnet, lässt sich mindestens so sicher beurteilen wie der Stilunterschied zwischen Objekten der Früh- und Hochrenaissance in Italien. Fein abgestufte Valeurs stehen für Dämmerung, während harte Übergänge direktes Sonnenlicht evozieren. Bei Vorliegen des *cangiantismo* kann man dann fragen, wie konsequent er angewandt wird, etwa nach dem Muster, ob die hellen Seiten immer zum Warmen hin und die dunklen immer zum Kühlen hin verändert sind, was auf fast alle impressionistischen Werke zutrifft. Sind bei einem Körper intern konsistente Luminanzabstufungen beachtet, die

aber von einer Zone zur nächsten inkompatibel wirken? Da eine Abschattierung bei dunklen Stoffen kaum möglich ist, weisen diese weniger Relieffwirkung auf, weshalb Leonardo sich auf Farben nur im mittleren Helligkeitsbereich beschränkt hat. Wird Schwarz gemieden? Ist es der Fall, dass wie etwa bei Seurat oder der ottonischen Buchmalerei reine Farben nur mit Weiß gemischt werden dürfen, sodass ihre größte Sättigung mit ihrer größten Dunkelheit zusammenfällt, oder können sie umgekehrt wie bei der gotischen Glasmalerei aus technischen Gründen nur abgedunkelt werden?⁴

Solche Fragen lassen sich ohne Weiteres auch an Abbildungsmaterial feststellen. Bei welcher Helligkeitsstufe treten die größten Sättigungen auf? Kommt es bei der Modellierung eines Körpers zu erheblichen Sättigungsunterschieden, was zu einem metallenen Eindruck führt? Wie verhält es sich mit der Wiedergabe von Glanzlichtern? Der bei byzantinischen Ikonen anzutreffende und als Chrysografie bezeichnete Brauch, sie mit Gold wiederzugeben, um den übernatürlichen Charakter der dargestellten Personen anzudeuten, bildet nur eine von vielen Möglichkeiten. Ob Modellierung vorliegt oder ein Verzicht auf Modellierung, ob wie oft bei Seurat Kontramodellierung, d. h. eine gegenläufige Modellierung des Hintergrunds, hinzugefügt wird, wie das Verhältnis zu den Konturen aussieht, zu ihrer Auflösung, dürfte gleichfalls einer wissenschaftlichen Behandlung zugänglich sein. Wie sind die Schatten behandelt, gibt es Schlagschatten? Wird – wie bei vielen archaischen Stilen, aber auch bei Matisse und vielen Comics – der Blickpunkt als identisch mit der Lichtquelle angesehen, was Schatten ausschließt und reine Farbflächen beschert? Da die Schatten von unserer Position im Raum abhängen, bietet eine schattenlose Darstellung einen Grad mehr an Invarianzen einer idealen Welt. Wenn man Polaritäten wie profan/sakral oder real/visionär hinzunimmt, zeigt sich, dass sie zumeist durch einen spezifischen Einsatz der Farbstile zum Ausdruck gebracht werden. Nicht nur Glanz, Transparenz, Reinheit, Kostbarkeit, auch Körperlosigkeit, die durch entsprechende Modellierung insinuiert wird, eignet sich zur Darstellung des Unfassbaren, Unausdrückbaren, Undarstellbaren. Dass so oft angestrebt wurde, die Farben so gesättigt wie möglich in Erscheinung treten zu lassen, auch dass die Verwendung von Schwarz von den unterschiedlichsten Schulen ausgeschlossen wurde, dürfte auf vergleichbare Zielsetzungen schließen lassen.

Wenn ein Grafiker wie der in den 1990er-Jahren gefeierte David Carsons eine Typografie kreiert, die dem Lesen alle erdenklichen Schwierigkeiten macht, indem unter anderem Farbunterschiede an die

Stelle von Valeurunterschieden treten und er sich der Äquiluminanz annähert, so müsste dies zweifelsfrei konstaterbar sein und mit ähnlichen Gestaltungsmitteln etwa bei Robert Indiana verglichen werden können. Welche Mittel der Verräumlichung sind beibehalten, welche eskamotiert? Welcher virtuelle Raum ergibt sich daraus? Das Bestreben nach Flächigkeit, das weite Teile der Kunst der Moderne bestimmt hat, wird nicht so sehr an der Farbbehandlung selbst ablesbar als daran, welche Mittel der Raumillusion in Acht und Bann geraten. Das Verhältnis der Farbe nicht einfach zum Raum, sondern insbesondere zu den Ortsfrequenzen, was eine der Besonderheiten Tizians ausmacht, kann beschrieben werden, ohne in den orakelhaften Ton des Sehers zu verfallen. Dass Cézanne den spreading-effect nutzt, wenn er nur an den Kanten Farben angibt und die weißen Flächen dazwischen unbehandelt lässt, dass Rothko mit seinen wattigen Formen die Farbkonzanz aufhebt, was als Transzendenzerfahrung erlebt werden kann, sollte eben so unstrittig sein wie die Frage, ob jemand eher die Blau-Gelb-Achse (wie Vermeer) oder die Rot-Grün-Achse (wie Delacroix) bevorzugt. Dies müsste dann noch mit dem jeweiligen Verhältnis zum Hell-Dunkel-Parameter in Beziehung gesetzt werden. Die Organisation der Buntfarben nach einer sie übergreifenden Warm-Kalt-Ordnung wie etwa bei Bonnard sollte ebenfalls selbst anhand von Abbildungsmaterial zu konstatieren sein.

Da die Farbwahrnehmung dazu dient, verschiedene Objekte auseinanderzuhalten, kann eine Darstellung wie bei Comics, wo mit kräftigen Farben versehene Felder mit deutlichen Konturen so voneinander abgesetzt werden, dass ihr Kontrast möglichst deutlich wird, als Quintessenz dieser Leistung der Farbwahrnehmung betrachtet werden. Wie die Verbreitung solcher Comics bzw. ihrer Vorläufer in volkskundlichen Zusammenhängen erweist, kommt die damit gegebene Segregation den Bedürfnissen unserer Wahrnehmung durchaus entgegen. Bei solchen Darstellungen wird auf die Modellierung so gut wie kein Wert gelegt und wird die Tatsache ausgenutzt, dass für die Wahrnehmung weiche Übergänge eher Luminanzunterschiede signalisieren, während Reflektanzunterschiede durch abrupte Kontraste gekennzeichnet sind. Den Gegensatz zu diesem Farbstil der Comics bilden also monochrome Darstellungen mit feinsten Hell-Dunkel-Übergängen. Wenn nun Luminanzen wie bei der Betonung farbiger Schatten farbig interpretiert sowie die Konturen überspielt werden, so ist für die Wahrnehmung weder eine Segregation der Reflektanzen noch eine räumliche Interpretation der Formen einfach zu bewerkstelligen. Eine solche Darstellung eignet sich daher, zu vereinheitlichen,

zu verschmelzen oder das Gefühl pantheistischer Durchströmtheit heraufzubeschwören. Beispiele findet man zuhauf in Landschaftsgemälden, angefangen bei der Begeisterung für das, was Goethe *apparente Farben* nennt, also Farben, die nicht Oberflächen fest zu kommen, sondern den Einfluss atmosphärischer Bedingungen verraten, bis hin zu Monets Meeresbildern.

Auch sollte die Forschung ohne Mühe Konsens erzielen können, dass ein (absichtlicher) Verstoß gegen die Prototypikalität vorliegt, wie etwa bei den grünen Himmeln und rotvioioletten Bäumen der Fauves oder den blauen Pferden Franz Marcs. Unterscheiden kann man noch, ob wie bei Matisse trotz der ungewohnten Buntfarben die *Valeurs* gewahrt werden oder ob auch diese die Prototypikalität verletzen. Wie ist der Bezug der Farbe zu den Objekten? Werden gerade solche Phänomene wie Lichtkringel am Boden oder farbige Schatten betont, die wir normalerweise übersehen, weil sie zu ephemere und flüchtig sind, um uns über Objekte im Raum zu informieren? Werden umgekehrt nur Gedächtnisfarben gezeigt, solche, die wir fest mit dem Objektwissen abgespeichert haben? Wenn der Eindruck entstanden sein sollte, dass die vorgeschlagenen Kriterien sich nur auf realistisch gegenständliche Bilder beziehen lassen, so trifft dies keineswegs zu. Wir betrachten auch Kunstwerke mit unserem normalen Wahrnehmungsapparat, selbst wenn die Frage der ästhetischen Einstellung und des sozialen Orts berücksichtigt wird, und die relevanten stilistischen Unterschiede in ihnen haben die Wirkung, die sie eben haben, als Teil der biologischen Ausstattung und der erworbenen Erfahrungen mit eben diesem Wahrnehmungsapparat. Die Verhältnisse ähneln denen beim Erinnern oder Imaginieren, wo teilweise die gleichen Gehirnnareale aktiv sind wie bei einer Wahrnehmung im realen Raum, ohne dass wir beide miteinander verwechseln würden. Gibt es überhaupt einen virtuellen Raum, den die Farben kennzeichnen, oder beziehen sie sich auf ihren materiellen Träger? Hier kommen die diversen Farbauftragsweisen ins Spiel. Ob Lasuren Verwendung finden, was Leibl für ein moralisches Versagen hielt, welche Objekte, wie die menschliche Haut, keinesfalls glänzen dürfen, ob eine stumpfe Oberfläche gesucht wird wie bei den Impressionisten, ob wie bei Bacon glänzende Ölfarbe für den menschlichen Körper, dem Gewalt angetan wird, eingesetzt wird, während stumpfe Acrylfarbe die glatten, sauberen und teilnahmslosen Interieurs kennzeichnet, sollte in die Betrachtung einfließen, und zwar nicht als technisches Detail, sondern weil auf genau solchen Faktoren in Zusammenwirkung mit einem gegebenen kulturellen Kontext die Wirkung beruht. Wird ein eigener Farb-

raum angestrebt und die Farbkonstanz eskamotiert wie bei Bridget Riley, Mark Rothko und anderen?

Künstler, die sich mit dem Thema der Klassifikationen auseinandersetzen und Objekte nach Farben ordnen, sind in den letzten Jahren mehrfach hervorgetreten. Matt Mullican wäre zu nennen, der den Kontrast einer absoluten Ordnung und dem bric-à-brac des Alltags ausspielt. In einer ornamental-geometrischen Anordnung, die mit den reinen Farben gegliedert und eigentlich nur von oben (für die Augen der Überirdischen) sichtbar ist, hat er sich mit seinen privaten Habseligkeiten eingenistet und diese nach eigener Willkür darin verteilt, sodass z. B. Blaues zu Blauem gesellt wird. Ein anderer Künstler ist Mark Dion, der die Klassifikationsschemata der Kunst- und Wunderkammern aufgreift, während Tony Cragg den Kontrast billiger, nach Farben geordneter Abfallmaterialien mit den Inszenierungstechniken unserer Museen ausnützt. Festzuhalten ist aber, dass Künstler nicht an der Farbe an sich in der Natur oder im Alltagsleben interessiert sind, sondern eine spezielle Aufgabe haben, nämlich die Möglichkeiten der Farbe in einem eigenen Medium, den Bildern (oder auch dreidimensionalen Tableaus wie z. B. in der Architektur, Innenarchitektur, der Bildhauerei oder den Installationen etc.), zu erkunden. Der Ausdruck Kolorit hat sich eingebürgert, um speziell die Farbgebung in Bildern zu bezeichnen.

Soweit eine kleine Sammlung von Farbstilen. Man wird sagen, dass ihre Unterscheidung häufig ja schon praktiziert wird. Dies ist zu einem gewissen Grad richtig, wenn es auch selten in einem systematischen Zusammenhang geschieht. Der entscheidende Punkt besteht aber darin, dass die psychologischen Wirkungen dieser unterschiedlichen Praktiken nicht bemerkt oder beschrieben werden. Jede Stiloption bewirkt Unterschiedliches im Gehirn. Hier ist ein kleiner Einschub am Platz, der die Beziehung der formalen Mittel zur Musik betrifft. Natürlich haben Künstler schon lange bemerkt, dass ihre formalen Mittel nicht einfach neutral sind, sondern Einfluss auf die psychologischen und emotionalen Wirkungen haben, die sie hervorrufen wollen. In der Rhetorik, der am höchsten entwickelten Kunsttheorie der Antike, wurde dies zuerst thematisiert und es wurden gewisse Modi unterschieden, um die je nach Art, Inhalt und Anlass der Rede geeigneten rhetorischen Mittel einzusetzen. Ähnlich hat man in der Musik verschiedene Modi oder Tongeschlechter wie dorisch, lydisch, phrygisch etc. unterschieden, deren Anwendung einen je unterschiedlichen emotiven Charakter nach sich ziehen würde. In der Neuzeit hat man dann gern die einzelnen Kunstgattungen miteinander verglichen,

um zu einer Art Rangfolge zu kommen. Dieser sogenannte *paragone* hat aber die Wahrnehmung ihrer jeweiligen Besonderheiten und Möglichkeiten geschärft. Spätestens seitdem und bis in die Gegenwart haben dann immer wieder Künstler ihre formalen Mittel mit denen der Musik in Parallele gesetzt, um eben darzulegen, dass auch sie sich auf der Höhe einer der angesehenen freien Künste bewegen würden. Ein Brief des Malers Poussins an Fréart de Chantelou, in dem er auch für die Malerei einen spezifischen Einsatz ihrer Mittel je nach Sujet postuliert, ist in diesem Sinn berühmt geworden und hat nachfolgende Künstler und Theoretiker inspiriert. Er bezog sich dabei auf einen Text des venezianischen Musikers Zarlino, der seinerseits die antike Lehre von den Modi wieder aufgegriffen hatte. In der Folge des *paragone* wurde gerade die Farbe gern und immer wieder mit der Musik in Beziehung gesetzt. Selbst der nüchterne Kant hatte den Farben Eigenschaften wie ›rein‹, ›keusch‹, ›zärtlich‹ etc. zuerkannt. Um ein Beispiel unter vielen zu geben: Signac erklärt, dass der Maler mit den sieben Tönen der Farbskala ebenso komponiert wie der Musiker mit seinen Tönen.⁵ Offensichtlich greift er damit auf Newton zurück, der seinerseits schon in der erwähnten Tradition steht, und weist auf Klee voraus, der dann anstrebt, mit den Farben seines Malkastens so improvisieren zu können wie ein Musiker. Der Vergleich der Farbe mit der Musik ist noch heute virulent, ja er hat durch unser aktuelles Interesse an Synästhesie noch an Überzeugungskraft gewonnen.⁶

Als bloße Metapher oder Analogie ist gegen den Vergleich der formalen Mittel der Maler mit denen der Musik nicht viel einzuwenden. Allerdings sind die Versuche, diese Analogie zu konkretisieren, alles in allem recht enttäuschend verlaufen und haben nicht zu Resultaten geführt, die allseits akzeptiert würden. Dies ist, wenn man sich die unterschiedlichen Aufgaben des visuellen und des auditiven Systems klarmacht, auch nicht verwunderlich. Wie ich es sehe, gibt es für spezifische Wirkungen visueller formaler Elemente einmal eine Grundlage in unserer natürlichen Umgebung und zum anderen in den evolutionär erworbenen Reaktionen unseres Gehirns auf die Umweltbedingungen, mit denen es sich auseinandersetzen hatte. Auch und gerade in der Negation der Raumwahrnehmung erweisen sich die visuellen Elemente als auf die Interpretation der Umwelt und die Handlungsmöglichkeiten in ihr bezogen. Bei vielen der beschriebenen Stilmerkmale lässt sich eine sehr direkte Orientierung an Naturphänomenen feststellen. Beispielsweise gibt es im isotropen Licht keine Glanzlichter. Diese sind an das Vorhandensein einer gerichteten Lichtquelle, die eben gespiegelt wird, gebunden, wobei der Glanz mit der

Stärke der Lichtquelle zunimmt. Verzicht auf Glanzlichter beziehen wir daher automatisch auf eine diffuse Lichtquelle, die deshalb keine starken Schatten kennt, mit allen psychologischen Konsequenzen. Auch können wir je nach atmosphärischen Bedingungen nur kräftige Hell-Dunkel-Unterschiede sehen oder feinste Übergänge. Dient die Farbgebung eher der Trennung der Objekte, hilft sie bei ihrer Unterscheidbarkeit oder führt sie gerade wie bei Turner zu einer Aufhebung der Objektgrenzen? Auch dies hat eine natürliche Grundlage darin, dass das transmittierende Medium, also meist Dunst, Regen oder Nebel, in Erscheinung tritt.

Hier soll nicht behauptet werden, dass Künstler unbedingt derartige Naturprozesse zu studieren haben, obwohl dies de facto oft der Fall war. So wurden in Kunst- und Wissenschaftskreisen im 18. Jahrhundert die von der Wahrnehmung gern als wenig bedeutsam behandelten Schatten obsessiv studiert, während auf Leonardo die Beachtung der Luftperspektive zurückgeht. Immer wieder haben Maler in ihren Werken solche von der Alltagswahrnehmung meist übersehene oder unterdrückte Effekte wie die Wiedergabe von Glanz oder Reflexfarben gesucht. Solche Bilder sind deswegen aber nicht wahrhaftiger als andere, selbst wenn das gezeigte Phänomen existiert und in der Natur beobachtet werden kann. Meistens handelt es sich um eine geradezu karikaturhafte Übertreibung solcher Phänomene, die damit erst richtig sichtbar gemacht werden. Beispielsweise bietet Constable eine Art Karikatur der Glanzlichter, um die feuchte englische Landschaft wiederzugeben – es gibt sogar das schöne Fremdwort ›Hyperprosessis‹, um eine übertriebene Aufmerksamkeit auf glänzende Objekte zu bezeichnen – während die Impressionisten die farbigen Schatten übertreiben und ein Maler wie Seurat uns unter anderem eine Übersteigerung des Simultankontrastes vorführt. Dies ist nicht als Kritik gemeint, im Gegenteil, sondern betrifft direkt das, was Kunst leistet. Künstler benutzen bestimmte Auslöser, auf die die Wahrnehmung auf eine spezifische Weise reagiert, isolieren sie und übertreiben sie, um die von ihnen angestrebte Wirkung möglichst effizient und sinnfällig zu machen. Sie heben bestimmte Weisen der Bildverarbeitung stärker heraus und unterdrücken andere. Sie kombinieren Wahrnehmungsweisen, die in natura kaum zusammen vorkommen. In der Regel ist dies nicht der Selbstzweck, sondern dient der spezifischen Wirkung oder Bildaussage. Wenn etwa wie bei Munchs Bild *Der Schrei* die Angst vor der Auflösung der Psyche thematisiert wird, so dürfen Objektgrenzen nicht respektiert werden und der Körper muss als Spielball äußerer Kräfte erscheinen, die ihn auflösen und ge-

genüber denen er seine eigene Gestalt nicht behaupten kann. In ähnlicher Weise hängt die sogenannte Befreiung der Farbe oft – wie noch deutlicher gemacht wird – mit Entgrenzungs- und Verschmelzungsfantasien zusammen.

Auch wenn Künstler nicht die Natur studieren müssen, um ihre Effekte zu finden, sondern sich direkt auf die bei der Bildherstellung gemachten Erfahrungen beziehen können, so wenden sie sich doch an Gehirne, in denen bestimmte Reize auf eine spezifische, evolutionär und ontogenetisch erworbene Weise verarbeitet werden. Sogar wenn ohne Naturnachahmung direkt auf Wahrnehmungsprozesse eingegangen wird, wenn Angebote gemacht werden, auf die uns die Evolution nicht vorbereitet hat, ist dies der Fall. Einige Beispiele: In der Abenddämmerung oder im Morgengrauen sieht die Welt grau aus und scharfe Kontraste sowie feine Details sind schwer wahrzunehmen. Dies liegt am beschriebenen Mechanismus des mesopischen Sehens, wo die für das Farbsehen verantwortlichen Zapfen noch nicht voll einsatzfähig sind. Bilder in zurückhaltender Farbigkeit, geringer Auflösung und verwischten Grenzen, wie sie Ende des 19. Jahrhunderts als ›Stimmungsmalerei‹ beliebt waren, nutzen diese angeborene Disposition. Schließlich waren unsere Vorfahren unter solchen Bedingungen eher zu Ruhe und Untätigkeit gezwungen. Umgekehrt beschwören kräftige Farbgegensätze das helle mittägliche Tageslicht respektive die Tropen. Gleichwohl kann man eine künstliche graue Welt herstellen und in gleißendes Licht tauchen, was widersprüchliche und irritierende Empfindungen hervorruft. Man kann auch wie Marcel Duchamp in ein schwarz-weißes Kalenderblatt einer solchen trüben grauen Stimmungsmalerei einen oder zwei kräftige Farbakzente setzen, was die Wahrnehmung notwendig als eigene Lichtquellen interpretiert. Das plastische Ideal, das die Formerkenntnis verabsolutiert, führt nicht von ungefähr zur Vorliebe für Weiß, denn nur so kann der ganze Bereich an möglichen Schattierungen ausgeschöpft werden. Dies erklärt, weshalb Architekten und Bildhauer so häufig eine weiße Welt lieben.

Farben, die mit ihrem Pop-Out-Effekt, wenn man an das paradigmatische Beispiel der roten Früchte im Baum denkt, die Raumwahrnehmung momentan übertönen können, bringen ein störendes Element für die Orientierung mit sich. Feine Details und kräftige Farbkontraste sind schon deswegen nicht unter einen Hut zu bekommen, weil das Auflösungsvermögen der entsprechenden Parvo-Kanäle unterschiedlich ist. Wer auf farbige Wirkungen in architektonischen oder plastischen Werken setzt, kann erstere entbehren. Es gibt aber auch,

wie bei den Impressionisten und Neoimpressionisten häufig, die Konkurrenz zwischen detailreicher Formwahrnehmung beim fokalen Sehen, wo die einzelnen Pinselstriche sichtbar werden, und dem peripheren Sehen, in welchem die Farbigkeit dominiert. Sie geben aber nicht einfach das undeutliche Gesichtsfeld außerhalb der Fovea wieder, sondern entdecken ansonsten eher verdrängte invariante Faktoren der Umgebung wie Licht, Atmosphäre oder Wetter. Diese werden unter Weglassung anderer spezifiziert.

Die Farben sind demnach gegenüber der räumlichen Interpretation der Bildelemente indifferent bzw. dysfunktional. Wie gezeigt, ist der Farbeindruck im Gehirn im Regelfall an die Wahrnehmung von Oberflächen gebunden. Die Raumwahrnehmung kann auf Farbe weitgehend verzichten und ist fast nur an Helligkeitsunterschieden orientiert. Bilder, die auf sogenannten Iso- oder Äquiluminanzen beruhen, d. h., in denen nur Farbtöne gleicher Helligkeit verwendet werden, sind deshalb in ihrer räumlichen Wirkung stark eingeschränkt. Exakt äquiluminante Darstellungen sind übrigens aus mehreren Gründen praktisch nicht realisierbar. Zum einen spricht das Magno-System bereits auf feinste Helligkeitsunterschiede an, zum zweiten gibt es durchaus Unterschiede zwischen verschiedenen Betrachtern beim Punkt, wo sie Äquiluminanz erfahren, drittens kommt es wegen der verwendeten Pigmente und ihrer Metamerie dazu, dass es je nach Lichtverhältnissen Verschiebungen gibt. Da auch die absolute Lichtstärke einen Einfluss auf den Punkt der Äquiluminanz hat und dieser zu guter Letzt beim fokalen Sehen anders liegt als beim peripheren, müsste man alle diese Faktoren kontrollieren.

Dennoch lässt sich sagen, dass wir perspektivische Hinweise, virtuelle Konturen, plastische Modellierung und dergleichen äquiluminanten Darstellungen kaum noch entnehmen können. Auch die Bewegungswahrnehmung braucht keine Farbunterschiede, sondern nur Helligkeitsunterschiede. Wir haben deshalb Mühe, sagen wir, die Bewegung eines blauen Flecks auf einer gleich hellen grünen Fläche zu verfolgen. Duchamp hat in einem seiner Werke das Phänomen der *fluttering hearts* aufgegriffen, wo eine rote Form sich unsynchronisiert auf einem äquiluminanten Hintergrund zu bewegen scheint. Umgekehrt sind wir trotz erschwelter Raumwahrnehmung gut imstande, Farben zu erkennen. Aus alledem ergibt sich, dass wir die Farbe nicht einfach der Linie entgegensetzen sollten, sondern sämtliche Zentren, in denen visuelle Wahrnehmung stattfindet, mit einbeziehen müssen. Die Wirkung der Farbe zu steigern bedeutet nicht einfach, brillantere, stärkere oder hellere Farben anzuwenden, sondern in mindestens

gleichem Maße, die anderen an der Wahrnehmung beteiligten Zentren zu frustrieren, d. h., ihnen nicht genügend Information zukommen zu lassen. Ganz lassen sich diese anderen Zentren nicht eliminieren, was aber für die künstlerischen Gestaltungsmöglichkeiten nur von Vorteil ist, denn so sind die Variationen nahezu unerschöpflich. Konturen können verschwommen gestaltet werden, das Hell-Dunkel wie bei den äquilibrium Darstellungen unterdrückt, die perspektivischen Hinweise widersprüchlich gestaltet sein, Überschneidungen vermieden, die Erkennbarkeit von Gegenständen erschwert usw., alle diese traditionell nicht zur Farbgestaltung zählenden Verfahren haben aber direkte Auswirkungen darauf, wie die Farben erscheinen. Im Folgenden sollen also sämtliche Faktoren im Bild oder dem Ambiente, die der Raumwahrnehmung dienen, als negative Folie zur Farbwahrnehmung mit herangezogen werden, denn die spezifische Farbwirkung ergibt sich eben daraus, welche residuale Raumwahrnehmung mit ihr verbunden bleibt.

Die eingangs erwähnte Kritik an der Stilgeschichte muss natürlich weiterhin ernst genommen werden und ist, auch wenn, wie hier, eine durch neurologische Erkenntnisse inspirierte Revision ihrer Methoden vorgeschlagen wird, nicht gegenstandslos. Niemand wird bestreiten, dass Statusfragen oder Annahmen über die Intention des Autors eine Rolle spielen. Insbesondere verdienen die gerichtete Aufmerksamkeit und die ästhetische Einstellung bzw. die sozialen Einrichtungen, die sie gewährleisten sollen, gebührende Beachtung. Allerdings sind auch sie nicht völlig losgelöst von stilistischen Sachverhalten zu behandeln. Ein paar Worte zu den Konditionen, bei denen es zur ästhetischen Kontemplation kommen kann, seien daher ergänzend vermerkt. In der Regel besteht kein Handlungszwang und wir können ruhig bleiben. Damit hängt die ästhetische Kontemplation mit der Fernsicht zusammen. Ereignisse in der Ferne erfordern keine sofortige Reaktion. Der Kunstkontext kombiniert gern dieses entlastete, entspannte Verhältnis zum Sichtbaren, mit nahsichtigen Details, die uns dennoch nicht zur Aktivität zwingen. Teile unserer Wahrnehmung wissen, dass das, was wir sehen, nur virtuell ist, nicht real. Wir können Duane Hansons realistische Wärter oder Unterschichtsfrauen mit Einkaufswagen im Museum anstarren, wie dies in der Realität nie möglich wäre, können im Museum sogar abstoßende Vorkommnisse wie eine Kastration an einem Farbigen (bei *Five Car Stud* von Ed Kienholz) in aller Ruhe studieren, was übrigens auch schon für Bilder wie Géricaults *Floß der Medusa* zutrifft. Der Zwang zu handeln ist eskamotiert und wir können beispielsweise auf Feinheiten der Verteilung von Farb-

zenten achten, deren Registrierung, wären wir wirklich Zeugen der Ereignisse, absolut unangemessen wäre. Dies gilt auch für das Theater oder das Spiel. Das Vergnügen an ihnen rührt daher, dass trotz eines an sich alarmierenden Wahrnehmungsangebots wir durch den guten und sicheren Ausgang belohnt werden, was eben biologisch sinnvolle Lernvorgänge begünstigt. Ohne sie hätte kaum ein Mensch den Weg vom Festland nach Australien gewagt. Wann im Leben wäre es möglich, einige Minuten vor einer nahezu schwarzen Fläche zu verbringen, wie sie Ad Reinhard bietet, um zu sehen, ob da doch irgendwelche Formen auftauchen oder wir nur etwas hinein projizieren? Wann würden wir fast ein Stunde damit zubringen, die farbliche Veränderung des Himmels zu konstatieren, wenn nicht in einer Turrell'schen Installation? Schon der sozialpsychologische Rahmen, in dem wir uns auf Kunst einlassen, bewirkt Verknüpfungen von Wahrnehmungsarealen, die sonst nie in eine nähere Verbindung geraten würden. Zweifellos können auch ungewöhnliche und neuartige Verknüpfungen gebildet werden, die es in der Stammesgeschichte der Menschheit nie gegeben hat.

Kunst besteht, wenn man von ihren sozialen Rollen einmal absieht, in der Herstellung von Objekten oder Ereignissen, durch die im Gehirn bestimmte Zustände ausgelöst werden, die sich selbst belohnen. Dies bedeutet nicht, dass nur positive, angenehme Empfindungen zugelassen sind, denn ein bewältigter Stress kann besonders starke Glücksgefühle erzeugen. Um auf die Farbe zurückzukommen, deren Nähe zu Visionen, Rausch, Entgrenzungen, Verschmelzungen, zu Sprachlosigkeit und einer Regression in den Ursprung ja oft konstatiert wurde, so ist zu sagen, dass sie ins Extrem getrieben mit Raumlosigkeit und Orientierungslosigkeit einhergeht.

Es können hier nicht sämtliche Umgangsweisen im Umgang mit Farbe, die von der Menschheit im Verlauf ihrer Geschichte entwickelt wurden, systematisch abgehandelt werden, schon gar nicht, wie sie historisch und in den jeweiligen kulturellen Situationen interpretiert wurden und werden. Auch sei die Bedeutung der sozialen Kontexte oder von Gewöhnungsprozesse keineswegs geleugnet. Selbstverständlich kann, wie im Kapitel über Empfindungen dargelegt, ein Reiz nur innerhalb eines gegebenen Kontextes sich entfalten, und selbstverständlich sind diese Kontexte kulturabhängig, wandelbar und relativ. Ästhetische Urteile sind nicht allein von der phänomenalen Erscheinung, sondern mindestens von den Faktoren Erscheinung plus Kategorie abhängig, in die sie eingeordnet wird. Ob ein Reiz in die Kategorie Kunstwerk gelangt und was diese Kategorie besagt, liegt nicht

am Reiz allein. Doch muss selbst der eingefleischteste Kulturrelativist anerkennen, dass, um etwas als Prestige fördernd und erstrebenswert, als revolutionär, klassisch, innovativ, als *dernier cri*, als hip oder in anzusehen, dieses etwas wahrnehmungsmäßig unterscheidbar sein muss, damit die soziale Konstruktion von Sinn und Wert sich daran heften kann. Umso besser, wenn die entscheidenden Reize sich für die jeweilige Konstruktion eignen, hergeben oder sie belohnen. Anstatt das eine gegen das andere auszuspielen, sollten wir die wechselseitigen Bedingtheiten anerkennen und gerade das Zusammenspiel von Reiz und Kontext untersuchen.

Der Einfluss neuer Farbstoffe und Pigmente

Die vielleicht wichtigste Werkgruppe in Lori Hersbergers bereits mehrschichtigem Œuvre besteht aus wandgroßen Tableaus, die auf strahlend weißem Untergrund Markierungen in kräftigen synthetischen Farben aufweisen, welche in Leuchtkraft, Konsistenz und Auftragsweise ihre Herkunft aus dem letzten Viertel des 20. Jahrhunderts nicht verleugnen. Insbesondere verwendet er sogenannte Day-Glo-Farben, wie sie im Kunstkontext noch kaum vertraut sind und die eher Assoziationen an die gewollte Normverletzung von Subkulturen heraufbeschwören. Es ist dem jungen Schweizer Künstler nicht zuletzt wegen seiner spezifischen Adoption dieser Mittel gelungen, etwas zu erreichen, was fast unmöglich schien, nämlich der Gattung Malerei eine neue, völlig eigenständige und unverwechselbare Ausdrucksweise abzugewinnen. Von ihm ausgehend sei im Folgenden versucht, nicht so sehr die genannten Mittel und die Wirkungen, die er mit ihrer Hilfe erzielt, einer genaueren Analyse zu unterziehen, sondern eine kleine historische Reflexion über die Rolle neuer Farbstoffe und Pigmente vor allem im Kunstbereich anzustellen.

Nun müssen Koloristen, also Maler, die in ihren Werken in erster Linie auf die Farbwirkung abzielen, nicht deshalb bunte Bilder malen oder besonders leuchtende und gesättigte Farben bieten. Von Tizian wird der Ausspruch berichtet, dass Weiß, Rot und Schwarz alle Farben seien, die ein Maler brauche, wenn man nur wisse, wie sie anzuwenden seien.⁷ Auch Delacroix war der Ansicht, dass jemand wie Veronese fähig und bereit wäre, aus einer beliebigen Schmutzfarbe einen herrlichen Akt zu zaubern, wenn man ihm nur freie Hand bei der Umgebung ließe. Demnach würde nicht die Reinheit der Farben an sich, sondern erst ihre gekonnte Kombination den Meister erwei-

sen. In ähnlichem Sinn polemisiert bereits Vasari, dass zwar jeder-mann am Rialto schöne Farben kaufen könne, die wahre Kunst je-doch woanders zu suchen sei als in der Ausbreitung gefälliger oder neuartiger Farbreize. Er modernisiert damit aber nur einen topos, den bereits das Mittelalter kannte: *ars auro prior*, höher noch als der ästhetische und materielle Wert des Goldes sei die gezeigte Kunstfer-tigkeit in einem Werk zu bewerten. Die unvertraute Reinheit und Buntheit der Malmaterialien, ihre Seltenheit oder ihr materieller Wert an sich also besagen – dies die orthodoxe Lesart – noch wenig über den Kunstwert. Und den *locus classicus* liefert Plinius der Ältere, wenn er die (seinerzeit) alten Maler lobt, die mit vier Pigmenten auskämen und sie als Vorbild seiner Zeit gegenüberstellte.

Dennoch, vom gleichen Delacroix ist bekannt, dass er mit den da-mals neuesten und leuchtendsten Farben experimentierte, seine Palette fast wie ein eigenständiges Kunstwerk zusammenstellte und die Meinung vertrat, die Kunst sei wahrhaft in Gefahr, wenn die Ma-ler aufhörten, sich für die Schönheit ihrer Materialien zu interessieren. Ähnlich begeistert hat sich später Kandinsky über die Tubenfarben geäußert. Eine andere berühmte Äußerung von Delacroix lautet, die erste und wichtigste Aufgabe der Malerei bestünde darin, ein Fest für die Augen zu bieten. Im Venedig des 16. Jahrhunderts schließlich, was Vasari mit seiner Kritik ja treffen will, haben mit Tizian und Vero-nese gerade die größten Koloristen die neuesten, exotischen und kostbarsten Pigmente wie Realgar und Orpiment gern und ausgiebig verwendet.

Ähnliches ließe sich über Turner sagen und besonders über die Impressionisten, die die damals aktuellsten Farbmaterialien, insbeson-dere die neuen synthetischen Mauve-Töne (man warf ihnen ›Violettomanie‹ vor) sofort in ihre Paletten und Bilder einbrachten. Der Vor-wurf der Disharmonie, des Schrillen, Billigen und Geschmacklosen, der immer auftritt, wenn man ungewohnte farbliche Reize realisiert, ist der Preis für solche Originalität. Es scheint sich bei der Adoption neuer Materialien um einen klassischen Fall von *double-bind* zu han-deln, was Künstlern wie Gauguin nicht entgangen ist. Neu, unge-wöhnlich und originell soll es schon sein, was der Künstler liefert, aber gleichwohl so prestigeträchtig wie die bereits anerkannten Wer-ke, was jedoch nur um den Preis der Nachahmung zu haben ist. Seine eigenen Arbeiten weichen gerade in ihrer raffinierten Farbigkeit, die moderne industrielle Malfarben voraussetzt, am meisten von den exo-tischen oder primitiven Vorbildern ab, denen er sich verschrieben hat. Die Erneuerung der Malerei im 19. Jahrhundert, die ja unter dem

Stichwort einer Befreiung der Farbe firmiert, erweist sich als durchaus eng an die Übernahme neuer Pigmente gebunden.

Nicht nur am Rialto und nicht nur bei van Gogh treffen sich Farbenhändler und Künstler in ihren Vorlieben. Dass Maler mit Goldschmieden und Apothekern in einer Zunft saßen, hatte gleichfalls seine Basis im Umgang mit kostbaren Substanzen. Auch im 20. Jahrhundert haben die Maler – man denke etwa an Frank Stella, David Hockney oder Morris Louis – natürlicherweise und sofort neue Farbmaterien wie die Acrylfarben verwendet und auf ihre künstlerischen Möglichkeiten hin ausgelotet, wenn nicht ohnehin über Medien wie Film, Video, Laser etc. dann ganz andere technische Möglichkeiten der Farberzeugung genutzt wurden. Wenn Frank Stella sagt: »I tried to keep the paint as good as it was in the can«, so wendet er sich damit unter anderem gegen die speziellen Künstlerfarben in den Tuben und bejaht die künstliche, urbane Welt der Industriefarben. Andy Warhol benutzte Siebdruckfarben gerade und vor allem auch für seine Leinwände, die er manchmal mit Diamantstaub versetzte. Schon Lucio Fontana hatte ähnlich wie Giovanni Segantini um 1900 seinen Farben Glitzerstoffe beigefügt und glänzendes Aluminium, Stahl, Plastik wie auch Neonröhren fanden die Künstler der 1960er-Jahre ausgesprochen faszinierend.

Allerdings sind für uns technischer und künstlerischer Fortschritt nicht mehr ohne Weiteres in Beziehung zu setzen. Es scheint, dass gegenwärtig neue Stoffe, Techniken, Verfahren und dergleichen sich eher außerhalb des Kunstkontextes durchsetzen müssen und innerhalb erst mit einer gewissen Reserve und Verzögerung Eingang finden, dann nämlich, wenn sie bereits einigermaßen gewöhnlich geworden sind. Unter dem Stichwort der Vermenschlichung von Technik fällt es anscheinend den Künstlern zu, uns mit dem Fortschritt zu versöhnen, wenn sie nicht die Defizite, die der technische Fortschritt hinterlässt, zu kompensieren haben. Unsere Kunst verspricht unentfremdetes Dasein, also das, was in unserer Zivilisation nicht mehr möglich ist, vielleicht nie möglich war. Deshalb wohl findet sich so oft ein bewusstes Archaisieren: Sammeln, Schichten, Auswählen, Zusammenstellen und Archivieren gehören mittlerweile zu den gängigsten künstlerischen Tätigkeiten. Auf unseren Biennalen dominieren Kunstwerke, die – technisch gesehen – auch ein steinzeitlicher Jäger hätte herstellen können. In diesem Sinne wurde in den letzten Dezennien auch die Schönheit der reinen Pigmente auf eine direkte und unverblünte Weise thematisiert, die weder Plinius noch Vasari verstanden hätten. Allerdings handelt es sich dabei nicht um Industriefarben,

ganz im Gegenteil. Insbesondere wenn es sich um altehrwürdige oder natürliche Materialien handelt, um Erdfarben, Pollen und dergleichen, wofür die Namen von Nikolaus Lang, Wolfgang Laib oder Herman de Vries stehen mögen, kann sich die erwünschte Auratisierung einstellen. Diese Farbstoffe sind vielleicht materiell gesehen nicht ausgesprochen teuer, wenn auch teurer als die gewöhnlichen Industriefarben, sie sind vor allem ideell kostbar wegen der Konnotationen ihrer beschwerlichen Gewinnung. Nicht ihrer phänomenalen Eigenschaften wegen, sondern wegen der in ihnen verkörperten Geschichte beanspruchen sie demnach Bedeutsamkeit, womit sie sich der Reliquie annähern, als deren moderne Ausformung sie gelten können. Nicht zufällig spielt auch Blut – neben anderen Körperflüssigkeiten – als Malmittel eine nicht unbedeutende Rolle in der Gegenwartskunst. Nun hat Ocker als Farbstoff anscheinend schon bei der Herausbildung des modernen Menschen eine große Rolle gespielt. Unsere nomadischen Vorfahren haben bereits vor 100.000 Jahren Ockerklumpen über weite Strecken mit sich geführt, diese gehören auch zu den ältesten nachweisbaren Grabbeigaben. Und immer schon haben Kunsthandwerker ihren Ehrgeiz darein gesetzt, dem Material eine Farbnuance abzurufen, die es aus der üblichen Ware heraushebt. Auch wenn der so erzielte Farbton an sich wenig spektakulär war, gab es Kenner, die bereit waren, für eine kleine Steigerung an Reinheit etwa bei einer Keramik erheblich mehr zu bezahlen. Den Pigmenten durch Untermalungen, Lasuren und dergleichen ungewöhnliche Wirkungen abzurufen, galt als schützenswertes Geheimnis einer Werkstatt, wie das Beispiel Jan van Eycks belegt. Ob Mosaiktechnik, Glasmalerei oder Ölmalerei, ihre Entwicklung wurde nicht zuletzt durch die damit einhergehende Steigerung der farblichen Wirkungen motiviert.

Moderne synthetische Pigmente dagegen gelten nicht als Kostbarkeiten. Sie werden, wenn man einmal von Gerhard Richters ironisch gemeinten nachgemalten Farbkarten absieht, nicht als Sammelobjekt in den Rang von Kunstwerken erhoben. Immerhin hatte bereits Duchamp angeregt, Bilder als *assisted ready-mades* zu betrachten, da schließlich die Farbtuben, aus denen sie hergestellt würden, nicht vom Künstler stammten, sondern ein anonymes Industrieprodukt darstellten. Das Werk von Yves Klein – Spitzname: Yves le monochrome –, der ja sogar eine von ihm kreierte Farbstoffsubstanz als »International Klein Blue« (= ИКВ) patentieren ließ, muss aber in unserem Zusammenhang genannt werden. Es handelt sich dabei um das seit alters gebräuchliche Ultramarinpigment, das er aber trocken mit einem neuartigen Bindemittel verarbeiten konnte, um ihm die gewünschte

Leuchtkraft zu bewahren. Er hat bekanntermaßen in diesem Blau monochrome Bilder, Schwammobjekte und sogenannte Anthropometrien, d. h. Körperabdrucke weiblicher Modelle, geschaffen, die zwischen einer Parodie auf die Patentgesetze des Kapitalismus und auf das Schamanentum des Künstlers changieren. Objekte, die sein IKB tragen, werden von ihm inszeniert, auratisiert und nähern sich nicht zufällig der Rauminstallation.

Interessanterweise handelt es sich bei natürlichem Ultramarin um einen Farbstoff, der deshalb besonders strahlt, weil er auftreffendes uv-Licht, das für Menschen ja unsichtbar ist, teilweise in für uns sichtbares kurzwelliges Licht umsetzt. In unserer natürlichen Umgebung kennen wir eigentlich nur eine Lichtquelle, die Sonne, die wir nicht direkt anblicken sollten, und kennen ansonsten nur das von den Körpern mehr oder weniger stark zurückgeworfene modifizierte Sonnenlicht. Unsere Wahrnehmung berechnet daraus Farbe, Lage und Beleuchtung der jeweiligen Oberflächen. Strahlt nun eine Oberfläche mehr Licht ab, als es eigentlich anhand dieser Faktoren sein dürfte, so erscheint sie als fluoreszierend, als magischerweise selbst leuchtend. Kein Wunder, dass Ultramarin als geradezu überirdische Farbe angesehen wurde, die für das Gewand der Heiligen Jungfrau oder sonst für den übernatürlichen Bereich Anwendung fand. Bekanntlich war Ultramarin im Mittelalter ein ausgesprochen kostbarer, da auf einem raren Halbedelstein basierender Farbstoff, der schon im Namen auf seine exotische Herkunft jenseits des Meeres (im heutigen Afghanistan) verweist. Die Menge Ultramarin, die ein Maler zu verarbeiten hatte, wurde deshalb eigens vertraglich festgelegt und man sah einem Bild sofort an, welchen finanziellen Aufwand ein Auftraggeber betrieben hatte.

Auch der Begriff ›Königsblau‹ verweist auf einstige Exklusivität. Wenn man Ultramarinpigmente in Öl bindet, geht ihr schwacher fluoreszierender Effekt allerdings verloren, weshalb die Bedeutung dieses Farbmittels ab dem 16. Jahrhundert stetig abnahm. Es wird daher verständlich, wenn Yves Klein nunmehr ein Bindemittel auf moderner Harzbasis verwendet, das die Fluoreszenz erhält. Auffälligkeit für die Wahrnehmung und Kostbarkeit gehen bei ihm noch eine selbstverständliche Verbindung ein. Von ihm angeregt, experimentiert auch Rupprecht Geiger ab der Mitte der 1960er-Jahre mit fluoreszierenden Farben, insbesondere den neuen industriell gefertigten Magenta- und Rottönen. Auch für ihn haben sie in Verbindung mit ihrer Transparenz und dem ›körperlosen‹ Auftrag mittels Spritzpistole einen höheren ontologischen Status als die pastos aufgetragene Farbe, die als materiell angesehen wird. Leuchtfarbe vertritt farbiges

Licht und eignet sich somit dazu, ›Geistiges‹ und Transzendenz zu verkörpern.

Im 20. Jahrhundert gibt es allerdings kaum noch Objekte, deren Preis wesentlich durch ihre Farbe bestimmt ist. Gut, Autos in Metallic-Lackierung kosten etwas mehr als Autos ohne und auf dem Gebrauchtwagenmarkt sind manche Farben schwer verkäuflich, aber für uns ist in der Regel die Farbwahl bei irgendeinem Objekt keine finanzielle Frage mehr, sondern eine der sozialen Regeln oder des Geschmacks. Insbesondere bedeuten leuchtende, gesättigte Farben, die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, nichts Besonderes mehr und signalisieren im Gegensatz etwa zum Mittelalter, wo ihnen sogar ontologisch ein höherer Status als dem göttlichen Licht nächstehend zuerkannt wurde, keineswegs mehr größeren materiellen Aufwand, eher im Gegenteil. Wenn für toskanische Maler der Frührenaissance galt, dass Heilige nicht mit den gleichen Gewändern bekleidet sein können wie gewöhnliche Sterbliche mit ihren schlichten Erdfarben oder *colori austeri* und ihnen die *colori floridi* (kostbare gesättigte Farbstoffe organischen Ursprungs) vorbehalten waren, so haben wir inzwischen Mühe, dies nachzuvollziehen. Aggressive Buntheit konnotiert in der Regel Billiges, Vulgarität und schlechten Geschmack, während Reichtum sich für uns in der Wahl an sich unspektakulärer Materialien ausdrückt, denen nur der Kenner ihre Kostbarkeit ansieht. Natürliches ist teuer, Artifizielles billig. Die Entscheidung eines heutigen Künstlers wie Hersberger für Leuchtfarben signalisiert daher einen Bruch, eine Umwertung der Werte. Wie bereits Courbet, Leger, Warhol und, was die grellbunten schreienden Industriefarben betrifft, sucht vor allem mit Gerhard Richter in seinen Abstraktionen der 1980er-Jahre wieder ein Künstler in Bereichen, die der herrschende Konsens als niedrig einstuft, eine Vitalität, die der Hochkunst abhanden gekommen ist, wobei ihm zugute kommt, dass er generationsspezifisch ein gelassenes Verhältnis zu unserer Medienwelt pflegt. Dass er seine Werke Anti-Landschaften nennt, unterstreicht noch den Bruch mit der eskapistischen Naturästhetik der älteren Generation.

Dagegen steht die im Kapitel »Ressource Aufmerksamkeit« ausführlich beschriebene, immer noch recht verbreitete Chromophobie der vornehmen Schichten.

Wie erwähnt, gibt es heutzutage kaum noch Objekte, deren Preis durch ihre Farbigekeit bestimmt ist, wenn man davon absieht, dass im Gegenteil gedeckte, lasierende und wenig farbechte Naturfarben eine gewisse Exklusivität signalisieren. Beim Sport, in der Freizeit, im Urlaub sind dagegen kräftige Buntfarben geboten. Sie stehen für

Gesundheit, Jugend und den Luxus, nicht arbeiten zu müssen. Allerdings bedeuten sie, da jeder sie sich leisten kann, kein ehrliches Signal mehr. In Punktkreisen gilt als dezent, was für mittlere Bankangestellte shocking wäre. Die gleiche Auffälligkeit ist in Vorstandsriegen dafür wieder möglich. In diesem Fall lautet die Aussage: »Ich bin unkonventionell und kreativ und habe es geschafft, dass ich mir meine Extravaganzen leisten darf.«

Die besonders um die Mitte des letzten Jahrhunderts beliebten, aber auch noch heute verbreiteten betulichen Ratgeber, um Hausfrauen bei der farbigen Gestaltung ihrer Wohnzimmer oder der Auswahl ihrer Garderobe zur Hand zu gehen, wo Gesetze einer Harmonie der Farben postuliert werden, verdanken ihren Erfolg meist dem sozialen Tatbestand, dass die unsichere Klientel befürchtet, als neureich und geschmacklos abgestempelt zu werden. Was alle wollen, ist eine zurückhaltende, vornehme Farbigkeit, die aber doch als Resultat gestalterischen Aufwands, als erlesen erscheint. Nicht die Anonymität der grauen Maus wird angestrebt, auch nicht die Auffälligkeit auf den ersten Blick, sondern dass sich die gekonnte, exquisite Raffinesse des Arrangements erst auf dem zweiten Blick und vielleicht sogar nur für die Kenner entfaltet. Es geht also darum, wie man sich trotz penibler Einhaltung der sozialen Regeln insgeheim dennoch auszeichnet. Wie wird das erzielt? Einmal, indem die Beurteilung von Farbe und Material auf bestimmte Objektgattungen verlagert wird. Der unnachahmliche und unbezahlbare orangefarbene Firnis einer echten Stradivari wäre in einem Bild von Matisse ebenso unauffällig wie das bei altem chinesischem Porzellan geschätzte grünliche Celadon, was ursprünglich die Farbe eines schmachttenden Liebhabers bedeutete.

Jedenfalls besteht in der gegenwärtigen Alltagskultur wegen der überall zu findenden Farbdrucke in Verbindung mit der immer mehr verbreiteten Farbfotografie ein hoher Bedarf an möglichst transparenten, lasierenden, »körperlosen« Farben in den Farbtönen Gelb, Cyan-Blau und Magenta, die zu so etwas wie dem Signum unserer Epoche geworden sind. Sie trocknen als ein dünner Film auf, sind gleichwohl ausgesprochen ergiebig und eignen sich für Farbauftragsweisen mittels Düsen oder Sprays, was sie nicht zuletzt zum Kennzeichen der Subkultur der Graffiti-Sprayer macht. An neuen Pigmenten oder Farbstoffen sind, wenn man von den Fun-Farben, also Farbmitteln, die sich je nach Sonneneinfall oder Außentemperatur ändern, einmal abieht, in den letzten Jahrzehnten eigentlich nur die bereits erwähnten Day-Glo-Farben dazu gekommen. Es scheint sie als preisgünstiges Angebot nur in den Farbtönen grünliches Gelb, gelbliches Grün und

Magenta zu geben. Auch sie wandeln kurzweiliges bzw. uv-Licht teilweise in für uns sichtbares Licht um und wahrnehmungspsychologisch gilt für sie das Gleiche wie für Ultramarin. Sie stechen aus ihrer Umgebung heraus, wirken selbst leuchtend und wie eine Störung des räumlichen Gefüges. Vor allem in der Form markierender Filzstifte haben sie eine weite Verbreitung gefunden und müssen ähnlich wie die Druckfarben möglichst transparent und körperlos aufgetragen werden.

Für die Industrie der Farben und Lacke hat der Bereich der Künstlerfarben, an die noch im 19. Jahrhundert die höchsten Ansprüche gestellt wurden, längst aufgehört, die Entwicklung zu bestimmen. Weder wirtschaftlich noch technisch stellen sie eine Herausforderung dar. Wenn Frank Stella oder Jackson Pollock wie vorher schon Le Corbusier auf Industriefarben zurückgegriffen haben, so aus finanziellen Erwägungen und vielleicht auch in der programmatischen Absicht, ihre Werke der Welt der gewöhnlichen Arbeit anzunähern. Sie nahmen dafür in Kauf, dass die billigeren Farben nur in geringerer Reinheit und Sättigung zu haben waren. Das also ist anders geworden, was vielleicht erklärt, weshalb sich das Interesse an Farben nicht nur im Kunstbereich vielfach von den Farbtönen selbst auf die Materialität, die Oberflächen, Texturen, Auftragsweisen und dergleichen verlagert hat, wobei der sichtbare Aufwand das entscheidende Kriterium bildet. Hier also fordern Künstler wie Lori Hersberger oder Katharina Grosse die Konvention heraus.

Der Ehrgeiz der Hersteller geht dahin, die Industriefarben für die von den Nutzern verlangten technischen Anwendungen ausgesprochen ergiebig, lichtecht, gesättigt und rein zu machen, sodass sie als Malfarben – verglichen etwa mit herkömmlichen Aquarellfarben – als eher schreiend oder grell empfunden werden. Dies trifft natürlich besonders auf die fluoreszierenden Day-Glo-Farben zu. Merkwürdigerweise, wenn man an Ultramarin denkt, haben sich die Konnotationen fluoreszierender Farbmaterialien aber fast ins Gegenteil verkehrt. Man kann nur spekulieren, welchen Gebrauch im Sinne überirdischer Transzendenz ein Künstler des 15. Jahrhunderts von ihnen gemacht hätte, hätten sie ihm zur Verfügung gestanden. In der Diskrepanz zwischen den Konnotationen des Billigen, Gewöhnlichen, Banalen oder Alltäglichen und den unabweisbaren phänomenalen Gegebenheiten seiner Farbmaterialien fühlt sich Hersberger sichtlich wohl. Damit ist der Kontext für die Wahl seiner Farben und Farbstoffe umrissen, er benutzt solche, denen man ihre Gegenwärtigkeit ansieht, auch wenn sie bislang fast nur außerhalb des Kunstkontextes Verwen-

dung fanden. Sie wirken eher ›tintig‹, lasierend, dünnflüssig und trocknen wegen ihrer sich verflüchtigenden Bindemittel als dünner Film auf, denn sie sind für die Verarbeitung in Druckerpatronen, mit Airbrush, Spray oder Düse entwickelt worden. Zu anderen Zeiten hätte man ihnen wohl, wie noch Rupprecht Geiger wollte, Immaterialität zuerkannt, doch hat sich gegenwärtig ein semantisches System etabliert, demzufolge wir bei Künstlern eher den ›Körper‹ der Farbe, also die sichtbare Behandlung einer Substanz suchen, die für uns haptische Qualitäten vermittelt und einen außerhalb der Kunstwelt kaum noch anzutreffenden unbezahlbaren handwerklichen Charakter, während die Immaterialität für uns mit den neuen Medien und der in ihnen realisierten Vielfältigkeit zusammengeht. Hersberger dagegen scheut weder Buntheit noch die modernen Farbstoffe, selbst wenn diese urbane Massenkultur, Künstlichkeit, Kitsch und Kommerz signalisieren. Er will den Augen etwas bieten und da sind ihm die stärksten Effekte gerade recht. Die Betulichkeit unseres ökologischen schlechten Gewissens ist seine Sache nicht.

Die Beziehung zwischen der Intention eines Künstlers und seinen Materialien war einstmal sehr eng. Beispielsweise wurde angesichts der geringen Haltbarkeit der fertig angerührten Farbsubstanzen im Zeitalter der Eitempera nur jeweils die für die nächsten Arbeitsschritte benötigte Menge vorbereitet und vorgemischt. Es zeichnete den Meister aus, seine Pigmente und Farben zu kennen und ihre Streichfähigkeit, Viskosität, Deckkraft oder auch Transparenz bis zum Letzten auszuschöpfen. Sein Können, seine Handfertigkeit erwiesen sich im Umgang mit den Mitteln. Was letztere nicht hergeben, war auch nicht anzustreben. Angesichts der Geschwindigkeit, mit der die Tempera auftrocknete, wechselten lange vorbereitende Phasen, wo beispielsweise Untermalungen festgelegt wurden, mit raschen, konzentrierten Arbeitsgängen. Im Gegensatz aber zur Technik der Temperamalerei, die aus kleinen, parallelen Pinselstrichen bestand und mit verschiedenen Untergründen und Untermalungen die zur Verfügung stehenden Farbwirkungen zu steigern suchte, gibt es bei Hersberger keinerlei Untermalung oder sonstige nachträgliche Bearbeitung einmal gesetzter Farbspuren. Sie sind großflächig und enthalten ein gewolltes Zufallselement, das ein mittelalterlicher Künstler nicht verstanden hätte. Die Frage des Könnens stellt sich auf eine typisch moderne Weise.

Farbe und Ekstase

Es spricht manches dafür, die Kunst als eine Hervorbringung unserer Gehirne anzusehen, mit der andere Gehirne manipuliert werden. Beispielsweise werden durch gemeinsame rhythmische Bewegungen, durch Singen und Tanzen oder durch Rituale die Gehirne der Beteiligten synchronisiert. Die Kunst enthält damit eine soziale Komponente, die den Ursprung menschlicher Aktivität bildet. Auch durch visuelle Wahrnehmungsangebote, die eigens künstlich für diesen Zweck geschaffen werden, können bestimmte affektive Zustände bei den Betrachtern herbeigeführt oder zumindest erleichtert werden, die diese offenbar als lustvoll erleben und wiederholt sich zu verschaffen suchen. Allerdings gehört zur Betrachtung von Kunstwerken die Unterstellung einer Intentionalität, sei es auch diejenige eines übermenschlichen oder übernatürlichen Agenten. Die *theory of mind*, die Zuschreibung eines menschlichen Bewusstseins an andere Entitäten, spielt bereits bei der Beurteilung von Artefakten eine Rolle und liegt auch und insbesondere der Erfahrung von Kunst zugrunde. Wir leben in einer Welt von Artefakten und Kinder lernen mühelos, dass diese zu einem bestimmten Zweck geschaffen wurden, dass die Intention, d. h. ihr Zweck, wichtig ist und sie wenden ihre Fähigkeit des *mind-reading* auf die genannte Kategorie von Objekten an. Allerdings fällt es ihnen und uns sehr leicht, auch bei natürlichen Objekten zu unterstellen, sie seien von jemandem zu einem bestimmten Zweck geschaffen worden.

Selbst wenn damit natürlich nur ein kleiner Teil der Erklärung dessen berührt wird, was Kunst ausmacht, so ist doch festzustellen, dass Kunstwerke offenbar geeignet sind, zumindest maßvoll das körpereigene Belohnungssystem zu aktivieren. Die Verzauberung, die von ihnen ausgeht, die Aktivierung von Emotionen, die Tatsache, dass sie der Alltagswahrnehmung überlegen erscheinen, dass die erfahrenen Emotionen als übernatürlichen Ursprungs erlebt werden, der Enthusiasmus, der Einbruch des Übernatürlichen, das Vorherrschen paroxystischer Elemente, sie weisen alle in eine ähnliche Richtung. Wie Robert Musil feststellt, bleibt von der Kunst, dass wir als Geänderte zurückbleiben. Die Kunstwerke umgibt, wie viele Anthropologen wie z. B. Lévi-Strauss ausführen, eine Atmosphäre des Geheimnisvollen, ihnen obliegt im Sinne von Arthur Danto eine Verklärung des Gewöhnlichen. Dinge oder Verhältnisse speziell zu machen, ihnen einen besonderen Status zu verleihen, dürfte den allgemeinsten Nenner dessen bilden, was Kunst leistet. Sie ist – das ist zumindest die These, die

hier verfolgt wird – geeignet, den adaptiven Bereich der kognitiven Funktionen zu erweitern, was das Gehirn anscheinend belohnt. Gerade die Farbe hat häufig Teil an solchen Emotionen, die von Freude, Hingerissenheit oder Euphorie bis zu den Erfahrungen des Außer-Sich-Gerats nach dem Modell der *unio mystica* (oder eben deren Verneinung) reichen. Nun kann bereits stroboskopisches Licht, wie es bei der Traum-Maschine der 1960er- und 1970er-Jahre mit ihren rhythmisierten flackernden Lichtblitzen verwendet wird, Farbempfindungen sowie Halluzinationen und ekstatische Erfahrungen hervorrufen.⁸ Die Wirkung wird allerdings dadurch geschmälert, dass wir dieses Gerät als ›mechanisch‹ einstufen und ihm den Status eines Kunstwerks verweigern. Der soziale Kontext und andere soziale Faktoren sind jedoch bei der Wirkung von Kunstwerken entscheidend beteiligt, denn nicht die Stärke der ausgelösten Empfindungen allein, sondern ihre soziale Bewertung entscheiden darüber, welchen Rang wir unseren Erfahrungen beimessen.

Wie man um 1800, als die Ästhetik und Kunstwissenschaften sich etablierten, zu betonen nicht müde wurde, gehört zur Betrachtung von Kunstwerken jedoch eine besondere Art von Einstellung, eine selektive Aufmerksamkeit, eine Haltung des Rezipienten, die von der des Alltags verschieden ist. Wie immer sie umschrieben wird, als ›in-teresselos‹, als Befreiung vom Joch des Willens oder als Zustand reinen Erkennens, eine gewisse Hingabe, ein Sich-Fallen-Lassen, verbunden mit Desorientierung gehören offenbar zur Alterität ästhetischer Erfahrung. Vonnöten sind eine Fixierung der Aufmerksamkeit auf ein spezielles Objekt sowie eine gewisse Passivität, ein Ausschließen ablenkender Alltagsgedanken und, wenn sie gelingt, so führt dies zu einem gewissen Gefühl des Wohlbefindens, dem Kunstgenuss, das allerdings nicht lange aufrechterhalten werden kann.

Wahrnehmungsenergie aufzuwenden, ohne sofort das Nötigste, Überlebensrelevante tun zu müssen, mag seinerseits evolutionären Ursprungs sein, da es manchmal sinnvoll ist, sich erst ›in Ruhe‹ einen Überblick zu verschaffen. Sich mit konzentrierter Neugierde etwas zuzuwenden, das unsere Aufmerksamkeit weckt, ohne dass es sofort gewollt oder vermieden wird, gehört wohl zu den elementarsten und frühesten kulturellen Verhaltensweisen. Überraschung, Verwunderung, die Seltenheit und das Außerordentliche der mit Aufmerksamkeit bedachten Objekte lösen dieses Verhalten aus oder sind für es kennzeichnend. Auch andere Begriffe, mit denen im 19. Jahrhundert die ästhetische Kontemplation beschrieben wurde, wie ästhetisches Wohlgefallen, Freude, Selbstvergessenheit, eine Anschauung, die sich

in ihrem Gegenstand verliert oder das überwältigend Schöne sind ver-räterisch. Wahrscheinlich sind alle diese Entrückungszustände nicht losgelöst von der sexuellen Lust als der stärksten Form körpereigener Belohnung, die wir kennen, zu verstehen. Schon die Rede vom Kunstgenuss, von der Liebe zur Kunst oder dem reziproken und affektiven Verhältnis zu den Werken, weist auf eine emotionale Beteiligung, wie wir sie aus personifizierten Beziehungen kennen.

An dieser Stelle soll es lediglich darum gehen, dass die Farbwahrnehmung tatsächlich eine Beziehung zu mehr oder weniger ekstatischen Erfahrungen unterhält, zum anderen, dass sie das Einnehmen der erwähnten ästhetischen Haltung oder Einstellung erleichtert. In beiden Fällen hängt – so die These, die hier überprüft werden soll – die Wirkung im Wesentlichen davon ab, dass der Bezug der Farbwahrnehmung zu konkreten, im Raum lokalisierten Substanzen oder Oberflächen erschwert oder behindert wird. Nun ist die Wahrnehmung insgesamt ja auf das Erkennen der Besonderheiten gerichtet, auf das Erkennen von Information im Gegensatz zur Redundanz und gerade die Farbwahrnehmung ist so angelegt, dass sie perzeptuell sehr auffällig ist, wobei die Aufmerksamkeit unwillkürlich auf die reinen, gesättigten, leuchtenden und kontraststärksten, also mithin auch auf die seltensten Elemente gerichtet wird. Dass der Farbe eine gewisse, starke Wirkung bei biologisch relevanten Entitäten wie der Nahrung oder auch als sexuelles Signal zukommt, dürfte kaum zu bestreiten sein. Welche Rolle spielt die Farbwahrnehmung aber dabei, die damit gegebene Handlungsaufforderung zu suspendieren und die Aufmerksamkeit zu fokussieren? Gut, Farbe erzwingt unwillkürlich Aufmerksamkeit, es geht hier aber darum, dass unwillkürliches Verhalten in willkürliches, gerichtetes, selektives und reflektiertes Achten verwandelt wird und dass dieses konzentrierte Beachten vom Gehirn belohnt wird.

Nun leuchtet unmittelbar ein, dass Farbwahrnehmungen, die nicht auf konkrete, räumlich klar erkannte Objekte zu beziehen sind, mehr verwundern, rarer und »sensationeller« sind als die anderen, sie mehr Aufmerksamkeit erfordern, um das Rätsel zu lösen, als eben der Normalfall.

Es ist wohl auch so, dass der Vorgang der gerichteten Aufmerksamkeit auf Farbempfindungen seinerseits und per se den Bezug zur Raumkonstruktion mindert. Nicht nur muss eben selektiv von anderem, Ablenkendem abgesehen werden, muss der interessierende Teil herausgehoben werden, die Konzentration auf Farbe löst die Raumwahrnehmung schon deswegen auf, weil sie eine Art Sehen der Far-

ben im Öffnungsmodus bedeutet. Sie bewirkt eine Dissoziation von normalerweise verbundenen Wahrnehmungsleistungen. Deren sozusagen gewöhnliches Funktionieren wird unterbrochen. Die von vielen Theoretikern im 19. Jahrhundert propagierte Rückkehr zu einer *innocence of the eye* bedeutete ein solches Außer-Kraft-Setzen. Sie ist natürlich keineswegs unschuldig, sondern bedeutet im Gegenteil eine Kulturtechnik, die gerade in der höchsten Konzentration auf die Farbwahrnehmung künstlich erworben und eingeübt wird. Eine solche kontemplative Praxis ›ursprünglich‹ zu nennen, geht von einer fragwürdigen Theorie des Sehens aus, wonach wir nur mit Mühe lernen, Farben auf Objekte zu beziehen, sodass die Farbempfindungen ›an sich‹, also losgelöst von den Oberflächen, denen wir sie zuschreiben, uns unmittelbar zugänglich wären.

Die auf Hans Jantzen zurückgehende Unterscheidung von Eigenwert resp. Darstellungswert der Farbe berührt sich mit der hier vorgeschlagenen, doch geht sie von den Sachverhalten in Bildern aus, wo es um verschiedenen Weisen der Nachahmung geht, was weder die *twofoldness* zureichend berücksichtigt noch den Verhältnissen in drei Dimensionen gerecht wird. Außerdem können auch abstrakte Entitäten konkret und illusionistisch wiedergegeben werden, sodass der Darstellungswert der Farbe nicht von der Gegenständlichkeit abhängt. Schließlich finden sich Farben auch in der Natur, die wir nicht als Gegenständen zugehörig erleben. Eine realistische Darstellung solcher Phänomene würde gleichfalls der Wirkung nach nicht mit dem Darstellungswert zusammengehen.

Natürlich gibt es Fälle, wo wir unabweisbar Farben sehen, gleichzeitig aber wissen, dass es sich dabei nicht um permanente Eigenschaften von Oberflächen handelt. Im Sprachgebrauch der Goethezeit nannte man sie *apparente* Farben. Vielleicht kann man schon den Regenbogen zu ihnen zählen, denn niemand hält die sichtbaren Farberscheinungen am Himmel für die Färbung der Wolkenformationen, vor denen er sich abzeichnet. Zu ihnen zählen die farbigen Schatten, zählt es, wenn wir durch ungewöhnliche Umstände einmal das transparente Medium der Luft als Entität erkennen, zählt auch der Simultankontrast sowie Phänomene wie die Irradiation oder der *actual fact*, auf den Josef Albers sein Farblehre aufbaute (im Gegensatz zum *factual fact*, dem Wissen, dass einer bestimmten Oberfläche permanent ihre Lokalfarbe zukommt). Für Kandinsky waren solche *apparenten* Farben ein Beweis für das ›Geistige‹ und er hat sich bemüht, Gestaltungsmittel zu finden, sie besonders in Erscheinung treten zu lassen, doch findet sich seit jeher bereits in der Landschaftsmalerei, so realis-

tisch sie auch vorgehen mag, ein Interesse an solchen irritierenden Erscheinungen.

Die apparenten Farben, an denen Goethe lag und die er durchaus in der Natur auffand, können den Zusammenhang mit ekstatischen Erfahrungen erhärten. Ihnen gilt seine besondere Aufmerksamkeit, ja seine Liebe. Ihn fesselte, was von der sogenannten Farbkonstanz abweicht bzw. deren Versagen. Man kann sagen, dass die apparenten Farben für ihn Sensationen aus der Welt des Immateriellen bedeuteten. Mit der Farbkonstanz hängen übrigens auch solche Phänomene zusammen wie die subjektiven Nachbilder, der Simultankontrast und Sukzessivkontrast, denen er gleichfalls große Aufmerksamkeit widmete. Wir hätten letztere nicht, wenn wir den erwähnten Mechanismus der Farbkonstanz nicht hätten. Damit ist eigentlich schon klar, dass es – pace Goethe – um Phänomene der Psychologie und nicht der Physik geht. Im Grunde beschreibt er mit den apparenten Farben farbige Lichter, d. h. Situationen, in denen wir Farbempfindungen Lichtquellen zuschreiben. Natürlich sind streng genommen Lichtquellen nicht farbig, wie schon Newton festhielt, aber um umständliche Beschreibungen zu vermeiden, sei hier diese saloppe Ausdrucksweise beibehalten.

Es fällt auf, dass Goethe bei seinen Naturschilderungen beständig Abweichungen von der Lokalfarbe aufgrund besonderer meteorologischer und sonstiger geografischer Umstände beschreibt. Ein Beispiel: »Bei klarer Sonne eine dunstreiche Atmosphäre, daher die beschatteten Felsenwände von Sorrent vom schönsten Blau.«⁹ Ein weiteres: »Indessen versäumte ich nicht, die Herrlichkeit der atmosphärischen Farben zu betrachten, wobei sich die entschiedenste Stufenfolge der Luftperspektive, die Bläue der Ferne sowie naher Schatten, auffallend bemerken ließ ...«¹⁰ Auch die berühmte Schilderung der farbigen Schatten bei der ersten Harzreise gehört hierher. Man spürt eine gewisse Elation, eine Art Heraustreten aus dem Gewöhnlichen, das Bewusstwerden, dass der empfangene Seheindruck von der Lokalfarbe abweicht und durch sie allein nicht erklärbar scheint. Die apparenten Farben bedeuten eine gewisse Störung des sozusagen automatischen Funktionierens des Wahrnehmungsvorgangs, was sie zu Auslösern meditativer Versenkung werden lässt. Gerade in Krisensituationen – bei der ersten Harzreise, bei Lebensgefahr während der Kampagne in Frankreich, bei Todesfällen, die ihm zumindest nahegehen sollten – entdeckte Goethe Farberscheinungen, berichtete davon oder befasste sich mit solchen. Anscheinend erlaubte das Studium der apparenten Farben es ihm, in die Nähe einer religiösen oder kontemplativen

Andacht zu gelangen. Als Sensationen aus der Welt des Immateriellen erlauben sie ein Heraustreten aus der Alltagswahrnehmung. Nicht dass die genannten Effekte in dieser Hinsicht nicht geeignet wären, im Gegenteil, es handelt sich dabei um eine Art Schusterkugelleffekt, den Kandinsky, Itten, Albers und andere später künstlerisch ausgebeutet haben. Es spricht viel dafür, dass Goethe eine Banalisierung dieser Erfahrung nicht zulassen wollte und eine Entzauberung seiner Erfahrung durch die Physik fürchtete. In seinem Text *Älteres, Beinahe Veraltetes* heißt es: »Das unmittelbare Gewährwerden der Urphänomene versetzt uns in eine Art von Angst, wir fühlen unsere Unzulänglichkeit; nur durch das ewige Spiel der Empirie belebt erfreuen sie uns.«¹¹ Der Mechanismus, dass etwas eigentlich Ängstigendes in der gefahrlosen Kontemplation genossen werden kann und dies zur Ausschüttung körpereigener Hormone führt, scheint also auch hier beteiligt zu sein.

Aus der Sicht der Kognitionsforschung lässt sich sagen, dass wohl die Zentren oder Systeme, die für Furcht zuständig sind, die entsprechenden Zentren für die Raumorientierung und die Positionierung unseres Körpers als getrennter Entität im Raum, bei der ästhetischen Kontemplation wenig aktiv sind, dass insgesamt, weil kein bedeutungsvoller input geliefert wird, manche Zentren ihre Beiträge einstellen und normale Funktionen behindert werden, dass das Bindungsproblem neu gestellt wird und eben neue Koalitionen gebildet werden müssen. Offenbar wird eine solche Neuorientierung, die Gewissheiten auflöst und Lernprozesse befördert, vom Gehirn belohnt, da es zu einer verbesserten Adaption führt. Dies erklärt auch, weshalb Neues, Ungewohntes oder Verwunderliches bevorzugt wird und die Erschütterung der Sicherheit unseres Selbstgefühls genossen werden kann. Das soll nicht heißen, dass bei jeder ästhetischen Kontemplation das Gleiche passiert, im Gegenteil, es müssen immer wieder neue Konstellationen erprobt werden, wenn die alten konsolidiert sind und kein Wohlbefinden mehr auslösen, und es gibt durchaus verschiedene Formen kontemplativer Praxis.

Trotz und gerade wegen der sozialen Regeln, die eine Beherrschung und Unterwerfung der Farbe fordern, eine Unterdrückung, die charakteristischerweise bei Kindern, Frauen, Bauern, bei vulgären Unterschichten oder orientalischen oder prähistorischen Kulturen als gelockert erscheint, signalisiert die Farbe etwas Undomestiziertes, Gefährliches, Verlockendes und Verführerisches. Farbe steht für das andere, für Ekstase, das Heraustreten aus der Kultur und muss gerade deswegen in Zaum gehalten werden. Das Paradies ist farbig. In allen

Kulturen, ob hinduistisch, buddhistisch oder jüdisch-christlich, stellt man sich vor, dass das Paradies ein sinnlicher Ort ist, wo wir in einer Art glückseliger Hingerissenheit existieren, die Farben leuchtender und reiner sind als hierieden, die Blumen üppiger duften und eine überirdische Weltenharmonie erklingt. Die mittelalterlichen Bilder mit ihren Goldgründen und Ultramarin wurden ja schon erwähnt. Was also macht die Sehnsucht aus nach immer reineren und stärkeren Farben? Nach Transparenz und Glanz? Welches Glücksversprechen geben sie? Welche Verführung wohnt ihnen inne?

Farben stören die normale Raumwahrnehmung. Sie werden zwar rascher wahrgenommen, ›stechen heraus‹ und ziehen die Aufmerksamkeit auf sich, aber auf Kosten der Konsistenz der Raumkonstruktion. Wer, wie zur Goethezeit, ein ›plastisches Ideal‹ verfolgt, tut daher gut daran, auf Farbe zu verzichten. Die *valeurs*, die Helligkeitsunterschiede allein, genügen für die Raumwahrnehmung, was übrigens die Vorliebe für Weiß bei vielen Architekten und Bildhauern erklärt, da nur bei weißen Objekten der volle Umfang zwischen den Lichtern und Schatten ausgenutzt werden kann. Deshalb wird umgekehrt die eigentliche Farbwirkung gesteigert, sobald die orientierenden und raumgenerierenden Elemente unterdrückt werden. Modellierung, *chiaroscuro*, Perspektive, *Valeurunterschiede*, Überschneidungen, selbst die Erkennbarkeit von Gegenständen und anderes wurden in der Moderne eliminiert, um eben die Raumwahrnehmung zu behindern und das Element der Farbe besonders hervortreten zu lassen. Dies ist der Hintergrund des im 19. Jahrhundert konstatierten Endes der Perspektive oder der Entwicklung zur Flächigkeit bzw. zu manchen Spielarten der Abstraktion. Die Untersuchung der Farbgebung allein, ohne auf die jeweils eliminierten Prozesse der Formwahrnehmung einzugehen, führt zu unzureichenden Resultaten. Dies gilt im Prinzip auch für Innenräume. Seit einer bahnbrechenden Untersuchung von Ungerleider und Mishkin aus dem Jahre 1982 unterscheiden die Neurologen ein Was-System von einem Wo-System. Die Leistungen des letzteren sind in der Regel unbewusst. Es wird vorwiegend vom Magno-System beschickt, das die Luminanz registriert, ist daher ziemlich farbenblind und eher mit Bewegung und räumlicher Tiefe befasst. Es scheint, dass Ort und Bewegung ziemlich unabhängig von Farbe und Form verarbeitet werden. Die Farbwahrnehmung dagegen ist nun eng mit dem Was-System verbunden und kann wegen ihrer perzeptuellen Salienz offenbar manchmal das Wo-System in den Hintergrund drängen. Wenn Farbe hilft, Gegenstände zu erkennen und zu memorieren, so spricht dies gleichfalls für eine enge Verknüpfung mit dem Was-

System. Während das Wo-System bei allen Säugetieren ausgeprägt ist, findet sich das Was-System, in das vorwiegend die parvozellulären Informationen eingehen, ausgeprägt nur bei den Primaten. Zur Fähigkeit, so wie sie Objekte zu erforschen und anhand ihrer Attribute zu unterscheiden, sind andere Säugetiere anscheinend nicht imstande.¹²

Farbe ängstigt so sehr, wie sie verlockt. Sie teilt diesen ihren Charakter mit dem Sex, auch mit der religiösen Erfahrung, wo das *tremendum*, die Furcht vor Gottes Zorn und Allmacht, schließlich umschlägt in beglückendes Einswerden. Die geänderten Bewusstseinszustände, von denen Mystiker berichten, haben – aus der Sicht der Neurologie gesprochen – die Gemeinsamkeit, dass das Gehirnzentrum, das uns über die Lage unseres Körpers im Raum orientiert und uns unsere Körpergrenzen mitteilt, keine Informationen erhält und damit außer Kraft gesetzt wird. Dies kann auf verschiedene Weisen erzielt werden, etwa durch eine Überforderung des sympathetischen Systems. Angstlust kennen wir aber auch im Alltag, bei Jahrmarktsvergnügungen wie dem Schiffschaukeln, dem Labyrinth, den Katastrophenfilmen bis hin zu Bergsteigen und Bungee-Jumping. Ihnen ist gemein, dass sie Angst auslösen, aber auf eine Weise, die als lustvoll erlebt werden kann. Schon Pascal hatte die Frage aufgeworfen, weshalb wir eine auf Bildern dargestellte gefährvolle Situation genießen können, die wir in der Realität keineswegs als angenehm empfinden dürften. Seine Beobachtung lässt sich auch auf weite Bereiche unserer Medienunterhaltung übertragen.

Merkwürdigerweise ist, was die beteiligten Gehirnprozesse betrifft, die Angst der Lust eng verwandt. So wird die glückliche Bewältigung eigentlich ängstiger Erfahrungen oft als lustvoll erlebt. Neugierde und die Lust am Neuen haben biologische Wurzeln. Ohne ins Detail zu gehen, sei festgestellt, dass hierbei die Amygdala, eine Gehirnzone, die für die emotionale Bewertung verantwortlich ist, eine große Rolle spielt. Nun gibt es zwei anatomisch unterschiedliche Pfade, sie zu aktivieren. Der eine führt zu einer sehr raschen unwillkürlichen Reaktion, während der andere zwar zu langsameren Reaktionen führt, dafür aber Erfahrung und Wissen mit einbeziehen kann. Wenn die Aktivierung des ersten Pfades zu einer Alarmierung führt, der zweite dann aber Entwarnung signalisiert (das ist ja nur ein Strauch, kein Mensch, der mir auflauert), so werden häufig Glücksempfindungen ausgelöst. Wenn in der Tat Entspannung die Ursache für Glücksempfindungen ist, so liegt es nahe, dass vorheriger Spannungsaufbau erforderlich ist. Ohne Angst keine Lust. Picasso hat einmal gesagt, dass das, was an Cézanne interessiere, seine Angst sei, sein Zögern bei jedem Pinsel-

strich. Orientierungslosigkeit aber flößt Furcht ein. Sie führt zu allerlei gut erforschten physiologischen Reaktionen. Die Verteufelungen der Farbe als ängstigend, weiblich, orientalistisch, primitiv, infantil, pathologisch, emotional, bedrängend, überflutend, haben diesen Hintergrund eines ozeanischen Verlustes des Selbst in einem größeren, überwältigenden Ganzen. Dagegen ist Farbe von begrenztem Nutzen, um kausale Interaktionen zwischen unbelebten Dingen zu verstehen.

Wie ausgeführt, verläuft der Prozess der Farbwahrnehmung zumindest nach der Ebene V1 über mehrere Areale verteilt, wo die eingehende Information analysiert und integriert wird. Aber diese Areale sind interkonnektiv verknüpft und arbeiten nicht streng modular. Je nach Kontext werden andere kortikale Verknüpfungen gebildet, es gilt aber auch, dass bei Änderungen des Kontextes eine Neueinschätzung innerhalb der verbliebenen Areale stattfindet. Man kann die Wahrnehmungsangebote der Kunst so sehen, dass sie dazu anregen, neue und ungewohnte Verknüpfungen zwischen den diversen Zentren zu bilden, etwa weil die Verbindung Farbe/Objekt nicht automatisch ablaufen kann oder der Bezug der Farbe zu einer konkreten Oberfläche verhindert wird, was die Farbkonstanz aufhebt, oder keine Helligkeitsinformationen mehr herangezogen werden können oder verschiedene Areale zu inkompatiblen Aussagen kommen und dergleichen mehr. Es scheint, dass solche Vorgänge zu Lernprozessen führen, die das Gehirn belohnt. Exploratives Verhalten, wie es unsere Spezies auszeichnet, wäre ohne solche Vorgänge kaum denkbar. Die erwähnte Angstlust, d. h. die Belohnung, die sich nach dem Meistern einer ängstigen Schwierigkeit einstellt, hat sich offenbar biologisch bewährt. Wir üben uns darin, der Welt zu begegnen, um zu sehen, was wir tun können und wo unsere Grenzen liegen, indem wir uns negativen Erfahrungen aussetzen, die aber von uns kontrolliert werden und keine wirkliche Bedrohung darstellen. Natürlich gilt das nicht nur für die Farbwahrnehmung. Da Farbe aber bei der Entscheidung, welche Neuronenkoalitionen im Gehirn das Rennen machen und ins Bewusstsein dringen, sich perzeptuell besonders hervortut, eignet sie sich besonders dafür, ungewohnte Koalitionen anzuführen.

Die wohl wichtigsten Aufgaben unserer Wahrnehmung bestehen darin, uns im Raum zu situieren, die Objekte in diesem Raum zu unterscheiden, ihre Bedeutung für uns einzuschätzen und unsere Handlungsmöglichkeiten in diesem Raum vorzubereiten. Es gibt durchaus natürliche räumliche Situationen, in denen diese Wahrnehmungsleistungen schwer zu erbringen sind: beispielsweise nachts, im dichten Unterholz, in der Wüste, inmitten des Meeres, im Nebel, im blenden-

den Gegenlicht etc. Fehlt uns etwa der Horizont oder können wir die wahrgenommenen Objekte nicht auf unseren Körper beziehen, wenn die Eigenbewegung keine brauchbaren Hinweise liefert, wir oben und unten nicht mehr zweifelsfrei auseinanderhalten können oder es widersprüchliche räumliche Informationen gibt, wenn Realraum und virtueller Raum nicht mehr unterscheidbar sind, wie es bei Spiegelungen manchmal vorkommt, so wird unser Körper in Alarmbereitschaft versetzt. Alle Bilder, auch Film- und Fernsehbilder, desorientieren, da sie die Wahrnehmung zwingen, mit zweierlei inkompatiblen Räumen umzugehen. Selbst Rauminstallationen, in denen wir uns real mit unserem Körper aufhalten, können desorientieren, was für die Turrell'schen Lichträume, Bruce Naumans Videoinstallationen, ja bereits für mancherlei Architekturen vor allem in religiösen Zusammenhängen zutrifft, wo dieser Effekt häufig gesucht wird. Schon eine geläufige Rauminstallation wie die von Monets *nymphéas* in der Pariser Orangerie versetzt uns in eine gewisse Orientierungslosigkeit. Festes und Flüssiges sind nicht mehr zu unterscheiden. Kein Horizont erlaubt es uns, sich dem Bild gegenüber zu situieren, dafür gibt es ungreifbare Reflexe und Spiegelungen. Wir haben buchstäblich den Boden unter den Füßen verloren. Dass die Farbe insofern mit der beschriebenen Angstlust zusammenhängt, als sie bei reduzierter Raumwahrnehmung ein immer stärkeres Gewicht erhält, sollte deutlich geworden sein. Widersprüchliche, mehrdeutige Angebote oder unauflösbare Widersprüche in der Konstruktion eines Raums geben gleichfalls der Farbe besonderes Gewicht.

Ich möchte Bilder und Installationen, in denen die Farbwirkung dominiert, durchaus mit einer solchen optischen Intoxikation in Beziehung setzen, die uns desorientiert und die beschriebene Angstlust auslösen kann. Im Kunstbereich könnte man, was die Erschwerung der Raumwahrnehmung betrifft, an den barocken Illusionismus denken, an Giulio Romano, Pozzo und andere. So gehört die barocke Deckenmalerei, wo wegen der Entfernung vom Betrachter und der ungewöhnlichen und komplizierten Gewölbeformen der reale Teil der *twofoldness* nicht richtig wahrnehmbar ist, in diesem Zusammenhang genannt. Stärker noch stellt das Innere einer gotischen Kathedrale wie Chartres, wenn sie einigermassen vollständig ihre einstige Verglasung besitzt, wo die Bauglieder im Zusammenhang mit der Beleuchtungssituation nicht auszureichen scheinen, das Gebäude zu stützen, unsere Wahrnehmung vor eine Situation, auf die sie die Evolution nicht vorbereitet hat, und führt zur erwähnten Angstlust. Angesichts der leichten Verfügbareit über künstliche Lichtquellen kommt es

etwa beim digitalen Impressionismus zu vergleichbaren Herausforderungen. Auch die unsere normale Orientierung vor schier unlösbare Aufgaben stellenden Lichträume Turrells lassen uns ebenso wie die in ein labiles Gleichgewicht gebrachten tonnenschweren Eisenplatten Richard Serras eine physische Bedrohung empfinden, die paradoxerweise genossen werden kann. Die Empfindung des Erhabenen, dem weite Teile der Moderne verpflichtet sind, dürfte mit der erwähnten Angstlust zusammenhängen. Einige der amerikanischen Maler der Nachkriegszeit wie Barnett Newman und Mark Rothko haben ihren Umgang mit Farbe ja direkt in den Dienst des Erhabenen gestellt. Auch ein an Farbwirkungen interessierter Künstler wie Hersberger tut alles, die gewöhnliche Raumwahrnehmung zu behindern. Die Farben dominieren wie kaum jemals in der Natur, ohne dass wir sie auf konkrete Gegenstände beziehen können. Seine Wände stehen nicht unbedingt rechtwinklig zueinander, Bildflächen finden sich sogar an der Decke oder gespiegelt – er hat eine Vorliebe für zerbrochen auf dem Boden liegende Spiegel, was die einzelnen Farbreize noch mehr fragmentiert und uns die Sicherheit des festen Grundes entzieht. In der natürlichen Umgebung herrschen selten Bedingungen, wo wir, abgesehen von desorientierenden starkfarbigen Signalen, über ebenso wenig konsistente Orientierungshinweise verfügen. Solange neue und stärkere farbige Reize – und sei es in den Light-Shows – imstande sind, wenigstens gelegentlich und im geschützten Kunstkontext diionysische Erfahrungen eines Kontrollverlustes herbeizuführen, werden Künstler, die sich dieser Mittel bedienen, ihr Publikum finden.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. Semir Zeki, *Inner Vision: An Exploration of Art and the Brain*, Oxford 1999.
- 2 Vgl. Melvyn Goodale und David Milner, *Sight Unseen*, Oxford 2004, S. 8.
- 3 Vgl. James Elkins, *Pictures and Tears*, New York 2001.
- 4 Vgl. Karl Schawelka, *Les vitraux de Chartres, une machine à engendrer des visions*, in: *La part de l'oeil*, Nr. 15–16, 1999–2000, S. 319–327.
- 5 Zu Signac vgl. Don Pavey, *Colour and Humanism: Colour Expression over History*, o. O. 2003, S. 211.
- 6 Vgl. Karl Schawelka, *Quasi una musica*, München 1993.
- 7 Vgl. Don Pavey, wie Anm. 5, S. 88.
- 8 Vgl. John Geiger, *Chapel of Extreme Experience, A Short History of Stroboscopic Light and the Dream Machine*, New York 2003.
- 9 Vgl. Erich Trunz (Hrsg.), *Goethes Werke*, Hamburger Ausgabe, Bd. 11, München 1982, S. 225.

- 10 Vgl. Erich Trunz (Hrsg.), Goethes Werke, Hamburger Ausgabe, Bd. 14, 10. Aufl., München 1981, S. 256.
- 11 Vgl. *Älteres, Beinahe Veraltetes*, Matthaei, Bd. 8, S. 362.
- 12 Eine neuere Veröffentlichung zu den Eigenschaften der Was- und Wo-Systeme findet sich in: Goodale/Milner, wie Anm. 2.

Bibliografie

Quellentexte

- David L. MacAdam (Ed.), *Sources of Color Science*, Cambridge, Mass./London 1970
Thomas Lersch, (Stichwort) *Farbenlehre*, in: *Reallexikon zur deutschen Kunstgeschichte*, Bd. VII, 1974, Sp. 157–274.

Allgemeine Einführungen

- T. Lamb, J. Bourriau (Eds.), *Art & Science*, Cambridge 1995
Spektrum der Wissenschaft Spezial 4, Farben, Heidelberg 2000

Neurologie und Psychologie

- Karl R. Gegenfurtner, *Gehirn und Wahrnehmung*, Frankfurt am Main 2003
Karl R. Gegenfurtner und Daniel C. Kiper, *Color Vision*, Ann. Rev. Neurosci, 2003, Bd. 26, S. 181–206.
Karl R. Gegenfurtner und Lindsay T. Sharpe (Eds.), *Color Vision – From Genes to Perception*, Cambridge u. a. 1999
Richard Gregory, *Auge und Gehirn: Psychologie des Sehens*, Reinbek b. Hamburg 2001
Donald D. Hoffman, *Visual intelligence: how we create what we see*, New York/London 1998
Pierre Jacob und Marc Jeannerod (Eds.), *Ways of Seeing. The Scope and Limits of Visual Representation*, Oxford 2003
John Harrison, *Synaesthesia: the strangest thing*, Oxford/New York 2001
T. Lamb und J. Bourriau (Eds.), *Art & Science*, Cambridge 1995
Margaret Livingstone, *Vision and art: the biology of seeing*, New York 2002
Rainer Mausfeld und D. Heyer (Eds.), *Colour Perception. Mind and the Physical World*, Oxford 2003
Michael Morgan, *The Space Between our Ears*, London 2003
Dale Purves und R. Beau Lotto, *Why We See What We Do*, Sunderland/Mass. 2003
E. Rosch/Heider, *Focal color areas and the development of color names*, in: *Developmental Psychology* 4, 1971, S. 447–455
Oliver Sacks, *Eine Anthropologin auf dem Mars*, Reinbek bei Hamburg 1995
Oliver Sacks, *Die Insel der Farbenblinden*, Reinbek bei Hamburg 1997
W. Wundt, *Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele*, 3. bearbeitete Auflage Hamburg/Leipzig 1897
Semir Zeki, *Inner Vision. An Exploration of Art and Brain*, Oxford 1999
Heinrich Zollinger, *Color, a Multidisciplinary Approach*, Weinheim/New York 1999

Synästhesie

- Kevin T. Dann, *Bright colors falsely seen: Synaesthesia and the search for transcendental knowledge*, New Haven/London 1998

- John Harrison, *Synaesthesia: the strangest thing*, Oxford 2001
- Jörg Jewanski und Natalia Sidler (Hrsg.), *Farbe – Licht – Musik. Synästhesie und Farblichtmusik*, Bern 2006
- Vilayanur S. Ramachandran, *The Emerging Mind*, London 2003
- Karl Schawelka, »Zinnoberrot klingt wie die Tuba«. Zu Wassily Kandinskys synästhetischem Farbraum, in: *Musik und Kunst: Erfahrung – Deutung – Darstellung; ein Gespräch zwischen den Wissenschaften*, hrsg. von Werner Jank; Hermann Jung, Mannheim 2000, S. 63–104.
- Karl Schawelka, *Quasi una musica. Untersuchungen zum Ideal des ›Musikalischen‹ in der Malerei ab 1800*, Mittenwald 1990
- Karl Schawelka, *Vom unimodalen Metier zu den polymodalen Assoziationen: Paul Klee und die Synästhesie*, in: *KünstlerKritiker. Zum Verhältnis von Produktion und Kritik in bildender Kunst und Musik*, hrsg. von Michael Custodis u. a., Saarbrücken 2006, S. 100–116
- Burkhard Strassmann, *Rot schreit am lautesten*, in: *Die Zeit* Nr. 35 vom 19.9.2004
- D. A. Zellner und M. A. Kautz, *Color affects perceived odour intensity*, in: *Journal of Experimental Psychology*, Bd. 16, 2, 1990, S. 391–397

Physik und Technik

- Richard P. Feynman, *QED – The Strange Theory of Light and Matter*, Princeton 1985
- David S. Falk, Dieter R. Brill, David G. Stork, *Ein Blick ins Licht: ein Einblick in die Natur des Lichts und des Sehens*, in: *Farbe und Fotografie*, Basel/Boston/Berlin 1990
- Heinwig Lang, *Farbwiedergabe in den Medien: Fernsehen, Film, Druck*, Göttingen 1995
- Marcel Minnaert, *Licht und Farbe in der Natur*, Basel/Boston/Berlin 1992
- Wilhelm Ostwald, *Malerbriefe*, Leipzig 1904

Biologie

- Claude Gudin, *Une histoire naturelle de la séduction*, Paris 2003
- Margaret Livingstone, *Vision and art: the biology of seeing*, New York 2002
- Mollon
- Andrew Parker, *Seven deadly colours, The genius of nature's palette and how it eluded Darwin*, London 2005
- Georges Roque und Claude Gudin, *La vie nous en fait voir de toutes couleurs*, Lausanne 1998

Philosophie

- Alex Byrne und David R. Hilbert (Hrsg.), *Readings on Color*, Bd. 1: *The Philosophy of Color*, Bd. 2: *The Science of Color*, Cambridge, Mass./London 1997
- C. L. Hardin und Luisa Maffi (Hrsg.), *Color Categories in Thought and Language*, Cambridge 1997

- Maurice Merleau-Ponty, *Phänomenologie der Wahrnehmung*, Berlin 1974
- Richard Wollheim, *On Pictorial Representation in: The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, Bd. 56, 1998, S. 217–226.

Farbsysteme

- Hans Irtel, *Farbatlanten*, in: *Spektrum der Wissenschaft Spezial: Farben*, 2000, S. 22–27
- Rolf G. Kuehni, *Color Space and its Divisions*, Hoboken, New Jersey 2003
- Andreas Schwarz, *Die Lehren von der Farbenharmonie*, Göttingen/Zürich 1999
- Narciso Silvestrini, *IdeeFarbe. Farbsysteme in Kunst und Wissenschaft*, Zürich 1994

Sprache

- Brent Berlin und Paul Kay, *Basic Color Terms: Their Universality and Evolution*, 1. paperback print, Berkeley u. a. 1991
- Debi Roberson, Ian Davies, Jules Davidoff, *Color Categories Are Not Universal: Replications and New Evidence From a Stone-Age Culture*, in: *Journal of Experimental Psychology/General*, Bd. 129, 2000, Heft 3, S. 369–398
- Swetlana Vogt, *Farbwörter im Gehirn: Eine systematische sprachwissenschaftliche Untersuchung*, Diss. Duisburg 2004

Kultur- und Kunstgeschichte

- Philip Ball, *Bright Earth. Art and the Invention of Color*, New York 2001
- David Batchelor, *Chromophobia*, London 2000
- Roberto Casati, *Die Entdeckung des Schattens*, Berlin 2001
- Victoria Finlay, *Colour: Travels Through the Paintbox*, London 2002
- John Gage, *Kulturgeschichte der Farbe – Von der Antike bis zur Gegenwart*, Ravensburg 1994
- John Gage, *Die Sprache der Farben – Bedeutungswandel in der bildenden Kunst*, Ravensburg 1999
- Simon Garfield, *Lila. Wie eine Farbe die Welt veränderte*, Berlin 2001
- Felix Höpfner, *Wissenschaft wider die Zeit – Goethes Farbenlehre aus rezeptionsgeschichtlicher Sicht*, Heidelberg 1990
- Anne Hoormann und Karl Schawelka (Hrsg.), *Who's afraid of ... Zum Stand der Farbforschung*, Weimar 1998
- Michel Pastoureau, *Dictionnaire des couleurs de notre temps*, Paris 1992
- *Rayures: une histoire des rayures et des tissus rayés*, Paris 1995
- *Bleu: histoire d'une couleur*, Paris 2002
- Georges Roque, Bertrand Bodo, Françoise Viénot (Hrsg.), *Michel-Eugène Chevreul. Un savant, des couleurs!* Paris 1997
- Mark Rothko, *The Artist's Reality*, Yale 2004
- Karl Schawelka, *Kanon der Farben, Krebs und Umkehrung*, in: *WZ der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar-Universität*, Heft 2/1994, S. 27–37

- *Der farbige Architektorentwurf um 1800*, in: *Wissenschaftliche Zeitschrift*. Bauhaus-Universität Weimar, Heft 2–3/1996, S. 101–113
- *Von der Farbe über die Textur zum Material in der Kunst*, in: Ausst. Kat. Design Zentrum Thüringen *Pfirsichblüt & Cyberblau – Goethe. Farbe. Raum*, Ausstellung im Kornspeicher Weimar vom 17. Sept. bis 31. Okt. 1999, Hansjoachim Gundelach und Katerina Vatsella (Hrsg.), 2. Auflage Weimar 2000, S. 82–9.
- *Goethes Farbenlehre – heute. »Wär nicht das Auge sonnenhaft, wie könnten wir das Licht erblicken?«*, in: ebd., S. 10–25
- *Schwarz als Farbe*, in: *Visuelle Sprache – Jahrbuch der Fakultät Gestaltung*, Heft 1, Weimar, Oktober 2001, hrsg. von der Fakultät Gestaltung der Bauhaus-Universität Weimar, S. 46–58
- *»More matter with less art«? Zur Wahrnehmung von Material*, in: *Material in Kunst und Alltag*, hrsg. von Monika Wagner und Dietmar Rübél, Berlin 2002, S. 13–32
- *Reisen um des Lichtes willen – Nicht einfach innere Bilder ...*, in: *Thesis Nr. 1*, 2003, *Die nützliche Reise*, hrsg. von Ruth Baumeister und Eva Maria Froschauer, S. 50–61
- *Anthropomorphisierung von Oberflächen. Zeitgenössische Kunst und die Virtualisierung der Alltagswelt*, in: *Aktualisierungen – Jahrbuch der Fakultät Gestaltung*, Heft 2, Weimar, April 2003, hrsg. von der Fakultät Gestaltung der Bauhaus-Universität Weimar, S. 172–207
- *Havanna ist als Farbe in*, in: *Süddeutsche Zeitung* Nr. 141, vom 21/22. Juni 2000 (Baume und Mercier, Uhrenhersteller)

Zur Biologie der Farbe Rosa

- Brent Berlin/Paul Kay, *Basic Color Terms*, 1. Paperbackausg., Berkeley 1991 (Erstausgabe 1969)
- W. Ray Crozier, *Self-consciousness, Exposure and the Blush*, in: *Journal for the theory of social behaviour*, Bd. 34 (2004), H. 1, S. 1–17
- John Gage, *Color and Meaning. Art Science, and Symbolism*, Berkeley/Los Angeles 1999
- Johann Wolfgang von Goethe, *Goethes Werke* (Sophienausgabe), Abt. I, Bd. 49, Weimar 1898
- Claude Gudin, *Une histoire naturelle de la séduction*, Paris 2003
- Eva Heller, *Wie Farben wirken*, Reinbek bei Hamburg 1989
- Derek Jarman, *Chroma. Ein Buch der Farben*, Berlin 1995 (Originalausgabe: Derek Jarman, *Chroma. A Book of Colour*, June'93, London 1994)
- Rudolf E. Lang, *Warum Tränen salzig schmecken*, München 2004
- Jennifer C. Manion, *Girls Blush, Sometimes: Gender, Moral Agency, and the Problem of Shame*, in: *Hyapathia: a journal of feminist philosophy*, Bd. 18 (2003), H. 3, S. 21–41

- Anthony Mercatante, *Der magische Garten*, Zürich 1980
- Gerd Heinz Mohr/Volker Sommer, *Die Rose: Entfaltung eines Symbols*, München 1988
- Annie Mollard-Desfour, *Le dictionnaire des mots et expressions de couleur du XXe siècle/Le rose*, Paris 2002
- Pink. *The Exposed Color in Contemporary Art and Culture*, hrsg. v. Barbara Nemitz, Ostfildern 2006
- Andrew Parker, *Seven deadly colours, The genius of nature's palette and how it eluded Darwin*, London 2005
- Herman Pleij, *Colors demonic and divine: shades of meaning in the Middle Ages and after*, New York 2004
- Frédéric Portal, *Des couleurs symboliques dans l'antiquité, le moyen-âge et les temps modernes*, Paris 1991 (Erstausgabe Paris 1837)
- Lutz Röhrich, *Lexikon der sprichwörtlichen Redensarten*, Freiburg/Basel/Wien, 2. Aufl. 1973
- Angela Rosenthal, *Visceral culture: blushing and the legibility of whiteness in eighteenth-century British portraiture*, in: *Art History* Bd. 27 (2004), Nr. 4, S. 563–592.
- Karl Schawelka, *Anthropomorphisierung von Oberflächen. Zeitgenössische Kunst und die Virtualisierung der Alltagswelt*, in: *Aktualisierungen: Jahrbuch der Fakultät Gestaltung*, Heft 2, Weimar, April 2003, hrsg. von der Fakultät Gestaltung der Bauhaus-Universität Weimar, S. 172–207
- Karl Schawelka, *Gesten und Metaphern*, in: *Kritische Ästhetik und humane Gestaltung. Festschrift für Olaf Weber zum 60. Geburtstag*, hrsg. von Gerd Zimmermann und Gerhard Schweppenhäuser, Weimar 2005 S. 114–132
- Andrew Strathern, *Why is Shame on the Skin?* In: *The Anthropology of the Body*, ed. by John Blacking, London u. a. 1977, S. 99–110
- Francesco Valitutti/Diego Verdegiglio, *Das Buch von der Vagina*, Wiesbaden 2004

