

Part II

Essays

Probleme der Licht- und Farbenlehre in ihrer geschichtlichen Entwicklung

Holtmark, T. (1963), *Math.-Phys. Korrespondenz*, Nr. 40: 5-7, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

In dem wichtigen Buche von Vasco Ronchi *Histoire de la Lumière* (1956) wird auf die eigenartige Stellung der Persönlichkeit Keplers innerhalb der Geschichte der Lichtlehre hingewiesen. Wie mir scheint, liegen in den Entdeckungen Ronchis Anregungen zu einem Neu-Begreifen der Lichtlehre, was besonders für die pädagogische Handhabung dieser Disziplin von Bedeutung sein kann. Die Lichtlehre ist wohl das am schwersten zugängliche Gebiet innerhalb der Volksschul- und Gymnasialphysik, weil sie am stärksten entstellt worden ist in der modernen Zeit. An einem entscheidenden Punkt der Entwicklung der Lichtlehre steht Kepler, der einen außerordentlich großen Einfluss ausgeübt hat. Im Besonderen dürfte man die moderne technische Linsen- und Spiegeloptik auf die Entdeckungen Keplers zurückführen.

Die antike Optik, in ihrer Ausführung durch Euklid als einem hervorragenden Repräsentanten seiner Zeit, ist implizit eine Auslegung der Gesetze des Bildsehens. Es geht da nicht um eine abstrakte Lichtbeschreibung, und kaum um eine Abbildungslehre im klassischen Sinne. Die euklidische Optik enthält Sätze über Position und Größe des gesehenen Bildes unter wechselnden optischen Bedingungen. Das Auge hat eine zentrale Funktion als Quelle des Gesichtsfuers, oder der Gesichtsstrahlen. Ein interessanter Satz bei Euklid ist diesbezüglich, dass ein Auge vom Zentrum eines sphärischen Hohlspiegels aus sich selbst sehen muss (weil ja alle Gesichtsstrahlen zum Auge zurückkehren). – Nun müssen wir von unserem Wissen aus erwarten, dass wir in einem solchen Falle nur schwarz sehen, weil ja kein Licht ins Auge treten kann. Demnach wäre gewissermaßen die schwarze Farbe ein Bild von dem Gesichtsfuer bei Euklid.

Eine andere Darstellung des Wesens des Lichtes und des Sehens gab Aristoteles.¹ Aristoteles weist das Gesichtsfeld ab mit der Einwendung, man müsste damit auch im Dunkeln sehen können. In charakteristisch aristotelischer Weise betont er die Bedeutung des Mediums für das Sehen. Der Sehakt gründet sich demnach auf vier Pfeiler, nämlich die Lichtquelle (Sterne, Feuer), die das Medium (Wasser, Luft) aktuell durchsichtig macht, weiter noch das Auge und zuletzt das eigentlich Angesehene, das Licht, oder die Durchsichtigkeit. Von dieser heißt es, sie sei »so etwas wie eine Farbe«, »eine Art Farbe«. »Licht ist die Form des durchsichtigen Mediums«. Die Durchsichtigkeit ist eine Gesehene, eine Angesehene Sache, und dadurch »so etwas wie eine Farbe«.

Man merkt in diesen Ausdrücken ein harmonisches Gleichgewicht. Niemals fallen wir aus dem Angesehenen heraus, obwohl konkret und objektiv vom Licht gesprochen wird. Und die Elemente einer Anschauung sind immer farbhafte. Im Trennen der Farben muss das Licht beschrieben werden.

Die moderne Auffassung begreift, wie bekannt, das Sehen als eine Abbildung. In sehr primitiver, aber doch entscheidend moderner Weise, ist dieser Abbildungsprozess von den Arabern (Al-Hazen, um 1000 n.Ch.) entwickelt worden. Die Lehre wurde durch Kepler zu einem festgemauerten Lehrgebäude und Kernstück der klassischen Physik aufgetürmt.

Nach Kepler gründet sich unser »Bild-bilden« auf den Lichtkegel, der sein Zentrum im Objektpunkt hat und seine Basis in der Pupillenöffnung. Dieser divergente Lichtstrom wird im Auge umgestülpt, so dass er wieder konvergiert, und zwar gegen die Retina. Durch diese Umstülpung treten drei Größen hervor, die bestimmend sind für die Transformation in ein bewusstes, Gesehenes Bild. Diese drei Größen sind 1. die Position des Konvergenzpunktes auf der Retina, welche die Richtung auf den Objektpunkt festlegt, 2. die relative Ausdehnung der belichteten Fläche der Retina, welche die Größe des Objektes bestimmt und zuletzt 3. die Pupillenöffnung, die als Triangulationsbasis fungiert.

¹Entscheidende Abschnitte sind von Eckart Heimendahl in seinem Buche *Licht und Farbe* (1961) in prägnanter Übersetzung wiedergegeben. Ich verweise auf Heimendahls aufschlussreiche Kommentare.

Über eine mögliche Verallgemeinerung der Dispersionsexperimente Newtons

Holtmark, T. (1969), *Math.-Phys. Korrespondenz*, Nr. 71: 3-9, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

Eine Analyse des hypothetisch-deduktiven Beweisgangs der einleitenden Abschnitte von Newtons *Opticks*, 1704, führt unter Berücksichtigung der wissenschaftsgeschichtlichen Stellung des Werks auf eine allgemeine Klasseneigenschaft der Dispersionsphänomene, die keine spezifischen physikalischen Modelle des Lichts voraussetzt. Die übliche Deutung der Dispersionsphänomene weist begriffliche Unbestimmtheiten auf, die aus widersprüchlichen Aussagen Newtons über das so genannte *Experimentum Crucis* folgen (*Experimentum VI*, siehe Figur 14.2). In einem Brief an Hooke äußert sich Newton folgendermaßen:

... y^e designe of it [the *experimentum crucis*, T.H.] is to show that rays of divers colours do at equall incidences suffer unequall refractions, without being split, rarefied, or any ways dilated.

Dagegen schreibt er an Lucas:

You think I brought it, to prove that rays of different colours are differently refrangible: whereas I bring it to prove (wthout respect to colours) y^e light consists in rays differently refrangible.

Diese auffallende Unsicherheit gründet wohl darin, dass eine Reihe von unabhängigen Hypothesen durch Varianten desselben Experimentes bestätigt sein wollen: 1. »Weißes« Licht ist »heterogen«, d.h. es ist ein Gemisch von Spektrallichtern. 2. Spektrale Lichter sind homogen. 3. Spektrale Lichter sind spezifisch brechbar. 4. Spektrale Lichter sind spezifisch gefärbt. Den ersten drei Behauptungen entsprechen in etwa die folgenden drei Experimente:

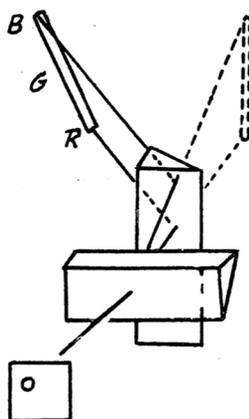


Fig. 14.1 *Experimentum V*: Experimentum crucis mit gekreuzten Prismen, vgl. Fig. 16 in *Opticks*.

Experimentum III: Ein »Lichtstrahl« (Ray of Light) strahlt aus einem Loch im Fensterladen durch ein Prisma im Hauptschnitt. An der entgegengesetzten Wand in dem sonst dunklen Raum erscheint das »Spectrum«.

Experimentum V: Der Lichtstrahl passiert ein System von zwei aufeinanderfolgenden Prismen in gekreuzter Stellung (Fig. 14.1). Wenn die Spektralstrahlen heterogen seien, wäre jetzt wegen der Querbrechung eine zweite Dispersionserscheinung zu erwarten. An der Wand erscheint aber wieder dasselbe Spektrum, nur seitlich verschoben und schräg gestellt (entsprechend den verschiedenen Brechbarkeiten).¹

Experimentum VI (Experimentum crucis): Dieses Experiment hat sowohl Newton als auch seine Zeitgenossen viel beschäftigt, und es liegt in vielen Varianten vor. (Vor den Darstellungen der *Opticks* muss man sich in Acht nehmen, da sie grobe Fehler enthalten). In *Opticks* wird die folgende Ausführung angegeben: Paralleles, weißes Licht strahlt durch ein System von zwei

¹Es sollte hier daran erinnert werden, dass die gewünschte Querbrechung ebensogut mit einem Einzelprisma dargestellt werden kann, nämlich wenn der Strahl schräg zur Längsachse des Prismas einfällt. Wegen seiner einfacheren Handhabung, hätte das Einzelprisma-Experiment viel wahrscheinlicher auf die allgemeinen Eigenschaften der Dispersionsphänomene geführt. Was dies für die weitere Entwicklung der Optik bedeutet hätte, lässt sich kaum überschauen.

Goethe and the phenomenon of color

Holtsmark, T. (1969), in: *The anatomy of knowledge: papers presented to the Study Group on Foundations of Cultural Unity, Bowdoin College, 1965 and 1966*, ed. by Marjorie G. Grene, London: Routledge & K. Paul

Goethe's extensive color studies, assembled in his *Farbenlehre* (1810), and consisting of three parts: historical, didactical, and polemical, have long been obscured by the successful development in the natural sciences, as first advanced by Newton's *Opticks* (1704).¹

Goethe's vehement polemics against Newton's *Opticks* helped to discredit him in the eyes of the scientists. Still a certain number have felt something inexplicable in the circumstance that a man of Goethe's intellectual dimensions should take a standpoint opposed to the leading school of progressive physics. Various attempts have been made to explain the divergent viewpoints of Goethe and Newton (Heisenberg 1935; Heitler 1961; 1963, Chap. 2).

One of the most typical, as well as the most uncompromising, is that of Helmholtz in his classical treatise on physiological optics:

His [Goethe's, T.H.] concern is not to develop a physical explanation of the color phenomena. As such his postulates would make no sense. What Goethe tries to do is to demonstrate the general conditions for color appearance. These conditions he expresses in terms of a primary phenomenon. . . . His vehement polemics against Newton seem rather to have their source in that the hypothesis of the latter appears absurd to him, than that he has anything against Newton's experiments and the conclusions drawn therefrom. But the reason for Newton's assumption that a white light is composed of many colored lights appearing so ab-

¹There are several editions of Goethe's color theory. Among these might be mentioned: (Goethe 1810), which contains a large bibliography.

Of Goethe's general scientific writings, the following essays might be referred to as relevant to our statements: »Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt«, »Inwiefern die Idee: Schönheit sei Vollkommenheit mit Freiheit, auf organische Naturen angewendet werden konnte«, »Erfahrung und Wissenschaft«.

surd to him is to be found in his particular point of view – that of an artist – which leads him to seek beauty and truth directly expressed in concrete images. At that time the physiology of the eye had not yet been studied. The composite nature of white asserted by Newton was the first decisive empirical step toward seeing the subjective content of sense experience, and Goethe was justified in his premonition when he so vigorously opposed it, – it seemed to him to destroy the »fair illusion« of sense experience (»Der schöne Schein«). (Helmholtz 1867, 268)

Anyone who has discussed these questions with practicing physicists may recognize the arguments. They arise from the general feeling that Goethe presents us with a world vision that does not satisfy the scientific demand for objectivity and exactness. But we may also recognize a certain oversimplification of the problem involved. Helmholtz dismisses Goethe's *Urphänomen* without really explaining its nature. He refuses to treat Goethe's world vision as a matter for serious consideration from the physicist's point of view, even though he accepts Goethe's observations. He touches upon the relation between the artist and the scientist without considering that Goethe himself was seriously occupied with that relation and mentioned it more than once.

Helmholtz refers to a certain *experimentum crucis* in support of Newton's hypothesis, an experiment of which Goethe supposedly had no knowledge, but he does not mention what experiment it really was or how it might be regarded from Goethe's point of view. Since Helmholtzian days there has been much discussion about the role of crucial experiments within the progress of physics, and it has been demonstrated that in our appraisal of an experiment a certain style of thinking, a certain terminology operates, influencing what we suppose we observe. Goethe himself was the first to admit that this state of things applies to the disparity between the Goethean and the Newtonian approach. Thus in the introduction to the polemical part of his color theory he states that his aim cannot be to »prove« the failure of Newton's treatment, but to demonstrate that its singular style of thinking does not do justice to the phenomena themselves.

Helmholtz sums up his objections by postulating that Goethe's aim is to reestablish the »fair illusion«. Listening to Goethe's own words, however, this is not the impression we get. Goethe gave the most serious consideration to the

Zur Didaktik der Goetheschen Farbenlehre

Holtmark, T. (1971), *Elemente der Naturwissenschaft*, 14: 37-43, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

Im Gegensatz zu Goethes übrigen wissenschaftlichen Leistungen, deren Bedeutung und Originalität anerkannt werden, ist seine Farbenlehre, von der er sich selber so viel versprach, von der wissenschaftlichen Welt unbeachtet geblieben und in Vergessenheit geraten.

Dieses Schicksal der Farbenlehre hängt nicht etwa an ihrer Lückenhaftigkeit oder begrifflichen Widersprüchlichkeit. Obwohl Unvollkommenheiten vorhanden sind, darf Goethes *Farbenlehre* als das umfassendste Kompendium auf diesem Gebiet gelten. Auch das groß angelegte Werk Wilhelm Ostwalds lässt sich an Vielseitigkeit mit dem Goetheschen nicht vergleichen. Es hängt auch nicht an der fehlenden Originalität. Tatsächlich gab es zu Goethes Zeit keine begründete Wissenschaft von den Farben. Es gab einen lückenhaften Ansatz in Newtons *Opticks* (1704), dann auch tastende Vorversuche in bezug auf Farbmischung und Farbsehen. Ein halbes Jahrhundert bevor Grassmann eine messtheoretische Topographie des Farbkreises ergründete, hat Goethe einen Farbkreis dargestellt, der wie der Grassmannsche auf den Wechselbeziehungen zwischen Helligkeit und Farbton aufbaut. Mindestens zur selben Zeit wie Thomas Young hat Goethe (1810) die allgemeine Möglichkeit einer Dreifarbentheorie des Farbsehens gezeigt. Dabei hat er sich auf physiologische Erfahrungen mit dem Auge selber gestützt, während Young sich auf mischmetrische Erfahrungen bezog und den problematischen Begriff »Grundempfindungen« veranlasste.

Wenn man die Gesamtentwicklung der modernen Farbenlehre betrachtet, die sich besonders auf den Gebieten der Farbmessung und der Sinnesphysiologie abgespielt hat, kann einem auffallen, dass Goethe die methodischen Grundlagen dieser beiden Wissenszweige schon geahnt oder gekannt und in intelligenter Weise miteinander verknüpft hat. Dass ihm dies möglich war, wird nur von einem höheren Gesichtspunkt aus verständlich. Die folgenden

Bemerkungen möchten einen Beitrag zum Erschließen des »geistigen Bandes« der Goetheschen Farbenlehre liefern. Weil aber das Thema umfassend ist, muss die Darstellung fragmentarisch bleiben.

Für jedes der beiden erwähnten Hauptgebiete der modernen Farbenlehre kommen zwei mögliche grundsätzliche Bestimmungen des Farbigen in Betracht, nämlich die der Dreifarben- und der Vierfarbentheorie. Je nachdem, wie man sich mit zwei Grundannahmen auseinandersetzt, entstehen verschiedene, mehr oder weniger gegensätzliche Schulen. Auf dem physiologischen Gebiet entspringt die Young-Helmholtzsche Schule einer Dreifarbentheorie, während die Hering'sche Schule die Vierfarbentheorie vertritt. Auf dem Gebiete der Farbensystematik gibt es ein Nebeneinander solcher Farbsysteme wie z.B. das CIE-System und »Das natürliche Farbsystem« (Miescher *et al.* 1961), die sich aus der Dreifarben- bzw. der Vierfarbentheorie entwickelt haben.

Ewald Hering (1834-1918), der Vater einer weit verzweigten physiologisch-psychologischen Schule geworden ist, wollte auf die reine Erfahrung des Farbigen zurückgehen, und er kam zu dem Ergebnis, dass es sechs grundsätzliche Farbqualitäten gibt. Er nannte sie »Urfarben«, und zwar sonderte er zwischen vier »chromatischen« und zwei »achromatischen« Urfarben: »Urgelb«, »Urbau«, »Urrrot« und »Urgrün«, beziehungsweise »Weiß« und »Schwarz«. Das Vorhandensein der Urfarbe wird durch ein »Weder/noch«-Kriterium folgender Art gesichert: »Urgelb ist ein Gelb, das weder rötlich noch grünlich erscheint.« Die Urfarbenbestimmung ist zirkelhaft und inhaltslos, insofern als das Farbige durch sich selbst bestimmt wird. »Urfarbe« bedeutet eigentlich »Unterscheidungsmerkmal« an dem Farbigen selbst. Auf den vier chromatischen Unterscheidungsmerkmalen gründet Hering einen vierteiligen Farbenkreis (Fig. 16.1).

Während die Vierfarbentheorie die Farbigkeit selber beobachtet, sucht die Dreifarbentheorie die farbigen Objekte nach *gleichem Aussehen* zu klassifizieren. Es gibt in dieser Beziehung nur zwei Klassen von Objekten: Beleuchtungen und Körperoberflächen. Man könnte es auch so ausdrücken: Ziel der Dreifarbentheorie ist eine Topographie der Gesamtmenge der farbigen Objekte nach dem Kriterium gleichen Aussehens. Die Dreifarbentheorie bildet aber keine in sich geschlossene Metrik des »Uraussehens«. Sie muss sich darauf

Farbversuche im naturwissenschaftlichen Unterricht

Holtsmark, T. (1976), Tagungsband des Deutschen Farbenzentrums von der Jahrestagung 1975, *Farbenforum* Nr. X: 34-37, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

Abstract. Im naturwissenschaftlichen Unterricht könnte der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die Erscheinungsweisen der Farbe eine in sich geschlossene Phänomenfülle ausmachen, die eine Naturgesetzlichkeit von sehr allgemeinem und umfassendem Charakter darstellen. Der Einblick in diese Gesetzmäßigkeit dient in besonderem Maße dazu, den Sinn zu eröffnen für die Natur als Erfahrungsgrund. Ein solcher Einblick sollte sowohl auf die Ganzheitlichkeit der natürlichen Farbphänomene gerichtet sein, als auf die dynamische Wechselbeziehung zwischen dem sehenden Auge und dem gesehenen Objekt. Es werden einerseits Experimente vorgeführt, in denen die Farbe als allgemeines, geometrisch strukturiertes Bildelement in der Natur zum Vorschein kommt. Auf der anderen Seite wird das dynamische Wirken der Farbe bei der Bilderzeugung im Auge anhand eines modifizierten Farbmischungsexperimentes dargestellt.

Von der praktischen Lebensproblematik her wird heute ein Umdenken in Bezug auf unsere Beziehungen zur Natur nahegelegt. Dass auch die didaktische Handhabung des naturwissenschaftlichen Unterrichtes von dieser Forderung berührt wird, beweist der Umstand, dass es eine Interessenkrise unter der Jugend gibt in Bezug auf die klassischen naturwissenschaftlichen Grunddisziplinen, vor allem der Physik. Es wird deshalb heute von vielen Seiten mit Nachdruck behauptet: Die klassische Physik sollte in dem Unterricht wieder intensiver gepflegt werden. Das mag als ein Wunschtraum von »der guten alten Zeit« tönen. Man muss sich aber fragen, was hinter einer solchen Forderung steckt. Die großen Wendepunkte in der Entwicklung der Physik waren von menschlicher Selbsterkenntnis getragen und durchglüht. Die Physik war in solchen Epochen auf das Welt- und Natur-»Gesetz« eher als auf das »Modell« eingestellt. Diese Behauptung widerspricht nicht der Tatsache, dass eine der Folgen des Durchbruches der neuen Naturerkenntnis die Geburt von »Weltmodellen« war. Das Modell kommt immer nachher. Es passt

sich der gesetzlichen Ganzheit an, die unser Wundern erweckt hat. Ein historisches Beispiel von ganzheitlicher Natur- und Menschenerkenntnis ist uns überliefert als die Keplersche Begründung der geometrischen Optik. Das Bedeutungsvolle dieses Werkes liegt unter anderem darin, dass Kepler zwischen »Bild« im eigentlichen Sinne und der »Abbildung« unterscheidet. Das eigentliche Bild besteht in einem Bewusstseinsakt, während die Abbildungsgesetze für die räumliche Erscheinungsweise von Bildern gelten. Das Bild als solches, als *gesehenes Bild* muss als eine geistige Tatsache hingenommen werden. Das Bild ist höherer Natur. Dass das Bild im *Raum* erscheinen kann, ist die erste Tatsache der geometrischen Optik, die auch diese Optik überhaupt ermöglicht. Diese Tatsache wird von Kepler in feierlichen Wendungen nur berührt. Aufgabe seiner Optik ist nicht zu begründen, *dass* es Bilder gibt, sondern *wo* und *wie*. Die Keplersche Optik hat einen einheitlichen Zug. Der Mensch selber wird miteinbezogen, nicht als toter Gegenstand, sondern als schaffender, produktiver Mittelpunkt, als sehendes Wesen.

Die auf Kepler folgende Entwicklung der optischen Wissenschaft wurde davon geprägt, dass man von der Wirklichkeit des Bildes als solchem absah und eine räumliche Abbildungslehre abgrenzte. In dieser bedeutet »Bild« so etwas wie »Konvergenzpunkt eines Lichtstrahlenbündels«.

Diese Grundlagenfrage kann an Hand des Lichtbrechungsgesetzes nach Snellius betrachtet werden. Das Gesetz behauptet, dass Lichtstrahlen an der Grenzfläche zwischen zwei Körpern »gebrochen« werden, und zwar in einem für diese beiden Körperarten charakteristischen und konstanten Verhältnis. Streng genommen hat niemand einen Lichtstrahl gesehen. Man sieht zwei Bilder und man »sieht ein«, dass sie in einem gegenseitigen »Abbildungsverhältnis« stehen. Die beiden Bilder gehen in diesem Abbildungsverhältnis wie in einer höheren Einheit auf. Für den Schauversuch zaubert man manchmal den »Lichtstrahl« mittels Staubwolken hervor. Der scheinbare Strahl solcher Versuche ist selbstverständlich kein Strahl an und für sich, sondern eine vervielfachte Abbildung an den schwebenden Staubeilchen. Tausende von leuchtenden Bildern sehen wir. Einen »leuchtenden Lichtstrahl« gibt es schlechterdings nicht.

Wenn wir das Bild als »mögliches Sehding« erfassen, haben wir einen höheren Gesichtspunkt, von dem aus die Optik betrachtet werden kann. Andererseits berühren wir auch das Gebiet der Farbenlehre, denn die Farbe ist eben

Halbschatten und Bild

Holtsmark, T. (1976), *Math.-Phys. Korrespondenz*, 100: 3-10, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

Neulich hat Th. W. te Nuijl in einem Aufsatz das Phänomen der Halbschatten behandelt (Nuijl 1975). Anschließend hat G. Unger zu einer Auseinandersetzung mit dem Bildbegriff aufgefordert. Da ich seit einiger Zeit mit diesem Themenkreis beschäftigt war, möchte ich versuchen, einen Beitrag zu liefern.

Die Bildverwandlungen, die im Bereich der Halbschatten und Schattenränder auftreten, sind von eigenartiger und eindrucksvoller Schönheit. Sie vereinen ein geometrisch-räumliches Formelement mit einer inhaltlichen Hell-Dunkel-Dynamik, die eine gesetzmäßige, innere Tätigkeit des Auges zur Erscheinung bringt.

Die Lochkamera, die angenähert eine Eins-zu-Eins-Abbildung herstellt, kann als ein Extremfall solcher Bildmetamorphosen gelten, in dem das geometrisch-formale Element vorherrschend wird. Der allgemeinere Fall kann anhand der »Abbildung« durch die Halbebene, d.h. durch eine Kante, gezeigt werden. Ein Bildobjekt, z.B. ein leuchtendes Flächenkreuz, das an einer Kante vorbeischiebt, bildet sich an der Wand als eine differenzierte Hell-/Dunkelgestalt, oder Hell-/Dunkelverteilung, ab (siehe den Versuchsaufbau Fig. 18.1). Diese Gestalt ist einerseits durch die äußere Form des Bildobjekts bestimmt: Wenn man die Hand vor dem leuchtenden Objekt hin und her führt, kommt sofort die ganze Hell-/Dunkelgestalt in Fluss. Andererseits ist dieselbe Gestalt auch durch die abbildende Kante selber bestimmt: Wenn man die Kante dreht oder verschiebt, oder unter Umständen die Geradlinigkeit abändert, kommt wieder die Hell-/Dunkelgestalt in Fluss.

Es handelt sich hier um ein Bildwerden, für das der Schattenrand das Medium ist. Diese in sich duale Natur des Bildwerdens hängt damit zusammen, dass jeder Schattenrand das Ergebnis einer Wechselwirkung, oder gegenseitigen »Abbildung« zweier Bildgrenzen ist. Darauf beruhen die vorher erwähn-

ten Bildverwandlungen, die im Experiment sehr anschaulich gezeigt werden können. Je nachdem, was man im Experiment besonders hervorheben möchte, müssen dann allerdings die betreffenden, gegenseitig sich abbildenden Bildobjekte entsprechend aufeinander abgestimmt sein. Als Beispiel wähle ich zunächst den Fall, dass ein ausgedehntes, gleichseitiges, homogen leuchtendes Flächendreieck (im folgenden »Primärbild« genannt) durch einen Schattenkörper von gleichseitiger, aufrecht dreieckiger Gestalt (das »Sekundärbild«) »abgebildet«, oder »abgeschattet« wird, in Richtung der Bildwand. Das Sekundärbild sollte etwas kleiner als das Primärbild sein.

Zunächst finde man eine relative Lage des Sekundärbildes, von der aus eine ziemlich ausgedehnte, aber immer noch gut überschaubare Halbschattengestalt an der Wand erscheint. Diese Gestalt besteht eigentlich aus drei, sich in dreieckiger Anordnung gegenseitig überkreuzenden Schattenrändern. Zwar sind die Schattenränder nur nach dem Bildinnern hin gut definiert und begrenzt, nämlich durch ihre jeweilig zugehörigen *dunklen* Machschen Streifen, die folglich ein gut erkennbares, umgekehrtes Liniendreieck im Bildinnern markieren, und dadurch überhaupt der Gestalt eine Struktur gibt. Dieselben Streifen umschließen andererseits einen gleichmäßigen Halbschattenkern, was sich als Ergebnis der gegenseitigen Überlagerung und »Neutralisierung« der Schattenränder erklären lässt.

Nach außen hin sind aber die Schattenränder »verwaschen«, aber immerhin durch verbreitete Machsche Streifen begrenzt, was zur Folge hat, dass die ganze Figur gleichsam von einer schwach leuchtenden Korona umschlossen ist, die als ein ziemlich abgerundetes Dreieck erscheint.

Von dieser Lage aus kann das Sekundärbild in zwei Richtungen bewegt werden, einmal nach dem Primärbild, einmal nach der Bildwand hin. Im ersten Fall wächst die Hell-/Dunkelgestalt ins Unermessliche und löst sich gleichsam auf. Im zweiten Fall schrumpft die ganze Gestalt, und es findet eine allmähliche Umstülpung statt. Die drei dunklen Streifen wandern nach innen, bis sie sich in einem Punkt schneiden, der den Anfang des Kernschattens ankündigt. Entsprechend der weiter folgenden Bewegung des Sekundärbildes entfernen sich die Streifen wieder von dem Mittelpunkt, indem sie den Kernschatten gleichsam hinter sich lassen und aufspannen. Der Kernschatten stellt dann folglich eine aufrecht dreieckige Gestalt dar (Fig. 18.2).

Die Farbe und das Bild

Holtmark, T. (1992), *Tidskrift Kunsthandverk* Nr. 45/46: 6-15. Übersetzung aus dem Norwegischen von Dagmar Mißfeldt, gefördert von NORLA, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

Ludwig Wittgenstein war ein Mensch, der seine Gedanken zu Ende denken wollte. Seine *Bemerkungen über die Farben* waren der letzte Meilenstein seiner Gedankenwege. Er gehört zu jenen Philosophen, die ihre Gedanken zum Ende denken, bis es nichts mehr zu denken gibt, weil der Gedanke an seinen Wurzeln im Rätselhaften steht. Ohne Sinn für Logik können wir das Rätselhafte nicht empfinden, doch ohne eine Empfindung für das Rätselhafte würden wir auch nicht das Bedürfnis nach logischem Denken verspüren.

In jedem ernsthaften philosophischen Problem reicht die Unsicherheit bis an die Wurzeln hinab. Man muss immer darauf gefasst sein, etwas ganz Neues zu lernen. (I, 15)

Die Farbe ist eine dieser Wurzeln und Wittgenstein erwartete, dass jeder Philosoph, der ernst genommen werden will, zur Farbe Stellung beziehe. Er muss Farbe bekennen, sich für eine Farbe entscheiden. Er muss aber nach getroffener Entscheidung auch dazu stehen. Es liegt folglich in der Natur der Sache, dass in dieser Frage jeder seinen eigenen Weg gehen muss, und es besteht die Gefahr, dass man den Kontakt zu den anderen verliert. Dann hat man verloren. – Obwohl es bei der Farbenproblematik um die Geschichte des Denkens geht, lassen sich nicht viele Arbeiten dazu aufzählen. Wittgenstein beschreitet seine eigenen, sehr persönlichen Wege auf der Suche nach einer Antwort auf die Frage: Was bedeutet die Farbe in meinem Leben?

Immer wieder kreuzt er dabei die Spuren eines anderen, der sich in derselben Landschaft bewegt hat. Dieser andere ist Goethe, auf den es zahlreiche Bezüge gibt, obwohl er andere Wege ging.

Wer mit Goethe übereinstimmt, findet, Goethe habe die *Natur* der Farbe richtig erkannt. Und Natur ist hier nicht, was aus Experimenten hervorgeht, sondern sie liegt im Begriff der Farbe. (I, 71)

Bei Wittgenstein geht es um die in sich existierende Ganzheit der Farbe, die sich kundtut in der Logik des Phänomens:

Wir wollen keine Theorie der Farben finden (weder eine physiologische noch eine psychologische), sondern die Logik der Farbbegriffe. Und diese leistet, was man sich oft mit Unrecht von einer Theorie erwartet hat. (I, 22)

Ansonsten nimmt er auf Philipp Otto Runge Rücksicht, den er aus der Abhandlung kennt, die Goethe in seine Farbenlehre integriert hat. Runge war tonangebend in der romantischen Schule und steht im Zentrum bei der Entwicklung des Farbenverständnisses in der Malerei.

Zwei Fragen, um die Wittgensteins »Bemerkungen« häufig kreisen, betreffen die »Unbestimmtheit« und das »Doppelwesen« der Farbe. Das sind die Fragen, die zu den ersten Anfängen der Farbenlehre zurückführen können; sie stehen bei Goethe mit besonderem Nachdruck im Mittelpunkt. Wir beginnen mit der »Unbestimmtheit«:

Runge [...] sagt, es gebe durchsichtige und undurchsichtige Farben. Weiß sei eine undurchsichtige Farbe. Dies zeigt die Unbestimmtheit im Begriff der Farbe, oder auch der Farbgleichheit. (I, 17)

Runge führte die Idee eines Farbraums in Form einer »Farbenkugel« ein, auf der die Farben nach dem Prinzip der Komplementärfarben, Farbnuancen und dem gleichen »Abstand« geordnet sind. Auf der Farbenkugel ließ Runge die Farbbeispiele sich gegenseitig voneinander abgrenzen, während die modernen Ausgaben gerne wie ein »Farbenatlas« ausgeführt werden, d.h. wie ein Buch, in dem separate Farbproben auf ein und demselben Hintergrund gezeigt werden, entnommen und passend zu einem beliebigen Hintergrund ausgesucht werden können.

Aber was kann eigentlich mit »Blau« oder »durchsichtig« losgelöst von einem bildmäßigen Zusammenhang gemeint sein? Wie sieht Blau »für sich genommen« aus? Welche »Farbe« würde man sehen, wenn man rundherum von wolkenlosem Himmel umgeben wäre?

Wir sehen die Farben immer in einem bildmäßigen Zusammenhang, in einem charakteristischen Verhältnis zueinander, das z.B. durch »Farbton«, »Nuance« und »Helligkeit« bestimmt ist. Diese Merkmale machen die Farbe zu

Zum Ursprung der Idee der Farbe

Holtsmark, T. (1992), Vorträge der *Dresdener Farbtag*, Tech. Univ. Dresden. Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

Der älteste bekannte Versuch, die Idee der Farbe zu bestimmen, findet sich in dem platonischen Dialog *Menon*. Die Farbe wird dort in den einleitenden Abschnitten beiläufig, aber in einem bemerkenswerten Zusammenhang erwähnt. Auf die Frage Menons, ob die Tugend lehrbar sei, möchte nämlich Sokrates zunächst wissen, was denn Menon unter Tugend verstehe, wobei schnell deutlich wird, dass er zwar allerlei Vorstellungen von bestimmten Tugenden wie Tapferkeit, Besonnenheit usw. habe, aber keinen allgemeinen Begriff. Um ihn auf die Spur zu bringen, versucht Sokrates, seinen Blick auf einen Sinnesbereich zu lenken, der bei den Griechen besonders gepflegt wurde. Er vergleicht das Problem der Tugend mit demjenigen von Gestalt und deren Farbe, und er fordert Menon auf, sich Rechenschaft davon zu geben, was er unter der letzteren verstehe.

Was ist nun also das, was du diesem Namen ›Gestalt‹ beilegst? Versuche es zu beschreiben. Wenn du nun dem, der so fragt, sei es nun über die Gestalt oder über die Farbe, sagtest: »Ich verstehe gar nicht einmal was du willst, lieber Mensch, noch weiß ich was du meinst«: so würde er sich vielleicht wundern und sagen: »Verstehst du nicht, dass ich das suche, was in allen diesen dasselbe ist?« Oder wüßtest du es auch hierin nicht anzugeben, wenn dich jemand fragte, was doch im Runden und Geraden und dem übrigen, was du Gestalt nennst, in allem dasselbe ist? Versuche es anzugeben, damit du darin auch eine Übung hast für die Antwort über die Tugend. (Platon, 14)

Von der alltäglichen Sprache her hat Menon schon ein dumpfes Gefühl für Begriffe. Er spricht ja von »Tapferkeit«, »Besonnenheit«, »gerade«, »krumm« usw. Jetzt beginnt er, sich dessen bewusst zu werden, und bei dieser Bewusstseinsgeburt springt Sokrates, seinem Berufe als »Hebamme« gemäß, ein, indem er an die ästhetische Urteilskraft Menons appelliert und ihn auffor-

dert, sich darin zu üben, die Tugend als eine Art Farbe der Persönlichkeit sich vorzustellen.

Neuere Forschungen meinen nachweisen zu können, dass sich das Erlebnis der Farbe als äußeres Aussehen aus einer mehr lebensvollen Qualität entwickelt habe. Erwähnt seien hier die Arbeiten von Helmut Gipper über den Weg des Sanskritwortes »Purpur«, wo solche Inhalte wie »glitzernd«, »schnell bewegt«, »sich verwandelnd« als ursprüngliche Bedeutungen erwogen werden (Gipper 1964). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Eleanor Irwin in Bezug auf die Farbwörter der frühen griechischen Poesie (Irwin 1974). Es sei hier das Wort »chloros« erwähnt, das als Bild für sprießendes, feuchtes organisches Leben auftritt, und woraus allmählich ein abstraktes Wort für das bestimmte Aussehen, das wir »grün« nennen, sich abgesetzt habe. Dieselbe Verfasserin weist auch darauf hin, dass die Sinnesqualitäten ursprünglich nicht so gesondert wie heute erlebt wurden, sondern dass sie mehr ineinander hinüber flossen, wobei auch Sprachlaute als sichtbare Gestalten erlebt wurden. Eine wohlgestaltete Sprache wurde als ein Liliengewächs gepriesen etc.

Von Platon und Demokrit stammen zwei antagonistische Auffassungen der Farbe als Sinnesqualität. Die Darstellungen Platons sind in seinem kosmologisch-anthropologischen Dialog *Timaios* vollständig bewahrt, während die Anschauungen Demokrits nur fragmentarisch und meistens durch Hinweise anderer Autoren überliefert sind.

Die Farbe als Seherlebnis entsteht nach Platon in dem durchsichtigen Medium, teils ausserhalb, teils innerhalb des Auges (*Timaios*, 67C-68D; Gaiser 1965). In beiden Fällen erscheint die Farbe innerhalb einer Polarität, bzw. zwischen Weiß (Leukon) und Schwarz (Mélan) durch einen Licht-Schattenprozess einerseits, zwischen reinem Glanz (Stilbon) und Rot (Erytron) andererseits. In dem ersten Falle geht es darum, ob der Blick (Opsis) auf einen Widerstand stößt, oder nicht. Im ersten Falle entsteht die Empfindung von Weiß, im zweiten diejenige von Schwarz. Hier tritt Schwarz auf als eine Art Eigenempfindung der Sehkraft selber. Die atomistische Mischung von Schwarz und Weiß schafft Grau (Phaion), und damit ist die Skala geschaffen, durch welche Licht und Schatten dem räumlichen Körper eine Gestalt geben.

Mit einer Anspielung auf die farbige Erscheinung der untergehenden Sonne leitete Platon das Rot von der Verbindung des Lichtes mit der durchsichtigen

Zur Phänomenologie der prismatischen Erscheinungen

Holtsmark, T. (1992), *Math.-Phys. Korrespondenz*, Nr. 164: 8-22, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

Die Erscheinungen der Kantenspektren, sowie der »gewöhnlichen« und »umgekehrten« Hauptspektren werden den Lesern dieser Mitteilungen in groben Zügen bekannt sein. Goethe hat die Phänomenologie dieser Erscheinungen gefördert, indem er die Hauptspektren aus der Wechselwirkung der beiden Kantenspektren ableitete (Goethe 1982, Didaktischer Teil). Er bemerkte, dass die beiden Kantenspektren auf »dem Punkte höchster gegenseitiger Deckung« (was ja nicht völlige Deckung heißen kann) je nach den Randbedingungen zwei Bunttonübergänge hervorbringen, die er so charakterisiert (III, S. 159, § 244):

Gelbrot	Blau
Grün	Purpur
Blaurot	Gelb ¹

Die schrittweise Ableitung der »Hauptspektren«² aus den Kantenspektren hat Goethe in den Kapiteln XIV: *Bedingungen, unter welchen die Farbener-scheinung zunimmt* (§§ 209-217) und XVI: *Abnahme der farbigen Erscheinung* (§§ 243-247) gezeigt. In dem letzteren verfolgt er die Entstehung rückwärts und kommt da zunächst auf eine mittlere Stufe:

Gelbrot	Blau
Gelb	Blaurot
Grün	Purpur
Blau	Gelbrot
Blaurot	Gelb

¹Heute wird oft (und teilweise in dem Folgenden) das gemeinte Blaurot als Violett, das Gelbrot als Rot, das Blau als Cyan, das Purpur als Magenta bezeichnet.

²Im Folgenden werden sie als das »gewöhnliche« bzw. »umgekehrte« Spektrum bezeichnet.

Wer das Experiment wiederholt, wird bemerken, dass das Grün auf dieser Stufe einen gelblicheren, das Purpur einen bläulichen Ton hat als auf der optimalen Stufe. Nach Goethe seien diese Erscheinungen aber

nicht als ursprüngliche, stetig sich auseinander entwickelnde, stufen- und skalenartige Reihen anzusehen, sie können und müssen vielmehr in ihre Elemente zerlegt werden, wobei man denn ihre Natur und Eigenschaft besser kennen lernt. (III, S. 160, § 245)

Er will sie also in einem allgemeinen Sinn aus ersten Elementen ableiten, die er beim Rückgang auf die erste Stufe so beschreibt (ebd., § 246):

Gelbrot	Blau
Gelb	Blaurot
Weißes	Schwarzes
Blau	Gelbrot
Blaurot	Gelb

Dies ist eine der wenigen Stellen, wo Goethe über Weiß und Schwarz als elementare Farben spricht, und es ist für die innere Logik der goetheschen Darstellung symptomatisch, dass die Elemente als solche erst in der rückläufigen Entwicklung (von den Hauptspektren zu den Kantenspektren) genannt werden. Elemente kommen im Allgemeinen durch Aufteilung zum Vorschein. Sonst werden zwar Weiß und Schwarz von Goethe bei seinem Aufbau des Farbkreises kaum einbezogen. Goethes Farbkreis, aus reinen Bunttönen aufgebaut, hat scheinbar nur Glanzcharakter, wird aber in zwei Stufen entwickelt, zunächst aus zwei elementaren Bunttönen, Gelb und Blau, die Licht und Finsternis »am nächsten stehen« (s. Einleitung zum Didaktischen Teil). Zwei Elemente genügen aber nicht, um einen topologischen Ring zu bestimmen, und Goethe postuliert auf einer zweiten Stufe Purpur als die Synthese von gesteigertem Gelbrot und Blaurot. Entscheidend war hier seine Einsicht in dem Zustandekommen des prismatischen Purpur in dem umgekehrten Spektrum. Die französische Farbenforscherin Ellen Marx meint überhaupt, dass Goethe der *Entdecker* von Purpur sei.³ Das ist ein beachtenswerter Gedanke, denn meistens wird übersehen, dass jede Farbe ihre eigene Entdeckungsgeschichte hat.

³Persönliche Mitteilung

Farbenlehre zwischen Vergangenheit und Zukunft

Holtmark, T. (1994), *Maleren*, 87, Nr. 9: 17-23. Übersetzung aus dem Norwegischen von Dagmar Mißfeldt, gefördert von NORLA, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers

So wie sich in den Formationen der Erdoberfläche die Entwicklungsgeschichte der Erde widerspiegelt, haben sich in unsere Sprache die Spuren der Entwicklungsgeschichte der Farbempfindung eingegraben. Die Farbenlehre sollte darum nicht losgelöst von der Kulturgeschichte betrachtet werden: sie befindet sich in ständiger Veränderung. Jede neue Arbeit über die Farbenlehre stellt ein neues Kapitel in ihrer Geschichte dar. Eine Farbenlehre, die sich selbst als abgeschlossen betrachtet, kann nur bedeuten, dass die Kultur zum Stillstand gekommen ist. Da die Zeit jedoch nicht aufhört zu vergehen, bedeutet dieser Stillstand, dass die Kultur im Rückschritt begriffen ist. Es liegt daher in der Natur der Sache, dass die Geschichte der Farbenlehre zugleich eine Darstellung ihrer Entwicklungsperioden und Höhepunkte, aber auch ihrer Phasen des Stillstands und des Rückschritts einschließt.

Der praktische Umgang der Menschen mit Farben hatte lange vor Entstehen der ersten Farbtheorien seine ästhetischen und nutzungstechnischen Höhepunkte erreicht. Vor fünftausend Jahren stellten Töpfer in Mittelasien in ihren scheinbar einfachen Öfen keramische Glasuren her, in deren Kopieren wir heute all unser technisches Wissen investieren. In den Höhlen der Pyrenäen gedieh vor zehntausend Jahren eine Bildtechnik, die auf der Basis von Lehm und Ochsenblut Bilder schuf, die nach wie vor durch ihre Frische und Farbintensität bestechen, und deren ausdrucksvolle Wiedergabe des Motivs unsere Bewunderung, aber auch Fragen hervorruft. Warum fand die reichste Bildentfaltung in den tiefsten Höhlen statt? Vor welchem sprachlichen Hintergrund entstand diese Bildkultur? Außer diesen stummen Zeugen einer hohen Farbkultur können mündliche und schriftliche Überlieferungen in Form von Mythen und früher Dichtung eine Ahnung von einer Farbempfindung

vermitteln. An diese frühe Farbempfindung müssen wir uns u. a. mit Hilfe der Spuren herantasten, die sie in unserer heutigen Sprache hinterlassen hat.

Wer hat je von einer falben Kuh gehört?

Die Farbempfindung hat ihre historischen Wurzeln in einer ganzheitlichen Empfindung von Dingen und Vorgängen in der Natur und im Menschenleben. Man verfügte damals nicht über unsere abstrakten und selektiven Bezeichnungen für die reinen Farbtöne »Blau«, »Grün«, usw. losgelöst vom lebendigen Angesicht der Dinge. Ein Gesichtsausdruck ist schließlich eine Synthese aus zahlreichen Bildelementen, wechselnden Farbnuancen und der Textur der Haut, der Augenfarbe, des Blicks usw. Daher umfasste die frühe Farbempfindung eine Vielzahl von Elementen, zu denen auch Stofflichkeit und »Glanz« gehören. Es ist kein Zufall, dass sich in unseren Bezeichnungen für Haut und organische Oberflächen eine Spur dieser ganzheitlichen Empfindung vom »Angesicht« der Dinge wiederfindet. In einem modernen Farbenatlas sucht man zum Beispiel vergeblich nach der Farbe »blond«, ganz einfach weil sie nur als Haarfarbe von Bedeutung ist. In anderen Zusammenhängen ist das Wort sinnlos. Ebenso wird »falb« nur für Pferde verwendet. Wer hat je von einer falben Kuh gehört? Aber Kühe können bunt gescheckt sein, und damit meinen wir einen ganzheitlichen Eindruck, den wir durch einen Abstraktionsprozess in einzelne Farbtöne auflösen können. Alle Farbwörter gehen auf solche ganzheitlichen Eindrücke zurück. Folglich stammt »Lila« vom persischen Wort für Flieder ab, der bereits ein ganzes Spektrum an Eigenschaften einschließt. Erst durch den Abstraktionsprozess ist »Lila« zu einem bestimmten ungesättigten Farbton geworden. Da die erste Farbempfindung ganzheitlich war, war sie auch nicht scharf von anderen Sinnesqualitäten abgegrenzt, wie zum Beispiel dem Klang. In unserer heutigen Sprache finden sich Spuren davon wieder, zum Beispiel wenn wir von der »hellen« Stimme des Soprans und der »dunklen« des Basses sprechen. In der frühen griechischen Dichtung wird die Göttin für ihre »weiße Lilienstimme« gepriesen, und man meint, diesem Bild liege die Madonnen-Lilie (*Lilium candidum*) und die Weiße Narzisse zu Grunde. In den wohlgesetzten Worten der Göttin vereinen sich die weiße Reinheit und die elegante, starke Form. Eine solche Idealstimme ist also »hell« gewesen, was in Übereinstimmung mit der Vorliebe der Griechen für helle Klänge steht.

Plato and Goethe on the Science of Colour

Holtsmark, T. (1998): *Colour between Art and Science, Oslo International Colour Conference*, Oslo National College of Art And Design, Editor Knut Blomstroem, pp. 162-177

In his great cosmological dialogue *Timaeus* Plato has left an outline of a science of colour. It is not the only time Plato discusses the concept of colour, in fact the phenomenon of colour is a recurring example in Plato's philosophical explorations, but this is the only time he aims at a complete system of colours. Although he does not explicitly mention other theoretical schools of his days he seems to include certain contemporary theories in a remodelled form which is compatible with his theory of true knowledge. The theory of Democritus, in which the act of vision is reduced to the passive reception of certain stereometric atomic forms, is replaced by a theory of colour sensations being determined by the relations between the parts of the rays from the object and those of the rays from the eye. The theory of Empedokles in which the incoming flux is filtered by appropriate pores in the eye, was replaced by the idea of light making its way through the eye, transforming it into a transparent liquid body.

With his determination of colour sensations as relations between two kinds of light, namely subjective and objective light respectively, Plato demonstrates his method of *diaeresis*, which means dividing the idea into its subideas. »Idea« in this context should not be mistaken for »abstract concept«. The idea of light is indivisible. The subideas represent mutually complementary aspects of the idea itself. In the same way as the idea comprises the subideas, the subidea comprises things of the same kind, i.e. things having the same *eidos*. The subideas are also referred to as the elements (*stoicheia* = letters) of the phenomenal world. Dividing the idea of colour corresponds with what we would call reducing the phenomenon of colour to its primary attributes. The various colours appear as particular configurations of these attributes.

A famous case of *diaeresis* is the doctrine of even (*artion*) and odd (*periton*), which stems from Pythagoras. Today it is usually associated with the nature of numbers, but number should here be taken in a wide sense, as carriers of the harmony of the world as a whole. In a historical perspective the invention of the subideas of even and odd may be considered as the primary cell of conceptual, i.e. exact science. Not surprisingly the translation varies from one language to the other. Seemingly the English »even/odd«, the German »gerade/ungerade« and the Norwegian »like/ulike« have no common roots. The Greek *artion*, which means dividing in two equal parts, is synonymous with *apeiron*, which means *unbounded* i.e. *infinite*. Apparently Pythagoras must have experienced a great intuition: between two arbitrary things of our world there must exist some specific likeness and some specific unlikeness as well. If that were not the case, we should not be able to recognise them, and talk meaningful about them as two different things belonging to the same world. Two sounding strings may be like in that they are sounding with the same pitch. Things may be like in so far as they may indistinguishable for the eye. They belong to one and the same colour. Walking over a field covered with flowering dandelions our eye meets again and again with the same colour. The dandelions are like strings sounding with the same pitch. At the same time we recognise everywhere one and the same ›dandelion‹, the ›idea‹ of dandelion. With our thinking we perform the same thing as with our eyes: particular things are referred to more comprising ones.

A closer look at the method of *diaeresis* as Plato did practise it in various scientific projects, reveals a main feature: The act of *diaeresis* creates a group of three subideas, which constitute the primary elements of one particular branch of science. For instance, the triple of even, odd and the unit (*monon*) constitute the elements of the science of numbers (*arithmetiké*). These elements are not numbers themselves, they do only represent aspects of numbers. Since the unit does not represent a multitude it was not considered a number. Being ›both even and odd‹ it reminds us of the undivided idea itself.

In *Philebus* Plato has outlined two other sciences - those of language (*grammatiké*) and music (*musiké*) respectively. Both of them throw some light upon the path (*methodos*) from the infinite idea to the systems of finite, particular things.

The Window of the Earth – Atmospheric optics and the color space

Holtsmark, T., written in 1990, first publication here

The main parts of an optical instrument are an aperture and a medium with appropriate physical properties. The atmosphere and the shadow silhouette of the earth therefore can be considered as a huge optical instrument for a complete set of optical processes, such as absorption, reflection, refraction, dispersion, diffraction, polarization, scattering etc. On the other hand, it also has the main property of a musical instrument, namely that of scattering energy through resonance processes.

As a window of the earth the atmosphere is determined by a set of physical-chemical properties, which are fundamental for the ecological stability of nature. The transparent part is determined by the weak absorption in the visible region. It is bounded on one side by the absorption of UV-radiation from the sun, in a tiny amount of ozone with high absorptivity, on the other side by the absorption of IR-radiation from the earth, mainly in huge amounts of vapour with low absorptivity. So there is a remarkable asymmetry in the natural atmospheric processes which are contributing to the ecological stability in nature. The physical optics of the atmosphere has grown a hot ecological issue which we shall not enter into here. In a historical perspective the modern view of the atmosphere has replaced the old view of the heavenly space as a stage for heavenly inhabitants, which were pictured in different ways, often making music on string and wind instruments. Such pictures are as old as culture itself, and a closer look at our modern ideas may reveal some of their roots in these old pictures.

In the visible region the atmosphere acts as a complex half-transparent screen, through which, or on which we are witnessing a continual transition of bodies in all stages of genesis. There we see the starry sky with its constellations of shapes, the visible part of which consisting of luminous points

only, the rest being left over to our imagination. The sun is possibly nature's most variable phenomenon, combining luminosity, color and the highly variable shape of a disc. In the more or less luminous, colored widths of the sky a complete scale of achromatic shapes, from the faintest traces to huge three-dimensional structures are dissolving as quickly as they crystallize.

The interplay of visible bodies never comes to an end, nor does it repeat itself. It is like an infinite series of sonatas, each of them consisting of the same number of movements being built over the same theme: the coming and going of a shape. Each sonata is performed only once.

The elements of a visible shape appears to be luminosity, color, black and white. From a technical point of view this means that with these three elements every visible shape can be reproduced. These elements constitute their own lawfulness, represented partly by the color circle, in a wider sense, by the color space. But every visible shape has its individual genesis, resulting from an individual performance. It has its own lawfulness, which cannot be derived from the laws of the color space, as little as any musical form can be derived from the harmonics of vibrating strings.

So we are dealing with three layers of lawfulness: the layer of physical laws, the layer of color transitions within the color space, and the layer of the lawfulness of the individual performed shape in space. From the standpoint of pure physics, the individual shape is invisible, it vanishes into chaos. From the standpoint of the visible shape the physical processes are invisible. This complementarity between what we see through the window, and the window itself, the hinges, the pane etc. is often overlooked.

Since the days of Galileo (1564-1642) it has grown a commonplace that the »book of nature« is written with mathematical letters. But reading means more than combining letters. To become able to read a book, one must learn the letters, but during reading one has to forget about them. Reading a book is a listening, in the same way as a trained person can listen to music by reading a printed partiture. Galileo's analogy with a book fails insofar as we do not start our relations with nature by learning its letters. We start with listening to nature's performances. Afterwards we arrive at the letters. Galileo's discovery of the letters had a long history consisting of man's listening to the performances of nature. So with Galileo himself too. By walking around,

Das Licht, das Auge und die Identität der Farbe

Holtmark, T., geschrieben im Jahr 2002, hier erstmals veröffentlicht.¹ Übersetzung aus dem Norwegischen von Dagmar Mißfeldt, gefördert von NORLA.

Ausgangspunkte der Wissenschaft

Jeder Einzelwissenschaft liegt die Identifikation mit ihrem Objekt zu Grunde. Der Akt der Identifikation ist ein doppelter Akt, indem er einerseits bedeutet, dass uns »plötzlich etwas ins Auge fällt« und andererseits, dass wir dem Entdeckten einen Namen geben. Über Faraday, der ein Genie war, wird in Bezug darauf, dass uns »plötzlich etwas ins Auge fällt«, erzählt, dass er so etwas wie elterliche Verantwortung empfand, dem Kind einen *richtigen*, einem der unmittelbaren Lebenserfahrung entnommenen Namen zu geben. So soll auf den Rat eines Griechischphilologen hin das Wort »Ion« entstanden sein, was »Reisender« bedeutet.

Die kulturhistorische Dimension des doppelten Identifikationsaktes können wir darin ahnen, dass das jüdische und das griechische Volk jeweils eine Seite dieses Doppelaktes wahrnahmen. Davon zeugt einerseits die überraschende Passage in der *Genesis*, in welcher der Schöpfer die Mannigfaltigkeit der Schöpfungen den ersten Menschen (selbst ein Teil der Schöpfung) zeigt, um jeder einzelnen von ihnen einen Namen zu geben. Die Schöpfung wird somit dargestellt, als liege sie in einem Zustand unbeachteter Anonymität vor,

¹Im Lauf der Jahre bin ich, wie so viele von uns, wiederholt Kristoffer Gjøtterud (1931 - 2001, norwegischer Physiker, Universität Oslo) begegnet. Unsere Gespräche kreisten um Fragen, die im Folgenden behandelt werden. – Kurz vor Kristoffer Gjøtteruds Tod trafen wir uns ein paar Mal unter ruhigeren Umständen, als Kristoffer zwar geschwächt, geistig aber vollkommen auf der Höhe war. Da hatten wir Gelegenheit, uns ausführlicher in Fragen zu vertiefen, mit denen wir uns schon jahrelang beschäftigt hatten. Wir freuten uns auf weitere Gespräche. Dazu kam es nicht mehr. Nicht zuletzt auf Kristoffer Gjøtteruds Anregung hin versuche ich im Folgenden, ein paar Aspekte unseres letzten Gesprächs zu entwickeln.

nur bemerkt vom Schöpfer selbst, bis zu dem Augenblick, da der Mensch die Vollmacht erhält, die Schöpfungen zu benennen. Es wird auch der Eindruck vermittelt, als sei der Schöpfer auf das Ergebnis gespannt. Indem die Anonymität der Schöpfung gebrochen wird, ist ein Moment der Unberechenbarkeit in der Welt entstanden.

Gott, der Herr, formte aus dem Ackerboden alle Tiere des Feldes und alle Vögel des Himmels und führte sie dem Menschen zu, um zu sehen, wie er sie benennen würde. Und wie der Mensch jedes lebendige Wesen benannte, so sollte es heißen. (Genesis 2, 19)

Andererseits sind die Spuren der griechischen Altertumskultur als ein Komplex aus Kunst und Wissen ein Zeugnis dafür, was es bedeutet, wenn »etwas ins Auge fällt«. Symptomatisch für diese Zeit ist das griechische Wort »idea«, das in unterschiedlichen Varianten vorkommt und anzeigt, dass etwas gesehen wird. Dort hat auch unser Wort »identifizieren« seine Wurzel. (*idein* = charakteristisches Aussehen, *ideo/video* = ich sehe). Häufig kommt der Ausdruck in der Bedeutung »wiedererkennen« vor. Die Idee der Rose ist das, was wir von Rose zu Rose wiedererkennen. Von Platon (427 - 347 v. Chr.) stammt das Verständnis des Identifikationsakts als einem Komplex von Wiedererkennen und Vergessen, und die Annahme liegt nahe, dass der Ausdruck »das Meer des Vergessenen« von ihm stammt.

Bei Platons Schüler Aristoteles kommt das Wort »Idee« eigentlich nur als ein Ausdruck für ein Verständnis vor, von dem er sich abgrenzt. Was Platon die allgemeine Idee der Sache nennt, die gleichsam über der Sache schwebt, wird von Aristoteles in die Sache als allgemeine Möglichkeit transformiert (*dynamis* = Möglichkeit/Kraft), die ihr latent innewohnt. Wenn wir sagen, Pfeffer »brennt« auf der Zunge, haben wir durch den Geschmackssinn die Wärme als eine allgemeine Möglichkeit in einer ihrer zahllosen Verkleidungen identifiziert. Als »Synästhesien« stellen solche Analogien zwischen den Sinnesqualitäten einen verbindenden Kitt in unserer Alltagssprache dar (»warme Farben«, »dunkle Töne«, »süßes Lächeln«). Eine zusammenhängende Wirklichkeitsbeschreibung ohne das vermittelnde Element der Synästhesien können wir uns nicht vorstellen.

Von seinem Standpunkt aus hat Platon mehrmals die Frage vom Weg zu den identifizierbaren Grundelementen der Dinge, ihren Ideen behandelt. Er