

Physik im Spiegel der Kunst aufgezeigt an ausgewählten Gemälden

H. Joachim Schlichting, Volkhard Nordmeier Universität GH Essen

*Wissenschaft ist Spektralanalyse.
Kunst ist Lichtsynthese.*
Karl Kraus

Physik und Kunst

Bei dem Bemühen, die Wirklichkeit abzubilden, kommt es sowohl in der Kunst als auch in der Physik darauf an, die Komplexität der Welt auf ein wie auch immer handhabbares Maß zu reduzieren. Das heißt jedoch nicht, daß die Welt, die Natur, die Wirklichkeit so wahrgenommen wird, wie sie an und für sich ist, und nur nachgeahmt werden müsse. Die Wahrnehmung selbst muß innerhalb des jeweiligen kulturellen Kontextes gelernt werden [1] und ist so gesehen selbst ein Produkt des Bildes der Welt, des Weltbildes. Die Welt unter physikalischer oder künstlerischer Perspektive zu sehen, ist das Ergebnis eines mehr oder weniger langwierigen Sozialisationsprozesses. Als maßgebliche kulturelle Aktivitäten tragen schließlich umgekehrt sowohl die Kunst als auch die Physik auf je spezifische Weise zur Ausbildung des Weltbildes der Menschen eines Kulturkreises bei. Es lassen sich vielfältige Wechselwirkungen auf unterschiedlichen Ebenen beobachten.

Bei genauer Betrachtung von Gemälden lassen sich zahlreiche physikalische Aspekte ausmachen. Nur einige seien genannt:

- Künstlerische Verarbeitung physikalischer Errungenschaften (z.B. die Entdeckungen Newtons),
- Darstellung von durch die naturwissenschaftliche Technik hervorgebrachten Geräten (z.B. Fernrohr, Elektrisiermaschine, Vakuumpumpe),
- Bildliche Verarbeitung von naturwissenschaftlichen Vorstellungen und dessen Einfluß auf das Weltbild,
- Darstellung von Naturphänomenen (Regenbogen, Sonnenuntergang, Nebensonnen),
- Darstellung von Naturkatastrophen,
- Darstellung von Bewegungen und anderen nichtstatischen Phänomenen (Schall, Bewegung)
- Darstellung von physikalischen, insbesondere optischen Effekten (Farbe, Glanz, Reflexe),
- Künstlerisches Spiel mit Naturgesetzen und realen Gegebenheiten,
- Physikalische Untersuchungsgegenstände und Prozesse als künstlerische Objekte [2].
- Physikalische Technik in der Kunst (Altersbestimmung, Restaurierungstechniken u.ä.)

Im folgenden sollen einige Beispiele der zuletzt genannten drei Punkte dargestellt und illustriert werden. Wir gehen davon aus, daß die Entdeckung physikalischer Aspekte in den Gemälden nicht nur geeignet ist, den physikalischen Blick zu schärfen und damit physikalische Kenntnisse in ungewöhnlichen Zusammenhängen anwenden zu lernen, sondern auch zu einer vertieften Wahrnehmung der Kunstwerke beiträgt. Umgekehrt können physikalische Kenntnisse auch zu einer Bereicherung der Wahrnehmung von Gemälden führen.

Physikalische Aspekte ausgewählter Bilder

Bewegung

Der Einfluß der Kunst auf unsere Wahrnehmung kommt beispielsweise in Comics zum Ausdruck, in denen Striche und Mehrfachdarstellungen Bewegungen verschiedener Art suggerieren (Bild 1). Letztere verdanken sich aber ihrerseits der fotografischen Mehrfachbelichtung eines bewegten Objektes, in der einzelne Bewegungsphasen gewissermaßen eingefroren werden. Diese zur Konvention des Sehens geronnene Erfindung verdankt sich einer fotografischen Technik zur Charakterisierung eines Bewegungsablaufes.



Bild 2: *Dynamismus eines Hundes an der Leine* von Giacomo Balla.



Bild 1: Darstellung einer schnellen Bewegung aus einem Comic-strip

Sie geht daher letztlich aus der physikalischen Optik hervor (Bild 2), auch wenn man die ihr zugrunde liegenden mühseligen und langwierigen Prozesse der Begriffs- und Theoriebildung (Lichtstrahlkonzept, geradlinige Ausbreitung des Lichtes) nicht mehr ansieht.

Perspektive

Die darin zum Ausdruck kommende Wechselwirkung von Kunst und Physik läßt sich eindrucksvoll an der Bedeutung der Zentralperspektive nachvollziehen, die während der Renaissance die Kunst dominierte. Sie führte im Wechselspiel mit der physikalischen Optik schließlich zur Erfindung der Kamera.



Bild 4: *Der Zeichner der Laute* von Albrecht Dürer. Der Maler bedient sich eines gespannten Fadens, um die Laute naturgetreu zeichnen zu können.



Bild 3: In diesem *Wasserfall* von Mauritz C. Escher stimmt etwas nicht.

Es ist müßig, der Frage nachzugehen, ob die entscheidenden Impulse von der physikalische Optik oder der Kunst ausgingen, das Konzept der wie ein gespannter Faden sich ausbreitenden Lichtstrahlen spielte hier wie dort eine wichtige Rolle.

In der Kunst benutzte Albrecht Dürer den gespannten Faden bei der maßstabsgerechten Abbildung eines Gegenstandes (Bild 4). In der Physik machte sich Kepler eine Fadenkonstruktion u.a. zur Erklärung von Sonnentälern zunutze [3]. Es sollte jedoch nicht übersehen werden, daß das Konzept der Perspektive im Grunde eine optische Täuschung darstellt, mit der reale dreidimensionale Objekte "täuschend echt" in einem zweidimensionalen Bild untergebracht werden.

Diese Täuschung ist in der Malerei wiederholt ausgenutzt worden, um die Realitätswahrnehmung der Menschen zu narren. Ein bekanntes Beispiel ist der Wasserfall von Mauritz Escher (Bild 3), das sich auf den ersten Blick und ausschnittsweise als perspektivisch korrekt erweist. Bei genauerer Betrachtung jedoch zeigt sich ein Verstoß gegen die Erfahrung der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile.

Licht und Schatten

Eine ähnlich fundamentale Rolle wie die Perspektive spielt der Schatten als Mittel einer realistischen Darstellung in der Kunst. Der Schatten von Gegenständen ist uns in der Regel so vertraut, daß sein Fehlen nicht nur



Bild 5: Auf diesem Gemälde von Picasso erkennt man die plastische Wirkung von Schattierungen.



Bild 6: Ereignisse werfen ihren Schatten voraus, wie hier auf einem Gemälde von William Collins.

den Realitätsgehalt einzuschränken, sondern uns auch zu täuschen vermag. Ein Kreis wird zu einer Kugel, wenn man ihn geeignet schattiert (Bild 5). Deswegen sieht die Sonne oder eine Milchglaslampe aus einiger Entfernung wie eine flache Scheibe aus. Manchmal verraten Schatten das Original, bevor es auf der Bildfläche erscheint (Bild 6).



Bild 10: Betrachtet man diesen Ausschnitt aus René Magrittes *Pyrenäenschloß* überkopf, so wechseln Wellentäler mit Wellenbergen.

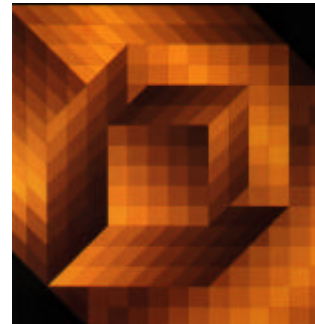


Bild 7: Auf diesem Bild von Vasarély klappen die Ansichten beim Betrachten von selbst um.



Bild 8: Gemälde von Georg Friedrich Kersting. Der Schatten des Stuhles verliert sich in zunehmender Entfernung.



Bild 9: *Die Lesende* von Claude Monet mit Sonnentälern auf dem Kleid.

Ebenso wie die konkave Formgebung hängt auch die konvexe maßgeblich von der Verteilung von Licht und Schatten ab. Das kann beispielsweise dadurch festgestellt werden, daß man Bilder von plastischen Objekten, wie etwa die Wellen in Bild 10, betrachtet, indem man das Bild auf den Kopf stellt. Wellentäler

klappen in Wellenberge um und umgekehrt. Die vorherrschende Richtung des Lichteinfalls hat unsere Wahrnehmung in dieser Hinsicht geprägt. Dieses Umklappen räumlich gemalter Gebilde erinnert an ein anderes Umklappphänomen. Wenn die räumliche Darstellung nicht eindeutig in konvexer oder konkaver Hinsicht gesehen werden kann, kommt es zu irritierenden Wechselansichten, die oft von den Künstlern bewußt hervorgerufen werden (Bild 7).



Bild 12: *Der Alchemist* von Carl Spitzweg blickt auf einen Rundkolben mit Reflexen.



Bild 11: *Die Parkettzieher* von Gustave Caillebotte. Der gebohlte Fußboden hat von seinem grünlichen Glanz verloren.



Bild 13: *Impression: Sonnenaufgang* von Claude Monet mit Schwert der Sonne.

Schatten sind oft nur sehr schemenhaft angedeutet. Sie erscheinen scharf in der Nähe der Projektionsfläche und werden um so unschärfer, je weiter diese entfernt ist (Bild 8). In sehr großer Entfernung, also bei fast horizontaler Beleuchtung ist der Schatten kaum noch zu sehen, kleinere Schattengeber werden kreisrund oder oval.

Dahinter verbirgt sich ein physikalisches Phänomen, das die Wissenschaftler viele Jahrhunderte beschäftigt hat, und das erst von Kepler umfassend gelöst wurde [4]: Bei einer ausgedehnten Lichtquelle wie der Sonne verliert sich der Kernschatten mit zunehmender Entfernung, weil der unverdeckte Teil der Sonne immer größer und der Kernschatten immer kleiner wird. In der Natur lassen sich zahlreiche Phänomene beobachten, die auf diesem Effekt beruhen. Am auffälligsten sind wohl die Sonnentaler, durch beliebig geformte Öffnungen im Blätterdach von Bäumen hervorgerufene kreisrunde bzw. elliptische Lichtflecken auf dem Boden. Auf zahlreichen Gemälden insbesondere der Impressionisten, lassen sie sich auffinden (Bild 9).



Bild 16: *Bar in den Folies Bergères* von Édouard Manet. Was stimmt hier nicht mit den Gesetzen der Optik überein?



Bild 14: *Die verbotene Reproduktion* von René Magritte.



Bild 15: *Goldfische* von Henri Matisse. Wieviele sind im Glas?

Auch in der Physik spielen Schatten eine besondere Rolle. Zahlreiche Kenntnisse von Raum und Zeit erlangte man durch die wissenschaftliche Auswertung von Schatten. Man denke nur an die Sonnenuhr, an die erste Vermessung des Erdumfangs durch Erasthostenes und vieles andere mehr [5].

Neben dem Schatten spielen auch besondere Lichteffekte bei der bildlichen Darstellung von Gegenständen eine wichtige Rolle. Man denke etwa an den Glanz u.ä. Reflexionsphänomene. Durchsichtige Glasgefäße nimmt man überhaupt erst durch Reflexionen beispielsweise der lichtpendenden Fenster wahr, die in typischer Weise verzerrt auf Vorder- und Rückseite des Gefäßes auftreten und die Form des Gefäßes zu erkennen geben (Bild 12). Glanz tritt auch auf Metall- und glatten Holzoberflächen auf. Wenn wie in Bild 11 die Licht reflektierende Schicht abgehobelt wird, verschwindet der für das Material unspezifische Glanz und gibt durch diffuse Reflexion (Streuung) die Eigenfarbe des Holzes zu erkennen. Doch warum glänzt der ungehobelte Fußboden grünlich? (siehe unten). Das Glanzphänomen ist mit einem vertrauten Naturphänomen verwandt, das als Schwert der Sonne oder Lichtstraße (Bild 13) auf leicht welligen Wasseroberflächen zu beobachten ist [6].

Der einfachste und bekannteste Spezialfall der Reflexion ist die originalgetreue Wiedergabe von Gegenständen an ebenen Spiegelflächen. Für Kinder ist es eine irritierende Entdeckung, wenn sie die dabei auftretende Spie-

gelverkehrung zum ersten Mal wahrnehmen. Künstler haben es im Unterschied zu Physikern in der Hand, die Naturgesetze spielerisch und planvoll zu übertreten und auf diese Weise auf Dinge aufmerksam zu machen, die man übersieht, weil man sich an ihren Anblick gewöhnt hat. Realistisch wie ein Foto gemalt hat Magritte (Bild 14) die Spiegelung so ins Bild gesetzt, wie sie ohne Vertauschung aussehen müßte. Es ist physikalisch interessant, sich zu überlegen, wie die Lichtstrahlen verlaufen müßten, um eine derartige Spiegelung zu bewirken. Manchmal greift der Künstler so behutsam ins Naturgeschehen ein, daß man es auf den ersten Blick gar nicht merkt. Man muß schon etwas von Optik verstehen, um zu erkennen, daß in Bild 16 das Spiegelbild des Rückens der Bardame nach rechts verschoben erscheint, obwohl der Betrachter ihr direkt gegenüber steht wie der Mann, dessen Spiegelbild ebenfalls zu erkennen ist.

Auch Lichtbrechungen lassen sich auf Gemälden entdecken. Oft handelt es sich um das von einem wassergefüllten Glasbehälter fokussierte Licht einer Kerze im Schattenbereich des Behälters oder um optische Verschiebungen von Gegenständen, die etwa durch eine gefüllte Weinflasche hindurch wahrgenommen werden. Manchmal hat man Effekte, wie in Bild 15 die durch Brechung verschoben wahrzunehmender Rückenansicht der Fische, die auf dem Gemälde irritierender erscheinen als in der Wirklichkeit, weil man sich bei Betrachtung des Bildes nicht durch Änderung der Blickrichtung davon überzeugen kann, daß hier keine weiteren Fische im Spiel sind.

Farbe und Schatten

Glanz, d.h. der direkte Reflex der den glänzenden Gegenstand beleuchtenden Lichtquelle, erscheint in der Farbe des Lichtes. Meistens ist der Glanz gleißend weiß, weil das Sonnenlicht auf vielfältige Weise in die Augen reflektiert wird, wie etwa beim Schwert der Sonne. Der Glanz des Fußbodens in Bild 11 ist jedoch grünlich,



Bild 17: Auf diesem Gemälde von Cezanne haben die Fenster unterschiedliche Farben



Bild 18: *Der Moorgraben* von Heinrich Vogeler wird zum Horizont hin heller.



Bild 19: *Die Jockeys vor den Tribünen* von Edgar Degas haben bläuliche Schatten.

weil in das direkte Licht, das durch das Fenster einfällt, indirektes von den grünlichen Wänden mit hineingemischt wird. Die Wände sind also auch als Lichtquelle in die Betrachtung mit einzubeziehen. Wo das direkte weiße Licht von außen dominiert, ist der Glanz fast weiß.

Fensterscheiben reflektieren das Licht nahezu wie ein ebener Spiegel (siehe jedoch [7]). Man wird geblendet, wenn das reflektierte Sonnenlicht in die Augen trifft. Manchmal erscheint das Fenster in blauem Licht, manchmal ist es schwarz (Bild 17). Schwarz ist es dann, wenn es geöffnet ist und so gut wie kein Licht wieder aus dem Zimmer herauskommt. Es erscheint hingegen blau, wenn der blaue Himmel reflektiert wird. Ein zum Horizont laufendes Gewässer mit unbewegter Wasseroberfläche reflektiert ebenfalls den blauen Himmel (Bild 18). Es fällt auf, daß die Intensität des Blaus zum Horizont hin abnimmt. Stellt man das Reflexionsgesetz in Rechnung, so kommt darin zum Ausdruck, daß der Zenit ein intensiveres Blau ausstrahlt als die tiefer liegenden Partien des Himmels. In der Tat sind die höheren Himmelspartien aus verschiedenen physikalischen Gründen meist intensiver blau als die tieferen Partien. Dieser Befund scheint im Widerspruch zu stehen zu der Beobachtung, daß Gebirgszüge um so blauer erscheinen, je weiter sie entfernt sind. Doch in diesem Fall ist das Bemerkenswerte, daß die Berge überhaupt in Blau übergehen und ihre eigene Farbe verlieren. Das Blau der Berge ist jedoch verglichen mit dem Himmelblau in größeren Höhen sehr viel heller. Das Himmelblau spielt auch dort eine Rolle, wo das Sonnenlicht nicht hinkommt, im Schatten von Gegenständen (Bild 19). Dies wird oft übersehen, weil Schatten meist als farblos dunkel angesehen werden. Die Maler lassen sich in solchen Fällen nicht so leicht durch ihr Vorwissen täuschen. Lediglich bei Schneelandschaften und tiefstehender Sonne fällt oft auch dem ungeübten Beobachter die Blaufärbung des Schnees auf. Dieser Effekt ist deshalb so deutlich,

weil der Schnee selbst im gelblichen Licht der tiefstehenden Sonne gelbliches Licht reflektiert. Weil wir wissen, daß Schnee weiß ist, nimmt unser Gehirn eine Blauverschiebung vor: Gelb wird weiß und weiß bzw. weiß-bläulich wird bläulich bzw. intensiver blau.



Bild 21: *Die Elster* von Claude Monet. Der bei tiefstehender Sonne gelbliche Schnee nimmt im Schattenbereich eine bläuliche Färbung an

Bild 20: Gabriele Münter entdeckt im Schatten der *Allee im Park v. St. Cloud* viele Farben.

Ein ähnliches Phänomen macht sich zuweilen in einem Zimmer mit gefärbten Fensterscheiben bemerkbar. Wir sehen die weiße Tapete als weiß an, weil wir wissen, daß sie weiß ist, und müssen in Kauf nehmen, daß der weiße Bildschirm unseres Computers rötlich erscheint.

Die blauen Schatten auf den Gemälden machen uns auf einen wichtigen Punkt aufmerksam. Nicht nur die Sonne ist eine Lichtquelle, sondern auch die farbigen Gegenstände, die vom auffallenden Sonnenlicht nur die ihrer Farbe entsprechenden Lichtfrequenzen ausstrahlen. Die Schattenbereiche sind daher für das sensible Malerauge keine nichtssagenden Dunkelbereiche, sondern ein "Fest der Farben". Das Grün der Blätter, das Braun der Baumstämme, das Gelb des Sandes dominieren dort, wo das Weiß der Sonne nicht hinkommt (Bild 20).

Kunstgenuß aus physikalischer Perspektive

Diese kleine Auswahl "physikhaltiger" Gemälde zeigt, daß ungewöhnlich erscheinende Effekte auf den Bildern nicht immer Ausdruck der künstlerischen Freiheit des Malers sein muß, sondern im Gegenteil auf seine sorgfältige Beobachtung und deren bewußten gestalterischen Umsetzung im Bild schließen läßt. Betrachtet man Gemälde aus der Perspektive der Physik, so offenbaren sich häufig überraschende Aspekte, die einerseits den physikalischen Blick schärfen, andererseits zu einer vertieften Wahrnehmung des Kunstwerkes führen und zu einem zusätzlichen Kunstgenuß werden können.

Literatur

- [1] Schlichting, H. Joachim: Wie sehen die Naturwissenschaftler heute die Welt, und welche Folgerungen ergeben sich daraus für die schulische Bildung? Landesinstitut für Erziehung und Unterricht (Hrsg.): Forum Realschule 1995. Naturwissenschaftlicher Unterricht. Materialien RS 9, S. 14 - 34.
- [2] Stürzbecher, Volkhard: Experimente zur Gestaltbildung durch Selbstorganisation. In: Didaktik der Physik. Vorträge. Jena: DPG 1996, S. 69
- [3] Kepler, Johannes: *Ad Vitellionem paralipomena* (1604). Übersetzt als: "J. Keplers Grundlagen der geometrischen Optik", von F. Plehn. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1922, S. 14.
- [4] Schlichting, H. Joachim: Sonnentaler fallen nicht vom Himmel. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 48/4, 199 - 207 (1995).
- [5] Schlichting, H. Joachim, Backhaus, Udo: Zur astronomischen Bedeutung von Schatten. In: W. Kuhn (Hrsg.): *Vorträge der Frühjahrstagung 1987 der DPG*. Berlin 1987, S. 305
- [6] Schlichting, H. Joachim: Das Schwert der Sonne- Alltägliche Reflexionen im Lichte eines einfachen optischen Phänomens. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* (im Druck)
- [7] Schlichting, H. Joachim, Nordmeier, Volkhard: Alltägliche Reflexionen. *Physik in der Schule* 35/11, 399-401 (1997)