

Werner Große

Der Raum, die Zeit und das Licht

online verfügbar seit:
12. Februar 2007

Erstveröffentlichung:
Große, Werner: Der Raum, die Zeit und das Licht. In:
Photon 1.0. Abri Galerie und Verlag Aginmar (Hrsg.),
Braunschweig 2007, S. 6-25 (ISBN 978-3-940204-00-4).

<mailto:werner.grosse@iwf.de>

http://www.iwf.de/pub/wiss/2007_wg_raum_zeit_licht.pdf

Ver. 1.0 vom 2007-02-12

Der Raum, die Zeit und das Licht Wie wir uns ein Bild von dieser Welt machen

S. 1 **Camera obscura**

(vom Höhlenmenschen zum Realismus der Aufklärung)

S. 2 **Laterna magica**

(von der Zauberlaterne zum Beamer)

S. 3 **Photographie**

(vom Unikat zum Massenmedium)

S. 4 **Stereographie**

(von Großvaters Aktfoto zur 3D-Virtualität)

S. 6 **Phasenbilder**

(von Bewegungsphasen zur Kinematographie)

S. 7 **Film** (von den Lumieres zur Video-DVD)

S. 8 **Weltbild**

(das Raum-Zeit-Kontinuum als 4D-Bild)

Camera obscura

Blätter und Blüten, aber auch Gesichter wenden sich zum Licht: Flächen, die sich breit machen, um Wärme und Energie der Sonne zu empfangen.

Doch irgendwann buchtet sich eine lichtempfindliche Fläche zufällig ein, schließt sich höhlenartig beinahe ab und verzichtet auf das flutende Angebot der Wärme. In diese dunkle Kammer tritt Licht nur noch durch die enge Pforte dieser letzten Öffnung. Aus jeder Richtung findet nur ein schmaler Strahl hindurch - der dazu parallele Nachbar wird abgewiesen. Doch dieser eine Strahl trägt sein bisschen Helligkeit genau an eine Stelle auf die gegenüber liegende Wand der Kammer und wird dort empfangen. Daneben trifft ein Strahl aus anderer Richtung ein mit der lichten Botschaft seiner Herkunft. So entsteht Strahl um Strahl und Punkt um Punkt ein schwaches, aber scharfes Bild der Welt da draußen. Das Auge ohne Linse ist erfunden.

Und weiter der Evolution folgend, die ja zufällige Änderungen an Einzelobjekten nur dann als dauerhafte Veränderung bestätigt, wenn sie nicht von Nachteil sind, hat ein solches Urauge irgendwann wohl zufällig ein durchsichtiges Häutchen über sein Eingangsloch gespannt. Dieses Häutchen verschlechterte nicht nur nicht die optischen Qualität, sondern hielt zunächst Schmutz von der lichtempfindlichen Rückwand fern und wurde dann Stufe um Stufe zur Licht verstärkenden und die Abbildung schärfenden Linse, indem es an den richtigen Stellen wiederum zufällig sich verdickte.

Diese Phylogenese unseres Auges¹ dauerte mit allen Zufälligkeiten und Notwendigkeiten wohl zigmillionen Jahre - ihr technischer Nachbau dann nur noch eintausend Jahre. Bereits Aristoteles war klar, dass z. B. die helle Rückwand eines Zimmers ein unscharfes Abbild der Szenerie vor dem Fenster birgt. Verkleinert man die Fensteröffnung, wird das Bild schärfer, aber fatalerweise auch dunkler. Daher der Name Camera obscura (=dunkle Kammer) für einen Raum, der durch eine kleine Öffnung gerade so viel Licht einläßt, dass auf der Rückwand ein für unser Auge eben noch erkennbares Bild entsteht.

Das Phänomen müsste eigentlich allgegenwärtig sein, halten wir uns doch seit wir Höhlen bewohnen täglich in Räumen mit Lochöffnungen auf. Leider ist die Empfindlichkeit unserer Augen aber so eingestellt, dass für uns diese Bilder gerade dann zu dunkel werden, wenn sie durch die Einengung des Loches hinreichend scharf würden. Oder doch zu unserem Glück? Man stelle sich vor, wir würden all die Bilder sehen, die sich permanent durch jedes Schlüsselloch und durch jeden Schlitz in der Jalousie in unsere Schlafzimmer stehlen. Da ist es schon gut, dass die Evolution Augen mit allzu hoher Empfindlichkeit als nachteilig ausgesondert hat.

Der Schutz vor einer unentwegten Überflutung unserer Sinne unterdrückt also auch das u. U. ganz attraktive Schauspiel permanenter Projektionen. Andererseits strebt der Mensch seit Evas Apfelsünde nach Erkenntnis der Welt weit über das sinnlich Wahrnehmbare hinaus. Doch erst im 17. Jahrhundert beginnt die gezielte Erweiterung unserer Sinne durch Forschung und Entwicklung. Galileis Fernrohr stürzte nicht nur ein tausendjähriges Weltbild, sondern läutete zugleich die Entwicklung der modernen Naturwissenschaften und der Technik ein, das über Aufklärung und Industrialisierung zu dem führt, was wir heute Informationszeitalter nennen.

Durchbrachen Teleskop und Mikroskop mit ihren Linsensystemen im 17. Jahrhundert endgültig die engen Grenzen der anthropozentrischen Weltsicht des Mittelalters, so half die Camera obscura diese neue Sicht einzufangen. Entsprechend durch Linsen aufgerüstet, wurde sie zu einem lichtstarken Instrument, das den Raum perspektivisch treu und detailliert auf die Fläche projizierte. Von hier ausgehend konnten Künstler, Architekten und Naturforscher zunächst

¹ Es ist unter Evolutionsbiologen nach wie vor umstritten wie das Auge entstanden ist, ob etwa über einen einzigen Entwicklungsstrang oder viele parallele.

durch Nachzeichnen realistische Graphien herstellen, die Realität wurde manifest und die Epoche des Realismus erblühte.

Der Mensch verfügte jetzt also über ein artifizielles Auge, das – dem natürlichen Auge sozusagen vorgeschaltet – ein reelles, zwar flüchtiges, jedoch bewegtes Zwischenbild auf einer Mattscheibe auffing. Dieses Bild entsteht von selbst und gleicht dem Bild, das unser Auge an unser Gehirn meldet. Es liegt außerhalb des menschlichen Körpers, ist damit selbst Teil der beobachtbaren Wirklichkeit und kann von mehreren Menschen gleichzeitig gesehen werden. Den Zeitgenossen des Barock mag es nicht sonderlich bewußt geworden sein, aber damit war praktisch die Tür zu einem objektiven Weltbild aufgestoßen.

Bis das flüchtige Bild aber zu einer Entität im Sinne eines besitzbaren Gegenstandes wurde, war es noch weit. Wollte man das Bild aufbewahren, war man zunächst auf die subjektive, durch Menschenhand geleistete Nachzeichnung angewiesen, Photographie und Kinematographie ließen lange auf sich warten.

Laterna Magica

Das Prinzip der Camera obscura ist also einfach: Innen dunkel und außen hell, dazwischen ein winziges Loch (mit Linse kann's auch etwas größer sein) für den optisch richtigen Weg der Lichtstrahlen.

Dreht man das Prinzip herum, also macht es innen hell und außen dunkel, kann man Bilder durch das Loch hinaus projizieren und der Welt zeigen, was man im Kasten hat. Der deutsche Universalgelehrte und Jesuit Athanasius Kircher hat um 1670 als einer der ersten solche Geräte gebaut und die Bezeichnung *Lucernamagica* oder Zauberalaterne dafür geprägt. Über zwei Jahrhunderte warfen die Zauberalaternen in immer besserer Qualität Bilder auf Leinwände in Hörsälen, Theatern und Wohnzimmern.

Natürlich hatte Kircher die Projektionskunst als solche nicht erfunden. Schattenspiele gab es in China lange zuvor. Und die Zeichen an der Wand, die der babylonische König Belsazer laut Altem Testament während eines Saufgelages erlebend sah, waren zwar sein „Menetekel“, aber vielleicht doch nicht so direkt von Gottes Hand geschrieben, wie der Prophet Daniel im Kapitel 5.24/25 behauptet.

Jeder Schuljunge erfindet irgendwann die Technik, das Sonnenlicht über einen Handspiegel als

hellen Fleck an die Wand zu zaubern. Und wenn man etwas auf den Spiegel – schlauerweise in Spiegelschrift – schreibt, so steht es in dem hellen Fleck als dunkle Zeichen deutlich zu lesen. Spätestens mit Beginn der Renaissance war diese Technik der Textprojektion weit verbreitet.

Kirchers Verdienst ist es, die bis dahin entwickelte Bildwerfertechnik in einen handlichen Kasten zu packen und damit den Urtyp aller Projektionsapparate vom Epidiaskop über den Dia- und Filmprojektor bis zum Beamer geschaffen zu haben. Die *Laterna magica*, wie der Apparat inzwischen allgemein genannt wird, ist in ihrer Bedeutung für die Entwicklung der Medien jedoch häufig unterschätzt.

So wie die Camera obscura das Bild der Welt in miniature einfangen konnte, so gelang es mit der *Laterna magica*, Ideen und geistige Bilder zu visualisieren. Auf der Grundlage von Malerei, Lithographie, Theater und Literatur markiert sie den Beginn dessen, was man heute Multimedia und Multivision nennt. Kaum ein Genre, das von ihr nicht bedient wurde, ob belehrender Vortrag, Bühnenspektakel oder Märchen. Wer sich heute einmal dem Genuss einer der seltenen professionellen *Laterna magica* Vorführungen hingibt, kann sich kaum dem Zauber dieser vergangenen Welt entziehen: Überblendungen über mehrere Projektoren, Uhrwerk getriebene Bewegbilder, Geisterspiegelungen in Realszenen, Rückprojektionen auf Gaze und Nebel – es gibt kaum einen medialen Effekt, der im 18. Jahrhundert nicht vorgeführt worden wäre.

Gutenberg machte das Buch zum Massenmedium, das jeder lesen und besitzen konnte. Kircher machte das Bild zum Gemeinschaftserlebnis, an dem jeder teilnehmen konnte. Sein Projektionsapparat füllte nicht nur Säle mit Menschen, die gemeinsam lachten und weinten, sondern wurde im Laufe der Zeit zum Konsumartikel. So schrieb der Engländer John Scott in einem Werbeblatt 1791: „I have imported large quantities of lanterns from Germany. With printed instruction for their use, by which any Lady and Gentleman may perform“. In viktorianischer wie wilhelminischer Zeit verfügte der bürgerliche Haushalt im Kinderzimmer neben Schaukelpferd in der Regel auch über eine Spielzeuglaterne mit Bildergeschichten.

Photographie

Am 8.12.1827 schreibt der Franzose Nicéphore Niépce an die Royal Society in London, er verfüge über eine „Methode, das Bild von Gegen-

ständen durch Wirkung des Lichts festzuhalten und mit Hilfe der aus der Kunst des Gravierens bekannten Prozesse durch den Druck zu reproduzieren“. Er selbst nennt die Methode Helio-graphie, die Nachwelt spricht ihm einen großen Anteil an der Erfindung der Photographie zu.

Als deren eigentliche Erfinder gelten jedoch Louis Daguerre (Daguerreotypie) und Fox Talbot (Positiv-Negativ-Verfahren), weil sie eine photochemische Reaktion nutzen, während Niépce trocknet und ätzt. Das Ereignis wird in den Geschichtsbüchern mit der Jahreszahl 1839 belegt.

Die „wahre“ Geschichte der Photographie ist in so vielen Büchern beschrieben, dass wir ihr kein weiteres Kapitel hinzufügen müssen. Die vielfältigen Darstellungen und nicht zuletzt die auch gerichtlich ausgetragenen Kämpfe um Prioritäten lassen ahnen, dass es sich dabei auch gar nicht um eine einzelne Erfindung handelt, sondern eher um die Entwicklung eines Verfahrens - und zwar eines chemischen. Nach diesem Verfahren hatten Alchemisten lange gesucht und frühe Chemiker hatten es nun gefunden. Ihre Rezepturen wimmeln von Silbersalzen, Quecksilberdämpfen und Jodlösungen. Schnell wurde das Photo vom Unikat auf Metall zu einem beliebig vervielfältigbaren Massenmedium. Die photorealistische Sicht wurde populär und übernahm die Leitfunktion bei der Entstehung des neuen Weltbilds.

Welche Energie steckt dahinter? Der graphische (*gráphein* = schreiben) Teil des *photographischen* Verfahrens ist der chemische. Indem sich Stoffe dauerhaft wandeln, wird das Bild der Camera obscura aufgenommen und fixiert. Der photoni-sche (*photos* = Licht) Teil des *photographischen* Verfahrens schien durch die inzwischen ausgefeilte Optik bereits erledigt, hatte man doch das Prinzip verstanden, wonach man Licht beugen, brechen und reflektieren – sprich manipulieren – kann.

Und doch weist Niépce mit der Formulierung „durch Wirkung des Lichts“ auf etwas hin, das damals wohl noch nicht richtig verstanden wurde, aber bis heute das zentrale Element der Photographie ausmacht. Was bewirkt Licht?

Kann man eine Lichtmaschine bauen? Kann Licht einen Motor, ein Segel, ein Mühlrad treiben? Hat Licht Energie? Dass wir darauf heute ein „ja natürlich!“ antworten, weil wir alle die kleinen Lichtmühlen kennen, die in einem Glas- kolben eingeschweißt sich selbst bei Kerzen- schein noch drehen, ist überheblich. Wissen wir denn, warum die sich drehen?

Die Antwort finden wir erst bei Einstein. Dass Licht eine Welle ist, der wir Bildinformationen durch Modulation ihrer Frequenz und ihrer Amplitude aufprägen können, war bekannt. Aber erst Einstein fand, dass Licht gleichwohl eine Quantenstruktur in Form von Photonen hat, die als kleine Geschosse daherkommen und beim Auftreffen Wirkung erzielen, und dass das für das Verständnis aller Photoeffekte von essentieller Bedeutung ist. In der Photozelle zum Beispiel schlagen diese Photonen Elektronen frei, was mit der Wellenstruktur alleine nicht erklärbar ist. Und so gibt es heute Kameras mit elektronischen Chips und ohne Photochemie.

Was also einst als die Definition der Photographie schlechthin galt, nämlich die chemische Aufzeichnung optischer Zustände, erweist sich als zu eng. Es geht ganz allgemein um die Wirkung des Lichtes und mit dem Begriff Wirkung wurde eine Tür aufgestoßen, die weit in die Zukunft der Informationsgesellschaft führt. Doch davon später, wenn Elektronik und Photonik sich mit der Digitalisierung von Informationen paaren.

Stereographie

Legt man einen Finger an die Nasenspitze – tun Sie es ruhig einmal – und kneift abwechselnd ein Auge zu, merkt man erst, wie verschieden die beiden Bilder sind, die unsere Augen aufnehmen. Mal ist der Finger links, mal rechts zu sehen. Ein Daumen am vorgestreckten Arm springt beim gleichen Versuch hin und her. Zwei Daumen nahe nebeneinander gehalten und mit beiden Augen betrachtet, erzeugen das Trugbild eines dritten in ihrer Mitte, wenn der Blick sich entspannt und in die Ferne schweift.

Wenn der Renaissance Maler sein Motiv durch ein Drahtgitter Rasterpunkt für Rasterpunkt anvisierte, um ein perspektivisch treues Bild zeichnen zu können, öffnete auch er lediglich ein Auge und immer dasselbe - hätte er doch sonst zwei ungleiche Perspektiven erhalten.

Ein Falke überschaut mit seinen seitlich sitzenden Augen fast alles, was vor, neben und sogar hinter ihm los ist. Die Augen der Eule stehen eng und schränken das Gesichtsfeld so stark ein, dass der arme Vogel permanent den Kopf verdrehen muss. Dafür sieht er alles doppelt in vielerlei Bedeutung, also auch heller und schärfer.

Wir Menschen haben einen Augenabstand von ca. 6 Zentimetern, überblicken ohne Kopf- oder Augenbewegung alles was vor uns ist, wobei

sich die beiden – perspektivisch verschiedenen - Bilder zum größten Teil überlappen. In diesem Bereich von ca. 110 Grad sehen wir räumlich oder „stereo“.

Wer im Laufe der Evolution derartige Sehfähigkeiten entwickelte, war manchmal im Vorteil. Vor allem, wenn sein Lebensraum in der Tiefe gestaffelt war, wie der unserer Urahnen, die sich durch ein Gewirr von Zweigen von Baum zu Baum bewegten. Voraussetzung jedoch waren erstens zwei Augen, die den kleinen Unterschied der leicht unterschiedlichen Perspektiven exakt abbildeten, und zweitens ein Gehirn, das die Differenz dieser von den Augen gelieferten Bilder nicht einfach als Unschärfe, sondern als Raum interpretierte.

Die Fähigkeit unseres Gehirns, aus zwei flachen Bildern ein Raumbild zu konstruieren, ist bewundernswert und sicher eine der größten kognitiven Errungenschaften. Es ist nicht die einzige Technik der Raumwahrnehmung. Schärfentiefe, Größen- und Farbgradienten und nicht zuletzt die Eindrücke der anderen Sinne bieten weitere Hinweise auf Entfernungen. Doch das mit den „zwei Bildern, die zu einem werden“ ist schon ein starkes Stück unserer Neuronen, vielleicht stärker als bisher in den Medien genutzt.

In der bildenden Kunst mussten Malerei und Graphik lange auf diesen Effekt verzichten, weil es handwerklich nahezu unmöglich ist, Zwillingsgemälde zu schaffen, die sich in ihrer perspektivischen Darstellung nur durch den Augenabstand unterscheiden. Erst die Photographie lieferte die Möglichkeit.

Tatsächlich erlebte die Stereophotographie ab Mitte des 19. Jahrhunderts einen kurzen, aber heftigen Boom. Kaum einer unserer Ururgroßväter, der nicht einen Karton unter seinem Bett gehabt hätte mit jenen heimlichen Bildern, die nackte Damen gleich zweimal zeigen: eine Aufnahme für das linke Auge und eine für das rechte. Wenn Großväterchen ein Paar solcher Stereoaufnahmen in einen stereoskopischen Betrachter steckte, sah er, o Wunder, das Objekt seiner Begierde in all seinen weiblichen Rundungen. Kein Rubens in Öl hatte ihm je diese Körperlichkeit geboten (*stereo=körperlich*).

Der Boom hielt an, bis schließlich der Film ihn abflauen ließ. Warum der Film? Wir werden sehen, dass auch die zeitliche Folge von Bildern einen Stereoeffekt hervorrufen kann – und was das schon wieder mit Einstein zu tun hat. Doch zuvor muss das Phasenbild erfunden werden.

Phasenbilder

Unsere Welt ist in Bewegung – die Bilder jedoch stehen still. Ob Ölgemälde, Zeichnung oder Photographie, nichts bewegt sich. Gewiss kann man Geschwindigkeit graphisch indirekt darstellen durch Bewegungsunschärfen, Staubwölkchen hinter eilenden Fersen, Wiederholungen und Verformungen. Immer aber ist die Information über eine Bewegung im räumlichen Nebeneinander und nie im zeitlichen Nacheinander kodiert.

Bereits Höhlenmaler haben Pferde im Galopp dargestellt, indem sie etwa die Hufe oder auch das ganze Tiere mehrfach in verschiedenen Bewegungsphasen nebeneinander setzten. Die Trajanssäule in Rom erzählt auf einem spiralförmigen Band die Geschichte der erfolgreichen Feldzüge. Und Comicstrips sind dynamisierte Cartoons mit Phasen der Story und mit allen bekannten graphischen Tricks fürs Tempo.

Wer aber beispielsweise auch nur den Trab eines Pferdes genau darstellen will, wird bald einsehen, dass sein unbewaffnetes Auge nicht gut genug ist, die entscheidenden Phasen zu erkennen. So, wie wir ohne Lupe die kleinen Dinge nicht auflösen können, versagt unser Sehvermögen bei höheren Geschwindigkeiten. Tatsächlich ist beim Trab, wie wir heute wissen, mindestens ein Huf immer auf der Erde, aber sicher sehen kann man das nicht.

Als in den 1870er Jahren das mit dem Pferde-trab noch eine Hypothese war, versuchte der kalifornische Photograph Eadweard Muybridge, genau diese Frage mithilfe der Photographie zu lösen. Er schachtelte die fraglichen Momente durch Serienaufnahmen in immer kürzere Zeitintervalle ein. Hierfür benutzte er eine Reihe von Photokameras, die nacheinander und mittels quer über die Bahn gespannter Schnüre durch die Pferdebeine von selbst ausgelöst wurden. Heute würde man dieses Verfahren als „event-gesteuert“ bezeichnen.

Das Ergebnis waren jedenfalls hunderte von Bildserien. Denn einmal erfunden, wandte Muybridge seine Methode auf Möwen, Katzen, Kamele, Kinder, Männer, Frauen (aus wissenschaftlichen Gründen fast immer nackt) und überhaupt auf alles an, was klettert und flüchtet. Seine Bildbände „Animals in Motion“ und „The Human Figure in Motion“ wurden zu Bibeln der Kinematographie (=Bewegungsaufzeichnung).

Andere – allen voran der französische Physiologe Étienne-Jules Marey – verfeinerten das Verfahren, indem sie es weiter automatisierten, minia-

turisierten und wiederum in ein handliches Gerät packten, das über die Entwicklungsschritte „Photographischer Revolver“, „Photographisches Gewehr“ und „Chronograph“ schließlich zur Filmkamera wurde. Das Streben war da noch auf die Bewegungsanalyse gerichtet und weniger auf die spätere Filmvorführung.

Halten wir deshalb kurz inne und betrachten eine solche Bildserie. Sie zerlegt eine kontinuierliche Bewegung in einzelne Phasen. „Phase“, d. i. laut Duden, eine „Stufe innerhalb einer stetig verlaufenden Entwicklung od. eines zeitlichen Ablaufs“. Somit haben Muybridge und seine Nachfolger nichts weniger angewandt als die „Digitalisierung von Abläufen hinsichtlich der Dimension Zeit“.

Sie verstehen nicht ganz, was das mit Digitalisierung zu tun hat? Da sind Sie nicht alleine. Nun, „digital“ hat weniger mit Zahlen und Computern zu tun, als allgemein angenommen wird. „Digital“ wird laut eben jenem Duden definiert als: „in Stufen erfolgend; in Einzelschritte aufgelöst“. Digitalisieren heisst, ein Kontinuum in diskrete, voneinander deutlich getrennte, Einzelgrößen konstanter Wertigkeit zu zerlegen.

Deshalb ist die Zerlegung eines in der Zeit kontinuierlichen Ablaufs in einzelne Photographien, die in der Zeit selbst konstant sind, eine Digitalisierung hinsichtlich der Zeit. So jedenfalls müsste man diese Methode aus heutiger Sicht und Terminologie beschreiben. Aus Sicht des ausgehenden 19. Jahrhunderts war es die harmlose Übernahme naturwissenschaftlicher Methoden in die Photographie, nämlich das Erstellen von Messreihen und deren Analyse.

So war die Kinematographie zunächst ein wissenschaftliches Instrument. Erst mit der öffentlichen Filmvorführung begannen künstlerische Elemente die Art und Weise der zeitlichen Abbildung zu gestalten.

Film

„Als die Bilder laufen lernten ...“ so beginnt das Märchen vom Film und sein historisches Datum lautet 1895. In jenem Jahr fanden fast zeitgleich in Berlin und Paris öffentliche Filmvorführungen statt. Noch lange danach stritten die Brüder Skladanowsky hier und die Brüder Lumière dort um den Ruhm, die ersten gewesen zu sein.

Wie auch immer die öffentliche Meinung darüber entschieden hat, es war der Beginn der unglaublichen Geschichte von Kino und Cinema. Aber „laufen“ lernten die Bilder, wenn überhaupt,

viel früher. So führte der Franzose Émile Reynaud bereits in den 1870er Jahren einem begeisterten Publikum selbstgemalte Zeichentrickfilme vor. Schon seit 1833 machte ein Gerät namens Wundertrommel oder Zootrop die Runde über Jahrmärkte und durch Wohnzimmer. Mit ihm konnte man Endlosschleifen von ein bis zwei Dutzend Phasenbildern „laufen“ lassen. Es ist unbekannt, wann zum ersten Mal ein Daumenkino im Einsatz war, und man fragt sich, warum nicht schon Caesar ähnliche Effekte bei Brot und Spielen einsetzte.

Warum sieht man kontinuierliche Bewegung, wenn einzelne Bilder nacheinander schnell vorgeführt werden? Die Standardantwort lautet: Weil unsere Augen zu träge sind, um die Bilder einzeln zu erkennen, verschwimmen sie zu einer Bewegung.

Wie träge unsere Augen sind, kann man leicht testen: Wackeln Sie bitte mit dem Zeigefinger schnell hin und her. Sie sehen ihren Finger links und gleichzeitig denselben Finger rechts, jeweils dort, wo er zum Stillstand kommt, um die Richtung zu wechseln. Im Raum dazwischen sehen sie obendrein ein halbtransparentes Band ihres breitgezogenen Fingers. Seltsamerweise erstaunt uns dieser Effekt kaum, obwohl wir ihn täglich irgendwo sehen und er etwas zeigt, was nicht ist.

Das ist der Nachbildeffekt. Tatsächlich meldet unser träges Auge einen Eindruck noch einige Zeit nach. Das ist mit Verlaub eine Schlamperei des Sehapparats und eigentlich hätte die gestrenge Evolution so etwas lange aus der Welt schaffen müssen. Wenn es nicht irgendwie doch von Vorteil wäre. Vielleicht für das Betrachten von Filmen? Weit gefehlt!

Die Trägheit des Auges hilft da leider nicht. Zwar ist das letzte Filmbild noch im Speicher der Netzhaut, wenn das nächste bereits einfällt. Aber das führt lediglich zu einer Überlagerung der beiden Bilder, nie zu einem Bewegungseindruck. Zeigt man zwei Bilder alternierend und schnell genug, sieht man beide gleichzeitig. In dem wunderschönen Spielzeug Thaumatrope (thauma=Wunder, trop=Drehung), bei dem man eine Pappscheibe mit zwei sich ergänzenden Teilbildern auf der Vor- und Rückseite in schnelle Rotation versetzt, wird dieser Effekt genutzt.

Nein, Bewegungssehen beruht auf einem anderen Effekt. Leider oder zum Glück verwirbeln wir manchmal Raum und Zeit und diese Verwirbelung heißt Stroboskopeffekt (strobos=Wirbel). Auch dieser Effekt ist allgegenwärtig, zeigt

ebenfalls etwas, das nicht ist, und dennoch wundern wir uns auch hierbei kaum. Drehen Sie eine Schraube langsam zwischen den Fingern und Sie sehen das Gewinde seitlich laufen. Aus einer Rotation wird eine Translation. Schauen Sie zum Zugfenster hinaus auf eine parallel verlaufende Stromleitung und Sie sehen den Draht auf- und absteigen. Was in Wirklichkeit räumlich und stationär durchhängt, bewegt sich scheinbar auf und ab.

Projizieren Sie einen Lichtpunkt alternierend an zwei verschiedene Stellen. Nicht so schnell, dass ihn der Nachbildeffekt an beiden Stellen gleichzeitig zeigt. Dann hüpfert der Lichtpunkt hin und her: Oh Wunder, er bewegt sich. Jetzt „läuft“ Ihr Bild! Das ist Kino! Lichterketten lassen ein Licht von Birne zu Birne springend um das Weihnachtsfenster „laufen“, doch in Wirklichkeit läuft nichts, auch nicht im Kino.

Wieder verstehen Sie nicht ganz? Und wieder sind Sie nicht alleine! Ich zum Beispiel brauche jedes Mal geistige Anläufe, um folgendes zu verstehen:

Angenommen, Sie fahren von Ihrer Heimatstadt nach Berlin und sehen dort auf der Straße eine Frau, die aussieht wie die Verkäuferin, bei der Sie gestern noch zu Hause Brötchen gekauft haben. Ihr Gehirn gerät sofort auf Hochtouren, weil Sie zwischen zwei Alternativen entscheiden müssen: Ist sie es oder ist sie es nicht? Ist sie es bei genauerer Betrachtung doch nicht, dann haben Sie sich geirrt und der Fall ist erledigt.

Aber wehe, sie ist es. Dann muss sich diese Verkäuferin auf einem kontinuierlichen Weg von Ihrer Heimatstadt nach Berlin bewegt haben. Sie haben als Grundlage für diese Feststellung zwar nur zwei diskrete visuelle Eindrücke: Einen gestern im Bäckerladen und einen heute in Berlin. Aber Sie sind gezwungen, sich die Lücke dazwischen irgendwie auszudenken. Auf irgendeinen Weg muss sich die Verkäuferin zwischen gestern und heute von zu Hause nach Berlin bewegt haben.

Dieser Zwang ist neurotisch, aber nützlich. Sehen wir zwei Objekte zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten und stellen dann fest, dass es sich um ein und dasselbe Objekt handelt, können wir nicht anders, als Bewegung zu denken. Das Objekt muss sich bewegt haben. Wenn Orte und Zeiten nicht weit auseinander liegen, sehen wir die Bewegung sogar. Wir überbrücken einfach visuell das kleine Raum-Zeit-Stück auf direktem Weg. Auch dann, wenn es sich gar nicht um dasselbe Objekt handelt, sondern nur um ein sehr ähnliches, wie bei Pha-

senbildern. Das ist Bewegungssehen im Film. Es beruht auf einer gigantischen Täuschung unserer Sinne.

Weltbild

„Die Welt ist digital“. Fast könnte man das glauben, angesichts ihrer so erfolgreichen digitalen Beschreibung durch Daten und Bilder. Ein Photo besteht heute aus Millionen von Pixeln (picture element=Bildelement), was einer Rasterung der Bildfläche in jeweils einige Tausend Zeilen und Spalten entspricht. Ein 90 Minuten langer Spielfilm enthält 135.000 einzelne Bilder, was sich durch die zeitlichen Rasterung von 25 Bildern pro Sekunde ergibt. Räumliche und zeitliche Rasterungen digitalisieren unser Weltbild. Der Vorteil: die Rasterelemente (Pixel im Bild und Einzelbilder im Film) sind abzählbar, man kann jedem eine Hausnummer erteilen, auf die man mit einem Computer zugreifen kann. Das macht unsere Bilder berechenbar und – zur Freude Vieler - manipulierbar.

Bilder können so in photorealistischer Qualität künstlich verändert oder gar erzeugt werden. Sie sehen dann aus, wie der Wirklichkeit entnommen. Manch ein vom radikalen Konstruktivismus befallener Zeitgenosse ist dem schon auf den Leim gegangen. Doch jedes dieser Bilder löst sich, unter die Lupe genommen, in Stufen konstanter Information auf. Dazwischen gähnt die öde Informationsleere. Nur bei oberflächlicher Betrachtung füllt sich diese Leere zu einem zusammenhängenden Konstrukt. Der Betrachter glättet die diskreten Stufen zu einer analogen Vorstellung. Er interpoliert gedanklich einzelne Messwerte durch zahllose Zwischenwerte. In der Regel ist das von der Wirklichkeit nicht weit entfernt, manchmal aber schon: Oder haben Sie noch nie rückwärtslaufende Kutschenräder in einem Western gesehen?

„Die Welt ist ein Raum-Zeit-Kontinuum“, sagt Einstein und die Quantentheorie hat an dieser Erkenntnis bisher wohl nichts Entscheidendes geändert. Der Unterschied zwischen „kontinuierlich“ und „gestuft“ – und das ist genau der Unterschied zwischen „analog“ und „digital“ – ist ungeheuerlich.

Es ist mathematisch gesehen der Unterschied zwischen abzählbar unendlich und überabzählbar unendlich. Die Begriffe stammen von Georg Cantor, der mit ihrer Hilfe das Kontinuum Ende des 19. Jahrhunderts als erster befriedigend beschrieb. Seither bekommen Schüler im zarten intellektuellen Alter von 10 bis 14 Jahren die

Idee einer kontinuierlichen Zahlengeraden untergeschoben, auf der die reellen Zahlen schön dicht nebeneinander liegen. Wenn sie dann in einem Koordinatensystem einige diskrete Werte eintragen, verbinden sie diese flugs und skrupellos mit einer durchgezogenen Kurve.

Es scheint, dass wir auch 100 Jahre nach Cantor das so definierte Kontinuum noch nicht ganz begriffen haben, obwohl wir es täglich denkend benutzen. Kein Wunder: Philosophen haben sich seit Anbeginn verzweifelt mit dieser Frage beschäftigt. Parmenides (um 500 v. Chr.) argumentierte, dass Bewegung schlechterdings nicht existiere und lediglich Sinnestäuschung sei. Sein Schüler Zenon (490-430 v. Chr.) ließ in seinem berühmten Paradoxon Achilles gegen die Schildkröte einen absurden Wettlauf austragen. Aristoteles (384-322 v. Chr.) formulierte als erster den Begriff Kontinuum, ohne ihn in den Griff zu bekommen. Cusanus (1401-1464) kämpfte mit der Frage, ob eine unendlich Reihe von Punkten eine Linie ergeben könnte. Erst mit Newton und Leibniz hebt sich langsam der Nebel über dem stetig fließenden Kontinuum.

Warum ist der Unterschied so wichtig? Weil einerseits unsere Perzeption stillschweigend von einer kontinuierlichen Natur auszugehen scheint und weil andererseits Information in Medien meist und in Computern generell in diskontinuierlicher Form gespeichert wird.

Es ist noch nicht restlos geklärt, was Raum und Zeit eigentlich sind – und schon garnicht, in welchem Verhältnis sie zueinander stehen. Zwar haben wir mit der auch sinnlich wahrgenommenen Geschwindigkeit eine Größe, die Raum und Zeit ins Verhältnis setzt und die mit der Lichtgeschwindigkeit ein absolutes Maß besitzt. Auch verfügen wir mit der Relativitätstheorie und der Quantentheorie über sehr erfolgreiche Modelle für die wahre Beschaffenheit der Natur, doch ist es bisher nicht gelungen, beide unter einen Hut zu bekommen.

Dennoch mag ich Sie zu einem Gedankenexperiment einladen: Ersetzen wir in dem Begriff Raum-Zeit-Kontinuum das Wort „Raum“ einmal durch „3D“ (sprich „3dimensionaler Raum“), so erhalten wir den Ausdruck „3D-Zeit-Kontinuum“.

Betrachten wir nun ein 2D-Zeit-Kontinuum indem wir ins Kino gehen. Tatsächlich erscheinen auf der Leinwand 2dimensionale, in der Fläche gerasterte Bilder, die mit 25 Bildern pro Sekunde zeitlich gerastert vorgeführt werden. Aus all dem konstruiert unsere Wahrnehmung ein 2D-Zeit-Kontinuum, d. h. wir sehen Veränderungen in der Fläche.

Doch jeder Kinobesucher wird bestätigen, dass er viel mehr zu sehen glaubt. Kaum fährt die Kamera nämlich in die Tiefe des Raums, sieht man auch die. Die dritte Raumdimension entfaltet sich in unseren Köpfen, auch wenn die Leinwand flach ist. Man kann wohl nicht genug daran erinnern, dass wir etwas anderes wahrnehmen als auf der Leinwand geschieht: dort gibt es keine Tiefe und eigentlich auch keine Bewegung!

Wenn man einen Streifen 35-mm-Film in seine Einzelbilder zerschneidet und diese dann aufeinanderstapelt, erhält man einen würfelförmigen Block aus transparentem Material, der in seinem Innern eine Fülle von Farbpigmenten enthält. So gesehen handelt es sich um ein fest stehendes 3D-Bild. Fährt man scheinbar durch den Block, wird er wieder zum Film, sprich zum 2D-Zeit-Erlebnis.

Man kann diesen Gedanken umkehren, indem man ein reales 3D-Objekt, etwa ein Stück Marmor, scheinbar aufschneidet und jedes Scheibchen fotografiert. Führt man diese Photos dann als Film vor, fährt man durch den Stein und erlebt seine 3D-Struktur als 2D-Zeit-Ereignis. Erweitert man diesen Gedanken um eine Raumdimension ergibt sich folgende Mutmaßung:

Die drei Raumdimensionen und die Zeit könnten stärker miteinander verwoben sein, als bisher gedacht. Vielleicht sind sie sogar gleichartig. Einsteins Raum-Zeit-Kontinuum ist ein vierdimensionaler Raum, den wir auf zwei Arten interpretieren können. Zum einen als dreidimensionalen Raum, der sich mit der Zeit verändert. Das entspricht unserer normalen sinnlichen Wahrnehmung. Oder als vierdimensionalen Raum ohne jede Zeit. Dann gäbe es keine Veränderung und Bewegung wäre nichts als sinnliche Illusion, wie schon Parmenides vermutete.

Wie dem auch sei. Für die Bilder, die wir uns von dieser Welt machen, scheint es noch viele unentdeckte technische wie gestalterische Möglichkeiten zu geben. Zwar sind interaktive virtuelle 3D-Spiele in photorealistischer Qualität im Kommen, aber eben auf flachen Bildschirmen. Einen realen 3D-Film, der Wirklichkeit entnommen und beispielsweise aus einer Folge von 360-Grad Rundum-Hologrammen bestehend, habe ich noch nicht gesehen.

Was aber tun wir, wenn es darum geht, höherdimensionale Strukturen darzustellen? Noch weigern wir uns kollektiv gegen ein solches Ansinnen mit dem Hinweis auf die Beschränktheit unserer Sinne oder gar unseres Gehirns. Doch

die Komplexität z. B. gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Abläufe sollte uns dazu zwingen. Die Analyse einer Wahl zum Bundestag, bei der es mehr als drei oder vier unabhängige Variablen gibt, nötigt uns eigentlich zu neuen Bildformen. Vielleicht müssen wir auch nur alte endlich nutzen. So hat der Franzose Henri Poincaré bereits vor über hundert Jahren eine Darstellungsform für komplexe dynamische Systeme gefunden, die damals nur mit Mühe, heute mit digitalen Techniken dagegen leicht zu realisieren ist. Wer einmal sogenannte Poincaré-Schnitte gesehen hat, wird nicht zuletzt von der inneren Ästhetik dieser anderen Weltsicht gefangen sein.