

Kim H. Veltman

Opening Keynote: Munich, Marstall Theater and Siemens Foundation, Inaugural Lecture: "Elektronische Medien, Die Wiedergeburt der Perspektive und die Fragmentierung der Perspektive": International Conference: *Illusion und Simulation*, Munich, March 1994.

Published as: "**Elektronische Medien, Die Wiedergeburt der Perspektive und die Fragmentierung der Perspektive**": *Illusion und Simulation*, ed. Stefan Iglhaut, Florian Rötzer, Elisabeth Schweeger, Munich: Cantz Verlag, 1995, pp. 26-48.

Einführung

In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts haben etliche berühmte Künstler die traditionellen räumlichen Techniken aufgegeben und mit neuen Kunstformen experimentiert: dem Kubismus, dem Expressionismus, dem abstrakten Expressionismus. Manche Kritiker waren der Auffassung, diese Experimente seien die Vorboten einer neuen Periode nichtgegenständlicher Kunst. So hat etwa Novotnyⁱ behauptet, die Zeit der wissenschaftlichen Perspektive sei mit Cezanne zu Ende gegangen. Und Arnasonⁱⁱ hat in seiner Standardgeschichte der modernen Kunst die Auffassung vertreten, daß die Perspektive Anfang des 20. Jahrhunderts dahingeshieden sei.ⁱⁱⁱ

Im Rückblick freilich wird deutlich, daß die nichtgegenständliche Kunst sich als Alternative zu den früheren Formen der Kunst etabliert, diese jedoch nicht ersetzt hat. Der Realismus ist nicht tot, er hat nur neue Formen angenommen und erscheint jetzt beispielsweise in Gestalt des Surrealismus, des Hyperrealismus und des Superrealismus.

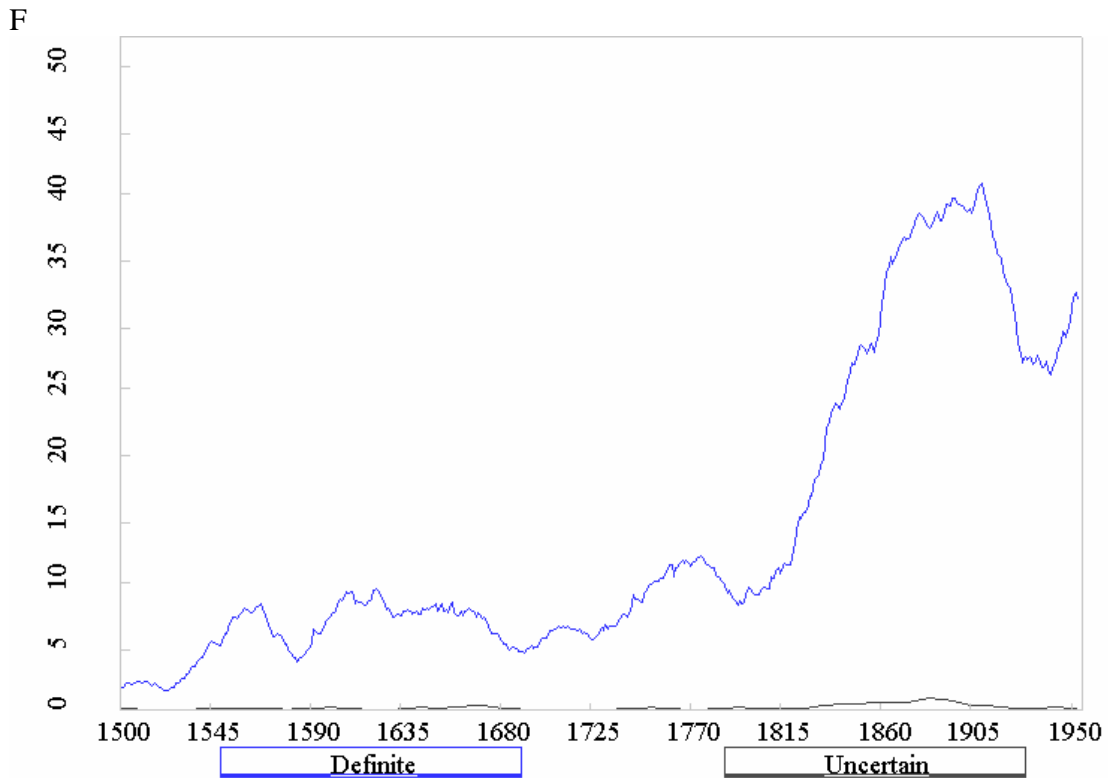


Abbildung 1. Kurve der Publikationen über die Perspektive von 1500 bis 1950.

Zwar ist die Zahl der Publikationen, die sich mit Fragen der Perspektive befassen, zwischen 1914 und 1945 - also zwischen den und während der beiden Weltkriege - stark zurückgegangen, seither jedoch sind immer mehr Bücher über die Perspektive erschienen. Tatsächlich sind zu diesem Thema in diesem Jahrhundert mehr Bücher erschienen als während des 15., 16. und 17. Jahrhunderts zusammengerechnet (Abb. 1).

Es gibt eine Reihe von Gründen dafür, weshalb es ausgerechnet in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu dieser Wiedergeburt der Perspektive gekommen ist. Der enorme Anstieg der Weltbevölkerung hat in einem bis dahin unbekanntem Maße zu einer baulichen Erschließung der Umwelt geführt, und damit wiederum geht eine Zunahme der Publikationen über Fragen der Perspektive und des technischen Zeichnens^{iv} einher. Seit der Erfindung der Geographischen Informations-Systeme (GIS) und des Anlagen-Managements (Facilities Management, FM) hat überdies die Kartographie und Erfassung der WeDoberfläche erheblich zugenommen.

Neue technische Möglichkeiten sind für diese Entwicklung von ausschlaggebender Bedeutung gewesen. Im Verlauf des ersten Weltkriegs hat die Etablierung der Luftfotografie dazu geführt, daß man bereits vorhandene Landkarten mit - häufig aus einem bestimmten Winkel geschossenen - Luftfotografien vergleichen mußte; und so entstand die neue Disziplin der Fotogrammetrie. Die Einführung der Satellitenfotografie sorgte dann dafür, daß wir von einer bis dahin unvorstellbaren Zahl von Rasterbildern

überschwemmt wurden, von denen heutzutage - Schätzungen zufolge - bestenfalls zehn Prozent überhaupt noch ausgewertet werden können.

Mit dieser Fotografischen Erfassung der Welt einher gingen Bemühungen, sie in Gestalt von Vektorbildern elektronisch zu rekonstruieren. Die Entdeckung grundlegender Algorithmen zur elektronischen Berechnung perspektivischer Beziehungen^v hat die Technik der Computergrafik hervorgebracht und die sogenannten vier C: nämlich das computergestützte Design (Computer Aided Design, CAD), die computergestützte Konstruktion (Computer Aided Engineering, CAE); die computergestützte Herstellung (Computer Aided Manufacturing, CAM) und die computerintegrierte Herstellung (Computer Integrated Manufacturing, CIM), die zur Entwicklung von Objekten und Kontexten jeweils auf die systematische Arbeit mit räumlichen Koordinaten angewiesen sind. Dies hat zu einer weitverbreiteten Verwendung linearer und anderer Formen der Perspektive geführt, denn hat man erst einmal ein Bild in Vektorform entwickelt, so kann man es rotieren oder kippen lassen und es entweder in seiner wahren Dimension (z. B. als Grund oder Aufriß) oder perspektivisch aus allen Richtungen anschauen.

Überdies wird die analoge zunehmend durch die digitale oder virtuelle Kamera^{vi} ersetzt, bei der ein Computer mit Hilfe einer Graphik-Software die Wirkung eines echten Fotos erzeugt. Dies wiederum bewirkt in Gestalt von Raster- oder Vektor-bildern eine immer engere Verknüpfung analoger und digitaler Verfahren.

Als angewandte Fotografie hat auch das Kino die Möglichkeiten der perspektivischen Darstellung - wenigstens indirekt - erweitert. Neue Verwendungsmöglichkeiten der Perspektive haben auch die Filmarchitekten eingeführt, die konkrete Straßenansichten zwecks Geldersparnis durch bemalte Fassaden ersetzt und dabei Verfahren einer beschleunigten Perspektive eingesetzt haben, wie sie auf dem Theater üblich sind. Etliche dieser dramatischen Wirkungen kann man in Themenparks wie zum Beispiel Disneyworld oder in den Universal Studios in Orlando, bewundern.

Auch die Einführung der VR-Technik hat diese Wiedergeburt der Perspektive stimuliert, da die auf diesem Weg erzeugte künstliche Wirklichkeit eine Kombination verschiedener Standpunkte beinhaltet. Im Kontext dieses Essays werde ich deshalb bezüglich der Entwicklungen seit 1951 von der modernen Perspektive sprechen und diese, wo es mir notwendig erscheint, mit der Renaissance-Perspektive vergleichen oder kontrastieren.

Renaissance-Themen

Es ist allgemein bekannt, daß die Künstler der Renaissance Kopien von Gemälden angefertigt haben. Sie haben aber auch Einzelelemente aus Bildern herauskopiert, etwa eine Hand aus Leonardos *Abendmahl*, die dann in einem *Jungfrau mit Kind* Gemälde wieder auftauchte. Modern ausgedrückt, haben sie - lange vor der offiziellen Einführung dieses Begriffs - ein der clip art vergleichbares Verfahren praktiziert.

Ein Grund für das wieder auflebende Interesse an der Perspektive im 20. Jahrhundert ist die Gepflogenheit gewesen, bestimmte Objekte und Motive in neue Kontexte einzufügen. So haben etwa im 15. Jahrhundert Künstler wie Piero della Francesca und Leonardo da Vinci das Interesse an den regelmäßigen und halbregelmäßigen Körpern wiederbelebt.

Moderne Künstler verwenden derartige Figuren in der holographischen Kunst. In seinen *Elementen* hat Euklid die Konstruktion einer zweiundsiebzigseitigen Figur beschrieben. Leonardo da Vinci hat diese Figur in die Auswahl der von ihm für Pacioli's *Divina proportione* (1496-1499; gedruckt 1509) angefertigten Illustrationen aufgenommen. Auch Fra Giovanni di Verona hat sie für seine Intarsienarbeiten in der Kirche Santa Maria in Organa verwendet; sie galt in der Renaissance als Symbol der Vollkommenheit und wurde beispielsweise auch in Jamnitzers, Sirigattis und Dubreuil's Abhandlungen zur Perspektive mehrfach erwähnt. In der Moderne hat Dalí für ein Gemälde eines Frauenkopfes eine Variante der zweiundsiebzigseitigen Figur verwendet. Weitere halbregelmäßige Figuren, wie man sie bei Jamnitzer findet, tauchen später in einem Nielsen-Buch (1812) als Gartenornamente wieder auf und abgewandelt auch in Escher's berühmtem Wasserfall-Stich. Auch eine in der Renaissance als -mazzocchio- bezeichnete zylindrische Figur - ein sogenannter Torod-, der in Barbaro's *La Pratica di Prospettiva* (1568) geradezu der Status eines Leitmotivs zugewiesen wird, kehrt in abgewandelter Form in einem Holzschnitt Escher's wieder. Während das Erscheinungsbild der Figuren sich im Laufe der Zeit kaum wandelt, verändert sich ihre Funktion. In der Renaissance dienten die farblichen Abbildungen dazu, die verschiedenen Seiten und Ebenen einer Figur oder einer ganzen Serie ineinandergeschachtelter Figuren sichtbar zu machen. Heutzutage dagegen verwenden Künstler wie Escher Farben und farbliche Abstufungen ganz bewußt, um in unsere Wahrnehmung solcher Figuren Doppeldeutigkeiten einzuführen.

Gegenstand derartiger perspektivischer Übungen sind aber beispielsweise auch Treppen, die in den Abhandlungen von Jan Vredeman De Vries eine wichtige Rolle spielen; und so ist auch wenigstens eine Treppe in einem Rembrandt-Gemälde von diesem Geist beseelt. Im 20. Jahrhundert hat sich insbesondere Escher des Treppenthemas angenommen. Einzelelemente tauchen auch in neuen Kontexten auf, wie beispielsweise der perspektivische Drache auf Uccello's Bild *Der Heilige Georg und der Drache* (London: Nationalgalerie) zeigt, aber auch eines von David Hockney's Bühnenbildern. Oder aber Einzelelemente werden substituiert, wie es zum Beispiel in Richard W. Mailes Variante von Botticelli's *Die Geburt der Venus* (Florenz: Uffizien) der Hauptfigur widerfährt, die durch Elvis Presley ersetzt wird (Siggraph, 1990).

Manchmal werden aber auch Einzelelemente eines Bildes übernommen; so sind etwa in - E. T. - in abgewandelter Form die Hände aus Michelangelo's -Erschaffung des Menschen. (Vatikan: Sixtinische Kapelle) zu besichtigen. Es ist also einerseits auf der Ebene der Objekte und Motive eine unverkennbare Kontinuität zu vermerken, wobei freilich die Renaissance-Beispiele auf zweifache Weise -modernisiert- werden. So werden etwa Objekte, die ursprünglich - also im Zeitalter der Renaissance - als isolierte Figuren betrachtet wurden, in der modernen Perspektive in komplexe Szenen eingebaut. Oder aber Objekte die ursprünglich in eine komplexe Szene integriert waren, treten im 20. Jahrhundert plötzlich als isolierte Objekte oder in völlig neuen Kontexten vor unser Auge. Das ist eine der Ursachen der weiter unten betrachteten Fragmentierung der Illusion, und die Frage ist deshalb so wichtig, weil sie zeigt, daß die mit der elektronischen Bilderzeugung verbundenen Probleme schon in der Renaissance-Kunst angelegt sind.

Transformationen

In der Renaissance haben Künstler eine Reihe von Verfahren entwickelt, die es gestatten, perspektivische Ansichten festzuhalten. Dazu benutzten sie in erster Linie Instrumente und Konstruktionen. Einige dieser Hilfsmittel waren das perspektivische Fenster, die camera obscura und diverse Beobachtungsinstrumente wie der Jakobsstab, das Astrolabium, der Pantograph (Storchschnabel) oder der Proportionalkompaß. Im 19. Jahrhundert gab es dann noch andere Hilfsmittel, etwa die camera lucida (auch Claude-Glas genannt). Zu den Konstruktionen zählen in erster Linie die legitime Konstruktion (*costruzione legittima*) oder die Fluchtpunkt-Konstruktion, obwohl vieles dafür spricht, daß es noch eine große Zahl weiterer behelfsmäßiger Konstruktionen gegeben hat. Im 20. Jahrhundert sind dann zahlreiche Instrumente - wie zum Beispiel der Pantograph - weiterentwickelt worden; es gibt aber dazu inzwischen auch CAD-Äquivalente, beispielsweise hochwertige Programme wie Softimage und Alias, Autodesk-Produkte oder weniger leistungsfähige Programme wie TurboCAD und Corel Draw.

Was die Perspektive anbelangt, so hat die Photogrammetrie die Aufmerksamkeit auf das Problem gelenkt, wie sich anamorphotische Bilder in eine regelmäßige lineare Perspektive übersetzen lassen und umgekehrt. Seit Einführung der Höhen- und später der Satellitenfotografie stellte sich das Problem, die sphärische in eine lineare Perspektive zu verwandeln. Aufgrund dessen hat unser Wissen über die beiden alternativen Projektionsmethoden erheblich zugenommen und auch über Möglichkeiten, diese alternativen Methoden in lineare Perspektive zu übersetzen.

Der Versuch, unsere physikalische und gebaute Umwelt systematisch zu erfassen und zu reproduzieren, hat zur Einführung von Algorithmen geführt, die die Konstruktion eines linear. perspektivischen Raumes gestatten, seine Übertragung in alternative Formen und umgekehrt. Diese Algorithmen werden auch zunehmend in Software-Programme integriert. So ist etwa in dem Programm Aldus Photo Styler eine Funktion enthalten, die es erlaubt, eine übliche perspektivische Szene in ein FischAuge-Bild zu verwandeln oder in ein sphärisch- oder zylindrisch- perspektivisches Bild. Image Ware enthält eine ganze Palette malerischer Verfahren, zum Beispiel Pinsel-Strich-Techniken oder die Möglichkeit, bestimmte Bewegungssequenzen zu generieren. In jüngster Zeit werden solche Algorithmen direkt in Hardware-Chips eingebaut. So gestattet es etwa der Gnesis-Acuity-gm833x2-Chip, (durch Übersetzung) ein reguläres Videobild in seine anamorphotischen Äquivalente zu verwandeln oder in sphärischer Perspektive oder in anderen Modi darzustellen. Eine Konstruktion, deren Ausführung in konventionellen Mitteln Tage in Anspruch genommen hätte, läßt sich jetzt innerhalb kürzester Zeit realisieren. Überdies können Operationen, die früher die Hand eines Meister-Künstlers erfordert hätten, inzwischen mittels einiger weniger Prozeduren von jedermann innerhalb weniger Minuten durchgeführt werden.

Auch wenn gar kein Zweifel daran bestehen kann, daß etwa die Satellitentechnik und neue Software-Angebote diese transformationale Geometrie ganz erheblich begünstigt haben, so darf man gleichwohl nicht vergessen, daß dieser Prozeß in hohem Maße von den Künstlern des 20. Jahrhunderts eingeleitet worden ist. Zwar sind einige Aspekte dieses Beitrags an anderer Stelle behandelt worden,^{vii} aber eine Gesamtdarstellung dieses historischen Vorgangs liegt bis heute nicht vor. Eine solche Darstellung müßte sich zunächst einmal mit dem Funktionswandel des Fensters befassen. Man könnte beispielsweise mit kubistischen Gemälden wie Juan Gris' *Stilleben mit Landschaft*

(Philadelphia 1915) beginnen, auf dem die Place Ravignan in Paris zu sehen ist. Nach der Perspektiv-Auffassung der Renaissance war es eine Unverstößliche Gewißheit daß Fenster durchsichtig und Wände undurchsichtig sind. Das kubistische Perspektiv-Verständnis stellt diese Annahme in Frage. Und so entdecken wir plötzlich, daß wir durch Wände hindurchschauen können. Künstler wie Magritte und Dali radikalieren diese Experimente dann noch ganz erheblich und gründen darauf sogar eine neue Kunstrichtung: den Surrealismus. So setzt etwa Magritte in seinem Bild *Promenades d'Euclide* (New York, Iolas-Galerie, 1955) die Doppeldeutigkeit ganz bewußt als Stilmittel ein, indem er uns ein Fenster zeigt durch das wir auf eine Szene blicken - und ein auf einer Staffelei stehendes Bild, das den vorstehend beschriebenen Anblick wiederholt zugleich aber den Blick auf das Geschehen in seinem Rücken versperrt. Doppeldeutig sind aber auch die Pyramide und die sich pyramidal verjüngende Straße auf demselben Bild. Dali radikalisiert diese Idee sogar noch in seiner Rückansicht einer nackten Frau, die aus dem einen Blickwinkel von einem kreuzförmigen, durchsichtigen Fenster eingerahmt wird, das sich - aus einem anderen Blickwinkel betrachtet - als ein das Blickfeld begrenzendes Abraham Lincoln-Porträt erweist. Noch wesentlich komplexere Varianten des Fensterprinzips findet man heute inl Kontext der Holographie.

Eine weitere - wenigstens implizite - Grundannahme der linear.perspektivischen Theorie der Renaissance war, daß ein Fenster flach zu sein habe. Einige Künstler freilich haben mit Alternativen experimentiert, etwa Jan van Eyck in seinem Bild *Arnolfini Hochzeit* (London: Nationalgalerie) oder Parmigianino in seinem *Selbstpoträt* (Wien: Kunsthistorisches Museum), und diese beiden Bilder sind gerade deswegen berühmt, weil sie Ausnahmen von der Regel bilden.

In der Moderne dagegen findet man viel häufiger sphärische oder andere Methoden der perspektivischen Darstellung. Nicht selten werden diese Verfahren auch kombiniert, so daß man Perspektiv-Kreuzungen erhält. So hat Escher beispielsweise Räume (spaces) dargestellt, deren Vordergrund sphärisch-perspektivisch gestaltet ist, während der Hintergrund linear-perspektivisch gestaltet ist. Auch Dick Tennes (Spearfish, North Dakota) hat sich - wenn auch in komplexerer Manier - dieses Themas angenommen und arbeitet auf sphärischen Oberflächen, die man dann aus allen Richtungen betrachten kann. In einem seiner kompliziertesten Bilder mit dem Titel *Pieces of the Whole (Teile des Ganzen)* hat Termes wiederum auf einer großen, sphärischen Oberfläche gearbeitet und verschiedene Jungen dargestellt, die ihrerseits Bilder malen, von denen manche linear-, andere hingegen kurvilinear-perspektivisch gestaltet sind. Termes experimentiert überdies mit einer Reihe weiterer Variationen, indem er zwei oder mehr sphärische - Gebilde- als Bildoberfläche oder aber regelmäßige Körper als Projektionsflächen verwendet.

Aber neben ihren Experimenten mit alternativen Bildoberflächen tasten moderne Künstler auch nach alternativen Möglichkeiten des Projektionsprozesses. So beinhaltet die Anamorphose in der Renaissance die Arbeit mit einem regelmäßigen Objekt, das in verlängerter oder verzerrter Fonn auf die Bildebene projiziert wurde und - aus dem richtigen Blickwinkel betrachtet - in seiner ursprünglichen Gestalt erschien. Der auf Holbeins Gemälde *Die Gesandten* abgebildete Schädel ist dafür ein klassisches Beispiel. Wie Baltusaitis^{viii} gezeigt hat, hat sich auch das 20. Jahrhundert immer wieder mit dieser Technik befaßt. Es ist aber auch bisweilen die Neigung erkennbar geworden, den Prozeß

umzukehren. So baut etwa der zeitgenössische Schweizer Künstler Boursset anamorphotische Stühle, die in der Projektion wiederum eine regelmäßige Gestalt annehmen. Dieses Verfahren hat auch ganz unerwartete Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Bühnenbildnerei gefunden. Die Kulissen auf Theaterbühnen sind häufig geschwungen oder von unregelmäßiger Gestalt. Wenn daher ein regelmäßiges Bild auf eine solche Kulissenwand projiziert wird, erscheint es in verzerrter Gestalt. Um diesem Problem abzuwehren hat Julie O-B. Dorsey von der Cornell-Universität sich eine geradezu geniale Lösung einfallen lassen. Sie hat die Unregelmäßigkeiten bestimmter Kulissenwände eingehend untersucht und dann das betreffende Bild im Voraus so verzerrt, daß es bei einer Projektion unverzerrt auf der Wandoberfläche erschien. Mit anderen Worten: Während man in der Renaissance anamorphotische Techniken dazu verwendete, ganz bewußt in den Bildern selbst bestimmte Verzerrungen zu erzeugen, machen sich heutige Künstler die Anamorphose zunutze, um die Verzerrungen von Bildern unsichtbar zu machen.

Innen-Außen

Die frühen Praktiker der Proto- und der Linearperspektive erkundeten die Verwendungsmöglichkeiten dieser neuen Techniken sowohl für Innen- als auch für Außenräume. Die Entwicklung der beiden neuen Genres ging folglich Hand in Hand, so daß in die perspektivische Darstellung von Innenräumen meist auch Fenster einbezogen waren, die ihrerseits den Blick ins Freie freigaben. Nur ganz langsam konnten sich diese neuen Genres als unabhängige Ausdrucksformen etablieren, so daß Landschaften und Innenräume allmählich unterschiedlich behandelt wurden. So entwickelte sich das Fenster zunächst zum Fenster in einem Zimmer und dann zum Fenster in einem Innenraum, das den Blick auf ein als Landschaft dargestelltes Außen freigab.

Heutige perspektivische Darstellungen befassen sich zwar noch immer mit diesem Thema, aber sie transformieren vielfach auch die Innen-außen-Beziehung. Auf Videos erscheinen innen und außen auf eine Weise, die Unterschiede zwischen ihnen verschwinden läßt. Beispiele zwei-dimensionaler virtueller Realität, wie beispielsweise Myron Krueger sie geschaffen hat, verstärken diese Doppeldeutigkeit sogar noch. Manche sich auf fotografische Vorlagen stützende moderne Bilder behalten die Unterscheidung zwischen innen und außen bei. Andere verwischen diesen Unterschied, etwa ein Gonzales-Gemälde, das von einem Innenraum aus den Blick auf ein Bücherregal draußen auf dem Rasen freigibt. Ein junger amerikanischer Student hat ein Puzzle entworfen, auf dem ein Mann zu sehen ist, der das Puzzle von außen konstruiert. Ein junger englischer Künstler hat ein Haus fotografiert, das dann in Puzzle-Elemente zerschnitten und dann abermals fotografiert wurde, und zwar auf eine Weise, die es erschwert, innen und außen zu unterscheiden. Auch ein anderes Gonzales-Bild beschäftigt sich mit diesem Thema. Wir sehen auf dem Bild ein Puzzle, auf dem ein Junge in einem Haus ein Puzzle eines Jungen außerhalb eines Hauses macht.

Einige Beispiele einer Verwendung der sphärischen Perspektive radikalieren diese Innenaußen-Doppeldeutigkeit sogar noch. So hat Dick Termes beispielsweise unter dem Titel *God's Eye View (Der Blick aus Gottes Auge)* ein Bild gemacht, auf dem das Innere der von Brunelleschi entworfenen Kirche San Spirito in Florenz zu sehen ist (die angeblich das erste Gotteshaus der Architekturgeschichte ist, bei dem der Baumeister

ganz bewußt auf die Koordinierung der perspektivischen Wirkungen geachtet hat). Termes stellt diesen Innenraum auf der Außenseite eines sphärischen Gebildes dar. Bei *Order in Disorder (Ordnung in der Unordnung)* wird dieses Innen-außen-Wechselspiel auf die Spitze getrieben, sobald wir davon Kenntnis haben, daß der Maler diesen Außenraum von innerhalb der Sphäre aus gemalt hat. Bei Ternes' *Pieces of the Whole*, sehen wir von außen zu, wie Jungen die Szenen malen, in denen sie selbst als Malende zu sehen sind.

Die Einführung diverser alternativer Verfahren der Kartographierung hat die Zahl der Möglichkeiten solch paradoxer Auseinandersetzungen mit der Innen-außen-Problematik sogar noch vermehrt. Die Kartographen haben nämlich neue Darstellungsverfahren entwickelt, die es gestatten, Satellitenfotos über Konturkarten zu drapieren, so daß zweidimensionale Fotografien sich in dreidimensionale räumliche Bilder verwandeln. So hat zum Beispiel Brandenberger^{ix} gezeigt, wie eine Karte der Universität Zürich sich durch entsprechende Krümmungen unterschiedlich gewellten Unterlagen anpassen läßt.^x Es sollte nicht unerwähnt bleiben, daß Künstler wie Escher ganz ähnliche Experimente mit den Möglichkerten räumlicher Transformationen angestellt haben. Einer seiner frühen Holzschnitte zeigt ein *Schiff vor der Insel Senglea nahe Malta* (1935). Zehn Jahre später hat er in der Lithographie *Balkon* (1945) das Äquivalent einer sphärischen Perspektive in das Zentralstück dieses Werkes eingearbertet. Eine spätere Lithographie einer *Bildergalerie* (1956) treibt die Verwandlung derselben Szene sogar noch weiter.

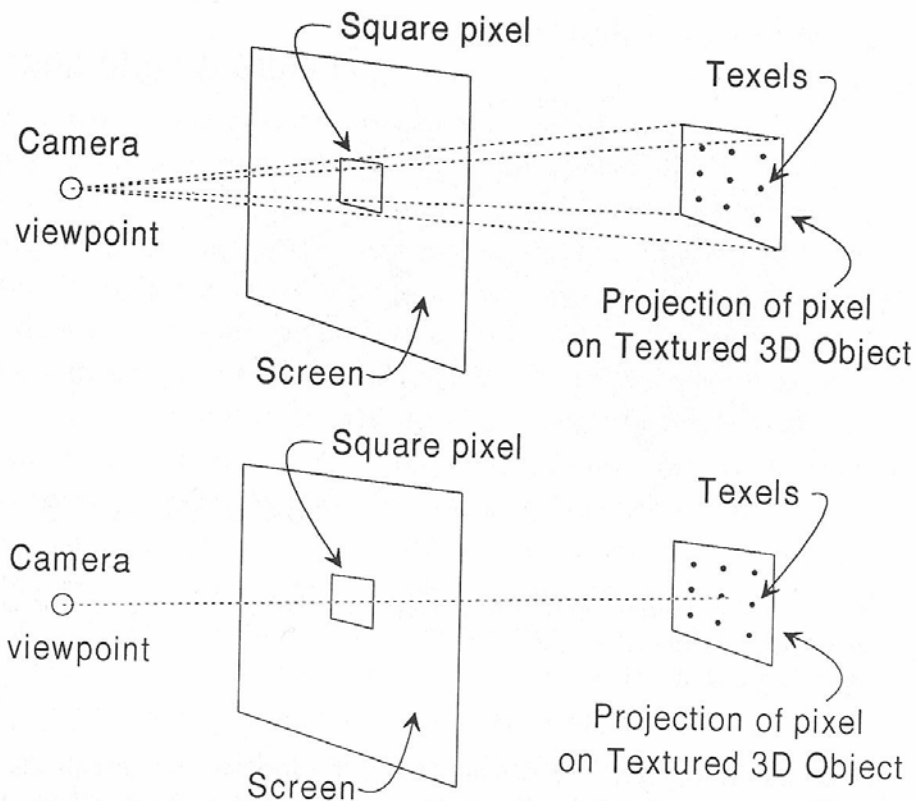


Abb. 2- 3. Zwei Beispiele perspektivischer Prinzipien in heutzutageigen “ray tracing” aus Robert Lansdale (1991, 14).

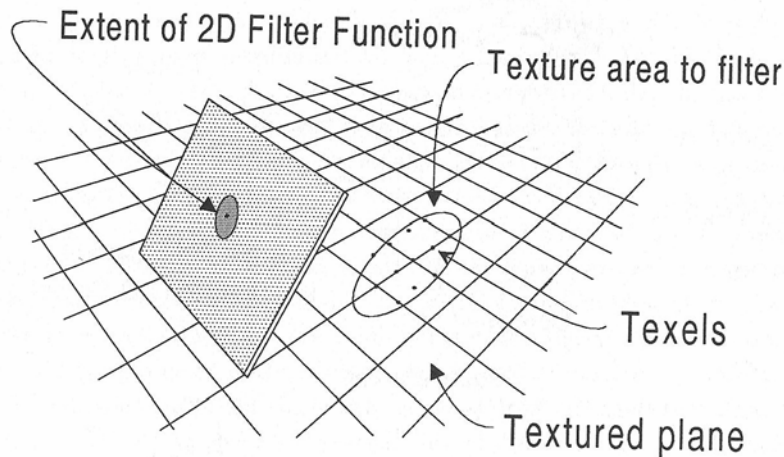


Abb. 4. Beispiel anamorphischer Prinzipien de Perspektive in heutzutageigen “ray tracing” aus Robert Lansdale (1991, 33).

Der *Blick auf Senglea* ist jetzt ein Bild in einer Galerie in der oberen linken Ecke der Photographie und erweitert sich dergestalt nach rechts, daß die Markise eines der Häuser zum Dach der Galerie wird und wir uns gleichzeitig außerhalb der Galerie wiederfinden und auf den Betrachter in ihrem Inneren blicken, der das Bild anschaut, das zugleich die Funktion eines Fensters übernimmt. Kurz: innen und außen sind völlig doppeldeutig. Aber was für unser Thema noch wichtiger ist: Die Transformationen und Veränderungen von Bildern, wie wir sie heute gerne mit elektronischen Hilfsmitteln assoziieren, sind ursprünglich einmal von Künstlern eingeführt worden. Der Unterschied ist freilich, daß die von Künstlern ausgeführten Transformationen wesentlich mehr Mühe erforderten und zudem eine persönliche Handschrift trugen, während ihre elektronischen Äquivalente kaum Anstrengung erfordern und keine persönliche Handschrift tragen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, innerhalb eines Spektrums von Möglichkeiten zu unterscheiden, das von den unmittelbaren Korrespondenzen bis hin zu den Nicht-Korrespondenzen reicht.

Korrespondenz und Nicht-Korrespondenz

Die Perspektiv-Auffassung der Renaissance ging davon aus, daß es zwischen jedem Punkt eines Original-Objektes und dessen Abbild eine Eins-zu-eins-Entsprechung gebe. Auch die modernen Perspektiv-Verfahren arbeiten bisweilen mit Eins-zu-eins-Entsprechungen, die jedoch in ihrem Charakter erheblich variieren können: Manchmal handelt es sich um eine theoretische, eine angenommene, eine transponierte Korrespondenz, mitunter aber auch ganz bewußt um keine direkte Entsprechung. Dieses weite Spektrum unterschiedlicher Korrespondenzen hat auch die Anwendungsmöglichkeiten der Perspektive erheblich erweitert.

Theoretische Korrespondenz

Technisch gesehen ist eine Eins-zu-eins-Korrespondenz nur bei Vektor-Graphiken möglich, also in Fällen, da ganze Linien kopiert werden. Bei Rastergraphiken^{xi} ist das Kopieren von Punkten insbesondere im Fall entfernter Objekte mit Zuordnungsproblemen (aliasing problems) verbunden. Trotzdem sollte nicht unterschlagen werden, daß die der perspektivischen Darstellung zugrundeliegenden Annahmen auch für die bei der Ray tracing üblichen Rasterpunkt-Projektion gültig sind. Und so behauptet Mitchell denn auch in *The Re-Configured Eye*: "Eine grundlegende Strategie für Ray-tracing-Algorithmen besteht darin, die Bildebene als ein feines Raster zu betrachten, das sich zwischen das Auge des Betrachters und die Szene schiebt und dann durch jeden Rasterpunkt einen Sehstrahl des Auges auf das Objekt zu richten."^{xii} Wissenschaftler wie Mitchell^{xiii} haben auch auf den Unterschied verwiesen, der zwischen den Linien der analogen Methoden und den einzelnen Rasterpunkten der digitalen Verfahren besteht. und betont, daß man von Perspektive nur in ersten Fallsprechen kann.

In einer grundlegenden Arbeit zu demselben Thema hat Lansdale^{xiv} hingegen einleuchtend demonstriert, daß sich die Prinzipien der Linearperspektive im Bereich der Strahlverfolgung und "Radiosity" Programme durchaus auf einzelne Rasterpunkte anwenden lassen. In der traditionellen Renaissance-Perspektive fängt man häufig mit einem zur Bildebene parallelen oder rechtwinklig angeordneten quadratischen Fläche an und markiert dessen projizierte Größe. Lansdale kehrt diese Prozedur nun um: Das heißt, ein quadratischer Rasterpunkt wird auf der Bildebene oder dem Monitor wie ein projizierter quadratischer Stein behandelt und dann auf das strukturierte 3-D Objekt zurückprojiziert. Auf diese Weise lassen sich die - von dem projizierten Rasterpunkt überdeckten - unprojizierten Rasterpunkte des 3-D Objektes berechnen. Obwohl die Prozedur umgekehrt verläuft, entspricht die Projektion dieses Rasterpunktes von einem Monitor auf ein strukturiertes Objekt (wie sie bei den heutigen perspektivischen Verfahren üblich ist) genau jener (in der Renaissance praktizierten) Projektion eines Wand- oder Straßenquadrats auf ein perspektivisches Fenster. So betrachtet, ist die Aufzeichnung elektronischer Rasterpunkte einem mikroskopischen Verfahren der perspektivischen Aufzeichnung einzelner Wand- oder Pflastersteine analog (Abb. 2-3). In anderen Fällen wird ein sphärisches Gebilde auf der Bildebene oder dem Monitor als ovale Figur auf das in einem bestimmten Winkel zur Bildebene positionierte Pflaster projiziert, was der Projektion einer anamorphotischen Form als regelmäßige Sphäre auf eine gekippte Projektionsebene entspricht (Abb. 4). Auf diese Weise kann uns die Perspektive dabei helfen, das Zuordnungsproblem bei der elektronischen Bilderzeugung zu verstehen.^{xv}

Noch vor kurzem waren solche Operationen schon rein computertechnisch schwierig und vielfach undurchführbar. So erfordert beispielsweise ein Monitor mit 1000 x 1000 Rasterpunkten eine Million Strahlen, was bedeutete, daß schon die Wiedergabe eines einzigen Objektes Stunden und manchmal sogar Tage erforderte. Da die Computer inzwischen jedoch wesentlich effizienter und erschwinglicher geworden sind, werden perspektivische Wirkungen immer beliebter, die auch Licht und Schatten, Farben und sogar Luftansichten einschließen.

Im Hinblick auf die theoretische Entsprechung zwischen Original und Abbild sind Fraktale von besonderer Bedeutung. Laut Mandelbrot^{xvi} hat die an völliger Geradlinigkeit ausgerichtete Euklidische Geometrie Versuche erschwert, die kurvilineare Komplexität der (organischen und anorganischen) Natur zu analysieren. Als Beispiel führt er die englische Küste an und betont, daß die Länge und die Zahl der einzelnen -Abschnitte dieser Küstenlinie erheblich zunehmen würde, wenn man kleinere Meßstäbe verwenden würde. Die perspektivische Auffassung hätte angenommen, daß sich zugleich mit der Entfernung oder mit Veränderungen des Maßstabs lediglich die Größe verändert. In Mandelbrot's Beispiel dagegen sind auch die Konturen der Dinge eine Funktion des Maßstabs oder der Entfernung. Er behauptete nun, daß Fraktale eine Möglichkeit eröffnen, diese Vereinfachung des wahren Sachverhalts zu überwinden. Da Fraktale jedoch Iterationen involvieren, betreffen Veränderungen des Maßstabs nur ihre Größe und nicht ihre Gestalt. Deshalb hat die Diskussion über Fraktale ein wichtiges Problem in den Blickpunkt gerückt, das Fraktale nicht zu lösen vermögen.

Wir brauchen daher ein neues Verständnis der Perspektive, das die Maßstäbe definiert, innerhalb derer die traditionellen Gesetze der Größe als einer Funktion der Entfernung zwar beibehalten werden, das aber auch jene Maßstabsveränderungen registriert, die sowohl die Gestalt als auch die Größe als Funktion der Entfernung ausweisen. Interessanterweise sind wir, was diesen Punkt anbelangt, bereits seit Jahrhunderten in einem ganz anderen Zusammenhang mit dem zugrundeliegenden Problem vertraut. Jeder, der schon einmal ein Mikroskop benützt hat weiß ganz genau, daß jedwede Vergrößerung des Maßstabs sowohl die Konturen als auch die Größe des Insektes oder Objektes verändert, das wir betrachten, und daß zwar innerhalb eines bestimmten Spektrums von Maßstabsveränderungen die Konturen praktisch gleich bleiben während die Größe sich wandelt. Auf eben dieses Problem haben ja auch die Fraktale die Aufmerksamkeit gelenkt, und es wird kaum zu lösen sein, wenn wir nicht in Zukunft maßstabsorientierte perspektivische Verfahren entwickeln.

Die Grenzen der heute üblichen Fraktale hat Enthusiasten wie Barnsley^{xvii} nicht von der Behauptung abhalten können, Fraktale könnten tatsächlich die Natur adäquat reproduzieren. In dem Maße wie die Kompressionsdichte zunimmt, erscheinen die - von Programmen wie VistaPro erzeugten - fraktalen Landschaften paradoxerweise tatsächlich immer plausibler. Wenn man noch zusätzlich Hilfsprogramme anwendet, lassen sich sogar eindrucksvolle perspektivische Vorbeiflüge simulieren. Infolgedessen müssen die Fraktale, die den Prinzipien der Perspektive zu widersprechen scheinen, inzwischen als .Erzeuger- neuer perspektivischer Erfahrungen gelten.

Angenommene Korrespondenzen

In Europa läßt sich die Tendenz beobachten, daß Erfahrungen mit vorhandenen Objekten dazu benutzt werden, vergangene Objekte zu visualisieren. Das bis dato vielleicht schlagendste Beispiel für diese Tendenz ist die hochkomplizierte IBM Rekonstruktion der ehemaligen Abtei von Cluny.^{xviii} Gleichmaßen eindrucksvoll ist die maßstabsgetreue Rekonstruktion von 11000 florentiner Häusern und Gebäuden aus der Zeit Lorenzos des Prächtigen durch Chimenti und Menci (Arezzo).

In diesen Fällen gibt es eine angenommene Korrespondenz zwischen dem Abbild und dem vielfach nicht mehr existierenden Original. Das gilt gleichermaßen für Personen oder Tiere. So ist etwa der animierte Roboter in dem *Film Terminator II* (1991) besonders deshalb so beeindruckend, weil es sich dabei um die vollkommene Kopie einer wirklichen Figur handelt. Ganz ähnlich sollen auch die animierten Dinosaurier in *Jurassic Park* (1993) den Originalen - wie sie den neuesten Theorien zufolge ausgesehen haben - genau korrespondieren.

Mögliche Korrespondenzen

In den Vereinigten Staaten richtet man das Augenmerk wesentlich stärker auf die Erforschung möglicher Korrespondenzen als anderswo. Man lese nur einmal das folgende Zitat:

“*Image Capture* findet dort statt, wo das Bild sich tatsächlich auf eine Reise in die Wirklichkeit begibt, das heißt wenn man es als Wirklichkeit bezeichnen kann. Häufig entwickeln wir unsere Gedanken auf der Grundlage der Realität, aber sie hängen von der Fähigkeit unserer Zuhörer und Zuschauer ab, den eigenen Unglauben zu suspendieren und mit ihrer Wahrnehmung von dem, was wirklich und was fantastisch ist, zu spielen. Spaß macht das ganze eigentlich erst, wenn wir nahtlos in eine Welt hinübergehen können, von der wir wissen, daß sie nicht wirklich ist, in die wir aber gleichwohl begeistert eintreten.”^{xix}

Das Auffallende an diesem Text ist nicht so sehr sein Inhalt als vielmehr der Kontext, in dem er abgedruckt worden ist, nämlich in einer kleinen Kodak-Broschüre. Das soll nicht heißen, daß es in den Vereinigten Staaten kein Interesse am Realismus gäbe; man beachte nur die Aufmerksamkeit, die Nachrichtensendungen zuteil wird. Gleichwohl werden die Nachrichten im Sinne einer Dokumentation des tatsächlichen Geschehens zunehmend durch Nachrichtensendungen verdrängt, in denen Reales und Imaginäres kombiniert wird. Informationen werden mit Unterhaltung (entertainment) kombiniert und kommen dann als Info-tainment über den Sender; Erziehung (education) wird mit Unterhaltung gemischt und als Edu-tainment präsentiert, und das alles in einer Manier, die die Ereignisse, über die berichtet wird, irgendwie suspekt erscheinen läßt, weil sie nicht bereits von sich aus genügend Unterhaltung bieten. Der Zuschauer verfolgt dann die CNN-Version des Irak-Krieges, und zwar in dem Bewußtsein, einer von einer Kriegspartei systematisch aufbereiteten Inszenierung beizuwohnen, und dennoch besteht keine Möglichkeit, andere Versionen der Wirklichkeit sichtbar zu machen.

In den Vereinigten Staaten hat man auch ganz bewußt Erfahrungen mit realen Örtlichkeiten und Dingen zur Veranschaulichung unbekannter Örtlichkeiten und Dinge eingesetzt. So besuchen beispielsweise NASA-Mitarbeiter, die für Expeditionen auf den Mond, den Mars und andere Planeten vorgesehen sind, zu Studienzwecken besonders felsige Gegenden in den Wüsten Kaliforniens und Nevadas.^{xx} Zwar sind die praktischen Vorteile solcher Maßnahmen durchaus nachvollziehbar, aber philosophisch gesehen begründen sie die Gefahr, daß die betreffenden Menschen ihr Unterscheidungsvermögen verlieren und Andersheit gar nicht mehr wahrnehmen. Is der amerikanische Auslandstourist - der pausenlos erklärt, daß es daheim in den Vereinigten Staaten etwas noch Größeres, Besseres oder ganz Ähnliches gibt - vielleicht doch nicht lediglich ein Stereotyp, sondern eine unmittelbare Auswirkung dieser Mentalität?^{xxi}

Auf der positiven Seite sind zahlreiche berühmte Anwendungen dieses Prinzips aus der Welt des Kinos zu verbuchen. So hat zum Beispiel Steven Spielberg in seinen Filmen *ET* (1982) und *Gremlins* (1984, 1990) mit diesem Verfahren gearbeitet. Nicht minder berühmt ist George Lucas,^{xxii} dessen Spezialeffekte-Fabrik "Industrial Light and Magic" (ILM) Filme produziert hat wie *Krieg der Sterne* (1977), *Raiders of the Lost Ark* (1981) und *Willow* (1988) und der 1990 sogar bei der Produktion von *Dreams* mit dem großen japanischen Regisseur Kurosawa zusammengearbeitet hat.

Transponierte Korrespondenzen

Bisweilen entscheidet man sich vielleicht ganz bewußt dafür, auf eine Korrespondenz zwischen Original und Abbild zu verzichten und ein bestimmtes Bild als Metapher für eine ansonst unsichtbare Erfahrung zu verwenden. So haben in letzter Zeit einige Investmentfirmen das, angefangen, Bilder von Getreidefeldern als Metapher für den Anstieg der Kurse auf dem Aktienmarkt einzusetzen.^{xxiii} Sollte dieses Beharren auf der Veranschaulichung von Situationen transponierter Korrespondenz (die keine direkte Korrespondenz zulassen) einer der Gründe dafür sein, weshalb das Wort Metapher in den Vereinigten Staaten heutzutage eine derartige Konjunktur hat und weshalb man diesem Begriff mit solcher Ernsthaftigkeit begegnet? Wenn ein Europäer die Worte *Metaphors we live by* liest, denkt er gewiß eher, daß er es mit einer Witz als mit einem seriösen Buch Titel zu tun hat.

Keine direkte Korrespondenz

Manchmal ist überhaupt keine direkte Korrespondenz zu verzeichnen, etwa in Beispielen, die die Außenwelt lediglich als Ausgangspunkt für die Präsentation von Bildern aus der Innenwelt benutzen. Bei manchen Filmen, etwa *Fantastic Voyage* (1966), kann diese Rekonstruktion, bemerkenswert realistisch ausfallen. In anderen Filmen, beispielsweise *Tron* (1982), sind die entsprechenden Räume (spaces) wesentlich stärker idealisiert. Die Renaissance-Perspektive setzte eine strikte Eins-zu-eins Korrespondenz voraus und kannte deshalb nur eine begrenzte Zahl perspektivischer Möglichkeiten. Die Perspektive des 20. Jahrhunderts hingegen geht mit einem ganzen Spektrum von Korrespondenz-Möglichkeiten einher das die direkte und theoretische ebenso wie die angenommene, die mögliche, die transponierte oder die nur indirekte Entsprechung beinhaltet. Die Moderne hat deshalb die Zahl der Anwendungsmöglichkeiten der Perspektive ganz erheblich vergrößert.

Virtuelle Realität in externen und internen Welten

Während der Renaissance haben die Künstler die linearperspektive zur Darstellung eines statischen Raumes innerhalb eines Bildes verwendet, das durch die Position eines Betrachters definiert wurde, der von einem bestimmten Standort aus auf eine Szene blickt. In dem Raum, in den uns die Praxis der virtuellen Realität versetzt, ist viel mehr im Spiel. Erstens verwenden die Künstler die Perspektive hier dynamisch, um innerhalb des Bildes verschiedene Räume zu erzeugen, so daß man sehen kann, wie sich die relative Größe und Lage der Objekte verändert, während man sich durch diesen Raum bewegt. Zweitens: Da sich der eigene Standort innerhalb dieses Raumes verändert, kann

man auch andere Personen und/oder Objekte nach Belieben bewegen. Drittens kann man sich in diesem Raum aus der Perspektive eines Menschen oder eines Objektes bewegen, etwa eines Automobils, das in diesem virtuellen Raum unterwegs ist. Viertens kann man sich in einer bestimmten Entfernung von einem solchen in Bewegung befindlichen Menschen oder Objekt durch diesen Raum bewegen. So bietet beispielsweise der von Dimension International entwickelte World Editor^{xxiv} die Möglichkeit, sich eine Szene im Grundriß anzuschauen, perspektivisch, von Norden, Osten, Westen oder Süden. Während die Renaissance-Perspektive sich also hauptsächlich mit dem statischen Bildraum befaßte, schließt die neue Praxis der Virtuellen Realität dynamische Seherfahrungen der Beobachter innerhalb ihres Bildraumes mit ein. Und das ist einer der Gründe dafür, weshalb die Virtuelle Realität auch bei der Erweiterung unserer perspektivischen Möglichkeiten eine so wichtige Rolle gespielt hat.

(Abb. 5) Kulturelle Unterschiede hinsichtlich der Anwendungsweisen der Virtuellen Realität:

Europa:	Integration historischer und projizierter Objekte in wirkliche Landschaften
Japan:	Entwicklung gegenwartsunabhängiger, futuristischer Szenarien
Kanada:	Entwicklung zukunftsorientierter Szenarien, die die Gegenwart fortschreiben
USA:	Entwicklung fiktiver Szenarien, die Unterschied zwischen Gegenwart und Zukunft verwischen

Die bevorzugten Anwendungen des Verfahrens der Virtuellen Realität variieren je nach Kulturkreis (s. Abb. 5). In japanischen Comic Filmen - wie *Akira* (1987) - und Sega-Spielen kann man immer häufiger überaus fantasievolle, futuristische Stadtlandschaften besichtigen, die kaum etwas mit jener Bebauung zu tun haben, wie wir sie aus dem Alltag kennen. In Europa dagegen dient die Technik der Virtuellen Realität hauptsächlich dazu, imaginäre Bilder mit der physischen Realität in Verbindung zu bringen. Ein von Renault finanziertes Projekt beispielsweise läßt das Computerbild eines als Racoon (Waschbär) bezeichneten Auto-Prototyps in einer wirklichen Landschaft erscheinen.^{xxv} In einem Projekt der ETH Zürich dient das VR-Verfahren dazu, die echten römischen Ruinen von Avanches (Aventicum) sichtbar zu machen oder aber die Fundamente mittelalterlicher Klöster.^{xxvi} Im Rahmen eines als Giotto-Stadt^{xxvii} bezeichneten italienischen Projektes versucht man, mit Hilfe von VR-Verfahren die Obere Kirche des HI. Franziskus in Assisi so zu rekonstruieren, daß man durch den Chor der Kirche gehen und an die mit Fresken geschmückten Wände herantreten und die Kunstwerke studieren kann.

Dieses europäische Interesse an der Veranschaulichung verborgener Elemente real existierender physischer Strukturen findet in Kanada seine Entsprechung in dem Bemühen um die Veranschaulichung potentieller physischer Strukturen: Das heißt, man beschäftigt sich hier mehr mit der Gestaltung künftiger Bauwerke als mit der (vielleicht Konservationszwecken dienenden) Untersuchung alter Gemäuer. In dieser Hinsicht steht Kanada der europäischen Tradition näher als der US-amerikanischen. Die von

Unternehmen wie Alias und SoftImage entwickelte Software dient in erster Linie der Förderung unseres Verständnisses geplanter, bereits existierender und möglicher Objekte und nicht so sehr der Kreation von Visionen, die kein (mögliches Fundament in der physischen Wirklichkeit haben.^{xxviii}

Während Kanadier und Europäer sich häufig auf die Veranschaulichung externer Objekte konzentrieren, gibt es in den Vereinigten Staaten einen Trend, Prozesse zu veranschaulichen, die andernfalls gänzlich unsichtbar blieben.^{xxix} Etliche Experten, etwa Robinett,^{xxx} betrachten das VR-Verfahren als einen Weg der elektronischen Erweiterung der menschlichen Wahrnehmung. Vielfach gilt die Virtuelle Realität auch als eine Umwelt, in die man eintauchen kann, also als unmittelbare Extension solcher Illusionswelten wie der *Back-to-the-Future*-Installation im Themenpark der Universal Studios oder gar der Zelluloid-Schöpfungen Hollywoods. Inwieweit man die reale Welt mittels dieses Verfahrens tatsächlich imitieren kann, ist umstritten. So sind etwa Aukstakalis und Blatner davon überzeugt, daß es nicht möglich sein wird, Wirklichkeiten zu kreieren, die so klar und komplex sind, daß wir den Unterschied zwischen unserer alltäglichen und der vom Computer generierten Wirklichkeit nicht mehr wahrnehmen... Aber die Welten die wir mit Hilfe des Computers erzeugen, werden vielleicht eines Tages so realistisch, so verlockend und so interessant erscheinen, daß wir unbedingt an sie glauben wollen und sie aus uns wie Luftspiegelungen in der Wüste wirken..^{xxxi} Andere, beispielsweise Pimentel und Teixeira, sind hinsichtlich der Fähigkeit des Computers realistische Effekte zu simulieren, wesentlich optimistischer:

Im Mittelpunkt des VR-Verfahrens steht die Illusion. VR, das sind Computer-Graphiken die auf das Theater in unserem Kopf einwirken. VR, das ist Hochtechnologie, die uns davon überzeugen will, daß wir uns in einer anderen Realität befinden, daß wir einem Geschehen beiwohnen das in der Welt dort draußen vor unserer Nase real gar nicht stattfindet... Wie das Schreiben und die Mathematik dient das VR-Verfahren dazu, etwas darzustellen und mitteilen, was wir uns im Geiste vorstellen können..., und es gemeinsam mit anderen Menschen zu erleben.^{xxxii}

Aus dieser Sicht handelt es sich bei dem VR-Verfahren um ein Mittel, die Inhalte unseres Denkens zu externalisieren, um ein vollkommenes Instrument der Veranschaulichung innerer Vorgänge. Was uns hier interessiert, ist die Tatsache, daß die europäischen, die kanadischen, die japanischen und die US-amerikanischen VR-Interpretationen allesamt eine Erweiterung der Perspektive mit sich bringen. Das VR-Verfahren ist daher eine weitere Ursache für die Wiedergeburt der Perspektive im späten 20. Jahrhundert.

Die Fragmentierung der Illusion

In der Renaissance zielte die Perspektive auf die Abbildung der physischen Welt ab und sollte eine kohärente Inusion der realen Welt erzeugen. Zunächst machte sich dieses Streben vor allem im Bereich der Malerei geltend. Während des Barock wurden dann auch die Skulptur und die Architektur zunehmend von dieser Tendenz erfaßt. In den folgenden Jahrhunderten ergriff dann die perspektivische Darstellung immer neue Bereiche und kulminierte schließlich in dem in Wien entwickelten Begriff des Gesamtkunstwerks.

Aber nicht alle Kunstrichtungen unterwarfen sich diesem Ideal. Bereits in 16. Jahrhundert war es üblich, Elemente einer Serie von Ruinen in einem Bild zusammenzufassen. Im 17. Jahrhundert wurde diese modische Kunstform dann als *capriccio* bezeichnet. Aber auch diese fantasievollen Kombinationen durften bestimmte Grenzen nicht überschreiten. So fügte etwa Pannini^{xxxiii} eine Serie klassischer römischer Ruinen zu einem Bild zusammen und eine Reihe neuzeitlicher römischer Gebäude zu einem anderen. Die *capriccios* verlagerten den realen Standort der auf ihnen dargestellten Gebäude. Sie stellten aber durchaus nicht die prinzipielle Forderung in Frage, daß es eine kohärent illusionistische Darstellung der betreffenden Bauwerke zu schaffen gebe und daß über den Standort der Originale Aufschluß zu erteilen sei. Selbst wenn auf den ersten Blick nicht sichtbar, konnte man auf jedem dieser Bilder das visuelle Äquivalent einer Fußnote oder eines Quellenverweises finden.

Die elektronischen Versionen des perspektivischen Raumes haben diese Situation grundlegend verändert, den Prozeß der Illusionserzeugung fragmentiert und faktisch die implizite Fußnote eliminiert, die früher auf das Original Objekt in der physischen Welt verwies. Im einfachsten Fall projizieren sie auf das Bild einer realen Örtlichkeit ein Bild aus der Welt der Animation wie in *Roger Rabbit* oder *Terminator 2*. Umgekehrt können sie aber auch die Gestalt eines realen Menschen auf eine computer-animierte Örtlichkeit projizieren, was ebenfalls in *Roger Rabbit* und noch deutlicher in Kurosawas Film *Dreams* zu besichtigen ist, in dem ein zeitgenössischer Museumsbesucher in zwei Van-Gogh-Gemälde hineingeht. In beiden Fällen hat die Illusion des Kontextes nichts mit dem realen Umfeld der isoliert dargestellten Figuren zu tun und verweist auch nicht indirekt auf deren realen Hintergrund. Traditionell war es durchaus üblich, in Kunstwerke klassische Zitate einzubauen, die der Zuschauer oder Betrachter wiedererkennen mußte und konnte. Ungeachtet isolierter Demonstrationen im Hitchcock-Pavillon auf dem Gelände der Universal Studios und der Ergebnisse einiger neuerer Untersuchungen scheint die moderne Kunst alles zu unternehmen, um ihren Real-Hintergrund zu verbergen (*ars est celare artis* in einem neuen Sinn). Tatsächlich kommt es in Filmserien wie *FX* (1986, 1991) und in Filmen wie *Darkman* (1991), *Lawnmower Man* (1992) und *Ghost in the Machine* (1994) in erster Linie auf die Spezialeffekte an.

In multimedialen Kontexten ist dieser Prozeß der Fragmentierung noch ausgeprägter. So wird beispielsweise bei dem ersten abendfüllenden computeranimierten Film, der auf Jules Vernes Roman *20000 Meilen unter dem Meer* basiert, die von Soft-Image entwickelte (Channels) Software dazu verwendet, mittels im Gesicht eines realen Schauspielers angeblachte Sensoren dessen Mimik in das Gesicht einer computergenerierten Figur zu kopieren. Dank dieses Verfahrens wirkt der Gesichtsausdruck der computeranimierten Version Kapitän Nemos täuschend -realistisch, aber die Ursache dieses Realismus, nämlich die mimischen Aktivitäten eines echten Schauspielers, bleibt dem Zuschauer verborgen.

VR-Verfahren treiben diese Fragmentierung sogar noch weiter voran. Denn beispielsweise eine seitliche Drehung des Kopfes in der Realwelt bewirkt automatisch eine entsprechende Kopfdrehung in der virtuellen Welt. Wenn man die Hand in einem Daten-Handschuh bewegt, so erfolgt sogleich eine entsprechende Bewegung des virtuellen Körpers. Andere Systeme arbeiten mit einem sogenannten Space ball, der sechs

verschiedene Bewegungsabläufe zufaßt. Freilich gibt es zwischen Bewegungen der übrigen Körperteile in der realen und der virtuellen Welt keine solche Entsprechung. Infolgedessen fühlt sich der Anfänger einigermaßen konfus, weil die Korrelation der Bewegungsabläufe sich weder intuitiv erschließt noch durch eine durchgängige Systematik gekennzeichnet ist.

(Abb. 6) Beispiele für Korrespondenzen und Nicht.korrespondenzen in der realen und der virtuellen Welt:

Prozeß	Physische Welt	Virtuelle Welt
Channels Software	Sensoren im Gesicht	Mimische Entsprechung im Gesicht von Modellfigur
Virtuelle Realität	Kopfdrehung	Kopfdrehung
Virtuelle Realität	Handschuhaktivierung	Körperaktivierung
Virtuelle Realität	Sonstige Bewegungen	Keine Reaktion

Neue Wahrheitsprüfungen und Quellenverweise

Bei wissenschaftlichen Büchern und Artikeln ist es üblich, mit Hilfe von Fußnoten und Verweisen die benutzten Quellen zu dokumentieren, damit der Leser die vom Autor aufgestellten Behauptungen überprüfen kann. Bei Bildmaterial haben bisher Bildunterschriften denselben Zweck erfüllt. Weil Texte und Bilder durch das Druckverfahren inhaltlich sehr stark fixiert werden, mußte man etwaige Veränderungen bisher deutlich kennzeichnen. Fußnoten, Verweise und Bildunterschriften galten daher in der Vergangenheit als ausreichende Garantien für die Authentizität von Behauptungen. Die elektronischen Medien haben allerdings unsere Möglichkeiten erheblich erweitert, Texte und Bilder umzugestalten. Ein mit einem Textverarbeitungsprogramm wie Word oder WordPerfect verfaßtes Buch beispielsweise läßt sich sehr leicht inhaltlich abändern. Wenn man auf solche Texte direkten Zugriff hat, woher sollen wir dann wissen, welche Version uns gerade präsentiert wird? Derzeit sind die je neuesten Versionen (Backups) zwar datiert, ohne daß dies freilich auf den Ausdrucken zu erkennen wäre. Wir brauchen neue Techniken, die den Zeitpunkt etwaiger Änderungen dokumentieren, und neue Möglichkeiten, frühere Textvarianten zu archivieren.

Wir brauchen elektronische Äquivalente für -veränderte Versionen- oder -Neuaufgabe... Software wie der von Digital entwickelte linkworks version manager gestattet es dem Benutzer festzustellen, wer wann welche Details verändert hat. Diese Software erlaubt es aber auch, auf sieben unterschiedlichen Ebenen auf Textmaterialien Zugriff zu nehmen. Diese in der Geschäfts- und Wirtschaftswelt inzwischen allgemein akzeptierten Standards sollten nach Möglichkeit auch in den wissenschaftlichen Bereich übernommen werden.

(Abb. 7) Sieben verschiedene Zugriffsebenen, wie sie in der Linkworks-Software verfügbar sind:

1. Standard
2. Persönlich
3. Interne Verwendung
4. Zur Information
5. Inteme Verwender Info

- 6. Zur Kenntnisnahme
- 7. Mit Bitte um Rückmeldung

Ähnliche Probleme bereitet aber auch die derzeit gebräuchliche CAD-Software, mit der der Benutzer Bilder editieren und verändern kann. Elemente einer Szene lassen sich ohne weiteres in andere Bilder einbauen, so daß ganz neu zusammengesetzte Bilder entstehen, und eben deshalb haben diese neuen technischen Möglichkeiten ganz erheblich zur oben erwähnten Fragmentierung der Illusion beigetragen. Die heutigen bildverarbeitenden Software-Angebote wie PhotoShop, PhotoStyler oder TBase bieten die Möglichkeit, die Bildauflösung zu verändern (z. B. 1024 x 768 oder 640 x 480), mit schwankenden Bildpunktgrößen (Dithering) zu arbeiten, zu filtern, aus verfremdeten Versionen das Originalbild wiederherzustellen (Resampling) oder den Maßstab zu verändern. Hat man ein Bild jedoch einmal derartigen Transformationsprozessen unterzogen, so werden sie auf dem Bild nicht vennerkt. Es sollte daher eine Reihe - für gewöhnlich vielleicht unsichtbarer - Bildunterschriften geben, die die technischen Eigenschaften des Originalbildes dokumentieren sowie etwa daran vorgenommene Änderungen. Einige der Schwierigkeiten, die diese bilderzeugenden Programme hinsichtlich der Autentizität von Bildern mit sich bringen, hat Mitchell^{xxxiv} erst unlängst in einer wichtigen Studie thematisiert; sie werden aber derzeit auch auf dem Internet diskutiert.^{xxxv} Firmen wie Kodak^{xxxvi} haben sogar erhebliche Energien in die Entwicklung geheimer Verfahren investiert, die es erlauben fest. zustellen, ob an einem Bild, das als Fotografie -begonnen- hat, später Veränderungen vor. genommen worden sind. Ohne solche Vorkehrungen würde die Fotografie als Beweismittel in juristischen Auseinandersetzungen schon bald jeden Wert verlieren.

Wenn Bilder künftig ihre wissenschaftliche und juristische Respektabilität nicht einbüßen sollen, wird es notwendig sein, bestimmte für die Überprüfung von Texten entwickelte Techniken entsprechend zu adaptieren. So haben beispielsweise Manuskript-Experten (sogenannte Kodikologen und Paläographen) subtile Methoden entwickelt, die es erlauben festzustellen, welches Manuskript von welchem anderen Manuskript abkopiert worden ist- auf diese Weise läßt sich sogar so etwas wie der Stammbaum (stemma) einer Texttradition aufzeichnen. Auch im Bereich der Bilder brauchen wir derartige -Stammbäume-, damit wir (wo möglich) die Zahl der Generationen bestimmen können, die ein Bild von seinem Original entfernt ist, etwa analog dem Verfahren, mit dessen Hilfe man die verschiedenen Stadien von Drucken feststellen kann (Abb. 8). Außerdem müssen wir wissen, - an den verschiedenen BildGenerationen das Copyright besitzt (oder besessen hat). Nur dann werden wir Bildtexte entwickeln können, die im Bereich der Bilder die Funktion der Fußnote übernehmen können.

(Abb. 8) Stammbaum eines Bildes hinsichtlich der Zahl von Generationen:

1. Original	1. Original	1. Original	1. Original
2. Digitales Bild	2. Foto	2. Foto	2. Foto
	3. Digitales Bild	3. Dia	3. Foto in Buch
		4. Digitales Bild	4. Dia
			5. Digitales Bild

Bei Anwendung eines solchen Systems zur Bestimmung des Stammbaums eines Bildes könnten Museen und Galerien zum Beispiel verfügen, daß lediglich Bilder der zweiten

und dritten Generation in ihren Zuständigkeitsbereich fallen und hinsichtlich ihres Reproduktionsstatus einer Copyright-Prüfung unterzogen werden. Mithin hätten Bilder jenseits der dritten Generation keinen "offiziellen" Status mehr. So könnte man sich in Zukunft etwa auch darauf einigen, daß neue wissenschaftliche Behauptungen durch derartige "offizielle" Bilder abgesichert sein müssen.

In einer eingehenden Abhandlung über Wandmalereien der Renaissance hat Sandström zwischen verschiedenen Ebenen von Unwirklichkeit unterschieden.^{xxxvii} Auch im elektronischen Bereich brauchen wir etwas Entsprechendes, damit der Benutzer erkennen kann, um wie viele "Schritte" ein Bild auf seinem Monitor von der Real-Welt entfernt ist (Abb. 9).

(Abb. 9) Stufenreihe der zur Speicherung von Wissen über die Real-Welt benutzten Medien:

1. Original Real-Objekt
2. Modell des Real-Objekts
3. Fotografie des Real-Objekts
4. Zeichnung des Real-Objekts
5. Geometrische Darstellung des Real-Objekts
6. Algebraische Formel des Real-Objekts

Einige dieser "Stufen", etwa die geometrische Darstellung, ließen sich noch in weitere Modi aufspalten, so daß man zwischen von Hand, -Hilfe eines Instruments oder elektronisch gefertigten Figuren unterscheiden könnte. Die Einführung solcher "Stufen" hätte ferner den Vorteil, für die verschiedensten Bilder und Objektversionen ein neues Kontext-Bewußtsein zu kreieren.

Bei der Bewertung von Bildmanipulationen müssen wir ferner unterscheiden, ob es sich um eine Hinzufügung oder eine partielle Ausblendung von Realität handelt. Berufsfotografen haben es häufig mit Bildern von Herr oder Frau X zu tun, auf denen in Scheinwerferlicht ein Pickel oder ein sonstiger Schönheitsfehler besonders deutlich zutage tritt. Wenn man in solchen Fällen ein wenig retuschiert, ist der Mangel gleich behoben. Solche Beispiele einer Eliminierung unerwünschter Realität unterscheiden sich deutlich von Fällen, in denen beispielsweise einer Szene eine Figur hinzugefügt worden ist, um jemanden zu kompromittieren. Fachleute wissen ganz genau, daß jedes Medium und jede Technik bestimmte Spuren hinterlassen und ihre eigenen Artefakte hervorbringen. Solche Spuren sollten dokumentiert und in einer eigenen Datei abgelegt werden, so daß sie unter normalen Umständen verborgen bleiben, in ungewöhnlichen Situationen jedoch eingesehen werden können, etwa so, wie wenn man im Zweifelsfall im Fußnotenapparat am Ende eines Buches nachsieht.

Zusammenfassung

Nach dem zeitweiligen Niedergang der perspektivischen Darstellung zwischen 1914 und 1945 haben sich die Anwendungsmöglichkeiten der Perspektive in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts erheblich vermehrt. Für diese Wiedergeburt wurden vorstehend die folgenden Gründe genannt: das immense Bevölkerungswachstum, das eine systematische Erfassung und Umgestaltung unserer gebauten Umwelt, aber auch der physischen Welt insgesamt erforderlich gemacht hat; neue Entwicklungen auf dem Feld der Luftfotografie, das Kino, die Techniken der Computer-Grafik und der Virtuellen Realität.

Im zweiten Teil des Aufsatzes werden dann die in der Renaissance und in der Moderne üblichen Verwendungsweisen der Perspektive miteinander verglichen und einander gegenübergestellt. Während die Künstler der Renaissance eine statische, auf einen Punkt orientierte Linearperspektive bevorzugten, hat die Moderne ihre ganze Aufmerksamkeit auf immer weitergehende, dynamische Transformationen gerichtet. Gilt für die Renaissance-Perspektive eine strikte Eins-zu-eins-Korrespondenz zwischen Original-Objekt und Bild, so hält die Moderne eine ganze Reihe "perspektivischer" Alternativen bereit, die von der theoretischen über die angenommene, die mögliche, die transponierte bis zur bewußt angestrebten Nicht-Korrespondenz reichen. Diese neuen Arten der Korrespondenz - wie auch in letzter Zeit die Technik der Virtuellen Realität haben die Möglichkeiten perspektivischer Darstellung erheblich erweitert. Freilich ist eine der Nebenwirkungen der heutigen Anwendungsmöglichkeiten der Perspektive eine ganz neuartige Fragmentierung der Illusion. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, wurde die Einführung neuer Wahrheitsprüfungen angeregt.

Danksagung

Ich danke Dr. Jonathan Shekter und David Pritchard für die Lektüre des Aufsatzes und für ihre konstruktive Kritik. Ferner danke ich den folgenden Personen für ihre Unterstützung: Robert Lansdale für die Bereitstellung der Diagramme 2-4; Professor Derrick de Kerckhove für den Hinweis auf das GiottoStadt Projekt und für Fußnote 27; Jordan Christensen für Fußnote 35 und Ed Barry von Kodak Kanada für die Fußnoten 19 und 36. Eric Dobbs möchte ich dafür danken, daß er mich auf die Bedeutung der kulturellen Unterschiede hingewiesen hat.

Fußnoten

ⁱ Fritz Novotny, *Cezanne und das Ende der wissenschaftlichen Perspektive*, Wien, 1939

ⁱⁱ H. H. Amason, *A History of Modern Art*. London (1969) 1983. S. 9

ⁱⁱⁱ In dieser Periode (1927) hat auch Panofsky seinen bahnbrechenden Essay über *Die Perspektive als symbolische Form* geschrieben. Aber die eigentliche Diskussion über dieses Thema setzte erst später ein. Vgl. zum Beispiel: John White, "Developments in Perspective," *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, London 1949-1951 und die Widerlegung durch H. M. Pirenne: "The Scientific Basis of Leonardo da Vinci's Theory of Perspective," *The British Journal for Philosophy of Science*, Edinburgh, 3, 1952, S. 169-185. In dem vom Autor verfaßten Buch *Literature on Perspective*, das als

Band drei einer vierbändigen StandardBibliographie zum Thema Perspektive verschieren wird. wird es eine wesentlich eingehendere Auseinandersetzung mit dieser Diskussion geben.

^{iv} Es ist interessant, daß sich erst in den zwanziger und dreißiger Jahren wegen der in Grossbritannien üblichen first angle und der in den Vereinigten Staaten gebräuchlichen third angle projection nationale Standards des Technischen Zeichnens herausgebildet haben.

^v Eine einführende Bibliographie der Algorithmen zur perspektivischen Darstellung in Computer-Grafiken bietet: Wiliam G. Mitchell. *The Re-Configured Eye. Visual Truth in the Post-Photographic Age*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1993, S. 244 ff..

^{vi} Siehe: Mitchell, *The Re-Configured Eye*. (wie in Fußnote 5), S. 117-135

^{vii} Siehe den Aufsatz des Autors "DeveLopments in Perspective", in: *The Visual Mind. Art and Mathematics*, hr. v Michele Emmer. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1993. S. 199-205

^{viii} Jurgis Baltrusaitis, *Anamorphoses ou perspectives curieuses*, Paris, 1957.

^{ix} Christoph G. Brandenberger. *Koordinatentransformation für digitale kartographische Daten mit Lagrange- und Spline Interpolation*, Zürich: Institut für Kartographie, Eidgenössische Technische Hochschule, 1985

^x Eine weitere Beschreibung findet sich bei: Bruno Ernst. *Der Zauberspiegel des Maurits Cornelis Escher*, Berlin, 1986.

^{xi} Eine genaue Definition des Unterschieds zwischen Vektor. und Rastgrafiken findet sich bei: Willam G. MitcheII. *The Re-Configured Eye*, (wie in Fußnote 5), S. 4 ff.

^{xii} Siehe: William G. Mitchell. *The Re-Configured Eye*, (wie in Fußnote 5), S. 154

^{xiii} Ebenda, S. 4

^{xiv} Robert Lansdale, *Texture Mapping and Resampling for Contour Graphics*, M.A.Sc. Department of Electrical Engineering. Universität Toronto, Januar 1991.

^{xv} Eine genauere Analyse dieser Probleme würde sich damit befassen, wie Lansdales Methode, die eine extension of image precision algorithms ist, die in der Renaissance Perspektive übliche Projektionsrichtung umkehrt, während object precision algoritms die in der Renaissance Perspektive übliche Projektionsridrtung beibehalten.

^{xvi} Benoit Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, New York, 1977.

^{xvii} Michael Fielding Barnsley, *Fractals Everywhere. The Frst Course in Deterministic Fractal Geometry*, Boston: Academic Press. 1988.

^{xviii} Siehe.: L Casey Larjani, *The Virtual Reality Primer*. New York, 1993. Farb. Abb. 4.

^{xix} *The Kodak Guide to Imaging*. hg. v. Michael D. Gurley, Frederick P Burger, Rochester: Eastman Kodak. 1993, S.5.

^{xx} Siehe: - Michael McGreevy. "Virtual Reality and Planetary Exploration," *Virtual Reality. Applications and Explorations*, hg. Von Alan Wexelblatt, Boston: Academic Press. 1993. S.I63-197.

^{xxi} Eine Vertiefung dieser Diskussion findet sich in dem Beitrag des Autors: "Ottica, percezione e propspettiva" in: *Specchi americani: riflessi e metamorfosi delle tradizioni filosofiche europee nel nuovo mondo*, hrg. v. Caterina Marrone, San Sepolcro, 1994 (III Convegno di studi filosofici di San Sepolcro).

^{xxii} Charles Champlin, George Lucas, *The Creative Impulse, Lucasfilm's first 20 Years*, New York, 1992. Eine detailliertere Untersuchung bietet Thomas G. Smith, *Industrial Light and Magic. The Art of Special Effects*, New York, 1986

^{xxiii} Vgl. Steve Austakalnis, David Blatner, *The Art and Science of Virtual Reality. Silicon Mirage*, Berkeley: Peachpit Press. 1992, S. 238ff.; für diesen Zweck sind genaue Programme entwickelt worden, nämlich n-Vision und Capri.

^{xxiv} Siehe: Grigoire Burdea, Philippe Coiffet. *La réalité virtuelle*. Paris: Hermes, S. 196. Dieses Buch enthält auch auf S. 355-376 - Literaturhinweise.

^{xxv} Armand Fellous, "STV-Synthetic TV: From Laboratory Protototype to Production Tools," *Virtual Worlds and Multimedia*, hg. v. Nadia Magnenat Thalmann und Daniel Thalmann, Chichester 1993, S. 127-133

^{xxvi} Gerhard Schmitt, "Virtual Reality in Architecture," *Virtual Worlds*, (wie im Fußnote 14), S.85-97.

^{xxvii} Francesco Antinucci (Rom), La città di Giotto. Installazione di realtà virtuale, Realizzazione: Infobyte; Produzione: Istituto di psicologia del CNR in collaborazione con ENEL. Bericht in: *Futuro remoto*, 25 Novembre-15. Dicembre 1993, Mostra d'Oltremare, Napoli, Ercolano: La Buona Stampa, 1993, (S. 14).

^{xxviii} Einer der interessantesten Aspekte der sich zunehmend internationalisierenden Szene ist die Tatsache, daß die gleiche Software mit verschiedenen Zielsetzungen sowohl in Japan als auch in Kanada und den Vereinigten Staaten verwendet wird; gleichzeitig entwickeln in Toronto ansässige Firmen Programme für Kanada, Japan und die Vereinigten Staaten.

^{xxix} Aufgründessen ist eine ganz neue Disziplin der wissenschaftlichen Visualisierung entstanden. Eine Einführung in dieses Gebiet bietet: Richard Mark Friedhoff. William Benzon, *The Second Computer Revolution. Visualization*, New York 1989.

^{xxx} Warren Robinett, "Electronic Expansion of Human Perception," *Whole Earth Review Magazine*, San Francisco, Herbst 1991, S. 16-21. Eine faszinierende Anwendungsmöglichkeit dieses Prinzips, verfolgt Robinett in seinem Artikel: "The Nanomanipulator: A Virtual Reality Interface for a Scanning Tunneling Microscope," CB#3175, UNC, Chapel Hill NC 27599-3175. Robinett hat auch einen der Standard-Versuche unternommen, die durch die neuen Techniken ermöglichten Erfahrungen zu klassifizieren, und zwar in: "Synthetic Experience. A Proposed Taxonomy," *Presence*, Cambridge. Mass., Bd. 1. Nummer 2. Februar 1992. S. 229-247.

^{xxxi} Steve Austakalnis, David Blatner, *The Art and Science of Virtual Reality*, (wie in Fußnote 16). S. 23f.

^{xxxii} Ken Pimmetel und Kevin Teixeira, *Virtual Reality. Through the New Looking Glass*, New York, 1992. S. 7-17

^{xxxiii} Einen Überblick über neue Untersuchungen auf diesem Gebiet bietet: Michael Kiene, Giovanni Paolo Pannini, Römische Veduten aus dem Louvre, Braunschweig. Herzog Anton Ulrich Museum, 1993.

^{xxxiv} William G. Mitchell, *The Re-Configured Eye*, (wie in Fußnote 5).

^{xxxv} Das folgende verdanke ich: Newsgroups: sci.crypt, talk.politics, crypto,sci.answer, news. Answers, talk answers; Thema: Cryptography FAQ (01/10: Overview). Datum: 17. Januar 1994

Organisation: The Crypt Club; Reply-To: crypt-comments@math.ncsu.edu

Viele Leute haben sich in diesem FAQ beteiligt in alphabetischer Reihenfolge: Eric Bach, Steve Bellovin, D. Bernstein, Nelson Bolyard, Carl Ellison. Jim Gillogly. Mike Gleason, Doug Gwyn, Lukke O'Connor, Tony Patti, William Setzer. Für etwaige Auslassungen bitten wir um Entschuldigung: "06.8. Was ist Authentifizierung und das Schlüssel/Austausch Problem?"

Das Schlüssel/Austausch Problem impliziert (1) die Gewährleistung dass Schlüssel so ausgetauscht werden dass Absender und Empfänger die Chiffrierung wie die Dechiffrierung vornehmen können, und zwar auf eine Weise, die (2.) sicherstellt, dass ein Lauscher den Code nicht knacken kann. Die Authentifizierung verlangt zusätzlich, dass der Empfänger (3) die Zusicherung hat, daß eine Botschaft von einer gegebenen Entität nicht von 'sonst jenden' chiffriert worden ist

Die einfachste Methode zu gewährleisten dass alle obne genannten Bedingungen erfüllt sind (das heisst, dass ein erfolgreicher Schlüssel-Austausch und eine gültige Authentifizierung stattgefunden haben), ist die private Schlüsselchiffrierung, also der geheime Schlüssel-Austausch. Man bemerke, dass das Problem der Authentifikation bei dieser Vorgehungsweise indirekt gelöst wird. Denn unter dieser Voraussetzung besteht Grund zu der Annahme, daß nur der Absender über den Schlüssel verfügt, der es gestattet, für den Empfänger bestimmte plausible Botschaften zu chiffrieren. Zwar erleichtert die Arbeit mit öffentlichen chiffrierten Schlüsseln einen kritischen Aspekt des Schlüssel-Austausch-Problems, aber insbesondere der Widerstand, den diese Methoden - selbst in Anwesenheit, eines passiven Lauschers während des Schlüssel-Austauschs—der Analyse entgegensetzen, bewirkt, dass sie nicht alle mit dem Schlüssel-Austausch verbundene Probleme zu lösen vermögen. Insbesondere da die Schlüssel als 'öffentliches Wissen' gelten (besonders bei Anwendung des RSA-Systems), bedarf es noch einiger weiterer Mechanismen, um Authentizität zu beweisen, weil der 'Besitz' von Schlüsseln (die ausreichen, verständliche Botschaften zu chiffrieren) allein noch nicht die ganz konkrete Identität eines Absenders zu belegen vermögen.

Eine Lösungsmöglichkeit bestünde darin, einen Mechanismus der Schlüsselverteilung zu entwickeln, der gewährleistet daß die aufgelisteten Schlüssel auch tatsächlich zu der jeweiligen Entität oder vertrauenswürdigen Autorität, gehören.. Diese Autorität würde im Normalfall nicht wirklich Schlüssel generieren, sondern gewährleistet lediglich durch einen bestimmten Mechanismus, daß die für Absender und Empfänger als Kontrollmittel bereitgehaltenen Schlüssel-Listen korrekt sind. Wieder ein anderes Verfahren stützt sich darauf daß die Anwender die Schlüssel untereinander verteilen und überprüfen und sich auf dieses informelle Verteilungsverfahren verlassen. Dieses Verfahren ist insbesondere - durch die PGP-Software popularisiert worden die das Modell als Vertrauens-Netzwerk bezeichnet.

Wenn ein Anwender unter RSA Bedingungen zusätzlich der chiffrierten Botschaft einen Beweis für seine Identität übermitteln möchte, dann chiffriert er einfach mit Hilfe seines privaten Schlüssels eine ‚Signatur‘, die jener Botschaft beigegeben wird, die dem Empfänger unter einer öffentlichen Schlüssel-Chiffre zugesandt wird. Der Empfänger kann den RSA Algorithmus dann umgekehrt verwenden, um zu verifizieren, ob sich die ‚Signatur, sinnvoll dechiffrieren läßt, so daß nur die betreffende Entität den normalen Text durch Verwendung des geheimen Schlüssels chiffriert haben kann. Üblicherweise handelt es sich bei der chiffrierten ‚Signatur, um eine ‚Text-Kurzfassung‘, der eine einzigartige mathematische ‚Zusammenfassung‘ der geheimen Botschaft eingelügt ist {würde die Signatur über mehrere Botschaften hinweg gleich bleiben, könnten frühere Empfänger - ist sie einmal bekannt - sie mißbrauchen. Unter diesen Umständen könnte theoretisch nur der Absender der Botschaft für diese eine gültige Signatur generieren und sie auf diese Weise für den Empfänger authentifizieren. Digitale-Signaturen haben noch viele andere Design-Eigenschaften, wie in Sektion 7 beschrieben.

^{xxxvi} Eine Behandlung dieser Probleme findet sich in: *Ethics, Copyright and the Bottom Line*, hg. v. Stewart McBride, Camden: Center for Creative Imaging; dort besonders: Fred Ritchin, "Image Based Society." S. 29-36. Aufschluss über die Kodak Forschungen gibt: "When it's created it's copyrighted," in: *The Kodak Guide to Imaging*, hg. v. Michael D. Gorley. Frederick P. Burger. Rochester: Eastman Kodak, 1993, S. 391. Es gibt auch unter dem Namen Electronic Picture Round Table (EPX)- ein vom ASNP finanziertes und von Kodak unterstütztes - elektronisches Bulletin Board. Siehe auch Fred Ritchins Buch: *In own Image. The Coming Revolution in Photography*.

^{xxxvii} Sven Sandstrom. *Levels of Unreality. Studies in Structure and Construction in Italian Mural Painting*. Uppsala, 1963 (Acta Universitatis Uppsalensis, Figura. Neue Serie 4).