

Untersuchungen zum

Wahrnehmungsrealismus

von Abbildern und Bildern – computergrafische Optimierungsansätze im Spannungsfeld von bildhafter Gestaltung, virtueller Architektur und visueller Wahrnehmung.

Dissertation (Kurzfassung)

zur Erlangung des akademischen Grades Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt an der

Technischen Universität Dresden

Fakultät Informatik

eingereicht von

Ingmar S. Franke, M. Sc. Computational Visualistics

geboren am 9. Februar 1976 in Magdeburg

Betreuender Hochschullehrer und Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. habil. Rainer Groh

(Technische Universität Dresden)

Gutachter:

Prof. Dr. rer. nat. Oliver Deussen

(Universität Konstanz)

Fachreferent:

Prof. Dr. Dr. psych. habil. Boris Mitrofanovich Velichkovsky

(Technische Universität Dresden, Lomonossow-Universität Moskau)

Dresden, Dezember 2014

Prolog

Mein Forschungsinteresse der letzten Jahre galt der Untersuchung von Bildstrukturen von Abbildern und Bildern sowie entsprechenden Prozessen und Verfahren zu deren Erstellung und ihrer Wirkung auf den Menschen, denn ein Interface ist als ein Bild zu verstehen. Ein besonderes Anliegen war es mir, Möglichkeiten zur Optimierung einer virtuellen Architektur in der Virtuellen Realität zu identifizieren. Für mich steht der Begriff der Architektur für die Auseinandersetzung des Menschen mit dem Raum, in dem er lebt und den er verändert, und dem Bild dieses Raumes. Sowohl die geometrische Grundlage abzubildender Gegenstände als auch die Abbildung als Verfahren können optimiert werden. Dementsprechende Konzepte müssen das Spannungsfeld zwischen a) den vorherrschenden Technologien (bedingt bspw. durch die Informatik), b) den gegebenen Methoden der bildhaften Gestaltung und c) der visuellen Wahrnehmung des Menschen berücksichtigen (siehe Abb. 1).

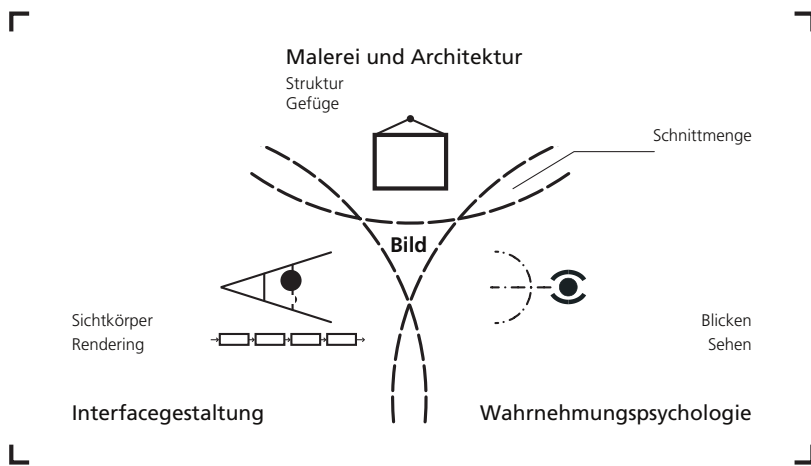


Abbildung 1:
Eingrenzung des Forschungsfeldes
in Form eines Spannungsdreiecks von
Informatik, Gestaltung und Psychologie.

2/10

1. Einleitung

Ein Maler bewegt sich bei der Erstellung seines Werkes, um mit allen seinen Sinnen die Umwelt einzufangen und diese im Ergebnis seiner Arbeit abzubilden. Er sammelt Informationen. Dazu nimmt er beliebig viele Standpunkte ein, um verschiedene ‚Blicke nehmen‘ zu können (vgl. [Groh 2005], [Groh 2014]). Durch seine visuelle Wahrnehmung und kognitiven Fähigkeiten ‚sieht‘ der Maler. Dazu ist er befähigt, wie jeder andere Mensch auch. Darüber hinaus verarbeitet der Maler die ihm vorliegenden Informationen und Erkenntnisse zu einem Bild. Währenddessen ist er sich über bestimmte Zusammenhänge der Umwelt aus seiner Erfahrung bewusst, wie die Optik, die Physik, die Zeit oder andere Rahmenbedingungen sowohl Gegebenheiten. Dieses Wissen über die Umwelt lässt der Maler in sein Bild wie selbstverständlich einfließen. Zur Erleichterung seiner Tätigkeit nutzt er unter anderem bestimmte Techniken oder Technologien, wie einen beliebigen Umgang mit der Camera obscura (vgl. [Hansen 1938]). Mit der Camera obscura lassen sich Abbilder skizzenhaft strukturieren. Der Maler kann verschiedene Strukturen ineinander verschachteln. Er kann mit unterschiedlichen gestalterischen Mitteln beliebige Bildstrukturen anlegen und ein Bild komponieren.

Ziel der Arbeit ist es, bewährte Vorgehensweisen der Malerei für moderne Abbildungsverfahren zu gewinnen. Die Malerei, historisch gesehen insbesondere die der Renaissance, ist ein Vorbild. Gemälde der Neuzeit sind Kompositionen, oft unter der mehrfachen Verwendung der Camera obscura in einer Bildstruktur. Das Ziel sind wahrnehmungsrealistische Bilder. Die wahrnehmungsrealistische Bearbeitungs- und Verformungstechniken der Kunst-, der Geistes-, und der Kulturwissenschaften sind folglich für Fachgebiete, wie die Computergrafik relevant und gegebenenfalls zu implementieren. Ein bewährtes Prinzip in der Malerei ist das der Linearperspektive, die in der Regel eine Multi-Perspektive ist. Das vorherrschende Verfahren beim Erstellen von sogenannten „technischen Bildern“ (vgl. [Flusser 2000]) ist hingegen die Zentralprojektion, die als Ergebnis eine Mono-Perspektive erzeugt. Eine nähere Betrachtung der Malerei aus Sicht der Computergrafik ist somit motiviert. Es ist ein ‚vertiefendes‘ Verständnis für die Zusammenhänge und Unterschiede von Perspektive und Abbildung zu schaffen. Ein Ausgangspunkt der Betrachtung stellt das oben erwähnte Spannungsdreieck aus Informatik, Gestaltung und Psychologie dar. Entsprechende Thesen lassen sich ableiten (siehe Kapitel 1).

2. Grundlagen

Die folgenden grundlegenden Aspekte sind dabei von Relevanz. Es gibt verschiedene Arten von Perspektiven. Für die vorliegende Thematik ist zwischen der Mono- und der Multi-Perspektive zu differenzieren. Die Multi-Perspektive kann zwischen einer ‚diskreten‘ und ‚kontinuierlichen‘ Ausprägung unterschieden werden. Multi-Perspektiven können Formen der Binnen- und der Bedeutungsperspektive sowie die umgekehrte Perspektive enthalten. Entsprechende Teilaspekte sind zu betrachten. Im Ergebnis dessen stellt die vorliegende Arbeit unterschiedliche Ausprägungen von Multi-Perspektiven und einen entsprechenden Klassifizierungsansatz vor (siehe Abb. 2, siehe Abschnitt 2.1.5).

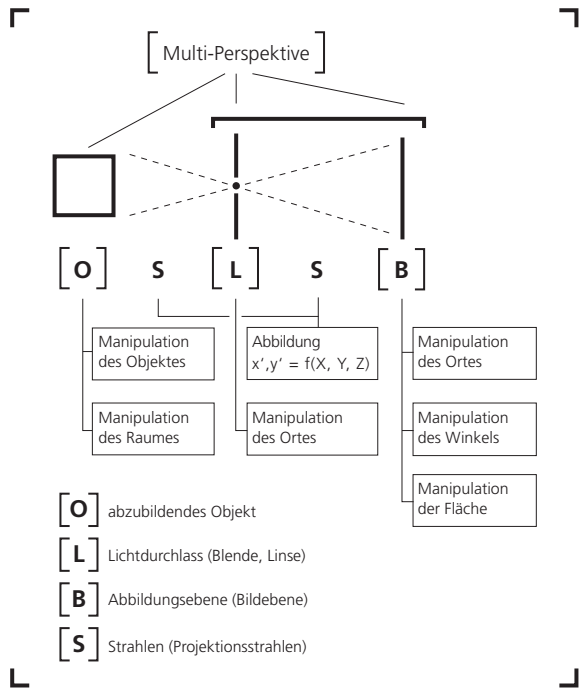


Abbildung 2:
Ordnungssystem beziehungsweise
Klassifizierungsansatz bezüglich Multi-Perspektiven
(nach [Franke 2005, S. 492]).

Bilder oder bildähnliche Werke lassen sich entsprechend ihrer Art und Weise untersuchen. Die Arbeit betrachtet dabei den Text, die Skizze und andere Formen der bildhaften Vermittlung. Ein Bildwerk kann auch hinsichtlich seiner Bildstruktur betrachtet werden. Im Fachgebiet der Bildsprache wird hierbei zwischen zwei grundlegenden Formen unterschieden: Aggregat- und Systemraum (vgl. [Panofsky 1980]). Die Malerei geht einen Schritt über das ‚reine Verfahren‘ der Zentralprojektion hinaus. Gemälde sind Kompositionen aus mehreren Zentralprojektionen (vgl. [Groh 2014]). Damit sind Gemälde a priori der Multi-Perspektive zuzuordnen. In der Fotografie gibt es besondere Formen, die multi-perspektivische Bildstrukturen erzeugen, beispielsweise die Mehrfachbelichtung. Die Medien Relief, Skulptur und Bühnenbild liefern weitere Ansätze für das Fachgebiet Computergrafik (siehe Abschnitt 2.2).

Aus Sicht eines Abbildungsmechanismus bietet es sich an, die Betrachtung von Aufbau und Funktionsweise des Auges, der Camera obscura, des Fotoapparates, der Filmkamera und das Verfahren der Computergrafik zu untersuchen. Insbesondere das Verfahren der Computergrafik ist vor dem thematischen Hintergrund der vorliegenden Arbeit von besonderem Interesse (siehe Abschnitt 2.3). Um entsprechende Optimierungsansätze für computergrafische Verfahren abzuleiten, sind wahrnehmungspsychologische Erkenntnisse über den Menschen zu berücksichtigen. Bei der visuellen Verarbeitung des Menschen sind biologische Funktionsweisen, beispielsweise die Fixation und die Sakkade des Auges sowie deren Implikationen für die Gestaltung von Bildstrukturen relevant. Das eigentliche Sehen findet im menschlichen Gehirn statt. Das Auge blickt (vgl. [Velichkovsky u. a. 1996]) – und das heißt: Das Auge blickt sukzessive (sakkadisch) und erschließt dem Menschen die Umwelt auf der Basis von zuvor gesammelten (visuellen) Erfahrungen. Dabei greift der Mensch in der Regel auf sein Vorwissen zurück, das im Gedächtnis (visueller Cortex) abgelegt ist. Im Ergebnis steht das ‚Sehen‘. Das ‚Sehen‘ wird implizit von der Kultur beeinflusst. Der Mensch erlernt das ‚Sehen‘ über eine bestimmte Zeit und wird dabei von entsprechenden Stimuli geprägt. Dieser Prozess ist unter anderem die Voraussetzung für das Ziehen von Schlussfolgerungen über das Gesehene. Sachverhalte, wie die Bedeutung, die Bewusstheit aber auch die Täuschung leiten sich ab (vgl. [Goldstein 2002], siehe Abschnitt 2.4).

3. Analyse

Im Rahmen der Analyse sind folgende Punkte zu betrachten: die Bildsynthesephase, der Bildeindruck, das Bildkontinuum (Bild-Raum) und der Bildrealismus. Entsprechende kritische Überlegungen über die ‚Visualisierung‘ als Kommunikationsmittel werden formuliert sowie entsprechende Schlussfolgerungen für das Fachgebiet Computergrafik gezogen, insbesondere vor dem Hintergrund der Verzerrung unserer ‚Wirklichkeit‘ durch Computer (vgl. [Deussen 2007]).

Folgende Aspekte fallen unter die Bildsynthesephasen: der Strom des visuellen Reizes bei der visuellen Wahrnehmung durch den Menschen, die Verarbeitung entsprechender Reizinformationen, die Form- und die Gestaltsynthese, die Entwicklung entsprechender Visualisierungstechnologien und ihre Implikationen auf den Menschen. Bereits an dieser Stelle lassen sich neue Forschungsbereiche aufzeigen, beispielsweise der Zusammenhang von ‚Zeitlichkeit und Interaktion‘. Es ist zwischen dem ‚Augenblick‘ und der ‚Sehzeit‘ zu unterscheiden, wie auch der eigentliche Bildherstellungsprozess von Relevanz für den Menschen bei der visuellen Wahrnehmung von Bildinhalten ist (siehe Abb. 3, siehe Abschnitt 3.1).

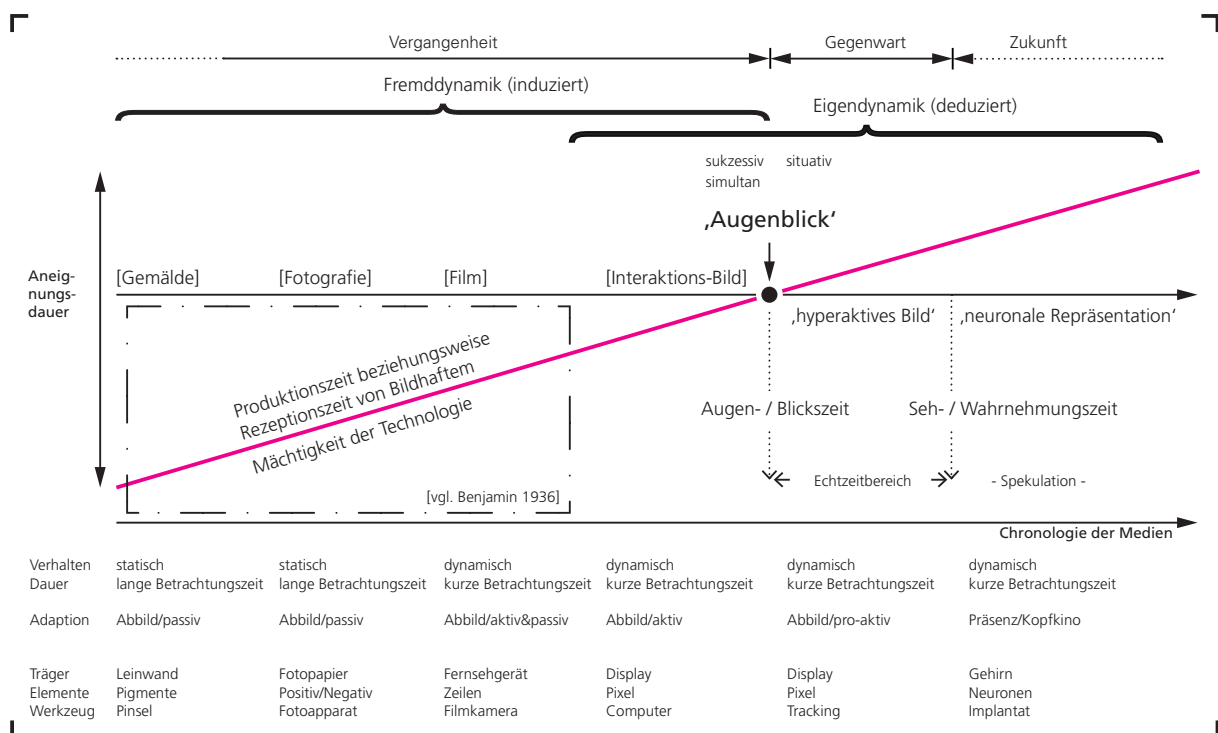


Abbildung 3:
Herstellungsdauer von Bildern versus der Mächtigkeit
von bildgebenden Technologien (nach [Benjamin 1936]).

Mit der Betrachtung eines Bildes ergibt sich einerseits der Bildeindruck, den ein Mensch im Ergebnis der visuellen Verarbeitung im menschlichen Gehirn gewinnen kann (vgl. [Goldstein 2002]). Der Eindruck kann empirisch-analytisch an Bezugssysteme oder an Bezugfelder festgemacht werden. Dafür können folgende Ausgangspunkte benannt werden: ein Augpunkt beziehungsweise ein Projektionszentrum, ein Mittelpunkt, eine reale Linie oder eine Kante in der Umwelt, eine Position und eine Lage, ein genommenes Lot oder die Schwerkraft sowie ein (Bild-)Rahmen oder eine (Bild-)Klammer. Überdies geben die Bühnenwelt, die Außenwelt sowie das menschliche Gedächtnis aber auch Mode und Kultur verschiedene Ordnungsmodelle für entsprechende Bezugssysteme vor. Unter Bezugsfeldern lassen sich subsumieren: das menschliche Gesichtsfeld (also der starre Blick), das menschliche Blickfeld (also der bewegte Blick), das gestaltete Bildfeld (mit seinen Bildstrukturen) und die (relativ tolerante beziehungsweise flexible) Wahrnehmung von (Eigen-)Bewegungen durch den Menschen (siehe Abschnitt 3.2).

Andererseits lässt sich dieses Untersuchungsgebiet ausgehend vom ‚Bildkontinuum‘ her beleuchten. Es bieten sich folgende Bildelemente an: Punkte, Linien, Flächen, Winkel, Räume und Körper. Selbst der Mensch steht Modell im

Bildkontinuum. Bildstrukturell relevante Punkte sind: der Hauptpunkt respektive die geometrische Mitte, das geometrische Zentrum, der Distanzpunkt und das ‚unsichtbare, aber dennoch machtvolle‘ -Off-. Bildstrukturell relevante Linien sind: die Horizont-, die Sagittal- und weitere Fluchtlinien als auch die optische Achse. Von flächiger Wirkung sind: die Lateral-, die Sagittal- und die Horizontalebene sowie der Seh- und der Distanzkreis. Gestalterisch relevante Winkel sind: der Bild- und der Blickwinkel. Komplexere bildstrukturelle Einheiten lassen sich als Körper oder über den Raum definieren, wobei sich diese (begrifflich ähnlich beim Systemraum) in ‚kontinuierliche‘ und ‚diskrete Bauweisen‘ einteilen lassen. Solche ‚Bauwerke‘ lassen mit dem menschlichen ‚Leib‘ (mit seinen messbaren Gliedmaßen) durchschreiten und erleben (siehe Abb. 4, siehe Abschnitt 3.3).

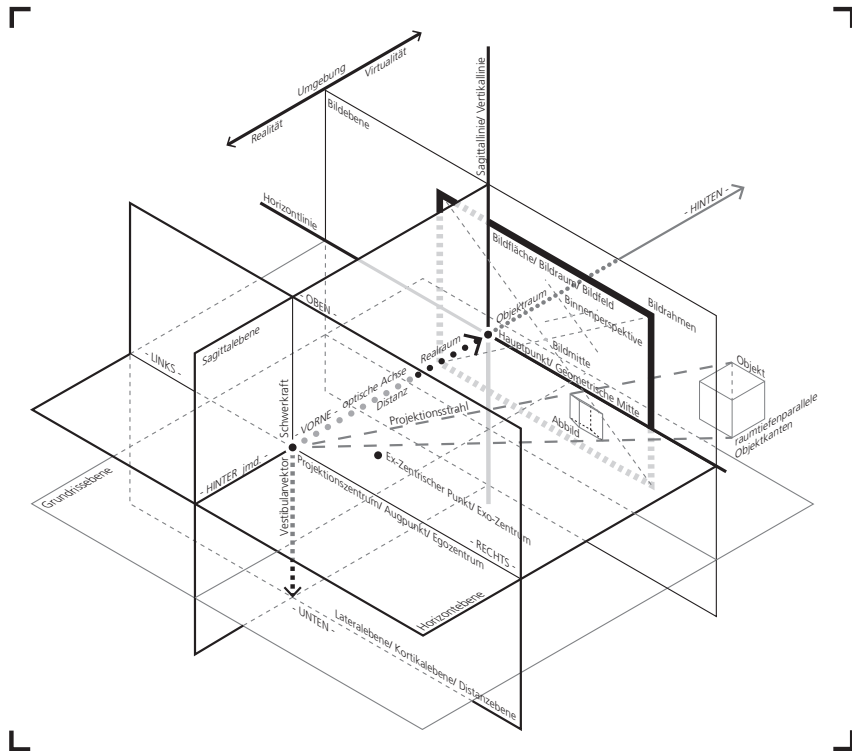


Abbildung 4:
 „Kontinuum zwischen Realität und Virtualität – Schnittstelle Bild“, von INGMAR FRANKE UND FRANZISKA HANNIG (2014).

Die Bildsynthese, der Bildeindruck und das Bildkontinuum beziehungsweise die Bildstrukturen entfalten unter entsprechend ‚geschickter‘ Gestaltung beziehungsweise Beachtung entsprechender ‚Gesetze der Gestaltung‘ ihre Wirkungen. Bilder lassen sich zum Beispiel in fotorealistisch oder nicht-fotorealistisch (non-photorealistic) einteilen.

Mit Blick auf den Menschen als Rezipienten von Bildern führt die vorliegende Arbeit eine neue Qualität ein. Ein Bild muss sich an der Wahrnehmung des Menschen messen lassen. Dies begründet den Ausdruck: ‚Wahrnehmungsrealismus‘, der sich am Aufbau und der Funktionsweise des menschlichen Auges und insbesondere an der visuellen Wahrnehmungsergonomie festmachen lässt. Die Architektur, die Malerei und auch psychologische Erkenntnisse bieten hierbei reichhaltige Ansätze für eine kritische Auseinandersetzung zum Wahrnehmungsrealismus (siehe Abb. 5).

Im Ergebnis dessen lassen sich wiederum entsprechende Schlussfolgerungen für das Fachgebiet Computergrafik ableiten, beispielsweise anhand von computergenerierten Visualisierungen, die als nicht-wahrnehmungsrealistisch bezeichnet werden können. Diese Gegenbeispiele lassen sich ‚leicht‘ erörtern und ebenso kritisch betrachten. Entsprechende computergrafische Relevanz ergibt sich in deren Umkehr. Somit lassen sich Potenziale für die Computergrafik identifizieren. Wahrnehmungsrealismus bedeutet in diesem Zusammenhang, den Menschen mit seinen kognitiven Fähigkeiten und seiner Suffizienz, in das Zentrum von Visualisierungen‘ zu setzen. Damit steht der Mensch auch zukünftig im Mittelpunkt des Forschungsgebietes interaktiver Visualisierungssysteme (siehe Abschnitt 3.4).

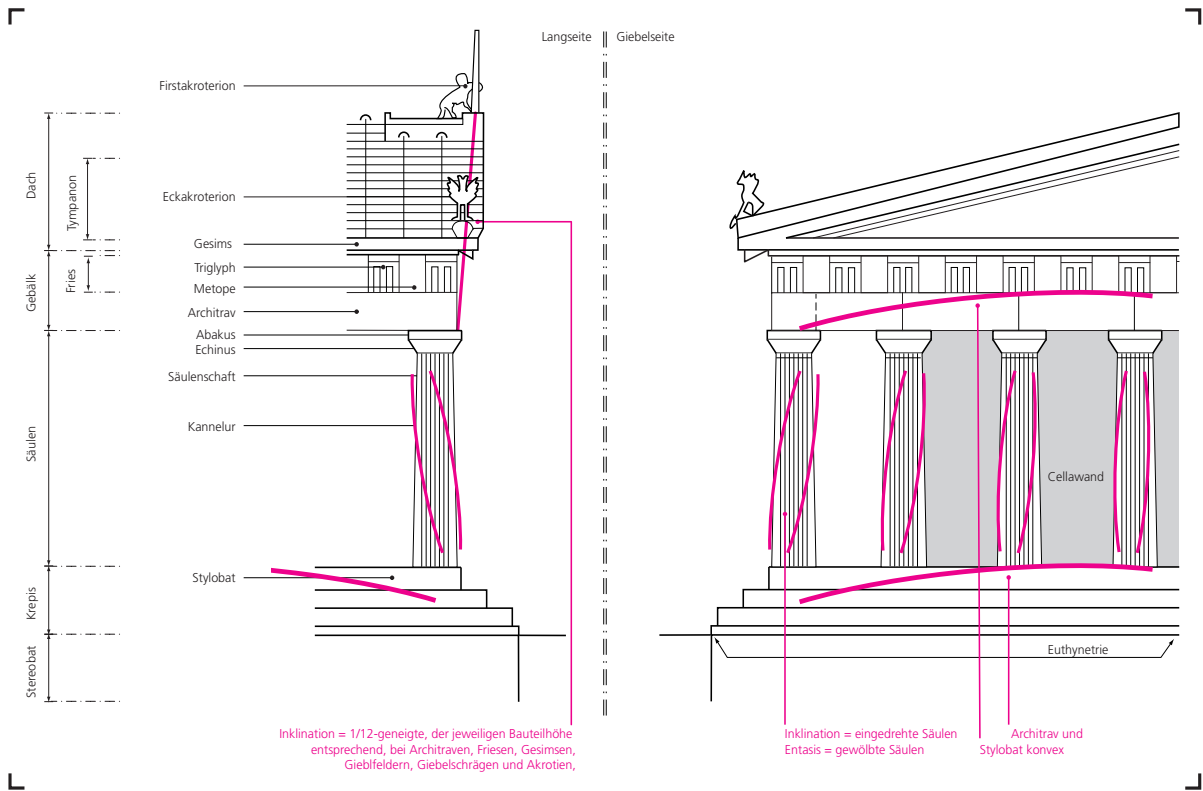


Abbildung 5:
Dorischer Tempel mit ‚Auszeichnung‘ von Kurvaturen
respektive optisch wirkenden Korrekturen (Optimierungen).

4. Synthese

Die Verwendung wahrnehmungskonformer Bildstrukturen stellt ein computergrafisches Potenzial dar, denn eine derartige Gestaltung ist effizienter durch die visuelle Wahrnehmung des Menschen zu konsumieren. Gleich welcher Leistungsfähigkeit ein computergrafisches Visualisierungssystem ist, ist das Bild im Ergebnis doch stets für den Menschen gemacht. Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen bilden daher auch zukünftige Ausgangspunkte der Überlegung beziehungsweise der Entwicklung von visuellen Systemen. Der Fotoapparat unterliegt der Hermetik der Optik - die virtuelle Kamera ist hingegen frei von physikalischen Gesetzen. In Verbindung mit der Echtzeitfähigkeit des Rechners können computergrafische Visualisierungen wahrnehmungsrealistische Bilder generieren. Dabei steht der Aggregatraum der Malerei der zweidimensionalen Computergrafik gegenüber. Hier lässt sich die ‚Desktop-Metapher‘ benennen. Eine entsprechende Metapher, die den Systemraum der Malerei mit der dreidimensionalen Computergrafik verbindet, ist seitens der Forschung ‚angezeigt‘. Es gibt zahlreiche interdisziplinäre Konzepte und Umsetzungsmöglichkeiten, beispielsweise das ‚Eingreifen‘ in die Rendering-Pipeline (siehe Abb. 6, siehe Abschnitt 4.1).

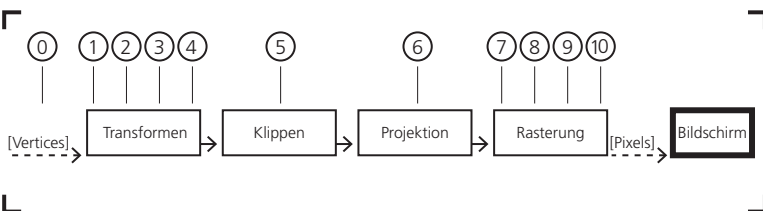


Abbildung 6:
Interventionsmöglichkeiten
bei der klassischen Rendering-Pipeline
(vgl. [Franke u. a. 2005], [Franke 2006]).

Es ist zu beachten, dass es einen wesentlichen Unterschied zwischen den Begriffen Projektion und Perspektive gibt. Eine Zentralperspektive (Abbild/Bild) ist nicht mit einer Zentralprojektion (Verfahren/Abbildung) zu verwechseln. Weiterhin ist zwischen dem Blicken (Optik) und dem Sehen (Prozess) des Menschen zu unterscheiden. Einen Blick kann der Mensch einnehmen. Das Sehen ist das Ergebnis der visuellen Wahrnehmung im Menschen und setzt somit eine Erkenntnis voraus. Dabei kommt es zu dem ‚Effekt‘, dass sich der Mensch beim Sehen flexibel gegenüber den visuellen Reizen versus den eigenen, bereits gesammelten visuellen Erfahrungen zeigt.

Das Sehen des Menschen ist zur Adaption fähig, beispielsweise gegenüber modischen Entwicklungen, kulturellen Einflüssen, etc. Der Eindruck, den ein Mensch von einem Bild gewinnen kann, geht zwangsläufig ‚mit der Zeit‘. Entsprechende Ansprüche an wahrnehmungskonforme Visualisierungssysteme und wahrnehmungsrealistische Bilder lassen sich aufzeigen (siehe Abschnitt 4.2).

Aus den Überlegungen zu einem technischen System, das die Erzeugung von wahrnehmungsrealistischen Visualisierungen zum Ziel hat, können Relationen zwischen dem Menschen und der Kamera abgeleitet werden. Entsprechende Modelle und Methoden lassen sich synthetisieren sowie Faktoren und Parameter benennen. Konkret wird mit der vorliegenden Arbeit ein Mensch-Kamera-Modell eingeführt (siehe Abb. 7).

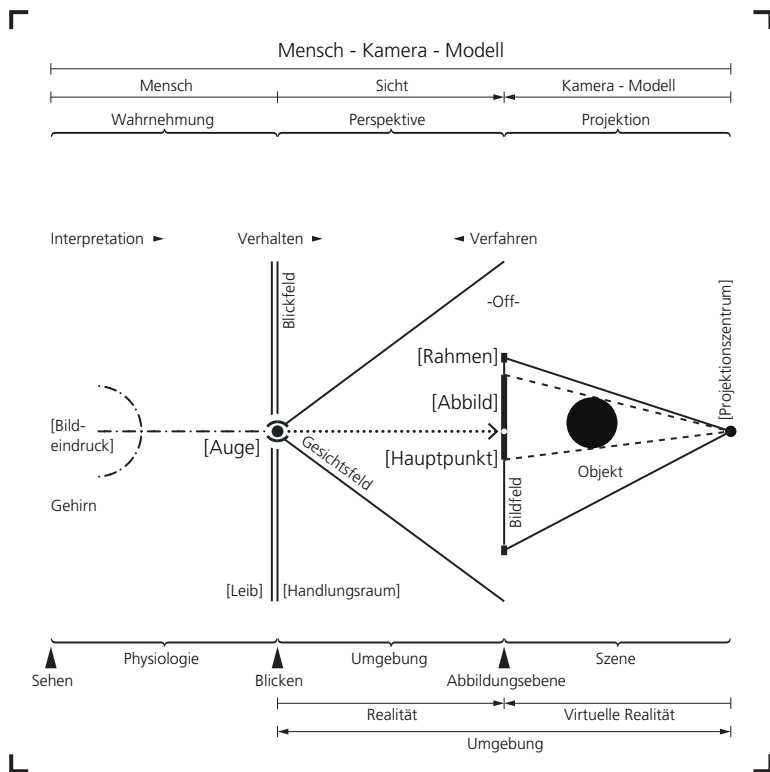


Abbildung 7:
Mensch-Kamera-Modell
in verschiedenen Dimensionen betrachtet.

Im Sinne einer fokussierten Synthese wird am Beispiel des (Bildstruktur-)Elementes Hauptpunkt das Potenzial für computergrafische Visualisierungen hergeleitet. Mit geometrischer Abweichung vom Hauptpunkt eines Bildes ergeben sich im zweidimensionalen Abbild von dreidimensionalen Objekten unter bestimmten Umständen unrealistisch wirkende Verzerrungen. Dies kann unter anderem bei der Verwendung von großen Kameraöffnungswinkeln beobachtet werden. An dieser Stelle wird der neue Begriff ‚Perspektivkontrast‘ eingeführt. Die geometrischen Verzerrungen lassen sich bei näherer Betrachtung in zwei Faktoren zerlegen. Der Perspektivkontrast bedingt sich einerseits in einem Proportions- und andererseits in einem Ausrichtungsanteil. Es ergeben sich entsprechende Perspektivkoeffizienten. Weiterhin lassen sich geometrische Beziehungen in Form einer mathematischen Funktion nebst Wertetabelle und Verzerrungstafel darstellen. Somit wird ein Weg der Optimierung aufgezeigt (siehe Abschnitt 4.3).

Der Ansatz zur Optimierung beziehungsweise die Reduzierung von Verzerrungen lässt sich auf computergrafische Verfahren zur Erzeugung von perspektivischen Projektionen umlegen. Entsprechende Algorithmen, die im Ansatz der Bildhauerei beziehungsweise der Malerei angelehnt werden können, sind detailliert aufgeführt. Die vorliegende Arbeit proklamiert eine objekt- sowie eine kamera-basierte Lösung für die computergrafische Projektion (siehe Abb. 8 und Abb. 9). Diese Optimierungsvorschläge werden verglichen und untereinander abgewogen. Entsprechende Vor- und Nachteile finden ihre Erörterungen. Darüber hinaus wird eine betrachter-basierte Optimierungslösung postuliert. Diese Erkenntnisse führen zur Formulierung einer Handlungsrichtlinie beziehungsweise Gestaltungsvorschrift zur Erzeugung computergrafischer Bildstrukturen, die eine wahrnehmungsrealistische Wirkung durch eine entsprechende Komposition versprechen sollen. Bildstrukturen sind im Bewusstsein über ihre Wirkung auf den Menschen anzulegen (siehe Abb. 10) – diese Tätigkeit ist ein essenzieller Teil der Gestaltungsleistung (siehe Abschnitt 4.4).

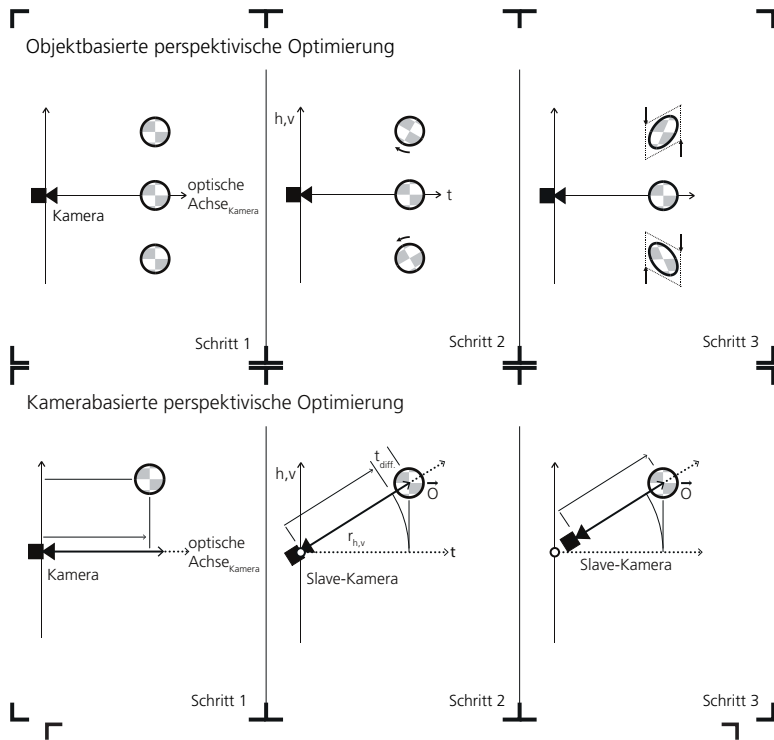
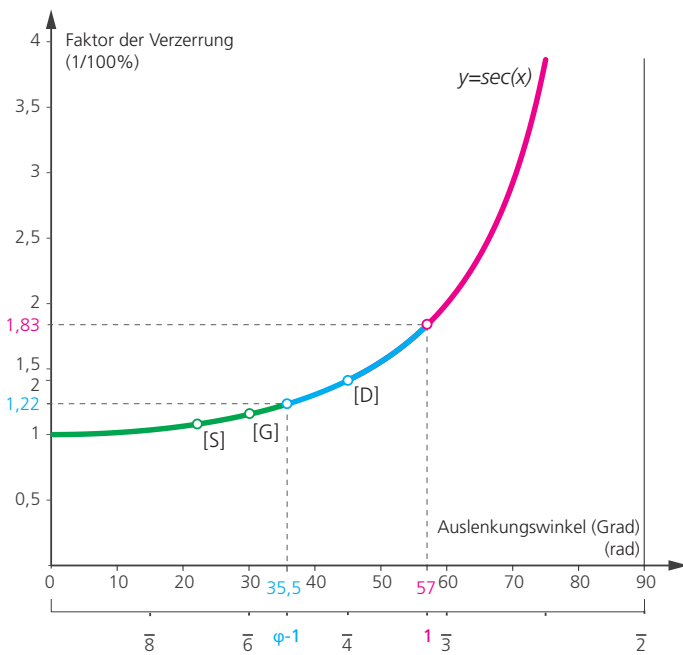


Abbildung 8: Schritte zur objekt-basierten perspektivischen Optimierung (OPO) - Ermittlung der Szenenparameter. Rotation und Scherung des abzubildenden Dialog-Objektes (nach [Franke u. a. 2007]).

Abbildung 9: Schritte zur kamera-basierten perspektivischen Optimierung (KPO) - Rotation der Kamera mit Blick direkt auf das Dialog-Objekt und Anpassung der Größe des Abbildes.



Wahrnehmungsbereiche (vgl. [Yankova und Franke 2008])

- unbewusst wahrnehmbar
- bewusst wahrnehmbar
- störend

Abbildung 10: Abtrag der geometrischen Verzerrung und Wirkung auf den Menschen (eingefärbter Graph).

5. Zusammenfassung und Ausblick

Das zuvor erwähnte Mensch-Kamera-Modell führte am Beispiel des Hauptpunktes zur Einführung des Perspektivkontrastes und der Vorstellung von entsprechenden Optimierungsansätzen (OPO und KPO). Eine Grundlage dieser Ergebnisse war die vorangegangene Synthese von Eingriffsmöglichkeiten in die Rendering-Pipeline.

Diese Eingriffsmöglichkeiten lassen weitere Ansätze für die Forschung aufzeigen und Begrifflichkeiten erörtern, wie: a) Wechselwirkungen von Blickrichtung und Bildfläche (Begriffe: Distanz, Touch, Kulisserie, etc.); b) Aspekte zur Proportion und zur Ausrichtung von Objekten und deren Abbilder (Begriffe: Figur, Grund, Verjüngung, Verdeckung, Lot und Gegenstand, etc.); c) Fragestellungen zur Illusion von Räumlichkeit (Begriffe: Flucht, ‚Vertigo‘, ‚White-out‘, Umlenkung, Erdung und Tiefe); d) Wirkungsweise von Farbe, Licht und Schatten (Begriffe: Farbperspektive, Farbinteraktion, Beleuchtung, etc.) und e) Untersuchungen zu betrachter-basierten Optimierungsansätzen (BPO), (Begriffe: Fixation, Sakkade, Mono-/Binokularität, Prägung, Täuschung, etc.), (siehe Kapitel 5).

6. Implementierung

Nach der Theorie folgen zahlreiche Nachweise über die technische Umsetzbarkeit der vorgestellten Lösungen zur Optimierung von Visualisierungsverfahren. Dazu sei erwähnt, dass einer algorithmisch technischen Umsetzung und einer Integration weiterer gestalterischer Konzepte nachgegangen wird (siehe Abb. 11).

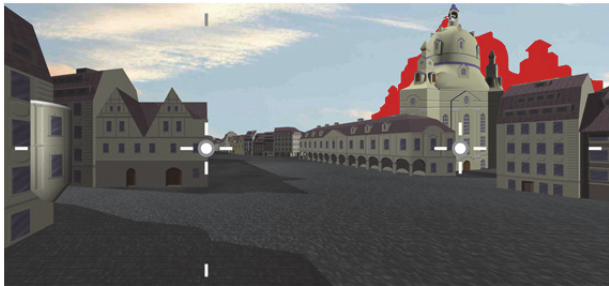


Abbildung 11: Differenzbild zwischen Mono- und Multi-Perspektive, die rote Markierung stellt die konkrete Differenz der beiden Abbilder dar (vgl. [Franke 2010]).

Die Echtzeitfähigkeit von computergrafischen Visualisierungssystemen eröffnet dabei ein erhebliches Potenzial an neuen theoretischen Erkenntnissen und eine Vielzahl von praktischen Einsatzmöglichkeiten. Über diese Fähigkeit lediglich von einem Mehrwert durch die Computergrafik zu sprechen, ist bescheiden, denn die Virtuelle Realität hat zweifelsohne ihre ganz eigenen Möglichkeiten. Es gilt, ihren ‚Eigenwert‘ zu erforschen (siehe Kapitel 6).

7. Studien

Als letzter Teil der vorliegenden Arbeit schließt sich die Beschreibung der Evaluation in Form von drei Studien (Hörsaal- und Laborstudien) an. Diese Studien belegen die Präferenz der Probanden gegenüber multi-perspektivischen Darstellungen. Es wurde die Wirkung von mono- und multi-perspektivischen Bildstrukturen auf den Menschen untersucht: Gemälde, Fotografien und Computergrafiken. Die Probanden zeigten eine Vorliebe (Präferenz) für multi-perspektivische Bildstrukturen. Kontrollbildpaare (Bildpaare mit zwei identischen Bildstrukturen) sichern das Untersuchungsergebnis ab. Motiviert durch diese ersten Untersuchungsergebnisse wurden weitere Experimente durchgeführt und unter anderem das Blickverhalten der Probanden aufgezeichnet. Insbesondere die durch das Eye-Tracking gewonnenen Messdaten: höhere Anzahl von Fixationen und die längere Verweildauer bei derartigen Bildstrukturen unterstützen die ersten Ergebnisse. Weiterhin sind signifikante Unterschiede in der Anzahl und der Dauer der Fixationen festzustellen. Mithin sind diese Ergebnisse eben ‚weniger‘ auf die Bildinhalte sondern auf höhere Faktoren oder Bildstrukturen zurückzuführen, wie diese mit einer wahrnehmungskonformen Komposition beziehungsweise Gestaltung begründet werden. Interessant ist die Feststellung der höheren Fixationshäufigkeit und der längeren Verweildauer bei multi-perspektivischen Bildstrukturen in Relation zur Dynamik der visuellen Aufmerksamkeit. Die Studie zeigt des Weiteren, dass multi-perspektivische Bilder nicht nur subjektiv anders wahrgenommen werden, sondern ebenfalls die Blickverhaltensweise des Menschen beeinflussen. ‚Bekanntermaßen‘ ist die visuelle Aufmerksamkeit des Menschen ein sehr komplexer Prozess (vgl. [Crowe und Narayanan 2000]), der durch verschiedene Ebenen der psychologischen ‚Mechanismen‘ bestimmt ist. Auf der untersten Ebene konstituiert das

menschliche Wahrnehmungssystem ein ‚mentales‘ Bild von der räumlichen Umwelt (vgl. [Itti u. a. 1998]). Objekte und Bereiche höherer, visueller Dichte binden mehr Aufmerksamkeit, mithin schwellen die Häufigkeit und die Dauer von Fixationen an (vgl. [Torralba u. a. 2006]). In diesem Punkt sind die Messergebnisse von mono- und multi-perspektivischen Bildstrukturen miteinander vergleichbar, da jedes Testbildpaar in sich ähnliche Bildinhalte aufweist. Daher ist es ‚ratsam‘, computergrafische Verfahren um multi-perspektivische Freiheitsgrade zu erweitern (siehe Kapitel 7).

Anhang

Angewandte Projekte, die sich unter anderem aus der vorliegenden Forschungsthematik und entsprechenden Ergebnissen eingestellt haben, sind im Anhang der vorliegenden Arbeit aufgeführt (siehe Anhang A-1 ff.).

Literatur

- [Benjamin 1936] Benjamin, W.: Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit (*L'œuvre d'art à l'époque de sa reproduction mécanisée*). In: *Zeitschrift für Sozialforschung, Jahrgang 5*, Paris, 1936.
- [Crowe und Narayanan 2000] Crowe, E. C. und Narayanan, N. H.: Comparing Interfaces Based on What Users Watch and Do. In: *Proceedings of the 2000 Symposium on Eye Tracking Research & Applications (ETRA '00, 6. - 8. November 2000, Palm Beach Gardens)*, 2000 Symposium on Eye Tracking Research & Applications (ETRA '00), ACM Press, New York, S. 29–36, 2000. (ISBN: 1-58113-280-8)
- [Deussen 2007] Deussen, O.: *Bildmanipulation: Wie Computer unsere Wirklichkeit verzerren*. Spektrum, Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007. (ISBN: 3-8274-1900-X)
- [Flusser 2000] Flusser, V.: *Ins Universum der technischen Bilder*. 6. Auflage, European Photography, Göttingen, 2000. (ISBN: 3-923283-44-X)
- [Franke 2005] Franke, I. S.: Multiperspektive versus Ergonomie. In: *Mechanical Engineering from Macro to Nano: 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK'50, 19. - 23. September 2005, Ilmenau)*, Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK'50), Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, S. 488 ff., 2005. (ISBN: 3-932633-98-9)
- [Franke 2006] Franke, I. S.: Reducing the Distance Between Cyber and Culture: From Pictorial Methods to Computer Graphical Images. *International Symposium of Interactive Media Design (ISIMD'06, 28. - 30. April 2006, Yeditepe University, Istanbul, Asia)*, International Symposium of Interactive Media Design (ISIMD'06)(4th), S. 36 – 43, 2006.
- [Franke 2010] Franke, I. S.: Wahrnehmungsrealismus in der Computergrafik. Arbeitsgruppe Computergrafik und Medieninformatik unter Leitung von Prof. Dr. Oliver Deussen, Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft, Universität Konstanz 2010.
- [Franke, Ulrich und Zitzmann 2005] Franke, I. S.; Ulrich, A. und Zitzmann, M.: An Approach Overcoming the Distance between Cyber and Culture. In: *Proceedings of the 3rd Global Conference Cybercultures - Exploring Critical Issues (Cybercultures'03, 11. - 13. August 2005, Praque)*, 3rd Global Conference Cybercultures - Exploring Critical Issues (Cybercultures'03), Inter-Disciplinary Press, Prague, 2005.
- [Franke, Zavesky und Dachzelt 2007] Franke, I. S.; Zavesky, M. und Dachzelt, R.: Learning from Painting: Perspective-Dependent Geometry Deformation for Perceptual Realism. In: Fröhlich, B.; Blach, R. und van Liere, R. J. (Hrsg.): *Proceedings of the 13th Eurographics Symposium on Virtual Environments 2007 and the 10th Immersive Projection Technology Workshop (IPT-EGVE 2007, 15. - 18. Juli 2007, Weimar)*, Eurographics Association in Cooperation with Institute of Computer Graphics & Knowledge Visualization at Graz University of Technology and Institute of Scientific Computing at Technical University at Brunswick, Weimar, S. 117–120, 2007. (ISBN: 3-905673-64-9)
- [Goldstein 2002] Goldstein, E. B.: *Wahrnehmungspsychologie*. Ritter, M. (Hrsg.): Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 2002. (ISBN: 3-8274-1083-5)
- [Groh 2005] Groh, R.: *Das Interaktions-Bild: Theorie und Methodik der Interfacegestaltung*. TUDpress - Verlag der Wissenschaften, Dresden, 2005. (ISBN: 978-3-938863-05-3)
- [Groh 2014] Groh, R.: *Ikonomie der Interaktion: Geschichte, Struktur und Funktion interaktiver Bilder*. TUDpress - Verlag der Wissenschaften, Dresden, 2014. (ISBN: 978-3-944331-69-0)
- [Hansen 1938] Hansen, F.: *Das Jahrhundert der Photographie (Chronica der Camera obscura)*. 2. Auflage, Verlag die Linse, Berlin-Lankwitz, 1938.
- [Itti, Koch und Niebur 1998] Itti, L.; Koch, C. und Niebur, E.: A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions*, 20(11), S. 1254–1259, 1998.
- [Panofsky 1980] Panofsky, E.: *Aufsätze zu Grundfragen der Kunstwissenschaft*. 3. Auflage, Oberer, H. und Verheyen, E. (Hrsg.): Volker Spiess, Berlin, 1980. (ISBN: 3-88435-002-6)
- [Torralba, Oliva, Castelhana und Henderson 2006] Torralba, A.; Oliva, A.; Castelhana, M. S. und Henderson, J. M.: Contextual Guidance of Eye Movements and Attention in Real-World Scenes: The Role of Global Features in Object Search. *Psychological Review Publications by American Psychological Association*, 113(4), S. 766–786, 2006.
- [Velichkovsky, Pomplum und Rieser 1996] Velichkovsky, B. M.; Pomplum, M. und Rieser, J.: Attention and Communication: Eye-Movement-Based Research Paradigms. In: Zangemeister, W. H.; Freska, C. und Stiehl, S. (Hrsg.): *Visual Attention and Cognition*, Elsevier Science, Amsterdam [u. a.], S. 125–154, 1996. (ISBN: 0-444-82291-7)