

## Inhaltsverzeichnis

Prolog .....	I
Danksagung .....	V
Konventionen .....	VII
Inhaltsverzeichnis .....	IX
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	1
1.2 Zielstellung .....	4
1.3 Thesen .....	8
1.4 Aufbau der Arbeit .....	9
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>11</b>
2.1 Perspektiven .....	12
2.1.1 Mono-Perspektive - Zentralprojektion .....	14
2.1.2 Multi-Perspektive .....	15
2.1.2.1 Diskrete Multi-Perspektive .....	19
2.1.2.2 Kontinuierliche Multi-Perspektive .....	19
2.1.3 Binnenperspektive .....	19
2.1.4 Bedeutungsperspektive und umgekehrte Perspektive .....	21
2.1.5 Klassifizierungsansatz .....	24
2.2 Bildwerke .....	27
2.2.1 Wort und Skizze .....	27
2.2.1.1 Text .....	28
2.2.1.2 Skizze .....	29
2.2.1.3 Aneignung und Vermittlung .....	30
2.2.1.4 Lautmalerei .....	32
2.2.2 Malerei .....	32
2.2.2.1 Aggregatraum .....	34
2.2.2.2 Systemraum .....	34
2.2.2.3 Malerfotografie .....	41
2.2.3 Fotografie (auch Mehrfachbelichtung) .....	43
2.2.4 Relief und Skulptur .....	47
2.2.5 Bühne .....	49
2.2.6 Computerbilder .....	49
2.3 Abbildungsmechanismen .....	52
2.3.1 Auge .....	52
2.3.2 Camera obscura .....	54
2.3.3 Fotoapparat .....	55
2.3.4 Filmkamera .....	57
2.3.5 Computergrafik .....	58
2.3.5.1 Quantität .....	59
2.3.5.2 Qualität .....	60
2.3.5.3 Koordinaten und Systeme .....	60
2.3.5.4 Kameramodell .....	61
2.3.5.5 Rendering-Pipeline .....	63
2.3.5.6 Szenengraph .....	64

# Inhaltsverzeichnis

2.4 Wahrnehmungaspekte .....	65
2.4.1 Sehen .....	66
2.4.1.1 Fixation .....	66
2.4.1.2 Sakkaden .....	67
2.4.1.3 Veränderungsblindheit – sakkadische Suppressionen .....	68
2.4.1.4 Mikrosakkaden .....	68
2.4.1.5 Folgebewegung und optokinetischer Nystagmus .....	68
2.4.2 Sehprozess .....	69
2.4.2.1 Muster .....	69
2.4.2.2 Visueller Cortex .....	70
2.4.2.3 Visuelle Kapazität .....	70
2.4.2.4 Vertikalkonstanz .....	71
2.4.3 Sehkultur .....	72
2.4.4 Bedeutung .....	74
2.4.5 Bewusstheit .....	76
2.4.6 Täuschung .....	76
<b>3 Analyse .....</b>	<b>79</b>
3.1 Bildsynthese .....	79
3.1.1 Strom des visuellen Reizes .....	80
3.1.2 Verarbeitung der Reizinformationen .....	80
3.1.3 Form- und Gestaltsynthese .....	81
3.1.4 Technische Evolution der Bildgenerierung .....	81
3.1.5 Augenblick und Sehzeit .....	83
3.1.6 Bildherstellungsprozesse .....	84
3.2 Bildeindruck .....	85
3.2.1 Bezugssysteme .....	86
3.2.1.1 Auge und Zentrum .....	86
3.2.1.2 Mittelpunkt .....	88
3.2.1.3 Linie und Kante .....	88
3.2.1.4 Position und Lage .....	89
3.2.1.5 Lot und Schwerkraft .....	89
3.2.1.6 Rahmen und Klammer .....	92
3.2.1.7 Bühnenwelt .....	93
3.2.1.8 Außenwelt .....	95
3.2.1.9 Gedächtnis und Kultur .....	96
3.2.2 Bezugsfelder .....	97
3.2.2.1 Gesichtsfeld (starres Blicken) .....	98
3.2.2.2 Blickfeld (bewegtes Blicken) .....	98
3.2.2.3 Bildfeld (Bildstruktur) .....	98
3.2.2.4 Bewegungsfeld .....	99
3.3 Bildraum .....	99
3.3.1 Punkte .....	100
3.3.1.1 Hauptpunkt und optische Bildmitte .....	100
3.3.1.2 Geometrisches Zentrum .....	103
3.3.1.3 Distanzpunkt .....	103
3.3.1.4 –Off– .....	104
3.3.2 Linien .....	104
3.3.2.1 Horizontlinie .....	104
3.3.2.2 Sagittallinie .....	104

3.3.2.3 Fluchtdistanz	104
3.3.3 Ebenen	104
3.3.3.1 Lateral-, Sagittal- und Horizontalebene	105
3.3.3.2 Seh- und Distanzkreis	105
3.3.4 Winkel	107
3.3.4.1 Bildwinkel	107
3.3.4.2 Blickwinkel	108
3.3.5 Räume und Körper	109
3.3.5.1 Kontinuierliche Bauweise	111
3.3.5.2 Diskrete Bauweise	115
3.3.6 Mensch	116
3.4 Bildrealismus	118
3.4.1 Fotorealismus	118
3.4.2 Nicht-Fotorealismus	119
3.4.3 Wahrnehmungsrealismus	120
3.4.3.1 Binokularität	120
3.4.3.2 Monokularität	121
3.4.4 Visualisierungskritik (Zwischenfazit)	123
3.4.4.1 Architektur	124
3.4.4.2 Malerei	126
3.4.4.3 Psychologie	127
3.5 Schlussfolgerung für die Computergrafik	130
3.5.1 Technologie-zentrierte Entwicklung in der Computergrafik	130
3.5.2 Mensch-zentrierte Entwicklung in der Computergrafik	132
<b>4 Synthese</b>	<b>135</b>
4.1 Gestaltung und Computergrafik	135
4.1.1 Vermittlungen zur Gestaltung	135
4.1.2 Vermittlungen zur Computergrafik	137
4.2 Bildgeometrie und Bildwirkung	143
4.2.1 Projektion und Perspektive	143
4.2.2 Blicken versus Sehen	144
4.2.2.1 Visuelle Grenzen des starren Auges	145
4.2.2.2 Visuelle Grenzen des dynamischen Auges	146
4.2.2.3 Adaptionsfähigkeit des Sehens (Gegenthese)	151
4.2.3 Wahrnehmungskonformität und Wahrnehmungsrealismus	153
4.3 Relationen zwischen Mensch und Kamera	155
4.3.1 Mensch-Kamera-Modell	156
4.3.2 Hauptpunkt als ein Mensch-Kamera-Parameter	159
4.3.3 Perspektivkontrast $K_p$ - objektive Komponente	163
4.3.3.1 Proportionsanteil $\delta P$ im Perspektivkontrast $K_p$	165
4.3.3.2 Ausrichtungsanteil $\delta A$ im Perspektivkontrast $K_p$	166
4.3.3.3 Perspektivkoeffizient $k_p$ - subjektive Komponente	166
4.3.4 Perspektivkontrast $K_p$ – Funktion und Funktionswerte	168
4.3.4.1 Funktion der Verzerrung	168
4.3.4.2 Funktionsgraph und Verzerrungstafeln	169
4.3.4.3 Ansatz zur Optimierung	173

# Inhaltsverzeichnis

4.4 Optimierungen der computergrafischen perspektivischen Projektion .....	178
4.4.1 Objekt-basierte perspektivische Optimierung (OPO) .....	181
4.4.2 Kamera-basierte perspektivische Optimierung (KPO) .....	187
4.4.3 Abwägung zwischen OPO und KPO .....	195
4.4.4 Betrachter-basierte perspektivische Optimierung (BPO) .....	197
4.4.5 Handlungsrichtlinien für wahrnehmungskonforme Bildstrukturen .....	199
<b>5 Ausblick und Zusammenfassung .....</b>	<b>203</b>
5.1 Ausblick .....	203
5.1.1 Blickrichtung und Bildfläche .....	205
5.1.1.1 Nah-Distanz-Bild .....	205
5.1.1.2 Multitouch-Perspektive .....	206
5.1.1.3 Kulisse als Vorbild .....	209
5.1.2 Proportion und Ausrichtung .....	210
5.1.2.1 Figur und Figuren .....	211
5.1.2.2 Figur und Grund .....	213
5.1.2.3 Verjüngung und Verdichtung .....	216
5.1.2.4 Verdeckung und Durchdringung .....	217
5.1.2.5 Lotrecht ins –Off– .....	220
5.1.2.6 Gegenständlichkeit .....	220
5.1.3 Verfremdung der Illusion vom Raum .....	222
5.1.3.1 ‚White-out‘-Effekt .....	222
5.1.3.2 Der umgelenkte Gang .....	223
5.1.3.3 Bezug zum Boden .....	224
5.1.3.4 Bezug zur Tiefe .....	226
5.1.4 Farbe, Licht und Schatten .....	227
5.1.4.1 Farbperspektive der Tiefe .....	228
5.1.4.2 Farbperspektive der Fläche .....	229
5.1.4.3 Das Farbpotenzial für die Interaktion .....	229
5.1.4.4 Licht und Schatten .....	232
5.1.5 Bidirektionale Schnittstellen für das Auge .....	235
5.1.5.1 Fixation, ein Potenzial zur Auswahl .....	236
5.1.5.2 Sakkade, ein Potenzial zum Verbergen .....	237
5.1.5.3 Skizze eines Fixationen- und Sakkaden-kontingenten Interfaces .....	240
5.1.5.4 Skizze eines disparat binokularen Interfaces .....	242
5.1.5.5 Vom Potenzial der visuellen Erfahrung .....	243
5.2 Zusammenfassung .....	244
5.3 Kernsätze .....	249
<b>6 Implementierung als Evaluationsbasis .....</b>	<b>251</b>
6.1 Allgemeiner Hintergrund .....	251
6.2 Realisierbarkeit .....	254
6.3 Optimierung .....	257
6.3.1 Framework-Implementierung .....	259
6.4 Modularisierung, BildspracheLiveLab (BiLL) .....	262
6.4.1 Komponentenbasierte Softwareentwicklung .....	263
6.4.2 Framework-Technologie .....	264
6.4.3 Human-Driven-Framework .....	266

<b>7 Evaluation.....</b>	<b>269</b>
7.1 Einführung.....	269
7.2 Annahme.....	271
7.3 Experiment 1 - Präferenz .....	273
7.3.1 Teilnehmer (Probanden).....	273
7.3.2 Untersuchungsmaterial (Stimuli).....	273
7.3.3 Durchführung der Befragung .....	274
7.3.4 Ergebnisse .....	275
7.3.5 Diskussion .....	276
7.4 Experiment 2 - Blickverhalten .....	278
7.4.1 Teilnehmer (Probanden).....	278
7.4.2 Untersuchungsmaterial (Stimuli).....	278
7.4.3 Durchführung der Befragung .....	279
7.4.4 Ergebnisse .....	279
7.4.5 Diskussion .....	282
7.5 Experiment 3 - Perspektivkontrast .....	284
7.5.1 Teilnehmer (Probanden).....	284
7.5.2 Untersuchungsmaterial (Stimuli).....	285
7.5.3 Durchführung der Befragung .....	286
7.5.4 Ergebnisse .....	287
7.5.5 Diskussion .....	288
<b>Anhang A: Projekte .....</b>	<b>A-1</b>
A1 Grundlagenforschung .....	A-1
A1.1 WahrnehmungsRealistische Projektion .....	A-1
A1.2 Validierung der .....	A-2
A2 Industrieprojekte und -anwendungen .....	A-2
A2.1 Exterieur im Automobildesign .....	A-2
A2.2 Interieur im Ergotyping® .....	A-3
A2.3 Interieur in der Luft- und Raumfahrt .....	A-3
A2.4 Modelle im Design.....	A-4
<b>Anhang B: Schnittstellen und Materialien .....</b>	<b>B-1</b>
B1 Benutzeroberflächen und Sourcecodes.....	B-1
B1.1 OPO-Benutzeroberfläche .....	B-1
B1.2 OPO-Sourcecode.....	B-2
B1.3 KPO-Benutzeroberfläche .....	B-10
B1.4 KPO-Sourcecode .....	B-10
B2 Verzerrungstafel.....	B-14
B3 Fragebogen.....	B-15
B4 Raumplan .....	B-17
<b>Anhang C: Verzeichnisse .....</b>	<b>C-1</b>
C1 Stichwortverzeichnis .....	C-1
C2 Abbildungsverzeichnis .....	C-2
C3 Tabellenverzeichnis .....	C-8
C4 Formelverzeichnis .....	C-8
C5 Literaturverzeichnis .....	C-8
<b>Epilog .....</b>	<b>XVII</b>