

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Zur Motivation der vorliegenden Arbeit	2
1.2. Entwurf komplexer Systeme in frühen Phasen	2
1.2.1. Komplexe Systeme	2
1.2.2. Kontrolltheorie	3
1.2.3. Kognitive Aspekte	4
1.2.3.1. Entwicklung der Motivationsforschung	5
1.2.3.2. Kreativität als spezielles zielgerichtetes Handeln	6
1.2.4. Wissensbasierte Systeme	8
1.2.5. Rapid Prototyping und kollaborativer Systementwurf	9
1.2.5.1. Kollaborativer Systementwurf	10
1.2.5.2. Rapid Prototyping	11
1.2.5.3. Interaktive Illustration komplexer Systeme	13
1.3. Übersicht der vorliegenden Arbeit	14
1.3.1. Hypothesen	14
1.3.2. Aufgaben	16
1.3.2.1. Illustration	17
1.3.2.2. Modellierung	17
1.3.3. Übersicht der Arbeit	18
1.4. Ergänzende Bemerkungen und Literaturangaben	20
1.4.1. Literatur	20
1.4.2. Relevanten Publikationen	22
2. Interaktive 3D-Animation	25
2.1. 3D-Animation als neue Technologie?	26
2.2. 3D-Grafik	27
2.2.1. Modellierung von 3D-Elementen	27
2.2.1.1. Anforderungen	28
2.2.1.2. Primitive Instanzen	28
2.2.1.3. Randardstellung	28
2.2.1.4. Translationskörper	29
2.2.1.5. Räumliche Aufteilung	29
2.2.1.6. Modellierung mit Raumprimitiven (CSG)	31
2.2.1.7. Vergleich	31
2.2.2. Modellierung von 3D-Szenen	32
2.2.3. Repräsentation der 3D-Szene	33
2.2.3.1. Modell der dreidimensionalen Darstellung	33
2.2.3.2. Verfahren zur Erhöhung des Darstellungsrealismus	34
2.2.3.3. Rendering-Techniken für schattierte Bilder	39
2.3. Grafische Animation	42
2.3.1. Wahrnehmung von Dynamik	42

2.3.2. Eine kurze Geschichte der Animation	43
2.3.3. Der Begriff Animation	47
2.3.4. Traditionelle Animation (Trickfilm Animation)	48
2.3.5. Computerunterstützte Animation	49
2.3.6. Computer Animation	49
2.3.6.1. Animationsmethoden	50
2.3.6.2. Vergleich der Animationsmethoden	52
2.3.6.3. Abstraktionsebenen in einer Animation	53
2.3.6.4. Kontrollmechanismen	54
2.3.6.5. Übersicht der Animationsmechanismen	56
2.3.6.6. Typen von Animationssystemen	57
2.3.6.7. Regeln der Computer Animation	61
2.4. Interaktion	62
2.4.1. Interaktionstypen	63
2.4.1.1. Direkte Manipulation	63
2.4.1.2. Indirekte Manipulation	64
2.4.1.3. Textuelle Manipulation	64
2.4.1.4. Kombination der Interaktionstypen	64
2.4.2. Interaktionstechniken	64
2.4.2.1. 3D-Interaktionstechniken	66
2.4.3. Eingabe- und Ausgabe Geräte	67
2.4.3.1. Eingabe	67
2.4.3.2. Ausgabe	68
2.4.4. Multimodale Interaktion	70
2.4.5. Entwurfsprinzipien interaktiver Benutzungsschnittstellen	70
2.5. Ergänzende Bemerkungen und Quellenangaben	71
2.5.1. Literatur	76
3. Anwendungsgebiete interaktiver 4D-Grafik	79
3.1. Anwendungsgebiete	80
3.2. Virtuelle Prototypentwicklung	80
3.3. Simulation	81
3.3.1. Verkehrssimulation	82
3.3.2. Gebäudebegehungen	83
3.4. Unterhaltung	83
3.4.1. PC und Spielkonsolen	84
3.4.2. Spielhallengeräte	84
3.4.3. Freizeitparks	85
3.4.4. Film	85
3.5. Wissenschaftliche Visualisierung	86
3.6. Informationsvisualisierung	87
3.7. Interaktive Illustration	89
3.7.1. Wissensbasierte Präsentationssysteme	91

3.8. Ergänzende Bemerkungen und Literatur	93
3.8.1. Literatur	96
3.8.2. Zur Validierung der Arbeitshypothesen	99
4. Entwurf von interaktiven 3D-Animationen	101
4.1. Entwurf interaktiver animierter 3D-Szenen	102
4.1.1. Probleme beim Entwurf	102
4.1.2. Beispielanwendung: Smart Dog vs. Clever Cat	103
4.1.3. Interaktive 3D-Animationen als typische komplexe Systeme	104
4.1.4. Prototypentwicklung von 4D-Szenen	105
4.1.4.1. Anforderungen	105
4.1.4.2. Strukturierter Entwurf von 4D-Szenen	106
4.2. 3D-Bibliotheken	107
4.2.1. OpenInventor	109
4.2.1.1. Modellierung und Repräsentation	109
4.2.1.2. Dynamik und Interaktion	111
4.2.1.3. Anwendungen	114
4.2.1.4. Erweiterungen	114
4.2.2. Good	115
4.2.2.1. Modellierung und Repräsentation	116
4.2.2.2. Dynamik und Interaktion	116
4.2.2.3. Anwendungen	117
4.2.3. Oblique-3D	117
4.2.3.1. Modellierung und Repräsentation	118
4.2.3.2. Dynamik und Interaktion	118
4.2.3.3. Anwendungen	118
4.2.4. Alice	119
4.2.4.1. Modellierung und Repräsentation	119
4.2.4.2. Dynamik und Interaktion	120
4.2.4.3. Anwendungen	120
4.2.5. Dive	121
4.2.5.1. Modellierung und Repräsentation	121
4.2.5.2. Dynamik und Interaktion	121
4.2.5.3. Anwendungen	122
4.2.6. TBAG	122
4.2.6.1. Modellierung und Repräsentation	122
4.2.6.2. Dynamik und Interaktion	123
4.2.6.3. Anwendungen	124
4.2.7. VB2	124
4.2.7.1. Modellierung und Repräsentation	124
4.2.7.2. Dynamik und Interaktion	125
4.2.7.3. Anwendungen	126
4.2.8. MAM/VRS	126
4.2.8.1. Modellierung und Repräsentation	126
4.2.8.2. Animation und Interaktion	127
4.2.8.3. Anwendungen	127
4.2.9. ILOG Vision	128

4.2.9.1. Modellierung und Repräsentation	128
4.2.9.2. Dynamik und Interaktion	128
4.2.9.3. Anwendungen	129
4.3. Vergleich von 3D-Grafikbibliotheken	129
4.4. Ergänzende Bemerkungen und Literaturangaben	131
4.4.1. Literatur	133
4.4.2. Zur Validierung der Arbeitshypothesen	135
5. Animated Agent Layer (AAL)	137
5.1. Yet another 4D Graphics Library ?	138
5.1.1. Spezielle Merkmale des Animationssystems AAL	138
5.1.2. Unterschiede zu universellen Animationssystemen	139
5.2. Überblick	140
5.3. Die Animationsbibliothek AAL	140
5.3.1. A1: Die Basis für interaktive Animationen	141
5.3.2. A2: Statische Objekte und abstrakte Animationsmethoden	142
5.3.2.1. Szenegraph versus Objektmenge	143
5.3.2.2. Statische Objekte	143
5.3.2.3. Zusammenfassung der Objektstruktur	149
5.3.2.4. Abstrakte Animationsmethoden	151
5.3.2.5. Animierbarkeit statischer A2-Objekte	160
5.3.3. A3: Animierte Objekte	161
5.3.3.1. Typen animierter Objekte	161
5.3.3.2. Interaktion der A3-Objekte	162
5.3.3.3. Animationseigenschaften der A3-Objekte	163
5.3.3.4. Synchronisation	167
5.3.3.5. Übersicht der Objektmethoden animierter Objekte	168
5.3.4. A4: Animierte Agenten	169
5.3.4.1. Typen animierter Agenten	170
5.3.4.2. Gemeinsame Konzepte animierter Agenten	170
5.3.4.3. AnimatedShape-Agenten	173
5.3.4.4. AnimatedLights	175
5.3.4.5. AnimatedViewers	176
5.4. Das Animationssystem	178
5.4.1. Nachrichtenstruktur	179
5.4.2. Kommunikation	180
5.4.3. Mailbox	181
5.4.4. Interpreter	181
5.4.5. Registry	182
5.4.6. Tabellen	183
5.4.7. Globaler Zeitgeber	184
5.5. Aspekte der Realisierung	184
5.5.1. A1- OpenInventor Teilmenge	184
5.5.2. A2-Klassenhierarchie	186

5.5.3. A3-Objekte	190
5.5.3.1. Klassenstruktur der A3-Ebene	191
5.5.3.2. Animationskern	191
5.5.3.3. Nachrichtenverarbeitung	193
5.5.3.4. Synchronisation	193
5.5.4. A4: Animierte Agenten	197
5.5.4.1. Klassenstruktur der A4-Ebene	197
5.5.4.2. Allgemeine A4-Konzepte	198
5.5.4.3. A4-Shape	198
5.5.4.4. A4-Light	199
5.5.4.5. A4-Viewer	199
5.6. Animationsumgebung	200
5.6.1. Ausführung eines Animationsschrittes	201
5.6.2. Nachrichtenverteilung	201
5.6.3. Prozeßkommunikation	202
5.6.4. Mailbox	202
5.6.5. Interpreter	203
5.6.6. Registry	205
5.6.7. Tabellen	205
5.6.8. Global Timer	206
5.7. Ergänzungen und Literaturangaben	206
5.7.1. Literatur	208
5.7.2. Zur Validierung der Arbeitshypothesen	208
6. Wissensbasierter Entwurf komplexer Systeme	209
6.1. Wissensbasierte Repräsentation und Modellierung	210
6.1.1. Unschärfe Logik	210
6.1.1.1. Unschärfe Inferenz	211
6.1.1.2. Unschärfe Regelung	211
6.1.2. Parallele wissensbasierte Programmiersprachen	217
6.1.2.1. Program Composition Notation	217
6.1.2.2. Janus	219
6.1.2.3. Concurrent Prolog und verwandte Sprachen	220
6.1.2.4. Agent Kernel Language (AKL)	222
6.1.2.5. DFKI Oz	224
6.1.3. Visuelle wissensbasierte Programmierung	237
6.1.3.1. Pictorial Janus	238
6.1.3.2. ToonTalk	243
6.1.3.3. AgentSheets / Cocoa	244
6.1.3.4. Cube	246
6.1.3.5. 3D-Visulan	248
6.1.4. Vergleich	249
6.2. Agentenbasierte Modellierung	250
6.2.1. Grundlagen agentenbasierter Systeme	250
6.2.1.1. Verschiedene Agentendefinitionen	250
6.2.1.2. Agenten aus der Sicht des Systementwurfes	252

6.2.1.3. Verschiedene Typen von Agenten	252
6.2.2. Das BDI-Modell als spezieller deliberativer Ansatz	255
6.2.3. AgentSpeak - ein praktisches BDI-Modell	257
6.2.3.1. AgentSpeak(L)	258
6.2.3.2. AgentSpeak	259
6.3. Ergänzende Bemerkungen und Literaturangaben	259
6.3.1. Literatur	261
6.3.2. Zur Validierung der Arbeitshypothesen	265
7. AgentGHC	267
7.1. Motivation einer Erweiterung	268
7.1.1. Beispiel	269
7.2. Erweiterung zu AgentGHC (Mikro)	269
7.2.1. Grundlegende Definitionen	270
7.2.2. Operationale Semantik.	275
7.2.3. Ein abstrakter Interpreter für AgentGHC	281
7.3. Erweiterung zu AgentGHC (Makro)	284
7.3.1. Zusammenfassung der Agentenstruktur	285
7.3.2. Die abstrakte Agentfamilie UrAgentGHC	285
7.3.2.1. Dienste	286
7.3.2.2. Beliefs	287
7.3.2.3. Aktionen	287
7.3.2.4. Strategien	287
7.3.2.5. Nachrichten	288
7.4. Zu einer hierarchischen Strukturierung der Modellierungskonzepte	289
7.5. Fallbeispiel wissensbasierter Modellierung: CIM	290
7.5.1. Flexible Fertigung	290
7.5.2. Der Farbsortierspeicher	291
7.5.3. Systemmodellierung	292
7.5.3.1. Entwurf unscharfer Kontrollstrategien	295
7.5.4. Das CSAB-Modell in DFKI Oz	299
7.6. Entwurf einer interaktiven Illustration des CSAB	300
7.6.1. Modellierung und Animation	301
7.7. Ergänzende Bemerkungen und Literaturangaben	302
7.7.1. Literatur	303
7.7.2. Zur Validierung der Arbeitshypothesen	303
8. Anwendungen	305
8.1. Einfache Beispiele	306
8.1.1. Oz-Demos	306
8.1.2. Inverses Pendel	308
8.1.3. Mehrfach-Pendel	309

8.1.3.1. Modellierung	309
8.1.3.2. Folgerungen	310
8.2. Hausanschluß-Inspektionssystem HIS	311
8.2.1. Motivation	311
8.2.2. Lösungskonzept	312
8.2.3. Ziel und Ergebnis der Kooperation	313
8.2.4. Die HIS-Simulation und Animation	313
8.2.4.1. Objektmodellierung	314
8.2.5. Simulation und Animation	316
8.2.5.1. Satellit	316
8.2.5.2. Druckleitung	318
8.2.5.3. Einsteuern	318
8.2.6. Interaktion	320
8.2.7. Simulationsprozeß	320
8.2.8. Projektdurchführung	321
8.3. Entwurf virtueller 3D-Welten	321
8.3.1. Vorgehensmodell	322
8.3.2. Anwendung auf das Beispiel	323
8.3.2.1. Anforderungen spezifizieren.	324
8.3.2.2. Identifikation	324
8.3.2.3. Horizontale Unterscheidung	324
8.3.2.4. Vertikale Beschreibung	325
8.3.2.5. Klassenbildung und Prototyping	325
8.3.2.6. Test und Verfeinerung	326
8.4. Visuelle Programmierung in vier Dimensionen	326
8.4.1. Anforderungen an SAM	326
8.4.2. Sprachkonzept	328
8.4.2.1. SAM-Agenten	329
8.4.2.2. Nachrichten und Datentypen	329
8.4.2.3. Regeln	329
8.4.3. Architektur	332
8.4.4. Textuelles Format	334
8.4.5. Beispiele	337
8.4.5.1. Producer-Transducer-Consumer	337
8.4.5.2. Pathfinder	338
8.4.5.3. Pendel	338
8.4.5.4. Flowers and Bees	339
8.4.6. Bewertung	340
8.5. Ergänzungen und Literatur	341
8.5.1. Referenzen	342
8.5.2. Zur Validierung der Arbeitshypothesen	342
9. Werkzeuge	343
9.1. Textuelle Generierung durch Skriptsprachen.	344
9.1.1. Ishells - Tcl/Tk-Shells mit 3D-Grafik	345

9.1.1.1.	TCL-Syntax der OpenInventor Funktionen	346
9.1.1.2.	Kombination der Ereignisverwaltung in Tcl/Tk und OpenInventor	348
9.1.1.3.	Architektur	348
9.1.1.4.	Beispiele	349
9.1.2.	Die textuelle Beschreibung von AAL-Objekten	351
9.2.	Visuelle Entwicklung von AAL-Objekten	353
9.2.1.	AAL-VL - eine visuelle Sprache für 3D-Animationen	353
9.2.2.	Interaktive 3D-Modellierung von AAL-Szenen	356
9.2.2.1.	Das Konzept der Animatcons	356
9.2.2.2.	3D-Widgets und Glyphen	357
9.2.2.3.	Entwurf der Animatcons	358
9.2.2.4.	Die Benutzungsschnittstelle von AnimEdit	361
9.2.2.5.	Beispiel	362
9.2.2.6.	Zusätzliche Entwurfskonzepte	364
9.3.	Ergänzende Bemerkungen und Literaturangaben	364
9.3.1.	Referenzen	365
10.	Zusammenfassung und Ausblick	367
10.1.	Zusammenfassung	368
10.1.1.	Kapitel 1 "Einleitung"	368
10.1.2.	Kapitel 2 "Interaktive 3D-Animation"	368
10.1.3.	Kapitel 3 "Anwendungsgebiete interaktiver 4D-Grafik"	368
10.1.4.	Kapitel 4 "Entwurf von interaktiven 3D-Animationen"	369
10.1.5.	Kapitel 5 "Animated Agent Layer (AAL)"	369
10.1.6.	Kapitel 6 "Wissensbasierter Entwurf komplexer Systeme"	369
10.1.7.	Kapitel 7 "AgentGHC"	370
10.1.8.	Kapitel 8 "Anwendungen"	370
10.1.9.	Kapitel 9 "Werkzeuge"	370
10.1.10.	Zur Validierung der Arbeitshypothesen	371
10.1.11.	Wissenschaftlicher Beitrag und Limitierungen	371
10.1.12.	Limitierungen	372
10.2.	Zukünftige Arbeiten	372
10.2.1.	Strukturierter Entwurf interaktiver Illustrationen	372
10.2.2.	Interaktive 3D-Animationen für Multimedia-Autorensysteme	373
10.2.3.	Wissensbasierte 4D-Benutzungsschnittstellen	374
10.2.4.	Visuelle kollaborative VR-Programmierung	375
10.2.5.	Visuelle - Textuelle Entwurfsmethodik agentenbasierter Systeme	376
10.3.	Vollständiges Literaturverzeichnis	377
10.3.1.	Referenzen (unkommentiert)	377
10.3.2.	Quellenangabe der Abbildungen	387
10.3.3.	Tabellenverzeichnis	391