

Vorwort	VII
1 Einführung	1
1.1 Geschichte der Computeranimation	1
1.2 Produktionsphasen eines Computeranimationsfilms	6
1.2.1 Pre-Production	6
1.2.2 Production	8
1.2.3 Post-Production	10
1.3 Grundregeln der Animation	13
2 Globale Bewegungen	17
2.1 Keyframes	17
2.1.1 Parametergesteuerte Keyframe-Transformationen	18
2.1.2 Kamerafahrten	25
2.2 Direkte Kinematik	38
2.2.1 Kinematische Ketten	38
2.2.2 Denavit-Hartenberg-Notation	40
2.3 Inverse Kinematik	45
2.3.1 Geometrische Interpretation	49
2.3.2 3D-Fall	50
2.3.3 Secondary Task	51
2.3.4 Kombination von inverser und direkter Kinematik	52
2.3.5 Alternative Verfahren	52
2.3.6 Ausrichtung gelenkig-verbundener Strukturen an mehreren Zielpositionen	56
3 Deformationen	59
3.1 Geometrische Techniken	60
3.1.1 Globale Deformationstechniken	61
3.1.2 Freiformdeformationen	66
3.1.3 Wires	68

3.1.4	Skinning	71
3.1.5	Aspekte der Animation geometrischer Deformationen ..	72
3.2	Dynamische Deformationen	72
3.2.1	Feder-Masse-Systeme	73
3.2.2	Finite Elemente	75
3.2.3	Elastisch-deformierbare Kurven, Flächen und Körper ..	80
3.2.4	Hybride Verfahren für dynamische Deformation	82
3.2.5	Modale Deformation	82
3.2.6	Vor- und Nachteile dynamischer Animationstechniken ..	87
4	Warping und Morphing	89
4.1	Image-Warping und Image-Morphing	91
4.1.1	Mesh-Warping	92
4.1.2	Two-Pass Mesh-Warping	93
4.1.3	Warping mit Markierungsvektoren	95
4.1.4	Warping mit Feldfunktionen	98
4.2	Oberflächenbasierte Verfahren	99
4.2.1	Verfahren von Kanai, Suzuki und Kimura	100
4.2.2	Weitere oberflächenbasierte Verfahren	104
4.3	Volumenbasierte Verfahren	110
4.3.1	Verfahren von Hughes	110
4.3.2	Verfahren von He, Wang und Kaufmann	112
5	Gesichtsanimation	117
5.1	Anwendungsbereiche	117
5.2	Parametergesteuerte Gesichtsanimation	118
5.2.1	Erweiterte parametergesteuerte Verfahren	121
5.3	Muskelgesteuerte Gesichtsanimation	122
5.3.1	Gesichtsmuskelsystem	122
5.3.2	Das Facial-Action-Coding System	125
5.3.3	Muskelmodell von K. Waters	127
5.4	Gesichtsanimation mit parametrischen Flächen	130
5.5	Gesichtsanimation mit Federmodellen	132
5.5.1	Muskel- und Hautmodell von Kähler et al.	132
5.6	Visual Speech	137
5.6.1	Animation von Gesichtern in MPEG-4	137
5.6.2	Digital Story Teller	140
6	Prozedurale Animationstechniken	141
6.1	Partikelsysteme	143
6.2	Stochastische Partikelsysteme	144
6.2.1	Partikelsystemdynamik	144
6.3	Strukturierte Partikelsysteme	146
6.4	Thermale und orientierte Partikelsysteme	147
6.5	Animation von Massenszenen	150

6.6	Schwärme und Herden	151
6.7	Akteure	153
6.7.1	Aufbau autonomer Akteure	154
6.7.2	Lernmodelle autonomer Akteure	155
6.7.3	Künstliche Fische	156
6.7.4	Evolution von Akteuren	158
6.7.5	Verkettete Steuereinheiten	161
6.7.6	Weitere Entwicklungen	164
7	Motion Capturing und Motion Editing	165
7.1	Aufnahmetechniken	167
7.1.1	Elektromechanische Systeme	167
7.1.2	Lichtleitersysteme	168
7.1.3	Elektromagnetische Systeme	169
7.1.4	Akustische Systeme	170
7.1.5	Optische Systeme	170
7.1.6	Roboter, Animatronik und Waldos	171
7.2	Praxis des Motion Capturing	172
7.2.1	Vorbereitung und Planung	172
7.2.2	Aufnahme der Bewegung	173
7.2.3	Bereinigung der Daten und Nachbearbeitung	173
7.2.4	Abbildung der Bewegung	175
7.2.5	Wiederverwendung von <i>MoCap</i> -Daten	175
7.3	Motion Editing	176
7.3.1	Editieren mit Zwangsbedingungen	177
7.3.2	Editieren mit globalen Kontrollen	184
7.3.3	Zukünftige Trends des Motion Editing	192
8	Modellierung und Animation von Naturerscheinungen	193
8.1	Gase	194
8.1.1	Partikelbasierte Methoden	194
8.1.2	Gitterbasierte Methoden	194
8.1.3	Hybride Methoden	195
8.1.4	Physikalisch-basierte Methoden	196
8.2	Atmosphärische Erscheinungen	206
8.2.1	Visuelle Simulation der Atmosphäre	207
8.2.2	Regenbogen	212
8.2.3	Halo-Erscheinungen	216
8.2.4	Zur Theorie der Halo-Erscheinungen	217
8.2.5	Simulation und Darstellung der Halo-Erscheinungen ..	220
8.3	Wolken	221
8.3.1	Prozedurales 2D-Wolkenmodell	222
8.3.2	Texturierte Ellipsoide	223
8.3.3	Volumetrische Wolken	224
8.3.4	Fraktale Wolken	227

8.3.5	Wolkenerzeugung und Animation mit Zellenautomaten	229
8.4	Flüssigkeiten	233
8.4.1	Höhenfeldverfahren	234
8.4.2	3D-Verfahren zur Flüssigkeitsanimation	235
8.5	Wasserwellen	238
8.5.1	Bump-Mapping-Verfahren	239
8.5.2	Parametrisierbare Wellenfunktionen	240
8.5.3	Fourier-Synthese von Meereswellen	242
9	Modellierung und Animation von Stoffen	247
9.1	Erste geometrische Stoffmodelle	247
9.1.1	Das Verfahren von Weil	248
9.1.2	Das Verfahren von Agui et al.	250
9.2	Physikalisch-basierte Stoffmodelle	251
9.2.1	Frühe physikalisch-basierte Ansätze	251
9.2.2	Das Verfahren von Breen et al.	252
9.2.3	Das Verfahren von Provot	255
9.2.4	Das Verfahren von Baraff und Witkin	257
9.2.5	Weitere physikalisch-basierten Techniken	260
9.2.6	Ausblick	265
10	Animationen mit neuronalen Netzen	267
10.1	Künstliche Neuronale Netze	267
10.1.1	Lernregeln	269
10.2	Inverse Kinematik mit Neuronalen Netzen	271
10.3	Inverse Dynamik mit Neuronalen Netzen	272
10.3.1	Bestimmung der Steuerkräfte	275
11	Physikalisch-basierte Animation mechanischer Systeme	279
11.1	Ablauf der physikalisch-basierten Animation	280
11.1.1	Auswahl eines physikalischen Modells	280
11.1.2	Formulierung der Bewegungsgleichungen	281
11.1.3	Festlegung der Simulationsparameter	282
11.1.4	Simulation	283
11.1.5	Grafische Darstellung	284
11.1.6	Evaluierung	284
11.2	Von der Simulation zur Animation	285
11.3	Modellierung mechanischer Systeme	285
11.3.1	Dynamik von Punktteilchen	286
11.3.2	Dynamik starrer Körper	289
11.4	Automatische Kontaktbehandlung	294
11.4.1	Grundlagen	294
11.4.2	Kontaktbestimmung	296
11.4.3	Kollisionssimulation	297
11.4.4	Behandlung von Ruhekontakten	302

11.5	Constraints und ihre Behandlung	307
11.5.1	Mathematische Formulierung	308
11.5.2	Behandlung von Constraints	311
11.5.3	Vergleich der Lösungsverfahren	319
11.6	Techniken zur Bewegungssteuerung	320
11.6.1	Direkte und Inverse Dynamik	322
11.6.2	Controller	323
11.6.3	Steuerung mit Constraints	326
11.6.4	Optimierungsverfahren	326
11.6.5	Weitere Verfahren	328
A	Lösungsverfahren für Bewegungsgleichungen	331
A.1	Numerische Lösung von Differentialgleichungen	331
A.2	Der Lagrange-Formalismus	333
A.3	Ergänzungen zur Lagrange-Faktoren-Methode	335
A.4	Simulationsverfahren für beliebige Zustandsgrößen	338
B	Quaternionen	341
C	Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme	345
C.1	Gauß-Seidel-Verfahren	345
C.2	SOR-Verfahren	346
C.3	CG-Verfahren	347
	Literaturverzeichnis	351
	Sachverzeichnis	361