

Verzeichnisse

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnisse.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	4
1.3 Vorgehensweise.....	5
2 Situationsanalyse	7
2.1 Begriffsbestimmung	7
2.1.1 Vorbemerkung.....	7
2.1.2 Echtzeit.....	7
2.1.3 Simulationsmodell.....	7
2.1.4 Verhaltensmodell	8
2.1.5 Verhaltenssimulation.....	9
2.1.6 Kinematikmodell.....	9
2.1.7 Kinematiksimulation	9
2.1.8 Materialflussmodell.....	9
2.1.9 Visualisierungsmodell.....	10
2.1.10 Physikmodell.....	10

Verzeichnisse

2.1.11 Physics Engine	10
2.1.12 Physiksimulation	10
2.1.13 Starrkörpersimulation	11
2.2 Aufgaben und Ablauf der virtuellen Inbetriebnahme	11
2.3 Defizite und Handlungsfelder	13
3 Grundlagen und Stand der Technik	17
3.1 Allgemeines	17
3.2 Virtuelle Inbetriebnahme	17
3.2.1 Grundlagen	17
3.2.2 Software-in-the-Loop	19
3.2.3 Hardware-in-the-Loop	19
3.2.4 Modellbildung für eine virtuelle Inbetriebnahme	20
3.2.5 Zusammenfassung	22
3.3 Physiksimulation	23
3.3.1 Allgemeines	23
3.3.2 Kollisionserkennung	25
3.3.3 Strategien zur Komplexitätsreduzierung	26
3.3.4 Berechnung der Kollisionsinformation	34
Kollisionsbehandlung mithilfe der Starrkörpersimulation	37
3.3.5 Bibliotheken für die Starrkörpersimulation	44
3.3.6 Simulationsumgebungen mit Starrkörpersimulation	47
3.3.7 Zusammenfassung	49
3.4 Virtual-Reality-Technologie	50

3.4.1	Allgemeines.....	50
3.4.2	Eingabe.....	52
3.4.3	Ausgabe.....	58
3.4.4	Zusammenfassung.....	61
3.5	Zusammenfassung der Grundlagen und des Stands der Technik.....	62
4	Anforderungsanalyse	63
4.1	Allgemeines.....	63
4.2	Methodische Anforderungen	63
4.3	Technische Anforderungen	65
4.3.1	Physiksimulation.....	65
4.3.2	Integration der Sensoren	65
4.3.3	Integration von Gelenken.....	66
4.3.4	Simulationszyklus	66
4.3.5	Schnittstellen	67
4.3.6	Skalierbare Lösung.....	67
4.3.7	Konfigurierbarkeit der Simulationsszene.....	67
4.3.8	Interaktion	68
4.4	Bewertung der Anforderungen	68
5	Konzept und Systementwurf	71
5.1	Allgemeines.....	71
5.2	Modellerstellung.....	71
5.2.1	Erstellung des Visualisierungsmodells	71
5.2.2	Erstellung des Physik- und Kinematikmodells	73

Verzeichnisse

5.2.3	Integration von Sensoren.....	75
5.3	Simulationsumgebung mit Physikmodellen.....	76
5.3.1	Konfiguration.....	76
5.3.2	Parallelisierung.....	77
5.3.3	Auswahl von Kollisionserkennung und -behandlung.....	79
5.4	Eingabe.....	80
5.5	Ausgabe.....	82
5.6	Zusammenfassung.....	83
6	Umsetzung und beispielhafte Anwendung.....	85
6.1	Allgemeines.....	85
6.2	Gestaltung und Aufbau der Systemarchitektur.....	85
6.2.1	Allgemeines.....	85
6.2.2	Modulare Struktur.....	86
6.2.3	Klassendiagramm.....	88
6.2.4	Konfiguration.....	90
6.2.5	Physiksimulation in Ve ³	95
6.2.6	Externe Kommunikation.....	97
6.3	Eingabe.....	98
6.3.1	Navigation.....	99
6.3.2	Selektion.....	100
6.3.3	Manipulation.....	100
6.3.4	Applikationssteuerung.....	101
6.4	Ausgabe.....	101

6.5	Realisierung des Hardwareaufbaus	101
6.6	Exemplarische Anwendung.....	104
6.6.1	Allgemeines.....	104
6.6.2	Erstellung des Visualisierungsmodells	106
6.6.3	Erstellung des Physik- und Kinematikmodells	108
6.6.4	Integration der Sensoren	109
6.6.5	Beschreibung des Verhaltensmodells und der Kommunikation mit dem Simulationsrechner Ve ³	110
6.6.6	Simulation	112
6.6.7	Ergebnisse	117
7	Nutzenpotenziale und Bewertung	119
7.1	Allgemeines.....	119
7.2	Nutzenpotenziale	119
7.2.1	Vertrieb und Projektierung.....	119
7.2.2	Entwicklung und Inbetriebnahme	119
7.2.3	Produktion	120
7.2.4	Schulung.....	120
7.3	Technologische Bewertung	121
7.4	Wirtschaftliche Bewertung.....	123
8	Zusammenfassung und Ausblick	127
9	Literatur	129
10	Anhang.....	139
10.1	Formelverzeichnis	139

Verzeichnisse

10.2 Herstellerverzeichnis 140