

Dipl.-Ing. Andreas Daberkow, Meerbusch

**Zur CAD-gestützten
Modellierung
von Mehrkörpersystemen**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte
Verfahren

Nr. **80**

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der wichtigsten Formelzeichen	9
1 Einleitung	13
1.1 Derzeitiger Stand der Entwicklung bei Mehrkörperformalismen	14
und volumenorientierten CAD-Systemen	14
1.2 Motivation und Ziel der Arbeit	18
1.3 Inhalt der Arbeit	19
1.4 Bemerkung zur Schreibweise	21
2 Rechnergestützte Modellierung und Simulation von Mehrkörpersystemen	22
2.1 Verlauf einer Dynamikanalyse	22
2.1.1 Modellbildung	22
2.1.2 Aufstellung und Simulation der Bewegungs- und	
Reaktionsgleichungen	26
2.1.3 Ergebnisbewertung	26
2.2 Programmstruktur von Mehrkörperformalismen	26
2.3 Datenschnittstellen von Mehrkörperformalismen	28
3 Elemente und Aufbau von Mehrkörpersystemen	29
3.1 Grundgleichungen für Mehrkörpersysteme	29
3.2 Kinematische Beschreibung von Mehrkörpersystemen	30
3.2.1 Lagebeschreibung von Koordinatensystemen	31
3.2.2 Beschreibung von Bindungen	34
3.2.3 Implizite Darstellung von Bindungen	35
3.2.4 Bindungen in expliziter Form	37
3.2.5 Kinematische Schleifen	39
3.2.6 Geschwindigkeit und Beschleunigung	43
3.3 Kinetische Größen von Mehrkörpersystemen	45
3.3.1 Massegeometrie	46
3.3.2 Klassifizierung von Kräften und Momentenarten	48
3.3.3 Geometrie des Kraft- und Momentenangriffs	49
3.3.4 Physikalische Kraft- und Momentenarten	54

3.3.5	Reaktionskräfte	58
3.4	Bewegungs- und Reaktionsgleichungen	59
3.5	Numerische Simulation und zugeordnete Beschreibungsgrößen	62
3.6	Auswahl von Elementen für die CAD-3D-Modellierung	62
4	Mehrkörpersysteme und rechnergestützte Modellierung mit CAD-3D-Systemen .	64
4.1	Ablauf einer CAD-3D-Modellierung	64
4.2	Aufbau von CAD-3D-Programmsystemen	65
4.2.1	Kommunikationsbereich	66
4.2.2	Methodenbereich	69
4.2.3	Verwaltungsbereich und Datenbasis	70
4.3	3D-Geometriemodelle und Darstellung von Mehrkörpersystemen	70
4.4	Datenstruktur von Geometriemodellen	74
4.4.1	Körperorientiertes Volumenmodell	75
4.4.2	Flächenorientiertes Volumenmodell	75
4.5	Massengeometrische Größen	82
4.6	Schnittstellen von CAD-Systemen	84
4.6.1	Bestehende Standards	84
4.6.2	Entwicklungen	85
4.6.3	Weitere CAD-3D-Schnittstellen	86
4.7	Visualisierung von Simulationsergebnissen und CAD-3D-Systeme	88
4.7.1	Visualisierungsmethoden	89
4.7.2	Geometriemodell zur Visualisierung	90
5	Ein Datenmodell zur grafikgestützten Modellierung von Mehrkörpersystemen ..	93
5.1	Objektorientierte Beschreibung von Mehrkörpersystemen	93
5.1.1	Grundzüge der objektorientierten Techniken	94
5.1.2	Grundlegende Objekte und Methoden für Mehrkörpersysteme	95
5.1.3	Erweiterte Methoden	100
5.2	Erweiterte Beschreibung von Mehrkörpersystemen	102
5.2.1	Erweiterte Beschreibung von Mehrkörpersystemen und 3D-Grafik ..	102
5.2.2	Geometriedatenmodell für Konstruktionselemente Gelenk und Kraft	105

5.2.3 Weitere Objekte	108
5.2.4 Klassen und Methoden für das Geometriedatenmodell	109
5.3 Implementierung des objektorientierten Datenmodells	111
5.3.1 Klassen und Methoden am Beispiel von Starrkörpern und Koordinatensystemen	112
5.3.2 Realisierung für Konstruktionselemente Gelenk und Kraft	117
5.3.3 Zusammenbau von Starrkörpern über anliegende Gelenke	118
5.4 Modellaustausch mit Formalismen	120
5.4.1 Erzeugung eines Eingabedatensatzes aus dem realisierten Datenmodell	121
5.4.2 Einlesen und Bearbeiten von Mehrkörpersystemen und Teilmodellen	122
6 Realisierung der Methoden zur CAD-3D gestützten Modellierung von Mehrkörpersystemen	123
6.1 Einbindung in ein kommerziell verfügbares CAD-3D-System	123
6.1.1 Mehrkörpermodellierungskommandos und CAD-3D-System	125
6.1.2 Mehrkörpersystemmodellierung und Methodenbereich	128
6.1.3 Mehrkörpersystemmodellierung und Datenbasis	130
6.2 Einbindung in ein MKS-3D-Modellierungssystem	132
6.2.1 Kommunikationsbereich und MKS-3D-Modellierungssystem	134
6.2.2 Methodenbereich, Verwaltungsbereich und Datenbasis	138
6.3 Bewertung der realisierten Systeme	139
6.4 Visualisierungsmodul	143
6.4.1 Schnittstelle zur Dynamikanalyse	144
6.4.2 Realisierung eines Visualisierungsmoduls	146
7 Anwendungsbeispiele	150
7.1 Einzylindermotor	150
7.1.1 Aufgabenstellung und Modellbeschreibung	151
7.1.2 Modellierung des Mehrkörpersystems	152
7.1.3 Modellierungs- und Simulationsergebnisse	155
7.2 Roboter	160
7.2.1 Aufgabenstellung und Modellbeschreibung	160