

FORTSCHRITT-
BERICHTE

VDI

Dipl.-Ing. Uwe Honekamp, Möglingen

**IPANEMA - Verteilte
Echtzeit-Informations-
verarbeitung in
mechatronischen
Systemen**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte
Verfahren

Nr. **267**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Mechatronik	1
1.2 Informationsverarbeitung in mechatronischen Systemen	2
1.3 Ziel dieser Arbeit	4
1.4 Gliederung der folgenden Kapitel	5
2 Motivation	7
2.1 Übersicht	7
2.2 Das Mechatronik Laboratorium CAMEL	7
2.2.1 Der Entwicklungskreislauf mechatronischer Systeme	7
2.2.2 Beschreibungssprachen	9
2.2.3 Werkzeuge zur Modellbildung, Analyse und Optimierung	10
2.2.4 Realisierung mechatronischer Systeme in CAMEL	11
2.3 Vergleichbare Werkzeuge zur Simulation und digitalen Regelung	12
2.4 Bestandsaufnahme	13
2.5 Schlußfolgerungen und Zielvorstellungen	14
3 Methodik	15
3.1 Vorbemerkungen	15
3.2 Objektorientierung	15
3.3 Objektorientierung und parallele Informationsverarbeitung	16
3.4 Objektorientierter Entwurf	16
3.5 Analyse des Problems	17
3.5.1 Objektmodellierung	17
3.5.2 Modellierung des Kontrollflusses	20
3.5.3 Modellierung des Datenflusses	21
3.6 Systemdesign	22
3.7 Objektdesign	23

4 Die Konzeptidee	25
4.1 Übersicht	25
4.2 Leitideen	26
4.2.1 Abstraktion und Strukturierung	26
4.2.2 Nebenläufigkeit und aktive Objekte als Strukturierungsmittel	26
4.3 Ansatz für das Konzept von IPANEMA	27
4.3.1 Calculator	28
4.3.2 Adaptor	29
4.3.3 Assistant	31
4.3.4 Moderator	32
4.4 Erste Anwendung der objektorientierten Analyse	34
4.4.1 Objektmodell	34
4.4.2 Modellierung des Kontrollflusses	37
4.4.3 Modellierung des Datenflusses	38
4.5 Ansätze für die Systemsicht	40
5 Entwurf der Klassen von IPANEMA	43
5.1 Übersicht	43
5.2 Objektorientierte Analyse	43
5.2.1 Calculator	43
5.2.2 Adaptor	45
5.2.3 Assistant	48
5.2.4 Moderator	50
5.3 Systemdesign	52
5.3.1 Kommunikation in verteilten Systemen	52
5.3.2 Die Bedeutung der Auswertereihenfolge	53
5.3.3 Formen der Modellintegration	55
5.3.4 Blockierungsfreie Kommunikation	57
5.3.5 Hierarchische Objktanordnung	58
5.4 Objektdesign	58
5.4.1 Calculator	59
5.4.2 Adaptor	63
5.4.3 Assistant	65
5.4.4 Moderator	66

6 Randbedingungen für die Realisierung	69
6.1 Übersicht	69
6.2 Explizite Differentialgleichungen zur Beschreibung mechatronischer Systeme	69
6.3 Aufbereitung der Modelle für die verteilte Simulation	70
6.4 Lastverteilung	71
6.5 Rechentechnik	71
7 Realisierungsskizze: duale Objekte	75
7.1 Übersicht	75
7.2 Duale Objekte	75
7.2.1 Konzeptionelle Aspekte	75
7.2.2 Softwareentwicklung mit dualen Objekten	76
7.3 Systemdesign	78
7.4 Ansätze zur Implementierung der IPANEMA-Klassen	82
7.4.1 Übersicht	82
7.4.2 Calculator	82
7.4.3 Assistant	85
7.4.4 Moderator	86
8 Exemplarische Implementierung	87
8.1 Übersicht	87
8.2 Systemdesign	88
8.2.1 Das Schichtenmodell	88
8.2.2 Die Prozeßintegrations- oder Anwendungsebene	90
8.2.3 Strategie für das Prozeßmapping	91
8.2.4 Blackbox- und Whitebox-Kommunikation	93
8.3 Implementierung der Prozeßklassen	94
8.3.1 Adaptor	95
8.3.2 Assistant	98
8.3.3 Calculator	101
8.3.4 Moderator	103
8.4 Vom Modell zur Simulation	105
9 Anwendungsbeispiel	109

9.1 Einführung	109
9.2 Automatisiertes Folgefahren	109
9.3 Hardware-in-the-Loop-Simulation der Relativkinematik	110
9.3.1 Mechanischer Aufbau des Prüfstands	110
9.3.2 Modellbildung und Regelung	112
9.4 Modellierung des Fahrzeuggespanns	113
9.5 Aufgabenstellung	114
9.6 Anwendung von IPANEMA	114
9.6.1 Überlegungen zur Objekttopologie	114
9.6.2 Aufbau der Rechenhardware	116
9.6.3 Technische Realisierung der Blackbox-Kommunikation	117
9.6.4 Aufbau der Anwendungsschicht	119
9.6.5 Vorgehensweise bei der Erstellung der Objekte	121
9.7 Durchführung von Simulationsexperimenten	123
9.8 Simulationsergebnisse	124
9.9 Leistungsdaten	129
9.10 Bewertung	129
10 Zusammenfassung	131
11 Anhang	133
11.1 Glossar	133
11.2 Index	135
11.3 Literaturverzeichnis	141