

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VIII
Abkürzungen	XII
1 Einleitung	1
1.1 Neue Bahntechnik Paderborn und RailCab	1
1.2 Ziele und Aufbau dieser Arbeit	4
2 Mechatronik am Beispiel des RailCab	6
2.1 Mechatronische Strukturierung	7
2.2 Mechatronische Komposition	11
2.3 Softwareumgebung CAMEL-View	12
3 Konzeption der aktiven Feder-/Neigetechnik	17
3.1 Problemdarstellung und Stand der Technik	17
3.1.1 Klassifikation der Federungssysteme	18
3.1.2 Aktive Feder-/Neigesysteme in Schienenfahrzeugen	21
3.2 Anforderungen an die Feder-/Neigetechnik	24
3.3 NBP-Konzept zur aktiven Feder-/Neigetechnik	26
3.3.1 Sekundärfederung	26
3.3.2 FN-Stelleinrichtung	27
3.4 Mechatronische Betrachtung des Feder-/Neigemoduls	29
4 Prüfstand der aktiven Feder-/Neigetechnik	32
4.1 Sekundärfederung	33
4.2 FN-Stelleinrichtung	35
4.3 Anregungseinheit	37
4.4 Sensorik	38
4.5 Hydraulische Systeme	39
4.6 Hardware zur Informationsverarbeitung	41
5 Modellierung des Feder-/Neigemoduls	44
5.1 Kinematik des Feder-/Neigemoduls	44
5.1.1 Auswahl der Koordinatensysteme	44
5.1.2 Vorwärtskinematik	46
5.1.2.1 Vorwärtskinematik der FN-Stelleinrichtung	47
5.1.2.2 Vorwärtskinematik der Sekundärfederung	48
5.1.3 Rückwärtskinematik	49
5.1.3.1 Bereitstellung der kinematischen Größen der Sekundärfederung	49
5.1.3.2 Rückwärtskinematik der FN-Stelleinrichtung	52
5.1.4 Kinematik der Messgrößen	52
5.1.5 Stellbereich der FN-Stelleinrichtung	54

5.2	Dynamik des Feder-/Neigemoduls	55
5.2.1	Dynamik der Sekundärfederung	55
5.2.1.1	Physikalisches Ersatzmodell	57
5.2.1.2	Analyse der ausgeübten Federkräfte	58
5.2.2	Dynamik der FN-Stelleinrichtung	61
5.2.2.1	Dynamik des Ventils	62
5.2.2.2	Dynamik des Zylinders	63
5.2.3	Dynamisches Verhalten von Sensorik und digitaler Signalverarbeitung	64
5.2.4	Anregungs- und Bewertungsmodelle zur geschlossenen Formulierung	65
5.3	Implementierung in CAMEL-View	66
5.3.1	Das OMM der Sekundärfederung	68
5.3.2	Das OMM der FN-Stelleinrichtung	70
5.3.3	Das OMM der Gesamtstrecke des Feder-/Neigemoduls	72
6	Parameteridentifikation	73
6.1	Aufgabe der Identifikation	73
6.2	Identifikationsverfahren	74
6.2.1	Auswahl der Methode	75
6.2.2	Ablauf des Identifikationsprozesses	76
6.2.3	Messeinrichtung und Messdatenaufbereitung	77
6.2.4	Berechnung der Parameter mit Hilfe von MOPO	78
6.3	Identifikation der Sekundärfederung	79
6.3.1	Symbolische Herleitung der theoretischen Modelle für die Identifikation	80
6.3.2	Parameterbestimmung mit Frequenzganganpassung	85
6.4	Identifikation der FN-Stelleinrichtung	91
6.4.1	Bestimmung der Parameter des Ventils	93
6.4.2	Identifikation der hydraulischen Parameter	98
6.5	Einfluss der Hardware zur Datenverarbeitung	101
7	Modellbasierter Entwurf der Informationsverarbeitung	102
7.1	Das verallgemeinerte Kaskadenprinzip	102
7.2	Die Aufbauregelung als übergeordnete Informationsverarbeitung	105
7.2.1	Übersicht existierender Regelansätze	105
7.2.2	Auslegung der Aufbauregelung für die Sekundärfederung	108
7.2.2.1	Entkopplung	109
7.2.2.2	Abstimmung	111
7.2.2.3	Verkopplung	114
7.2.3	Weitere Synthese	116
7.2.3.1	Anpassung der Führungsgrößen	116
7.2.3.2	Neigefunktion	117
7.2.3.3	Störgrößenaufschaltung	117
7.3	Lokale Informationsverarbeitung für FN-Stelleinrichtung	118
7.4	Druckregelung für hydraulische Versorgung	120
7.5	Analyse des dynamischen Verhaltens des geregelten Gesamtsystems	121

8 Erprobung in der Echtzeitumgebung	124
8.1 Echtzeit-Implementierung am Prüfstand	124
8.1.1 Softwareanbindung der Echtzeit-Peripherie	124
8.1.2 Schrittweise Inbetriebnahme der kaskadierten Regelstruktur	125
8.1.3 Kommunikation	127
8.2 Messtechnische Analyse des geregelten Systems	128
8.2.1 Dynamik der Sekundärfederung	128
8.2.2 Dynamik der FN-Stelleinrichtung	135
8.2.3 Bewertung des Fahrkomforts	135
9 Zusammenfassung und Ausblick	138
10 Anhang	141
10.1 Anhang zum Kapitel 6	141
11 Literaturverzeichnis	143