

FORTSCHRITT-
BERICHTE

VDI

Dipl.-Ing. Thomas Schmitz, Essen

**Modellbildung
und Simulation der
Antriebsdynamik von
Personenwagen**

Reihe **12**: Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. **224**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Literaturübersicht	3
1.2	Inhalt und Ziel der Arbeit	6
1.3	Bemerkungen zur Schreibweise	8
2	Der Antriebsstrang als Subsystem eines räumlichen Fahrzeugmodells	9
2.1	Abgrenzung der Aufgabenstellung	9
2.2	Bewegungsgleichungen für Mehrkörpersysteme	11
2.2.1	Kinematik	12
2.2.2	Dynamik	14
2.3	Allgemeine Aspekte bei der Modellbildung des Antriebsstranges	17
2.3.1	Systembeschreibung und Systemgrenze	17
2.3.2	Elastische Körper	19
2.4	Übertragungsverhalten ausgewählter Bauelemente	20
2.4.1	Kardangelenkelle	20
2.4.2	Gleichlaufgelenkwelle	23
2.4.3	Zahnradgetriebe	28
2.5	Kraftgesetze	30
2.5.1	Elastische Bauelemente	30
2.5.2	Differentialsperren	31
2.5.3	Verbrennungsmotor	33
2.6	Motorlager	34
2.6.1	Kinematisches Ersatzsystem	34
2.6.2	Hydrolager	36
2.7	Rechenzeitoptimiertes Aufstellen der Bewegungsgleichungen	39

3 Modellierung spezieller Antriebsstränge	45
3.1 Frontantrieb	45
3.2 Heckantrieb	50
3.3 Allradantrieb	54
3.4 Einfluß des Antriebskonzeptes auf die Fahrdynamik	59
4 Auslegung einer Antriebsschlupfregelung mit Hilfe der Fuzzy-Logik	62
4.1 Prinzip und Aufbau eines Fuzzy-Reglers	62
4.2 Entwurf des Reglers	66
4.3 Wirkungsweise des Reglers	71
5 Anwendungsspezifische Modellbildung	74
5.1 Längsdynamik	74
5.1.1 Beschreibung des Modells	74
5.1.2 Formulierung der Bewegungsgleichungen	76
5.2 Analytische Untersuchung des Konstantruckelns	78
5.2.1 Modellreduktion	78
5.2.2 Stabilität der Schwingung	81
5.3 Zeitsimulation des Konstantruckelns	84
6 Baugruppenorientierte Simulationsumgebung für die Antriebsdynamik	86
6.1 Modularisierung des Antriebsstranges	86
6.2 Bewegungsgleichungen unter Berücksichtigung von Bindungen	88
6.3 Dynamik für Systeme mit zeitvarianter Struktur	90
6.3.1 Auswerten der rechten Seite der Bewegungsgleichungen	92

6.3.2	Erfassen der Umschaltpunkte	93
6.3.3	Neuinitialisierung des Systems	95
6.3.4	Kritische Anmerkungen zur Modellierung Coulombscher Reibung	98
6.4	Numerische Integration unter Berücksichtigung algebraischer Neben- bedingungen	98
6.4.1	Allgemeine Bindungen	98
6.4.2	Lineare Bindungen	100
6.5	Basiselemente mit zeitvarianter Struktur	102
6.5.1	Spielbehaftetes Antriebselement	103
6.5.2	Reibungsbehaftetes Antriebselement	106
6.6	Spezialfall eines n -Massen-Schwingers	108
7	Strukturvariante Teilsysteme des Antriebsstranges	110
7.1	Verbrennungsmotor	110
7.2	Aus Basiselementen aufgebaute Teilsysteme	112
7.2.1	Schaltbare Reibungskupplung	112
7.2.2	Freilaufsperrn	113
7.2.3	Blockierende Räder	115
7.3	Schaltgetriebe	117
7.4	Automatikgetriebe	119
7.4.1	Bewegungsgleichungen für die Basistopologie	120
7.4.2	Hydrodynamischer Wandler	122
7.4.3	Berücksichtigung der zeitvarianten Struktur	124
7.4.4	Simulation eines Beschleunigungsvorganges	126
7.5	Rasselschwingungen in Zahnradgetrieben	127

7.5.1	Modellbildung	127
7.5.2	Betrachtung einer Getriebestufe	129
7.5.3	Simulationsergebnisse	131
7.5.4	Interpretation der Rasselschwingungen	132
7.6	Zweimassenschwungrad	134
7.6.1	Möglichkeiten der Schwingungsisolierung	134
7.6.2	Modellbildung	135
7.6.3	Redundante Bindungen	137
7.6.4	Vergleich des Schwingungsverhaltens eines Zweimassenschwungrades und eines Torsionsdämpfers	138
8	Zusammenfassung	139
A	Kinematik eines Gleichlaufgelenkes	141
B	Grundlagen der Fuzzy-Logik	143
	Literaturverzeichnis	145