

Inhaltsverzeichnis

Symbole und Bezeichnungen	VIII
1 Einleitung	1
2 Stand der Forschung	4
2.1 Gleismodelle und Berechnungsverfahren für eine ortsfeste Erregung	4
2.1.1 Kontinuierliche Modelle	4
2.1.2 Diskrete Modelle	5
2.2 Behandlung bewegter Kräfte im Frequenzbereich	5
2.3 Behandlung bewegter Massen im Frequenzbereich	6
2.4 Behandlung bewegter Massen im Zeitbereich	6
3 Ziele und Voraussetzungen der Arbeit	8
3.1 Zielsetzung	8
3.2 Voraussetzungen	9
3.3 Abgrenzung zu anderen Arbeiten	10
4 Modellierung des Gleises für hochfrequente Dynamik	12
4.1 Modell der Schiene	13
4.1.1 Lateralmodell	14
4.1.2 Longitudinal- und Vertikalmodell	15
4.2 Verbindungselement – Zwischenlage	17
4.3 Schwelle	21
4.4 Schotter und Planum	22
4.5 Gesamtmodell unter Ausnutzung der Symmetrie	24
5 Berechnungsverfahren bei ortsfester Anregung	27
5.1 Übertragungsmatrizenverfahren	27
5.1.1 Behandlung von Gleisen mit lokalen Einzelstörungen	32
5.2 Finite-Element-Verfahren	34
6 Numerische Ergebnisse bei ortsfester Erregung	37
6.1 Das unendlich lange Gleis	37
6.1.1 Vertikaldynamik	38
6.1.2 Longitudinaldynamik	40
6.1.3 Lateralodynamik	43
6.1.4 Einfluß von frequenzabhängigen Eigenschaften der Zwischenlage auf den Frequenzgang der Schiene	44
6.2 Das endlich lange Gleis bei ortsfester Erregung	46
6.2.1 Einfluß der Schwellenanzahl bei endlichen Gleismodellen	46
6.2.2 Einfluß von Periodizitätsstörungen auf die Vertikaldynamik des Gleises .	50
6.2.3 Einfluß der Schottermodellierung auf den Frequenzgang der Schiene . . .	53
6.3 Verifikation des Gleismodell und Parameteridentifikation	56

7	Das bewegte Fahrzeug auf dem diskreten Gleis	58
7.1	Modell des Fahrzeuges und des Radsatzes	59
7.2	Modell des Gleises	65
7.2.1	Systembelastungsvektor des Gleismodells bei bewegter Last	67
7.2.2	Verschiebung der Schiene	69
7.3	Rad-Schiene-Kontaktmechanik	75
7.3.1	Berechnung der Normalkraft	75
7.4	Zeitschrittintegrationsverfahren	81
7.4.1	Klassische Vorgehensweise	82
7.4.2	“Modales” Zeitschrittintegrationsverfahren	86
7.4.3	Stabilität und Effizienz des modalen Zeitschrittverfahrens	95
7.5	Behandlung von Nichtlinearitäten im Gleis- und Fahrzeugmodell	96
7.6	Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf das Wanderlastproblem	97
7.6.1	Gelenkig gelagerter Balken mit bewegter konstanter Last	98
7.6.2	Dopplereffekt bei ortsfester Betrachtung	99
7.6.3	Gleis mit bewegter harmonischer Last – schubweiches Balkenelement	100
8	Iterationsverfahren zur Berechnung der Kontaktkräfte	104
8.1	Methode der sukzessiven Approximation	104
8.2	Steffensen-Verfahren	105
8.3	Newtonsches Näherungsverfahren bei einer Unbekannten	105
8.4	Newtonsches Näherungsverfahren bei mehreren Unbekannten	109
9	Numerische Ergebnisse – Fahrzeug auf diskretem Gleis	113
9.1	Einfluß von Parametern auf die Ergebnisse der Integration	113
9.1.1	Zeitschrittweite	113
9.1.2	Anzahl der benötigten Eigenfrequenzen der Schiene	114
9.2	Einfluß der nichtlinearen Kontaktmechanik auf die Normalkraft	117
9.3	Einfluß der Radsatzelastizität auf die berechnete Normalkraft	122
9.4	Einfluß der Gleisdynamik auf die Normalkraft	125
9.5	Modellvereinfachungen	129
9.6	Anwendungsmöglichkeiten	131
9.6.1	Einfluß von Konstruktionsparametern auf die Systemkräfte	131
9.6.2	Einfluß von Einzelfehlern im System auf die Kontaktkraft	134
9.7	Zusammenfassung	135
10	Zusammenfassung und Ausblick	136
A	Daten der verwendeten Modelle	139
A.1	Gleismodell	139
A.1.1	Schiene – UIC60	139
A.1.2	Zwischenlage	140
A.1.3	Schwelle	140
A.1.4	Schotter	141
A.2	Daten der Anpassungsrechnung	141
A.3	Fahrzeug und Radsatzmodell	142
B	Partikuläre Lösung des Balkens	145
B.1	Dynamischer Anteil des Timoshenko-Balkens	145

C	Mathematische Behandlung von zyklischen Strukturen	146
C.1	Das Gleis, eine zyklische Struktur ?	146
C.1.1	Die Systemmatrizen des zyklischen Gleismodells	147
C.2	Eigenwertberechnung bei zyklischen Systemen	149
C.2.1	Eigenwertberechnung bei zyklischen Matrizen	149
C.2.2	Eigenwertberechnung beim zyklischen Gleismodell	151
C.3	Modale Zerlegung des zyklischen Systems	153
	Literaturverzeichnis	156