

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>XI</b>
<b>Symbolverzeichnis</b> .....	<b>12</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Aufbau und Bearbeitungsstrategie der Arbeit.....	2
1.2 Aufbau und Funktionsweise von automatisierten Zugbildungsanlagen .....	4
1.3 Das rangiertechnische Verfahren der Laufzielbremsung.....	8
1.4 Anwendung von Fahrwiderstandsmodellen bei der Laufzielbremsung.....	12
1.4.1 Fahrzeugkoordinatensystem .....	12
1.4.2 Vorzeichenkonvention bei Bogenradien .....	13
1.4.3 Angabe von Wagenpositionen im Laufweg .....	13
1.4.4 Energiehöhenrechnung .....	13
1.4.5 Gesamtwiderstand.....	14
1.4.6 Grundwiderstand/Rollwiderstand.....	14
1.4.7 Neigungswiderstand.....	16
1.4.8 Luftwiderstand .....	16
1.4.9 Weichenwiderstand .....	16
1.5 Stand der Technik bei der Berechnung von Bogenwiderständen.....	17
1.5.1 Historische Entwicklung der Bogenlaufbetrachtung.....	17
1.5.2 Herleitung und Vergleich von bekannten Bogenwiderstandsmodellen.....	19
1.5.3 Berechnungsgrundlage der gezeigten Bogenwiderstandsverläufe.....	27
1.6 Notwendigkeit einer Verfahrensneuentwicklung.....	27
1.7 Untersuchungsziele der Arbeit .....	31
<b>2 Messung der Ablaufdynamik in der ZBA Maschen</b> .....	<b>33</b>
2.1 Ziele der Messung.....	33
2.2 Vorüberlegungen und Messaufbau .....	33
2.2.1 Auswahl der Versuchsgüterwagen .....	34
2.2.2 Auswahl der Laufwege und Definition von Messabschnitten.....	35
2.2.3 Beschreibung des Messaufbaus .....	38
2.3 Versuchsdurchführung .....	40
2.4 Ergebnisauswertung.....	43
2.4.1 Prüfung auf Plausibilität.....	43
2.4.2 Prüfung auf Reproduzierbarkeit.....	45
2.4.3 Vergleich der Messergebnisse mit den Ergebnissen der klassischen Dynamikmodelle .....	48

<b>3</b>	<b>Mehrkörpersimulation von Ablaufvorgängen .....</b>	<b>53</b>
3.1	Modellbildung.....	53
3.1.1	Fahrzeugmodellierung .....	54
3.1.2	Fahrwiderstandsmodelle.....	59
3.1.3	Streckenmodellierung .....	61
3.2	Modellvalidierung.....	61
3.2.1	Qualitative Modellvalidierung durch Bogenlaufanalyse.....	62
3.2.2	Quantitative Modellvalidierung durch Messdatenabgleich .....	67
<b>4</b>	<b>Variationsrechnungen .....</b>	<b>73</b>
4.1	Vorgehensweise .....	73
4.2	Definition von Referenzszenarien .....	76
4.3	Univariate Parametervariation .....	76
4.3.1	Einfluss des Reibbeiwert im Rad-Schiene-Kontakt.....	79
4.3.2	Einfluss des Achsabstands bzw. Drehzapfenabstands.....	80
4.3.3	Einfluss der Spurweite .....	82
4.3.4	Einfluss der Geschwindigkeit.....	84
4.3.5	Einfluss von Laufwerksparametern.....	86
4.3.6	Einfluss der Radsatzlast .....	88
4.3.7	Einfluss der Neigung.....	90
4.3.8	Zusammenfassung .....	90
4.4	Multivariate Parametervariation .....	92
4.4.1	Ergebnisse für Doppelschakenlaufwerk.....	92
4.4.2	Ergebnisse für Y25-Drehgestell.....	94
4.5	Anforderungen an ein neues Verfahren zur Berechnung von Bogenwiderständen .....	98
<b>5</b>	<b>Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Berechnung von Bogenwiderständen .....</b>	<b>101</b>
5.1	Allgemeine Verfahrensidee.....	101
5.2	Berechnungsverfahren für zweiachsige Wagen mit Doppelschakenlaufwerk....	103
5.2.1	Identifizierung der Bogenlaufphasen des Doppelschakenlaufwerks .....	103
5.2.2	Entwicklung phasenspezifischer Submodelle .....	105
5.3	Berechnungsverfahren für vierachsige Wagen mit Y25-Drehgestellen.....	116
5.3.1	Identifizierung der Bogenlaufphasen des Y25-Drehgestells .....	116
5.3.2	Entwicklung phasenspezifischer Submodelle .....	119
<b>6</b>	<b>Prüfung der Gültigkeit des entwickelten Verfahrens anhand realer Prozessdaten .....</b>	<b>125</b>
6.1	Beschreibung des Prüfverfahrens.....	125
6.2	Beschreibung des verwendeten Datenmaterials.....	127
6.3	Ergebnisse der Gütebewertung .....	129
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>137</b>

---

<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>141</b>
<b>A1</b>	<b>Neigung-, Bogen- und Weichenbänder der betrachteten Laufwege .....</b>	<b>147</b>
<b>A2</b>	<b>Darstellungen zum Messaufbau .....</b>	<b>150</b>
<b>A3</b>	<b>Ergänzende Informationen und Darstellungen zu den durchgeführten Messversuchen.....</b>	<b>154</b>
<b>A4</b>	<b>Topologiepläne der verwendeten Mehrkörpersimulationsmodelle.....</b>	<b>157</b>
<b>A5</b>	<b>Bogenbänder der verwendeten Standardtopologien .....</b>	<b>159</b>
<b>A6</b>	<b>Häufigkeitsverteilungen wichtiger Bogenlaufparameter der verwendeten Stichprobe.....</b>	<b>161</b>
<b>A7</b>	<b>Auszug aus dem Datenkatalog von RSRD<sup>2</sup> (Konstruktionsdaten).....</b>	<b>164</b>