

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Motivation und Hintergrund</b>	<b>1</b>
1.1	Entwicklung urbaner Mobilität	1
1.2	Vorteile automatisierter Schienenverkehrssysteme	4
	Literatur	8
<b>2</b>	<b>Systemkomponenten und Umsysteme automatischer Zugbeeinflussungssysteme</b>	<b>9</b>
2.1	Systemkomponenten automatischer Zugbeeinflussungssysteme	9
2.2	Umsysteme automatischer Zugbeeinflussungssysteme	20
	Literatur	25
<b>3</b>	<b>Automatisierungsgrade automatischer Zugbeeinflussungssysteme</b>	<b>27</b>
3.1	Grade of Automation 0: Zugbetrieb auf Sicht	27
3.2	Grade of Automation 1: Nicht automatisierter Zugbetrieb	30
3.3	Grade of Automation 2: Halbautomatischer Zugbetrieb	31
3.4	Grade of Automation 3: Begleiteter fahrerloser Zugbetrieb	31
3.5	Grade of Automation 4: Vollautomatischer fahrerloser Zugbetrieb	31
	Literatur	32
<b>4</b>	<b>Betriebsarten und Betriebsartenübergänge automatischer Zugbeeinflussungssysteme</b>	<b>33</b>
4.1	Betriebsarten automatischer Zugbeeinflussungssysteme	33
4.2	Betriebsartenübergänge automatischer Zugbeeinflussungssysteme	37
4.2.1	Wechsel zwischen Restricted Mode und Supervised Manual Mode	37
4.2.2	Wechsel zwischen Supervised Manual Mode und Automatic Mode	38
4.2.3	Wechsel zwischen Automatic Mode und Automatic Reversal Mode	39

4.2.4	Wechsel zwischen Automatic Mode und Restricted Mode bei Störungen . . . . .	41
4.2.5	Automatisierte Betriebsführung im Depot. . . . .	43
	Literatur. . . . .	43
<b>5</b>	<b>Hauptfunktionen automatischer Zugbeeinflussungssysteme . . . . .</b>	<b>45</b>
5.1	Hauptfunktion Sichern der Zugbewegung . . . . .	45
5.1.1	Oberfunktion Sichern des Fahrwegs . . . . .	45
5.1.2	Oberfunktion Sichern der Abstandshaltung. . . . .	47
5.1.3	Oberfunktion Sichern der Geschwindigkeit. . . . .	48
5.2	Hauptfunktion Fahren des Fahrzeugs . . . . .	55
5.2.1	Oberfunktion Bestimmen des Fahrprofils . . . . .	55
5.2.2	Oberfunktion Steuern der Züge in Abhängigkeit des Fahrprofils . . .	57
5.3	Hauptfunktion Überwachen der Profilverfreiheit . . . . .	62
5.3.1	Oberfunktion Verhinderung der Kollision mit Objekten . . . . .	62
5.3.2	Oberfunktion Verhinderung der Kollision mit Personen im Gleis . . .	63
5.4	Hauptfunktion Überwachen des Fahrgastwechsels . . . . .	65
5.4.1	Oberfunktion Steuern und Überwachen der Türfreigabe. . . . .	65
5.4.2	Oberfunktion Verhindern der Verletzung von Personen zwischen Fahrzeugen. . . . .	65
5.4.3	Oberfunktion Sichern der Bahnsteigkante. . . . .	66
5.4.4	Oberfunktion Sicherstellen der Abfertigungsbedingungen . . . . .	68
5.5	Hauptfunktion Automatischer Zugbetrieb . . . . .	69
5.5.1	Oberfunktion Einsetzen und Aussetzen von Fahrzeugen. . . . .	69
5.5.2	Oberfunktion Betreiben eines Fahrzeugs zwischen betrieblichen Halten. . . . .	70
5.5.3	Oberfunktion Überwachung des Fahrzeugzustands. . . . .	70
5.6	Hauptfunktion Störfallerkennung und Störfallmanagement . . . . .	72
5.6.1	Oberfunktion Brandmeldung . . . . .	72
5.6.2	Oberfunktion Evakuierung. . . . .	72
5.6.3	Oberfunktion Hinderniserkennung . . . . .	73
5.6.4	Oberfunktion Entgleisungserkennung . . . . .	74
	Literatur. . . . .	74
<b>6</b>	<b>Verlässlichkeit automatischer Zugbeeinflussungssysteme . . . . .</b>	<b>75</b>
6.1	Sicherheit . . . . .	75
6.1.1	Funktionale Sicherheit (Safety) . . . . .	76
6.1.2	Angriffssicherheit (Security) . . . . .	78
6.2	Verfügbarkeit (Availability) . . . . .	80
6.2.1	Erhöhung der Zuverlässigkeit (Reliability) zur Steigerung der Verfügbarkeit . . . . .	80

6.2.2	Optimierung der Instandhaltbarkeit (Maintainability) zur Steigerung der Verfügbarkeit . . . . .	82
	Literatur. . . . .	84
7	<b>Abwägung von Kosten und Nutzen automatischer Zugbeeinflussungssysteme . . . . .</b>	<b>87</b>
7.1	Lebenszykluskostenrechnung . . . . .	87
7.1.1	Elemente der Lebenszykluskosten. . . . .	88
7.1.2	Ergebnisse der Analyse der Lebenszykluskosten. . . . .	90
7.2	Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit . . . . .	90
7.2.1	Vorbereitung des Simulationsmodells . . . . .	91
7.2.2	Validierung und Kalibrierung des Simulationsmodells . . . . .	92
7.2.3	Durchführung und Auswertung der Simulationsläufe . . . . .	94
	Literatur. . . . .	94
8	<b>Umbau, Test und Inbetriebnahme automatischer Zugbeeinflussungssysteme . . . . .</b>	<b>97</b>
8.1	Definition der Migrationsstrategie . . . . .	98
8.1.1	Doppelausrüstung der Fahrzeuge. . . . .	99
8.1.2	Doppelausrüstung der Streckeneinrichtungen . . . . .	100
8.2	Bestandspläne und Erfassung der Gleisgeometrie. . . . .	102
8.3	Definition der Teststrategie und Testdurchführung . . . . .	103
8.3.1	Umwelttests . . . . .	104
8.3.2	Fabriktests . . . . .	104
8.3.3	Fahrzeugtests . . . . .	105
8.3.4	Testgleis im Betriebshof . . . . .	106
8.3.5	Inbetriebnahmetests der Streckeneinrichtung . . . . .	106
8.4	Training des Betriebspersonals vor Betriebsaufnahme . . . . .	109
	Literatur. . . . .	111
9	<b>Perspektiven und zukünftige Herausforderungen. . . . .</b>	<b>113</b>
9.1	Entwicklung der installierten Basis . . . . .	113
9.2	Standardisierung von Systemlösungen . . . . .	114
9.3	Integration der Straßenverkehrstechnik in Stadtbahnssystemen . . . . .	115
	Literatur. . . . .	116
	<b>Stichwortverzeichnis. . . . .</b>	<b>117</b>