

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Hintergrund	1
1.1	Entwicklung urbaner Mobilität	2
1.2	Vorteile automatisierter Schienenverkehrssysteme	5
	Literatur	9
2	Systemkomponenten und Umsysteme automatischer Zugbeeinflussungssysteme	11
2.1	Systemkomponenten automatischer Zugbeeinflussungssysteme	12
2.1.1	Streckenseitige Ausrüstung (ATP Wayside)	13
2.1.2	Fahrzeugseitige Ausrüstung (ATP onboard und ATO onboard)	17
2.1.3	Datenkommunikationssystem	18
2.1.4	Zugleitsystem (Automatic train Supervision, ATS)	23
2.2	Umsysteme automatischer Zugbeeinflussungssysteme	27
	Literatur	35
3	Automatisierungsgrade automatischer Zugbeeinflussungssysteme	37
3.1	Grade of Automation 0: Zugbetrieb auf Sicht	40
3.2	Grade of Automation 1: Nicht automatisierter Zugbetrieb	40
3.3	Grade of Automation 2: Halbautomatischer Zugbetrieb	41
3.4	Grade of Automation 3: Begleiteter fahrerloser Zugbetrieb	41
3.5	Grade of Automation 4: Unbegleiteter fahrerloser Zugbetrieb	42
	Literatur	42
4	Betriebsarten und Betriebsartenübergänge im automatisierten Betrieb	43
4.1	Betriebsarten im Überblick	44
4.1.1	Betriebsarten für den Regelbetrieb	45
4.1.2	Betriebsarten für Gefahren- und Störzustände	46
4.1.3	Betriebsarten für Ausschaltzustände	48
4.1.4	Betriebsarten für Fahrten auf nicht mit CBTC ausgerüsteten Bestandsstrecken	49

4.2	Betriebsartenübergänge in halbautomatischen betriebenen Systemen	50
4.2.1	Wechsel zwischen Restricted Mode und Supervised Manual Mode	50
4.2.2	Wechsel zwischen Supervised Manual Mode und Automatic Mode	52
4.2.3	Wechsel zwischen Automatic Mode und Full Automatic Mode bei Kehrfahrten	53
4.2.4	Wechsel zwischen Automatic Mode und Full Automatic Mode im Betriebshof	55
4.2.5	Wechsel zwischen Automatic Mode und Restricted Mode bei Störungen	56
4.3	Betriebsartenübergänge in unbegleitet fahrerlos betriebenen Systemen	58
4.3.1	Wechsel zwischen Ausschaltzuständen und unbegleitetem fahrerlosen Betrieb	58
4.3.2	Wechsel zwischen Gefahr- und Stöorzuständen und unbegleitetem fahrerlosen Betrieb	59
	Literatur.	59
5	Hauptfunktionen automatischer Zugbeeinflussungssysteme	61
5.1	Hauptfunktion Sichern der Zugbewegung	62
5.1.1	Oberfunktion Sichern des Fahrwegs	62
5.1.2	Oberfunktion Sichern der Abstandshaltung.	65
5.1.3	Oberfunktion Sichern der Geschwindigkeit und Richtung	66
5.2	Hauptfunktion Fahren des Fahrzeugs	76
5.2.1	Oberfunktion Bestimmen des Fahrprofils	76
5.2.2	Oberfunktion Steuern der Züge in Abhängigkeit des Fahrprofils	79
5.3	Hauptfunktion Überwachen der Profelfreiheit	85
5.3.1	Oberfunktion Verhinderung der Kollision mit Objekten	85
5.3.2	Oberfunktion Verhinderung der Kollision mit Personen im Gleis	86
5.4	Hauptfunktion Überwachen des Fahrgastwechsels	89
5.4.1	Oberfunktion Steuern und Überwachen der Türfreigabe.	89
5.4.2	Oberfunktion Verhindern der Verletzung von Personen zwischen Fahrzeugen.	90
5.4.3	Oberfunktion Sichern der Bahnsteigkante.	90
5.4.4	Oberfunktion Sicherstellen der Abfertigungsbedingungen	98
5.5	Hauptfunktion Automatischer Zugbetrieb	100
5.5.1	Oberfunktion Einsetzen und Aussetzen von Fahrzeugen.	100
5.5.2	Oberfunktion Betreiben eines Fahrzeugs zwischen betrieblichen Halten.	101
5.5.3	Oberfunktion Überwachung des Fahrzeugzustands.	103

- 5.6 Hauptfunktion Störfallerkennung und Störfallmanagement 105
 - 5.6.1 Oberfunktion Fahrgastalarmmeldungen 105
 - 5.6.2 Oberfunktion Brandmeldung 108
 - 5.6.3 Oberfunktion Evakuierung 111
 - 5.6.4 Oberfunktion Hinderniserkennung 114
 - 5.6.5 Oberfunktion Entgleisungserkennung 115
- Literatur 115
- 6 Verlässlichkeit automatischer Zugbeeinflussungssysteme 117**
 - 6.1 Sicherheit 118
 - 6.1.1 Funktionale Sicherheit (Safety) 118
 - 6.1.2 Angriffssicherheit (Security) 124
 - 6.2 Verfügbarkeit (Availability) 125
 - 6.2.1 Optimierung der Instandhaltbarkeit (Maintainability) zur Steigerung der Verfügbarkeit 126
 - 6.2.2 Erhöhung der Zuverlässigkeit (Reliability) zur Steigerung der Verfügbarkeit 128
 - 6.2.3 Fehlertolerante Systeme zur Steigerung der Verfügbarkeit 129
 - Literatur 130
- 7 Abwägung von Kosten und Nutzen automatischer Zugbeeinflussungssysteme 133**
 - 7.1 Ermittlung der Kostenkomponente mittels Lebenszykluskostenrechnung 134
 - 7.1.1 Elemente der Lebenszykluskosten 134
 - 7.1.2 Berechnung der Lebenszykluskosten 136
 - 7.1.3 Ergebnisse der Analyse der Lebenszykluskosten 137
 - 7.2 Ermittlung der Nutzenkomponente mit Betriebssimulationen und Verkehrsmodellen 138
 - 7.2.1 Simulative Untersuchung der Leistungsfähigkeit signaltechnischer Ausrüstungsvarianten 138
 - 7.2.2 Nutzung der höheren Leistungsfähigkeit für Anpassungen im ÖPNV-Angebot 142
 - 7.2.3 Bewertung des verkehrlichen Nutzens von Anpassungen im ÖPNV-Angebot 143
 - Literatur 144
- 8 Umbau, Test und Inbetriebnahme automatischer Zugbeeinflussungssysteme 147**
 - 8.1 Definition der Migrationsstrategie 148
 - 8.1.1 Doppelausrüstung der Fahrzeuge 150
 - 8.1.2 Doppelausrüstung der Streckeneinrichtungen 151

8.2	Anwendungsspezifische Konfiguration automatischer Zugbeeinflussungssysteme.	153
8.2.1	Kategorien streckenspezifischer Konfigurationsdaten.	153
8.2.2	Kategorien fahrzeugspezifischer Konfigurationsdaten.	154
8.2.3	Qualitätsmerkmale von Konfigurationsdaten.	154
8.2.4	Qualitätssichernde Prozesse für Konfigurationsdaten.	155
8.2.5	Erfassung streckenspezifischer Konfigurationsdaten.	156
8.3	Umrüstung der Fahrzeuge mit CBTC-Fahrzeugausrüstung.	156
8.3.1	Definition betrieblicher Anwendungsfälle.	157
8.3.2	Definition Mechanische Integration des CBTC-Fahrzeuggeräts.	157
8.3.3	Elektrische Integration des CBTC-Fahrzeuggeräts.	159
8.4	Umrüstung der Strecke mit CBTC-Streckenausrüstung.	160
8.5	Definition der Teststrategie und Testdurchführung.	162
8.5.1	Umwelttests.	162
8.5.2	Fabriktests.	163
8.5.3	Fahrzeugtests.	164
8.5.4	Testgleis im Betriebshof.	165
8.5.5	Inbetriebnahmetests der Streckeneinrichtung.	166
8.6	Anpassung betrieblicher Regelwerke für den automatisierten Betrieb.	169
8.6.1	Prinzipien der Regelwerksanpassungen in Erneuerungsprojekten.	169
8.6.2	Ablauf der Regelwerkserstellung im Erneuerungsprojekt.	171
8.6.3	Rollen und Verantwortlichkeiten der Regelwerkserstellung im Erneuerungsprojekt.	172
8.7	Schulung des Betriebspersonals.	174
8.7.1	Schulungen der Fahrer.	174
8.7.2	Schulungen der Fahrdienstleiter.	175
8.7.3	Schulungen des Instandhaltungspersonals.	176
	Literatur.	177
9	Perspektiven und zukünftige Herausforderungen.	179
9.1	Entwicklung der installierten Basis.	180
9.2	Standardisierung von Systemlösungen.	180
9.3	Integration der Straßenverkehrstechnik in Stadtbahnssystemen.	181
9.4	Alternative Funktionsaufteilung zwischen Fahrzeug und Strecke.	183
9.4.1	Zentralisierung sicherheitsrelevanter Anwendungen in Rechenzentren.	183
9.4.2	Fahrzeugzentrierte Funktionsallokation.	184
	Literatur.	185
	Stichwortverzeichnis.	187