

Inhaltsverzeichnis

1 Motivation und Hintergrund	1
1.1 Entwicklung urbaner Mobilität	1
1.2 Vorteile automatisierter Schienenverkehrssysteme	7
Literatur.	11
2 Systemkomponenten und Umsysteme automatischer Zugbeeinflussungssysteme	13
2.1 Systemkomponenten automatischer Zugbeeinflussungssysteme.	13
2.1.1 Fahrzeugseitige Ausrüstung (ATP onboard und ATO onboard)	15
2.1.2 Streckenseitige Ausrüstung (ATP wayside).	17
2.1.3 Datenkommunikationssystem	19
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	37
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: Vollautomatischer fahrerloser Zugbetrieb	41
Literatur.	42
4 Betriebsarten und Betriebsartenübergänge automatischer Zugbeeinflussungssysteme	43
4.1 Betriebsarten automatischer Zugbeeinflussungssysteme.	43
4.1.1 Betriebsarten für den Regelbetrieb	44
4.1.2 Betriebsarten für Gefahren- und Störzustände.	45
4.1.3 Betriebsarten für Ausschaltzustände	47
4.1.4 Betriebsarten für Fahrten auf nicht mit CBTC ausgerüsteten Bestandsstrecken	48

4.2	Betriebsartenübergänge automatischer Zugbeeinflussungssysteme	49
4.2.1	Wechsel zwischen Restricted Mode und Supervised Manual Mode	49
4.2.2	Wechsel zwischen Supervised Manual Mode und Automatic Mode	50
4.2.3	Wechsel zwischen Automatic Mode und Automatic Reversal Mode	51
4.2.4	Wechsel zwischen Automatic Mode und Restricted Mode bei Störungen	53
4.2.5	Automatisierte Betriebsführung im Depot	55
Literatur		56
5	Hauptfunktionen automatischer Zugbeeinflussungssysteme	57
5.1	Hauptfunktion Sichern der Zugbewegung	57
5.1.1	Oberfunktion Sichern des Fahrwegs	57
5.1.2	Oberfunktion Sichern der Abstandshaltung	61
5.1.3	Oberfunktion Sichern der Geschwindigkeit	62
5.2	Hauptfunktion Fahren des Fahrzeugs	71
5.2.1	Oberfunktion Bestimmen des Fahrprofils	71
5.2.2	Oberfunktion Steuern der Züge in Abhängigkeit des Fahrprofils	74
5.3	Hauptfunktion Überwachen der Profilfreiheit	79
5.3.1	Oberfunktion Verhinderung der Kollision mit Objekten	79
5.3.2	Oberfunktion Verhinderung der Kollision mit Personen im Gleis	80
5.4	Hauptfunktion Überwachen des Fahrgastwechsels	83
5.4.1	Oberfunktion Steuern und Überwachen der Türfreigabe	83
5.4.2	Oberfunktion Verhindern der Verletzung von Personen zwischen Fahrzeugen	84
5.4.3	Oberfunktion Sichern der Bahnsteigkante	84
5.4.4	Oberfunktion Sicherstellen der Abfertigungsbedingungen	90
5.5	Hauptfunktion Automatischer Zugbetrieb	92
5.5.1	Oberfunktion Einsetzen und Aussetzen von Fahrzeugen	92
5.5.2	Oberfunktion Betreiben eines Fahrzeugs zwischen betrieblichen Halten	93
5.5.3	Oberfunktion Überwachung des Fahrzeugzustands	95
5.6	Hauptfunktion Störfallerkennung und Störfallmanagement	96
5.6.1	Oberfunktion Fahrgastalararmmeldungen	96
5.6.2	Oberfunktion Brandmeldung	100
5.6.3	Oberfunktion Evakuierung	101
5.6.4	Oberfunktion Hinderniserkennung	103
5.6.5	Oberfunktion Entgleisungserkennung	104
Literatur		105

6 Verlässlichkeit automatischer Zugbeeinflussungssysteme	107
6.1 Sicherheit	107
6.1.1 Funktionale Sicherheit (Safety)	108
6.1.2 Angriffssicherheit (Security)	114
6.2 Verfügbarkeit (Availability)	115
6.2.1 Optimierung der Instandhaltbarkeit (Maintainability) zur Steigerung der Verfügbarkeit	115
6.2.2 Erhöhung der Zuverlässigkeit (Reliability) zur Steigerung der Verfügbarkeit	117
6.2.3 Fehlertolerante Systeme zur Steigerung der Verfügbarkeit	118
Literatur	120
7 Abwägung von Kosten und Nutzen automatischer Zugbeeinflussungssysteme	123
7.1 Lebenszykluskostenrechnung	123
7.1.1 Elemente der Lebenszykluskosten	124
7.1.2 Ergebnisse der Analyse der Lebenszykluskosten	126
7.2 Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit	126
7.2.1 Vorbereitung des Simulationsmodells	127
7.2.2 Validierung und Kalibrierung des Simulationsmodells	128
7.2.3 Durchführung und Auswertung der Simulationsläufe	130
Literatur	131
8 Umbau, Test und Inbetriebnahme automatischer Zugbeeinflussungssysteme	133
8.1 Definition der Migrationsstrategie	134
8.1.1 Doppelausrüstung der Fahrzeuge	137
8.1.2 Doppelausrüstung der Streckeneinrichtungen	139
8.2 Projektierung automatischer Zugbeeinflussungssysteme	140
8.2.1 Kategorien streckenspezifischer Projektierungsdaten	141
8.2.2 Kategorien fahrzeugspezifischer Projektierungsdaten	141
8.2.3 Qualitätsmerkmale von Projektierungsdaten	142
8.2.4 Qualitätssichernde Prozesse für Projektierungsdaten	142
8.2.5 Erfassung streckenspezifischer Projektierungsdaten	143
8.3 Ausstattung von Fahrzeugen mit CBTC-Fahrzeuggeräten	144
8.3.1 Definition betrieblicher Anwendungsfälle	144
8.3.2 Mechanische Integration des CBTC-Fahrzeuggeräts	145
8.3.3 Elektrische Integration des CBTC-Fahrzeuggeräts	146
8.4 Definition der Teststrategie und Testdurchführung	147
8.4.1 Umwelttests	148
8.4.2 Fabriktests	148
8.4.3 Fahrzeugtests	149
8.4.4 Testgleis im Betriebshof	150
8.4.5 Inbetriebnahmetests der Streckeneinrichtung	151

8.5	Schulung des Betriebspersonals.	153
8.5.1	Schulungen der Fahrer.	154
8.5.2	Schulungen des Fahrdienstleiter:	154
8.5.3	Schulungen des Instandhaltungspersonals.	156
Literatur.		157
9	Perspektiven und zukünftige Herausforderungen	159
9.1	Entwicklung der installierten Basis	159
9.2	Standardisierung von Systemlösungen	160
9.3	Integration der Straßenverkehrstechnik in Stadtbahnssystemen	161
Literatur.		163
Stichwortverzeichnis		165