

Jörn Pacht

Systemtechnik des Schienenverkehrs

Bahnbetrieb planen, steuern und sichern

5., bearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 173 Abbildungen

STUDIUM



VIEWEG+
TEUBNER

Inhalt

1 Grundbegriffe des Schienenverkehrs	1
1.1 Maßgebende Systemeigenschaften	1
1.2 Gesetzliche Grundlagen für Bau und Betrieb von Schienenbahnen	3
1.3 Grundlegende Begriffe und Definitionen.....	6
1.3.1 Bahnanlagen.....	6
1.3.2 Fahrzeuge.....	12
1.3.3 Fahrten mit Eisenbahnfahrzeugen.....	13
1.3.4 Regelung der Zugfolge	16
1.3.5 Abweichende Begriffswelten im Ausland	18
2 Fahrdynamische Grundlagen	22
2.1 Grundgleichungen	22
2.2 Zugkraft.....	23
2.3 Widerstandskräfte	24
2.3.1 Streckenwiderstand	24
2.3.2 Fahrzeugwiderstand	28
2.3.3 Anfahrwiderstand.....	29
2.4 Steigungs-Geschwindigkeits-Diagramm.....	31
2.5 Fahrzeitermittlung	32
3 Regelung und Sicherung der Zugfolge	38
3.1 Theoretische Abstandshalteverfahren	38
3.1.1 Zugfolge im relativen Bremswegabstand	38
3.1.2 Zugfolge im absoluten Bremswegabstand	39
3.1.3 Zugfolge im festen Raumabstand	40
3.2 Abstandhaltetechniken im Schienenverkehr.....	41

3.2.1	Fahren im Sichtabstand	41
3.2.2	Fahren im Zeitabstand.....	41
3.2.3	Fahren im festen Raumabstand	42
3.2.3.1	Bedingungen	42
3.2.3.2	Ortsfeste Signalisierung	43
3.2.3.3	Sperrzeitenbild	49
3.2.3.4	Leistungssteigerung durch Signalisierung verkürzter Blockabschnitte	53
3.3	Sicherung des Fahrens im festen Raumabstand	58
3.3.1	Verfahren ohne technische Sicherung	58
3.3.1.1	Verfahren ohne technische Sicherung mit örtlicher Fahrdienstleitung	59
3.3.1.2	Verfahren ohne technische Sicherung mit zentraler Fahrdienstleitung	61
3.3.2	Technische Sicherungsverfahren	62
3.3.2.1	Begriff des Streckenblocks	62
3.3.2.2	Gestaltung der Blocklogik	62
3.3.2.3	Technische Realisierung des Streckenblocks.....	66
3.3.2.4	Satellitengestützte Sicherung der Zugfolge als Alternative zum Streckenblock auf Nebenstrecken.....	75
3.4	Zugbeeinflussung	76
3.4.1	Arten von Zugbeeinflussungsanlagen.....	77
3.4.2	Punktförmige Zugbeeinflussung.....	78
3.4.2.1	Zugbeeinflussung mit mechanischer und elektromechanischer Informationsübertragung	78
3.4.2.2	Induktive Zugbeeinflussung.....	79
3.4.2.3	Magnetische Zugbeeinflussung.....	83
3.4.2.4	Zugbeeinflussung mit punktförmigen Datenüber- tragungssystemen auf Transponderbasis.....	84
3.4.3	Linienförmige Zugbeeinflussung	85
3.4.4	Vereinheitlichung der Zugbeeinflussung in Europa	89
3.5	Funkbasierte Verfahren zur Zugfolgesicherung.....	93
4	Steuerung und Sicherung der Fahrwegelemente	96
4.1	Begriff der Fahrstraße	96

4.2	Kriterien für die Sicherung einer Fahrstraße.....	99
4.2.1	Signalabhängigkeit.....	99
4.2.2	Fahrstraßenverschluss und Fahrstraßenfestlegung.....	101
4.2.3	Fahrstraßenausschlüsse.....	107
4.2.4	Flankenschutz.....	108
4.2.4.1	Flankenschutz gegen feindliche Zugfahrten.....	108
4.2.4.2	Flankenschutz gegen feindliche Rangierfahrten und unbeabsichtigt ablaufende Wagen.....	109
4.2.4.3	Flankenschutz gegen das Strecken von Zügen.....	109
4.2.4.4	Erfordernis von Schutzweichen.....	110
4.2.4.5	Besonderheiten der Anordnung von Flankenschutz- einrichtungen.....	111
4.2.5	Gleisfreimeldung.....	114
4.3	Anordnung der Signale.....	116
4.3.1	Verwendung der Hauptsignale.....	116
4.3.2	Bezeichnung der Hauptsignale.....	118
4.3.3	Abstand der Hauptsignale vom Gefahrpunkt.....	120
4.3.3.1	Maßgebender Gefahrpunkt.....	120
4.3.3.2	Sicherung der Durchrutschwege.....	121
4.3.4	Verwendung der Sperrsignale.....	124
4.4	Sperrzeit von Fahrstraßen.....	126
4.5	Techniken zur Fahrwegsteuerung.....	129
4.5.1	Stellwerksbauformen.....	129
4.5.1.1	Mechanische Stellwerke.....	129
4.5.1.2	Elektromechanische und elektropneumatische Stellwerke.....	131
4.5.1.3	Relaisstellwerke.....	131
4.5.1.4	Elektronische Stellwerke (ESTW).....	132
4.5.2	Abbildung der Fahrstraßenlogik in Stellwerken.....	132
4.5.2.1	Tabellarische Fahrstraßenlogik (Verschlußstabelle).....	132
4.5.2.2	Geografische Fahrstraßenlogik (Spurplanprinzip).....	134
4.5.3	Abhängigkeiten zwischen Bedienbereichen.....	138
4.5.3.1	Bahnhofsblock.....	138
4.5.3.2	Abhängigkeiten zwischen Bedienbereichen in elektronischen Stellwerken.....	141
4.5.3.3	Nahstellbereiche.....	141

4.5.4 Streckensicherung mit den Mitteln der Fahrstraßentechnik	142
4.6 Funkbasierte Fahrwegsteuerung.....	143
5 Leistungsuntersuchung von Eisenbahn-Betriebsanlagen.....	146
5.1 Leistungsverhalten und Leistungsfähigkeit.....	146
5.2 Optimaler Leistungsbereich	150
5.3 Methodik der Leistungsuntersuchungen	154
5.3.1 Einteilung der Verfahren	154
5.3.2 Simulationsverfahren	156
5.3.3 Analytische Untersuchung von Strecken	159
5.3.4 Analytische Untersuchung von Knoten	168
5.3.4.1 Analytische Untersuchung von Fahrstraßenknoten	169
5.3.4.2 Vereinfachte Verfahren zur Abbildung der betrieblichen Möglichkeiten eines Fahrstraßenknotens.....	170
5.3.4.3 Bemessung von Gleisgruppen.....	182
5.3.5 Auswahl eines Verfahrens	187
5.4 Maßnahmen zur Leistungsverbesserung.....	187
6 Fahrplankonstruktion	191
6.1 Darstellungsformen des Fahrplans für das Trassenmanagement	192
6.2 Zeitanteile im Fahrplan	196
6.2.1 Bestandteile der Beförderungszeit eines Zuges	196
6.2.1.1 Fahrzeit	196
6.2.1.2 Haltezeit	197
6.2.2 Zeitanteile zwischen den Zugfahrten	199
6.2.2.1 Zugfolgezeit	199
6.2.2.2 Pufferzeit.....	200
6.2.3 Übergangszeit	206
6.2.4 Synchronisationszeit	207
6.2.5 Planmäßige Wartezeit	208
6.3 Verfahren zur Fahrplankonstruktion	211
6.3.1 Manuelle Fahrplankonstruktion	211
6.3.2 Rechnergestützte Fahrplankonstruktion.....	215

6.4 Fahrplanqualität und Fahrplanleistung.....	218
7 Taktfahrplan	222
7.1 Anforderungen an Infrastruktur und Betrieb.....	223
7.1.1 Strecken-Infrastruktur für feste Taktlagen.....	224
7.1.2 Strecken-Infrastruktur für wechselnde Taktlagen.....	228
7.2 Integraler Taktfahrplan.....	230
7.2.1 Anforderungen an die Strecken	231
7.2.2 Anforderungen an die Knoten.....	232
7.3 Prüfung der Stabilität von Taktfahrplänen	234
8 Betriebssteuerung	237
8.1 Traditionelle Organisation der Fahrdienstleitung	237
8.2 Arbeitshilfen bei manueller Betriebssteuerung	238
8.3 Betriebsleittechnik zur Unterstützung der Betriebssteuerung	239
8.3.1 Zuglaufverfolgung	239
8.3.2 Zuglenkung.....	241
8.4 Betriebszentralen.....	247
8.4.1 Aufteilung der betrieblichen Funktionalität in einer Betriebszentrale	248
8.4.2 Rückfallebenen für den Störfall	251
8.4.2.1 Ersatzweise Sicherung der Zugfolge	252
8.4.2.2 Ersatzweise Fahrwegsicherung.....	254
8.4.2.3 Rückfallebenen bei Ausfall der zentralen Steuerung.....	255
8.4.3 Grundlagen der rechnergestützten Disposition.....	255
9 Betriebstechnik der Rangierbahnhöfe	260
9.1 Produktionstechnik des Einzelwagenverkehrs	261
9.1.1 Rangierverfahren	261
9.1.2 Leitung der Güterwagen im Netz.....	262
9.1.3 Aufbau eines Rangierbahnhofs	263

9.1.4 Betriebliche Abläufe in einem Rangierbahnhof.....	265
9.1.5 Bildung von Mehrgruppenzügen	266
9.2 Grundlagen der Ablaufdynamik.....	268
9.3 Ablaufsteuerung.....	271
9.3.1 Fahrwegsteuerung in der Verteilzone	271
9.3.2 Variation der Abdrückgeschwindigkeit.....	272
9.3.3 Aufgabe und Anordnung der Gleisbremsen	273
9.3.3.1 Beeinflussung der Wagenfolgezeit in der Verteilzone	273
9.3.3.2 Zielbremsung im Richtungsgleis	277
9.3.3.3 Gefälleausgleich im Richtungsgleis.....	277
9.3.3.4 Bauarten von Gleisbremsen	277
Symbole in grafischen Darstellungen	283
Literaturverzeichnis.....	284
Glossar	291
Sachwortverzeichnis	308