

Jörn Pachtl

Systemtechnik des Schienenverkehrs

Bahnbetrieb planen, steuern und sichern

6., überarbeitete 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.....	5
1.3.1	Bahnanlagen.....	5
1.3.2	Fahrzeuge.....	11
1.3.3	Fahrten mit Eisenbahnfahrzeugen.....	12
1.3.4	Regelung der Zugfolge.....	15
1.3.5	Abweichende Begriffswelten im Ausland.....	16
2	Fahrdynamische Grundlagen.....	20
2.1	Grundgleichungen.....	20
2.2	Zugkraft.....	21
2.3	Widerstandskräfte.....	22
2.3.1	Streckenwiderstand.....	22
2.3.2	Fahrzeugwiderstand.....	25
2.3.3	Anfahrwiderstand.....	27
2.4	Steigungs-Geschwindigkeits-Diagramm.....	28
2.5	Fahrzeitermittlung..... >	29
3	Regelung und Sicherung der Zugfolge.....	34
3.1	Theoretische Abstandshalteverfahren.....	34
3.1.1	Zugfolge im relativen Bremswegabstand.....	34
3.1.2	Zugfolge im absoluten Bremswegabstand.....	35
3.1.3	Zugfolge im festen Raumabstand.....	36

3.2	Abstandshaltetechniken im Schienenverkehr.....	36
3.2.1	Fahren im Sichtabstand.....	36
3.2.2	Fahren im Zeitabstand.....	37
3.2.3	Fahren im festen Raumabstand.....	37
3.2.3.1	Bedingungen.....	37
3.2.3.2	Ortsfeste Signalisierung.....	38
• 3.2.3.3	Sperrzeitenbild.....	44
3.2.3.4	Leistungssteigerung durch Signalisierung verkürzter Blockabschnitte.....	47
3.3	Sicherung des Fahrens im festen Raumabstand.....	51
3.3.1	Verfahren ohne technische Sicherung.....	52
3.3.1.1	Verfahren ohne technische Sicherung mit örtlicher Fahrdienstleitung.....	52
3.3.1.2	Verfahren ohne technische Sicherung mit zentraler Fahrdienstleitung.....	54
• 3.3.2	Technische Sicherungsverfahren.....	55
3.3.2.1	Begriff des Streckenblocks.....	55
3.3.2.2	Gestaltung der Blocklogik.....	55
3.3.2.3	Technische Realisierung des Streckenblocks.....	59
3.3.2.4	Satellitengestützte Sicherung der Zugfolge als Alternative zum Streckenblock auf Nebenstrecken.....	66
3.4	Zugbeeinflussung.....	67
3.4.1	Arten von Zugbeeinflussungsanlagen.....	68
3.4.2	Punktförmige Zugbeeinflussung.....	• 69
3.4.2.1	Zugbeeinflussung mit mechanischer und elektromechanischer Informationsübertragung.....	69
3.4.2.2	Induktive Zugbeeinflussung.....	69
3.4.2.3	Magnetische Zugbeeinflussung.....	73
3.4.2.4	Zugbeeinflussung mit punktförmigen Datenübertragungssystemen auf Transponderbasis.....	74
3.4.3	Linienförmige Zugbeeinflussung.....	74
3.4.4	Vereinheitlichung der Zugbeeinflussung in Europa.....	78
3.5	Funkbasierte Verfahren zur Zugfolgesicherung.....	81

4	Steuerung und Sicherung der Fahrwegelemente.....	84
4.1	Begriff der Fahrstraße.....	84
4.2	Kriterien für die Sicherung einer Fahrstraße.....	86
4.2.1	Signalabhängigkeit.....	86
4.2.2	Fahrstraßenverschluss und Fahrstraßenfestlegung.....	88
4.2.3	Fahrstraßenausschlüsse.....	93
4.2.4	Flankenschutz.....	94
4.2.4.1	Flankenschutz gegen feindliche Zugfahrten.....	95
4.2.4.2	Flankenschutz gegen feindliche Rangierfahrten und unbeabsichtigt ablaufende Wagen.....	95
4.2.4.3	Flankenschutz gegen das Strecken von Zügen.....	96
4.2.4.4	Erfordernis von Schutzweichen.....	96
4.2.4.5	Besonderheiten der Anordnung von Flankenschutzeinrichtungen.....	97
4.2.5	Gleisfreimeldung.....	100
4.3	Anordnung der Signale.....	101
4.3.1	Verwendung der Hauptsignale.....	101
4.3.2	Bezeichnung der Hauptsignale.....	103
4.3.3	Abstand der Hauptsignale vom Gefahrpunkt.....	104
4.3.3.1	Maßgebender Gefahrpunkt.....	104
4.3.3.2	Sicherung der Durchrutschwege.....	106
4.3.4	Verwendung der Sperrsignale.....	108
4.4	Sperrzeit von Fahrstraßen.....	110
4.5	Techniken zur Fahrwegsteuerung.....	113
4.5.1	Stellwerksbauformen.....	113
4.5.1.1	Mechanische Stellwerke.....	113
4.5.1.2	Elektromechanische und Elektropneumatische Stellwerke.....	114
4.5.1.3	Relaisstellwerke.....	114
4.5.1.4	Elektronische Stellwerke (ESTW).....	115
4.5.2	Abbildung der Fahrstraßenlogik in Stellwerken.....	115
4.5.2.1	Tabellarische Fahrstraßenlogik (Verschluss-tabelle).....	115
4.5.2.2	Geografische Fahrstraßenlogik (Spurplanprinzip).....	117
4.5.3	Abhängigkeiten zwischen Bedienbereichen.....	120
4.5.3.1	Bahnhofsblock.....	120

4.5.3.2	Abhängigkeiten zwischen Bedienbereichen in elektronischen Stellwerken.....	122
4.5.3.3 ^v	Nahstellbereiche.....	123
4.5.4	Streckensicherung mit den Mitteln der Fahrstraßentechnik.....	123
4.6	Funkbasierte Fahrwegsteuerung.....	124
5	Leistungsuntersuchung von Eisenbahn-Betriebsanlagen.....	127
5.1	Leistungsverhalten und Leistungsfähigkeit.....	127
5.2	Optimaler Leistungsbereich.....	131
5.3	Methodik der Leistungsuntersuchungen.....	134
5.3.1	Einteilung der Verfahren.....	134
5.3.2	Simulationsverfahren.....	136
5.3.3	Analytische Untersuchung von Strecken.....	138
5.3.4	Analytische Untersuchung von Knoten.....	146
5.3.4.1	Analytische Untersuchung von Fahrstraßenknoten.....	148
5.3.4.2	Vereinfachte Verfahren zur Abbildung der betrieblichen Möglichkeiten eines Fahrstraßenknotens.....	148
5.3.4.3	Bemessung von Gleisgruppen.....	158
5.3.5	Auswahl eines Verfahrens.....	162
5.4	Maßnahmen zur Leistungsverbesserung.....	163
6	Fahrplankonstruktion.....	166
6.1	Darstellungsformen des Fahrplans für das Trassenmanagement.....	167
6.2	Zeitanteile im Fahrplan.....	170
6.2.1	Bestandteile der Beförderungszeit eines Zuges.....	170
6.2.1.1	Fahrzeit.....	170
6.2.1.2	Haltezeit..... [^]	171
6.2.2	Zeitanteile zwischen den Zugfahrten.....	173
6.2.2.1	Zugfolgezeit.....	173
6.2.2.2	Pufferzeit.....	174
6.2.3	Übergangszeit.....	179
6.2.4	Synchronisationszeit.....	179
6.2.5	Planmäßige Wartezeit.....	180
6.3	Verfahren zur Fahrplankonstruktion.....	183
6.3.1	Manuelle Fahrplankonstruktion.....	183

6.3.2	Rechnergestützte Fahrplankonstruktion.....	187
6.4	Fahrplanqualität und Fahrplanleistung.....	189
7	Taktfahrplan.....	193
7.1	Anforderungen an Infrastruktur und Betrieb.....	193
7.1.1	Strecken-Infrastruktur für feste Taktlagen.....	195
7.1.2	Strecken-Infrastruktur für wechselnde Taktlagen.....	198
7.2	Integraler Taktfahrplan.....	199
7.2.1	Anforderungen an die Strecken.....	200
7.2.2	Anforderungen an die Knoten.....	201
7.3	Prüfung der Stabilität von Taktfahrplänen.....	202
8	Betriebssteuerung.....	206
8.1	Traditionelle Organisation der Fahrdienstleitung.....	206
8.2	Arbeitshilfen bei manueller Betriebssteuerung.....	207
8.3	Betriebsleittechnik zur Unterstützung der Betriebssteuerung.....	208
8.3.1	Zuglaufverfolgung.....	208
8.3.2	Zuglenkung.....	210
8.4	Betriebszentralen.....	215
8.4.1	Aufteilung der betrieblichen Funktionalität in einer Betriebszentrale.....	215
8.4.2	Rückfallebenen für den Störfall.....	218
8.4.2.1	Ersatzweise Sicherung der Zugfolge.....	218
8.4.2.2	Ersatzweise Fahrwegsicherung.....	220
8.4.2.3	Rückfallebenen bei Ausfall der zentralen Steuerung.....	221
8.4.3	Grundlagen der rechnergestützten Disposition.....	221
9	Betriebstechnik der Rangierbahnhöfe.....	225
9.1	Produktionstechnik des Einzelwagenverkehrs.....	226
9.1.1	Rangierverfahren.....	226
9.1.2	Leitung der Güterwagen im Netz.....	226
9.1.3	Aufbau eines Rangierbahnhofs.....	227
9.1.4	Betriebliche Abläufe in einem Rangierbahnhof.....	229

9.1.5	Bildung von Mehrgruppenzügen.....	230
9.2	Grundlagen der Ablaufdynamik.....	232
9.3	Ablaufsteuerung.....	234
9.3.1	Fahrwegsteuerung in der Verteilzone.....	234
9.3.2	Variation der Abdrückgeschwindigkeit.....	235
9.3.3	Aufgabe und Anordnung der Gleisbremsen.....	236
9.3.3.1	Beeinflussung der Wagenfolgezeit in der Verteilzone.....	236
9.3.3.2	Zielbremsung im Richtungsgleis.....	239
9.3.3.3	Gefalleausgleich im Richtungsgleis.....	240
9.3.3.4	Bauarten von Gleisbremsen.....	240
	Symbole in grafischen Darstellungen.....	244
	Literaturverzeichnis.....	245
	Glossar.....	251
	Sachwortverzeichnis.....	267