

Systemtechnik des Schienenverkehrs

Von Professor Dr.-Ing. Jörn Pachl
Technische Universität Braunschweig

Mit 152 Bildern und 11 Tabellen



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig 1999

Inhalt

1	Grundbegriffe des Schienenverkehrs.....	1
1.1	Maßgebende Systemeigenschaften.....	1
1.2	Gesetzliche Grundlagen für Bau und Betrieb von Bahnen	3
1.3	Grundlegende Begriffe und Definitionen.....	6
1.3.1	Bahnanlagen.....	6
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	17
2	Fahrdynamische Grundlagen	21
2.1	Grundgleichungen	21
2.2	Zugkraft	22
2.3	Widerstandskräfte	24
2.3.1	Streckenwiderstand	24
2.3.2	Fahrzeugwiderstand	27
2.3.3	Anfahrwiderstand.....	29
2.4	Steigungs-Geschwindigkeits-Diagramm	30
2.5	Fahrzeitermittlung	32
3	Regelung und Sicherung der Zugfolge.....	37
3.1	Theoretische Abstandshaltevorschriften	37
3.1.1	Fahren im relativen Bremswegabstand	37
3.1.2	Fahren im absoluten Bremswegabstand.....	38

3.1.3	Fahren im Raumabstand.....	39
3.2	Abstandshaltetechniken im Schienenverkehr.....	40
3.2.1	Fahren im Sichtabstand	40
3.2.2	Fahren im Zeitabstand.....	40
3.2.3	Fahren im festen Raumabstand	41
3.2.3.1	Bedingungen.....	41
3.2.3.2	Ortsfeste Signalisierung	42
3.2.3.3	Sperrzeitenbild	49
3.2.3.4	Leistungssteigerung durch Signalisierung verkürzter Blockabschnitte.....	52
3.3	Sicherung des Fahrens im festen Raumabstand	56
3.3.1	Verfahren ohne technische Sicherung	56
3.3.1.1	Verfahren ohne technische Sicherung mit örtlicher Fahrdienstleitung.....	57
3.3.1.2	Verfahren ohne technische Sicherung mit zentraler Fahrdienstleitung	59
3.3.2	Technische Sicherungsverfahren	60
3.3.2.1	Begriff des Streckenblocks	60
3.3.2.2	Gestaltung der Blocklogik.....	60
3.3.2.3	Technische Realisierung des Streckenblocks	64
3.3.2.4	Satellitengestützte Sicherung der Zugfolge als Alternative zum Streckenblock auf Nebenstrecken	72
3.4	Zugbeeinflussung	74
3.4.1	Arten von Zugbeeinflussungsanlagen	74
3.4.2	Punktförmige Zugbeeinflussung	76
3.4.2.1	Zugbeeinflussung mit mechanischer und elektrischer (galvanischer) Informationsübertragung.....	76
3.4.2.2	Induktive Zugbeeinflussung (Indusi)	76
3.4.2.3	Magnetische Zugbeeinflussung.....	81
3.4.2.4	Zugbeeinflussung mit punktförmigen Datenüber- tragungssystemen auf Transponderbasis.....	81
3.4.3	Linienförmige Zugbeeinflussung.....	82
3.4.4	Vereinheitlichung der Zugbeeinflussung in Europa	86

Inhalt	IX
3.5 Funkbasierte Verfahren zur Zugfolgesicherung	89
4 Steuerung und Sicherung der Fahrwegelemente	93
4.1 Begriff der Fahrstraße	93
4.2 Kriterien für die Sicherung einer Fahrstraße.....	95
4.2.1 Signalabhängigkeit.....	95
4.2.2 Fahrstraßenverschluss und Fahrstraßenfestlegung	97
4.2.3 Fahrstraßenausschlüsse	102
4.2.4 Flankenschutz.....	103
4.2.4.1 Flankenschutz gegen feindliche Zugfahrten	104
4.2.4.2 Flankenschutz gegen feindliche Rangierfahrten und unbeabsichtigt ablaufende Wagen	105
4.2.4.3 Flankenschutz gegen das Strecken von Zügen.....	106
4.2.4.4 Erfordernis von Schutzweichen	107
4.2.5 Gleisfreimeldung	108
4.3 Anordnung der Signale im Bahnhof.....	109
4.4 Sperrzeit von Fahrstraßen.....	115
4.5 Techniken zur Fahrwegsteuerung	119
4.5.1 Stellwerksbauformen	119
4.5.1.1 Mechanische Stellwerke	119
4.5.1.2 Elektromechanische und elektropneumatische Stellwerke	120
4.5.1.3 Relaisstellwerke	120
4.5.1.4 Elektronische Stellwerke (ESTW)	121
4.5.2 Abbildung der Fahrstraßenlogik in Stellwerken	121
4.5.2.1 Tabellarische Fahrstraßenlogik (Verschlusstabelle)....	121
4.5.2.2 Geografische Fahrstraßenlogik (Spurplanprinzip).....	123
4.5.3 Abhängigkeiten zwischen Bedienbezirken	126
4.5.3.1 Bahnhofsblock.....	126
4.5.3.2 Abhängigkeiten zwischen Bedienbereichen in elektronischen Stellwerken	129
4.5.3.3 Nahbedienungsfreigaben.....	130
4.5.4 Streckensicherung mit den Mitteln der Fahrstraßentechnik	130

4.6	Funkbasierte Fahrwegsteuerung.....	131
5	Leistungsuntersuchung von Eisenbahn-Betriebsanlagen	135
5.1	Leistungsverhalten und Leistungsfähigkeit.....	135
5.2	Optimaler Leistungsbereich	140
5.3	Methodik der Leistungsuntersuchungen	144
5.3.1	Einteilung der Verfahren	144
5.3.2	Simulationsverfahren	146
5.3.3	Analytische Untersuchung von Strecken	149
5.3.4	Analytische Untersuchung von Knoten	157
5.3.4.1	Analytische Untersuchung von Fahrstraßenknoten	158
5.3.4.2	Vereinfachte Verfahren zur Abbildung der betrieblichen Möglichkeiten eines Fahrstraßenknotens.....	160
5.3.4.3	Bemessung von Gleisgruppen	170
5.3.5	Auswahl eines Verfahrens	175
6	Fahrplankonstruktion	177
6.1	Darstellungsformen des Fahrplans für das Trassenmanagement	178
6.2	Zeitanteile im Fahrplan	182
6.2.1	Bestandteile der Beförderungszeit eines Zuges	182
6.2.1.1	Fahrzeit.....	182
6.2.1.2	Haltezeit	183
6.2.2	Zeitanteile zwischen den Zugfahrten	185
6.2.2.1	Zugfolgezeit	185
6.2.2.2	Pufferzeit	187
6.2.3	Übergangszeit.....	192
6.2.4	Synchronisationszeit	193
6.2.5	Planmäßige Wartezeit	195
6.3	Verfahren zur Fahrplankonstruktion	197
6.3.1	Manuelle Fahrplankonstruktion	198
6.3.2	Rechnergestützte Fahrplankonstruktion.....	200

Inhalt	XI
6.3.3 Fahrplanqualität und Fahrplanleistung	202
7 Integraler Taktfahrplan	206
7.1 ITF-Konzept	206
7.2 Anforderungen an die Infrastruktur.....	207
7.2.1 Strecken-Infrastruktur für feste Taktlagen.....	210
7.2.2 Strecken-Infrastruktur für wechselnde Taktlagen.....	215
7.2.3 Infrastruktur der Knoten	215
7.3 Prüfung der Fahrplanstabilität im ITF.....	218
8 Betriebssteuerung	222
8.1 Organisation der Fahrdienstleitung.....	222
8.2 Arbeitshilfen bei manueller Betriebssteuerung.....	223
8.3 Betriebsleittechnik zur Unterstützung der Betriebssteuerung	224
8.3.1 Zuglaufverfolgung.....	224
8.3.2 Zuglenkung	226
8.4 Betriebszentralen.....	233
8.4.1 Aufteilung der betrieblichen Funktionalität in einer Betriebszentrale.....	233
8.4.2 Rückfallebenen für den Störfall	237
8.4.3 Grundlagen der rechnergestützten Disposition.....	240
Symbole in Infrastrukturbeispielen	245
Glossar.....	246
Literaturverzeichnis.....	269
Sachwortverzeichnis	278