

Systemtechnik des Schienenverkehrs

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

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 155 Bildern und 13 Tabellen



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig 2000

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	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	25
2.3.1	Streckenwiderstand	25
2.3.2	Fahrzeugwiderstand	28
2.3.3	Anfahrwiderstand.....	30
2.4	Steigungs-Geschwindigkeits-Diagramm	31
2.5	Fahrzeitermittlung	33
3	Regelung und Sicherung der Zugfolge.....	38
3.1	Theoretische Abstandshaltevorschriften	38
3.1.1	Fahren im relativen Bremswegabstand	38
3.1.2	Fahren im absoluten Bremswegabstand.....	39

3.1.3	Fahren im Raumabstand.....	40
3.2	Abstandshaltetechniken 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	50
3.2.3.4	Leistungssteigerung durch Signalisierung verkürzter Blockabschnitte.....	53
3.3	Sicherung des Fahrens im festen Raumabstand	57
3.3.1	Verfahren ohne technische Sicherung	57
3.3.1.1	Verfahren ohne technische Sicherung mit örtlicher Fahrdienstleitung.....	58
3.3.1.2	Verfahren ohne technische Sicherung mit zentraler Fahrdienstleitung	60
3.3.2	Technische Sicherungsverfahren	61
3.3.2.1	Begriff des Streckenblocks	61
3.3.2.2	Gestaltung der Blocklogik.....	61
3.3.2.3	Technische Realisierung des Streckenblocks	65
3.3.2.4	Satellitengestützte Sicherung der Zugfolge als Alternative zum Streckenblock auf Nebenstrecken	73
3.4	Zugbeeinflussung	75
3.4.1	Arten von Zugbeeinflussungsanlagen.....	75
3.4.2	Punktförmige Zugbeeinflussung	77
3.4.2.1	Zugbeeinflussung mit mechanischer und elektrischer (galvanischer) Informationsübertragung.....	77
3.4.2.2	Induktive Zugbeeinflussung (Indusi)	77
3.4.2.3	Magnetische Zugbeeinflussung.....	82
3.4.2.4	Zugbeeinflussung mit punktförmigen Datenüber- tragungssystemen auf Transponderbasis.....	82
3.4.3	Linienförmige Zugbeeinflussung.....	83
3.4.4	Vereinheitlichung der Zugbeeinflussung in Europa	87

3.5	Funkbasierte Verfahren zur Zugfolgesicherung.....	90
4	Steuerung und Sicherung der Fahrwegelemente.....	94
4.1	Begriff der Fahrstraße	94
4.2	Kriterien für die Sicherung einer Fahrstraße.....	96
4.2.1	Signalabhängigkeit.....	96
4.2.2	Fahrstraßenverschluss und Fahrstraßenfestlegung	98
4.2.3	Fahrstraßenausschlüsse	103
4.2.4	Flankenschutz.....	104
4.2.4.1	Flankenschutz gegen feindliche Zugfahrten	105
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
4.2.4.5	Besonderheiten der Anordnung von Flankenschutz- Einrichtungen	108
4.2.5	Gleisfreimeldung	111
4.3	Anordnung der Signale.....	112
4.3.1	Verwendung der Hauptsignale.....	112
4.3.2	Bezeichnung der Hauptsignale.....	115
4.3.3	Abstand vom Gefahrpunkt	116
4.4	Sperrzeit von Fahrstraßen.....	120
4.5	Techniken zur Fahrwegsteuerung	124
4.5.1	Stellwerksbauformen	124
4.5.1.1	Mechanische Stellwerke	124
4.5.1.2	Elektromechanische und elektropneumatische Stellwerke	125
4.5.1.3	Relaisstellwerke	125
4.5.1.4	Elektronische Stellwerke (ESTW).....	126
4.5.2	Abbildung der Fahrstraßenlogik in Stellwerken	126
4.5.2.1	Tabellarische Fahrstraßenlogik (Verschluss-tabelle)....	126
4.5.2.2	Geografische Fahrstraßenlogik (Spurplanprinzip).....	128

4.5.3	Abhängigkeiten zwischen Bedienbereichen	131
4.5.3.1	Bahnhofsblock.....	131
4.5.3.2	Abhängigkeiten zwischen Bedienbereichen in elektronischen Stellwerken	134
4.5.3.3	Nahbedienungsfreigaben.....	135
4.5.4	Streckensicherung mit den Mitteln der Fahrstraßentechnik	135
4.6	Funkbasierte Fahrwegsteuerung.....	136
5	Leistungsuntersuchung von Eisenbahn-Betriebsanlagen	140
5.1	Leistungsverhalten und Leistungsfähigkeit.....	140
5.2	Optimaler Leistungsbereich	145
5.3	Methodik der Leistungsuntersuchungen	149
5.3.1	Einteilung der Verfahren	149
5.3.2	Simulationsverfahren	151
5.3.3	Analytische Untersuchung von Strecken	154
5.3.4	Analytische Untersuchung von Knoten	163
5.3.4.1	Analytische Untersuchung von Fahrstraßenknoten	164
5.3.4.2	Vereinfachte Verfahren zur Abbildung der betrieblichen Möglichkeiten eines Fahrstraßenknotens.....	166
5.3.4.3	Bemessung von Gleisgruppen.....	176
5.3.5	Auswahl eines Verfahrens	181
6	Fahrplankonstruktion	183
6.1	Darstellungsformen des Fahrplans für das Trassenmanagement	184
6.2	Zeitanteile im Fahrplan	188
6.2.1	Bestandteile der Beförderungszeit eines Zuges	188
6.2.1.1	Fahrzeit.....	188
6.2.1.2	Haltezeit	189
6.2.2	Zeitanteile zwischen den Zugfahrten	191
6.2.2.1	Zugfolgezeit	191
6.2.2.2	Pufferzeit.....	193
6.2.3	Übergangszeit.....	198

6.2.4	Synchronisationszeit	199
6.2.5	Planmäßige Wartezeit	201
6.3	Verfahren zur Fahrplankonstruktion	203
6.3.1	Manuelle Fahrplankonstruktion	204
6.3.2	Rechnergestützte Fahrplankonstruktion.....	206
6.4	Fahrplanqualität und Fahrplanleistung.....	208
7	Integraler Taktfahrplan	212
7.1	ITF-Konzept	212
7.2	Anforderungen an die Infrastruktur.....	213
7.2.1	Strecken-Infrastruktur für feste Taktlagen	216
7.2.2	Strecken-Infrastruktur für wechselnde Taktlagen.....	221
7.2.3	Infrastruktur der Knoten	221
7.3	Prüfung der Fahrplanstabilität im ITF.....	224
8	Betriebssteuerung	228
8.1	Organisation der Fahrdienstleitung	228
8.2	Arbeitshilfen bei manueller Betriebssteuerung.....	229
8.3	Betriebsleittechnik zur Unterstützung der Betriebssteuerung	230
8.3.1	Zuglaufverfolgung.....	230
8.3.2	Zuglenkung	232
8.4	Betriebszentralen.....	239
8.4.1	Aufteilung der betrieblichen Funktionalität in einer Betriebszentrale.....	239
8.4.2	Rückfallebenen für den Störfall	243
8.4.3	Grundlagen der rechnergestützten Disposition.....	246

Symbole in Infrastrukturbeispielen251

Glossar.....252

Literaturverzeichnis.....278

Sachwortverzeichnis288