

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort</b> .....	<b>13</b>
	<b>Einleitung</b> .....	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>Grundelemente des Systems Bahn und Konsequenzen für die Systemgestaltung</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1</b>	<b>Systembestandteile und Wirkungsmechanismen</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2</b>	<b>Interdependenzen der Teilsysteme</b> .....	<b>21</b>
1.2.1	Kontaktpunkt Rad/Schiene.....	21
1.2.2	Zugbildung und Infrastruktur.....	21
1.2.3	Sicherheit .....	22
1.2.4	Fahrplan und Betriebsführung.....	24
<b>1.3</b>	<b>Systemelemente und wichtige Schnittstellen</b> .....	<b>24</b>
1.3.1	Regelungsnotwendigkeit.....	24
1.3.2	Zuständigkeiten .....	26
1.3.3	Maßgebende Gesetze .....	28
1.3.4	Ausführungsbestimmungen der EVU/EIV und der NE-Bahnen.....	28
<b>2</b>	<b>Die Entwicklung des Systems Bahn</b> .....	<b>29</b>
<b>2.1</b>	<b>Die Wurzeln in England und Deutschland</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2</b>	<b>Eisenbahnen in Deutschland bis 1914</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3</b>	<b>Die Zeit 1914–1945</b> .....	<b>35</b>
<b>2.4</b>	<b>Entwicklungen 1945–1993</b> .....	<b>37</b>
2.4.1	Die Aufteilung der Bahn in Deutschland.....	37
2.4.2	Die Deutsche Reichsbahn der DDR.....	38
2.4.3	Die Deutsche Bundesbahn und ihr Umfeld .....	39
<b>2.5</b>	<b>Von der Dampfeisenbahn zum InterCity-System</b> .....	<b>40</b>
<b>2.6</b>	<b>F&amp;E für die Rad/Schiene-Technologie</b> .....	<b>43</b>
<b>2.7</b>	<b>Netzausbau (NBS/ABS) und schnelle Züge</b> .....	<b>45</b>
<b>2.8</b>	<b>Entwicklungen seit der Bahnreform 1994</b> .....	<b>47</b>
2.8.1	Die erste Stufe der Bahnreform .....	47
2.8.2	Die zweite Stufe der Bahnreform .....	48
<b>2.9</b>	<b>ICE 3, neue Strecken, neue Angebote</b> .....	<b>49</b>
<b>3</b>	<b>Regelungen zur Sicherung des Systems Bahn</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b>Regelungsgrundsätze</b> .....	<b>53</b>
3.1.1	Regelungsbedarf .....	53
3.1.2	Struktur der Regelungen.....	55
3.1.3	Verantwortung für das Einhalten der Regelungen .....	59
<b>3.2</b>	<b>Regelwerke für die Eisenbahnen</b> .....	<b>59</b>
3.2.1	Europäische Eisenbahngesetzgebung .....	59
3.2.2	Internationale Übereinkommen und Vereinbarungen .....	66
3.2.3	Nationale Eisenbahngesetzgebung.....	68
3.2.4	Untergesetzliche Regelwerke.....	69
3.2.5	Regelwerke der Eisenbahnverkehrsverwaltung .....	70

<b>4</b>	<b>Verkehrsmärkte</b> .....	<b>73</b>
<b>4.1</b>	<b>Personenverkehr</b> .....	<b>73</b>
4.1.1	Aufgaben der Marktforschung .....	73
4.1.2	Erhebung von Marktdaten .....	73
4.1.3	Hauptdeterminanten der Verkehrsnachfrage.....	75
4.1.4	Modellierung der Verkehrsmärkte .....	75
4.1.5	Die Potenziale in Deutschland und Europa .....	87
4.1.6	Angebotsstrategien für den Schienenpersonenverkehr .....	91
4.1.7	Datenquellen zum Verkehrsverhalten .....	93
<b>4.2</b>	<b>Güterverkehrsmärkte</b> .....	<b>93</b>
4.2.1	Prognosen im Güterverkehr .....	93
4.2.2	Verkehrserzeugung und -verflechtung.....	96
4.2.3	Verkehrsteilung (Verkehrsmittelwahl, Modal-Split).....	98
4.2.4	Verkehrsumlegung .....	101
4.2.5	Datenquellen .....	106
<b>5</b>	<b>Anforderungen an das System Bahn und Konsequenzen für die Strategie</b> .....	<b>109</b>
<b>5.1</b>	<b>Anforderungen an das System Bahn</b> .....	<b>109</b>
<b>5.2</b>	<b>Anforderungen an die Sub- und Teilsysteme</b> .....	<b>111</b>
<b>5.3</b>	<b>Anforderungen an die Schnittstellen des Systems Bahn</b> .....	<b>115</b>
<b>5.4</b>	<b>Konsequenzen für die Strategien der Bahnen</b> .....	<b>118</b>
<b>5.5</b>	<b>Entwicklung des Systems Bahn: Themen der Zukunft</b> .....	<b>121</b>
<b>6</b>	<b>Gesamtsystemzusammenhang und Wirkungsmechanismen des Systems Bahn</b> .....	<b>123</b>
<b>6.1</b>	<b>Spurführungstechnik</b> .....	<b>123</b>
6.1.1	Kräfte zwischen Rad und Schiene .....	123
6.1.2	Rad/Schiene-Effekte.....	134
6.1.3	Spurführungsprinzip Radsatz.....	135
6.1.4	Bogenlaufverhalten des Radsatzes.....	145
6.1.5	Spurführungsprinzip Losrad.....	153
6.1.6	Verhalten von Fahrzeugen .....	154
6.1.7	Bogenlaufverhalten .....	161
6.1.8	Fahrtechnische Prüfung zur Zulassung von Schienenfahrzeugen.....	166
<b>6.2</b>	<b>Fahrdynamik</b> .....	<b>167</b>
6.2.1	Einleitung.....	167
6.2.2	Mechanische Modellbildung und Einflussgrößen.....	168
6.2.3	Methodische Ansätze .....	168
6.2.4	Anwendungsbeispiel: Energiesparende Fahrweise (EFS).....	169
6.2.5	Anwendungsbeispiel: Grenzlasten .....	172
6.2.6	Zusammenfassung .....	173
<b>6.3</b>	<b>Bremsen</b> .....	<b>173</b>
6.3.1	Aufgaben und Randbedingungen .....	173
6.3.2	UIC-Druckluftbremse – Wirkprinzip .....	174
6.3.3	Bremsbetrieb.....	176
6.3.4	Zugdynamik.....	178

6.3.5	Bremsprobe .....	181
6.3.6	Regelwerke und Normen .....	182
<b>6.4</b>	<b>Fahrbahntechnik</b> .....	<b>183</b>
6.4.1	Systemintegrator Fahrbahntechnik .....	183
6.4.2	Anforderungen an den Untergrund .....	184
6.4.3	Oberbauarten .....	186
6.4.4	Weichen .....	191
6.4.5	Schienentechnik .....	192
6.4.6	Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung .....	193
6.4.7	Fahrbahn-LST-Wechselwirkung .....	195
<b>6.5</b>	<b>Bahnenergieversorgung</b> .....	<b>196</b>
6.5.1	Nutzung der elektrischen Energie zur Fortbewegung .....	197
6.5.2	Warum 16,7 Hz? .....	197
6.5.3	Zentrale und dezentrale Energieversorgung .....	200
6.5.4	Genormte Spannungen für Bahnanwendungen .....	203
6.5.5	Bahnstromleitungen 110 kV/16,7 Hz .....	203
6.5.6	Automatisierung der Betriebsführung .....	207
<b>6.6</b>	<b>Wechselwirkung Fahrleitung-Stromabnehmer</b> .....	<b>210</b>
6.6.1	Anforderungen an das System Stromabnehmer-Oberleitung .....	210
6.6.2	Kontaktkraft .....	213
6.6.3	Fahrleitungs- und Stromabnehmermaterial .....	215
6.6.4	Geometrische Anforderungen .....	216
6.6.5	Fazit .....	216
<b>6.7</b>	<b>Leit- und Sicherungstechnik für den Eisenbahnbetrieb</b> .....	<b>217</b>
6.7.1	Funktionale Verknüpfung von Fahrweg und Fahrzeugen: Beispiel Bremskurven .....	218
6.7.2	Zugortung .....	220
<b>6.8</b>	<b>Aerodynamik</b> .....	<b>221</b>
6.8.1	Systemverbundthema Aerodynamik .....	221
6.8.2	Aerodynamik der Freien Strecke .....	221
6.8.3	Tunnelaerodynamik .....	226
<b>6.9</b>	<b>Akustik – Luftschall und Erschütterungen aus dem Schienenverkehr</b> .....	<b>229</b>
6.9.1	Grundsätzliches .....	229
6.9.2	Rad/Schiene-Dynamik als Quelle für Schall und Erschütterungen .....	231
6.9.3	Akustische Effekte beim Hochgeschwindigkeitsverkehr .....	238
6.9.4	Sonstige Quellen .....	241
6.9.5	Ausblick auf künftige Entwicklungen .....	241
<b>7</b>	<b>Produktionsplanung</b> .....	<b>245</b>
<b>7.1</b>	<b>Begriffe, Ziele</b> .....	<b>245</b>
7.1.1	Produktionsplanung .....	245
7.1.2	Betriebsplanung .....	245
7.1.3	Fahrplan .....	246
7.1.4	Ziele der Angebotsplanung .....	247
<b>7.2</b>	<b>Angebotsplanung im Schienenpersonenverkehr</b> .....	<b>248</b>
7.2.1	Die Anforderungen des Marktes an die Angebotserstellung .....	248
7.2.2	Die Planungsschritte .....	250
7.2.3	Prognosen als Datenbasis .....	251

7.2.4	Planung von Netzen für den Schienenpersonenverkehr .....	251
7.2.5	Die Planung des Angebotsnetzes im Fernverkehr .....	253
7.2.6	Die Linienplanung .....	254
7.2.7	Fahrpläne für Nahverkehrslinien .....	256
7.2.8	Systematische und nicht systematische Bedienungssysteme .....	257
7.2.9	Der integrale Taktfahrplan .....	261
7.2.10	Fahrplanoptimierung .....	264
7.2.11	Die Kapazitätsplanung .....	266
7.2.12	Die Fahrzeugeinsatzplanung .....	268
<b>7.3</b>	<b>Angebotssysteme im Eisenbahngüterverkehr .....</b>	<b>269</b>
7.3.1	Formen des Eisenbahngüterverkehrs .....	269
7.3.2	Der Einzelwagenverkehr .....	270
7.3.3	Der Kombinierte Verkehr .....	274
<b>7.4</b>	<b>Netzfahrplan .....</b>	<b>275</b>
7.4.1	Rechtliche Rahmenbedingungen .....	275
7.4.2	Der Prozess der Netzfahrplanerstellung .....	276
7.4.3	Fahrplanbearbeitung, Koordinierungs- und Entscheidungsverfahren .....	277
7.4.4	Trassenbestellung .....	277
<b>7.5</b>	<b>Die Technik der Fahrplanerstellung .....</b>	<b>278</b>
7.5.1	Fahrplankonstruktion .....	278
7.5.2	Fahrzeitermittlung .....	279
7.5.3	Zeitanteile im Fahrplan .....	282
7.5.4	Planmäßige Wartezeiten und Synchronisationszeiten .....	284
7.5.5	Fahrplan und Leistungsfähigkeit von Strecken und Knoten .....	285
7.5.6	Fahrplanleistung und Fahrplanqualität .....	288
<b>7.6</b>	<b>Darstellungsformen des Fahrplans .....</b>	<b>290</b>
<b>8</b>	<b>Die Infrastruktur .....</b>	<b>295</b>
<b>8.1</b>	<b>Leistungsfähigkeitsuntersuchungen und Simulationen .....</b>	<b>295</b>
8.1.1	Ausgangslage für eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen .....	295
8.1.2	Leistungsfähigkeit .....	296
8.1.3	Grundlagen der eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Verfahren .....	298
8.1.4	Verfahrensfamilien und Methoden .....	300
8.1.5	Durchführung von Untersuchungen .....	305
8.1.6	Strecke .....	307
8.1.7	Knoten .....	313
8.1.8	Netz .....	320
8.1.9	Die eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchungen in den Planungsphasen .....	321
<b>8.2</b>	<b>Betriebliche und verkehrliche Planung der Bahnanlagen .....</b>	<b>321</b>
8.2.1	Grundlegende Gestaltungselemente des Fahrwegs .....	322
8.2.2	Streckengestaltung nach Verkehrsaufkommen und Verkehrsarten .....	337
8.2.3	Netzspezialisierung .....	348
8.2.4	Gestaltung der Bahnhöfe .....	359
8.2.5	Zugang zum System Bahn im Personenverkehr – Der Bahnhof als Schnittstelle zu anderen Verkehrssystemen .....	371
8.2.6	Knoten des Güterverkehrs im Licht der Kundenanforderungen .....	379