

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort 3

Vorwort..... 5

1 **Grundelemente des Systems Bahn
und Konsequenzen für die Systemgestaltung 17**

1.1 **Systembestandteile und Wirkungsmechanismen17**

1.2 **Interdependenzen der Teilsysteme.....19**

1.2.1 Kontaktpunkt Rad/Schiene19

1.2.2 Zugbildung und Infrastruktur20

1.2.3 Sicherheit.....21

1.2.4 Fahrplan und Betriebsführung22

1.3 **Systemelemente und Schnittstellen22**

1.3.1 Regelungsnotwendigkeit22

1.3.2 Zuständigkeiten24

1.3.3 Maßgebende Gesetze.....25

1.3.4 Ausführungsbestimmungen der EVU/EIU25

2 **Die Entwicklung der Bahn in Deutschland..... 26**

2.1 **Die Wurzeln in England und Deutschland26**

2.2 **Eisenbahnen in Deutschland bis 1914.....27**

2.3 **Die Zeit 1914 – 194531**

2.4 **Entwicklungen 1945 – 199334**

2.4.1 Die Aufteilung der Bahn in Deutschland34

2.4.2 Die Deutsche Reichsbahn der DDR34

2.4.3 Die Deutsche Bundesbahn und ihr Umfeld35

2.5 **Von der Dampfeisenbahn zum InterCity-System36**

2.6 **F&E für die Rad/Schiene-Technologie.....38**

2.7 **Netzausbau (NBS/ABS) und Hochgeschwindigkeitsverkehr.....41**

2.8 **Die Deutsche Bahn AG entsteht42**

2.8.1 Bahnreform und Wiedervereinigung42

2.8.2 Die zweite Stufe der Bahnreform.....44

2.9	Weitere Entwicklung in Deutschland	44
2.10	Rationalisierung und Verkehrserfolge; Statistischer Überblick	47
3	Systemeigenschaften der Eisenbahn und Vergleich mit dem System Straße	55
3.1	Systemtechnische Aspekte von Bahnen	55
3.2	Systemeigenschaften der Eisenbahn im Vergleich	58
3.2.1	Führen und Fahren; Kapazität der Verkehrswege	58
3.2.2	Traktion, Energieverbrauch und Nachhaltigkeit	60
3.2.3	Fahrdynamik	61
3.2.4	Trassierung und Anpassung an das Gelände	63
3.2.5	Geschwindigkeit und Sicherheit	66
3.2.6	Lärm: Vergleich Schiene/Straße	67
4	Regelungen im Bahnsystem	68
4.1	Regelungsgrundsätze	68
4.1.1	Regelungsbedarf	68
4.1.2	Struktur der Regelungen	69
4.1.3	Verantwortung für das Einhalten der Regelungen	72
4.2	Europäische Gesetzgebung und Regelwerke für die Eisenbahnen	73
4.3	Internationale Übereinkommen und Vereinbarungen	78
4.4	Eisenbahngesetzgebung und Regelungen in Deutschland	78
4.4.1	AEG und EBO	78
4.4.2	Zuständigkeiten des EBA	80
4.4.3	Sonstige Regelwerke	80
5	Verkehrsmärkte	82
5.1	Personenverkehr	82
5.1.1	Aufgaben der Marktforschung	82
5.1.2	Erhebung von Marktdaten	82
5.1.3	Hauptdeterminanten der Verkehrsnachfrage	83
5.1.4	Modellierung der Verkehrsmärkte	84
5.1.5	Die Potenziale in Deutschland und Europa	96
5.1.6	Angebotsstrategien für den Schienenpersonenverkehr	100
5.1.7	Datenquellen zum Verkehrsverhalten	101

5.2	Güterverkehrsmärkte.....	102
5.2.1	Prognosen im Güterverkehr	102
5.2.2	Verkehrserzeugung und -verflechtung	104
5.2.3	Verkehrsteilung (Verkehrsmittelwahl, Modal Split)	107
5.2.4	Verkehrsumlegung	110
5.2.5	Datenquellen.....	114
6	Anforderungen an das System Bahn und Konsequenzen für die Strategie	117
6.1	Anforderungen an das System Bahn.....	117
6.2	Anforderungen an die Sub- und Teilsysteme	119
6.3	Anforderungen an die Schnittstellen des Systems Bahn	122
6.4	Konsequenzen für die Strategien der Bahnen	125
6.5	Entwicklung des Systems Bahn: Themen der Zukunft	128
7	Grundlagen des Rad/Schiene-Systems und Wirkungsmechanismen	131
7.1	Spurführungstechnik	131
7.1.1	Kräfte zwischen Rad und Schiene.....	131
7.1.2	Spurführungsprinzip Radsatz	143
7.1.3	Stabilitätsverhalten des Radsatzes	149
7.1.4	Bogenlaufverhalten des Radsatzes	153
7.1.5	Spurführungsprinzip Losrad.....	160
7.1.6	Verhalten von Fahrzeugen.....	161
7.1.7	Bogenlaufverhalten	169
7.1.8	Fahrtechnische Prüfung zur Zulassung von Schienenfahrzeugen	173
7.2	Fahrdynamik	175
7.2.1	Einleitung	175
7.2.2	Mechanische Modellbildung und Einflussgrößen	176
7.2.3	Methodische Ansätze	176
7.2.4	Anwendungsbeispiel: Energiesparende Fahrweise (ESF)	177
7.2.5	Anwendungsbeispiel: Grenzlaster.....	179
7.3	Bremsen	181
7.3.1	Aufgaben und Randbedingungen.....	181
7.3.2	UIC-Druckluftbremse – Wirkprinzip	182
7.3.3	Bremsbetrieb	184

7.3.4	Zugdynamik.....	187
7.3.5	Bremsprobe.....	189
7.3.6	Regelwerke und Normen	190
7.4	Die Fahrbahn und ihre Komponenten.....	193
7.4.1	Schienen	193
7.4.2	Schienenbefestigungen (Stützpunkte)	201
7.4.3	Schwellen	204
7.4.4	Schotteroberbau als Standard	206
7.4.5	Feste Fahrbahn.....	207
7.4.6	Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung	210
7.4.7	Weichen	211
7.5	Bahnenergieversorgung.....	216
7.5.1	Nutzung der elektrischen Energie zur Fortbewegung.....	217
7.5.2	Warum 16,7 Hz?.....	218
7.5.3	Zentrale und dezentrale Energieversorgung	220
7.5.4	Spannungen für Bahnanwendungen	223
7.5.5	Bahnstromleitungen 110 kV/16,7 Hz.....	225
7.5.6	Automatisierung der Betriebsführung	228
7.5.7	Regulierung und Entflechtung des Bahnstromnetzes aufgrund der Liberalisierung von Energie- und Eisenbahnmärkten.....	230
7.6	Oberleitung und Stromabnehmer	232
7.6.1	Anforderungen an das System Stromabnehmer-Oberleitung.....	232
7.6.2	Kontaktkraft.....	234
7.6.3	Fahrleitungs- und Stromabnehmermaterial.....	236
7.6.4	Geometrische Anforderungen an die Stromabnehmerwippe	237
7.6.5	Oberleitungsgeometrie und Fahrdrachtlage.....	241
7.6.6	Fazit.....	243
7.7	Aerodynamik	243
7.7.1	Aerodynamik der Freien Strecke	243
7.7.2	Tunnelaerodynamik	248
7.8	Luftschall und Erschütterungen aus dem Schienenverkehr.....	252
7.8.1	Rollgeräusche und Rad/Schiene-Dynamik	254
7.8.2	Maßnahmen an der Quelle	256
7.8.3	Maßnahmen am Ausbreitungsweg	260
7.8.4	Akustische Effekte bei schnellfahrenden Zügen.....	262
7.8.5	Akustische Auswirkung von Mikrodruckwellenerscheinungen im Tunnel	263
7.8.6	Sonstige Quellen.....	265
7.8.7	Ausblick.....	265

8	Produktions-, Angebots- und Kapazitätsplanung	267
8.1	Begriffe, Ziele	267
8.1.1	Produktionsplanung	267
8.1.2	Betriebsplanung.....	267
8.1.3	Fahrplan	268
8.1.4	Ziele der Angebotsplanung	269
8.1.5	Die Kapazitätsplanung	270
8.2	Angebotsplanung im Schienenpersonenverkehr	271
8.2.1	Die Anforderungen des Marktes an die Angebotserstellung.....	271
8.2.2	Die Planungsschritte	274
8.2.3	Prognosen als Datenbasis.....	274
8.2.4	Planung von Netzen für den Schienenpersonenverkehr.....	274
8.2.5	Die Planung des Angebotsnetzes im Fernverkehr.....	276
8.2.6	Die Linienplanung	278
8.2.7	Fahrpläne für Nahverkehrslinien	280
8.2.8	Systematische und nicht systematische Bedienungssysteme	280
8.2.9	Der Integrale Taktfahrplan (ITF)	283
8.2.10	Fahrplanoptimierung	286
8.2.11	Die Kapazität von Zugsystemen und die Anpassung an schwankende Nachfrage ...	290
8.2.12	Die Fahrzeugeinsatzplanung	291
8.3	Angebotssysteme im Eisenbahngüterverkehr	292
8.3.1	Formen des Eisenbahngüterverkehrs	292
8.3.2	Der Einzelwagenverkehr	294
8.3.3	Der Kombinierte Verkehr	299
8.4	Netzfahrplan.....	302
8.4.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	302
8.4.2	Der Prozess der Netzfahrplanerstellung.....	302
8.4.3	Fahrplanbearbeitung, Koordinierungs- und Entscheidungsverfahren	303
8.4.4	Trassenbestellung	304
8.5	Die Technik der Fahrplanerstellung	305
8.5.1	Fahrplankonstruktion	305
8.5.2	Fahrzeitermittlung	306
8.5.3	Zeitanteile im Fahrplan	309
8.5.4	Planmäßige Wartezeiten und Synchronisationszeiten	311
8.5.5	Fahrplan und Leistungsfähigkeit von Strecken und Knoten	312
8.5.6	Fahrplanleistung und Fahrplanqualität	314
8.6	Darstellungsformen des Fahrplans.....	315

8.7	Kapazitätsplanung	318
8.7.1	Langfristfahrplan – die verkehrlichen und betrieblichen Anforderungen an die Infrastruktur	318
8.7.2	Kundenwünsche und Systematisierung im Schienengüterverkehr	320
8.7.3	Leistungsfähigkeitsuntersuchungen und Robustheitsprüfungen	323
8.7.4	Grundlagen der eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Verfahren	327
8.7.5	Verfahrensfamilien und Methoden	329
8.7.6	Betrachtung einzelner Netzelemente – die Strecke	334
8.7.7	Betrachtung einzelner Netzelemente – der Knoten	337
8.7.8	Betrachtung einzelner Netzelemente – Dimensionierung von Gleisgruppen	340
8.7.9	Netz	342
8.7.10	Die eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchungen in den Planungsphasen	343
9	Infrastruktur	345
9.1	Entwurfsgrundlagen	345
9.1.1	Querschnittsgestaltung	345
9.1.2	Linienführung	359
9.2	Bahnanlagen	364
9.2.1	Bahnanlagen und Betriebsstellen	364
9.2.2	Streckengestaltung nach Verkehrsaufkommen und Verkehrsarten	365
9.2.3	Netzspezialisierung	372
9.2.4	Gestaltung der Bahnhöfe	385
9.2.5	Personenbahnhöfe	396
9.2.6	Knoten des Güterverkehrs	401
9.3	Planung, Bau und Inbetriebnahme von Infrastrukturprojekten	414
9.3.1	Planungsrechtliche Vorschriften für Bau und Änderung von Betriebsanlagen der Eisenbahnen	414
9.3.2	Bauaufsicht	416
9.3.3	Baumaßnahmen im interoperablen Netz	418
9.4	Instandhaltung	423
9.4.1	Grundlagen	423
9.4.2	Gleisinstandhaltung	426
9.4.3	Instandhaltung von Brücken und Tunneln	433
9.4.4	Instandhaltung der Erdbauwerke	435
9.4.5	Instandhaltung der Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik (LST)	436
9.4.6	Instandhaltung der Oberleitungsanlagen	439
9.4.7	Fahren und Bauen – Baubetriebsplanung	442

9.5	Brücken und Tunnel auf Neubaustrecken	446
9.5.1	Brücken	446
9.5.2	Tunnel	454
9.5.3	Brücken und Tunnel auf der Neubaustrecke VDE 8	457
9.6	Bahnübergänge	469
10	Schienenfahrzeuge	475
10.1	Anforderungen	475
10.1.1	Nutzeranforderungen	475
10.1.2	Leistungsvermögen	476
10.1.3	Passive Sicherheit (Crash-Verhalten)	479
10.2	Kennzeichen moderner Schienenfahrzeuge	480
10.2.1	Triebfahrzeuge	480
10.2.2	Reisezugwagen	485
10.2.3	Güterwagen	486
10.3	Fahrzeugkomponenten	487
10.3.1	Fahrwerke	487
10.3.2	Zug- und Stoßeinrichtungen	493
10.3.3	Bremsen	500
10.3.4	Klimaanlage	513
10.3.5	„Geschlossene“ Toilettensysteme	516
10.3.6	Einstiegstüren	518
10.4	Ausgewählte Fahrzeugbeispiele	522
10.4.1	TRAXX-Lokomotiv-Familie	522
10.4.2	Rangier- und Streckendiesellok Gravita 10 BB	531
10.4.3	Güterwagen	532
10.4.4	Schwerlastbahnen	535
10.5	Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge	537
10.5.1	Von Marienfelde bis zum RS/VD	537
10.5.2	Die ICE-Serienzüge	540
10.5.3	Der ICE 3 – Plattform für „Velaro“-Züge (Siemens)	546
10.5.4	Zefiro-Züge und Talgo-Triebköpfe von Bombardier	548
10.5.5	ICE 4, eine neue Zugbaureihe für die DB	550
10.6	Straßenbahnen und automatische U-Bahnen	553
10.6.1	Straßenbahnen	553
10.6.2	Schienenfahrzeuge für den BOStrab/EBO-Mischbetrieb	559
10.6.3	U-Bahnen	562

10.7	Fahrzeugzugang zur Eisenbahninfrastruktur	564
10.7.1	Warum Zugangsregelungen?	564
10.7.2	Technische Zugangsvoraussetzungen	565
10.7.3	Abnahme von Fahrzeugen oder Komponenten	566
10.7.4	Feststellung der Kompatibilität	567
10.7.5	Bekanntgabe der Anforderungen	570
10.7.6	Infrastrukturzugang auf dem Netz der DB AG	572
10.7.7	Verfahrensabläufe	574
11	Betriebsführung, Leit- und Sicherungstechnik	575
11.1	Regelung und Sicherung der Zugfolge.....	575
11.1.1	Abstandsregelung bei Führung der Züge durch ortsfeste Signale	576
11.1.2	Abstandsregelung bei Führung der Züge durch Führerraumanzeigen	584
11.1.3	Zugfolgesicherung	586
11.2	Fahrwegsicherung	594
11.2.1	Begriff der Fahrstraße	594
11.2.2	Verschließen der Fahrwegelemente	595
11.2.3	Fahrstraßenausschlüsse	597
11.2.4	Flankenschutz.....	598
11.2.5	Sicherung der Durchrutschwege.....	599
11.2.6	Stellwerksbauformen	601
11.3	Zugbeeinflussung	603
11.3.1	Punktförmige Zugbeeinflussung	603
11.3.2	Linienförmige Zugbeeinflussung	605
11.3.3	ETCS	607
11.4	Betriebsverfahren	612
11.4.1	Einteilung der Betriebsverfahren nach der Art der Erteilung der Zustimmung zur Zugfahrt	612
11.4.2	Einteilung der Betriebsverfahren nach der Struktur der Fahrdienstleitung.....	612
11.4.3	Rückfallebenen	614
11.4.4	Besonderheiten	617
11.4.5	Durchführen von Rangierfahrten.....	618
11.5	Betriebsleittechnik.....	619
11.5.1	Zuglaufverfolgung	619
11.5.2	Zuglenkung.....	621
11.5.3	Betriebszentralen	623
12	Sicherheit.....	627

13	Interoperabilität des Transeuropäischen Bahnsystems	635
13.1	Begriffsbestimmung	635
13.2	160 Jahre interoperabler Bahnbetrieb in Europa	635
13.3	Interoperabler Hochgeschwindigkeitsverkehr	638
13.4	Eisenbahnnetze für Europa	644
13.5	Das Europäische Vertragswerk; TEN und Interoperabilität	647
13.6	Richtlinie Interoperabilität und TSI	649
13.7	Erstellung der TSI	653
13.8	Konformitäts- und Gebrauchstauglichkeitsbewertung	654
13.9	Normen.....	657
13.10	Eine neue Bahnwelt entsteht	657
14	Instandhaltung von Fahrzeugen	659
14.1	Grundlagen und Regelungen	659
14.2	Fahrzeuginstandhaltung bei der DB AG	660
15	Bahnen besonderer Bauart.....	669
15.1	S-Bahn-Systeme in Deutschland.....	669
15.1.1	Entstehungsgeschichte.....	669
15.1.2	Systemeigenschaften der S-Bahn	672
15.1.3	Tarife, Verkehrsverbünde und Finanzierung	675
15.1.4	Weitere S-Bahn-Systeme in Deutschland	677
15.2	Magnetschwebebahnen	681
15.2.1	Die frühen Jahre: Ideen, Systeme und Entwicklungen	681
15.2.2	Magnetschwebetechnik im Nahverkehr.....	686
15.2.3	Das Transrapid-System.....	688
15.2.4	Supraleitung in Japan	693
15.2.5	Fazit.....	696
	Stichwortverzeichnis	699
	Herausgeber und Autoren	715
	Inserentenverzeichnis.....	719