

# Inhalt

<b>1 Das Zusammenwirken von Rad und Schiene.....</b>	<b>1</b>
Klaus Rießberger	
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Der Radsatz im Gleis .....	2
1.2.1 Einführung.....	2
1.2.2 Das Reibungsgesetz .....	3
1.2.3 Äquivalente Konizität .....	5
1.2.4 Rückstellsteifigkeit $c_{yg}$ .....	7
1.2.5 Einfluss der Spurweite auf $\lambda_e$ , $c_{yg}$ .....	8
1.2.6 Möglichkeiten der Einflussnahme .....	8
1.2.7 Anmerkungen zur Wahl eines Radprofils .....	9
1.2.8 Bewegungsgleichungen von Radsätzen.....	9
1.3 Das Drehgestell am Gleis.....	11
1.3.1 „Steife“ Konstruktionen .....	11
1.3.2 „Weiche“ Drehgestelle.....	12
1.3.3 „Selbstlenkende“ und „Zwangsgesteuerte“ Drehgestelle .....	12
1.3.4 Gleichungssysteme für Fahrzeuge .....	13
1.4 Stabilität .....	14
1.4.1 Kritische Geschwindigkeit.....	14
1.4.2 Einflüsse auf die Laufstabilität.....	18
1.5 Bogenlauf.....	20
1.6 Maßnahmen zur Unterstützung guter Rad-Schiene- Interaktion.....	22
1.7 Beispiele und Erfahrungen .....	22
1.8 Entgleisungen.....	26
1.8.1 Entgleisungsursachen .....	26
1.8.2 Entgleisungskriterien.....	28
1.9 Zusammenfassung .....	28
Anhang 1 .....	29
Literatur .....	37
 <b>2 Auslegung des Eisenbahnoberbaus .....</b>	 <b>39</b>
Ulf Gerber	
2.1 Äußere Belastung .....	39
2.1.1 Äußere Vertikalbelastung.....	39
2.1.2 Äußere Längsbelastung.....	45
2.1.3 Äußere Seitenbelastung.....	45

2.2	Innere Belastung.....	46
2.2.1	Innere Vertikalbelastung.....	46
2.2.2	Innere Längsbelastung.....	49
2.2.3	Innere Seitenbelastung.....	51
2.3	Belastung und Belastbarkeit.....	51
2.3.1	Vertikale Belastung und Belastbarkeit .....	51
2.3.2	Belastung und Belastbarkeit in Längsrichtung .....	54
2.3.3	Seitliche Belastung und Belastbarkeit .....	55
2.4	Belastung und Auslegung der Oberbaukomponenten .....	56
2.4.1	Schienen.....	57
2.4.2	Schienenbefestigung.....	58
2.4.3	Schwellen.....	59
2.4.4	Schotter.....	60
2.5	Belastung und Anschaffungskosten des Eisenbahnoberbaus .....	61
2.6	Zusammenfassung .....	62
	Literatur .....	64
<b>3</b>	<b>Schienen und Schienenschweißen.....</b>	<b>65</b>
	Klaus Meißner und Alfred Wönnhart	
3.1	Schienenwerkstoffe und Schienenprofile .....	65
3.1.1	Stahl als Baustoff, Schienenstahl als individueller Werkstoff.....	65
3.1.2	Aufgaben der Schiene.....	65
3.1.3	Eigenschaften des Schienenstahls.....	67
3.1.4	Gefüge des Schienenstahls.....	69
3.1.5	Schienenstahlherstellung.....	70
3.1.6	Schienenformen (Schienenprofile) .....	70
3.1.7	Walzlängen, Walzzeichen und Warmstempeln.....	73
3.1.8	Verwendung und Verschleißbeanspruchung von Schienen.....	74
3.1.9	Ziele.....	74
3.2	Schienenschweißen .....	74
3.2.1	Allgemeines .....	74
3.2.2	Abbrennstumpfschweißen.....	75
3.2.3	Gaspressschweißen.....	79
3.2.4	Aluminothermisches Gießschmelzschweißen .....	80
3.2.5	Lichtbogenschweißen .....	82
3.3	Schienenschleifen (Oberflächenbearbeitung).....	83
3.3.1	Allgemeines .....	83
3.3.2	Neuschienenschleifen .....	84
3.3.3	Präventivschleifen .....	84
3.3.4	Erhaltungsschleifen (-fräsen) .....	84
3.3.5	Schleifen von Schweißungen .....	84
3.4	Fehler und Schäden an Schienen und Schienenschweißungen.....	85
3.4.1	Allgemeines .....	85
3.4.2	Schienenfehler, Übersicht .....	85

3.4.3	Beschreibung der Schienenfehler .....	85
3.5	Prüfen, Messen und Bewerten von Schienen und Schienenschweißungen.....	88
3.5.1	Allgemeines .....	88
3.5.2	Schienen.....	89
3.5.3	Schweißungen.....	90
3.5.4	Methoden der zerstörungsfreien Prüfung von Schienen.....	90
3.6	Herstellen lückenloser Gleise und Weichen.....	90
3.6.1	Allgemeines .....	90
3.6.2	Spannungsausgleich im Gleis .....	93
3.6.3	Spannungsausgleich in Weichen.....	95
4	<b>Eisenbahndämme und Einschnitte.....</b>	<b>97</b>
	Horst Rahn	
4.1	Einführung.....	97
4.2	Baugrundtechnische Bewertung der Erdbauwerke und des Baugrundes .....	99
4.2.1	Geologische, hydrologische Situation, Einfluss aus der Verwitterung.....	101
4.2.2	Umweltschäden .....	103
4.2.3	Aufschluss des Baugrundes.....	106
4.2.4	Baugrundgutachten/geotechnischer Bericht.....	107
4.3	Gründung von Erdbauwerken auf tragfähigem Baugrund ...	109
4.3.1	Oberbodenabtrag und Untergrundplanum.....	110
4.3.2	Dammaufbau.....	114
4.3.3	Aushub tiefer Baugruben mit Unterwasserbaggerung/ Saugwirkung .....	162
4.4	Gründung von Erdbauwerken auf wenig tragfähigem Baugrund .....	163
4.4.1	Allgemeine Grundlagen bei der Bewertung der Bahndämme auf wenig tragfähigem Baugrund.....	163
4.4.2	Die Entstehung der Moore und die bautechnische Nutzung ihrer Eigenschaften .....	166
4.4.3	Besonderheiten der Erkundung und Baugrundbeurteilung .....	168
4.4.4	Überschütten von Moorflächen mit einer Arbeits- und Filterschicht.....	171
4.4.5	Analyse der Schäden schwimmend gegründeter Bahndämme.....	175
4.4.6	Wahl der Sanierungs- und Ertüchtigungsmethode bei Arbeiten an in Betrieb befindlichen Bahndämmen auf weichem Untergrund.....	184
4.5	Schäden an Bauwerken im organischen Baugrund und die Rolle dieser Schichten als Überträger energiereicher Einwirkungen .....	227
4.5.1	Vorbemerkungen .....	227
4.5.2	Erschütterungen im Baufeld durch Sprengungen .....	228

4.5.3	Die Vibration – ein wichtiges Hilfsmittel zur Beschleunigung von Ramm- und Ziehvorgängen mit seinen Nebenwirkungen in Mooregebieten.....	230
4.5.4	Schäden durch dynamische Wirkungen .....	234
	Literatur .....	237
<b>5</b>	<b>Weichen</b> .....	<b>239</b>
	Ekkehard Lay und Reinhold Rensing	
5.1	Allgemeines .....	239
5.1.1	Geschichte und Definition .....	239
5.1.2	Weichen als Kostenfaktor.....	240
5.2	Weichen und Kreuzungen .....	242
5.2.1	Allgemeines .....	242
5.2.2	Weichenbauarten .....	243
5.3	Weichen und Kreuzungen als Planungselement.....	249
5.3.1	Grundlagen der Weichengeometrie .....	249
5.3.2	Zweiggleisbogen.....	251
5.3.3	Darstellung im Lageplan.....	252
5.3.4	Anordnung von Weichen.....	254
5.4	Bauteile von Weichen und Kreuzungen .....	254
5.4.1	Allgemein.....	254
5.4.2	Weichenfahrbahn.....	255
5.4.3	Zungenvorrichtungsbereich.....	257
5.4.4	Zwischenschienenteil.....	265
5.4.5	Herzstückbereich .....	265
5.4.6	Radlenker.....	269
5.4.7	Endteil .....	270
5.4.8	Spurführungstechnische Besonderheiten bei starren Herzstücken .....	270
5.5	Schienenbefestigungssysteme in Weichen .....	273
5.5.1	Zungenbereich .....	274
5.5.2	Zwischenschienenbereich.....	275
5.5.3	Herzstückbereich und Radlenker .....	275
5.5.4	Befestigung auf den Schwellen.....	276
5.6	Schwellen und Lagerungssysteme.....	277
5.7	Stell- und Verschlussysteme .....	278
5.7.1	Stellsysteme.....	279
5.7.2	Arten der Verschlüsse .....	280
5.8	Einbau von Weichen .....	281
5.8.1	Allgemein .....	281
5.8.2	Weicheneinbau und -umbau unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten .....	281
5.8.3	Weicheneinbau- und -umbauverfahren.....	282
5.9	Instandhaltung von Weichen .....	289
5.9.1	Gesetzliche Grundlagen .....	289
5.9.2	Anlagenverantwortung.....	290
5.9.3	Elemente der Instandhaltung .....	291
5.9.4	Inspektion .....	291

5.9.5	Wartung .....	298
5.9.6	Instandsetzung .....	298
5.10	Weichendiagnose .....	301
5.10.1	Allgemeines .....	301
5.10.2	Anwendungsbereich und Systemvarianten .....	301
5.10.3	Allgemeine Funktionsbeschreibung .....	301
5.10.4	Nutzen .....	302
5.11	Schnittstellen .....	302
5.11.1	Betriebliche Schnittstellen .....	302
5.11.2	Bautechnische Schnittstellen: .....	303
5.11.3	Energieversorgung .....	304
5.11.4	Fahrleitungstechnische Schnittstellen .....	304
5.12	Ausblick und Entwicklungstendenzen .....	304
5.12.1	Materialverbesserungen .....	304
5.12.2	Verbesserungen der Überlaufgeometrie .....	305
5.12.3	Verbesserungen der Stützpunktlastizität .....	305
5.12.4	Schall- und Erschütterung .....	305
5.12.5	Verschlusstechnik .....	305
5.12.6	Ferndiagnose und Überwachungssysteme .....	306
	Literatur .....	306
<b>6</b>	<b>Querschnittsgestaltung der Bahnanlagen .....</b>	<b>307</b>
	Anton Schmitt und Eberhard Jänsch	
6.1	Fahrzeugbegrenzung und Lichtraumprofil .....	307
6.1.1	Einführung .....	307
6.1.2	Verschiedene Berechnungsmethoden .....	308
6.1.3	Statische Bezugslinien .....	309
6.1.4	Kinematische Berechnungsmethode .....	309
6.1.5	Regellichraum nach EBO .....	312
6.2	Elemente der Streckenquerschnitte bei der DB Netz AG .....	314
6.2.1	Lichtraum .....	314
6.2.2	Gleisabstand .....	317
6.2.3	Fahrbahnbreite .....	321
6.2.4	Abstand fester Anlagen von Gleismitte .....	322
6.2.5	Lichte Weite und Höhe unter Überführungsbauwerken .....	323
6.3	Streckenquerschnitte .....	324
6.3.1	Streckenquerschnitt auf Erdkörpern .....	324
6.3.2	Streckenquerschnitt auf Brücken und in Tunneln .....	325
6.4	Abstände in Gleisanlagen mit Arbeitsstätten und Verkehrswegen .....	326
6.5	Parallelführung von Schienenweg und Straße .....	330
6.6	Bahnsteiganlagen .....	331
6.6.1	Grundsätze für die Konzeption und Gestaltung .....	331
6.6.2	Abmessungen .....	332
	Literatur .....	335

<b>7 Eisenbahnbrücken, Tunnel und Ingenieurbauwerke .....</b>	<b>337</b>
Tristan Mölter und Michael Fiedler	
7.1 Definition Ingenieurbauwerke .....	337
7.2 Geschichte der Deutschen Eisenbahn .....	337
7.3 Eisenbahnbrücken .....	337
7.3.1 Geschichte der Eisenbahnbrücken in Deutschland ....	337
7.3.2 Aktuelle Entwicklungen im Eisenbahnbrückenbau ...	342
7.3.3 Normen und Regelwerke .....	349
7.3.4 Anforderungen an Eisenbahnbrücken .....	357
7.3.5 Entwurfsgrundlagen .....	359
7.3.6 Entwurfsgrundsätze .....	368
7.3.7 Ausrüstungselemente für Eisenbahnbrücken .....	376
7.3.8 Hilfsbrücken und Baubehelfe .....	380
7.4 Tunnel und Trogbauwerke .....	384
7.4.1 Geschichte der Tunnel und Eisenbahntunnel in Deutschland .....	385
7.4.2 Aktuelle Entwicklungen im Eisenbahntunnelbau .....	386
7.4.3 Normen und Regelwerke .....	386
7.4.4 Anforderungen an Eisenbahntunnel .....	387
7.4.5 Entwurfsgrundlagen .....	388
7.4.6 Tunnelbauverfahren .....	392
7.4.7 Tunnelinspektion .....	399
7.5 Lärmschutzwände .....	400
Literatur .....	404
<b>8 Betriebsführung der Infrastruktur .....</b>	<b>405</b>
Jörn Pacht	
8.1 Betriebsführung der Infrastruktur .....	405
8.2 Grundbegriffe des Bahnbetriebes .....	405
8.2.1 Rechtsverordnungen und Regelwerke .....	405
8.2.2 Einteilung der Eisenbahnunternehmen .....	406
8.2.3 Grundsätzliche Klassifizierung der Betriebsverfahren .....	406
8.2.4 Einteilung der Betriebsstellen .....	407
8.2.5 Durchführung von Fahrten auf einer Eisenbahninfrastruktur .....	409
8.3 Signalisierung am Fahrweg .....	415
8.3.1 Signalsysteme .....	415
8.3.2 Verwendung der Signale .....	419
8.4 Flankenschutz der Fahrwege .....	432
8.4.1 Flankenschutz gegen feindliche Zugfahrten .....	432
8.4.2 Flankenschutz gegen feindliche Rangierfahrten und unbeabsichtigt ablaufende Wagen .....	433
8.4.3 Flankenschutz gegen das Strecken von Zügen .....	433
8.4.4 Erfordernis von Schutzweichen .....	433
8.5 Bauen im Betrieb .....	434
8.5.1 Sicherung von Arbeitsstellen im Gleis .....	434
8.5.2 Betriebliche Maßnahmen zur Durchführung von Baumaßnahmen .....	437
Literatur .....	440

<b>9 Spurplangestaltung und betriebliche Infrastrukturplanung.....</b>	<b>441</b>
Werner Weigand und Andreas Heppe	
9.1 Planungsphasen.....	441
9.1.1 Planungsphasen der Bauplanung nach HOAI.....	441
9.1.2 Infrastrukturplanung mittels Langfristfahrplan.....	443
9.2 Spurplangestaltung .....	462
9.2.1 Einleitung.....	462
9.2.2 Betriebliche Funktionen von Bahnhöfen.....	464
9.2.3 Verkehrliche Funktionen von Bahnhöfen.....	467
9.2.4 Gleisarten.....	469
9.2.5 Anordnung der Gleise und Gleisgruppen.....	471
9.3 Leistungsuntersuchungen .....	482
9.3.1 Leistungsverhalten.....	482
9.3.2 Untersuchungsverfahren für Leistungsuntersuchungen.....	485
9.3.3 Einsatz der verschiedenen Methoden .....	488
9.3.4 Ablauf der Untersuchungen .....	489
9.4 Zusammenfassung .....	492
Literatur .....	493
<b>10 Leit- und Sicherungstechnik .....</b>	<b>495</b>
Ulrich Maschek	
10.1 Einführung .....	495
10.1.1 Begriffsabgrenzung .....	495
10.1.2 Maßgebende Systemeigenschaften.....	495
10.1.3 Regelkreis der Betriebssicherheit im Schienenverkehr.....	497
10.2 Ortung.....	498
10.2.1 Grundlagen .....	498
10.2.2 Wirkprinzipien .....	498
10.2.3 Gleisfreimeldung mittels Gleisstromkreis.....	501
10.2.4 Gleisfreimeldung mittels Achszähler.....	504
10.2.5 Anwendung von Gleisstromkreisen und Achszählern.....	506
10.3 Sicherung beweglicher Fahrwegelemente.....	506
10.3.1 Grundlagen .....	506
10.3.2 Weiche und Kreuzung.....	506
10.3.3 Gleissperre.....	510
10.3.4 Bewegliche Brücke.....	510
10.3.5 Drehscheibe und Schiebebühne .....	510
10.3.6 Tor .....	510
10.4 Technologien der Fahrwegsicherung.....	511
10.4.1 Herleitung .....	511
10.4.2 Technologie Fahrstraße .....	512
10.4.3 Technologie Blockinformation.....	522
10.5 Techniken zur Fahrwegsicherung .....	524
10.5.1 Differenzierung zwischen Leit- und Sicherungstechnik.....	524

10.5.2	Klassifizierung der Techniken.....	525
10.5.3	Mechanisches Stellwerk .....	526
10.5.4	Elektromechanisches Stellwerk .....	527
10.5.5	Relaisstellwerk .....	527
10.5.6	Elektronisches Stellwerk (ESTW).....	528
10.6	Leittechnik.....	528
10.6.1	Aufgaben der Leittechnik.....	528
10.6.2	Zugnummernmeldung (ZN) .....	529
10.6.3	Zuglenkung (ZL).....	530
10.6.4	Fernsteuerung von Stellwerken .....	530
10.6.5	Zentralen zur Betriebsführung.....	531
10.7	Anordnung ortsfester Signale .....	531
10.7.1	Bezeichnung der Vor- und Hauptsignale .....	531
10.7.2	Standort quer zum Gleis .....	532
10.7.3	Standort längs zum Gleis.....	532
10.8	Zugbeeinflussung .....	535
10.8.1	Anforderungen .....	535
10.8.2	Systematisierung.....	536
10.8.3	Systeme mit Balisen .....	537
10.8.4	Führerraumsignalisierung .....	537
10.8.5	Signum .....	538
10.8.6	Punktförmige Zugbeeinflussung PZB 90 .....	539
10.8.7	Geschwindigkeitsüberwachung für Neigetechnik (GNT) .....	542
10.8.8	Linienzugbeeinflussung (LZB) .....	542
10.8.9	European Train Control System (ETCS ) .....	543
	Symbolverzeichnis.....	551
<b>11</b>	<b>Funktionale Sicherheit.....</b>	<b>553</b>
	Jens Braband	
11.1	Einleitung.....	553
11.1.1	Wesentliche Unfallursachen .....	553
11.1.2	Beispiel .....	553
11.1.3	Epochen der Systemsicherheit .....	554
11.2	Definition des Begriffs Sicherheit .....	554
11.2.1	Klassische Definitionen .....	554
11.2.2	Moderne, risikoorientierte Definition .....	555
11.2.3	Risikoorientierter Ansatz.....	556
11.2.4	Europäische gesetzliche Vorgaben .....	556
11.2.5	Bedeutung der Normen.....	558
11.3	Risikoanalyse.....	559
11.3.1	Prozess der expliziten Risikoanalyse .....	559
11.3.2	Definition von Sicherheitszielen .....	560
11.3.3	Methoden zur expliziten Risikoanalyse .....	574
11.3.4	Semi-quantitatives Verfahren Risk Score Matrix .....	578
11.4	Sicherheitsnachweisführung.....	581
11.4.1	Gefährdungsanalyse-Prozess .....	582
11.4.2	Struktur und Hierarchie von Sicherheitsnachweisen.....	584



11.4.3	Aufbau und Inhalt von Sicherheitsnachweisen.....	589
11.5	Beurteilung von potenziellen Sicherheitsmängeln .....	594
11.5.1	Bewertungsprozess.....	595
11.5.2	Risikobewertung .....	596
11.6	Ereignisanalyse.....	598
11.6.1	Erfassung und Auswertung sicherheitsrelevanter Ereignisse .....	598
11.6.2	Unfallursachen .....	598
11.6.3	Unfallursachenanalyse .....	599
11.6.4	Lernen auf Organisationsebene .....	600
11.7	Sicherheitskultur .....	600
11.7.1	Begriffsdefinition.....	601
11.7.2	Indikatoren für eine positive Sicherheitskultur.....	602
11.8	Beispiel .....	602
11.8.1	Systemdefinition .....	602
11.8.2	Gefährdungsidentifikation .....	603
11.8.3	Risikoanalyse .....	603
11.8.4	Gefährdungsanalyse.....	604
	Weiterführende Literatur .....	606
<b>12</b>	<b>Trassierung und Gleisplangestaltung .....</b>	<b>607</b>
	Manfred Weigend	
12.1	Längsneigung der Eisenbahn.....	607
12.1.1	Längsneigung der Streckengleise .....	607
12.1.2	Längsneigung in Bahnhöfen.....	609
12.1.3	Ausrundung der Längsneigung .....	609
12.2	Allgemeine Regeln der Linienführung im Grundriss.....	610
12.2.1	Grundregel für durchgehende Hauptgleise.....	610
12.2.2	Grundregel für die übrigen Hauptgleise und die Nebengleise.....	611
12.3	Elemente der Linienführung im Kreisbogen .....	611
12.3.1	Radius, Überhöhung und Geschwindigkeit .....	611
12.3.2	Größe der Überhöhung.....	613
12.3.3	Der Überhöhungsfehlbetrag .....	614
12.3.4	Die Regelüberhöhung .....	616
12.3.5	Wahl der Bogenradien.....	617
12.3.6	Länge der Kreisbögen und Geraden .....	617
12.3.7	Gleisverziehnngen.....	617
12.4	Übergangsbogen und Überhöhungsrampe .....	618
12.4.1	Die Klothoide mit gerader Überhöhungsrampe....	618
12.4.2	Übergangsbogen- und Rampenlänge.....	620
12.4.3	Der Übergangsbogen mit geschwungener Rampe	621
12.5	Der Bogen ohne Übergangsbogen.....	624
12.5.1	Krümmungswechsel und Vergleichsradius.....	624
12.5.2	Längen der Zwischengeraden oder Zwischenbögen .....	626
12.5.3	Gegenbogen mit kleinen Radien.....	627
12.6	Entwurf der Spurpläne .....	627
12.6.1	Wahl und Anordnung der Weichen.....	627

12.6.2	Die Weiche als Spurplanelement.....	628
12.7	Optimierung vorhandener Anlagen.....	637
12.7.1	Die „gute“ Trasse.....	637
12.7.2	Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung.....	637
12.7.3	Linienkorrekturen.....	638
12.7.4	Einsatz von Neigetechnikfahrzeugen.....	639
12.8	Zusammenfassung.....	640
	Anhang.....	640
	Literatur.....	641
<b>13</b>	<b>Bahnübergänge.....</b>	<b>643</b>
	Eric J. Schöne	
13.1	Einführung.....	643
13.2	Grundlagen.....	644
13.2.1	Definitionen.....	644
13.2.2	Anforderungen.....	644
13.2.3	Rechtsgrundlagen.....	645
13.3	Bautechnische Gestaltung.....	647
13.3.1	Allgemeine Anforderungen.....	647
13.3.2	Bahnübergangsbeläge.....	648
13.3.3	Entwässerung.....	650
13.4	Sicherungsmaßnahmen.....	650
13.4.1	Technologien zur Sicherung.....	650
13.4.2	Nichttechnische Sicherung.....	652
13.4.3	Technische Sicherung.....	660
13.5	Bahnübergangssicherung als Gemeinschaftsaufgabe.....	671
13.5.1	Wechselwirkungen.....	671
13.5.2	Beschilderung und Markierung.....	672
13.5.3	Freihaltung der Aufstelllänge.....	673
13.5.4	Verkehrsschau an Bahnübergängen.....	677
13.5.5	Auflassung und Beseitigung.....	677
	Literatur.....	678
<b>14</b>	<b>Energieversorgung elektrischer Bahnen.....</b>	<b>681</b>
	Arnd Stephan und Bernd-Wolfgang Zweig	
14.1	Grundlagen.....	681
14.1.1	Aufgaben und Systemstruktur.....	681
14.1.2	Elektrifizierungswürdigkeit.....	682
14.1.3	Begriffsdefinitionen.....	683
14.2	Bahnstromsysteme.....	684
14.2.1	Entwicklung und Verbreitung.....	684
14.2.2	Gleichstrombahnsysteme.....	686
14.2.3	Wechselstrombahnsysteme mit Industriefrequenz.....	689
14.2.4	Wechselstrombahnsysteme mit Sonderfrequenz ..	691
14.3	Die 16,7-Hz-Bahnenergieversorgung in Deutschland.....	691
14.3.1	Gesamtstruktur.....	691
14.3.2	Teilsysteme.....	694
14.4	Fahrleitungen.....	698

14.4.1	Allgemeines.....	698
14.4.2	Oberleitungen.....	699
14.4.3	Stromschienenoberleitung .....	737
14.4.4	Stromschienen.....	737
14.5	Stromabnehmer .....	742
14.5.1	Allgemeines.....	742
14.5.2	Stromabnehmer für Oberleitungen.....	743
14.5.3	Seitenstromabnehmer bei Grubenbahnen.....	745
14.5.4	Stromabnehmer für Stromschienen.....	745
14.6	Rückstromführung, Bahnerdung und Potenzialausgleich...	746
14.6.1	Rückstromführung.....	747
14.6.2	Bahnerdung.....	749
14.6.3	Potenzialausgleich.....	750
14.7	Arbeiten in der Nähe spannungsführender Ober- und Bahnenergieleitungen (16,7 Hz, 15.000 V) .....	751
14.7.1	Abstand von Personen .....	751
14.7.2	Abstand von Baumaschinen und Geräten .....	751
	Literatur.....	752
<b>15</b>	<b>Stromversorgung der Infrastruktur.....</b>	<b>757</b>
	Eberhard Hunger und Jörg Mohrich .....	757
15.1	Vorbemerkungen .....	757
15.1.1	Energiebezug vom Versorgungsnetzbetreiber .....	758
15.1.2	Energiebezug aus der Oberleitung .....	758
15.2	Stromversorgung von Strecken.....	759
15.2.1	Verbraucherstruktur.....	759
15.2.2	Freie Strecke .....	761
15.2.3	Tunnel.....	766
15.2.4	Stellwerke an Strecken .....	770
15.2.5	Bahnhöfe, Haltepunkte an Strecken .....	772
15.3	Stromversorgung von Eisenbahnknoten.....	774
15.3.1	Verbraucherstruktur .....	774
15.3.2	Netzstruktur .....	774
15.3.3	Stellwerke von Eisenbahnknoten .....	775
15.3.4	Bahnhöfe von Eisenbahnknoten.....	777
15.4	Sonderanlagen .....	781
15.4.1	Zugbildungsanlagen .....	781
15.4.2	Elektrische Weichenheizanlagen .....	782
15.4.3	Zugvorheizanlagen.....	785
15.4.4	Zugbehandlungsanlagen .....	792
15.4.5	Werke .....	792
15.4.6	Nebenverbraucher an der Oberleitung .....	793
15.4.7	Alternative Stromversorgungsanlagen .....	793
15.5	Schutzmaßnahmen .....	795
15.5.1	Netzform und Erdung von EWHA.....	796
15.5.2	Schutzeinrichtungen der EWHA.....	797
15.5.3	Besonderheiten bei EWHA .....	797

<b>16 Kabelanlagen</b> .....	799
Ralf Baumann und Andreas Boldt	
16.1 Bauarten und Verwendung .....	799
16.1.1 Energiekabel und Leitungen .....	803
16.1.2 Kabel und Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall .....	806
16.1.3 Signal- und Nachrichtenkabel .....	807
16.2 Garnituren .....	808
16.2.1 Muffen und Verbinder .....	809
16.2.2 Endverschlüsse .....	810
16.3 Planung von Kabelanlagen .....	812
16.3.1 Trassenplanung .....	812
16.3.2 Typenauswahl und Dimensionierung .....	813
16.3.3 Lagepläne .....	817
16.3.4 Führung, Befestigung und Schutz .....	817
16.4 Legung und Montage .....	824
16.4.1 Auslegen und Kennzeichnen .....	824
16.4.2 Garniturenmontage .....	827
16.4.3 Ab- und Inbetriebnahmeprüfungen .....	828
16.4.4 Schlussvermessung und Dokumentation .....	829
16.5 Betrieb und Instandhaltung .....	829
16.5.1 Kabelüberwachung .....	829
16.5.2 Instandhaltung .....	830
16.6 Normen, Richtlinien, Empfehlungen .....	831
<b>17 Bahnbetriebliche Telekommunikationstechnik</b> .....	835
Thomas Schnurrer	
17.1 Einleitung .....	835
17.1.1 Bahnbetriebliche Telekommunikationsanlagen .....	835
17.1.2 Hauptaspekte der technologischen Entwicklung .....	837
17.2 Das GSM-R Netz .....	838
17.2.1 Frequenzbereich .....	839
17.2.2 Funktionale Merkmale .....	840
17.2.3 GSM-R-Architektur .....	841
17.2.4 Anbindung ortsfester Teilnehmer .....	845
17.2.5 GSM-R-Endgeräte .....	847
17.2.6 Applikationen und betriebliche Netzkonfiguration .....	849
17.2.7 Teilnehmerverwaltung .....	852
17.2.8 Nationales und Internationales Roaming .....	853
17.3 Analoge Funktechnik .....	855
17.3.1 Analoger Zugfunk .....	855
17.3.2 Analoger Rangierfunk .....	860
17.3.3 Betriebs- und Instandhaltungsfunk (BiFu) .....	861
17.3.4 BOS-Funksysteme .....	862
17.4 Betriebsfernmeldeanlagen .....	862
17.5 Lautsprechersysteme .....	865

17.6	Steuerungs- und Meldesysteme .....	868
17.6.1	FÜSTE .....	868
17.6.2	Meldeanlagensystem MAS 90.....	869
17.7	Betriebliche Gefahrenmeldeanlagen .....	872
17.7.1	Heißläufer- und Festbremsortungsanlagen (HOA/FBOA).....	872
17.7.2	Luftströmungsmeldeanlagen (LSMA) .....	873
17.7.3	Windmeldeanlagen (WMA).....	874
17.8	Tunnelnotrufsysteme .....	874
17.9	Videotechnik.....	875
17.9.1	TV-Anlagen an Bahnübergängen.....	875
17.9.2	Zugschlussbeobachtung und -feststellung .....	876
17.10	Übertragungstechnik und -wege .....	876
17.11	Ausblick.....	879
	Literatur.....	880
<b>18</b>	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit.....</b>	<b>881</b>
	Franz Klier	
18.1	Allgemeines .....	881
18.2	EMV im hochfrequenten Bereich .....	881
18.3	Beeinflussung von Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik durch Bahnströme .....	883
18.4	Beeinflussung von Gleisfreimeldeanlagen durch Eisenbahnfahrzeuge .....	888
	Weiterführende Literatur .....	894
<b>19</b>	<b>Umweltschutz .....</b>	<b>897</b>
	Bernhard Koch	
19.1	Umweltmanagement .....	897
19.1.1	Ziel und Nutzen von Managementsystemen unter besonderer Berücksichtigung des Umweltmanagements .....	897
19.1.2	Normen des Umweltmanagements .....	898
19.1.3	Integrierte Managementsysteme (IMS).....	903
19.1.4	Delegation von Unternehmer-/Betreiberpflichten .	903
19.1.5	Beauftragtenwesen .....	904
19.2	Anlagenbezogener Umweltschutz.....	906
19.2.1	Abwasseranlagen und Abwasserbehandlungsanlagen .....	906
19.2.2	Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen .....	909
19.2.3	Innenreinigungsanlagen .....	914
19.2.4	Genehmigungsbedürftige Anlagen nach der 4. BImSchV .....	916
19.2.5	Trinkwasser-Befüllungsanlagen.....	920
19.2.6	Strahlenschutz.....	920

19.3	Schutz vor Lärm und Erschütterungen.....	923
19.3.1	Lärm .....	923
19.3.2	Erschütterungen und sekundärer Luftschall .....	934
19.4	Vegetationskontrolle.....	949
19.4.1	Grundlagen und Definitionen .....	949
19.4.2	Vegetationskontrolle für den Bereich im Gleis....	951
19.4.3	Vegetationskontrolle für den Bereich am Gleis....	952
19.4.4	Positive Aspekte für den Naturschutz.....	958
19.5	Schutz von Natur und Landschaft .....	959
19.5.1	Grundlagen.....	959
19.5.2	Strategische Umweltprüfung .....	960
19.5.3	Umweltverträglichkeitsprüfung .....	961
19.5.4	Naturschutzfachliche Eingriffsregelung.....	964
19.5.5	Flora-Fauna-Habitat-Verträglichkeitsprüfung .....	965
19.5.6	Artenschutz .....	965
19.6	Umweltschutzanforderungen an Planungs- und Instandhaltungsprozesse .....	969
19.6.1	Entsorgung .....	969
	Literatur.....	979
<b>20</b>	<b>Netzzugang.....</b>	<b>985</b>
	Anton Schmitt	
20.1	Vorgaben der Europäischen Union.....	985
20.1.1	Interoperabilität.....	985
20.1.2	Diskriminierungsfreier Zugang.....	985
20.2	Nationale Vorgaben.....	985
20.2.1	Zulassung als EVU.....	986
20.2.2	Fahrzeugzulassung .....	986
20.3	Vorgaben des Eisenbahninfrastrukturunternehmens .....	988
20.3.1	Schienennetz-Benutzungsbedingungen.....	989
20.4	Beschreibung der Infrastruktur im Infrastrukturregister .	993
20.4.1	Grundsätze .....	996
20.4.2	Interaktive Karte.....	996
20.4.3	Vorgaben der TSI RINF.....	999
20.5	Zusammenfassung und Ausblick.....	999
	Literatur.....	1008
<b>21</b>	<b>Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs .....</b>	<b>1009</b>
	Peter Veit	
21.1	Anlagenmanagement für den Fahrweg von Eisenbahnen .	1012
21.2	Modell zur wirtschaftlichen Bewertung von Fahrwegstrategien .....	1013
21.3	LCC-basierte Fahrwegstrategien der ÖBB.....	1016
21.3.1	Strategie Fahrweg – Stufe 1 .....	1018
21.3.2	Forschungen zum Qualitätsverhalten des Oberbaus.....	1034
21.3.3	Strategie Fahrweg – Stufe 2 .....	1046

---

21.4	Life-Cycle-Management für den Fahrweg.....	1048
21.5	Ausblick.....	1053
	Literatur.....	1053
<b>22</b>	<b>Anlagenmonitoring des Fahrwegs.....</b>	<b>1055</b>
	Ulrich Erdmann	
22.1	Anforderungen .....	1055
22.1.1	Systemarchitektur .....	1056
22.1.2	Datenimport/Schnittstellen.....	1057
22.1.3	Das Analysesystem.....	1058
22.1.4	Anforderungen und Grundformen der Darstellung .....	1061
22.1.5	Mobile Lösungen .....	1065
22.1.6	Fachübergreifende Grundlagen für weitergehende Analysen .....	1065
22.2	Anwendung von Infrastruktur-Managementsystemen ....	1069
22.2.1	Ist-Zustandsanalyse.....	1070
22.2.2	Zustandsprognose.....	1081
22.2.3	Instandhaltungsplanung .....	1087
	<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>1091</b>