

Inhalt

1 Das Zusammenwirken von Rad und Schiene	1
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 λ_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
2 Auslegung des Eisenbahnoberbaus	39
Ulf Gerber	
2.1 Äußere Belastung	39
2.1.1 Äußere Vertikabelastung.....	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
3	Schienen und Schienenschweißen.....	65
	Klaus Meißner und Alfred Wöhnhart	
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 Gießschmelzsenschweißen.....	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	Schienenehler, 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	Eisenbahndämme und Einschnitte.....	97
	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 Moorgebieten.....	230
4.5.4	Schäden durch dynamische Wirkungen	234
Literatur		237
5	Weichen	239
	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 Stützpunktelastizität	305
5.12.4	Schall- und Erschütterung.....	305
5.12.5	Verschlusstechnik.....	305
5.12.6	Ferndiagnose und Überwachungssysteme.....	306
	Literatur	306
6	Querschnittsgestaltung der Bahnanlagen.....	307
	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	Regellichaum 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

7 Eisenbahnbrücken, Tunnel und Ingenieurbauwerke	337
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
 8 Betriebsführung der Infrastruktur	405
Jörn Pachl	
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

9 Spurplangestaltung und betriebliche Infrastrukturplanung.....	441
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
10 Leit- und Sicherungstechnik.....	495
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
11	Funktionale Sicherheit.....	553
	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
12	Trassierung und Gleisplangestaltung	607
	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	Gleisverziehungen.....	617
12.4	Übergangsbogen und Überhöhungsrampe	618
12.4.1	Die Klohoide 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
13	Bahnübergänge	643
	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
14	Energieversorgung elektrischer Bahnen.....	681
	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	Stromschieneoberleitung	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
15	Stromversorgung der Infrastruktur.....	757
	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

16 Kabelanlagen	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
17 Bahnbetriebliche Telekommunikationstechnik.....	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
18	Elektromagnetische Verträglichkeit.....	881
	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
19	Umweltschutz	897
	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
20	Netzzugang.....	985
	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
21	Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs	1009
	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
22	Anlagenmonitoring des Fahrwegs	1055
	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
	Sachverzeichnis	1091