

Inhaltsverzeichnis

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	7
1.2.4	Rückstellsteifigkeit c_{yg}	9
1.2.5	Einfluss der Spurweite auf λ_e, c_{yg}	9
1.2.6	Möglichkeiten der Einflussnahme	10
1.2.7	Anmerkungen zur Wahl eines Radprofils	10
1.2.8	Bewegungsgleichungen von Radsätzen	11
1.3	Das Drehgestell am Gleis	12
1.3.1	„Steife“ Konstruktionen	12
1.3.2	„Weiche“ Drehgestelle	13
1.3.3	„Selbstlenkende“ und „Zwangsgesteuerte“ Drehgestelle	13
1.3.4	Gleichungssysteme für Fahrzeuge	14
1.4	Stabilität	17
1.4.1	Kritische Geschwindigkeit	17
1.4.2	Einflüsse auf die Laufstabilität	21
1.5	Bogenlauf	21
1.6	Maßnahmen zur Unterstützung guter Rad-Schiene-Interaktion	22
1.7	Beispiele und Erfahrungen	23
1.8	Entgleisungen	26
1.8.1	Entgleisungsursachen	26
1.8.2	Entgleisungskriterien	29
1.9	Zusammenfassung	29
	Literatur	38
2	Auslegung des Eisenbahnoberbaus	41
	Ulf Gerber	
2.1	Äußere Belastung	41
2.1.1	Äußere Vertikalbelastung	41
2.1.2	Äußere Längsbelastung	47
2.1.3	Äußere Seitenbelastung	47

2.2	Innere Belastung	48
2.2.1	Innere Vertikalbelastung	48
2.2.2	Innere Längsbelastung	50
2.2.3	Innere Seitenbelastung	52
2.3	Belastung und Belastbarkeit	52
2.3.1	Vertikale Belastung und Belastbarkeit	52
2.3.2	Belastung und Belastbarkeit in Längsrichtung	56
2.3.3	Seitliche Belastung und Belastbarkeit	57
2.4	Belastung und Auslegung der Oberbaukomponenten	58
2.4.1	Schienen	59
2.4.2	Schienenbefestigung	60
2.4.3	Schwellen	60
2.4.4	Schotter	62
2.4.5	Elastische Elemente im Schotterooberbau	62
2.5	Belastung und Anschaffungskosten des Eisenbahnoberbaus	64
2.6	Zusammenfassung	65
	Literatur	67
3	Schienen und Schienenschweißen	69
	Ralf Linsel und Klaus Meißner	
3.1	Schienenwerkstoffe und Schienenprofile	69
3.1.1	Stahl als Baustoff, Schienenstahl als individueller Werkstoff	69
3.1.2	Aufgaben der Schiene	69
3.1.3	Eigenschaften des Schienenstahls	72
3.1.4	Gefüge des Schienenstahls	73
3.1.5	Schienenstahlherstellung	73
3.1.6	Schienenformen (Schienenprofile)	74
3.1.7	Walzlängen, Walzzeichen und Warmstempeln	77
3.1.8	Verwendung und Verschleißbeanspruchung von Schienen	77
3.1.9	Ziele	77
3.2	Schienenschweißen	78
3.2.1	Allgemeines	78
3.2.2	Abbrennstumpfschweißen	80
3.2.3	Ablauf der Abbrennstumpfschweißung	81
3.2.4	Gaspressschweißen	83
3.2.5	Aluminothermisches Gießschmelzschweißen	84
3.2.6	Lichtbogenschweißen	86
3.3	Schienenschleifen (Oberflächenbearbeitung)	88
3.3.1	Allgemeines	88
3.3.2	Neuschienenschleifen	88
3.3.3	Präventivschleifen	88
3.3.4	Erhaltungsschleifen (-fräsen)	89
3.3.5	Schleifen von Schweißungen	89

3.4	Fehler und Schäden an Schienen und Schienenschweißungen	89
3.4.1	Allgemeines	89
3.4.2	Schienenfehler, Übersicht	89
3.4.3	Beschreibung der Schienenfehler	90
3.5	Prüfen, Messen und Bewerten von Schienen und Schienenschweißungen	95
3.5.1	Allgemeines	95
3.5.2	Schienen	95
3.5.3	Schweißungen	96
3.5.4	Methoden der zerstörungsfreien Prüfung von Schienen	98
3.6	Herstellen lückenloser Gleise und Weichen	99
3.6.1	Allgemeines	99
3.6.2	Spannungsausgleich im Gleis	99
3.6.3	Spannungsausgleich in Weichen	101
4	Eisenbahndämme und Einschnitte	103
	Horst Rahn	
4.1	Einführung	103
4.2	Baugrundtechnische Bewertung der Erdbauwerke und des Baugrundes	105
4.2.1	Geologische, hydrologische Situation, Einfluss aus der Verwitterung	108
4.2.2	Umweltschäden	110
4.2.3	Aufschluss des Baugrundes	113
4.2.4	Baugrundgutachten/geotechnischer Bericht . . .	115
4.3	Gründung von Erdbauwerken auf tragfähigem Baugrund	116
4.3.1	Oberbodenabtrag und Untergrundplanum . . .	116
4.3.2	Dammaufbau	121
4.3.3	Aushub tiefer Baugruben mit Unterwasserbaggerung/Saugwirkung	171
4.4	Gründung von Erdbauwerken auf wenig tragfähigem Baugrund	173
4.4.1	Allgemeine Grundlagen bei der Bewertung der Bahndämme auf wenig tragfähigem Baugrund .	173
4.4.2	Die Entstehung der Moore und die bautechnische Nutzung ihrer Eigenschaften .	175
4.4.3	Besonderheiten der Erkundung und Baugrundbeurteilung	177
4.4.4	Überschütten von Moorflächen mit einer Arbeits- und Filterschicht	179
4.4.5	Analyse der Schäden schwimmend gegründeter Bahndämme	184
4.4.6	Wahl der Sanierungs- und Ertüchtigungsmethode bei Arbeiten an in Betrieb befindlichen Bahndämmen auf weichem Untergrund	194

4.5	Schäden an Bauwerken im organischen Baugrund und die Rolle dieser Schichten als Überträger energiereicher Einwirkungen	236
4.5.1	Vorbemerkungen	236
4.5.2	Erschütterungen im Baufeld durch Sprengungen	237
4.5.3	Die Vibration – ein wichtiges Hilfsmittel zur Beschleunigung von Ramm- und Ziehvorgängen mit seinen Nebenwirkungen in Moorgebieten . .	239
4.5.4	Schäden durch dynamische Wirkungen	244
	Literatur	246
5	Weichen	249
	Ekkehard Lay und Reinhold Rensing	
5.1	Allgemeines	249
5.1.1	Geschichte und Definition	249
5.1.2	Weichen als Kostenfaktor	250
5.2	Weichen und Kreuzungen	252
5.2.1	Allgemeines	252
5.2.2	Weichenbauarten	253
5.3	Weichen und Kreuzungen als Planungselement	260
5.3.1	Grundlagen der Weichengeometrie	260
5.3.2	Zweiggleisbogen	261
5.3.3	Darstellung im Lageplan	262
5.3.4	Anordnung von Weichen	264
5.4	Bauteile von Weichen und Kreuzungen	264
5.4.1	Allgemein	264
5.4.2	Weichenfahrbahn	266
5.4.3	Zungenvorrichtungsbereich	267
5.4.4	Herzstückbereich	275
5.4.5	Radlenker	279
5.4.6	Endteil	280
5.4.7	Spurführungstechnische Besonderheiten bei starren Herzstücken	281
5.5	Schienenbefestigungssysteme in Weichen	285
5.5.1	Zungenbereich	285
5.5.2	Zwischenschienenbereich	286
5.5.3	Herzstückbereich und Radlenker	286
5.5.4	Befestigung auf den Schwellen	287
5.6	Schwellen und Lagerungssysteme	287
5.7	Stell- und Verschlussysteme	289
5.7.1	Stellsysteme	289
5.7.2	Arten der Verschlüsse	291
5.8	Einbau von Weichen	292
5.8.1	Allgemein	292
5.8.2	Weicheneinbau und -umbau unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten	293
5.8.3	Weicheneinbau- und -umbauverfahren	293

5.9	Instandhaltung von Weichen	301
5.9.1	Gesetzliche Grundlagen	301
5.9.2	Anlagenverantwortung	302
5.9.3	Elemente der Instandhaltung	303
5.9.4	Inspektion	303
5.9.5	Wartung	313
5.9.6	Instandsetzung	313
5.10	Weichendiagnose	314
5.10.1	Allgemeines	314
5.10.2	Anwendungsbereich und Systemvarianten	314
5.10.3	Allgemeine Funktionsbeschreibung	315
5.10.4	Nutzen	315
5.11	Schnittstellen	315
5.11.1	Betriebliche Schnittstellen	315
5.11.2	Bautechnische Schnittstellen	316
5.11.3	Energieversorgung	317
5.11.4	Fahrleitungstechnische Schnittstellen	317
5.12	Berechnung von Weichen	317
5.12.1	Einführung	317
5.12.2	Konstruktive Randbedingungen	318
5.12.3	Berechnung der Weichen	319
5.13	Ausblick und Entwicklungstendenzen	322
5.13.1	Materialverbesserungen	322
5.13.2	Verbesserungen der Überlaufgeometrie	322
5.13.3	Verbesserungen der Stützpunktelastizität	322
5.13.4	Schall- und Erschütterung	322
5.13.5	Kunststoffschwellen	323
5.13.6	Ferndiagnose und Überwachungssysteme	324
	Literatur	326
6	Querschnittsgestaltung der Bahnanlagen	327
	Eberhard Jänsch	
6.1	Fahrzeugbegrenzung und Lichtraumprofil	327
6.1.1	Einführung	327
6.1.2	Verschiedene Berechnungsmethoden	328
6.1.3	Statische Bezugslinien	329
6.1.4	Kinematische Berechnungsmethode	329
6.1.5	Regellichaum nach EBO	332
6.2	Elemente der Streckenquerschnitte bei der DB Netz AG .	334
6.2.1	Lichtraum	334
6.2.2	Gleisabstand	337
6.2.3	Fahrbahnbreite	341
6.2.4	Abstand fester Anlagen von Gleismitte	342
6.2.5	Lichte Weite und Höhe unter Überführungsbauwerken	343
6.3	Streckenquerschnitte	344
6.3.1	Streckenquerschnitt auf Erdkörpern	344
6.3.2	Streckenquerschnitt auf Brücken und in Tunneln	347

6.4	Abstände in Gleisanlagen mit Arbeitsstätten und Verkehrswegen	347
6.5	Parallelführung von Schienenweg und Straße	350
6.6	Bahnsteiganlagen	351
6.6.1	Grundsätze für die Konzeption und Gestaltung .	351
6.6.2	Abmessungen	352
Literatur		355
7	Eisenbahnbrücken, Tunnel und Ingenieurbauwerke	357
	Tristan Möller und Michael Fiedler	
7.1	Definition Ingenieurbauwerke	357
7.2	Geschichte der Deutschen Eisenbahn	357
7.3	Eisenbahnbrücken	357
7.3.1	Geschichte der Eisenbahnbrücken in Deutschland	357
7.3.2	Aktuelle Entwicklungen im Eisenbahnbrückenbau	362
7.3.3	Normen und Regelwerke	369
7.3.4	Anforderungen an Eisenbahnbrücken	377
7.3.5	Entwurfsgrundlagen	380
7.3.6	Entwurfsgrundsätze	388
7.3.7	Ausrüstungselemente für Eisenbahnbrücken .	397
7.3.8	Hilfsbrücken und Baubehelfe	401
7.4	Tunnel und Trogbauwerke	406
7.4.1	Geschichte der Tunnel und Eisenbahntunnel in Deutschland	406
7.4.2	Aktuelle Entwicklungen im Eisenbahntunnelbau	407
7.4.3	Normen und Regelwerke	408
7.4.4	Anforderungen an Eisenbahntunnel	408
7.4.5	Entwurfsgrundlagen	409
7.4.6	Tunnelbauverfahren	414
7.4.7	Tunnelinspektion	422
7.5	Lärmschutzwände	424
Literatur		425
8	Betriebsführung der Infrastruktur	427
	Jörn Pachl	
8.1	Betriebsführung der Infrastruktur	427
8.2	Grundbegriffe des Bahnbetriebes	427
8.2.1	Rechtsverordnungen und Regelwerke	427
8.2.2	Einteilung der Eisenbahnunternehmen	428
8.2.3	Grundsätzliche Klassifizierung der Betriebsverfahren	428
8.2.4	Einteilung der Betriebsstellen	429
8.2.5	Durchführung von Fahrten auf einer Eisenbahninfrastruktur	431

8.3	Signalisierung am Fahrweg	437
8.3.1	Signalsysteme	437
8.3.2	Verwendung der Signale	441
8.4	Flankenschutz der Fahrwege	454
8.4.1	Flankenschutz gegen feindliche Zugfahrten . . .	454
8.4.2	Flankenschutz gegen feindliche Rangierfahrten und unbeabsichtigt ablaufende Wagen	455
8.4.3	Flankenschutz gegen das Strecken von Zügen .	455
8.4.4	Erfordernis von Schutzweichen	455
8.5	Bauen im Betrieb	456
8.5.1	Sicherung von Arbeitsstellen im Gleis	456
8.5.2	Betriebliche Maßnahmen zur Durchführung von Baumaßnahmen	459
8.6	Behandlung von Signal- und Weichenstörungen	462
8.6.1	Störfallbehandlung der Zugfolgesicherung . . .	462
8.6.2	Störfallbehandlung der Fahrwegsicherung . . .	464
8.6.3	Störfallbehandlung von Gleisfreimeldeanlagen .	465
	Literatur	465
9	Spurplangestaltung und betriebliche Infrastrukturplanung .	467
	Andreas Heppe und Werner Weigand	
9.1	Planungsphasen	467
9.1.1	Planungsphasen der Bauplanung nach HOAI . .	467
9.1.2	Infrastrukturplanung mittels Langfristfahrplan .	469
9.2	Spurplangestaltung	490
9.2.1	Einleitung	490
9.2.2	Betriebliche Funktionen von Bahnhöfen	492
9.2.3	Verkehrliche Funktionen von Bahnhöfen	495
9.2.4	Gleisarten	498
9.2.5	Anordnung der Gleise und Gleisgruppen	499
9.3	Leistungsuntersuchungen	511
9.3.1	Leistungsverhalten	511
9.3.2	Untersuchungsverfahren für Leistungsuntersuchungen	514
9.3.3	Einsatz der verschiedenen Methoden	517
9.3.4	Ablauf der Untersuchungen	519
9.4	Zusammenfassung	522
	Literatur	523
10	Leit- und Sicherungstechnik .	525
	Ulrich Maschek	
10.1	Einführung	525
10.1.1	Begriffsabgrenzung	525
10.1.2	Maßgebende Systemeigenschaften	525
10.1.3	Regelkreis der Betriebssicherheit im Schienenverkehr	527

10.2	Ortung	528
10.2.1	Grundlagen	528
10.2.2	Wirkprinzipien	528
10.2.3	Gleisfreimeldung mittels Gleisstromkreis	531
10.2.4	Gleisfreimeldung mittels Achszähler	534
10.2.5	Anwendung von Gleisstromkreisen und Achszählern	535
10.3	Sicherung beweglicher Fahrwegelemente	536
10.3.1	Grundlagen	536
10.3.2	Weiche und Kreuzung	537
10.3.3	Gleissperre	540
10.3.4	Bewegliche Brücke	540
10.3.5	Drehscheibe und Schiebebühne	540
10.3.6	Tor	540
10.4	Technologien der Fahrwegsicherung	540
10.4.1	Herleitung	540
10.4.2	Technologie Fahrstraße	542
10.4.3	Technologie Blockinformation	552
10.5	Techniken zur Fahrwegsicherung	554
10.5.1	Differenzierung zwischen Leit- und Sicherungstechnik	555
10.5.2	Klassifizierung der Techniken	555
10.5.3	Mechanisches Stellwerk	557
10.5.4	Elektromechanisches Stellwerk	557
10.5.5	Relaisstellwerk	558
10.5.6	Elektronisches Stellwerk (ESTW)	558
10.6	Leittechnik	559
10.6.1	Aufgaben der Leittechnik	559
10.6.2	Zugnummernmeldung (ZN)	559
10.6.3	Zuglenkung (ZL)	560
10.6.4	Fernsteuerung von Stellwerken	561
10.6.5	Zentralen zur Betriebsführung	561
10.7	Anordnung ortsfester Signale	561
10.7.1	Bezeichnung der Vor- und Hauptsignale	561
10.7.2	Standort quer zum Gleis	562
10.7.3	Standort längs zum Gleis	563
10.8	Zugbeeinflussung	565
10.8.1	Anforderungen	565
10.8.2	Systematisierung	566
10.8.3	Systeme mit Balisen	567
10.8.4	Führerraumsignalisierung	568
10.8.5	Signum	569
10.8.6	Punktförmige Zugbeeinflussung PZB 90	569
10.8.7	Geschwindigkeitsüberwachung für Neigetechnik (GN)	572
10.8.8	Linienförmige Zugbeeinflussung (LZB)	573
10.8.9	European Train Control System (ETCS)	574

11	Funktionale Sicherheit	583
Jens Braband		
11.1	Einleitung	583
11.1.1	Wesentliche Unfallursachen	583
11.1.2	Beispiel	583
11.1.3	Epochen der Systemsicherheit	584
11.2	Definition des Begriffs Sicherheit	585
11.2.1	Klassische Definitionen	585
11.2.2	Moderne, risikoorientierte Definition	585
11.2.3	Risikoorientierter Ansatz	586
11.2.4	Europäische gesetzliche Vorgaben	586
11.2.5	Bedeutung der Normen	588
11.3	Risikoanalyse	589
11.3.1	Prozess der expliziten Risikoanalyse	589
11.3.2	Definition von Sicherheitszielen	590
11.3.3	Methoden zur expliziten Risikoanalyse	604
11.3.4	Semi-quantitatives Verfahren Risk Score Matrix	609
11.4	Sicherheitsnachweisführung	611
11.4.1	Gefährdungsanalyse-Prozess	612
11.4.2	Struktur und Hierarchie von Sicherheitsnachweisen	616
11.4.3	Aufbau und Inhalt von Sicherheitsnachweisen	618
11.5	Beurteilung von potenziellen Sicherheitsmängeln	625
11.5.1	Bewertungsprozess	626
11.5.2	Risikobewertung	626
11.6	Ereignisanalyse	629
11.6.1	Erfassung und Auswertung sicherheitsrelevanter Ereignisse	629
11.6.2	Unfallursachen	629
11.6.3	Unfallursachenanalyse	630
11.6.4	Lernen auf Organisationsebene	632
11.7	Sicherheitskultur	632
11.7.1	Begriffsdefinition	632
11.7.2	Indikatoren für eine positive Sicherheitskultur	633
11.8	Beispiel	633
11.8.1	Systemdefinition	634
11.8.2	Gefährdungsidentifikation	634
11.8.3	Risikoanalyse	634
11.8.4	Gefährdungsanalyse	634
Literatur		637
12	Trassierung und Gleisplangestaltung	639
Manfred Weigend		
12.1	Längsneigung der Eisenbahn	639
12.1.1	Längsneigung der Streckengleise	639
12.1.2	Längsneigung in Bahnhöfen	641
12.1.3	Ausrundung der Längsneigung	641

12.2	Allgemeine Regeln der Linienführung im Grundriss	642
12.2.1	Grundregel für durchgehende Hauptgleise	642
12.2.2	Grundregel für die übrigen Hauptgleise und die Nebengleise	643
12.3	Elemente der Linienführung im Kreisbogen	643
12.3.1	Radius, Überhöhung und Geschwindigkeit	643
12.3.2	Größe der Überhöhung	645
12.3.3	Der Überhöhungsfehlbetrag	646
12.3.4	Die Regelüberhöhung	647
12.3.5	Wahl der Bogenradien	648
12.3.6	Länge der Kreisbögen und Geraden	649
12.3.7	Gleisverziehungen	649
12.4	Übergangsbogen und Überhöhungsrampe	649
12.4.1	Die Klohoide mit gerader Überhöhungsrampe	649
12.4.2	Übergangsbogen- und Rampenlänge	652
12.4.3	Der Übergangsbogen mit geschwungener Rampe	652
12.5	Der Bogen ohne Übergangsbogen	655
12.5.1	Krümmungswechsel und Vergleichsradius	655
12.5.2	Längen der Zwischengeraden oder Zwischenbögen	657
12.5.3	Gegenbogen mit kleinen Radien	658
12.6	Entwurf der Spurpläne	659
12.6.1	Wahl und Anordnung der Weichen	659
12.6.2	Die Weiche als Spurplanellement	660
12.7	Optimierung vorhandener Anlagen	668
12.7.1	Die „gute“ Trasse	668
12.7.2	Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung	669
12.7.3	Linienkorrekturen	669
12.7.4	Einsatz von Neigetechnikfahrzeugen	670
12.8	Zusammenfassung	671
	Literatur	672
13	Bahnübergänge	673
	Eric Schöne	
13.1	Einführung	673
13.2	Grundlagen	674
13.2.1	Definitionen	674
13.2.2	Anforderungen	674
13.2.3	Rechtsgrundlagen	675
13.3	Bautechnische Gestaltung	678
13.3.1	Allgemeine Anforderungen	678
13.3.2	Bahnübergangsbeläge	678
13.3.3	Entwässerung	680
13.4	Sicherungsmaßnahmen	681
13.4.1	Technologien zur Sicherung	681
13.4.2	Nichttechnische Sicherung	683
13.4.3	Technische Sicherung	690

13.5	Bahnübergangssicherung als Gemeinschaftsaufgabe	703
13.5.1	Wechselwirkungen	703
13.5.2	Beschilderung und Markierung	703
13.5.3	Freihaltung der Aufstelllänge	703
13.5.4	Verkehrsschau an Bahnübergängen	708
13.5.5	Auflösung und Beseitigung	708
	Literatur	709
14	Energieversorgung elektrischer Bahnen	711
	Bernd-Wolfgang Zweig und Arnd Stephan	
14.1	Grundlagen	711
14.1.1	Aufgaben und Systemstruktur	711
14.1.2	Elektrifizierungswürdigkeit	712
14.1.3	Begriffsdefinitionen	713
14.2	Bahnstromsysteme	714
14.2.1	Entwicklung und Verbreitung	714
14.2.2	Gleichstrombahnsysteme	716
14.2.3	Wechselstrombahnsysteme mit Industriefrequenz	718
14.2.4	Wechselstrombahnsysteme mit Sonderfrequenz .	721
14.3	Die 16,7-Hz-Bahnenergieversorgung in Deutschland	721
14.3.1	Gesamtstruktur	721
14.3.2	Teilsysteme	722
14.4	Fahrleitungen	728
14.4.1	Allgemeines	728
14.4.2	Oberleitungen	728
14.4.3	Stromschieneoberleitung	766
14.4.4	Stromschielen	767
14.5	Stromabnehmer	774
14.5.1	Allgemeines	774
14.5.2	Stromabnehmer für Oberleitungen	774
14.5.3	Seitenstromabnehmer bei Grubenbahnen	776
14.5.4	Stromabnehmer für Stromschielen	776
14.6	Rückstromführung, Bahnerdung und Potentialausgleich .	776
14.6.1	Rückstromführung	777
14.6.2	Bahnerdung	779
14.6.3	Potentialausgleich	780
14.7	Arbeiten in der Nähe spannungsführender Ober- und Bahnenergieleitungen (16,7 Hz, 15.000 V)	780
14.7.1	Abstand von Personen	780
14.7.2	Abstand von Baumaschinen und Geräten	781
	Literatur	785
15	Stromversorgung der Infrastruktur	787
	Eberhard Hunger und Uwe Steinert	
15.1	Vorbemerkungen	787
15.1.1	Energiebezug vom Versorgungsnetzbetreiber .	788
15.1.2	Energiebezug aus der Oberleitung	788

15.2	Stromversorgung von Strecken	789
15.2.1	Verbraucherstruktur	789
15.2.2	Freie Strecke	791
15.2.3	Tunnel	796
15.2.4	Stellwerke an Strecken	800
15.2.5	Bahnhöfe, Haltepunkte an Strecken	802
15.3	Stromversorgung von Eisenbahnknoten	804
15.3.1	Verbraucherstruktur	804
15.3.2	Netzstruktur	804
15.3.3	Stellwerke von Eisenbahnknoten	806
15.3.4	Bahnhöfe von Eisenbahnknoten	808
15.4	Sonderanlagen	812
15.4.1	Zugbildungsanlagen	812
15.4.2	Elektrische Weichenheizanlagen	812
15.4.3	Zugvorheizanlagen	816
15.4.4	Zugbehandlungsanlagen	821
15.4.5	Werke	823
15.4.6	Nebenverbraucher an der Oberleitung	823
15.4.7	Alternative Stromversorgungsanlagen	824
15.5	Schutzmaßnahmen	826
15.5.1	Netzform und Erdung von EWHA	827
15.5.2	Schutzeinrichtungen der EWHA	828
15.5.3	Besonderheiten bei EWHA	828
16	Kabelanlagen	831
Ralf Baumann und Andreas Boldt		
16.1	Bauarten und Verwendung	831
16.1.1	Energiekabel und Leitungen	834
16.1.2	Kabel und Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall	835
16.1.3	Signal- und Nachrichtenkabel	839
16.2	Garnituren	840
16.2.1	Muffen und Verbinder	841
16.2.2	Endverschlüsse	842
16.3	Planung von Kabelanlagen	843
16.3.1	Trassenplanung	844
16.3.2	Typenauswahl und Dimensionierung	845
16.3.3	Lagepläne	848
16.3.4	Führung, Befestigung und Schutz	849
16.4	Legung und Montage	856
16.4.1	Auslegen und Kennzeichnen	856
16.4.2	Garniturenmontage	859
16.4.3	Ab- und Inbetriebnahmeprüfungen	860
16.4.4	Schlussvermessung und Dokumentation	860
16.5	Betrieb und Instandhaltung	861
16.5.1	Kabelüberwachung	861
16.5.2	Instandhaltung	861

17	Bahnbetriebliche Telekommunikationstechnik	865
Thomas Schnurrer		
17.1	Einleitung	865
17.1.1	Bahnbetriebliche Telekommunikationsanlagen .	865
17.1.2	Hauptaspekte der technologischen Entwicklung	867
17.2	Das GSM-R Netz	868
17.2.1	Frequenzbereich	869
17.2.2	Funktionale Merkmale	869
17.2.3	GSM-R-Architektur	871
17.2.4	Anbindung ortsfester Teilnehmer	875
17.2.5	GSM-R-Endgeräte	877
17.2.6	Applikationen und betriebliche Netzkonfiguration	879
17.2.7	Teilnehmerverwaltung	882
17.2.8	Nationales und Internationales Roaming	883
17.3	Analoge Funktechnik	885
17.3.1	Analoger Zugfunk	885
17.3.2	Analoger Rangierfunk	890
17.3.3	Betriebs- und Instandhaltungsfunk (BiFu) . . .	891
17.3.4	BOS-Funksysteme	892
17.4	Betriebsfernmeldeanlagen	892
17.5	Lautsprechersysteme	895
17.6	Steuerungs- und Meldesysteme	898
17.6.1	FÜSTE	898
17.6.2	Meldeanlagensystem MAS 90	899
17.7	Betriebliche Gefahrenmeldeanlagen	901
17.7.1	Heißläufer- und Festbremsortungsanlagen (HOA/FBOA)	902
17.7.2	Luftströmungsmeldeanlagen (LSMA)	903
17.7.3	Windmeldeanlagen (WMA)	904
17.8	Tunnelnotrufsysteme	904
17.9	Videotechnik	905
17.9.1	TV-Anlagen an Bahnübergängen	905
17.9.2	Zugschlussbeobachtung und -feststellung . .	906
17.10	Übertragungstechnik und -wege	906
17.11	Ausblick	909
Literatur		909
18	Elektromagnetische Verträglichkeit	911
Wilhelm Baldauf, Jens Burandt, Markus Hößl und Stefan Jäger		
18.1	Allgemeines	911
18.2	EMV im hochfrequenten Bereich	911
18.3	Beeinflussung von Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik durch Bahnströme . .	913
18.4	Beeinflussung von Gleisfreimeldeanlagen durch Eisenbahnfahrzeuge	919
Literatur		925

19	Umweltschutz	927
	Henning Schwarz	
19.1	Trinkwasser-Befüllungsanlagen und Strahlenschutz	927
19.1.1	Trinkwasser-Befüllungsanlagen	927
19.1.2	Strahlenschutz	928
19.2	Schutz vor Lärm und Erschütterungen	932
19.2.1	Lärm	932
19.2.2	Erschütterungen und sekundärer Luftschall	943
19.3	Vegetationskontrolle	952
19.3.1	Grundlagen	952
19.3.2	Vegetationskontrolle im Gleisbereich	953
19.3.3	Vegetationskontrolle am Gleisbereich	954
19.4	Schutz von Natur und Landschaft	961
19.4.1	Grundlagen	961
19.4.2	Strategische Umweltprüfung	961
19.4.3	Umweltverträglichkeitsprüfung	963
19.4.4	Naturschutzfachliche Eingriffsregelung	966
19.4.5	Flora-Fauna-Habitat-Verträglichkeitsprüfung	966
19.4.6	Artenschutz	968
19.5	Entsorgung von Abfällen bei Bau- und Instandhaltung von Eisenbahninfrastruktur	971
19.5.1	Gesetzliche Grundlagen	971
	Literatur	976
20	Netzzugang	981
	Claus Kandels	
20.1	Vorgaben der Europäischen Union	981
20.1.1	Interoperabilität	981
20.1.2	TSI	981
20.1.3	Diskriminierungsfreier Zugang	982
20.2	Nationale Vorgaben	982
20.3	Zulassung zum Eisenbahnverkehr in Deutschland	983
20.3.1	Zulassung als EVU	983
20.3.2	Fahrzeugzulassung	983
20.3.3	Das 4. Eisenbahnpaket	984
20.3.4	Eisenbahn-Inbetriebnahme- genehmigungsverordnung	984
20.4	Vorgaben der DB Netz AG	984
20.4.1	Schienennetz-Benutzungsbedingungen (SNB)	985
20.4.2	Besondere Infrastrukturangaben	985
20.4.3	Sonstige Vorgaben/Themen	986
20.4.4	Nutzungsbedingungen für Serviceeinrichtungen (NBS)	986
20.4.5	Grundsatz-Infrastrukturnutzungsvertrag	986
20.4.6	Regelwerke	986
20.4.7	Außergewöhnliche Transporte	987
20.4.8	Ausblick Regelwerke → TNB	988
20.4.9	Probefahrten	988

20.5	Infrastrukturregister	989
20.5.1	Grundsätze	990
20.5.2	Interaktive Karte	990
20.5.3	Vorgaben der Europäischen Union zum Infrastrukturregister (RINF)	1001
20.6	Zugriff auf Informationen zum Netzzugang	1001
	Literatur	1001
21	Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs	1003
	Peter Veit	
21.1	Anlagenmanagement für den Fahrweg von Eisenbahnen	1006
21.2	Modell zur wirtschaftlichen Bewertung von Fahrwegstrategien	1007
21.3	LCC-basierte Fahrwegstrategien der ÖBB	1010
21.3.1	Strategie Fahrweg – Stufe 1	1012
21.3.2	Forschungen zum Qualitätsverhalten des Fahrwegs	1029
21.3.3	Neue Erkenntnisse durch neue Analysen	1040
21.3.4	Strategie Fahrweg – Stufe 2	1042
21.4	Life-Cycle-Management für den Fahrweg	1045
21.5	Ausblick	1048
	Literatur	1048
22	Anlagenmonitoring des Fahrwegs	1051
	Ulrich Erdmann	
22.1	Anforderungen an Infrastrukturmanagementsysteme	1051
22.1.1	Systemarchitektur	1052
22.1.2	Datenimport/Schnittstellen	1053
22.1.3	Das Analysesystem	1054
22.1.4	Anforderungen und Grundformen der Darstellung	1057
22.1.5	Fachübergreifende Grundlagen für weitergehende Analysen	1059
22.2	Anwendung von Infrastrukturmanagementsystemen	1063
22.2.1	Ist-Zustandsanalyse	1064
22.2.2	Zustandsprognose	1074
22.2.3	Instandhaltungsplanung	1079
	Sachverzeichnis	1089