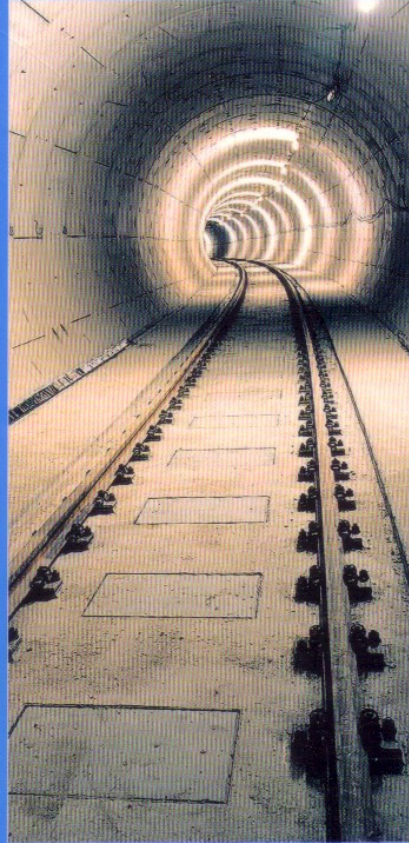


FAHRWEGE DER BAHNEN

im Nah- und Regionalverkehr in Deutschland

Local and regional railway tracks in Germany



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Inhalt

Vorworte	18	EBO-Bereich	56	Bogenradius, Überhöhung und Querschleunigung	76
1 Grundlagen, Rahmenbedingungen	24	Rechtlicher Rahmen	56	Übergangsbogen und Überhöhungsrampe	80
1.1 Bedeutung der Schienenfahrwege	24	<i>Sicherheitsvorgaben des AEG und der EBO</i>	58	Längsneigung und Ausrundung von Neigungswechseln	82
Historischer Rückblick	24	<i>Eisenbahnaufsicht</i>	60	Spurführungsgrundsätze	84
Anfänge und Jahre des Aufschwungs	24	Übergang auf den Schienenweg anderer Bahnen	60	Wirkungsprinzipien	84
Niedergang	26	Gesetzliche Anforderungen an den Arbeits- und Gesundheitsschutz	60	Einfluss der Spurführung auf den Fahrweg	86
Rückbesinnung und Wiederkehr des schienengebundenen ÖPNV	26	Weitere Bestimmungen	62	Spurführungsanforderungen an den Fahrweg	86
Merkmale des Schienenverkehrs	28	Grundsatz	62	Spezielle Spurführungsgrundsätze bei Straßen- und Stadtbahnen	92
Formen des schienengebundenen Nah- und Regionalverkehrs	30	BOStrab-Richtlinien und Technische Regeln im Geltungsbereich der BOStrab	62	<i>Wichtige Begriffe und Maßbezeichnungen</i>	92
Straßenbahn	30	Technische Regelwerke für den Arbeits- und Gesundheitsschutz	62	<i>Bezugsebenen und -linien an Radsatz und Gleis</i>	94
Stadtbahn	30	Eisenbahnspezifische Technische Baubestimmungen	64	<i>Ein- und Zweipunktberührung Rad/Schiene</i>	96
U-Bahn	32	Technische Regelwerke der Unternehmen	64	<i>Tiefrihlen-Herzstücke in Weichen</i>	96
Bahnen besonderer Bauart	32	Anforderungen aus Sicht der EU	66	<i>Quermaß-Tabelle</i>	98
S-Bahn	32	Rechtsetzungskompetenz	66	<i>Stirnflanken-Quermaß</i>	100
Einige interessante Daten	32	Internationale Verbreitung deutscher Erfahrungen und Erkenntnisse	66	Mischbetrieb von EBO- und BOStrab-Bahnen	102
Übergang auf den Schienenweg anderer Bahnen (Wechselbetrieb)	32	BOStrab-Bereich	66	Lichtraumprofil	102
Zukunft des innerstädtischen und des regionalen Schienenverkehrs	34	<i>LibeRTIN</i>	66	Allgemeine Grundsätze	102
1.2 Rechtliche Grundlagen	38	<i>„Urban Rail Directive“ (Draft)</i>	68	Berechnung des Lichtraumbedarfes bei Bahnen nach EBO	104
Anforderungen des Gesetzgebers	38	<i>URBAN TRACK</i>	68	Berechnung des Lichtraumbedarfes bei Bahnen nach BOStrab	104
Zielsetzung	38	EBO-Bereich	70	Grundsätze des Schall- und Erschütterungsschutzes	106
Getrennte Regelwerke für Straßen- und Eisenbahnen	40	<i>Interoperabilitäts-Richtlinie</i>	70	Rechtliche Grundlagen	106
BOStrab-Bereich	42	<i>Europäische Eisenbahngentur</i>	70	Umweltverträglichkeitsprüfung	108
Rechtlicher Rahmen	42	<i>TSI</i>	70	Prüfung auf Lärmvorsorgeansprüche nach der 16. BImSchV	112
Sicherheitsvorgaben der BOStrab	44	Bewertung der unterschiedlichen Anforderungen	72	<i>Allgemeine Hinweise für die schalltechnische Berechnung und Beurteilung</i>	112
Schutz von Personen im Bereich von Schienenfahrweg-Anlagen	48	Kontinuität deutscher Regelungen	72	<i>Schalltechnische Berechnung und Beurteilung von Bahnen nach dem Personenbeförderungsgesetz („Straßenbahnen“)</i>	116
Weitere Anforderungen der BOStrab	50	Vorschriften und Risikoorientierung	72		
Pflichten der Unternehmer	52	Fazit	74		
Pflichten der Betriebsleiter	54	1.3 Technische Grundlagen	76		
Technische Aufsicht, Planfeststellungs- und Genehmigungsbehörden	54	Grundsätze der Trassierung	76		
Staatliche Arbeitsschutzbehörden und gesetzliche Unfallversicherungsträger	56	Allgemeines	76		
		Geschwindigkeiten	76		

Contents

Preface	19	State-run occupational safety and health authorities and statutory accidents insurers	57	Speeds	77
1 Basics, framework conditions	25	EBO systems	57	Curve radius, canting and lateral acceleration	77
1.2 The importance of railway tracks	25	Legal framework	57	Transition curve and superelevation ramp	81
A historical review	25	<i>AEG and EBO safety regulations</i>	59	Longitudinal gradient and transition from one gradient to another	83
Beginnings and boom years	25	<i>Railway inspection</i>	61	Principles of track guidance	85
Decline	27	Transitions to tracks operated by other railways	61	Principles of operation	85
The renaissance and return to favour of rail-bound public transport	27	Statutory requirements for occupational health and safety	61	Effect of track guidance on the track	87
Characteristic features of rail transport	29	Further provisions	61	Track guidance demands on the track	89
Forms of rail-bound local and regional transport	29	Principle	61	Special track guidance principles in tramways and light rail systems	93
Tramways	29	BOStrab guidelines and technical rules within the scope of BOStrab	61	<i>Key terms and given dimensions</i>	93
Light rail systems	31	Technical rules and regulations for occupational safety and health	63	<i>Reference levels and lines on wheelset and track</i>	95
Metros	31	Specific Technical Building Regulations for Railways	65	<i>Wheel/rail one- and two-point contact</i>	97
Special types of railways	31	Technical rules and regulations issued by operators	65	<i>Deeply grooved common crossings in switches</i>	99
Urban railways	31	EU requirements	65	<i>Lateral dimension table</i>	99
Some interesting statistics	33	Legislative competence	65	<i>Lateral dimension of the flange face</i>	101
Transition to tracks of other railways (alternating operation)	33	International dissemination of German experience and knowledge	67	Mixed operation of EBO and BOStrab railways	103
The future of inner-city and regional rail transport	35	BOStrab	67	Clearance	103
1.2 Legal bases	39	<i>LibeRTiN</i>	67	General principles	103
Legislative requirements	39	<i>The Urban Rail Directive (Draft)</i>	69	Calculating the clearance required on EBO railways	105
Objective	39	<i>Urban Track</i>	69	Calculating the clearance required on BOStrab railways	107
Separate regulations for tramways and railways	41	EBO	69	Principles of noise and vibration protection	109
BOStrab systems	43	<i>The Interoperability Directive</i>	69	Legal bases	109
Legal framework	43	<i>European Railway Agency (ERA)</i>	71	Environmental impact assessment	109
BOStrab safety regulations	45	<i>TSIs</i>	71	Checking noise precautions required under the 16th BImSchV	113
Protection of people in the track area	47	Evaluating different requirements	71	<i>General tips for acoustic calculation and assessment</i>	113
Other BOStrab requirements	51	Continuity of the rules applying in Germany	71	<i>Acoustic calculation and assessment of railways under the Passenger Transport Act ("Tramways")</i>	117
Operators' obligations	53	Provisions and risk orientation	73	<i>Raising the assessment level outside the area where the infrastructure is being constructed</i>	117
Obligations of operational managers	53	Conclusion	73	<i>Noise control measures in buildings</i>	119
Technical supervision, planning permission and licensing authorities	55	1.3 Technical bases	77		
		Principles of track layout	77		
		General remarks	77		

<i>Erhöhung der Beurteilungspegel außerhalb des Baubereiches eines Verkehrsweges</i>	116	2 Bauelemente der Schienenfahrwege	176	Ausführungsformen	224
<i>Schallschutzmaßnahmen am Gebäude</i>	118	2.1 Begriffsbestimmungen	176	Unmittelbare (direkte) Befestigung	224
<i>Lärmsanierung</i>	118	2.2 Belastungsannahmen und Anforderungen	180	Mittelbare (indirekte) Befestigung	228
<i>Schutz vor Erschütterungen und Sekundärschall</i>	118	2.3 Untergrund	184	Doppelt mittelbare Befestigung	228
<i>Streustromschutz und Kriterien</i>	122	2.4 Unterbau	186	Spurstangen	228
<i>Korrosion</i>	122	<i>Eisenbahntechnischer Unterbau</i>	186	2.9 Schienen	232
<i>Streustromkorrosion</i>	124	<i>Definition</i>	186	Arten und Formen	232
<i>Verringerung von Streuströmen</i>	126	<i>Ausführung</i>	186	Anforderungen	232
<i>Streustromkriterien – Allgemeine Anforderungen</i>	128	<i>Erdbauplanum, Erdplanum und Planumsschutzschicht</i>	188	Technische Lieferbedingungen	234
<i>Spezielle Anforderungen an Stahlbetonbauwerke</i>	128	<i>Dammerschüttung und Anschüttung</i>	188	Schienenprofile	236
<i>Ableitungsbeläge verschiedener Oberbauformen</i>	130	<i>Entwässerung des Planums</i>	188	Werkstoff	238
<i>Harmonisierung, Standardisierung, Normung</i>	136	<i>Straßenbautechnischer Unterbau</i>	188	Schienenlängen	242
<i>Einführung</i>	136	<i>Definition</i>	188	Vorbiegen von Schienen	242
<i>Begriffe</i>	136	<i>Ausführung</i>	188	Schienenabnutzung	242
<i>Normungsobjekte</i>	138	<i>Besondere Tragkonstruktionen</i>	190	Schienenschweißen	244
<i>Bedeutung der Normung</i>	138	<i>Unterirdische Leitungen</i>	190	Leitschienen, Schutzschienen, Hilfsführungen	244
<i>Grundsätze der Normung</i>	138	2.5 Frostschutzschicht und Planumsschutzschicht	192	2.10 Weichen/Kreuzungen	248
<i>Abgrenzung zwischen Gesetzgebung und Normung</i>	138	<i>Frostschutzschicht</i>	192	Allgemeines	248
<i>Anwendung und rechtliche Bedeutung von Normen</i>	138	<i>Planumsschutzschicht</i>	192	Weichen	248
<i>Ablauf des Normungsprozesses</i>	140	<i>Geokunststoffe</i>	196	Begriffe	248
<i>Normungsarbeit in den Normungs-Organisationen</i>	140	2.6 Schotter	198	Bezeichnung von Weichen	250
<i>Nationale Ebene</i>	140	2.7 Schwellen	202	Geometrie	250
<i>Europäische Ebene</i>	142	<i>Aufgaben</i>	202	Bereiche einer Weiche	250
<i>Internationale Ebene</i>	146	<i>Holzschwellen</i>	202	Bauteile einer Weiche	252
<i>Andere Regelwerke</i>	146	<i>Betonschwellen</i>	206	<i>Bauteile im Zungenbereich</i>	252
<i>Interoperabilität des europäischen Eisenbahnwesens</i>	146	<i>Anforderungen</i>	206	<i>Bauteile im Herzstückbereich</i>	256
<i>DIN-Normen im Bereich Oberbau</i>	150	<i>Monoblock-Spannbetonschwellen</i>	208	<i>Umstellen von Weichen</i>	256
1.4 Finanzierung von Schienenwegen	152	<i>Zweiblockschwellen</i>	210	<i>Antrieb und Verschluss</i>	256
<i>Grundlagen</i>	152	<i>Betonschwellen-Sonderformen</i>	212	<i>Auffahren von Weichen</i>	258
<i>Finanzhilfen nach dem GVFG</i>	154	<i>Stahlschwellen</i>	212	<i>Sicherheit an Weichen</i>	258
<i>Auswirkungen des Entflechtungsgesetzes</i>	158	<i>Kunststoffschwellen</i>	216	<i>Zungenbereich</i>	258
<i>Finanzbeträge nach dem Regionalisierungsgesetz</i>	160	2.8 Schienenbefestigungen	220	<i>Spurführungstechnisch wichtige Maße und Anforderungen im Herzstückbereich</i>	258
<i>Finanzierung nach dem Bundesschienenwegeausbaugesetz</i>	162	<i>Anforderungen</i>	220	Kreuzungen	260
1.5 Literaturverzeichnis	164	<i>Prüfungen</i>	220	Begriffe	260
				Bezeichnung von Kreuzungen	260
				Geometrie	260
				Bereiche und Bauteile einer Kreuzung	260
				Weitere Bauteile von Weichen und Kreuzungen	262
				Werkstoffe	262
				Verwendung und Auswahl der Weichenanlagen	262

Noise abatement	119	2 Components of railway tracks	177	Designs	225
Protection against vibrations and secondary noise	119			Direct fastening	225
Stray current protection and criteria	123	2.1 Definitions	177	Indirect fastening	227
Corrosion	125			Double indirect fastening	229
Stray current corrosion	125	2.2 Load assumption and requirements	181	Ties	229
Reduction of stray currents	127				
Stray current criteria – General requirements	129	2.3 Subsoil	185	2.9 Rails	233
Special requirements for reinforced concrete structures	129			Types and designs	233
Conductances per unit length of various track types	131	2.4 Substructure	187	Requirements	233
Harmonisation, standardisation, normalisation	137	Railway substructure	187	Technical specifications	235
Introduction	137	Definition	187	Rail profiles	237
Definitions	137	Execution	187	Material	239
Subjects of standardisation	137	Earth formation, subsoil formation and protective sub-layer	189	Rail lengths	241
The importance of standardisation	139	Embankments and rockfill	189	Pre-bending rails	243
Principles of standardisation	139	Drainage of the track formation	189	Rail wear	243
Delimitation between legislation and standardisation	139	Road engineering substructure	189	Rail welding	243
The application and legal significance of standards	139	Definition	189	Guard rails, check rails and guiding devices	247
The process of standardisation	139	Execution	189		
Standardisation work by standards organisations	141	Special supporting structures	191	2.10 Switches and crossings	249
National level	141	Underground lines and cables	191	General remarks	249
European level	143			Switches	249
International level	147	2.5 Frost blanket and protective sub-layer	193	Terms	249
Other regulatory frameworks	147	Frost blanket	193	Designation of switches	251
Interoperability in the European railway sector	147	Protective sub-layer	193	Geometry	251
Track-related DIN standards	151	Geosynthetics	195	Areas of a switch	251
				Components of a switch	253
1.4 Track financing	153	2.6 Ballast	199	Tongues	253
Principles	153			Components in the closure rail area	257
Financial assistance under the Municipal Transport Financing Act	155	2.7 Sleepers	203	Components in the common crossing area	257
Impact of the Unbundling Act (EntflechtG)	159	Tasks	203	Setting of switches	259
Funding under the Regionalisation Act	161	Wood sleepers	203	Activating and locking	259
Financing under the Federal Railway Extension Act (BSWAG)	163	Concrete sleepers	207	Forcing points open	259
		Requirements	207	Switch safety	259
1.5 Bibliography	164	Monoblock pre-stressed concrete sleepers	209	In the tongue area	259
		Bi-block sleepers	211	Important dimensions and requirements for the common connection area that need to be applied in track guidance technology	261
		Special types of concrete sleepers	213		
		Steel sleepers	213	Crossings	261
		Plastic sleepers	215	Terms	261
				Designation of crossings	261
		2.8 Rail fastening systems	221	Geometry	263
		Requirements	221	Areas and components of a crossing	263
		Tests	221	Other switch and crossing components	263
				Materials	263
				Use and selection of switches	265

Besonderheiten bei Weichenanlagen von Straßenbahnen	266	Offener Oberbau in Verbindung mit Fester Fahrbahn	298	Feste Fahrbahn als Masse-Feder-Systeme	344
Instandhaltung von Weichenanlagen	268			<i>Leichte Masse-Feder-Systeme</i>	344
				<i>Schwere Masse-Feder-Systeme</i>	346
2.11 Entwässerungseinrichtungen	270	3.3 Ausführungsformen des geschlossenen Oberbaues	300	3.5 Ausführungsformen Grünes Gleis	352
Entwässerung des Bahnkörpers	270	Grundsätze	300	Stadtökologische Bedeutung	352
Entwässerung von Spurrillen	270	Mögliche Eindeckungen	300	Grundsätzliche Ausführungsformen	352
Entwässerung an besonderen Stellen im Gleis	272	Grundregeln und Regelwerke	300	Gleis mit tief liegender Vegetationsebene	352
		Asphalteindeckungen/ Asphaltbauweisen	304	Gleis mit hoch liegender Vegetationsebene	356
2.12 Gleisabschlüsse	274	Betoneindeckungen/Betonbauweisen	308	Gleis mit zwischen den Schienen tief und an den Außenseiten hoch liegender Vegetationsebene	356
Definition	274	Pflaster- und Platteneindeckungen	308	Vegetationsarten	356
Aufstoßenergie	274	Geschlossener Oberbau beim Schwellengleis auf Schotter	312	Rasen	358
Angriffspunkte an Schienenfahrzeugen	274	Geschlossener Oberbau bei Fester Fahrbahn	316	Vegetationsmatten	358
Wirkungsweise von Gleisabschlüssen	274	Feste Fahrbahn als Regellösung	316	Sonstige Begrünungssysteme	360
Formen und Anwendungsbereiche	274	Feste Fahrbahn als Betontragplatte	316	Anwendungskriterien	360
Bogengleise	274	Feste Fahrbahn als Bauart Rheda-City	320	Trennung Schiene/Umgebung	364
Grundstellung	274	Feste Fahrbahn in Verbindung mit elastischer Einbettung	320	Schienensteg- und Schienenfußelemente	364
Überwachung und Instandhaltung	276			Schienenkammerfüllprofile	364
				Schienenvergussmasse	366
2.13 Vorrichtungen zur Sicherung der Gleislage	278	3.4 Ausführungsformen Feste Fahrbahn (FF)	324	Konstruktive Lösungen	368
Ziele	278	Definitionen/Grundsätze	324	Grundsätze	368
Seitliche Festlegung des Gleises	278	Einsatzbereiche/Einsatzkriterien	324	Grünes Gleis bei offenem Schotter-Oberbau mit Schwellen	368
Festlegung des Gleises in Längsrichtung	280	Bauarten	326	Grünes Gleis bei Fester Fahrbahn	370
Schwellenanker	280	Vorbemerkungen	326	<i>Grundregel</i>	370
Wanderschutzmittel	280	Setzungsfreier Unterbau	328	<i>Grünes Gleis auf FF aus Ortbetonkonstruktionen</i>	370
		Feste Fahrbahnen als Ortbetonkonstruktion	328	<i>Grünes Gleis auf FF aus Stahlbetonfertigteilen mit Ortbetonergänzungen</i>	372
2.14 Literaturverzeichnis	282	Feste Fahrbahn aus Stahlbetonfertigteilen mit Ortbetonergänzungen	330	<i>Grünes Gleis auf FF aus Stahlbetonfertigteilen</i>	376
		<i>Grundsätze</i>	330		
3 Technische Ausführungsformen der Schienenfahrwege	284	<i>Bauart Freiburg</i>	332		
		<i>Bauart INPLACE</i>	332		
3.1 Definitionen/Begriffe	284	<i>Bauart Bremen</i>	334		
Bahnkörper	284	<i>Bauart Rheda-City</i>	334	3.6 Ausführungsformen in besonderen Bereichen	382
Offener Oberbau	286	<i>Bauart INFUNDO LR-HFT</i>	338	Feste Fahrbahn in Tunneln und auf Brücken	382
Geschlossener Oberbau	288	Feste Fahrbahn aus Stahlbetonfertigteilen	338	FF in Tunneln	382
Offener Oberbau mit Eindeckungen	288	<i>Bauart mit Stahlbetonfertigteilm-Längsbalken</i>	338	FF auf Brücken	384
Oberbauqualität	290	<i>Bauart mit Stahlbeton-Fertigteilm-Gleisrosten</i>	340	Übergänge zwischen verschiedenen Bauformen	384
		<i>Bauart ATD-G</i>	340	Feste Fahrbahn (FF)/ Schotteroberbau (SchO)	384
3.2 Ausführungsformen des offenen Oberbaues	292	<i>Bauart GETRAC</i>	342	Kunstbauwerk/Erdbauwerk	386
Schwellengleis auf Schotter	292	<i>Bauart BTD/BES</i>	344		
Sonderformen zur Verringerung der Schotterpressungen	294				

Specific features of tram switches	267	Basic rules and regulations	301	Basic designs	357
Switch maintenance	269	Asphalt coverings and asphalt construction methods	305	Track with low vegetation	357
2.11 Drainage	271	Concrete coverings and concrete construction methods	309	Track with high vegetation	357
Drainage of the track formation	271	Sett paving and slab coverings	309	Track with low vegetation between the rails and high vegetation outside	357
Drainage of flange grooves	273	Covered superstructure with sleeper track on ballast	315	Types of vegetation	357
Drainage at particular places in the track	273	Covered track with slab track	317	Grass	357
2.12 Track stops	275	Slab track as a standard solution	317	Vegetation mats	359
Definition	275	Slab track as a supporting concrete slab	317	Other greenery systems	359
Impact energy	275	The Rheda City ballastless track system	321	Criteria for use	363
Points of contact on rail vehicles	275	Slab track with elastic bedding	321	Rail-environment separation	365
Types of track stop	275	3.4 Slab track	325	Rail web and rail base elements	365
Design variants and areas of application	275	Definitions and principles	325	Rail chamber filling profiles	365
Curved tracks	275	Areas of application and criteria for use	325	Rail grout	367
Normal position	275	Designs	327	Structural solutions	369
Monitoring and maintenance	275	Preliminary remarks	327	Principles	369
2.13 Securing the track position	279	Subsidence free substructure	327	Green track with an open ballast superstructure with sleepers	369
Objectives	279	Slab track as a cast-in-place concrete structure	329	Green track with slab track	371
Side fastening	279	Slab track made of precast reinforced concrete units with added cast-in-place concrete	331	<i>Basic rule</i>	371
Longitudinal track fastening	281	<i>Basics</i>	331	<i>Green slab track made of cast-in-place concrete structures</i>	373
Sleeper anchors	281	<i>Freiburg design</i>	331	<i>Green slab track made of precast reinforced concrete units with added cast-in-place concrete</i>	373
Rail-anchoring device	281	<i>INPLACE design</i>	333	<i>Green slab track made of precast reinforced concrete units</i>	375
2.14 Bibliography	282	<i>Bremen design</i>	335	3.6 Designs used for special applications	383
3 Types of track	285	<i>Rheda City design</i>	335	Slab track in tunnels and on bridges	383
3.1 Definitions and concepts	285	<i>INFUNDO LR-HFT design</i>	339	Slab track in tunnels	383
Track formations	285	Slab track on precast reinforced concrete units	339	Slab track on bridges	385
Open track	287	<i>Designs featuring precast reinforced longitudinal concrete beams</i>	339	Transitions between different designs	385
Covered track	289	<i>Design with precast reinforced concrete track panels</i>	341	Slab track/ballast superstructure	385
Covered open tracks	289	<i>ATD-G design</i>	341	Engineering structure/earth structure	387
Superstructure quality	291	<i>GETRAC design</i>	343	Track design at stops	389
3.2 Open track	293	<i>BTD/BES design</i>	345	Requirements	389
Sleeper track on ballast	293	Slab track as mass-spring-systems	345	Platform-track demarcation	391
Special designs for reducing ballast compression	295	<i>Light mass-spring-systems</i>	345	Track variants	395
Open track in conjunction with slab track	299	<i>Heavy mass-spring-systems</i>	345	Level crossings	397
3.3 Covered track	301	3.5 Green track	353	Requirements	397
Principles	301	Importance to urban ecology	353	Level crossings based on road design criteria	399
Possible coverings	301			Level crossings using precast reinforced concrete units	399
				<i>Precast concrete units as cover slabs</i>	399

Fahrweggestaltung in Haltestellenbereichen	386	4.2 Technische Lösungen	444	Transporte von im Werk vormontierten Weichenanlagen	478
Anforderungen	386	Überblick	444	Weicheneinbau von im Werk vormontierten Weichenanlagen	478
Abgrenzung Bahnsteig/Fahrweg	390	Primärschall	444	Gleisstopfen	478
Fahrwegvarianten	390	Erschütterungen	446	Stopfmaschinen	478
Bahnübergänge	396	Sekundärschall	448	Weichenstopfmaschinen	480
Anforderungen	396	Einfügungsdämm-Maß	448	Stopfen mit Kleinmaschinen	480
Bahnübergänge nach Straßenbaukriterien	398	Elastische Schienenlagerungen	450	Bettungsreinigung	482
Bahnübergänge mit Stahlbetonfertigteilen	398	Kontinuierlich elastische Schienenlagerungen	452	Gleisgebundene Bettungsreinigungsmaschinen	482
<i>Betonfertigteile als Abdeckplatten</i>	398	Bedämpfte Schienen	452	Gängige Bettungsreinigungsmaschinen	484
<i>Betonfertigteile als Gleistragplatte</i>	400	Elastische Schwellenbesohlung	452	Flankenreinigungsmaschinen	484
Bahnübergänge mit Gummi-Elementen	400	Unterschottermatten	454	Konventionelle Bettungsreinigung	484
Sonstige Bahnübergänge	402	Leichte Masse-Feder-Systeme	454	Untergrundsanie rung	484
3.7 Bewertung und Empfehlungen zu den Einsatzbereichen der Fahrwegausführungsformen	404	Schwere Masse-Feder-Systeme	454	Konventionelle Methode	484
Technische Aspekte	404	Sondermaßnahmen	456	Untergrundsanie rung mittels Planumsverbesserungsmaschinen	486
Vereinheitlichung der Lösungsvielfalt	404	4.3 Prüfungen	458	5.2 Baumaschinen, Geräte und Werkzeuge für die Fahrwegeherstellung	488
Anwendungsregeln für Fahrwegarten	406	Luftschall	458	Maschinen zur Herstellung von Unterbau und Schutzschichten	488
Technische Grundsätze für Feste Fahrbahnen	406	Erschütterungen	458	Maschinen für den Schotteroberbau	488
Grundsätze für Grünes Gleis	410	4.4 Bewertung der Einsatzbereiche der verschiedenen Lösungen	462	Schottereinbau	488
Wirtschaftliche Aspekte der Ausführungsformen	412	Luftschall	462	Schwellen-, Schienen- und Weicheneinbau	488
Grundsätzliche Erkenntnisse	412	Erschütterungen und Sekundärschall	462	Maschinen bei Fester Fahrbahn	490
Zu berücksichtigende Einzelfaktoren	414	4.5 Zukünftige Entwicklungen	466	5.3 Umweltschutzaspekte bei der Bauausführung	492
Betriebliche Aspekte	416	4.6 Literaturverzeichnis	468	Bodenschutz	492
3.8 Zukünftige Entwicklungen und notwendige Erprobungen	418	5 Bauausführung und Umweltschutz	470	Anforderungen und Regelungen	492
3.9 Literaturverzeichnis	422	5.1 Baumaschinen, Geräte und Werkzeuge für die Fahrwegeinstandsetzung	470	Erhebung von Bodendaten	492
4 Einfluss der Fahrwege auf Schall- und Erschütterungsemissionen	426	Instandsetzungsarbeiten	470	Bodenkundliche Baubegleitung durch Sachverständige	494
4.1 Grundsätzliche Zusammenhänge	426	Schienenwechsel	470	Bodenabtrag	494
Städtebau	426	Maschineller Schienenwechsel	472	Bodenzwischenlagerung	494
Trassenführung	426	Schienenwechsel mit Spezial- vorrichtungen an Baumaschinen	472	Bodeneinbau, Bodenverbesserung, Bodenaustausch	496
Schallschutz	430	Schienenwechsel mit Umsetzböcken	476	Maschinenwahl für den Erdbau	496
Erschütterungsschutz	436	Schwellenwechsel	476	Materialtransporte	498
		Schwellenwechselmaschinen	476	Abfälle	498
		Schwellenwechsel von Hand	476	Einstufung	498
		Weichenwechsel	478	Abfallvermeidung	498
				Zuführung einer Wiederverwertung	498

Precast concrete units as a track base plate	399	Heavy mass-spring systems	455	The conventional method	485
Level crossings with rubber elements	401	Special measures	455	Restoring subsoil using formation improvement machines	487
Other types of level crossings	403	4.3 Tests	459		
3.7 Assessment and recommendations re applications of different track designs	405	Airborne noise	459	5.2 Plant, equipment and tools for track production	489
Technical aspects	405	Vibrations	459	Machines for making substructure and protective layers	489
Harmonising the wide range of solutions	405	4.4 Assessing the applicability of various solutions	463	Machines for ballast superstructure	489
Rules of application for track types	405	Airborne noise	463	Installing ballast	489
Technical principles applying to slab track	407	Vibrations and secondary noise	463	Fitting sleepers, rails and points	489
Principles applying to green track	411	4.5 Future developments	467	Machinery used on slab track	491
Economic aspects of designs	413	4.6 Bibliography	468	5.3 Protecting the environment during construction work	493
Basic findings	413	5 Construction and environmental protection	471	Soil protection	493
Individual factors to consider	415	5.1 Plant, equipment and tools for track corrective maintenance	471	Requirements and rules	493
Operational aspects	417	Corrective maintenance work	471	Collecting soil data	493
3.8 Future developments and necessary trials	419	Rail replacement	471	Construction work supervision by soil scientists	495
3.9 Bibliography	422	Machine rail replacement	473	Soil removal	495
4 Tracks' impact on noise and vibration emissions	427	Rail replacement using specially equipped plant	473	Temporary soil storage	495
4.1 General rules	427	Rail replacement using transfer frames	473	Soil filling, improvement and exchange	497
Urban planning	427	Sleeper replacement	477	Selecting machinery for earthworks	499
Routing	427	Sleeper replacement machines	477	Transporting material	499
Noise control	431	Manual sleeper replacement	477	Waste	499
Vibration protection	435	Replacing points	479	Classification	499
4.2 Technical solutions	445	Transporting factory- preassembled points	479	Waste avoidance	499
Overview	445	Installation of factory- preassembled points	479	Consignment of waste for recovery	501
Airborne noise	445	Track tamping	479	Reprocessing contaminated materials	501
Vibrations	447	Tamping machines	481	Disposing of non-recyclable waste and submitting proof	503
Secondary noise	447	Points tamping machines	481	Contaminated sites and harmful changes to soil	503
Insertion loss	449	Small tamping machines	481	Contaminated sites	503
Elastic rail fasteners	451	Cleaning ballast	481	Hazardous substances and other harmful changes to soil	503
Continuous elastic rail fastenings	453	Track-bound ballast cleaning machines	483	Monitoring contaminated sites and harmful substances	503
Damped rails	453	Common ballast cleaning machines	483	Protection of trees, plants and vegetation	505
Fitting sleepers with elastic soles	453	Flank cleaning machines	485	Potential hazards	505
Ballast mats	455	Conventional ballast cleaning	485	Protection of trees and vegetation against mechanical damage	505
Light mass-spring systems	455	Subsoil corrective maintenance	485	Protecting roots during the application and removal of soil	505
				Protecting roots during the excavation of troughs and ditches	505

Aufbereitung von kontaminierten Materialien	500	Gesetz zur Regelung der gewerbsmäßigen Arbeitnehmerüberlassung (AÜG)	530	Optische Warn- und Signalmittel des Streckenpersonals	560
Entsorgung von nicht verwertbaren Abfällen und Nachweisführung	502	Arbeitsschutzbestimmungen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung	530	Signalflagge	560
Altlasten und schädliche Bodenveränderungen	502	Weitere Arbeitsschutzbestimmungen	532	Handleuchte	560
Altlasten	502	6.2 Verteilung der Verantwortlichkeiten	534	6.4 Schutzmaßnahmen bei bestimmten Arbeiten	562
Sonstige schädliche Bodenveränderungen und Gefahrenstoffe	502	Bahnbetreiber	534	Arbeiten in der Nähe von Fahrleitungsanlagen	562
Überwachung von Altlasten und schädlichen Stoffen	502	Unternehmer	534	Schweißarbeiten	562
Schutz von Bäumen, Pflanzen und Vegetationsflächen	504	Verantwortung	534	Arbeiten im Tunnel	564
Schädigungsgefahren	504	Anzeigespflicht	534	Staub und Schadstoffbelastungen	564
Schutz von Bäumen und Vegetationsflächen gegen mechanische Schäden	504	Anweisungen	534	Belüftung	564
Schutz der Wurzelbereiche beim Bodenauftrag und Bodenabtrag	504	Unterweisungen	536	Beleuchtung	564
Schutz der Wurzelbereiche beim Aushub von Gräben und Baugruben	504	Zusammenwirken mehrerer Unternehmer	538	Sicherheitsräume	564
Lärmschutz	506	Koordinationspflicht	538	Manuelles Heben und Tragen von Lasten	568
Erschütterungsschutz	508	Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan (SiGe-Plan)	540	6.5 Zukunftsperspektiven	570
Luftreinhaltung	510	6.3 Sicherung gegen Gefahren aus dem Bahnbetrieb	542	6.6 Literaturverzeichnis	572
Grundwasser- und Binnengewässerschutz	512	Grundsätzliches Verhalten der Beschäftigten im Gleisbereich	542	7 Instandhaltung der Schienenfahrwege	574
Grundwasserschutz	512	Sicherungsplanung	544	7.1 Allgemeines	574
Bauen im Bereich von Grundwasser und Gewässern	512	Organisatorische Sicherungsmaßnahmen	548	Begriffe	574
Wasser- und Abwasserableitung	514	Gleissperrung/Sperrfahrten	548	Rechtliche Vorgaben	574
Inanspruchnahme von Flächen	514	Langsamfahrstellen und Fahren auf Sicht	548	Ziele der Instandhaltung	576
Eingriff in die Natur und Landschaft	514	Technische Sicherungsmaßnahmen	548	Methoden	576
Denkmalschutz und archäologische Funde	516	Automatische Warnsysteme	548	Betriebliche Rahmenbedingungen für die Instandhaltung	576
5.4 Zukunftsperspektiven	518	Signalabhängige Sicherungsanlagen	550	7.2 Wartung	578
5.5 Literaturverzeichnis	520	Automatische Warnsysteme für mobilen Einsatz	550	Schienen- und Spurkranzschmierung	578
6 Sicherheitsaspekte bei Bau und Instandhaltung von Schienenfahrwegen	522	Anwendung Automatischer Warnsysteme bei BOStrab-Bahnen	552	Zweck der Schmierung	578
6.1 Arbeitsschutzbestimmungen	522	Feste Absperrungen	552	Schmiertechniken	578
Staatliche Arbeitsschutzbestimmungen	522	Feste Absperrungen mit integrierter akustischer und optischer Warnung	552	Schmiermittel	578
Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)	522	Haltscheiben und Schranken	554	Anordnung der Schmieranlagen	580
Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG)	528	Technische Sicherungsmaßnahmen für Arbeitsstellen im Bereich von Straßen	554	Reinigung der Gleisanlagen	580
Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG)	528	Personelle Sicherungsmaßnahmen	556	Oberflächenreinigung	580
Siebtes Buch Sozialgesetzbuch (SGB VII) – Unfallversicherung	528	Sicherungsposten (Sipo)	556	Bettungsreinigung	582
		Sicherungsaufsicht (Sakra)	556	Rillenreinigung	584
		Selbstsicherung in Kleingruppen	558	Weichenreinigung	584
		Akustische Warn- und Signalmittel des Streckenpersonals	558	Reinigung der Gleisentwässerungsanlagen	584
		Tyfon	560	Pflege und Kontrolle der Vegetation	586
		Mehrklangsignalhorn	560	Rückschnitt von Baum- und Strauchbewuchs	586

Noise protection	507	Coordination requirement	539	6.5 Future prospects	571
Vibration protection	509	Safety and health protection plan	541	6.6 Bibliography	572
Air quality management	511				
Protecting groundwater and inland waterways	513	6.3 Protection against hazards of rail operation	543		
Protecting groundwater	513	Basic conduct of workers in the track area	543	7 Track maintenance	575
Building near groundwater and bodies of water	513	Safety planning	545	7.1 General considerations	575
Water drainage and sewage	515	Organisational safety measures	547	Terms	575
Land use	515	Track closure/blocked runs	547	Legal standards	575
Intervention in nature and the landscape	515	Speed restriction sections and running at sight	549	Aims of maintenance	577
Monument conservation and archaeological discoveries	517	Technical safety measures	551	Methods	577
		Automatic warning systems	551	The operating environment for maintenance	577
6.4 Future prospects	519	Signal-dependent protection systems	551		
6.5 Bibliography	520	Automatic warning systems for mobile use	551	7.2 Servicing	579
		Use of automatic warning systems on BOStrab railways	553	Rail and flange lubrication	579
6 Safety considerations when constructing and maintaining railway tracks	523	Fixed barriers	553	The purpose of lubrication	579
6.1 Health and safety provisions	523	Fixed barriers with integrated audible and visual warnings	553	Lubrication techniques	579
Federal occupational health and safety provisions	523	Stop signal discs and barriers	555	Lubricants	581
Protection of Labour Act (ArbSchG)	523	Technical safety measures for work sites in street spaces	555	Where to place rail lubricators	581
Occupational Safety Act (ASiG)	529	Personal safety measures	557	Cleaning track systems	581
Equipment and Product Safety Act (GPSG)	529	Lookouts	557	Surface cleaning	581
Book VII of the Social Code (SGB VII) – Accident insurance	529	Safety supervisor	557	Cleaning ballast	583
Law governing the supply of temporary labour (AUG)	529	Self-protection in small groups	557	Cleaning rail grooves	583
Occupational health and safety provisions of the providers of statutory accident insurance	531	Audible warnings and signals by section personnel	559	Cleaning switches	585
Further occupational health and safety provisions	533	Tyfon	561	Cleaning track drainage systems	587
		Multitone horn	561	Care and control of vegetation	587
6.2 Division of responsibilities	535	Visual warning and signal devices used by section personnel	561	Trimming back tree and bush growth	587
Operators	535	Signal flag	561	Suppressing uncontrolled plant growth on tracks	587
Entrepreneurs	535	Hand lamp	561	Caring for green tracks	587
Responsibility	535	6.4 Protective measures for certain types of work	563	Snow clearing and ice removal in winter	589
Notification requirement	535	Work near catenary systems	563		
Instructions	535	Welding	563	7.3 Inspection	591
Directions and guidance	537	Working in tunnels	565	Basic options	591
Collaboration between multiple entrepreneurs	537	Dust and pollutants	565	Track parameters to keep an eye on	591
		Ventilation	565	Checking track geometry	591
		Lighting	565	Non-destructive rail inspection	593
		Safety areas	565	Measuring methods and measuring devices	595
		Manual lifting and carrying of loads	569	Devices with measuring wheels and axles mounted beneath standard vehicles	595
				Methods involving the use of self-contained measuring devices	597
				Laser light-section procedure	597

Bekämpfung von Pflanzen-Wildwuchs im Gleiskörper	586	Instandsetzung bei geschlossenem Oberbau	608	8.3 Ergänzende Wirtschaftlichkeitsaspekte bei der Instandhaltung der Fahrwege	634
Pflege Grüner Gleise	588	Schäden am Deckenschluss	608	Bedeutung von Qualität und Kennwerten	634
Winterdienst	588	Schäden am Fugenverguss	608	Verbesserungen durch interdisziplinäre Instandhaltungsteams	636
7.3 Inspektion	590	Schäden im Schienenbereich	610	Fahrgeweginstandhaltung mit EDV-Unterstützung	636
Grundsätzliche Möglichkeiten	590	Auftragsschweißen	610	Verbesserungen bei Gleisbaumaschinen	638
Zu überwachende Gleisparameter	590	Ziel des Auftragsschweißens	610	8.4 Qualitätsmanagement	642
Überprüfung der Gleisgeometrie	590	Randbedingungen des Auftragsschweißens	610	8.5 LCC im Gleisbau	646
Zerstörungsfreie Schienenprüfung	592	Arten des Auftragsschweißens	612	Bedeutung	646
Messverfahren und Messgeräte	594	Schweißzusatzwerkstoffe	612	Strukturierung und Komponenten	648
Messgestelle mit Messrädern und -achsen unter Regelfahrzeugen	594	Reparaturarbeiten	612	8.6 RAMS-Analysen	652
Verfahren mit autark arbeitenden Messgeräten	596	7.5 Zukünftige Entwicklungen	616	Wichtige Kennwerte	652
Laser – Lichtschnitt – Verfahren	596	7.6 Literaturverzeichnis	618	Ziele und Nutzen von RAMS	654
Kombinierte Verfahren	598	8 Wirtschaftliche Aspekte	620	Risikoanalyse als Bestandteil der RAMS-Analyse	656
Mechanische/elektronische Konturmessung des Schienenkopfes	598	8.1 Bedeutung	620	Verfahrensablauf	656
Ultraschallprüfung des Schienenkopfes	598	8.2 Wiederverwendung von Oberbaustoffen	624	Vorgehen zur Erstellung der FMEA	658
Handmessgerät für Riffel	600	Wirtschaftliche und rechtliche Grundlagen	624	Dokumentation und Auswertung der Ergebnisse	660
Laufflächenüberwachung der Räder durch Geräte im Gleis	600	Wiederverwendung von Schotter	624	Prognose von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit	662
Ziele	600	Schotterverschmutzung	624	Datengrundlagen/Datenerfassung und -pflege	662
Erfassung des Verschleißzustandes der Radprofile	600	Recyceln oder deponieren	626	Datenauswertung/Erstellung von Berichten	662
Erfassung der Kreisförmigkeit der Radreifen	600	Wirtschaftlichkeit verschiedener Aufbereitungsmöglichkeiten	626	8.7 Bewertung und zukünftige Entwicklungen	666
7.4 Instandsetzung	604	Schienenaufarbeitung und Lebensdauererlängerung	626	8.8 Literaturverzeichnis	670
Schienenbearbeitung im Gleis	604	Schienenverschleiß/Lebensdauer	626		
Zweck der Schienenbearbeitung	604	Schienenausbaukriterien	628		
Schienenbearbeitungsmethoden	604	Schienenkreislauf/ Stufenbewirtschaftung	628		
Eingesetzte Geräte	606	Aufarbeitungsmethoden	630		
Abnahme der Schienenbearbeitung	606	Wirtschaftlichkeit der Schienenaufarbeitung	630		
Gleisregulierung im Schotterbett	606	Liegendauererlängerungen	632		
Eingriffskriterien	606	LCC-Ergebnisse bei Rillenschienen	632		
Vorbereitung der Gleisregulierung	606				
Durchführung der Gleisregulierung	608				
Abnahme der Gleisregulierung	608				

Combined methods	599	7.5 Future developments	617	8.4 Quality management	643
Mechanical and electronic measurement of rail head profiles	599	7.6 Bibliography	618	8.5 LCCs in a track-laying context	647
Ultrasonic testing of the rail head	599			Importance	647
Hand-held measuring device for corrugations	601			Structure and components	649
Monitoring wheel running surfaces using devices in the track	601	8 Economic aspects	621	8.6 RAMS analyses	653
Objectives	601	8.1 Importance	621	Important characteristic values	653
Ascertaining wear on wheel profiles	601	8.2 Re-using superstructure materials	625	Goals and benefits of RAMS	655
Ascertaining the circularity of wheel rims	603	Economic and legal bases	625	Risk evaluation as an element of the RAMS analysis	657
7.4 Corrective maintenance	605	Re-using ballast	625	The procedure	657
Machining rails in track	605	Ballast contamination	625	Procedure for producing an FMEA	659
Why machine rails?	605	Recycle or landfill?	627	Documentation and evaluating results	661
Rail machining methods	605	The economics of various options	627	Predicting reliability, availability and maintainability	663
Devices used	607	Reconditioning tracks and extending their service life	627	Databases, data acquisition and data administration	663
Acceptance of rail machining	607	Track wear and service life	627	Data analysis and drawing up reports	663
Rail alignment in the ballast bed	607	Rail removal criteria	629	8.7 Assessment and future developments	667
Criteria for taking action	607	Rail cycle and staged management	629	8.8 Bibliography	670
Preparing for rail alignment	607	Reconditioning methods	631		
Rail alignment procedures	609	The economics of rail reconditioning	631		
Acceptance of rail alignment	609	Extending service life	631		
Maintaining covered track	609	LCC results with grooved rails	633		
Damage to the covering	609	8.3 Additional economic aspects of track maintenance	635		
Damage to joint sealant	609	The importance of quality and characteristic values	635		
Damage to rails	611	Improvements by interdisciplinary maintenance teams	637		
Build-up welding	611	Computer-supported track maintenance	637		
The aim of build-up welding	611	Improvements with track-laying machines	639		
Ancillary conditions for build-up welding	611				
Types of build-up welding	611				
Filler metals	613				
Repair work	613				