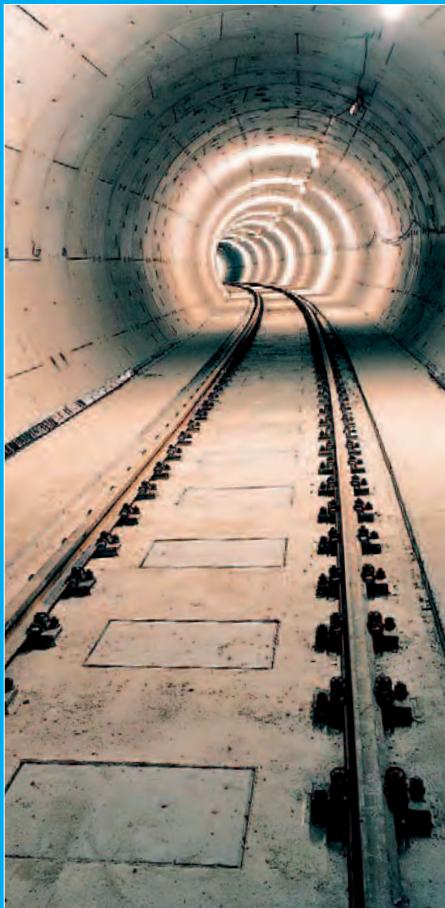


FAHRWEGE DER BAHNEN

im Nah- und Regionalverkehr in Deutschland

Local and regional railway tracks in Germany



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

FAHRWEGE DER BAHNEN

im Nah- und Regionalverkehr in Deutschland

Local and regional railway tracks in Germany

Die Untersuchung und deren Veröffentlichung sind gefördert von

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU)

Berufsgenossenschaft der Straßen-, U-Bahnen und Eisenbahnen (BG BAHNEN)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Deutscher Verkehrssicherheitsrat e. V. (DVR)

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)

VDV-Förderkreis e. V.

Sponsored by

Institution for statutory accident insurance and prevention in the building trade (BG BAU)

Statutory accident insurance to Tramways, Underground Railways and Railways (BG BAHNEN)

Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs (BMVBS)

German traffic security council incorporated society (DVR)

Association of German Transport Undertakings (VDV)

VDV Promotional Group



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.ddb.de>

Weitere Informationen zu dieser Buchreihe
finden Sie unter <http://www.alba-verlag.de>
**Further information about this book series is available at
<http://www.alba-verlag.de>**

Herausgeber
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)
VDV-Förderkreis

Mitglieder des Förderkreises siehe S. 672

© 2007, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen · VDV-Förderkreis

Übersetzung: Linguanet sprl, Brüssel

Bildbearbeitung: Dipl.-Bibl. Martin Schäfer STUVA e.V.

Gestaltung und Vertrieb:
Alba Fachverlag GmbH + Co. KG
Postfach 110150 · 40501 Düsseldorf

Druck: Druckerei Knipping, Düsseldorf

Erschienen: Mai 2007

ISBN 978-3-87094-674-6

Gesamtbearbeitung · Editors

Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V., Köln
Research Association for Underground Transportation Facilities, Cologne

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girnau
Dr.-Ing. Friedrich Krüger

Begleitender Ausschuss · Advisory Committee

| | | |
|---|--|--|
| <i>Dipl.-Ing. Jürgen Breuer</i> Leiter Bereich Infrastruktur; Rheinbahn AG, Düsseldorf | <i>Baudirektor Dr.-Ing. Dieter Glück</i> Referatsleiter; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Ref. E 14, Bonn | <i>Dipl.-Ing. Uwe Konrath</i> Leiter der Bauabteilungen; Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH/Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH, Karlsruhe |
| <i>Dipl.-Ing. (FH) Alfred d'Avis</i> Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Ref. E 14, Bonn | <i>Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Lars Jensen</i> Centerleiter Infrastruktur; Bremer Straßenbahn AG, Bremen | <i>Dipl.-Ing. Peter Matthies</i> ehem. stv. Leiter der Präventionsabteilung; BG Bahnen, Hamburg, gleichzeitig Vertreter für DVR, BG BAU |
| <i>Dipl.-Ing. Georg Drechsler</i> Vorstandsvorsitzender; Bremer Straßenbahn AG, Bremen | <i>Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Bernd Kaiser</i> Geschäftsführer BFA Eisenbahnoberbau; Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Wiesbaden | <i>Dipl.-Ing. Herbert Sladek</i> Fachbereichsleiter; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln |
| <i>Dipl.-Ing. Gerhard Dukatz</i> Bezirksregierung Düsseldorf; Technische Aufsichtsbehörde für die Straßenbahn- und O-Busunternehmen in NRW | <i>Dipl.-Ing. (FH) Marion Kempte</i> Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Ref. E 14, Bonn | |

Autoren von Einzelbeiträgen · Authors of Contributions

| | | |
|---|--|---|
| <i>Dipl.-Betrw. (FH) Thea Beer</i> Verkehrs- und betriebswirtschaftliche Beratung, Projektleiterin; DB International GmbH | <i>Dipl.-Ing. Wulf Heineking-Fürstenau</i> Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) | <i>Dipl.-Ing. Winfried Otto</i> Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) |
| <i>Dipl.-Ing. Ulrich Bette</i> Leiter des Labors für Korrosionsschutz und Elektrotechnik; Technische Akademie Wuppertal e.V. | <i>Dipl.-Ing. Jörg Herma</i> Projektleiter; Betriebliche Infrastrukturplanung, RAMS/LCC-Experte; DB International GmbH | <i>Dipl.-Ing. Andreas Plamann</i> Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) |
| <i>Dipl.-Ing. Friedhelm Blennemann</i> Geschäftsführer a.D.; Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA – | <i>Dipl.-Ing. Ing. Helmut Hoeber</i> Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), im Ruhestand | <i>Dipl.-Ing. Herbert Sladek</i> Fachbereichsleiter; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln |
| <i>Dipl.-Ing. Hermann Büchen</i> Projektleiter; Verkehrsanlagen, RAMS/LCC-Experte; DB International GmbH | <i>Dipl.-Ing. Michael Jäcker-Cüppers</i> Leiter des Fachgebiets „Lärmreduzierung im Verkehr“; Umweltbundesamt | <i>Dipl.-Ing. Thomas Wagener</i> Bereichsleiter; Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA – |
| <i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Günter Girnau</i> Vorstandsvorsitzender a.D., Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA – | <i>Bauassessor Dr.-Ing. Friedrich Krüger</i> Gruppenleiter; Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA – | <i>Dipl.-Ing. Günter Witte</i> Referatsleiter; Hamburger Hochbahn AG |
| <i>Bauassessor Dr.-Ing. Helmut Grossmann</i> Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. – STUVA – | <i>Dipl.-Ing. Heribert Lehna</i> Leiter Bereich Systemtechnik Fahrzeug/Fahrweg, IFB – Institut für Bahntechnik GmbH an der Technischen Universität Berlin | |
| | <i>Dipl.-Ing. Gerhard Nimphius</i> Leiter Bahntechnik; Essener Verkehrs-AG | |

Inhalt

| | | | | | |
|--|----|--|----|---|-----|
| Vorworte | 18 | EBO-Bereich | 56 | Bogenradius, Überhöhung und Querbeschleunigung | 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 | 24 | 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 | 26 | Grundsatz | 62 | Spezielle Spurführungsgrundsätze bei Straßen- und Stadtbahnen | 92 |
| Formen des schienengebundenen Nah- und Regionalverkehrs | 28 | 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>Bezugsbendenen 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>Tiefrillen-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) | 34 | BOStrab-Bereich | 66 | Lichtraumprofil | 102 |
| Zukunft des innerstädtischen und des regionalen Schienenverkehrs | 38 | <i>LibeRTIN</i> | 66 | Allgemeine Grundsätze | 102 |
| 1.2 Rechtliche Grundlagen | 38 | „Urban Rail Directive“ (Draft) | 68 | Berechnung des Lichtraumbedarfes bei Bahnen nach EBO | 104 |
| Anforderungen des Gesetzgebers | 38 | URBAN TRACK | 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 | Europäische Eisenbahnagentur | 70 | Umweltverträglichkeitsprüfung | 108 |
| Rechtlicher Rahmen | 42 | TSI | 70 | Prüfung auf Lärmvorsorgeansprüche nach der 16. BlmSchV | 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 | 44 | Kontinuität deutscher Regelungen | 72 | <i>Schalltechnische Berechnung und Beurteilung von Bahnen nach dem Personenbeförderungsgesetz („Straßenbahnen“)</i> | 116 |
| Weitere Anforderungen der BOStrab | 48 | Vorschriften und Risikoorientierung | 72 | | |
| Pflichten der Unternehmer | 50 | Fazit | 74 | | |
| Pflichten der Betriebsleiter | 52 | | | | |
| Technische Aufsicht, Planfeststellungs- und Genehmigungsbehörden | 54 | 1.3 Technische Grundlagen | 76 | | |
| Staatliche Arbeitsschutzbehörden und gesetzliche Unfallversicherungsträger | 54 | Grundsätze der Trassierung | 76 | | |
| | 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 | TSIs | 71 | Checking noise precautions required under the 16th BlmSchV | 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> | 2 Bauelemente der Schienenfahrwege | Ausführungsformen | 224 | |
| 116 | | Unmittelbare (direkte) Befestigung | 224 | |
| <i>Schallschutzmaßnahmen am Gebäude</i> | | Mittelbare (indirekte) Befestigung | 228 | |
| 118 | | Doppelt mittelbare Befestigung | 228 | |
| <i>Lärmsanierung</i> | | Spurstangen | 228 | |
| 118 | 2.1 Begriffsbestimmungen | | | |
| <i>Schutz vor Erschütterungen und Sekundärschall</i> | 176 | | | |
| 118 | 2.2 Belastungsannahmen und Anforderungen | 176 | 2.9 Schienen | |
| Streustromschutz und Kriterien | 122 | | 232 | |
| Korrosion | 122 | Arten und Formen | 232 | |
| Streustromkorrosion | 124 | Anforderungen | 232 | |
| Verringerung von Streuströmen | 126 | Technische Lieferbedingungen | 234 | |
| Streustromkriterien – Allgemeine Anforderungen | 128 | Schienenprofile | 236 | |
| Spezielle Anforderungen an Stahlbetonbauwerke | 128 | Werkstoff | 238 | |
| Ableitungsbeläge verschiedener Oberbauformen | 130 | Schienenlängen | 242 | |
| Harmonisierung, Standardisierung, Normung | 136 | Vorbiegen von Schienen | 242 | |
| Einführung | 136 | Schienenabnutzung | 242 | |
| Begriffe | 136 | Schienenschweißen | 244 | |
| Normungsobjekte | 138 | Leitschienen, Schutzschienen, Hilfsführungen | 244 | |
| Bedeutung der Normung | 138 | | | |
| Grundsätze der Normung | 138 | 2.10 Weichen/Kreuzungen | 248 | |
| Abgrenzung zwischen Gesetzgebung und Normung | 138 | Allgemeines | 248 | |
| Anwendung und rechtliche Bedeutung von Normen | 138 | Weichen | 248 | |
| Ablauf des Normungsprozesses | 140 | Begriffe | 248 | |
| Normungsarbeit in den Normungs-Organisationen | 140 | Bezeichnung von Weichen | 250 | |
| Nationale Ebene | 140 | Geometrie | 250 | |
| Europäische Ebene | 142 | Bereiche einer Weiche | 250 | |
| Internationale Ebene | 146 | Bauteile einer Weiche | 252 | |
| Andere Regelwerke | 146 | Bauteile im Zungenbereich | 252 | |
| Interoperabilität des europäischen Eisenbahnwesens | 146 | Bauteile im Zwischenschienenbereich | 256 | |
| DIN-Normen im Bereich Oberbau | 150 | Bauteile im Herzstückbereich | 256 | |
| | 2.5 Frostschutzschicht und Planumsschutzschicht | 192 | Umstellen von Weichen | 256 |
| | Frostschutzschicht | 192 | Antrieb und Verschluss | 256 |
| | Planumsschutzschicht | 192 | Auffahren von Weichen | 258 |
| | Geokunststoffe | 196 | Sicherheit an Weichen | 258 |
| | 2.6 Schotter | 198 | Zungenbereich | 258 |
| | 2.7 Schwellen | 202 | <i>Spurführungstechnisch wichtige Maße und Anforderungen im Herzstückbereich</i> | 258 |
| | Aufgaben | 202 | Kreuzungen | 260 |
| | Holzschwellen | 202 | Begriffe | 260 |
| | Betonschwellen | 206 | Bezeichnung von Kreuzungen | 260 |
| | Anforderungen | 206 | Geometrie | 260 |
| | Monoblock-Spannbetonschwellen | 208 | Bereiche und Bauteile einer Kreuzung | 260 |
| | Zweiblockschwellen | 210 | Weitere Bauteile von Weichen und Kreuzungen | 260 |
| | Betonschwellen-Sonderformen | 212 | Werkstoffe | 262 |
| | Stahlschwellen | 212 | Verwendung und Auswahl der Weichenanlagen | 262 |
| | Kunststoffschwellen | 216 | | |
| | 2.8 Schienenbefestigungen | 220 | | |
| | Anforderungen | 220 | | |
| | Prüfungen | 220 | | |
| 1.4 Finanzierung von Schienenwegen | 152 | | | |
| Grundlagen | 152 | | | |
| Finanzhilfen nach dem GVFG | 154 | | | |
| Auswirkungen des Entflechtungsgesetzes | 158 | | | |
| Finanzbeträge nach dem Regionalisierungsgesetz | 160 | | | |
| Finanzierung nach dem Bundesschienenwegeausbaugesetz | 162 | | | |
| 1.5 Literaturverzeichnis | 164 | | | |

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

Inhalt

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

| | | | | | |
|--|------------|--|------------|---|------------|
| 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 | Basic rule | 371 |
| Longitudinal track fastening | 281 | cast-in-place concrete | 331 | <i>Green slab track made of cast-in-place concrete structures</i> | 373 |
| Sleeper anchors | 281 | <i>Basics</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>Freiburg design</i> | 331 | <i>Green slab track made of precast reinforced concrete units</i> | 375 |
| 2.14 Bibliography | 282 | <i>INPLACE design</i> | 333 | 3.6 Designs used for special applications | 383 |
| 3 Types of track | 285 | <i>Bremen design</i> | 335 | Slab track in tunnels and on bridges | 383 |
| 3.1 Definitions and concepts | 285 | <i>Rheda City design</i> | 335 | Slab track in tunnels | 383 |
| Track formations | 285 | <i>INFUNDO LR-HFT design</i> | 339 | Slab track on bridges | 385 |
| Open track | 287 | Slab track on precast reinforced concrete units | 339 | Transitions between different designs | 385 |
| Covered track | 289 | <i>Designs featuring precast reinforced longitudinal concrete beams</i> | 339 | Slab track/ballast superstructure | 385 |
| Covered open tracks | 289 | <i>Design with precast reinforced concrete track panels</i> | 341 | Engineering structure/earth structure | 387 |
| Superstructure quality | 291 | <i>ATD-G design</i> | 341 | Track design at stops | 389 |
| 3.2 Open track | 293 | <i>GETRAC design</i> | 343 | Requirements | 389 |
| Sleeper track on ballast | 293 | <i>BTD/BES design</i> | 345 | Platform-track demarcation | 391 |
| Special designs for reducing ballast compression | 295 | Slab track as mass-spring-systems | 345 | Track variants | 395 |
| Open track in conjunction with slab track | 299 | <i>Light mass-spring-systems</i> | 345 | Level crossings | 397 |
| | | <i>Heavy mass-spring-systems</i> | 345 | Requirements | 397 |
| 3.3 Covered track | 301 | 3.5 Green track | 353 | Level crossings based on road design criteria | 399 |
| Principles | 301 | Importance to urban ecology | 353 | Level crossings using precast reinforced concrete units | 399 |
| Possible coverings | 301 | | | <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 | |
| Betonfertigteile als Abdeckplatten | 398 | Bedämpfte Schienen | 452 | Bettungsreinigungsmaschinen | 482 |
| Betonfertigteile als Gleistragplatte | 400 | Elastische Schwellenbesohlung | 452 | Gängige | |
| Bahnübergänge mit Gummi-Elementen | 400 | Unterschottermatten | 454 | Bettungsreinigungsmaschinen | 484 |
| Sonstige Bahnübergänge | 402 | Leichte Masse-Feder-Systeme | 454 | Flankenreinigungsmaschinen | 484 |
| | | Schwere Masse-Feder-Systeme | 454 | Konventionelle Bettungsreinigung | 484 |
| | | Sondermaßnahmen | 456 | Untergrundsanierung | 484 |
| 3.7 Bewertung und Empfehlungen zu den Einsatzbereichen der Fahrwegausführungsformen | 404 | 4.3 Prüfungen | 458 | Konventionelle Methode | 484 |
| | | Luftschall | 458 | Untergrundsanierung mittels Planumsverbesserungsmaschinen | 486 |
| | | Erschütterungen | 458 | 5.2 Baumaschinen, Geräte und Werkzeuge für die Fahrwegeherstellung | 488 |
| Technische Aspekte | 404 | 4.4 Bewertung der Einsatzbereiche der verschiedenen Lösungen | 462 | Maschinen zur Herstellung von Unterbau und Schutzschichten | 488 |
| Vereinheitlichung der Lösungsvielfalt | 404 | Luftschall | 462 | Maschinen für den Schotteroberbau | 488 |
| Anwendungsregeln für Fahrwegarten | 406 | Erschütterungen und Sekundärschall | 462 | Schottereinbau | 488 |
| Technische Grundsätze für Feste Fahrbahnen | 406 | 4.5 Zukünftige Entwicklungen | 466 | Schwellen-, Schienen- und Weicheneinbau | 488 |
| Grundsätze für Grünes Gleis | 410 | 4.6 Literaturverzeichnis | 468 | Maschinen bei Fester Fahrbahn | 490 |
| Wirtschaftliche Aspekte der Ausführungsformen | 412 | 5 Bauausführung und Umweltschutz | 470 | 5.3 Umweltschutzaspekte bei der Bauausführung | 492 |
| Grundsätzliche Erkenntnisse | 412 | 5.1 Baumaschinen, Geräte und Werkzeuge für die Fahrwegeinstandsetzung | 470 | Bodenschutz | 492 |
| Zu berücksichtigende Einzelfaktoren | 414 | Instandsetzungsarbeiten | 470 | Anforderungen und Regelungen | 492 |
| Betriebliche Aspekte | 416 | Schienenwechsel | 470 | Erhebung von Bodendaten | 492 |
| 3.8 Zukünftige Entwicklungen und notwendige Erprobungen | 418 | Maschineller Schienenwechsel | 472 | Bodenkundliche Baubegleitung durch Sachverständige | 494 |
| 3.9 Literaturverzeichnis | 422 | Schienenwechsel mit Spezial- vorrichtungen an Baumaschinen | 472 | Bodenabtrag | 494 |
| 4 Einfluss der Fahrwege auf Schall- und Erschütterungsemissionen | 426 | Schienenwechsel mit Umsetzböcken | 476 | Bodenzwischenlagerung | 494 |
| 4.1 Grundsätzliche Zusammenhänge | 426 | Schwellenwechsel | 476 | Bodeneinbau, Bodenverbesserung, Boden austausch | 496 |
| | | Schwellenwechselmaschinen | 476 | Maschinenwahl für den Erdbau | 496 |
| Städtebau | 426 | Schienenwechsel von Hand | 476 | Materialtransporte | 498 |
| Trassenführung | 426 | Weichenwechsel | 478 | Abfälle | 498 |
| Schallschutz | 430 | | | Einstufung | 498 |
| Erschütterungsschutz | 436 | | | Abfallvermeidung | 498 |
| | | | | Zuführung einer Wiederverwertung | 498 |

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

| | | | | | |
|--|-----|--|-----|---|-----|
| 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 | <i>Signalfahne</i> | 560 |
| Altlasten und schädliche Bodenveränderungen | 502 | Weitere Arbeitsschutzbestimmungen | 532 | <i>Handleuchte</i> | 560 |
| Altlasten | 502 | | | 6.4 Schutzmaßnahmen bei bestimmten Arbeiten | 562 |
| Sonstige schädliche Bodenveränderungen und Gefahrenstoffe | 502 | 6.2 Verteilung der Verantwortlichkeiten | 534 | Arbeiten in der Nähe von Fahrleitungsanlagen | 562 |
| Überwachung von Altlasten und schädlichen Stoffen | 502 | Bahnbetreiber | 534 | Schweißarbeiten | 562 |
| Schutz von Bäumen, Pflanzen und Vegetationsflächen | 504 | Unternehmer | 534 | Arbeiten im Tunnel | 564 |
| Schädigungsgefahren | 504 | Verantwortung | 534 | Staub und Schadstoffbelastungen | 564 |
| Schutz von Bäumen und Vegetationsflächen gegen mechanische Schäden | 504 | Anzeigepflicht | 534 | Belüftung | 564 |
| Schutz der Wurzelbereiche beim Bodenauftrag und Bodenabtrag | 504 | Anweisungen | 534 | Beleuchtung | 564 |
| Schutz der Wurzelbereiche beim Aushub von Gräben und Baugruben | 504 | Unterweisungen | 536 | Sicherheitsräume | 564 |
| Lärmschutz | 506 | Zusammenwirken mehrerer Unternehmer | 538 | Manuelles Heben und Tragen von Lasten | 568 |
| Erschütterungsschutz | 508 | Koordinationspflicht | 538 | 6.5 Zukunftsperspektiven | 570 |
| Luftreinhaltung | 510 | Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan (SiGe-Plan) | 540 | 6.6 Literaturverzeichnis | 572 |
| Grundwasser- und Binnengewässerschutz | 512 | | | | |
| Grundwasserschutz | 512 | 6.3 Sicherung gegen Gefahren aus dem Bahnbetrieb | 542 | 7 Instandhaltung der Schienenfahrwege | 574 |
| Bauen im Bereich von Grundwasser und Gewässern | 512 | Grundsätzliches Verhalten der Beschäftigten im Gleisbereich | 542 | 7.1 Allgemeines | 574 |
| Wasser- und Abwasserleitung | 514 | Sicherungsplanung | 544 | Begriffe | 574 |
| Inanspruchnahme von Flächen | 514 | Organisatorische Sicherungsmaßnahmen | 548 | Rechtliche Vorgaben | 574 |
| Eingriff in die Natur und Landschaft | 514 | Gleissperrung/Sperrfahrten | 548 | Ziele der Instandhaltung | 576 |
| Denkmalschutz und archäologische Funde | 516 | Langsamfahrstellen und Fahren auf Sicht | 548 | Methoden | 576 |
| 5.4 Zukunftsperspektiven | 518 | Technische Sicherungsmaßnahmen | 548 | Betriebliche Rahmenbedingungen für die Instandhaltung | 576 |
| 5.5 Literaturverzeichnis | 520 | Automatische Warnsysteme | 548 | | |
| 6 Sicherheitsaspekte bei Bau und Instandhaltung von Schienenfahrwegen | 522 | Signalabhängige Sicherungsanlagen | 550 | 7.2 Wartung | 578 |
| 6.1 Arbeitsschutzbestimmungen | 522 | Automatische Warnsysteme für mobilen Einsatz | 550 | Schienen- und Spurkranzschmierung | 578 |
| Staatliche Arbeitsschutzbestimmungen | 522 | Anwendung Automatischer Warnsysteme bei BOStrab-Bahnen | 552 | Zweck der Schmierung | 578 |
| Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) | 522 | Feste Absperrungen | 552 | Schmiertechniken | 578 |
| Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) | 528 | Feste Absperrungen mit integrierter akustischer und optischer Warnung | 552 | Schmiermittel | 578 |
| Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) | 528 | Haltscheiben und Schranken | 554 | Anordnung der Schmieranlagen | 580 |
| Siebtes Buch Sozialgesetzbuch (SGB VII) – Unfallversicherung | 528 | Technische Sicherungsmaßnahmen für Arbeitsstellen im Bereich von Straßen | 554 | Reinigung der Gleisanlagen | 580 |
| | | Personelle Sicherungsmaßnahmen | 556 | Oberflächenreinigung | 580 |
| | | 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 | 7 Track maintenance | 575 |
| Protecting groundwater | 513 | Basic conduct of workers in the track area | 543 | | |
| 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 |
| 5.4 Future prospects | 519 | Automatic warning systems | 551 | The operating environment for maintenance | 577 |
| 5.5 Bibliography | 520 | Signal-dependent protection systems | 551 | | |
| | | 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 | <i>Tyfon</i> | 561 | Cleaning track drainage systems | 587 |
| 6.2 Division of responsibilities | 535 | <i>Multitone horn</i> | 561 | Care and control of vegetation | 587 |
| Rail operators | 535 | Visual warning and signal devices used by section personnel | 561 | Trimming back tree and bush growth | 587 |
| Entrepreneurs | 535 | <i>Signal flag</i> | 561 | Suppressing uncontrolled plant growth on tracks | 587 |
| Responsibility | 535 | <i>Hand lamp</i> | 561 | Caring for green tracks | 587 |
| Notification requirement | 535 | 6.4 Protective measures for certain types of work | 563 | Snow clearing and ice removal in winter | 589 |
| Instructions | 535 | Work near catenary systems | 563 | | |
| Directions and guidance | 537 | Welding | 563 | 7.3 Inspection | 591 |
| Collaboration between multiple entrepreneurs | 537 | Working in tunnels | 565 | Basic options | 591 |
| | | Dust and pollutants | 565 | Track parameters to keep an eye on | 591 |
| | | Ventilation | 565 | Checking track geometry | 591 |
| | | <i>Lighting</i> | 565 | Non-destructive rail inspection | 593 |
| | | <i>Safety areas</i> | 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 | Fahrweginstandhaltung mit EDV-Unterstützung | 636 |
| Grundsätzliche Möglichkeiten | 590 | Auftragsschweißen | 610 | Verbesserungen bei Gleisbaumaschinen | 638 |
| Zu überwachende Gleisparameter | 590 | Ziel des Auftragsschweißens | 610 | | |
| Überprüfung der Gleisgeometrie | 590 | Randbedingungen des Auftragsschweißens | 610 | | |
| Zerstörungsfreie Schienenprüfung | 592 | Arten des Auftragsschweißens | 612 | | |
| Messverfahren und Messgeräte | 594 | Schweißzusatzwerkstoffe | 612 | 8.4 Qualitätsmanagement | 642 |
| Messgestelle mit Messrädern und -achsen unter Regelfahrzeugen | 594 | Reparaturarbeiten | 612 | | |
| Verfahren mit autark arbeitenden Messgeräten | 596 | 7.5 Zukünftige Entwicklungen | 616 | 8.5 LCC im Gleisbau | 646 |
| Laser – Lichtschnitt – Verfahren | 596 | 7.6 Literaturverzeichnis | 618 | Bedeutung | 646 |
| Kombinierte Verfahren | 598 | | | Strukturierung und Komponenten | 648 |
| Mechanische/elektronische Konturmessung des Schienenkopfes | 598 | 8 Wirtschaftliche Aspekte | 620 | 8.6 RAMS-Analysen | 652 |
| Ultraschallprüfung des Schienenkopfes | 598 | 8.1 Bedeutung | 620 | Wichtige Kennwerte | 652 |
| Handmessgerät für Riffel | 600 | 8.2 Wiederverwendung von Oberbaustoffen | 624 | Ziele und Nutzen von RAMS | 654 |
| Laufflächenüberwachung der Räder durch Geräte im Gleis | 600 | Wirtschaftliche und rechtliche Grundlagen | 624 | Risikoanalyse als Bestandteil der RAMS-Analyse | 656 |
| Ziele | 600 | Wiederverwendung von Schotter | 624 | Verfahrensablauf | 656 |
| Erfassung des Verschleißzustandes der Radprofile | 600 | Schotterverschmutzung | 624 | Vorgehen zur Erstellung der FMEA | 658 |
| Erfassung der Kreisförmigkeit der Radreifen | 600 | Recyceln oder deponieren | 626 | Dokumentation und Auswertung der Ergebnisse | 660 |
| 7.4 Instandsetzung | 604 | Wirtschaftlichkeit verschiedener Aufbereitungsmöglichkeiten | 626 | Prognose von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit | 662 |
| Schienenbearbeitung im Gleis | 604 | Schienenauarbeitung und Lebensdauerverlängerung | 626 | Datengrundlagen/Datenerfassung und -pflege | 662 |
| Zweck der Schienenbearbeitung | 604 | Schienenvorschleiß/Lebensdauer | 626 | Datenauswertung/Erstellung von Berichten | 662 |
| Schienenbearbeitungsmethoden | 604 | Schienenausbaukriterien | 628 | 8.7 Bewertung und zukünftige Entwicklungen | 666 |
| Eingesetzte Geräte | 606 | Schienenkreislauf/ | 628 | | |
| Abnahme der Schienenbearbeitung | 606 | Stufenbewirtschaftung | 628 | | |
| Gleisregulierung im Schotterbett | 606 | Aufarbeitungsmethoden | 630 | 8.8 Literaturverzeichnis | 670 |
| Eingriffskriterien | 606 | Wirtschaftlichkeit der Schienenaufarbeitung | 630 | | |
| Vorbereitung der Gleisregulierung | 606 | Schienenaufarbeitung | 630 | | |
| Durchführung der Gleisregulierung | 608 | Liedauerverlängerungen | 632 | | |
| Abnahme der Gleisregulierung | 608 | LCC-Ergebnisse bei Rillenschienen | 632 | | |

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

Vorwort



Wolfgang Tiefensee

Bundesminister für Verkehr, Bau und
Stadtentwicklung

S-Bahnen, U-Bahnen, Stadt- und Straßenbahnen bilden das Rückgrat eines attraktiven Verkehrsangebotes in den Städten und Regionen. Qualität und Kundenorientierung bestimmen dabei maßgeblich den Markterfolg von Produkten für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und tragen zu einem lebenswerten Umfeld entscheidend bei.

Die Qualität der Bahnen wird nachhaltig durch den Fahrweg bestimmt: Sicherheit des Betriebsablaufs, Integration in das Stadtbild, Fahrkomfort, Verfügbarkeit eines dichten Angebotes, Fahrzeugbeanspruchung, Lärm- und Erschütterungsschutz sowie nicht zuletzt die Bau- und Unterhaltungskosten sind Kriterien, die entscheidend von der Fahrweggestaltung geprägt werden.

Aus diesen Gründen fördert die Bundesregierung – gemeinsam mit den Ländern – bereits seit Mitte der 60er-Jahre über das Gemeindeverkehrsförderungsgesetz (GVFG) den Bau der Schienenfahrwege des ÖPNV in Stadt und Region. Allein in den Jahren zwischen 1992 und 2005 sind 5,9 Milliarden Euro in den Bau der Schienen-

fahrwege von S-, U-, Stadt- und Straßenbahnen geflossen. 1996 wurde die ÖPNV-Finanzierung um die Regionalisierungsmittel erweitert, von denen ebenfalls große Anteile in die Verkehrswege der Bahnen geflossen sind.

Der Erfolg dieses Engagements von Bund und Ländern ist deutlich sichtbar: die Erschließung der deutschen Städte und Regionen durch moderne und leistungsfähige Nahverkehrsbahnen hat nicht nur einen weltweit führenden Stand erreicht, sondern auch die Nachfrage durch die Kunden ist deutlich angestiegen – in zahlreichen Fällen hat sie sich vervielfacht. Das trägt maßgeblich zur Straßenverkehrsentslastung und zum Umweltschutz in Form von CO₂-Einsparungen bei.

Um diesen Weg auch in Zukunft konsequent fortzusetzen, nimmt sich auch die Europäische Union dieser Fragen an. Seit 2006 fördert sie das europaweite Projekt „Urban Track“ mit dem Ziel, die einzelnen Erkenntnisse eines modernen Fahrwegebaus für Nahverkehrsbahnen zusammenzuführen sowie neue Entwicklungen und Verbesserungen voran zu treiben. Dieser

wichtige Schritt zum Wissenstransfer in alle Mitgliedsländer der EU und zur Vereinheitlichung in Europa wird auch von der Bundesregierung begrüßt.

Das hier vorgelegte Buch „Fahrwege der Bahnen im Nah- und Regionalverkehr in Deutschland“ soll den Fahrwegebau fördern und zur praktischen Umsetzung in hoher Qualität beitragen. Es kann für die europäische Initiative als ein äußerst wichtiger Beitrag angesehen werden, denn es fasst die in Deutschland gewonnenen vielfältigen Erkenntnisse in allen Bereichen des Fahrwegebaus zusammen, bewertet sie und weist den Weg für zukünftige weitere Entwicklungen und Verbesserungen. Wissenschaft und Praxis können weltweit davon profitieren. Nicht zuletzt deshalb wurde das Werk zweisprachig in deutscher und englischer Sprache angelegt.

Allen, die zur Entstehung dieses neuen Buches beigetragen haben, insbesondere dem Gesamtbearbeiter und Koordinator STUVA, danke ich für das Engagement und das Einbringen des weit verstreut vorliegenden Wissens.

Preface

Wolfgang Tiefensee

Federal Minister of Transport, Building and
Urban Affairs

Rapid transit systems, underground railways, light rail systems and trams form the backbone of an attractive range of transport services in cities and regions. Quality and customer focus are key factors in determining the commercial success of local public transport products and make a crucial contribution to creating a liveable environment.

The quality of rail-based systems is determined to a large extent by the track. Safe operation, integration into the townscape, passenger comfort, the availability of a dense public transport network, vehicle stress, noise and vibration mitigation and, last but not least, construction and maintenance costs are criteria that are crucially determined by track design.

For this reason, the Federal Government – together with the federal states – has, since the mid-1960s, been providing assistance to the construction of local public transport rail infrastructure in cities and regions by means of the Local Authority Transport Infrastructure Financing Act. In the period from 1992 to 2005 alone, a total of 5.9 billion euros was provided for the construc-

tion of track for rapid transit systems, underground railways, light rail systems and trams. In 1996, local public transport funding was augmented by the state subsidies for local and regional passenger rail services, a large proportion of which has also been used to fund rail infrastructure.

The success of this commitment by the Federal Government and the federal states is plain to see. Not only has the provision of modern and efficient local rail services in German cities and regions reached a level that makes Germany a world leader. Customer demand has also risen significantly – in many cases it has increased several times. This is a major contribution to reducing road congestion and to protecting the environment by cutting CO₂ emissions.

In order to systematically continue along this road in the future, the European Union is also addressing these issues. Since 2006, it has been funding the Europe-wide “Urban Track” project, the aim of which is to consolidate the individual findings of modern track construction for local rail-based systems and to progress new develop-

ments and improvements. This major step towards a transfer of knowledge in all EU Member States and towards standardization in Europe is also welcomed by the Federal Government.

The present book, “Local and Regional Railway Tracks in Germany”, is intended to promote track construction and make a contribution to its high-quality practical implementation. For the European initiative, it can be regarded as an extremely important contribution, because it summarizes the multiplicity of findings gained in Germany in all fields of track construction, assesses them and points the way ahead for future developments and improvements. Scholars and practitioners throughout the world can benefit from it. This is one of the main reasons why the book has been published in German and English.

I would like to thank all those involved in the production of this new book, especially the Research Association for Underground Transportation Facilities (STUVA) as the overall editors and coordinators, for their commitment and for contributing knowledge that is widely scattered all over the world.

Vorwort



Dipl.-Kfm. Günter Elste
Präsident des Verbandes Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV)



Dr.-Ing. Dieter Klumpp
1. Sprecher des
VDV-Förderkreises e. V.

Die Schienenbahnen des öffentlichen Nahverkehrs stehen im Fokus des Interesses von Öffentlichkeit und Politik ebenso wie von Kunden und Fachwelt. Das zeigte sich schon im Jahre 2000, als der VDV und der VDV-Förderkreis, in Zusammenarbeit mit der STUVA, in dieser Reihe ein Buch „Stadtbahnen in Deutschland“ herausgegeben haben. Es war so erfolgreich, dass etwa 5000 Exemplare in kurzer Zeit vergriffen waren. Wenn wir heute ein neues Werk über die Fahrwege der Nahverkehrsbahnen herausgeben, so folgt dies konsequent dem mit den Stadtbahnen erfolgreich eingeschlagenen Weg.

Die Idee, ein solches Buch erarbeiten zu lassen, entstand beim VDV und seinem Ausschuss für Bahnbau vor dem Hintergrund des Wandels und der dadurch ausgelösten vielfältigen Entwicklungen auf diesem bedeutenden Marktsegment des ÖPNV. Darüber hinaus sollte – ergänzend zu den bereits vorliegenden Oberbau-Richtlinien und einschlägigen VDV-Schriften – ein Werk geschaffen werden, dass die gesamten Entwicklungen zusammenfasst. Dabei setzten wir ein äußerst anspruchsvolles Ziel: ausgehend von den rechtlichen und technischen Grundlagen, über die konstruktiven Lösungen,

den Lärm- und Erschütterungsschutz, die Gerätetechnik, die Fahrwegunterhaltung, die Arbeitsschutzgesichtspunkte bis hin zum Infrastruktur-Management sowie zu den wirtschaftlichen Aspekten und der Finanzierung sollte ein Werk geschaffen werden, dass die gesamte breite Palette dieses wichtigen Fachgebietes darstellt.

Das hiermit vorgelegte Buch stellt nicht nur den aktuellen Stand des Wissens und der Technik dar, sondern es verdeutlicht auch, wie die einzelnen Bereiche zusammenwirken und sich gegenseitig beeinflussen. Bemerkenswert ist schließlich, dass zur technischen Lösung immer auch die Auswirkungen auf Kosten und Wirtschaftlichkeit angesprochen werden. Damit gibt das Buch wichtige Hinweise im laufenden Restrukturierungsprozess der Verkehrsunternehmen und öffnet den Blick in die Zukunft.

Das Werk dokumentiert aber auch, welch gewaltige Bauleistungen und Entwicklungen bei den VDV-Unternehmen gerade in den letzten 15 Jahren im Fahrwegebau der Schienenbahnen erbracht wurden. Der Weg vom herkömmlichen offenen Schotteroerberbau zur unterhaltungsarmen Festen Fahr-

bahn und zum ästhetisch ansprechenden Grünen Gleis dokumentiert diesen Prozess, der gleichzeitig auch einen Wertewandel kennzeichnet.

Damit bestätigt sich nachdrücklich: die (Mit-)Finanzierung der Schienenfahrwege im Nah- und Regionalverkehr durch Bund und Länder im Rahmen des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes und des Regionalisierungsgesetzes hat sich gelohnt. Ohne diese Unterstützung wären die dargestellten positiven Entwicklungen nicht möglich gewesen. Da die Verkehrsunternehmen auch in Zukunft nicht in der Lage sein werden, die Infrastruktur durch Fahrgeldeinnahmen zu erwirtschaften, lässt sich die positive Entwicklung nur fortsetzen, wenn die öffentlichen Finanzmittel zur ÖPNV-Förderung erhalten bleiben.

Der Dank des VDV und des VDV-Förderkreises gilt einerseits den Partnern, die dieses Projekt mitfinanziert haben, andererseits aber vor allem dem begleitenden Ausschuss, den Bearbeitern und der STUVA, die in bewährter Weise die Gesamtbearbeitung durchgeführt hat. Die Qualität des Werkes spricht für sich. Es wird der „Blauen Buchreihe“ des VDV und des VDV-Förderkreises zur Ehre gereichen.

Preface

Dipl.-Kfm. Günter Elste
President of the Association of
German Transport Undertakings (VDV)

Dr.-Ing. Dieter Klumpp
First Spokesperson for the Promotional Group
of the Association of German Transport
Undertakings (Förderkreis des VDV)

Both the public and policymakers, as well as customers and experts, have a keen interest in local rail services. This became evident as far back as 2000, when the VDV and the VDV Promotional Group, in cooperation with STUVA, the Research Association for Underground Transportation Facilities, produced a book in this series entitled "Light Rail in Germany", which was so successful that some 5,000 copies were quickly snapped up. Today we are presenting a new work on local railway tracks as the logical extension of the path taken with regard to light rail.

The idea behind the book came from the VDV and its Committee on Rail Construction and was prompted both by the transformation which the important sector that is public transport is currently undergoing and by the numerous developments triggered by this process of change. In addition, building on the superstructure guidelines and relevant VDV publications already available, the intention was to create a book that summed up all the relevant recent developments. In so doing, we set ourselves an extremely ambitious goal. Starting with the legal and technical bases

and extending to design solutions, noise and vibration protection, equipment engineering, track maintenance, occupational safety and health aspects, infrastructure management, and economic aspects and financing, the idea was to compile a book that covers the entire, broad spectrum of this key domain.

This book has achieved this objective remarkably well. Not only does it describe the present state of the art; it also clarifies how individual areas work together and influence each other. Another remarkable achievement is that not only technical solutions, but also their cost- and profitability-related consequences are always addressed. Thus the book provides important information for transport companies' ongoing restructuring and affords us a preview of what lies ahead.

At the same time, the book also documents the tremendous leaps made in track construction and development by VDV companies over just the last 15 years. The progression from conventional open ballast superstructures to low-maintenance ballastless tracks and aesthetically appealing green tracks bears witness to this process,

whilst at the same time also reflecting a shift in values.

This emphatically confirms the fact that the (co)financing – by Germany's federal government and the governments of its respective federal states (*Länder*) – of tracks used by local and regional rail operators under the Municipal Transport Financing Act (GVFG) and the Regionalisation Act (RegG) has been worth it. Without such support, the positive strides forward presented here would not have been possible. Since in future transport companies will remain unable to make a profit on infrastructure from fare revenues, this positive trend can only be continued if public coffers remain a source of funding for public transport.

The VDV and the VDV Promotional Group would like to thank the partners who helped to finance the project, but above all the committee monitoring the project, those who worked on its contents, and STUVA, who edited it in their tried-and-tested manner. The quality of the work speaks for itself. It does credit to the 'blue series' published by the VDV and the VDV Promotional Group. May it enjoy a wide readership, both in Germany and also internationally.

Grundlagen, Rahmenbedingungen

1.1

Bedeutung der Schienenfahrwege

Historischer Rückblick

Anfänge und Jahre des Aufschwungs

Die Geschichte des Schienenverkehrs und damit der Schienenfahrwege begann mit dem Bau von Eisenbahnstrecken des „Fernverkehrs“, wobei die damaligen Entfernungen nach heutigen Maßstäben allenfalls dem Regionalbereich zuzuordnen wären (Tabelle 1.1/1).

Die fortschreitende Industrialisierung und Bürokratisierung im 19. Jahrhundert und damit verbunden die starke Ausdehnung der Städte sowie der wachsende Bedarf an Arbeitskräften machten aber schließlich auch in den Städten die Einrichtung eines öffentlichen Personenverkehrs dringend erforderlich. Dessen erste Anfänge bestanden darin, dass in die Straßen Schienen eingelassen wurden, auf denen Wagen fuhren, die – auch hinsichtlich der Größe – starke Ähnlichkeit mit Postkutschen hatten und ebenso wie diese von Pferden gezogen wurden.

Diese erste Form eines Öffentlichen Personen-Nahverkehrs (ÖPNV) konnte aber auf längere Sicht und mit zuneh-

mender Nachfrage den gestellten Anforderungen nicht gerecht werden.

Den Pferdebahnen folgte – in Anlehnung an die Eisenbahn – die Einführung von durch Dampfmaschinen angetriebenen Straßenbahnen, die dem heutigen Bild einer Straßenbahn schon näher kamen, aber nur für kurze Zeit Bestand hatten.

Der eigentliche und massive Aufschwung der Straßenbahn begann schließlich mit Einführung des elektri-

schen Antriebs nach 1880. In der Folgezeit richtete eine Vielzahl von Städten Straßenbahnen („die Elektrische“) ein, zunächst allerdings oft in erster Linie mit der Absicht, schneller an das im Aufbau befindliche Netz der allgemeinen Stromversorgung angeschlossen zu werden. Die Straßenbahnnetze erreichten teilweise eine beachtliche Ausdehnung und Dichte.

Schon frühzeitig wurde auch die „zweite“ Ebene für den schienen-

Tabelle 1.1/1: Meilensteine der Entwicklung des Schienenverkehrs

| | | |
|-------------|---|---|
| Fernverkehr | | 1. Eisenbahnstrecke: 1825 in England (Darlington–Stockton, Länge 18 km) 1. Eisenbahnstrecke in Deutschland: 1835 (Nürnberg–Fürth, Länge 6 km) |
| Nahverkehr | <p>Straßenbahn, von Pferden gezogen (Pferdebahn)</p> <p>Straßenbahn mit Dampfantrieb</p> <p>Straßenbahn mit elektrischem Antrieb</p> <p>unterirdische Bahnen (U-Bahnen)</p> | <p>1. Strecke: 1832 (New York) 1. Strecke in Europa: 1840 (Wien) 1. Strecke in Deutschland: 1865 (Berlin)</p> <p>1. Strecke in Deutschland: 1877 (Kassel)</p> <p>1. Strecke: 1881 (Berlin)</p> <p>1. Strecke mit Dampfantrieb: 1863 (London) 1. Strecke mit elektrischem Antrieb: 1896 (Budapest) 1. Strecke mit elektrischem Antrieb in Deutschland: 1902 (Berlin)</p> |

Basics, framework conditions

The importance of railway tracks

1.1

A historical review

Beginnings and boom years

The history of rail transport, and therefore of railway tracks, began with the construction of 'long-distance' rail lines, though by today's standards the distances covered back then would be classified as regional at the most (see Table 1.1/1).

Yet ultimately the progress of industrialisation and advances in bureaucracy made in the 19th century, and accompanying tide of considerable urban expansion and rising demand for labour, entailed an urgent need to also create public transport within cities. The first steps consisted in embedding rails in streets on which coaches were ridden. Those vehicles strongly resembled stagecoaches (including in terms of their size), and like them were horse-drawn.

But in the longer term, rising demand meant that this initial form of public transport system was unable to meet the requirements placed on it.

Following the pattern set by the railway, the original horse-drawn cars were followed by the introduction of

steam-powered tramways, which came closer to today's image of a tramway but were short-lived.

The real – and truly massive – boom enjoyed by tramways finally began with the introduction of the electric drive after 1880. Thereafter a large number of cities introduced ('electric') tramway systems. Admittedly, many cities initially took this step with a view to being more rapidly connected to the general power grid being developed at the time. Some tram networks attained a considerable size and density.

The 'second level' of rail-bound public transport was also opened quite early on, with the opening of the (initially steam-powered) London Underground as early as 1863 (see Table 1.1/1). One reason for building it was the fear among city-dwellers that an overground tramway, along with all the equipment required for its operation, would overly spoil the cityscape.

The extremely rapid growth of cities in the 19th century and the swift expansion of urban railway tracks were

Table 1.1/1: Milestones in the development of rail transport

| | | |
|----------|--------------------------------------|---|
| Mainline | | First railway line: 1825 in England (Darlington–Stockton, length 18 km) First railway line in Germany: 1835 (Nuremberg – Fürth, length 6 km) |
| Urban | Tramway, horse-drawn (horse tramway) | First line: 1832 (New York) First line in Europe: 1840 (Vienna) First line in Germany: 1865 (Berlin) |
| | Steam tramway | First line in Germany: 1877 (Kassel) |
| | Electric tramway | First line: 1881 (Berlin) |
| | Underground railways (metros) | First steam-driven line: 1863 (London) First electric line: 1896 (Budapest) First electric line in Germany: 1902 (Berlin) |

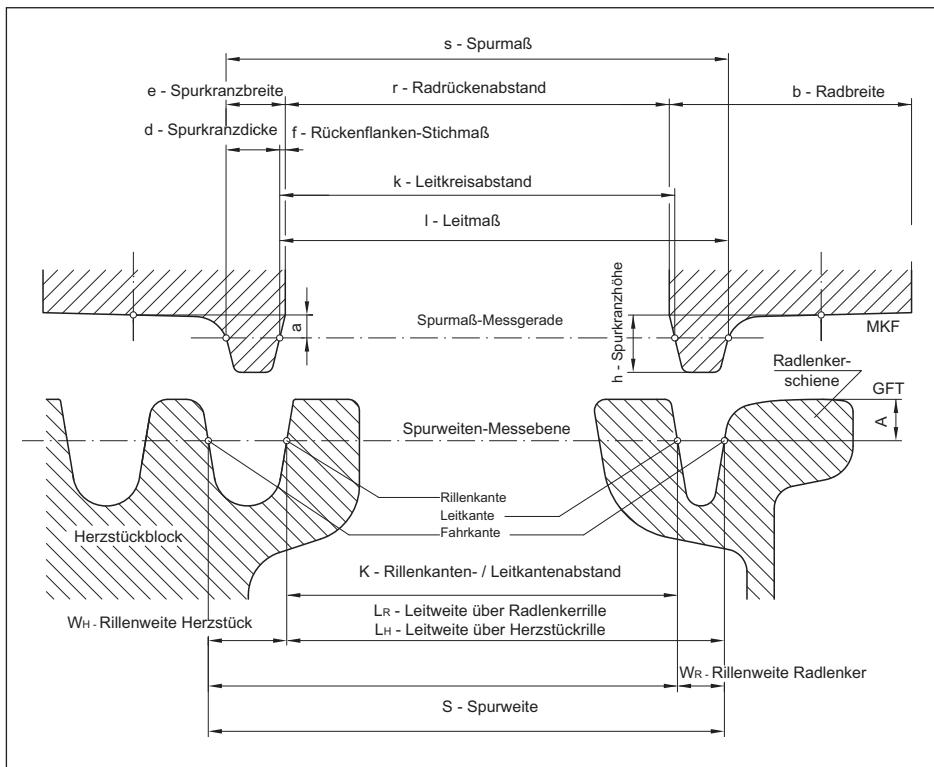


Bild 1.3/10: Leitweiten beim Rillenschienen-Blockherzstück (aus TR Sp [1.2/70])

Die Erfüllung dieser aus Gründen der Spurführungssicherheit an den Fahrweg bestehenden Anforderungen trägt außerdem zur Verminderung des Rad/Schiene-Verschleißes bei und verringert die Beanspruchungen von Fahrzeugteilen.

Spezielle Spurführungsgrundsätze bei Straßen- u. Stadtbahnen

Wichtige Begriffe und Maßbezeichnungen

Vor allem im BOStrab-Bereich mit Gleisbogenhalbmessern bis zu 15 m, mit Radreifenbreiten von 95 mm (bei historischen Fahrzeugen auch 85 mm) und oft außergewöhnlichen Anlenkkonstruktionen zwischen Fahrwerk und Wagenkasten, ist eine optimale Spurführung aus der Sicht der Entglei-

sungssicherheit, des Verschleißes an Rad und Schiene, der Geräuschemission und nicht zuletzt des Fahrkomforts ein existenzielles Problem. Um den aktuellen spurführungstechnischen Gegebenheiten Rechnung zu tragen, wurden die seit 1986 gültigen und 1994 ergänzten Spurführungs-Richtlinien zur BOStrab grundlegend überarbeitet und im Mai 2006 vom BMVBS der Fachwelt als „Technische Regeln Spurführung zur BOStrab (TR Sp)“ [1.2/70] vorgestellt. Im Folgenden wird neben weitergehenden Ausführungen zum Thema „Spurführung“ (speziell zu den Besonderheiten im BOStrab-Bereich) auf diese TR Sp Bezug genommen.

Um bei allen Spurführungsproblemen und -betrachtungen eine einheitliche

Sprache zu sprechen, sollte zuerst Klarheit über alle die Spurführung betreffenden Begriffe an Rad und Schiene bzw. Radsatz und Gleis geschaffen werden. An Rad und Schiene werden alle spurführungstechnisch wichtigen Bereiche entsprechend Bild 1.3/9 bezeichnet (an der Schiene finden große Buchstaben, am Rad kleine Buchstaben Anwendung). Analog zu diesen Begriffen sind an Gleis und Radsatz die Bezeichnungen vorzunehmen (Bilder 1.3/7 und 1.3/11), wobei die Endung „...weite“ charakteristisch ist für das Gleis und die Endung „...maß“ für den Radsatz (vgl. Spurweite – Spurmaß oder auch Leitweite – Leitmaß).

Daneben ist festzulegen, wo und wie im Gleis gemessen wird (z.B. bei der Gleisverlegung oder beim Verschleiß), um vergleichbare Werte zu erhalten. Diesem Ziel dienen die Bezeichnungen in den Bildern 1.3/7 und 1.3/11.

Die **Spurmaß-Messgerade** ist eine gedachte horizontale Gerade 10 mm unter dem Messkreisfußpunkt (MKF), die beide Räder einer Achse verbindet (gegebenenfalls können dies auch Einzeleräder sein, z.B. in Einzelrad-Einzel-Fahrwerken EEF). Auf ihr werden neben dem Rückenflanken-Stichmaß auch das Spurmaß, die Spurkranzdicke und die Spurkranzbreite gemessen, die Spurkranzbreite allerdings von der Spurkranzstirn bis zum verlängerten Radrücken.

Der **Messkreisfußpunkt** ist ein Punkt auf dem Fahrräumenprofil des Rades, der zum Messkreisfußpunkt des gegenüberliegenden Rades einen Abstand von Nennspurweite plus 65 mm haben soll, bei einer Nennspurweite von 1435 mm also 1500 mm. Dieses Maß ergibt sich aus dem Abstand der Radaufstandspunkte einer Eisenbahn-Radachse in Mittelstellung auf S49-Schienen (1:40 geneigt stehend) im jeweils unverschlissenen Zustand.

obtuse crossings are to be avoided simply because they result in longer sections of track on which vehicles' wheels are not guided. Where this is not feasible, in the case of overly long sections of track on which wheels are not guided, guard rails raised beyond the common running surface should be used if possible, as will usually be the case if the tracks in question are not covered.

In addition, meeting these track guidance safety requirements helps to curb wheel/rail wear and lessens the stresses to which vehicle parts are subjected.

Special track guidance principles in tramways and light rail systems

Key terms and dimensions

In BOStrab networks, especially those with track curve radii of down to 15 m, wheel rim widths of 95 mm (and also 85 mm on historical vehicles), and often unusual hinging mechanisms between running gear and coach bodies, optimal track guidance is critical from the standpoints of derailment safety, wear caused to wheels and rails, noise emissions, and – last, but not least – travel comfort. To take account of the features of current track guidance technology, the BOStrab track guidance guidelines in effect since 1986 and supplemented in 1994 were fundamentally revised and presented to the experts in May 2006 by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS), published (in German), the translated English title being Technical Rules for Track Guidance for BOStrab Railways (TR Sp) [1.2/70]. These TR Sp are referred to below, supplemented by further comments on the subject of track guidance (and specific features of BOStrab networks in particular).

Before we can use common terminology when referring to all track guidance

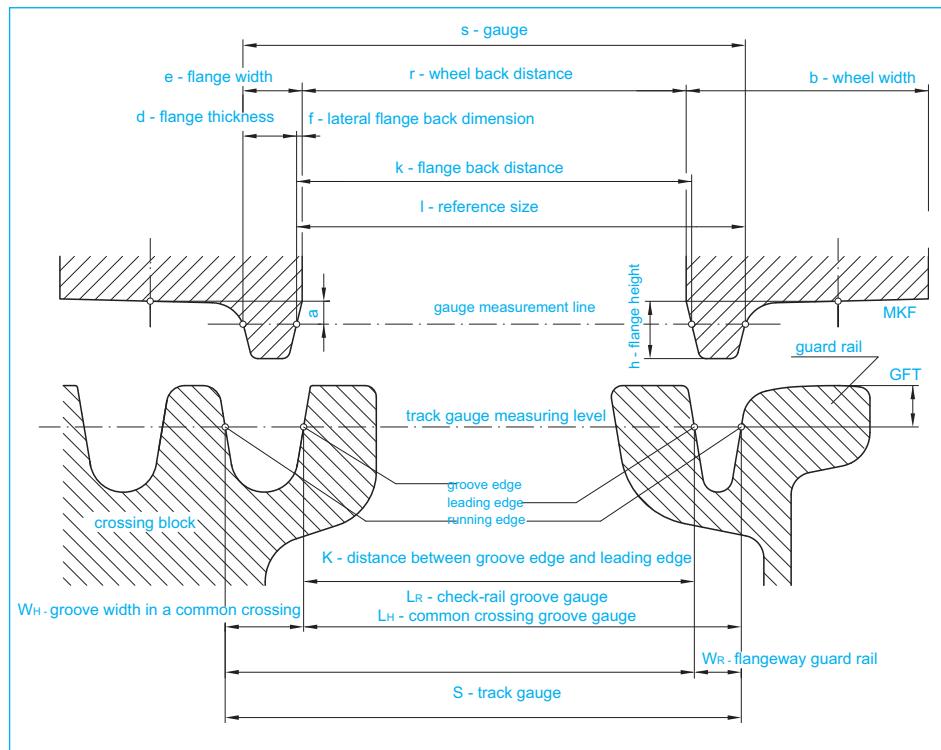


Figure 1.3/10: Check-rail gauges in a monobloc crossing with grooved rails (from TR Sp [1.2/70])

problems and considerations, we first need to be clear about all track guidance terms that refer to wheels, rails or wheelsets and tracks. On wheels and rails, all areas important to track guidance technology are designated in the manner shown in Fig. 1.3/9 (with capital letters used for rails and small letters for wheels). By analogy with these terms, for tracks and wheelsets German designations may be used (see Figs. 1.3/7 and 1.3/11), whereby words ending in ...weite characterise tracks and words ending in ...maß characterise wheelsets.

In addition, it must be specified where, when and how measurements are to be taken (e.g. when the particular section of track is being laid or when it is checked for wear) for comparable val-

ues to be obtained. The designations used in Figs. 1.3/7 and 1.3/11 serve this purpose.

The *gauge measurement line* is an imaginary horizontal straight line 10 mm below the tread datum point (MKF) connecting the two wheels of an axle (if necessary, these can also be individual wheels, e.g. in single running gear). Besides the dimension of the rear side of the flange, gauge, flange thickness and flange width are also measured here, but flange width is measured from the flange face to the extended wheel back.

The *tread datum point* is the point on the running surface profile of the wheel which should be the nominal track gauge plus 65 mm away from the tread

Bauelemente der Schienenfahrwege

2.1 Begriffsbestimmungen

| Oberbegriffe | Flächen | Schichten / Bauteile | |
|------------------------|---------------|---|--|
| Bahnkörper | Gleis | Schienen - Oberkante | Gleise, Weichen und Kreuzungen |
| | Tragschichten | Schienenunterstützungsunterkante | Bettung (z. B. Schotter), Betontragschicht, bituminöse Tragschicht |
| | | Planum | Unterschottermatten, Planumschutzschicht, Frostschutzschicht |
| | | Erdbauplignum (Unterbaukrone) | verdichtete oder verbesserte Übergangsschicht |
| Unterbau ¹⁾ | | | Erd-, Stütz oder Ingenieurbauwerke |
| | | | verdichtete Unterbauschüttung |
| Untergrund | Erdplanum | verdichtete oder verbesserte Übergangsschicht | gewachsener Boden |

¹⁾ nach Bedarf

Bild 2.1/1: Begriffsbestimmungen zum Oberbau, Unterbau und Untergrund im BO-Strab-Bereich (in Anlehnung an [1.2/2011])

Fahrwege für Schienenbahnen bestehen aus dem Oberbau – dieser wiederum aus dem Gleis und den darunter liegenden Tragschichten – dem Unterbau und dem Untergrund. Bild 2.1/1 veranschaulicht die Begriffsbestimmungen gemäß den Oberbaurichtlinien des VDV [1.2/2011] für den BOStrab-Bereich.

Zum *Oberbau* gehören als Schichten/Bauteile (nach [1.2/2011]):

- Gleise, Weichen und Kreuzungen mit Schienen, Schienenbefestigungsmitteln und Schienenstützelementen (Schwellen, Längsbalken, Platten), Spurstangen
- Tragschichten, bestehend aus
 - Bettung (z. B. Schotter), Betontragschicht, Asphalttragschicht,
 - Planumsschutzschicht, Frostschutzschicht¹.

¹ Nach der EBO [1.2/5], die auch für Regionalbahnen gilt, zählen diese Schichten zum Unterbau. Nach den Oberbau-Richtlinien für Nichtbundeseigene Eisenbahnen (Obri-NE) [2/1] werden diese Schichten der Bettung zugerechnet.

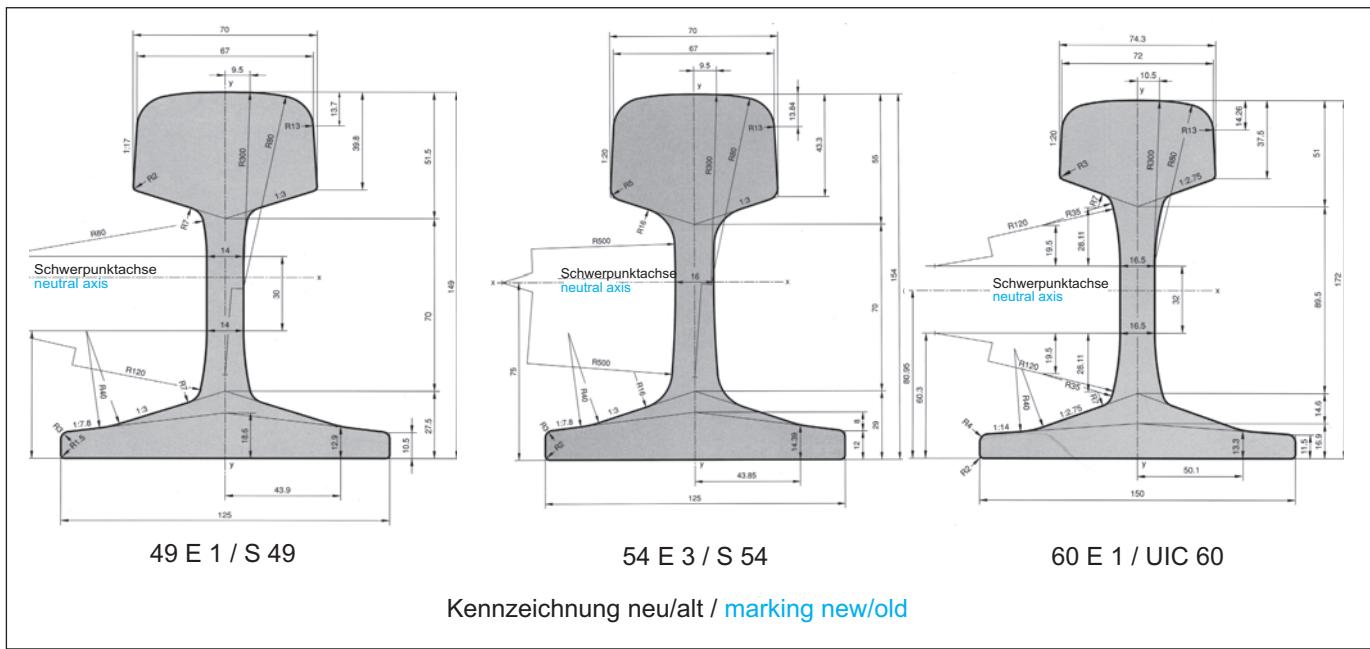


Bild 2.9/2: Beispiele für Profile von rillenlosen Schienen
Figure 2.9/2: Examples of profiles for vignol rails

Auch die Oberbau-Richtlinien des VDV [1.3/201] verweisen hinsichtlich der technischen Lieferbedingungen für rillenlose Schienen auf diese Vorschriften.

Schienenprofile

Schienenprofile sollen den folgenden Anforderungen genügen [2/20]:

- Die Schienenaufläche soll genügend breit sein und so ausgeformt werden, dass die Kontaktverhältnisse zwischen Rad und Schiene die Flächenpressung minimal halten.
- Die Höhe des Schienenkopfes soll im Hinblick auf eine lange Liegedauer ausreichenden Abnutzungsspielraum bieten.
- Der Schienensteg soll ausreichend dick sein, damit Tragfähigkeit und Biegesteifigkeit gewährleistet sind.

□ Der Schienenfuß soll genügend breit sein, damit die Standsicherheit hoch und die auf die unter dem Schienenfuß liegenden Bauteile wirkenden Flächenpressungen gering sind.

□ Das Widerstandsmoment der Schiene soll vertikal und horizontal den vorgesehenen Belastungen angepasst sein.

□ Für einen günstigen Spannungsverlauf sollen die Übergänge zwischen Schienenkopf und -steg bzw. Schienensteg und -fuß mit ausreichend großen Radien versehen werden.

□ Schienenhöhe und -fußbreite sollen so gewählt sein, dass ausreichende Kippsicherheit garantiert ist.

□ Der Schwerpunkt der Schiene soll aus statischen Gründen etwa in halber Schienenhöhe liegen.

Diese Forderungen widersprechen einander zum Teil. Die Entwicklung von Schienen mit optimierter Form ist daher schwierig und oft nur durch den

langjährigen Praxiseinsatz zu erbringen.

Die Industrie bietet für die beiden in Bild 2.9/1 dargestellten Querschnittsgrundformen von Fahrschienen für den internationalen Markt eine Fülle von Varianten an.

Die Bilder 2.9/2 und 2.9/3 enthalten einige in Deutschland häufig angewandte Formen für Fahrschienen in Streckengleisen mit ihren Abmessungen. Nach den Technischen Lieferbedingungen der DB AG BN 918 254-1 [2/59] werden z. B. ausschließlich Schienen der Profile 49 E 1, 54 E 3 bzw. 60 E 2 bestellt. Das Profil 60 E 2 ist bisher allerdings nicht in der Norm EN 13674-1 enthalten [2/48]. Es wurde aufgrund langjähriger Untersuchungen zur Optimierung der Berührungsgeometrie zwischen Rad und Schiene entwickelt [2/50]. Das Schienenkopfprofil ist hierbei stetig gekrümmt, während bei den übrigen Profilen die

Antrieb durch einen Elektromotor unmittelbar an der Weiche, der bei Eisenbahnen sowie in U-Bahn- und teilweise in Stadtbahnsystemen von einem Stellwerk aus ferngesteuert wird. Bei Straßenbahnen wird der Stellvorgang einer Weiche vom Fahrzeug aus über Fahrleitungskontakte oder Magnetimpulse ausgelöst, der Antrieb kann auch hydraulisch oder über Elektromagnete erfolgen. Eine Hand-Umstellvorrichtung erhalten nur Weichen, die selten befahren bzw. Weichen, die im Regelfall „stumpf“ befahren werden.

Wenn der Umstellvorgang abgeschlossen ist und die Zungen ihre Endlage erreicht haben, dürfen diese sich nicht mehr bewegen lassen, sondern müssen in ihrer planmäßigen Stellung (für Fahrt auf dem Stammgleis oder dem Zweiggleis der Weiche) festgelegt sein. Die an der Backenschiene anliegende Zunge muss also fest mit ihr verschlossen werden; die von der anderen Backenschiene abliegende Zunge muss in bestimmtem Abstand von ihr festgehalten werden. Diesen Zwecken dient der Weichenverschluss, eine mechanische Einrichtung, die die einwandfreie Endlage der Weichenzungen nach dem Umstellvorgang sichert. Bei den im Nahverkehr gebräuchlichen Weichen reichen dafür meist der an der Zungenspitze angreifende Klammerspitzenverschluss oder gleichwertige Systeme (Bild 2.10/8) aus; bei langen Weichen wird zusätzlich ein Verschluss in der Mitte der Zunge angeordnet. Einfache Stelltriebe der Straßenbahn führen zwar den Stellvorgang elektromagnetisch durch, legen aber die Zungen in der Endlage nicht fest und dürfen deshalb in „spitz“-befahrener Richtung nur mit 15 km/h befahren werden.

Zur Prüfung der richtigen Lage der Zungen sind die Weichenantriebe teilweise mit Zungenprüfern ausgestattet.

In größeren Bahnhöfen in Systemen, bei denen die Weichensteuerung von Stellwerken aus erfolgt, werden die Weichen, die der Zug bei der Einfahrt befahren muss, um auf das vorgesehene Gleis zu gelangen, oder bei der Ausfahrt, um das für die Weiterfahrt vorgesehene Streckengleis zu erreichen, zusammenwirkend so gestellt, dass jeweils alle Weichen gemeinsam eine „Fahrstraße“ bilden.

Auffahren von Weichen

Das unplanmäßige „stumpfe“ Befahren einer Weiche bei für die betreffende Relation falscher Stellung der Zungen soll weder eine Entgleisung des Fahrzeugs noch eine Beschädigung der Weiche (speziell: der Zungenvorrichtung) oder des Verschlusses zur Folge haben. Dies kann durch die „Auffahrbarkeit“ der Weiche erreicht werden: Die falsche Lage der Zungen wird durch das vom Herzstück her in den Zungenbereich der Weiche einfahrende Fahrzeug aufgehoben, wobei das Umstellen der Zungen in die richtige Lage durch die von den Rädern auf die abliegende Zunge ausgeübte horizontale Kraft ausgelöst wird. Der Weichenverschluss muss der Bewegung der Zungen schadlos folgen können. Bei Straßenbahnen ist das „stumpf“ Befahren von „falsch“ stehenden Zungen im Regelfall üblich und deshalb werden derartige Weichen auch nur mit Handumstellvorrichtungen ausgestattet und die Zungen werden in der Endlage nicht festgelegt.

Bei planmäßigem stumpfen Befahren von Weichen können Rückfallweichen eingesetzt werden. Eine Rückfallweiche bringt die Weiche jedes Mal, wenn sie von einer Radachse aufgeschnitten worden ist, in den Grundzustand zurück. Um dieses Zurückfallen der Zungen aus Geräusch- und Verschleißgründen zu verlangsamen, kann es hydraulisch gebremst werden.

Sicherheit an Weichen

Zungenbereich

Um Weichen problemlos und sicher befahren zu können, sind u.a. folgende Grundregeln zu beachten:

- Die Zungen müssen sich jeweils in der planmäßigen Endlage befinden; es dürfen keine Halbstellungen auftreten.
- Die anliegende Zunge muss an der zugehörigen Backenschiene anliegen. Ein eventuell auftretender Spalt, in den der Spurkranz eines Rades hineingetragen könnte („Klaffen“ der Zunge), darf eine definierte Größe (z.B. 3 mm) nicht überschreiten.,
- Die abliegende Zunge muss ausreichenden Abstand von der zugehörigen Backenschiene haben, damit der freie Raddurchlauf sichergestellt ist. Es darf nicht dazu kommen, dass ein Rad gegen die Zungenspitze fährt oder sein Spurkranz auf die eigentlich abliegende Zunge gerät.
- Die Zungen müssen während der Überfahrt eines Fahrzeugs in ihrer planmäßigen Stellung festgehalten sein; sie dürfen sich unter dem Fahrzeug nicht in eine andere Lage bewegen können und auch nicht umstellen lassen. Wenn dies bei Straßenbahnen nicht gewährleistet werden kann, dann darf die Fahrgeschwindigkeit nicht schneller als 15 km/h betragen.
- Die Zungen müssen gleichmäßig auf den Gleitstuhl bzw. Gleitplatten aufliegen.
- Die Höhendifferenz zwischen Zunge und Backenschiene darf ein bestimmtes, von der Spurführungsgeometrie abhängiges Maß nicht übersteigen.
- Die Räder dürfen nicht auf die Zungen aufsteigen oder aufklettern.

Spurführungstechnisch wichtige Maße und Anforderungen im Herzstückbereich

Damit die Weichen spurführungstechnisch sicher befahren werden können,

Technische Ausführungsformen der Schienenfahrwege

Notbefahrbarkeit (Bild 3.5/8 a) sowie sogar mit Befahrbarkeit durch Busse (Bilder 3.5/8 b und c) realisieren.

Die Lösung ist einfach und preiswert. Sie ist vor allem auch nachträglich realisierbar und kann unter Betrieb ohne Streckensperrungen durchgeführt werden. Allerdings müssen bei notwendigen Stopfarbeiten die zusätzlichen Einbauten für die Begrünung im jeweiligen Bereich entfernt werden. Mit Hilfe des Geotextils/der Folie ist jedoch eine flä-

chige Aufnahme und Wiederverlegung möglich [3/43 e].

Bei der Begrünung eines klassischen Schotteroerbaues mit speziell geformten (zur Erreichung der Vegetationshöhe) Stahlbetonquerschwellen wurden in Bremen Vegetationsmatten mit zusätzlicher Armierung eingesetzt. Diese können bei später notwendigen Stopfarbeiten aufgerollt, abgelegt und nach Abschluss der Arbeiten wieder eingebaut werden.

Es hat sich jedoch als sinnvoll erwiesen, die erste Begrünung erst nach dem 2. Stopfgang (etwa ein halbes Jahr nach Inbetriebnahme des Schienenfahrweges) vorzunehmen, wenn das Gleisbett eine ausreichende Stabilität aufweist [3/44 f].

Grünes Gleis bei Fester Fahrbahn

Grundregel

Hierbei können praktisch alle Varianten der Festen Fahrbahn zur Anwendung kommen, die in dem besonderen Unterkapitel „Feste Fahrbahn“ dargestellt worden sind. Dabei sollte allerdings systemunabhängig eine Grundregel beachtet werden: Dauerhafte Feuchtigkeit unter dem Begrünungssystem kann zur Absenkung des pH-Wertes und dadurch langfristig zur Zerstörung der Betonoberflächen der Festen Fahrbahn führen [3/44 h]. Es ist deshalb zu empfehlen, bei derartigen Gegebenheiten als Säureschutz für den Beton der FF zunächst ein Geotextil oder eine Folie auszulegen und darauf dann das Begrünungssystem anzurichten.

In der Praxis in Deutschland lassen sich die folgenden Formen des Grünen Gleises bei Fester Fahrbahn zusammenfassen (s. auch Tabelle 3.5/4).

Grünes Gleis auf FF aus Ortbetonkonstruktionen

Bei den Lösungen mit Ortbetonplatten steht bei tief liegender Vegetationsebene nur wenig Höhe für die Begrünung zur Verfügung (s. z. B. Bild 3.4/13 b in Kap. 3.4). Es kommen daher nur Vegetationsmatten in Betracht. Bei hoch liegender Vegetationsebene kann demgegenüber der gesamte Bereich zwischen den Schienen für eine Wachstumsschicht von 10 bis 15 cm Höhe genutzt werden. Dabei werden der Beton mit einem Geotextil und die Schienen mit Schienenkammer-Füllprofilen geschützt. Auf der

Tabelle 3.5/4: Lösungen für das Grüne Gleis in Verbindung mit Fester Fahrbahn

| Grundprinzip | Bauarten FF | Ausführung der Begrünung |
|--|-----------------------------------|--|
| Grünes Gleis auf FF aus Ortbetonkonstruktionen | Ortbetonplatte | Wachstumsschicht auf Vlies zwischen den Gleisen; darauf beliebiges Vegetationssystem. Bei tief liegender Lösung: Vegetationsmatten |
| | Ortbetonlängsbalken | Wachstumsschicht zwischen Betonlängsbalken; darauf beliebig gewähltes Vegetationssystem |
| | INFUNDO LR-MTP | Wachstumsschicht zwischen den Gleiströgen; darauf beliebig gewähltes Vegetationssystem |
| | BES | Ausführung nur mit hoch liegender Vegetationsebene und Vegetationsmatten |
| Grünes Gleis auf FF aus Stahlbeton-Fertigteilen mit Ortbetonergänzungen („eingelagerte Systeme“) | Freiburg | Wachstumsschicht zwischen Betonlängsbalken; darauf beliebig gewähltes Vegetationssystem |
| | Rheda-City | Wachstumsschicht auf Vlies zwischen den Gleisen; darauf beliebiges Vegetationssystem. Bei tief liegender Lösung: Vegetationsmatten |
| | INPLACE | Bei Längsbalken wie Freiburg; bei Lösung mit Ortbetonplatten sehr niedrige Wachstumsschicht: daher Vegetationsmatten |
| | Bremen | Wegen niedriger Höhe der Wachstumsschicht oberhalb der Schwellen kommen vorzugsweise Vegetationsmatten oder Rollrasen in Betracht |
| | INFUNDO LR-HFT | Gleistrog wird mit Wachstumsschicht aufgefüllt; darauf beliebig gewähltes Vegetationssystem. |
| Grünes Gleis auf FF aus Stahlbeton-Fertigteilen („aufgelagerte Systeme“) | Stahlbeton-Fertigteil-Längsbalken | Wachstumsschicht zwischen den Fertigteil-Längsbalken; darauf beliebig gewähltes Vegetationssystem |
| | Stahlbeton-Fertigteil-Gleisroste | Wachstumsschicht in Gleisrosttrog einfüllen; darauf beliebig gewähltes Vegetationssystem |
| | ATD-G | Zwischen Asphaltsschicht und Zwei-Block-Schwellen Wachstumsschicht einfüllen; darauf beliebig gewähltes Vegetationssystem |
| | Getrac | Wegen niedriger Höhe oberhalb der Spannbeton-Schwellen vorzugsweise Vegetationsmatten |
| | BTD | Wegen niedriger Höhe oberhalb der Spannbeton-Schwellen vorzugsweise Vegetationsmatten |

Sicherheitsaspekte bei Bau und Instandhaltung von Schienenfahrwegen

6.1 Arbeitsschutzbestimmungen

Unter dem Begriff „Arbeitsschutz“ werden Maßnahmen zur Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit verstanden, die aus einer umfassenden Sicht zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren dienen.

Der Erlass der dafür erforderlichen Arbeitsschutzgesetze und -Verordnungen sowie der entsprechenden Unfallverhütungsvorschriften erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland in einem dualen Arbeitsschutzsystem: durch den Staat und durch die gesetzlichen Unfallversicherungsträger.

Staatliche Arbeitsschutzbestimmungen

Die Arbeitsschutzbestimmungen des Bundes gliedern sich in Gesetze, zugehörige Verordnungen, Allgemeine Verwaltungsvorschriften, Richtlinien und weitere Technische Regeln.

Nachfolgend sollen die im Zusammenhang mit dem Verkehrswegebau wichtigsten Arbeitsschutzbestimmungen des Bundes aufgezeigt werden.

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [1.2/18] dient dazu, die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern. Es regelt für alle Tätigkeitsbereiche:

- Allgemeine Grundsätze bei der Planung und Bauausführung,
 - die grundlegenden Pflichten des Arbeitgebers,
 - die Pflichten und Rechte der Beschäftigten,
 - die Überwachung des Arbeitsschutzes nach diesem Gesetz durch staatliche Behörden.
- Im § 4 des ArbSchG sind „Allgemeine Grundsätze“ dargestellt (Bild 6.1/1), nach denen die Planung und die Aus-

führung eines Bauvorhabens im Hinblick auf Sicherheit und Gesundheit zu erfolgen hat.

Diese Grundsätze sind bei der Ermittlung sowie bei der Festlegung der erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes, ihrer Durchführung und der Kontrolle ihrer Wirksamkeit zu berücksichtigen.

Ziel ist es, durch eine integrative Berücksichtigung dieser Grundsätze Sicherheits- und Gesundheitsrisiken vorausschauend zu vermeiden bzw. zu minimieren und frühzeitig Maßnahmen mit einer möglichst großen Reichweite und Wirksamkeit zu ergreifen.

Dies erfordert in sämtlichen Phasen der Planung und der Ausführung einer Baumaßnahme eine Abschätzung, ob durch die vorgesehenen Planungen Risiken für Sicherheit und Gesundheit bei der Ausführung des Bauvorhabens entstehen können und wie die Planungen ggf. zur Vermeidung bzw.

Safety considerations when constructing and maintaining railway tracks

Health and safety provisions

6.1

The term 'health and safety' includes a comprehensive set of measures designed to ensure the health and safety of employees by preventing industrial accidents, occupational diseases and job-related health hazards.

In Germany, the requisite occupational health and safety laws and ordinances and corresponding accident prevention regulations are promulgated under a dual system: the former by the State, and the latter by statutory accident insurers.

Federal occupational health and safety provisions

The provisions adopted by the federal government are divided into laws, associated ordinances, general administrative provisions, guidelines, and additional technical rules.

The key provisions relating to the construction of transport infrastructure are touched on below.

Protection of Labour Act (ArbSchG)

The Protection of Labour Act (ArbSchG) [1.2/18] serves to guarantee employees' protection at work through occupational health and safety measures. For all areas of activity it regulates the following:

- general principles at the planning and construction stages;
- the basic obligations of employers;
- the rights and obligations of employees;
- the monitoring of the law's occupational health and safety provisions by government agencies.

Article 4 ArbSchG sets out some general principles (see Fig. 6.1/1) and stipulates that construction projects have to be planned and executed with due consideration of health and safety factors.

These principles must be taken into account when identifying and defining

the necessary health and safety measures, implementing them, and monitoring their effectiveness.

The objective is to be proactive and avoid or minimise health and safety risks through integrated consideration of the requisite principles, and also adopt the broadest and most effective measures at the earliest possible stage.

A prerequisite for this is the assessment at all stages during the planning and execution of a construction project of whether the proposed plans could create health and safety risks during the project's implementation and consideration of how the plans can be optimised, if necessary, to avoid or reduce any such dangers (risk analysis).

Article 15 (1) specifies that employees must participate as much as they can. They must also take steps to safeguard the health and safety of those