

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 5

1 Allgemeines 21

2 Der Aufbau des Gleises 24

2.1 Die Anlagenverhältnisse..... 24

2.1.1 Kreisbögen und Geraden..... 26

2.1.2 Überhöhung 26

2.1.3 Einbauneigung und Nennspurweite der Schienen 28

2.1.4 Spurerweiterungen 29

2.1.5 Übergangsbögen..... 29

2.1.6 Überhöhungsrampen..... 30

2.1.7 Längsneigung und Neigungswechsel..... 30

2.1.8 Streckenquerschnitte auf Erdkörpern..... 31

2.1.9 Fahrbahnquerschnitte..... 31

2.1.10 Planumsbreiten..... 32

2.1.11 Kritische Geschwindigkeiten für den schweren Oberbau..... 33

2.1.12 Die Höchstgeschwindigkeiten bei verschiedenen Bahnen 33

2.2 Statische Kräfte am Gleis 34

2.2.1 Vertikalkräfte 34

2.2.2 Schienenlängskräfte 34

2.2.3 Querkräfte 35

2.3 Dynamische Kräfte am Gleis..... 36

2.3.1 Radlastverlagerungen 36

2.3.2 Schwingungsanregungen 36

2.3.3 Eigenschwingungen der Fahrzeuge und des Gleises 36

2.4 Widerstände im Gleis 38

2.4.1 Tragfähigkeit 38

2.4.2 Bettungsziffer C und vertikale Steifigkeit..... 38

2.4.3 Längswiderstände 44

2.4.4 Querverschiebewiderstand (QVW) 45

2.4.5 Der Kraftfluss vom Rad zum Untergrund..... 50

2.5 Die Gleisberechnung 51

2.5.1 Die Schienenberechnung..... 51

2.5.2 Berechnung der Stützpunktkraft 60

2.5.3 Die Schwellenberechnung 60

2.5.4 Die Schienenbefestigungsberechnung 60

2.5.5 Die Schotterbelastungsgrenzwerte 61

2.6	Moderne Gleisberechnung unter Berücksichtigung dynamischer Effekte	62
2.7	Die stabile Lagerung des Gleisrostes.....	64
2.7.1	Bogenatmung.....	64
2.7.2	Das <i>Prud'homme</i> -Kriterium	65
2.7.3	Schientemperatur versus Verspannungstemperatur	65
2.7.4	Horizontale Lagestabilitätsberechnung in der Geraden.....	69
2.7.5	Horizontale Lagestabilitätsberechnung im Bogen.....	70
2.7.6	Vertikale Lagestabilitätsberechnung	72
2.7.7	Längsstabilität eines Gleises	72
2.7.8	Eigenschwingungen von Brücken	73
2.7.9	Gleitschichtedamm	74
2.7.10	Die Umweltproblematik von Gleisanlagen	74
2.7.11	Eigenfrequenzverhalten.....	75
2.7.12	Schwingungsausbreitung.....	78
2.7.13	Umwelteigenschaften von Eisenbahnstrecken	83
2.7.14	Maßnahmen zur Minderung des Umwelteinflusses.....	84
2.8	Schlussfolgerungen für die Gleisinstandhaltung	86
2.9	Instandhaltungsmaßnahmen	88
3	Die Schienen	89
3.1	Anforderungen an Schienen	89
3.2	Die Schienenerzeugung	89
3.3	Schientypen.....	90
3.3.1	Naturharte Schienen.....	90
3.3.2	Wärmebehandelte Schienen	90
3.3.3	Hoch legierte Schienen.....	94
3.3.4	Bainitische Schienen.....	94
3.4	Chemische Zusammensetzung von Schienenstählen.....	95
3.5	Statische Härteprüfung	96
3.5.1	Brinellhärte	96
3.5.2	Vickershärte	96
3.5.3	Rockwellhärte.....	96
3.6	Spannungs-Dehnungs-Diagramm	96

3.7	Kennzeichnung von Schienen	97
3.8	Schienenformen	97
3.8.1	Asymmetrische Schienenprofile in engen Radien	102
3.8.2	Die ballige Schiene zur Verbesserung des Laufverhaltens von Eisenbahnfahrzeugen.....	104
3.9	Schienenlängen	104
3.10	Lärmabstrahlung von Schienen	104
3.11	Beanspruchung der Schienen	105
3.11.1	Beanspruchungen durch vertikale Radlast	105
3.11.2	Beanspruchung durch Führungskräfte	106
3.11.3	Beanspruchung durch dynamische Kräfte	106
3.11.4	Längskräfte infolge von Temperaturänderungen.....	107
3.11.5	Längskräfte infolge der Antriebs- und Bremskräfte.....	107
3.11.6	Spannungen in der Schiene.....	107
3.11.7	Einfederung des Schienenkopfes.....	109
3.11.8	Beanspruchung durch Baufahrzeuge.....	110
3.12	Vergütung von Schienen	110
3.12.1	Schienenhärtung	110
3.12.2	Oberflächenbehandlung von Schienen.....	110
3.13	Schienenberechnung	111
3.14	Dauerfestigkeit von Schienen	112
3.15	Verschleißverhalten von Rad- und Schienenstählen	112
3.15.1	Die magische Verschleißrate	113
3.15.2	Seitlicher Schienenverschleiß	114
3.15.3	Vertikaler Schienenverschleiß	116
3.16	Schweißen von Schienen.....	116
3.16.1	Die Thermitschweißung	116
3.16.2	Die Abbrennstumpfschweißung	116
3.16.3	Schienenbrüche an Schweißstellen.....	118
3.17	Verlegen, Verschweißen und Verspannen der Schienen.....	119
3.17.1	Die Neutraltemperatur	119
3.17.2	Herstellen durchgehend verschweißter Gleise	120
3.17.3	Temperaturerhöhung durch lineare Wirbelstrombremse	122
3.17.4	Schienenenerwärmung durch „klassisches“ Bremsen.....	122

3.18	Schienenschäden	123
3.18.1	Rollkontaktermüdung und Verschleiß.....	123
3.18.2	Head Checks	128
3.18.3	Belgrospis	130
3.18.4	Squats.....	130
3.18.5	Fahrkantenschäden an eingleisigen Strecken.....	130
3.18.6	Eindrückungen	131
3.18.7	Schleuderstellen	131
3.18.8	Schlupfwellen – kurze Wellen.....	131
3.18.9	Riffel	131
3.18.10	Walzfehler.....	136
3.18.11	Rissauslösung und Risswachstum.....	136
3.18.12	Das Messen der Schienenabnutzung.....	137
3.19	Die Bearbeitung der Schienen im Gleis	137
3.19.1	Behandlung eingefahrener Schienenstöße	137
3.19.2	Behandlung von Riffeln und Schlupfwellen.....	138
4	Die Schienenbefestigung	140
4.1	CEN-Norm für Schienenbefestigungen	140
4.1.1	Anforderungen an die Schienenbefestigungen	140
4.2	Die Aufgaben der Schienenbefestigung	140
4.3	Die wirkenden Kräfte	141
4.3.1	Vertikale Kräfte	141
4.3.2	Horizontale Kräfte (quer zum Gleis).....	141
4.3.3	Kräfte in Längsrichtung des Gleises.....	142
4.4	Unterschiede starre/elastische Schienenbefestigung	143
4.5	Die Zwischenlagen	144
4.6	Die konstruktive Ausbildung der Schienenbefestigung	146
4.6.1	Die Schienenbefestigung auf Holzschwellen	146
4.6.2	Die Schienenbefestigung auf Stahlschwellen	149
4.6.3	Die Schienenbefestigung auf Betonschwellen.....	149
4.6.4	Schienenverbindungen	155
4.7	Die Prüfung der Schienenbefestigungen	156
4.8	Prüfung der Befestigungsmittel mittels Messwagen GRMS	157

5	Die Schwellen.....	158
5.1	Vergleich Holz- und Betonschwellen.....	158
5.2	Die Aufgaben der Schwellen.....	159
5.3	Die Holzschwellen	159
5.3.1	Behandlung von Holzschwellen	161
5.3.2	Schäden an Holzschwellen	162
5.3.3	Instandhalten der Holzschwellen im Gleis	162
5.3.4	Einsatzerfahrungen mit Holzschwellen in den USA.....	162
5.3.5	Hartholz und Weichholz	164
5.4	Die Stahlschwellen	164
5.5	Die Stahlbetonschwellen	168
5.5.1	Zulassungsprüfungen und Anforderungen an Betonschwellen	168
5.5.2	Praktische Einsatzerfahrungen mit Betonschwellen.....	169
5.5.3	Zweiblockschwellen.....	169
5.5.4	Einblock-Betonschwellen.....	170
5.5.5	Betonschwellensonderformen.....	171
5.6	Die Berechnung der Schwellen	175
5.6.1	Entwurfs-Radlast	176
5.6.2	Berechnung der Querschwellen	176
5.6.3	Berechnung der Langschwellen.....	177
5.6.4	Berechnung der Schwellenplatten	177
5.6.5	Verteilung der Radsatzlast	177
5.6.6	Durchbiegungen der Schwelle	178
5.7	Die Widerstandskräfte gegen Quer- und Längsverschiebung	179
5.7.1	Widerstandskraft gegen Querverschiebung (QVW).....	179
5.7.2	Widerstandskraft gegen Längsverschieben.....	179
6	Der Schotter und das Schotterbett	180
6.1	Die Forderungen an das Schotterbett.....	180
6.1.1	Der Bettungsquerschnitt.....	180
6.1.2	Die Bettungsstoffe	181
6.1.3	Die Prüfung des Gleisschotters.....	183
6.1.4	Technische Lieferbedingungen des Gleisschotters	186
6.1.5	Die Verunreinigung des Schotters, Beurteilung des Verschmutzungsgrades.....	187

6.2	Die physikalischen Eigenschaften des Schotters, Scherverhalten.....	190
6.2.1	Statisches Scherverhalten	191
6.2.2	Statisches Scherverhalten verunreinigten Schotters, gebrauchten Schotters, Rundkieses und aufbereiteten Schotters.....	192
6.2.3	Statisches Scherverhalten mit optimalem Anteil von Distanzkorn	193
6.2.4	Dynamisches Scherverhalten.....	193
6.3	Die Reinigung des Schotters	194
6.3.1	Die Reinigung der Bettungsflanken	194
6.3.2	Die Reinigung des ganzen Schotterbettes	194
6.3.3	Die Leistung von Reinigungsmaschinen	196
6.3.4	Das Waschen des Schotters.....	196
6.4	Dimensionierung der Schotterbettung	196
6.4.1	Die optimale Schotterhöhe – Lastverteilung auf Schwellen.....	196
6.4.2	Schotterbedarf für Bettungsquerschnitte	197
6.5	Die Wiederherstellung des Schotterbettes	198
6.5.1	Die Wiederherstellung der Gleislage mit Maschinen	198
6.5.2	Die Arbeitstechnologie nach der Bettungsreinigung	198
6.6	Schotterverkleben	201
7	Das Planum	202
7.1	Allgemeines zum Tragverhalten des Gleises.....	202
7.1.1	Messung der Tragfähigkeit des Planums.....	202
7.1.2	Die Verdichtung des Planums – die Proctordichte	202
7.2	Die Entwässerung des Planums	203
7.3	Die Verstärkung des Planums.....	203
7.3.1	Die Verstärkung des Planums durch Pflasterungen, Platten	203
7.3.2	Die chemische Bodenumwandlung.....	204
7.3.3	Größere Dicke des Schotterbettes.....	204
7.3.4	PVC-Folien	205
7.3.5	Der Einbau von Schutzschichten	205
7.3.6	Der Einbau von Geokunststoffen.....	218
8	Der Untergrund.....	223
8.1	Die Bodenarten und deren Kennziffern	223
8.1.1	Die Bodenkennziffern.....	223
8.1.2	Die Tragfähigkeitskennwerte	227

8.2	Eigenschaften von Böden.....	228
8.2.1	Feuchtigkeit und Trockendichte	228
8.2.2	Plastizität (Atterberg Grenze – Ausrollgrenze)	228
8.2.3	Spannungs- und Dehnungsverhalten bei Böden	229
8.2.4	Die Tragfähigkeit der Böden.....	233
8.3	Schäden des Erdplanums.....	234
8.4	Ursachen der Schäden des Erdplanums.....	234
8.5	Folgen der Schäden des Erdplanums	235
8.6	Der ideale und der schlechte Boden.....	235
8.7	Die Beanspruchung des Untergrundes und das Setzungsverhalten.....	235
8.7.1	Bettungsmodul mehrschichtiger Systeme – Theorie nach <i>Odemark</i>	236
8.7.2	Spannungsverlauf im Mehrschichtsystem in der Lastachse.....	237
8.8	Verformungen des Untergrundes und des Erdbauwerks	240
8.9	Belastung des Erdplanums.....	241
8.10	Geometrische Anforderungen an das Erdplanum	242
8.11	Die Bodenuntersuchungen	242
8.11.1	Seismische Methode	242
8.11.2	Schlitzstab-Sondierung mit Probeentnahme	243
8.11.3	Untergrund-Untersuchungsmaschine (UUM).....	243
8.11.4	Auswertung der Längspfeilhöhe von Oberbaumesswagenfahrten	243
8.11.5	Steifigkeitsmessungen	243
8.11.6	Lanzeneindringtest – Drucksonde (Cone Penetration Test).....	244
8.11.7	Rammsondierungen	244
8.11.8	Schürfschlitze	244
8.12	Bodenverbesserung und Bodenverfestigung	244
8.12.1	Rütteldruckverdichtung.....	245
8.12.2	Rüttelstopfverfahren	245
8.12.3	Pfahlähnliche Tragglieder	246
8.13	Die chemische Bodenunmwandlung.....	246
8.13.1	Bodenverbesserung durch Kalk.....	246
8.13.2	Bodenstabilisierung durch Zement.....	246
8.13.3	Bodenverfestigung nach <i>Joosten</i>	247

8.14	Die Entwässerung des Bodens.....	247
8.14.1	Das Wasser im Boden	247
8.14.2	Einfluss des Wassers auf den Boden	248
8.14.3	Entwässerungsanlagen, Drainage.....	248
8.15	Die Frostepfindlichkeit des Untergrundes	250
8.15.1	Frostkriterium nach Casagrande	251
8.15.2	Schutz gegen Frostaufzüge	251
9	Die Gleisbauarten.....	252
9.1	Das Schottergleis	252
9.1.1	Ansätze zur Beschreibung der Gleisqualität	252
9.1.2	Eigenschaften der Gleisqualität.....	253
9.1.3	Eigenschaften des Schottergleises	256
9.1.4	Druckverlauf unter der Schwelle im Unterbau.....	262
9.1.5	Das Verformungsverhalten des Schottergleises.....	263
9.1.6	Kritische Schwinggeschwindigkeit und dynamisches Setzungsverhalten	273
9.1.7	Die Tragfähigkeit der Schotterbettung.....	275
9.1.8	Querverschiebewiderstand des Schottergleises.....	282
9.1.9	Kritische Geschwindigkeit und Deformationsenergie des Oberbaus.....	282
9.1.10	Ursachen für die Entstehung von Feinbestandteilen.....	284
9.1.11	Verteilung der Feinbestandteile im Schotterbett	285
9.2	Die Suche nach der optimalen Gleiskonstruktion.....	286
9.2.1	Das Modell von <i>JR Central</i>	286
9.2.2	Das Modell der <i>Delft Universität</i>	288
9.2.3	Das Modell der <i>TU Graz</i>	288
9.2.4	Dynamische Fahrbahnmodelle.....	292
9.3	Herstellung der Gleise mit höchster Anfangsqualität	293
9.4	Schottergleise mit Querschwellen.....	294
9.5	Schotteroberbau für Schnellfahrstrecken	295
9.5.1	Geforderte Eigenschaften für einen Schotteroberbau für Schnellfahrstrecken.....	295
9.5.2	Weiterentwicklungen des Schotteroberbaues	299
10	Die Feste Fahrbahn (FF).....	306
10.1	Die Forderungen an die Feste Fahrbahn.....	306
10.1.1	Setzungsfreier Untergrund.....	306
10.1.2	Fertigungspräzision und Festigkeit der oberen gebundenen Tragschichten	307
10.1.3	Fertigungspräzision und Festigkeit der unteren ungebundenen Tragschichten	307

10.2	Die Feste Fahrbahn in Tunneln	309
10.3	Die Feste Fahrbahn auf Erdbauwerken	309
10.4	Vergleich Schotteroberbau/Feste Fahrbahn	310
10.4.1	Vorteile der Festen Fahrbahn	311
10.4.2	Nachteile der Festen Fahrbahn	311
10.5	Wirtschaftlichkeit und Kosten der Festen Fahrbahn	312
10.6	Bauarten der Festen Fahrbahn	313
10.6.1	Eingelagerte Bauarten auf Stützpunkten mit Schwelle.....	313
10.6.2	Aufgelagerte Bauarten	318
10.6.3	Monolithische Bauarten auf Stützpunkten ohne Schwelle	321
10.6.4	Vorgefertigte Bauarten auf Stützpunkten ohne Schwelle	232
10.6.5	Kontinuierliche Lagerung mit eingegossener Schiene.....	326
10.6.6	Kontinuierliche Lagerung mit eingeklemmter Schiene.....	328
10.7	Vergleich der Bauhöhen der verschiedenen Bauarten der Festen Fahrbahn	330
10.8	Technischer und wirtschaftlicher Vergleich der FF-Bauarten	331
11	Rad-Schiene-Wechselwirkung	332
11.1	Fahrdynamik	332
11.1.1	Anfahrkräfte.....	332
11.1.2	Der Anfahrwiderstand w_a	332
11.1.3	Der Neigungswiderstand w_s	332
11.1.4	Der Krümmungswiderstand w_k	333
11.1.5	Der Laufwiderstand w_l der Fahrzeuge.....	333
11.1.6	Der Luftwiderstand	334
11.1.7	Laufwiderstand für Züge nach <i>Strahl</i> w_v	334
11.1.8	Beschleunigungswiderstand w_a	334
11.1.9	Äquivalente Konizität	335
11.2	Der Rad-Schiene-Kontakt.....	341
11.2.1	Die <i>Hertz'sche</i> Flächenpressung.....	342
11.2.2	Kontaktmechanik.....	342
11.3	Der Einfluss der Berührgeometrie Rad/Schiene	344
11.4	Mängel am Fahrzeug.....	344

11.5	Kräfte auf das Gleis durch dynamische Radlasten.....	345
11.5.1	Wechselwirkung des Fahrzeuges mit Gleislagefehlern.....	346
11.5.2	Dynamische Fahrzeugkräfte bei Einzelfehlern.....	348
11.5.3	Vertikaler Schwellenstoß bei Zugüberfahrt über Schwellenfehlagen	351
11.5.4	Eigenfrequenz Radsatz-Gleis	354
11.6	Schienefahrzeuglärm	354
11.6.1	Geräuschursache	354
11.6.2	Auswirkung der Schienenrauigkeit	356
11.6.3	Auswirkung der Radrauigkeit	357
11.7	Die Beurteilung und Messung der Fahrzeugreaktionen	358
11.7.1	SR-Verfahren der <i>DB AG</i>	358
11.7.2	VRA-System der <i>Nederlandse Staatsbahn (NS)</i>	358
11.8	Die Forderungen des Gleises an das Fahrzeug.....	358
11.9	Das optimale Fahrzeug	359
11.9.1	Die Gleislage – Mathematische Beschreibung als Grundlage für Fahrzeugauslegungen	359
11.9.2	Synthese eines klassifizierten Gleisfahrweges aus Gleisunebenheitsdichtespektren	362
11.9.3	Analyse der Fahrzeugreaktionen anhand klassifizierter Gleisfahrwege	362
11.9.4	Optimierungsmöglichkeiten der Fahrwerke	362
11.10	Neigezüge.....	362
11.10.1	Neigezüge mit aktiver Ansteuerung.....	363
11.10.2	Neigezüge mit passiver Ansteuerung	363
11.11	Überwachung der Fahrzeuge	364
12	Die Weichen	366
12.1	Die Aufgaben der Weichen, Kreuzungen und Kreuzungsweichen.....	366
12.2	Hauptarten der Weichen, Kreuzungen und Kreuzungsweichen.....	367
12.2.1	Einfache Weichen (EW).....	367
12.2.2	Doppelweichen (DW)	367
12.2.3	Kreuzungen und Kreuzungsweichen.....	368
12.2.4	Bogenweichen.....	368
12.2.5	Scheitelklothoidenweichen.....	368
12.3	Bezeichnung von Weichen.....	370

12.4	Elemente von Weichen.....	370
12.4.1	Die Zunge.....	370
12.4.2	Zungenrollvorrichtung	373
12.4.3	Fahrkantenoptimierung (FAKOP).....	373
12.4.4	Die Backenschiene	373
12.4.5	Das Herzstück.....	374
12.4.6	Die Flügelschienen.....	377
12.4.7	Der Radlenker	377
12.4.8	Weichenverschlüsse	378
12.4.9	Hydraulischer Weichenantrieb.....	378
12.4.10	Weichenheizung	378
12.4.11	Rillenweite, Leitweite und Leitflächenabstand	379
12.4.12	Weichendiagnosesysteme	380
12.5	Die schwingungsgedämpfte Weiche mit geteilten Langschwelen.....	380
12.6	Geometrie- und Konstruktionsmerkmale von Weichen.....	381
12.6.1	Die Seitenbeschleunigung.....	381
12.6.2	Die Seitenbeschleunigungsänderung (der Ruck)	382
12.6.3	Die Weichenneigung.....	382
12.7	Schematische Darstellung von Weichen.....	383
12.8	Setzungsverhalten von Weichen	383
12.9	Instandhaltung von Weichen	384
12.9.1	Weicheninspektion	384
12.9.2	Vorbereitungsarbeiten.....	384
12.10	Schienauszüge	385
13	Das Oberleitungssystem.....	386
13.1	Bahnstromarten.....	386
13.2	Gleichstromsysteme.....	387
13.3	Wechselstromsysteme	387
13.4	Die Fahrleitung	387
13.5	Luftstrecken.....	391

13.6	Oberleitungsbauweisen	391
13.7	Aufbau von Längskettenwerken	393
13.8	Rückführung des Traktionsstroms.....	394
13.9	Zulässige Berührspannungen	396
13.10	Wechselwirkung Stromabnehmer/Oberleitung	397
14	Grundbegriffe der Leit- und Sicherungstechnik im Eisenbahnbetrieb	398
14.1	Blockabschnitt.....	398
14.2	Gleisstromkreise	398
14.2.1	Isolierschienen	398
14.2.2	Isolierstöße	398
14.3	Achszähler	399
14.4	Punktförmige Zugbeeinflussung PZB	399
14.5	Linienförmige Zugbeeinflussung LZB	400
14.6	Das europäische Betriebsleitsystem ERTMS.....	400
14.7	Sicherheitsfahrschaltung Sifa	401
14.8	Heißläuferortung	401
15	Gleisinstandhaltung	402
15.1	Typische Durcharbeitszyklen	402
15.2	Instandhaltungsrichtwerte und Gefahrengrenzwerte	402
15.2.1	Instandhaltungsrichtwerte und Gefahrengrenzwerte für die Gleislage	403
15.2.2	Instandhaltungsrichtwerte Schienenoberflächenfehler	404
15.2.3	Instandhaltungsrichtwerte Schienenkopfquerprofil	404
15.3	Abnahmegenaugigkeiten	406
15.4	Gleisqualitätsbetrachtungen.....	407
15.4.1	Gleisqualitätsverlauf	407
15.4.2	Summenkurve der Gleisfehler	412
15.5	Die Wahl der optimalen Sperrpausendauer	414

15.6	Gleisgeometrieberichtigung.....	416
15.6.1	Messung der Gleisgeometrie	416
15.6.2	Vermarktes Gleis – Messung und Berechnung der Gleiskorrekturwerte.....	431
15.7	Berichtigung der Schienenfehler	504
15.7.1	Messung der Schienen.....	504
15.7.2	Berichtigung der Schienenfehler	507
15.8	Schotterbettbearbeitung.....	526
15.8.1	Messung des Schotterbettprofils	526
15.8.2	Schotterbettreinigung	527
15.8.3	Die Vegetationskontrolle	552
15.8.4	Vakuum-Fräs-Technik	553
15.8.5	Schotterverteilungs- und -transportsysteme	554
15.8.6	Schottervertei- und Schotterplaniermaschinen	556
15.8.7	BDS-System	560
15.9	Untergrundverbesserung	562
15.9.1	Messung der Untergrundverhältnisse.....	562
15.9.2	Einbau von Planumsschutzschichten	564
15.9.3	Bodenverbesserungsmethoden.....	573
15.10	Neubau und Umbau des Gleisrostes.....	575
15.10.1	Historischer Abriss.....	575
15.10.2	Gleisumbauzug.....	578
15.10.3	Schienenzieh- und -drückanlage.....	580
15.11	Weichenverlegung und Weichentransport	581
15.11.1	Steckerfertige Weichen.....	581
15.11.2	Weichentransportwagen Serie WTW.....	581
15.11.3	Weichenumbaumaschine Serie WM.....	582
15.11.4	Weichenumbau mit Kränen.....	583
15.11.5	Weichenumbau mit UWG	583
15.12	Gleisbaukräne.....	584
15.13	Oberleitungsinstandhaltung.....	584
15.13.1	Abtrag der bestehenden Oberleitungskette.....	585
15.13.2	Aufbau neuer Oberleitungskettenwerke	588
15.13.3	Aufbau der Verstärkungsleitung und des Rückleiters.....	591

16	Lebensdauerkosten von Bahnen.....	592
16.1	<i>UIC</i> -Studie zum Vergleich der LCC-Kosten von Bahnen	592
16.2	Kostentreiber	594
16.3	Kosteneinsparungspotenziale	595
16.4	Differential LCC-Kosten	596
16.4.1	Kapitalwertmethode und interner Zinssatz	596
16.4.2	Normkilometer	597
16.4.3	Zusammensetzung der Jahreskosten	597
16.4.4	Ergebnisse der Differenz LCC-Kostenrechnung	598
16.5	Gleiserhaltungskosten	601
16.6	Auswirkungen der Mechanisierung auf die Wirtschaftlichkeit der Oberbauinstandhaltung.....	601
16.7	Trassenpreise.....	603
	Literaturverzeichnis	604
	Stichwortverzeichnis	629
	Inserentenverzeichnis	656