

Inhalt

1	Einführung	13
1.1	Veränderte Rahmenbedingungen für Eisenbahnunternehmen	13
1.2	Strategien für Fahrleitungsanlagen.....	13
1.3	Innovation durch komplexe Maschinenteknologie	14
1.4	„Arbeitsverfahren zur mechanisierten Oberleitungsmontage“ nach UIC-Merkblatt 793 E	16
2	Fahrleitungsmontage	17
2.1	Grundsätze.....	17
2.2	Arbeitsvorbereitung für die Fahrleitungsmontage	19
2.3	Manuelle Arbeitsverfahren	20
2.3.1	Manuelle Demontage einer Fahrleitungskette	20
2.3.2	Manuelle Montage einer Fahrleitungskette	20
2.4	Maschinell unterstützte Montagetechnik für Fahrleitungsanlagen	22
2.5	Arbeitsschritte und Aufgaben bei einer Fahrleitungsmontage.....	28
3	Fahrleitungsmontagemethoden.....	35
3.1	Vorteile und Einsparungspositionen durch moderne Arbeitsverfahren mit Fahrleitungsbauzügen	35
3.2	Strukturelle Maßnahmen	37
3.3	Beispiel für konkrete Restrukturierungsmaßnahmen.....	37
3.4	Wettbewerbsfähige Kostenstrukturen	39
3.5	Multifunktionelle Teams für mechanisierte Arbeitsverfahren.....	39
4	Einsparungspotenziale bei verschiedenen Arbeitsverfahren	41
4.1	Ressourcenaufwand bei mechanisierten Arbeitsverfahren	41
4.2	Ressourcenaufwand bei herkömmlichen Arbeitsverfahren.....	42

5	Bewährte Fahrzeugkonzepte für mechanisierte Fahrleitungsdemontage- und Montageverfahren	43
5.1	Nachspannlänge (Sektionslänge)	43
5.2	Prinzipdarstellungen von Fahrleitungs-Arbeitsfahrzeugen	43
5.2.1	Montageturmwagen (MGW, leichte, zweiachsige Maschine).....	43
5.2.2	Motorturmwagen (MTW, universelle, leistungsfähige Drehgestellmaschine).....	44
5.2.3	Fahrleitungs-Windenwagen (FWW, gezogen oder mit Eigenantrieb)	45
5.2.4	Fahrleitungs-Installationsmaschine (FUM, Grundkonzept mit Eigenantrieb, alternativ auch als Containerlösung mit Zug-TFZ)	46
5.2.5	Arbeitsbühnenwagen (AW, zweiachsig, mit Eigenantrieb, (gezogen), Hubarbeitsbühne oder Plattform, Kran)	46
5.3	Beispiel 1 – Demontage der Fahrleitungskette	47
5.4	Beispiel 2 – Montage der Fahrleitungskette.....	49
5.5	Beispiel 3 – Montage der Verstärkungs- und Rückstromleiterseile	51
5.6	Beispiel 4 – Fahrdrahtwechsel.....	52
5.7	Beispiel 5 – Start des Montagevorgangs an der Fahrleitungs-Installationsmaschine	54
6	Montage- und Regulierungsbeispiele zu spezifischen Fahrleitungskomponenten	55
6.1	Grundlagen	55
6.2	Fahrleitungskette	55
6.3	Fundamente, Fundierung	55
6.4	Maste, Maststellen	57
6.5	Stützpunkte.....	58
6.6	Regulierung der Rohrschwenkausleger und Seitenhalter	60
6.7	Fahrdraht- und Tragseilfestpunkte.....	61
6.8	Ausführung und Montage elektrischer und mechanischer Trennstellen im Fahrleitungsnetz	62
6.8.1	Sektionstrennung	63
6.8.2	Bahnhof-Streckentrennungen	63
6.8.3	Ausführung von Systemtrennstellen	65

6.9	Einstellung von Streckentrennern	65
6.10	Einbau und Regulierung von Weichen in Fahrleitungssystemen	66
6.11	Montage von Stromschienen	68
6.12	Einstellung der Nachspannvorrichtungen (Radspannwerke)	70
6.13	Strombelastbarkeit	72
6.14	Hänger zwischen Fahrdraht und Tragseil	73
6.15	Elektrische Verbinder (Stromausgleichsverbinder)	73
6.16	Fahrdrahtanhub am Stützpunkt	74
6.17	Stützpunktbaugruppen – Infrastrukturlichtraum	74
6.18	Fahrdrahthöhe über SOK	74
6.19	Querseilfelder	75
7	Fahrleitungs-Arbeitsmaschinen	77
7.1	Konzepte und Technik	77
7.1.1	Strategien	78
7.1.2	Manuelle Montageverfahren	79
7.1.3	Mechanisierte Arbeitsverfahren (Fließband-Verlegetechnik)	80
7.1.4	Konzepte	80
7.2	Sicherheitstechnische Anforderungen an Fahrleitungs-Installationsmaschinen (FUM)	81
7.2.1	Zielsetzungen der Maschinen- und Montagetechnik	81
7.2.2	Verwendete Maschinenkonzepte bei Fahrleitungs-Installationsmaschinen	83
7.2.3	Zugkraftsteuerung bei kontinuierlichen Montageverfahren	84
7.2.4	FUM mit umfassender Arbeits- und Maschinentechnologie	85
7.2.5	FUM mit alternativer Technologie zur Zugkraftsteuerung	89
7.2.6	Beispiele für modifizierte Maschinentechnologien	91
7.2.7	Beispiel – FUM mit einfacherer Maschinentechnologie für kleinere Zugkräfte	95
7.2.8	Beispiel – Montagetechnik mit einer nachträglichen Zugkraftherhöhung	96
7.2.9	Weitere Funktionen und Hinweise zur FUM-Technologie	98
7.2.10	Beispiel – Messung der Zugkraft in den Windensystemen	99
7.2.11	Längenänderung und Feinwelligkeit im Montageprozess	99
7.3	Fahrleitungs-Montagemaschinen (MTW)	101
7.3.1	Kategorien von Fahrleitungs-Montagemaschinen	104
7.3.2	Arbeitstechnische Anforderungen an Fahrleitungs-Arbeitsmaschinen	109

7.3.3	Sicherheitstechnische Optionen je nach Verwendung und Funktionalität	112
7.3.4	Beispiele für Hebehilfen.....	113
7.3.5	Beispiel für eine Maschinenteknologie für das Verlegen von Stromschienen	115
7.4	Alternative Motortechnologien für Antrieb und Arbeitskomponenten	116
8	Mitarbeiterbedarf, Personalstunden und Arbeitszeiten.....	119
8.1	Erneuerung von 1 km Fahrleitungskette.....	119
8.2	Fahrdrahtwechsel von 1 km Fahrleitung	119
9	Kostenstrukturen bei Fahrleitungs-Montageverfahren.....	121
9.1	Einsatzplanung	121
9.2	Bandbreite – weitere Abhängigkeiten.....	121
9.3	Annahmen für einen Vergleich der Gesamtkosten.....	121
9.4	Weitere Einflussfaktoren.....	122
10	Qualitätsüberwachung mit Messverfahren	125
10.1	Zielsetzung.....	125
10.2	Messaufgaben	125
10.3	Sicherstellung der Anlagenverfügbarkeit von Fahrleitungen durch ständiges Monitoring	126
10.4	Messmethoden	128
10.4.1	Fahrleitungsinspektion mit adaptierten Stromabnehmern	128
10.4.2	Fahrleitungsinspektion mit berührungslosen Messverfahren (FD-Höhenlage und -Seitenlage)	130
10.4.3	Messung der Fahrdrahtstärke und des Verschleißes	131
10.4.4	Kontaktkraftmesssysteme.....	133
10.4.5	Verortung	134
10.4.6	Videoinspektionssysteme.....	135
10.4.7	Schleifleistenüberwachung.....	135
10.4.8	Messgenauigkeit – Messtoleranzbereiche	136
10.4.9	Fernwartung, Digitalisierung	137
10.4.10	Darstellung der Messergebnisse	137
10.4.11	Bezug zu Messungen der Infrastruktur – Gleislage	137

10.5	Weitere Beispiele	138
10.5.1	Kontrolle des Fahrdradhanubs	138
10.5.2	Fahrdradhanubmessung mit Seilzug und Potentiometer.....	139
10.5.3	Fahrdradhanubmessung mittels Videoaufzeichnung.....	140
10.5.4	Beobachtung des Fahrdrahtverschleißes	141
10.5.5	Kontrollen an Nachspannvorrichtungen.....	141
10.5.6	Visuelle Kontrolle der Anlageteile.....	142
10.5.7	Fahrleitungs-Messtechnik – Vorgaben aus den Normen	143
10.5.8	Kennwerte und Zusammenhänge nach EN 50119	143
10.5.9	Kennwerte und Zusammenhänge nach EN 50149	144
10.5.10	Kennwerte und Zusammenhänge nach EN 50367	144
10.5.11	Kennwerte und Zusammenhänge nach EN 50317	145
10.5.12	Kennwerte und Zusammenhänge nach EN 50318	145
10.5.13	Kennwerte und Zusammenhänge nach EN 50388	146
11	Systemweiterentwicklung für die Montagetechnologie mit Fahrleitungs-Installationsmaschinen.....	147
11.1	Einleitung	147
11.2	Materialparameter der Fahrdrähte.....	148
11.3	Mögliche Ursachen von Fahrdrachtwelligkeit bei der Montage und Fertigung.....	149
11.3.1	Eingeprägte Verzerrungen und Krümmungen während des Herstellungsprozesses ...	149
11.3.2	Lokale Instabilitäten während des Aufwickelns auf die Fahrdrachttrommel	149
11.3.3	Während des Abwickelvorganges induzierte Imperfektionen	150
11.3.4	Bleibende vertikale Deformationen nach dem Abtrommeln und Verlegen	150
11.4	Mechanische Modellierung des elasto-plastischen Fahrdrachts.....	150
11.4.1	Vollständig elastischer Zustand	150
11.4.2	Einseitig plastischer Zustand.....	151
11.4.3	Zweiseitig plastischer Zustand	151
11.4.4	Vollplastischer Zustand	152
11.5	Simulation an einem konkreten Maschinenkonzept	152
11.5.1	Normalkräfte.....	153
11.5.2	Chronologischer Ablauf der Drahtverlegung mit Hilfe FUM	154
11.6	Reibwertmessungen.....	157
11.7	Kriechverhalten – Kriechprüfungen	158
11.8	Längenänderung des Rillenfahdrahtes AC-150 mm²	161
11.9	Schlussfolgerung.....	162

12	Traktionsmechanik für Fahrleitungs-Arbeitsmaschinen	163
12.1	Systemrelevante Kennwerte für Fahrleitungen auf Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsstrecken	164
12.2	Nennzugkräfte von neuen Fahrleitungssystemen.....	164
12.3	Fahrzeuggewichte von selbstfahrenden Montagemaschinen.....	165
12.4	Fahrzeuggewichte von Triebfahrzeugen für gezogene Fahrleitungsmontageeinheiten.....	165
12.5	Abschätzung der notwendigen Zugkräfte	165
12.6	Berechnung der Antriebsleistung	167
12.7	Analyse und Ergebnis.....	168
12.8	Abschätzung der erforderlichen Anfahr- und Montagezugkraft beim Montagevorgang mit gezogenen Fahrleitungsmontageeinheiten.....	168
12.9	Notwendige Zugkräfte beim Montagevorgang für selbstfahrende Zweigefahrzeuge	168
13	Elektrotechnische Personen- und Arbeitssicherheit	169
13.1	Grundlagen	169
13.2	Elektrotechnische Personensicherheit	170
13.2.1	Einsatz von Arbeits-/Baumaschinen auf elektrisch betriebenen Strecken	173
13.2.2	Gefahrensituation bei gerissenen Hochspannungsleitungen	174
13.3	Technik der Rückstromführung.....	175
13.4	Erdungsmaßnahmen an FUM und MTW	179
14	Sicherheitsanforderungen für Arbeiten in Fahrleitungsbereichen.....	185
14.1	Sicherheitsmaßnahmen an Fahrleitungsmaschinen	185
14.2	Sicherheitstechnische Anforderungen in den Normen	189
14.3	Beispiele – Begrenzung des seitlichen Arbeitsbereichs (Gegengleissperre)...	189

15	Technologie der Instandhaltung und Anlagenkontrolle	193
15.1	Tätigkeiten und Zeitvorgaben	194
15.1.1	Beispiel – Nettoarbeitszeiten für Kontrolltätigkeiten.....	195
15.1.2	Tätigkeiten bei zustandsorientierten Instandhaltungskonzepten.....	195
15.1.3	Einflüsse auf Instandhaltungskosten.....	196
15.1.4	Struktur von Instandhaltungs- und Interventionszentren – Rationalisierungsthematik.....	197
15.1.5	Beispiel – Inhaltliche/Organisatorische Ausrichtung	200
15.2	Auszüge aus der TSI Energie zur Instandhaltung der Fahrleitung	202
15.3	Auszüge aus der EN 50119 zur Instandhaltung der Fahrleitung	202
	Quellenverzeichnis	203
	Normen und Regelwerke	206
	Stichwortverzeichnis	208
	Inserentenverzeichnis	212
	Der Autor.....	213