



Manfred Insigler

MONTAGEPROZESSE FÜR FAHRLEITUNGSANLAGEN

ABSTRACT



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Verlag: GRT Global Rail Academy and Media GmbH
Werkstättenstraße 18
D-51379 Leverkusen

Office Hamburg: Frankenstraße 29, D-20097 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 228679 506
Fax: +49 (0) 40 228679 503
Web: www.pmcmedia.com; E-Mail: office@pmcmedia.com

Geschäftsführer/
Publisher PMC Media: Detlev K. Suchanek
Redaktionsleitung: Dr. Bettina Guiot
Vertrieb und Buchservice: Sabine Braun

Satz und Druck: TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

© 2022 by PMC Media

1. Auflage 2022

ISBN 978-3-96245-240-7

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Trotz sorgfältiger Recherche war es leider nicht in allen Fällen möglich, die Urheber der Bilder zu ermitteln. Sollten ohne Absicht Bilder in unerwünschter Weise veröffentlicht worden sein, teilen Sie dies bitte dem Verlag mit.

Eine Publikation von

**PMC Media**
International Publishing

PMC Media ist die Verlagsmarke der
GRT Global Rail Academy and Media GmbH.

Inhalt

1	Einführung	13
1.1	Veränderte Rahmenbedingungen für Eisenbahnunternehmen	13
1.2	Strategien für Fahrleitungsanlagen.....	13
1.3	Innovation durch komplexe Maschinentechnologie	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 Trageiselfestpunkte.....	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 Fahrdrabt und Tragseil	73
6.15	Elektrische Verbinder (Stromausgleichsverbinder)	73
6.16	Fahrdrabtanhub am Stützpunkt	74
6.17	Stützpunktbaugruppen – Infrastrukturlichtraum	74
6.18	Fahrdrabhöhe 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 Zugkrafterhöhung	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 Maschinentechologie 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 Fahrdrachtrommel	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 Rillenfahrdrachtes 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 Zweiwegefahrzeuge	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

1 Einführung

1.1 Veränderte Rahmenbedingungen für Eisenbahnunternehmen

Leistungsfähige Verkehrssysteme sind eine wesentliche Voraussetzung für die günstige Entwicklung der volkswirtschaftlichen Kenndaten. Sie ermöglichen die aktive Entwicklung von Ballungsräumen und Industriezentren. Mit dem Ausbau der Schienenverkehrssysteme kann ein Beitrag für eine bessere Klimazielbilanz geleistet werden.

Durch die Liberalisierung am Verkehrsmarkt hat sich der Wettbewerb zwischen traditionellen Eisenbahnunternehmen und privaten Betreibern, aber vor allem auch zwischen den Verkehrsträgern Schiene, Straße, Schifffahrt und Flugverkehr enorm verschärft. Die Eisenbahnen versuchen im Personenverkehr mit höheren Betriebsgeschwindigkeiten bis 350 km/h und zusätzlich mit einer Verkürzung der Gesamtreisezeiten durch Optimierung von Umsteigerelationen, Marktanteile in diesem Wettbewerbsumfeld abzusichern bzw. zurückzugewinnen. Im Güterverkehr konzentriert man sich auf bestimmte Destinationen mit beschleunigten Transporten und den Ausbau des Logistiksystems. Ziel muss eine intensivere Nutzung der Schiene sein. Der Eisenbahn werden bei nachhaltiger Ergebnisverbesserung im Struktur, Kosten- und Logistikmanagement und bei entsprechender Flexibilität und Kundenorientierung gute Zukunftschancen eingeräumt.

Fahrleitungen sind ein wesentlicher Bauteil der Traktionsstromversorgung für den elektrischen Zugbetrieb und damit der Eisenbahninfrastruktur. Aktuell sind die Investitionskosten in die Infrastruktur sowie die Betriebskosten über den Lebenszyklus zu analysieren und zu reduzieren. Dazu gehören auch die Baukosten von Elektrifizierungsprojekten und die Instandhaltungskosten von Fahrleitungssystemen auf elektrisch betriebenen Strecken.

Parallel dazu hat man entsprechend dem Stand der Technik die Regelwerke in der europäischen Normung im Sinne einer einheitlichen und besseren Qualität und Interoperabilität nachgeführt.

Diese technisch begründeten und wirtschaftlichen Zielsetzungen führen auch zu einem Kostendruck. Damit entstanden optimierte Arbeitsverfahren bei der Fahrleitungsmontage. In der Folge entwickelten sich neue Anforderungsprofile für moderne Fahrleitungs-Installationsmaschinen mit einer innovativen Arbeitstechnologie.

1.2 Strategien für Fahrleitungsanlagen

Grundsätzliche Anforderungen für moderne Fahrleitungsanlagen für Hochgeschwindigkeits- und/oder Hochleistungsstrecken sind z. B.:

- ein hoher Qualitätsstandard
- eine optimierte Verfügbarkeit, Qualität und Zuverlässigkeit
- günstige Lebenszykluskosten (LCC)
- die Interoperabilitätskriterien
- einfache Instandhaltbarkeit
- Konzepte und Ausführung mit Aufwärtskompatibilität
- bestmögliche Güte der Stromabnahme für zugelassene Stromabnehmer (bei Einfach und Mehrfachtraktion) bei den vereinbarten Betriebsgeschwindigkeiten

Die Vorgaben an Traktionsstromversorgungssysteme für den elektrischen Zugbetrieb haben u. a. infolge der geforderten hohen Fahrgeschwindigkeiten und des stark gestiegenen Leistungsbedarfs auf Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsstrecken ständig zugenommen.

Die Konstruktionen reichen von der kostengünstigen Fahrleitung mit geringeren Ansprüchen an die Geometrie und Dynamik bis zu Kettenwerksfahrleitungen für HGVStrecken. Diese Kettenwerksfahrleitungen sind wegen der relativ einfachen Bauweise, der präzisen Fahrleitungsgeometrie und der guten elektrischen und dynamischen Eigenschaften eine bewährte Lösung. Im diesem System sind Fahrdrähte aus hochfesten Kupferlegierungen notwendig. Herstellung und Montage dieser Fahrdrähte haben einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Stromübertragung zwischen Fahrdraht und Stromabnehmer.

Die Normen geben sehr enge Toleranzen für die Geometrie, Lage, das Material, die Welligkeit und das statische sowie dynamische Verhalten vor.

Bei allen Kriterien wird vorausgesetzt bzw. es muss beurteilt werden, dass das technisch Mögliche wirtschaftlich vertretbar ist.

1.3 Innovation durch komplexe Maschinentechologie

Es wurden mechanisierte, d.h. maschinenunterstützte, weitgehend automatisierte Montageverfahren eingeführt. Die Mechanisierung im Fahrleitungsbau und in der Instandhaltung ist ein wesentlicher Beitrag für

- technisch und wirtschaftlich orientierte Arbeits und Montageverfahren,
- Leistungssteigerung durch innovative Arbeitstechnologie,
- Rationalisierungen durch höhere Arbeitsleistungen,
- bestmögliche Verlegequalität und Arbeitssicherheit.

Die folgenden Abbildungen zeigen aktuelle Beispiele für Fahrleitungs-Installations- und Fahrleitungs-Arbeitsmaschinen:



Abb. 1.1: Fahrleitungs-Montage- und Instandhaltungsfahrzeug ÖBB (MTW)



Abb. 1.2: MTW Elektrifizierungsprojekt Dänemark (Fotos: Plasser & Theurer)

5 Bewährte Fahrzeugkonzepte für mechanisierte Fahrleitungsdemontage- und Montageverfahren

5.1 Nachspannlänge (Sektionslänge)

Für die Ermittlung des Mitarbeiter- und Maschineneinsatzes sowie der Weg-Zeit-Abläufe wird eine Muster-Nachspannlänge (Mustersektion) mit 1500 m mit 22 Stützpunkten gewählt. Die Spannfeldlängen sind im Mittel mit 65 m angenommen. Die Sektionstrennungen sind über drei Spannfelder gezogen. In der Mitte der Nachspannlänge ist ein Festpunktanker eingebaut. Damit ist auch die Vergleichbarkeit der Konzepte möglich.

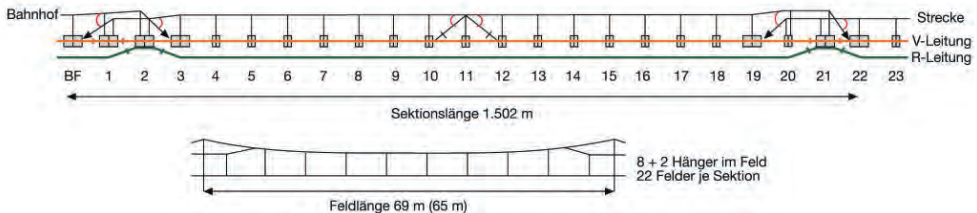


Abb. 5.1: Aufbau einer Mustersektion für FL, V-, R-Leitungen für die Vergleichbarkeit der Montagearbeiten (Quelle: Autor)

5.2 Prinzipdarstellungen von Fahrleitungs-Arbeitsfahrzeugen

Die folgenden Prinzipdarstellungen zeigen übliche Fahrleitungs-Arbeitsfahrzeuge. Auf diese Abbildungen wird bei den folgenden Abschnitten mit der Bezeichnung der Fahrleitungs-Arbeitsmaschine verwiesen. Konzepte, Technik und Aufgaben der Fahrleitungsarbeitsfahrzeuge werden in Kap. 7 beschrieben. Je nach Fahrzeugbestand können Montageturmwagen (MGW) oder Motorturmwagen (MTW) für die Vor- und Nacharbeiten bei den Demontage- und Montagearbeiten eingesetzt werden, wobei die MTW universeller und leistungsfähiger sind. In der Montagesequenz mit der Fahrleitungs-Installationsmaschine (FUM) werden bevorzugt der Arbeitsbühnenwagen (AW) und MTW verwendet.

5.2.1 Montageturmwagen (MGW, leichte, zweiachsige Maschine)

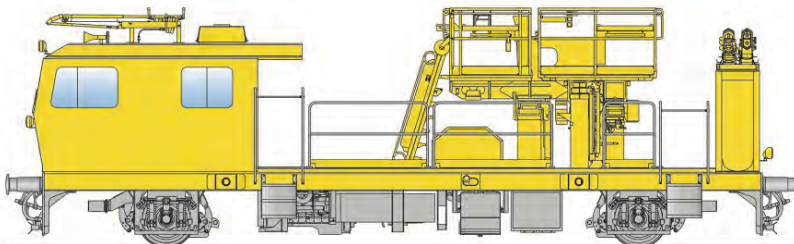


Abb. 5.2: MGW

(Prinzipzeichnung: Autor)



Abb. 5.3: Beispiel – zweiachsige Maschine mit dreigeteilter Säulenhebebühne, Kran, Manipulatoren, Messtechnik (Foto: Autor)

5.2.2 Motorturmwagen (MTW, universelle, leistungsfähige Drehgestellmaschine)

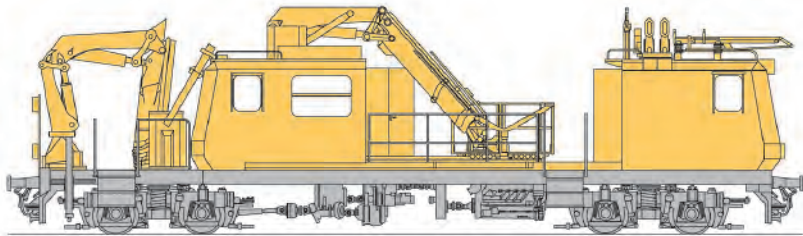


Abb. 5.4: MTW (Prinzipzeichnung: Autor)



Abb. 5.5: Beispiel – Drehgestellmaschine mit frei schwenkbarer Hubarbeitsbühne, Manipulatoren, Messtechnik (Foto: Autor)

Kommentierung des Verfahrens:

Bei den verteilten Arbeitsschritten über die Nachspannlängen vergleichbar mit den Vorgängen bei „herkömmlichen, händischen“ Montagekonzepten kann die Montagequalität beeinträchtigt sein.

Man versucht die bei der Verlegung entstandene Verformung und Welligkeit durch Ziehen und Ausrichten zu minimieren („Rückbildung“ der plastischen Verformungen).

Da die Zugkräfte beim „Reckvorgang“ das Material nur im elastischen Bereich beanspruchen dürfen, können sich Fahrdraht und Tragseil in der „Reckpause“ nur durch das „Aushängen und Ausrichten“ verlängern.

Im Fahrdraht entstandene Druck- und Zugzonen können durch den zusätzlichen Ziehvorgang nur im „Fließbereich“ minimiert werden. Das stellt einen Risikofaktor dar, da Verdrehungen des Fahrdrahtes in Längsachse (Lauffläche) damit nicht rückgebildet werden können.

7.2.9 Weitere Funktionen und Hinweise zur FUM-Technologie

Alle Funktionen sollten entweder automatisch oder auch manuell über Fernsteuerung gefahren werden können, sodass der Maschinenbediener die FUM auch bei außer der Regel liegenden Montagesituationen einsetzen kann.

Mit Hilfe des Zentralrechners werden alle relevanten Maschinen- und Messdaten aus der Montage, wie die Soll- und Ist-Zugkräfte, der Zustand der Motor-, Maschinen- und Fahrzeugdaten usw. erfasst und als Beleg für die Einhaltung der geforderten Montagekriterien nachweislich und reproduzierbar sichergestellt. Die Nennzugkräfte für den Arbeitsprozess können grundsätzlich bis 30 kN gehen, abhängig vom gewählten Maschinensystem. Für Hochgeschwindigkeitsfahrleitungen werden heute schon Zugkräfte mit 35 kN und mehr gefordert.

Als Arbeitsgeschwindigkeit sind üblich 3 bis 4 km/h gefordert, einige Maschinenkonzepte können Geschwindigkeiten bis 7 km/h leisten. Montagezeiten und Leistungskatalog sind in den Kapiteln 2 bis 4 dargestellt.

Je nach Nutzung können Anhängelasten bei einigen leistungsstarken FUM z.B. bis 40 t auf Steigungsgradienten bis 40 Promille vorgesehen werden. Mit diesem Leistungsvolumen können Arbeitswaggons für zusätzliche Speichertrommeln, Ausleger usw. mitbefördert werden. Bei Komplettierungsarbeiten werden Fahrleitungs-Arbeitsmaschinen aus arbeitstechnischer Sicht auch unmittelbar gekuppelt. Für Überstellfahrten kann eine Eigenfahrgeschwindigkeit von bis zu 100 km/h vom Kunden gefordert sein, für Überstellfahrten im Zugverband ebenfalls 100 km/h.

Alle Systeme sind auch für Verstärkungs- und Rückstromführungsseile geeignet, die Zugkräfte liegen dabei naturgemäß wesentlich niedriger. Dazu ist die FUM aber wegen der notwendigen Reichweiten bis zu den Mastspitzen mit MTW oder Arbeitsbühnenwagen zu unterstützen.

In den Abbildungen 7.22 und 7.23 sind drei Speichertrommeln gezeichnet, sodass bei Bedarf drei Leiter gleichzeitig mit drei Windensystemen verlegt werden können. Dazu sind dann drei Windensysteme neben- bzw. hintereinander und drei Verlegemaste notwendig.

Ausgeführte Beispiele zeigen, dass die Windenräder am Arbeitswaggon annähernd parallel oder schräg zur Gleislängsrichtung montiert sein können oder senkrecht übereinander. Die Verlegemaste muss man in der Höhe verstellen und je nach Konstruktion seitlich verschieben oder neigen können, um die Leiter in die richtige Montageposition im Fahrleitungssystem zu bringen.

7.2.10 Beispiel – Messung der Zugkraft in den Windensystemen

Für eine gute Messgenauigkeit ist es zielführend, die Zugkraft ohne Kontakt mit dem Fahrdraht/Leiter zu messen. Die Vorteile sind zuverlässig, wartungsfrei, keine Drahtverformung, Fahrdrahtform und Durchmesser sind ohne Einfluss.

Verschiedene Versionen werden je nach der FUM-Maschinenteknik angewandt, die Messungsgenauigkeit liegt bei einem geringen Prozentanteil:

Die Zugkraft kann mit einem elektronischen Dehnmessstreifen an der Drehmomentstütze des letzten umschlungenen Windenrades (also am Abgang zu den Verlegemasten und zur Fahrleitungsanlage) gemessen werden.



Abb. 7.27: Messsystem im Fahrdrachtzulauf

(Foto: Plasser & Theurer)

Mit der Fahrdraht-/Seilführung über eine Rollenumlenkvorrichtung (Balkensystem) wird die Leiterzugkraft mitgemessen. Fahrdraht und Seile laufen mit der endgültigen Zugkraft aus dem Windensystem und werden über die Rollenumlenkvorrichtung zu den Verlegemasten und zur Fahrleitungsanlage geführt. Die Umlenkvorrichtung ist am unteren Ende drehbar gelagert und am oberen Ende über Federn und Kraftmessdosen am Chassis abgespannt. Das System ist in den Abbildungen 7.15 bis 7.17 erfasst. Nach einem ähnlichen Prinzip wird z. B. der Rahmen, der die vertikal angeordneten Windenräder trägt, am unteren Ende drehbar gelagert. Die Drehbewegung des gesamten Windensystems, die als Reaktion von der Krafteinwirkung aus der aktuellen Zugkraft kommt, wird wieder z. B. über den Federweg bzw. Kraftmessdosen gemessen.

7.2.11 Längenänderung und Feinwelligkeit im Montageprozess

Fahrdrähte und Tragseile dürfen bei Zugbelastung nur im elastischen, also reversiblen Dehnungsbereich beansprucht werden. Es sind die Nennzugkraft, dazu die Sicherheitsfaktoren nach EN 50119 und die Materialeigenschaften nach EN 50149 (Spannungs- und Dehnungsverhalten) zu berücksichtigen.

Darüber hinaus schließt nach Abschluss der Montage, die nach herkömmlichen Verfahren durchgeführt wurde, unter der Belastung mit der Nennzugkraft eine unelastische, irreversible Längung (auch „Kriechen, Reckung“ genannt) an. Dieser irreversible Anteil hängt von der Höhe

12 Traktionsmechanik für Fahrleitungs-Arbeitsmaschinen

Fahrleitungs-Installations- und -Arbeitsmaschinen müssen mit ihrer Motorleistung, den angetriebenen Achsen und ihrem Eigengewicht entsprechende Zugkräfte auf die Schiene bringen.

Die Zugkraft für selbstfahrende oder durch Triebfahrzeuge gezogene Fahrleitungsmontagemaschinen (FUM) muss größer sein als die Summe aller Fahrwiderstände, wie der Bewegungswiderstände (Fahrzeug-, Luft- und Beschleunigungswiderstand) und der Streckenwiderstände (wie Steigungs-, Krümmungs- und Tunnelwiderstände).

Die übertragenen Kräfte zwischen den Antriebsrädern und der Schiene müssen für den Geschwindigkeitsbereich Null bis zur Fahrzeughöchstgeschwindigkeit ausreichen.

Die Fahrleitungs-Installationsmaschine muss zusätzlich die Zugkräfte für Fahrdraht und Tragseil (Verstärkungs- und Rückleiterseile) übernehmen können. Fahrleitungs-Arbeitsmaschinen (MTW) haben ggf. entsprechende Anhängelasten (z. B. Arbeitswagen bei Bauzügen) zu ziehen.

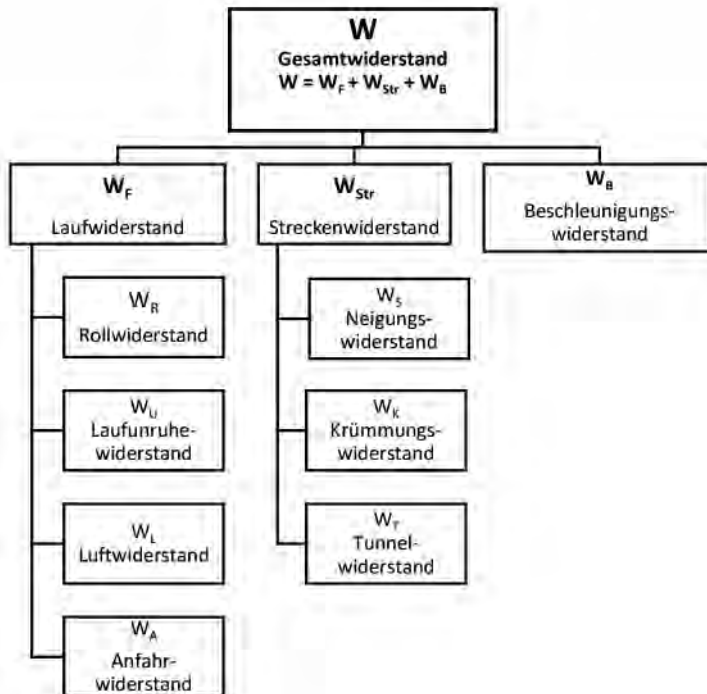


Abb. 12.1: Struktur der Fahrwiderstände

(Darstellung: Autor)

Die physikalische Grenze für die größte von den Treibachsen erreichbare Zugkraft (Adhäsion) ist proportional der darauf entfallenden Gewichtskraft und dem Reibungskoeffizienten (Haftwert μ). Der Reibungskoeffizient hängt stark von Umwelteinflüssen an der Kontaktfläche Rad/Schiene, vom Schienenzustand (Oberfläche) und u. a. auch stark von der Fahrgeschwindigkeit ab. In der Literatur wird bei „mittleren“ Verhältnissen ein Bereich von 0,15 bei Geschwindigkeiten >200 km/h und bis zu 0,33 bei rd. 5 km/h genannt. In der Praxis wird mit Reibungszahlen bei geringen Geschwindigkeiten mit μ von 0,3 und bei 200 km/h mit etwa 0,2 gerechnet.

An Kraftübertragungseinrichtungen zwischen dem Fahrzeugdieselmotor und den Radsätzen sind dieselektrische, hydrostatische, hydromechanische und hydrodynamische Systeme üblich.

Damit die technisch nutzbare Anfahr- und Montagezugkraft von der Fahrleitungs-Montage-maschine optimal auf das Gleis gebracht werden kann, werden die Achsen bevorzugt von einer Kombination aus Dieselmotor und hydrostatischem Wandler angetrieben. Das System der hydrostatischen Kraftübertragung hat ein sehr gutes Übertragungsverhalten bzw. eine gute Regelbarkeit.

12.1 Systemrelevante Kennwerte für Fahrleitungen auf Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsstrecken

Querschnitte Rillen-Fahrdrabt	allgemein verwendet 120, 150 mm ²
– Fahrdrabtmaterialien	vorrangig (Cu-ETP), CuAg 0,1, CuMg 0,2 bis 0,5, CuSn 0,2, 1,0, Valthermo CuSn 0,1
Querschnitte Tragseil	(50), 70, 95, 120, 150 mm ²
– Tragseilmaterial	Bz II, CuAg 0,1, Cu-ETP
Fahrdrabzugkräfte	15,0–27,0–31,5–(38) kN für ca. 160 km/h bis 350/400 km/h
Tragseilzugkräfte	10,0–21,0–(30) kN für ca. 160 km/h bis 350 km/h
Y-Beiseil	25, 35 mm ² ; Y-Zugkraft < 3,5 > kN
Systemhöhe	900–1800 mm (Tunnelbereich – freie Strecke)
Längsspannweite (gerade, freie Strecke) vorrangig	60 bis 65 m (Systeme auch bis 110 m)
Nenn-Fahrdrabhöhe	5300 mm, 5200 mm
Zick-Zack	+/- < 300 mm (+/- < 400 mm)
Stromabnehmer	1600 mm (Europawippe), 1950 mm
Stromversorgungs- und Verstärkungs-, Rückstromführungsseile	z. B. 150 mm ² CuAg 0,1, Cu-ETP, Aluminium-Stahl z. B. 260/23 mm ²
Nachspannlängen (Sektionslängen)	ca. 700 m bei Halbsektionen oder ca. 1200–1500 m bei „ganzen Sektionen“

Tab. 12.1: Beispiele für HGV-Fahrleitungen

Die Kennwerte sind in den TSI-ENE, EN 50119, EN 50163, EN 50317, EN 50367, EN 50318, EN 50388, EN 50149 insbesondere für Fahrdrähte und neu in der internationalen Norm für Tragseile IEC CDV 63190 festgelegt.

Nach TSI-ENE und EN werden grundsätzlich Wechselstromsysteme (15 und 25 kV) bei Elektrifizierung von Hochgeschwindigkeitsstrecken vorgeschlagen.

12.2 Nennzugkräfte von neuen Fahrleitungssystemen

Diese Nennzugkräfte müssen beim Montagevorgang mit mechanisierten Arbeitsverfahren (Fließbandtechnik) für selbstfahrende oder bei durch Triebfahrzeuge gezogenen Fahrleitungs-Installationsmaschinen zusätzlich zu den Fahr- und Beschleunigungswiderständen aufgebracht werden.

Dieses ABSTRACT bietet:

- eine Einführung in die Arbeitsverfahren der mechanisierten Fahrleitungsmontage
- Einsparungspotenziale bei verschiedenen Arbeitsverfahren
- Fahrzeugkonzepte für mechanisierte Fahrleitungsdemontage- und Montageverfahren
- Trends moderner Montage-, Instandhaltungs- und Schnellinterventionsmaschinen
- Expertise zur Fahrdrahtbeanspruchung im FUM-Windensystem
- Beispiele für die Regulierung von Fahrleitungssystemen und Komponenten
- Themenblöcke u. a. zu Messtechnik (Qualitätssicherung, Sicherheitsfunktionen), Arbeitssicherheit und innovativen Antriebssystemen

Extra: Dank des kostenlosen enthaltenen E-Books stehen Nutzern eines Endgeräts mit PDF-Reader (PC, Tablet, Smartphone) die Inhalte des Werks auch elektronisch und mit Suchfunktion zur Verfügung.

ISBN 978-3-96245-240-7



9 783962 452407