



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 Stromschiene..... | 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 Fahrdrabt 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.

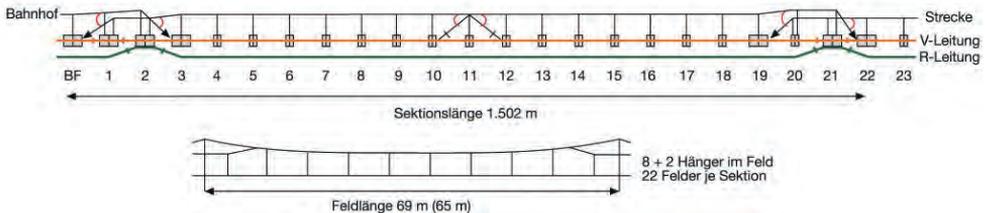


Abb. 5.1: Aufbau einer Mustersektion für FL, V-, R-Leitungen für die Vergleichbarkeit der Montagearbeiten (Quelle: Autor)

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)

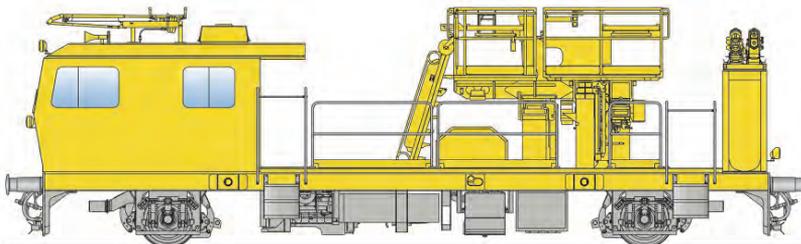


Abb. 5.2: MGW

(Prinzipzeichnung: Autor)



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

5.2.2 Motorturmwagen (MTW, universelle, leistungsfähige Drehgestellmaschine)

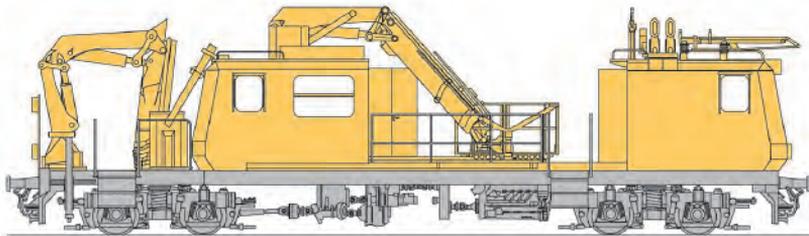


Abb. 5.4: MTW (Prinzipzeichnung: Autor)



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 Eigenfahr Geschwindigkeit 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 Messgenauigkeit 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.

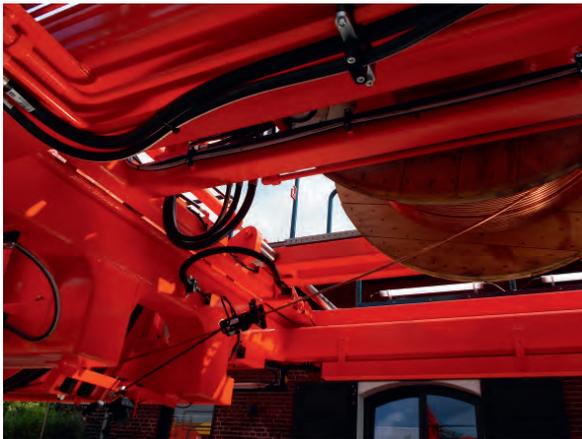


Abb. 7.27: Messsystem im Fahrdrachtzulauf

(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.

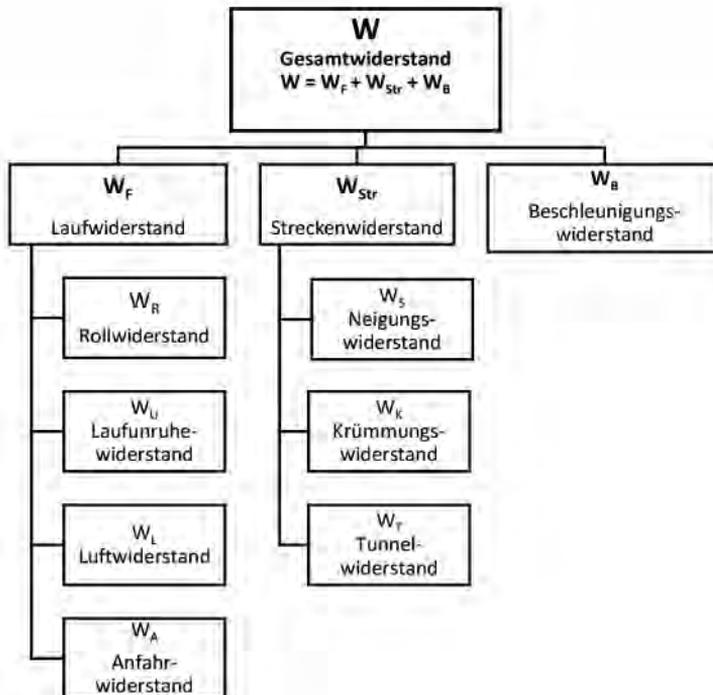


Abb. 12.1: Struktur der Fahrwiderstände

(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 |
| Fahrdrabtzugkräfte | 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-Fahrdrabthöhe | 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