

Fahrleitungsbau mit System

Zusammenfassung über ein Seminar an der Technischen Universität Graz

Dipl.-Ing. Manfred Irsigler
Technische Universität Wien

Veranstalter:

Union Europäischer Eisenbahn-Ingenieur-Verbände (UEEIV)

Union of European Railway Engineer Associations

Union des Associations Européennes d'Ingénieurs Ferroviaires

Eurail Forum

und mit freundlicher Unterstützung des Arbeitskreises Eisenbahntechnik (Fahrweg) der Österreichischen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (ÖVG)

Die Eröffnung erfolgte durch den Präsidenten der UEEIV, **Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Klaus Rießberger** (Vorstand an der Technischen Universität Graz) und den Vorsitzenden des Fahrleitungs-Seminars **Dipl.-Ing. Manfred Irsigler** (Lektor an den Technischen Universitäten Wien und Graz, Landesstellenleiter ÖVG Salzburg).

1 Vorbemerkung

Durch die Liberalisierung hat sich der Wettbewerb zwischen traditionellen Eisenbahnunternehmen und privaten Betreibern und parallel dazu auch zwischen den Verkehrsträgern (Schiene – Straße – Wasserwege – Flugverkehr) verschärft. In der Folge waren die Investitions-, Erneuerungs- sowie Instandhaltungskosten in der Bahninfrastruktur über den Lebenszyklus der Anlagen zu analysieren, zu reduzieren bzw. zu optimieren. Unterstützend hat man

in der europäischen Normung die Regelwerke (TSI, EN) dem Stand der Technik sowie im Sinne besserer Qualität und Stabilisierung der Kosten nachgeführt.

Die zunehmend höheren Forderungen an die Qualität, die Zuverlässigkeit, die Betriebssicherheit, die Verfügbarkeit und die Lebensdauer von Oberleitungen, insbesondere für Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsstrecken, haben die Planungsparameter, die Strategien für den Neubau und die Instandhaltung, die technischen Kennwerte und in der Folge die Technologien für eine maschinell unterstützte Montage und Instandhaltung verändert.

Mit diesen aktuellen Fragen wurde die Agenda des ersten Fahrleitungsseminars der UEEIV am 28. September 2009 ausgerichtet. Die Vorträge wurden zu folgenden Themen gehalten:

- Systemtechnik von modernen Hochgeschwindigkeitsoberleitungen – Qualitätssicherung durch TSI, EN und ÖBB-Richtlinien,
- Neues Planungstool für Fahrleitungen – Simulation des Stromabnehmerlaufes – qualitative Umsetzung mit modernem MTW 10,
- Elektrifizierungsprojekte in China,
- Vorteile und Performance durch mechanisierte Montageverfahren am Beispiel der Fahrleitungs-Neubaumaschine FUM 100.128,
- Elektrifizierung und Erneuerung mit einer Fahrleitungs-Neubaumaschine FUM 100.080 – Erfahrungsbericht über Montagequalität und Kosteneffizienz,
- Realisierung von Fahrleitungsprojekten – optimierte Arbeitsverfahren mit mo-

derner MTW-Fahrzeug- und Arbeitstechnologie – Qualitätssicherung durch innovative Messsysteme sowie

- Fahrleitungsbau mit Systemen von Plasser & Theurer.

Die Teilnahme von ca. 150 Experten aus 16 Ländern am Fahrleitungsseminar hat gezeigt, dass zu diesem speziellen Fachbereich der Eisenbahninfrastruktur ein großer Bedarf an Information und an Erfahrungsaustausch besteht. Die Zielgruppen für die an Experten und Organisationen ergangenen Einladungen und die Ankündigung im Internet waren Führungskräfte und Mitarbeiter von Bahn- und Infrastrukturunternehmen, von Fahrleitungsfachfirmen, von Universitäten sowie von Vertretern von Behörden.

Dieses Fahrleitungsseminar wurde am 29.09.2009 mit einem internationalen Workshop „Fahrwegoptimierung – Rad/Schiene System – Zusammenwirken Fahrzeuge/Gleis“ ergänzt.

Diese unmittelbare Kombination der Fahrwegthemen Oberleitung und Oberbau hat das Interesse der Teilnehmer von beiden Veranstaltungen besonders geweckt. Man

konnte sich unmittelbar über die Techniken, die Neuerungen und die Verfahren gegenseitig informieren, es wurden Berührungspunkte und Nahtstellen diskutiert. Letztlich haben diese beiden Veranstaltungsböcke zu einem intensiveren Verständnis der beiden Fahrweg-Fachgruppen beigetragen. Das Kennenlernen und damit das „Netzwerken“ wurden durch einen gemeinsamen ÖVG-Abend am Grazer Schlossberg unterstützt und erleichtert.

2 Systemtechnik von modernen Hochgeschwindigkeitsoberleitungen – Qualitätssicherung durch TSI, EN und ÖBB-Richtlinien

Der Beitrag wurde von Ing. Franz Kurzweil, GB Engineering Services Systeme – Produkte, Infrastruktur Bau AG, Leiter Energietechnik/Oberleitungsanlagen gehalten.

Der Vortrag gab einen Überblick über die Aufgaben und den Verantwortungsbereich der Organisationseinheit Engineering Services Systeme und Produkte bei den ÖBB. Die Zuständigkeit liegt bei der Technischen Reglementierung (Technische Richtlinien,

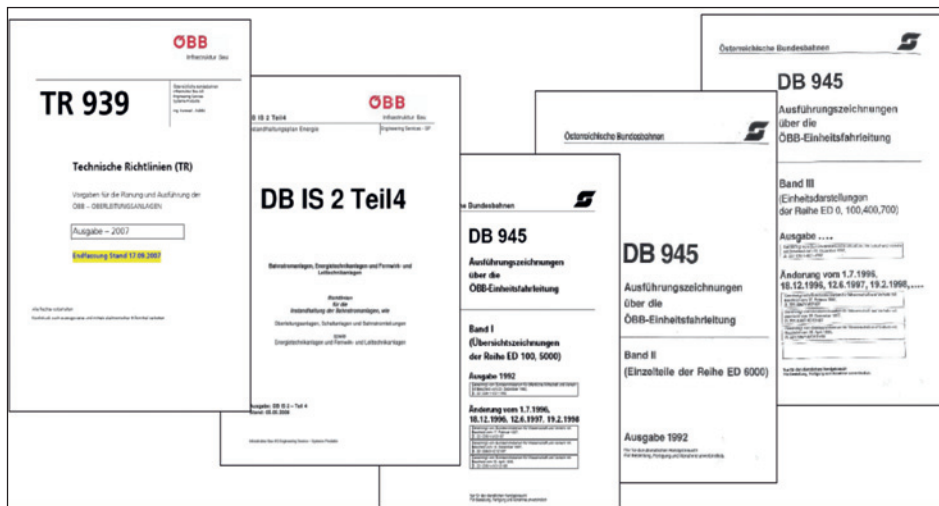


Abb. 1: Regelwerke für ÖBB-Oberleitungssysteme (Auszug)



Abb. 2: Oberleitungsanlagen für 250 km/h für die freie Strecke

Normen, Dienstvorschriften, Instandhaltungsvorgaben, ...) für

- elektrische Bahnstromanlagen (Oberleitungs- und Schaltanlagen, Nebenverbraucher),
- 50 Hz Energietechnikanlagen und Weichenheizungsanlagen sowie

- Fernwirk- und Leittechnikanlagen.
- Konkrete Aufgaben für den Bereich Oberleitung sind die Weiterentwicklung der Systeme, die Normierung und Standardisierung, die technische Problemlösung im Anlassfall, die Zustandsbeurteilung sowie Zulassungs- und Messfahrten für Triebfahrzeuge.

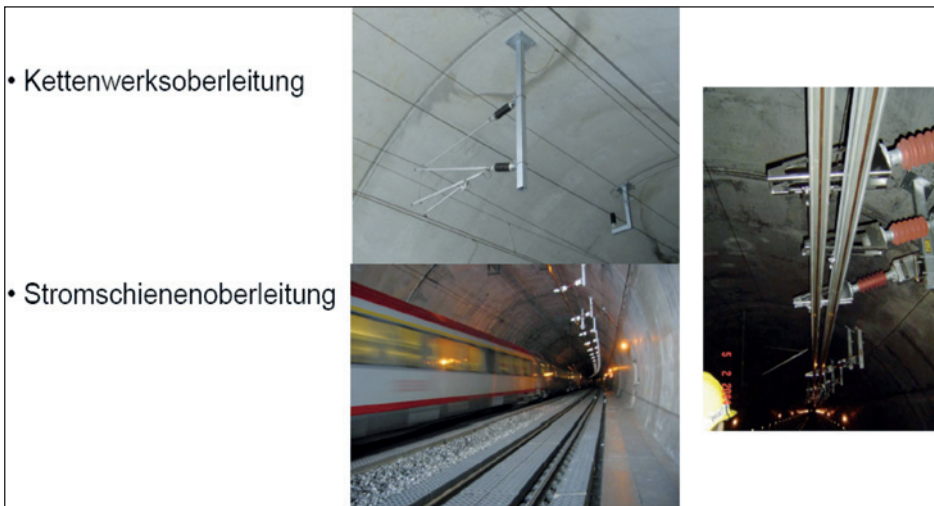


Abb. 3: Oberleitungsanlagen für 250 km/h im Fahrtunnel

Für den operativen Betrieb sind Instandhaltungsrichtlinien, die Anlagenstrategie (IH, LCC ...), Anwenderrichtlinien, Arbeits- und Prüfanweisungen, QSU – Arbeitsanweisungen für technische Lieferbedingungen und die technischen Abnahmekriterien zur technischen Freigabe zu erstellen sowie die Verantwortung für fachspezifische Schulung und Ausbildung wahrzunehmen.

Es wurden die Regelwerke für die Oberleitungssysteme der ÖBB wie Planungsvorgaben, Komponenten und Sicherheitsnachweise, technische Kenn- und Grenzwerte, Bahnstromrückführungs- und Bahnerdungsthematik oder Instandhaltungsmanagement vorgestellt. Dazu auch die Prozesse bei der Weiterentwicklung für Ketten-Oberleitungen und für die Stromschienen-Oberleitung (für eine Betriebsgeschwindigkeit von 250 km/h) sowie die TSI-Zertifizierungen.

Ins Detail gehend wurden aus einigen Richtlinien wesentliche Systemparameter und technische Planungs- und Ausführungs-Kennwerte wie z.B. Temperaturverhalten der Oberleitung, Zusammenwirken

der Oberleitung und des Stromabnehmers, Stützpunktkonstruktionen, Leitungsführungen, Nachspannlängen, Abspannungen, elektrische Trennungen, maximal zulässige Seitenverschiebung des Fahrdrahtes aus der Gleisachse, Y-Beiseile, elektrische Verbinder, sowie Tunneloberleitungen gezeigt.

Der Vortrag hat wiederum aufgezeigt, dass eine ständige Anpassung der unternehmensspezifischen Vorgaben und Richtlinien an die internationalen Trends und die europäischen Normen notwendig ist. Dazu braucht es erfahrene und kompetente Führungskräfte und Mitarbeiter sowie die Mitarbeit in internationalen Gremien (Abb. 1 – 3).

3 Neues Planungstool für Fahrleitungen – Simulation des Stromabnehmerlaufes – qualitative Umsetzung mit modernem MTW 10

Der Beitrag wurde von Ing. Gerhard Hofbauer, Alpine-Energie Österreich GmbH, Prokurist sowie Mitglied der Geschäftsleitung, gehalten.

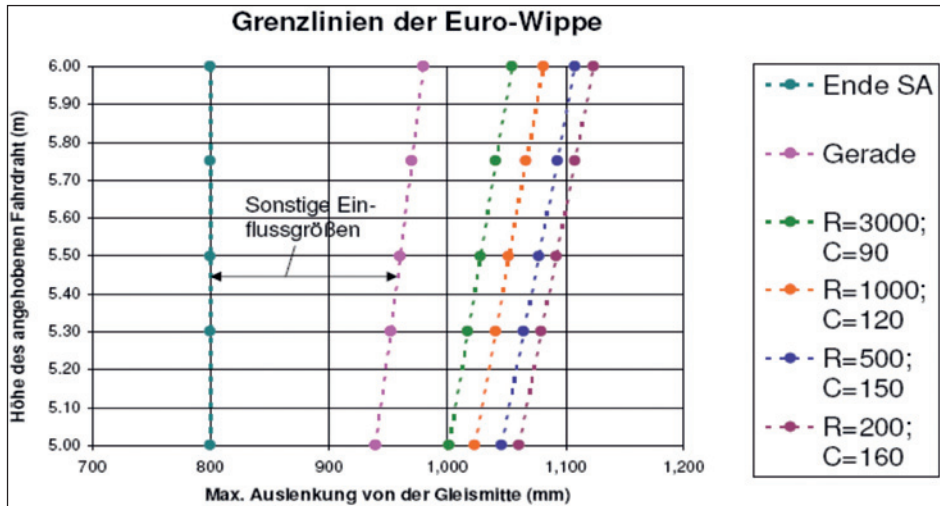


Abb. 4: Raum für den Stromabnehmerdurchgang mit dem Standardprofil des Europäischen Stromabnehmers

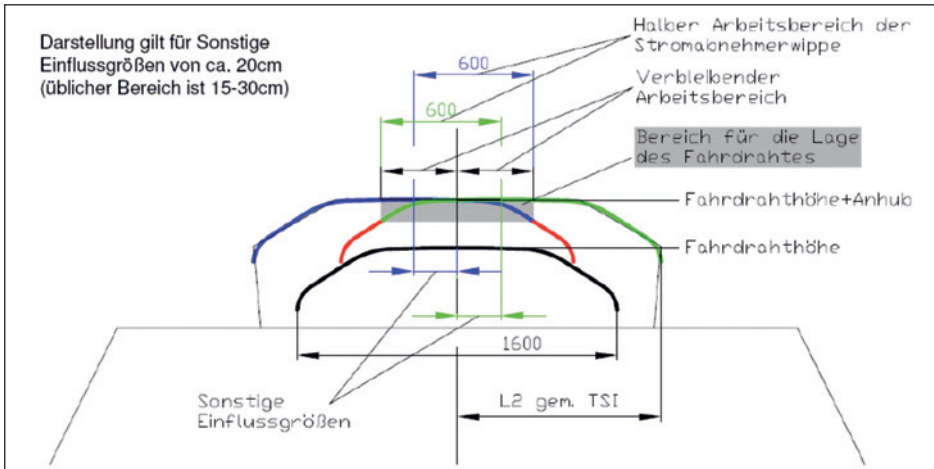


Abb. 5: Berücksichtigung von Gleislagefehlern und Wank der Fahrzeuge (TSI, EN, UIC) im interoperablen Streckennetz

Inhaltlich wurden die Themen

- Raum für den Stromabnehmerdurchgang,
- Planung der Oberleitungskette nach Gleisgeometrie und Windabtrieb,
- Simulation des Stromabnehmerlaufes,
- Oberleitungsspezifische Einrichtungen der neuen MTW-Generation und

- Messung der Fahrdrachtlage mit Ultraschall-Messgerät vorgestellt.

Für den Stromabnehmerdurchgang wurde der kinematische Freiraum auf Basis der zugehörigen Europäischen Normen und mit Bezug auf das Standardprofil der Europäischen Stromabnehmerwippe sowohl

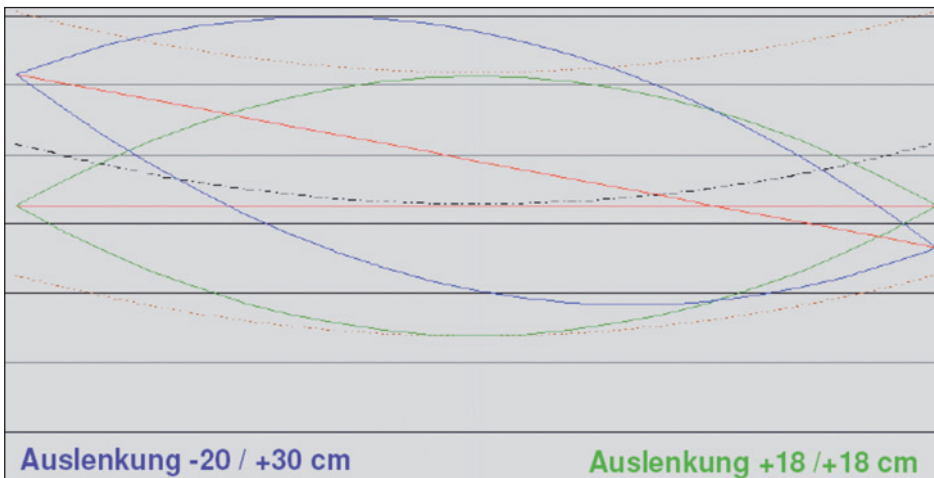


Abb. 6: Gleisgeometrie und Windabtrieb (Oberleitungsbauart 2.1 der ÖBB, R = 3000 m, Spannfeld 65 m)



Abb. 7: Oberleitungsspezifische Einrichtungen des MTW 10

hinsichtlich des mechanischen als auch des elektrischen Umgrenzungsprofils erläutert. Das Freihalten der kinematischen Umgrenzung für den Stromabnehmerdurchgang ist ein wesentliches Kriterium für die Störungsfreiheit im elektrischen Betrieb.

An Grundlagen und Normen gelten die TSI – Technische Spezifikation für Interoperabilität des Teilsystems Energie, EN 50119 – Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, EN 50367 – technische Kriterien für das Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitungen für den freien Zugang, UIC Merkblatt 505, Richtlinien für die Errichtung, den Bau und die Statik sowie die Windbelastung von Oberleitungen.

Es wurden die Planungsdetails sowohl für den Freiraum noch oben (Fahrdrachthub) wie auch seitlich (unter Einhaltung der elektrischen Sicherheitsabstände), für die vorgegebenen statischen und dynamischen Grenzwerte und mit Beachtung von Randbedingungen wie wanken des Fahrzeuges, Bewegungen entsprechend der Stromabnehmersteifigkeit, Gleisüberhöhungen und Auswirkung von Unregelmäßigkeiten in der Gleislage gezeigt. Entsprechend der Bedeu-

tung für den störungsfreien Stromabnehmerlauf wurde das Kapitel Gleisgeometrie und Windabtrieb mit Simulationsrechnungen im Detail behandelt und insbesondere Beispiele für maximale Feldlängen bei Radien und in der Geraden sowie die Anwendung bei Weichenüberspannungen gebracht.

Als Feature wird mit einem EDV-Programm auf die konkrete Gleislage aus der Gleisdatenbank zugegriffen und diese Angaben werden mittels eines Bearbeitungstools in das Rechenprogramm übergeführt. Als Ergebnis dieser automatisierten Oberleitungsberechnung erhält man die Mastausteilung, die Mast- und Auslegerberechnung bzw. -geometrie, die Feldberechnung, die Gesamtdarstellung in 3 D und den Materialbedarf sowie die Simulation des Stromabnehmerlaufes. An Hand von Videoclips wurden die Planungsvorteile und die Möglichkeiten von Optimierungsberechnungen vorgestellt (Abb. 4–7). Weitere Details dazu sind auch in eb 107 (2009) Heft 1–2 wiedergegeben.

Für die Oberleitungsarbeiten werden neue zweiachsige Motorturmwagen mit Kran,

dreigeteilter Säulenhebebühne, Fahrdraht- und Seilpositionierer, Messstromabnehmer mit einstellbarer Stromabnehmerkraft, Ultraschallmessgerät für die berührungslose Messung der Fahrdrablage etc. eingesetzt. Die Entwicklung und Anwendung vorhergenannter Planungstools hat wesentliche Vorteile im Planungsprozess und in der Arbeitsvorbereitung gebracht und ermöglicht letztlich eine effiziente Ausführung von Oberleitungsprojekten.

4 Elektrifizierungsprojekte in China

Der Beitrag wurde von Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Zimmert, Balfour Beatty Rail GmbH, Project Leader Wuhan-Guangzhou und Ing. Martin Solka, Balfour Beatty Rail GmbH, Project Manager OCS Wuhan-Guangzhou gehalten. Im Rahmen der Präsentation wurden aktuelle Elektrifizierungs-Großprojekte in China

vorge stellt und auch auf die besonderen technischen Lösungen und logistischen Probleme für die Elektrifizierung der Strecke Wuhan – Guangzhou eingegangen.

Die Entwicklung des Streckennetzes und die elektrifizierten Betriebslängen haben für europäische Verhältnisse eine unglaubliche Dimension. Die Elektrifizierungspläne bis 2020 gehen von jährlichen Projekten von rund 1250 km Elektrifizierung von Bestandsstrecken, 750 km Hochgeschwindigkeits-Neubaustrecken und 1000 km Erneuerung vorhandener Oberleitungen aus. Wesentliche Leistungen dazu konnten von der deutschen Industrie sowohl für die Bahnstromversorgungsanlagen als auch für die Hochgeschwindigkeitstriebwagen eingebracht werden.

Die Vortragenden stellten das Bahnstromversorgungs konzept mit den dazugehörigen Schaltungen der Unterwerke und Strecken vor. Je nach Streckenleistungsanforderung

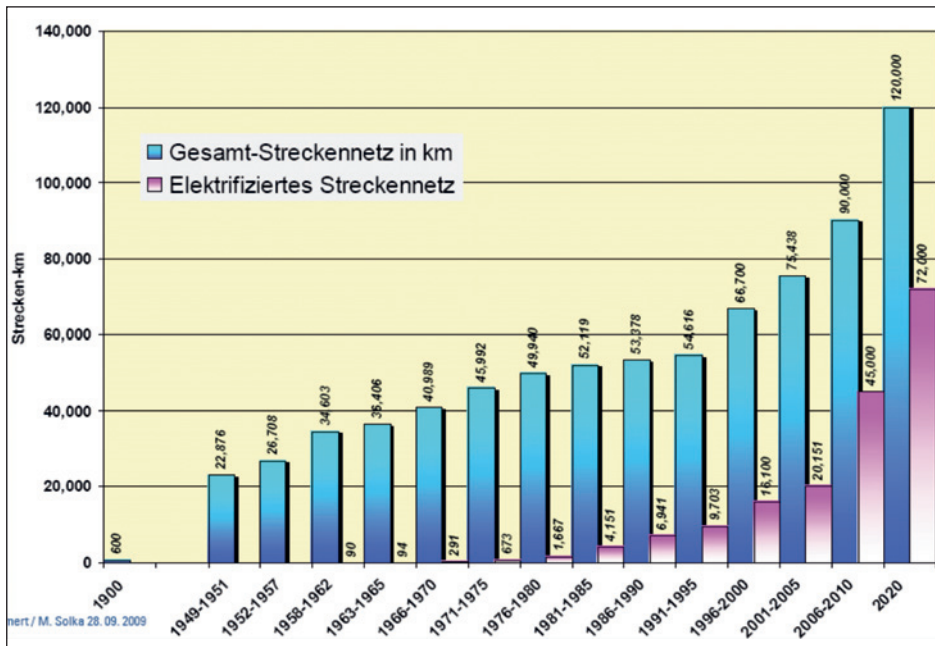


Abb. 8: Entwicklung des Streckennetzes der Chinesischen Eisenbahn

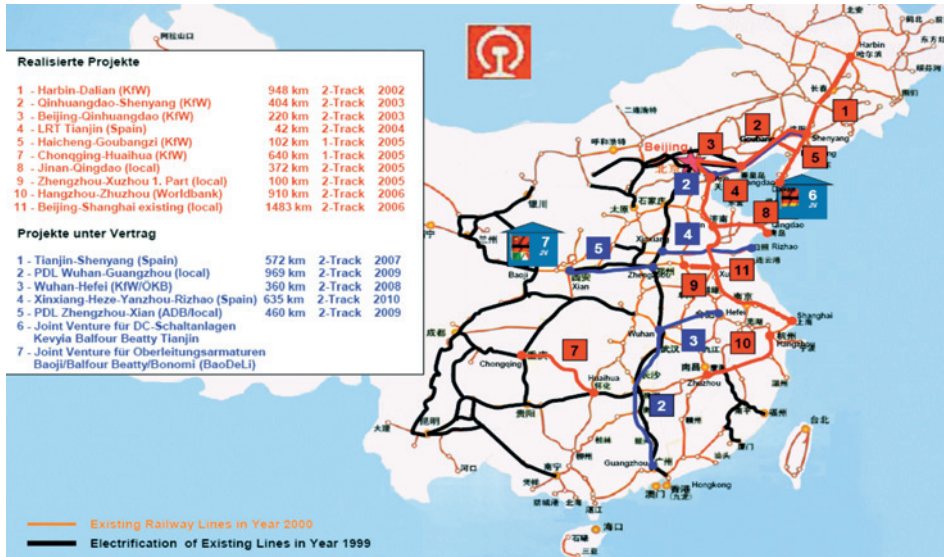


Abb. 9: Wichtige Elektrifizierungsprojekte unter Federführung Balfour Beatty 1999–2009 (Status Sept. 2009)

werden 25 kV – 50 Hz-Systeme oder 2 x 25 kV – 50 Hz Autotransformer-Systeme gebaut. Ein Fokus wurde auf die Entwicklung der Oberleitungssysteme auf den einzelnen Ab-

schnitten der Hochgeschwindigkeits-Neubaustrecken für Betriebsgeschwindigkeiten von 350 km/h gelegt und durch Angaben über die statischen und dynamischen Ober-

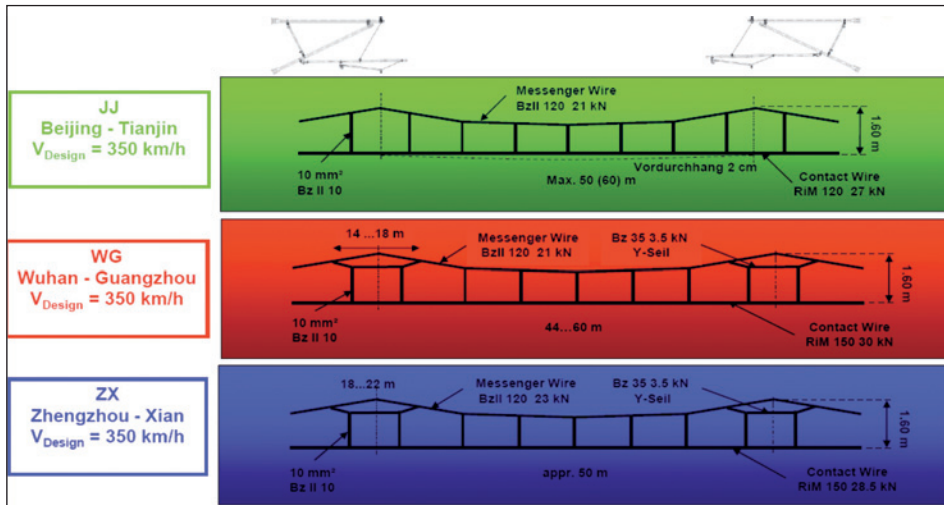


Abb. 10: Oberleitungssysteme High Speed in Betrieb und in Realisierung

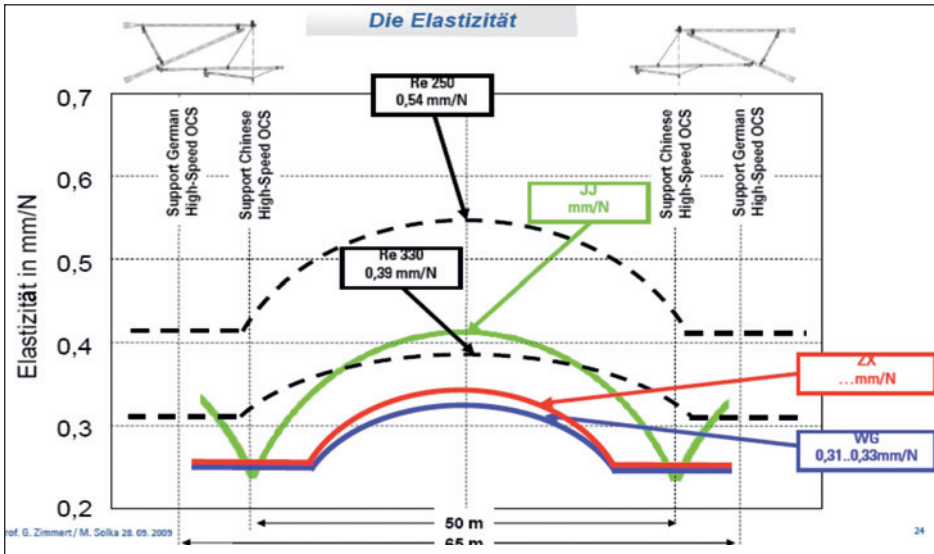


Abb. 11: Vergleich des Qualitätskennwertes „Statische Elastizität“ für verschiedene Oberleitungssysteme

leitungshauptparameter sowie durch die Kontaktkraftsimulation belegt. Interessant war auch die Information über die hohen Testanforderungen an Bauteile und die Komponenten- und System-Abnahmetests. Darüberhinaus wurden Studien für Oberlei-

tungssysteme für Betriebsgeschwindigkeiten bis 400 km/h mit den vorgesehenen Spannungsauslegungen und Auslegerkonstruktionen gezeigt.

Bei der Elektrifizierung der zweigleisigen High Speed Linie Wuhan – Guangzhou

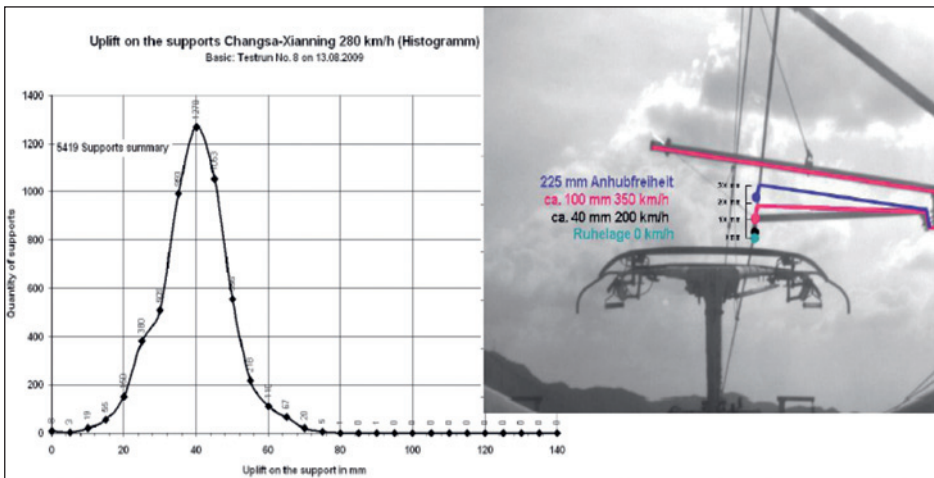


Abb. 12: Anhubverhalten der Seitenhalter des Oberleitungssystem Wuhan – Guangzhou

mit einer Gesamtlänge von 969 km für 350 km/h Betriebsgeschwindigkeit sind etwa 45% Brückenbauwerke bzw. aufgeständerte Fahrbahnen und 167 km Tunnelabschnitte ausgeführt worden. Es wurden spezielle Lösungen z.B. für Phasentrennstellen, für tangentielle Weichenbespannungen, für die Bauteileanpassung an die chinesische Fahrdrachtgeometrie ausgearbeitet. Die Verlegung des Fahrdrahtes wurde effizient unter Nennzugkraft mit einer Oberleitungsneubaumaschine von Plasser & Theurer vorgenommen. Durch den enormen Projektumfang und Zeitdruck waren neue und unkonventionelle Lösungen für die Arbeitsabläufe, den Personaleinsatz, die Maschinen- und Materialdisposition und die Baustellenlogistik notwendig. Die technische Abnahme der Oberleitung wurde nach den aktuellen Standards mit einem Hochgeschwindigkeitsmesszug mit optischer Lagemessung und Kontaktkraftsensorik vorgenommen (Abb. 8–12).

5 Vorteile und Performance durch mechanisierte Montageverfahren am Beispiel der Fahrleitungs-Neubaumaschine FUM 100.128

Der Beitrag wurde von Dipl.-Ing. Manfred Irsigler, Lektor an den Technischen Universitäten Wien und Graz, stellvertretend für den Referenten der DB AG gehalten.

Die Oberleitungs-Verlegemaschine Typ „FUM 100.128“ (Plasser & Theurer) hat sich bei der DB Netz AG (bis 2009 bei der DB Bahnbau GmbH) seit der Inbetriebnahme 2002 bestens bewährt und ist nunmehr intensiv für die netzweite Fahrdrachterneuerung im Einsatz.

Der Vortrag zeigte auf, dass die hohen ökonomischen und technischen Ziele auch im Bereich der Oberleitungen sukzessive zu einer Standardisierung und letztlich Kostensenkung durch innovative Designs und zu großen Montageleistungen pro Zeiteinheit führen müssen. Weitere Kriterien sind ei-

ne wartungs- und verschleißarme Ausführung, eine hohe Lebensdauer, optimierte Lebenszykluskosten (LCC) sowie Fragen der Arbeitssicherheit. Im Zusammenwirken von Oberleitung und Stromabnehmer wird eine hohe Güte der Stromabnahme durch die Vorgabe und Einhaltung von statischen und dynamischen Kriterien (Kontaktkraft, ...) erzielt.

Durch moderne Oberleitungs-Arbeitsmaschinen mit innovativen Arbeitstechnologien kann die Montage und die Instandhaltung von Oberleitungen – also die Nutzung von weitgehend mechanisierten Arbeitsverfahren – wesentlich unterstützt werden.

Die Vorteile bei einer mechanisierten Montagetechnologie mit der „FUM“ liegen

- in der hohen Verlegequalität und damit Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Oberleitungen und
- in der Folge bei einer Verringerung des Herstellungs- bzw. Instandhaltungsaufwandes von Oberleitungen,
- Weiters erreicht man eine Erhöhung der Güte der Stromabnahme,
- positiv ist die geringe Beeinflussung des elektrischen Zugbetriebes bei Arbeiten am Kettenwerk sowie
- die Verbesserung der Arbeitssicherheit.

Die Oberleitungs-Verlegemaschine FUM ermöglicht ein präzises und finales Verlegen von Fahrdrähten, Trageseilen, Verstärkungs- und Rückstromführungsseilen mit endgültiger Zugkraft (Einstellbereich von ca. 5 bis 30 kN) in einem kontinuierlichen Verfahren („Fließbandtechnik“). Die Zugkräfte müssen bei der Verlegung – auch in sensiblen Arbeitsphasen wie beim Start und Stopp der Maschine – in engen Toleranzgrenzen eingehalten werden. Voraussetzung für diese Verlegetechnologie ist eine integrierte Rechnersteuerung für alle Maschinenkomponenten – wie die Zugkraftsteuerung, die Arbeitsfahrt- und die Anfahrsteuerung, die Sicherheitseinrichtungen (Grenzwertüberwachung aller Maschinen- und Verlegekomponenten), die Seilführung innerhalb der Maschine, die

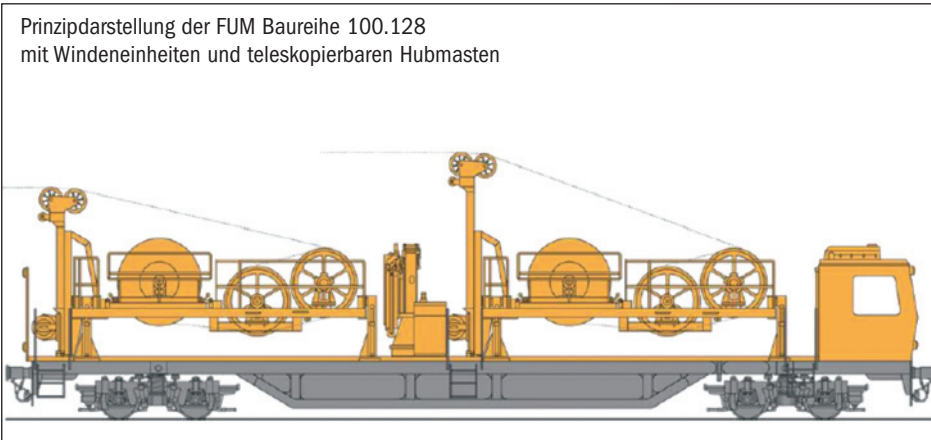


Abb. 13: Technik der Oberleitungsombau- und -neubaumaschine

Positioniereinrichtung (Kran bzw. Hubmas- te), die Regelung der Bremsen etc. Bei diesem Maschinenkonzept können zwei Leiter (z. B. Fahrdrabt und Tragseil) gleichzeitig verlegt werden. Als Zielsetzung für die Montage oder Erneuerung von Oberleitungen sind im Hin-

blick auf den return of invest für die FUM die Produktionsleistungen hinsichtlich Zeit und Kosten sowie die Einsatzplanung – unter Wahrung der Montage- und Arbeitsqualität – zu optimieren. Die Arbeitsverfahren erfordern eine Einordnung der FUM in einem Oberleitungs-Bauzug und die Un-

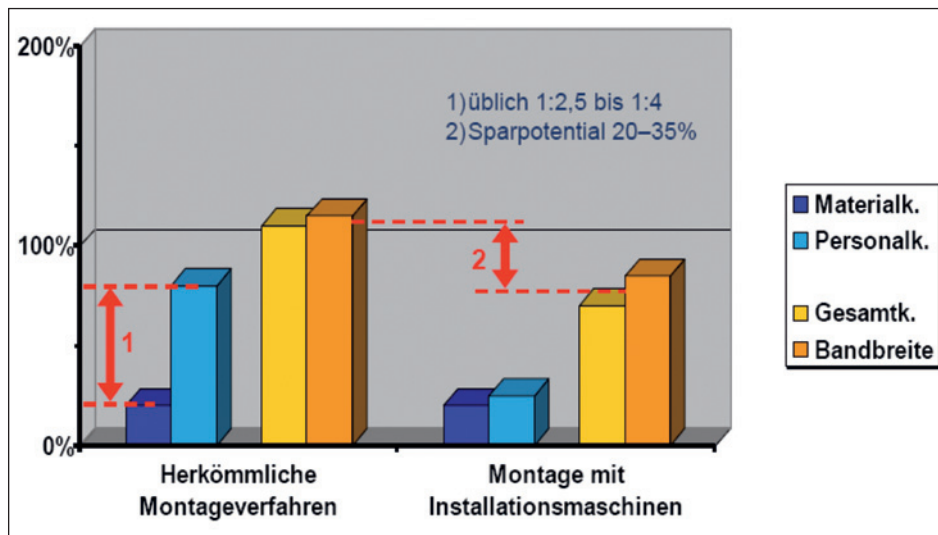


Abb. 14: Rationalisierungspotenziale – projektspezifischer Vergleich von Material- zu Personal- zu Gesamtkosten

terstützung mit aufeinander abgestimmten Maschinengruppen wie Motorturmwagen, der Abtrag der Oberleitung erfolgt mit einem sogenannten Windenwagen. Mit Motorturmwagen werden die Vorarbeiten zum Abtrag der alten Oberleitung und bei der Montage die Nacharbeiten in unmittelbarer Folge an die FUM zur Herstellung der Befahrbarkeit mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit entsprechend der Oberleitungs-Bauart gemacht. Beispiele hierzu sind Demontage und Montage von Hängern, Y-Seilen, Klemmen, Einspeisungen, Seitenhalten, Stromausgleichsverbindern etc.

Die Windeneinheiten zur Erzeugung der Verlege-Zugkräfte sind bei der FUM 100.128 auf zwei unabhängig voneinander schwenkbaren Windentischen aufgebaut. Jede Windeneinheit besteht aus vier Friktionswindenrädern, einer Speichertrommelhalterung (für die Aufnahme der Fahrdrabt- oder Seiltrommeln), einem teleskopierbaren Hubmast und einer Seilwinde (zum Anschließen

des Fahrdrabtes bzw. der Seile bei Arbeitsbeginn). Für die Manipulation der Speichertrommeln ist ein Arbeitskran vorhanden. Die Fahrdrabt- und Seilzugkräfte werden in mehreren Schritten über die einzeln elektronisch gesteuerten vier Friktionswindenräder aufgebaut. Die Windentische werden unabhängig voneinander und in Abhängigkeit der notwendigen Seitenlage für das Zick-Zack oder bei Ab-/Nachspannungen geschwenkt. Fahrdrabt, Tragseil und Seile müssen geradlinig in die Friktionswindenräder einlaufen können, daher sind die Speichertrommelhalterungen im Windentisch seitlich verschiebbar gelagert. Im Ergebnis ist die knickfreie Drahtführung während des gesamten Verlegevorganges sichergestellt und es können Fahrdrähte und Seile von den Speichertrommeln über die Friktionswindenräder und die Rollen des Hubmastes ohne Verdrehung abgewickelt werden.

Ergebnis dieser Maschinen- und Montagetechnologie:

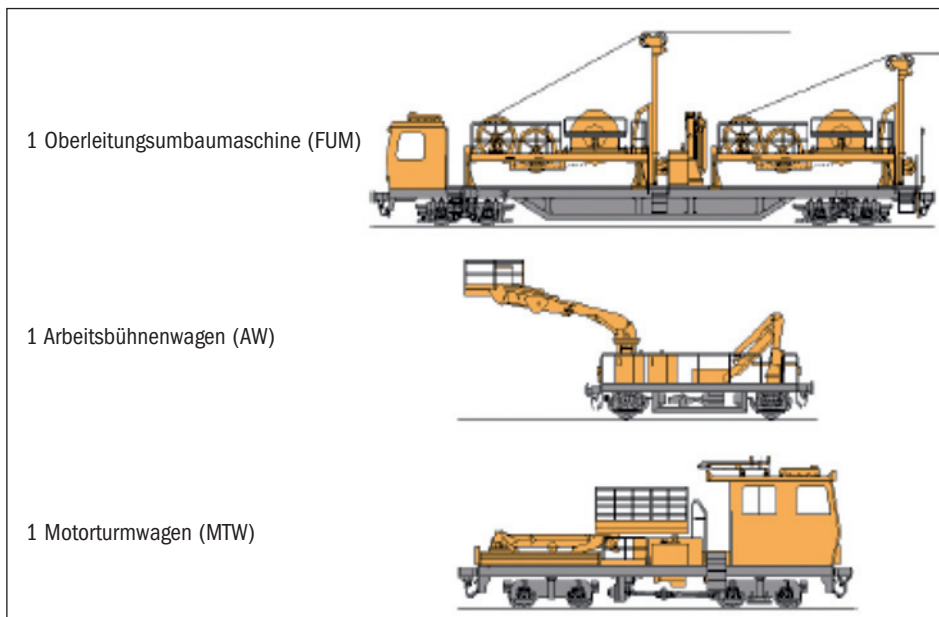


Abb. 15: Fahrdrabtwechsel: Arbeitsmaschinen zum Auflegen des Fahrdrabtes

- Durch die präzise Fahrdrahtführung in den Windeneinheiten werden eventuelle – durch die Montagetechnik verursachte – bleibende Verformungen des Fahrdrahtes, die sich bei verschiedenen anderen Maschinenkonzepten am Markt fallweise gezeigt haben, vermieden.
- Werden Fahrdrähte und Seile mit den durch die Oberleitungs-Bauart vorgegebenen Nenn-Zugkräften mit der FUM verlegt, ist der Einfluss einer nachträglichen Reckung unter Nenn-Zugkraft (unelastische, bleibende Längenänderung, Kriechen) auf die Länge und Lage des Kettenwerkes vernachlässigbar.
- Daraus abgeleitet können bei der Verlegung mit Nenn-Zugkräften Ausleger, Seitenhalter, Y-Seile, Radspannwerke, Stromverbinder, Einspeisungen, Hänger etc. bereits während des Montageprozesses in ihrer endgültigen Position montiert werden.
- Damit entfallen mehrfache Nachregulierungen und zusätzliche, spätere Einstellarbeiten.
- Resultat ist eine markante Verringerung der Herstellungskosten und des Instandhaltungsaufwandes von Oberleitungen.

Als Richtwerte können für einen Fahrdrahtwechsel für eine Sektionslänge (Nachspann-) von rund 1400 m ca. zwei bis drei Stunden und für einen Neubau ca. fünf bis sechs Stunden berechnet werden. Werden die Abbau- und Montgearbeiten an der Oberleitungs-Kette durch Verbinden der Arbeitsvorgänge gestrafft, kann das Gleis bereits nach rund 6,0–7,0 Stunden (für eine Sektions-/Nachspannlänge) für den Zugbetrieb freigegeben werden und die Oberleitung ist mit der Bauart-Nenngeschwindigkeit befahrbar.

Schlussfolgerungen: Die Oberleitungsanlagen zählen zu den wichtigsten Elementen in der Kette der Produktionsmittel der Eisenbahnen. Moderne Arbeitsmaschinen erlauben es, die Oberleitungssysteme mit geringen betrieblichen Behinderungen zu

verlegen und instand zu halten. Besonders die kontinuierliche Verlegung mit der FUM sorgt für hohe Ausgangsqualität und damit für langen, störungsfreien Betrieb. Die technische und ökonomische Gesamtsicht liefert eine Entscheidungshilfe über Investitionen in die Maschinentechologie (Abb. 13 bis 15).

6 Elektrifizierung und Erneuerung mit einer Fahrleitungs-Neubaumaschine FUM 100.080 – Erfahrungsbericht über Montagequalität und Kosteneffizienz

Der Beitrag wurde von Dr. Ing. Antonio Spadini, Rete Ferroviaria Italiana – RFI, Direktion und Ingenieurwesen Instandhaltung, Verantwortlicher für den elektrischen Betrieb, gehalten.

Spadini gab eine Übersicht über das zu betreibende Streckennetz (ca. 12 000 km Betriebslänge elektrifiziert), die Bahnstromversorgung wird traditionell mit 3 kV Gleichstrom und für die Neubaustrecken mit einem 25 kV, 50 Hz-System vorgenommen. Eingangs werden die ambitionierten, laufenden Ausbaumaßnahmen an hochrangigen Diretrici (Betriebsgeschwindigkeiten bis 300 km/h) vorgestellt.

Der Vortrag zeigte die grundsätzliche Strategie für die Instandhaltung des Oberleitungssystems, die Organisationen (Arbeits-, Personal-, Maschinenorganisation) und die Aufteilung der Aufgaben auf einzelne Regionen. Der Umfang der Maßnahmen wird nach den Streckenkategorien wie Magistralen Gruppe A bis Regionale Verbindungen Gruppe C differenziert. Die aktuelle Kompetenzverteilung, der Ressourceneinsatz und die Einsatzplanung basieren auf umfangreichem technischen und kommerziellen Datenmaterial. Insgesamt sind dafür 15 Produktionsdirektionen verantwortlich. Die Organigramme zeigen die Gliederung in Diagnostik-, Kontroll- und Logistik- sowie in operative Einheiten. Basis für das Instandhaltungsmanagement ist ein inte-

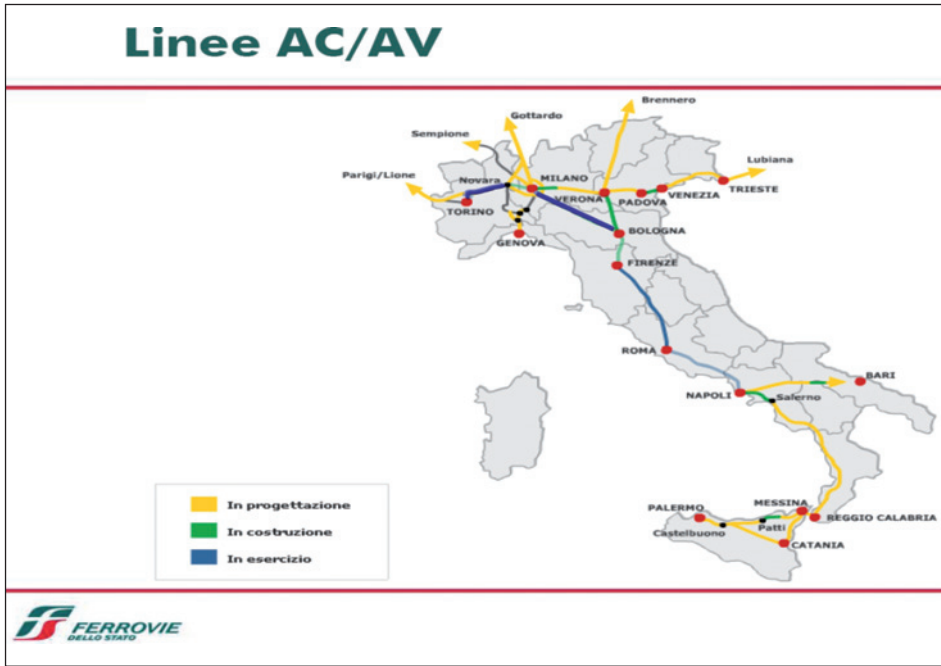


Abb. 16: Ausbau des Hochgeschwindigkeitsnetzes der Italienischen Eisenbahnen

Sezione della LC

-TIPO	FUNE	FILO	SEZ. TOT. mm ²	TIRO(daN)		VELOCITA' max (km/h)
	n x mm ²	n x mm ²		fune	filo	
<u>Catenarie per trazione in c.c. 3 kV</u>						
FF0	1 x 120	1 x 100	220	819	750	150
FR1	1 x 120	2 x 100	320	1375	1000	200
FR2	2 x 120	2 x 100	440	1125	1000	200
FR4	2 x 155	2 x 150	610	1000	1125	200
FR4 (DD)	2 x 155	2 x 150	610	1875	1500	250
FR3	1 x 160	2 x 150	460	2750	1500	250
FR4 AV	2 x 120	2 x 150	540	1500	1875	250
FR5 AV	2 x 155	2 x 150	610	1500	1875	250
<u>Catenarie per trazione in c.a. 25 kV</u>						
FR6	1 x 120	1 x 150	270	1625	2000	300

Abb. 17: Technische Kennwerte der Oberleitungsbauarten

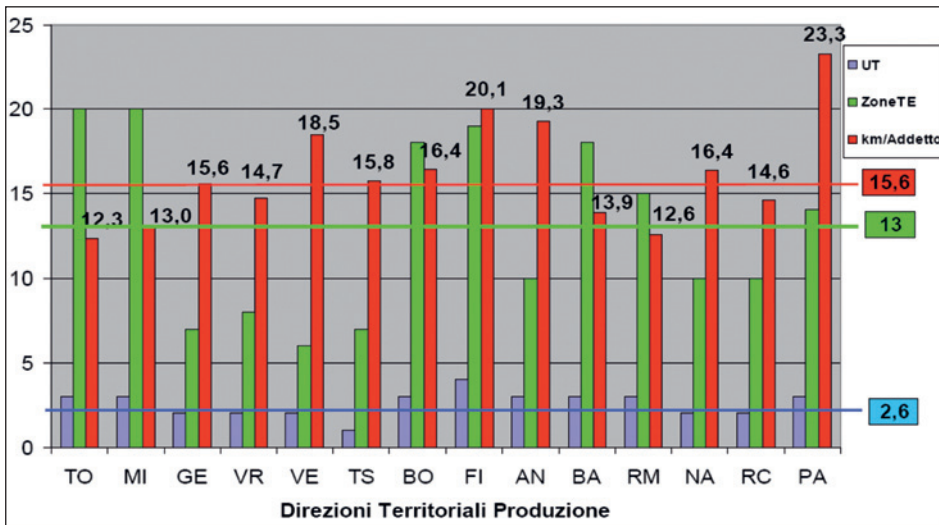


Abb. 18: Leistungskennzahlen - Vergleich der Ressourcen der Regionaldirektionen

griertes EDV-System, das die Maßnahmen und Interventionszeitpunkte für das gesamte Streckennetz optimiert und priorisiert. Die Netzinstandhaltung wird teilweise zyklisch, fristenorientiert nach Normen und zunehmend zustandsorientiert vorgenommen (Abb. 16 – 21).

Aus der Statistik zur Verteilung und Ausstattung der Personal- und Maschinenressourcen über alle Produktionsdirektionen sind im internen Benchmark die geplanten Rationalisierungspotentiale erkennbar, darüberhinaus wird die Ausstattung der regionalen Einheiten mit Oberleitungsbaumaschinen gezeigt.

Als Grundlage für die zu differenzierenden Instandhaltungsmaßnahmen werden die zu betreuenden Oberleitungssysteme nach Aufbau, zulässiger Betriebsgeschwindigkeit, Querschnitt, Zugkräften etc. erklärt.

Im Vortrag wurden die allgemeinen Vorgaben für die ordentliche und die außerordentliche Wartung detailliert vorgestellt. Grundlage sind die durch das Gesetz und/oder die vom Infrastrukturbetreiber festgesetzten Sicherheitsstandards – wie die Ni-

veaus der Verfügbarkeit, der Sicherheit und der Qualität – die es zu erreichen gilt.

Eine geringere Schadensquote und ein Zuwachs an Verfügbarkeit wird mit einer angemessenen Organisation für einen „sofortigen Eingriff“, der richtigen Programmierung der Wartungsarbeiten (on-condition), der Kontrolle/Überwachung der Durchführung und der Beurteilung/Auswertung der Leistungen erwartet. Die Wartungspolitik nach on-condition erfordert die Definition der Parameter, der Schwellenwerte und der notwendigen Eingriffe aus Erfahrungswerten und Zeitreihen (extensive Nutzung von Check-Listen). In die Planungen werden Erkenntnisse nach zu „erwartenden“ Schäden aus Bedienungs- und Wartungsanleitungen, mit Standardtätigkeiten und Kosten über die Lebensdauer einbezogen.

Wartungsinstrumente sind z. B. Kontrollpläne, vorbeugende und On-Condition-Wartungspläne, Schutzstandard, Informationssysteme, Baustandards sowie Störungstatistik.

Das Engineering der Wartungstätigkeiten umfasst Planung und Programmierung der

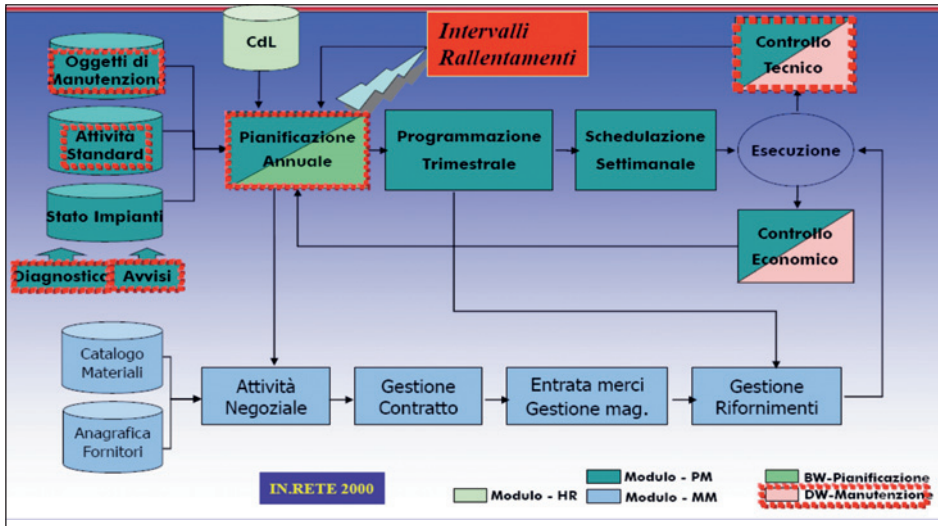


Abb. 19: Prozesse beim Projekt Instandhaltung

Ressourcen, Materialverwaltung, Analysen der Ausfälle und Korrekturarbeiten zur Abschwächung. Die ordentliche Wartung setzt z.B. die Überwachung/Kontrolle der Linie zu Fuß

und mit Schienenhilfsfahrzeugen voraus, die Diagnostik erfolgt mit Motorturmwagen/Messfahrzeugen zur Vermessung von Geometrie und Abnutzung der Oberleitung.

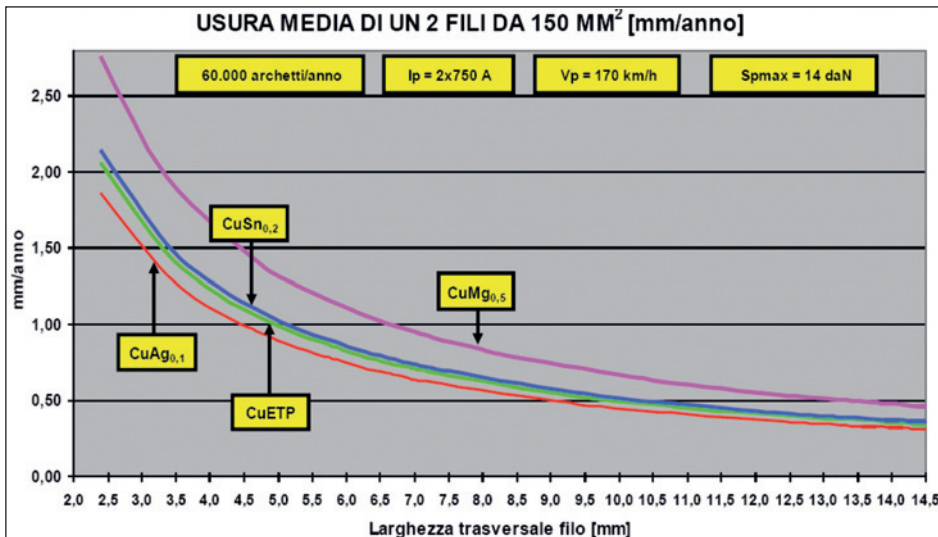


Abb. 20: Verschleißverhalten des Oberleitungssystems mit Doppelfahrdraht und verschiedenen Legierungen

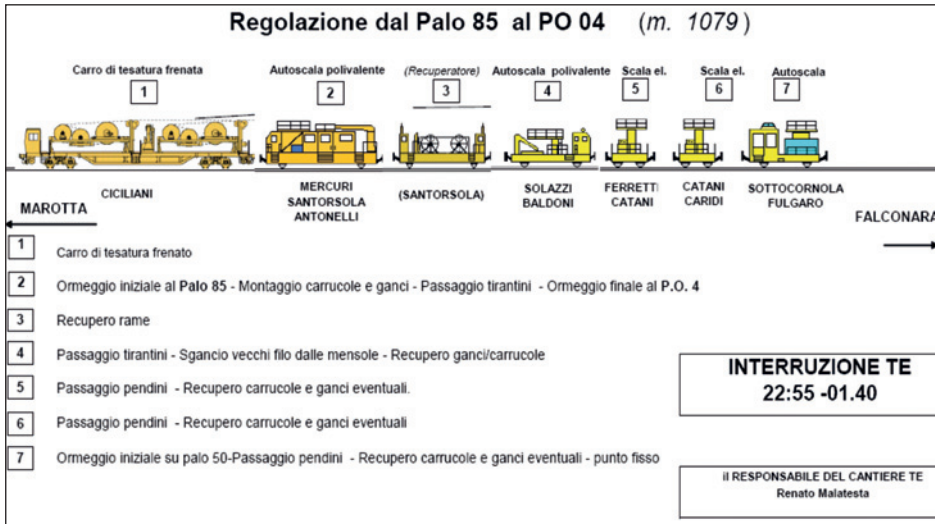


Abb. 21: Bauzug für die Oberleitungsdemontage und -montage

In der Strecken-Datenbank sind die Abnutzungskurven für verschiedene Fahrdrähtquerschnitte und Fahrdrähtmaterialien in Abhängigkeit von der Betriebsbelastung sowie die Schwellenwerte, die Interventions- und Erneuerungszeitpunkte in Zeitreihen verfügbar.

Künftig sollen bei Abweichungen zu den Unternehmenszielen, wenn die vorgegebene Betriebsperformance nicht eingehalten wird, Strafen für den Infrastrukturbetreiber für „Schäden am Unternehmen Bahn“ bestimmt und angewandt werden. Im zweiten Vortragsteil wurden der Personalbedarf, die Zusammensetzung der Bauzüge, der Maschinenbedarf, die Montagezeiten für die „traditionelle“ Durchführung der Erneuerung und für „mechanisierte“ Oberleitungsmontagen dargestellt.

Die Oberleitungs-Verlegemaschine Type „FUM 100.080“ (Plasser&Theurer) wurde bei der RFI 1997 in Betrieb genommen und wird für den Neubau und die Erneuerung der Oberleitungen eingesetzt.

In einem Gesamtkonzept Bauzug werden die einzelnen Maschinenkomponenten –

wie FUM 100.080, Motorturmwagen, Gerüstwagen mit Elektroantrieb, Windenwagen für das Auftrommeln der alten Fahrdrähte – zusammengefasst. Im Einsatzplan ist die Bauzug-Konfiguration, die Arbeitsrichtung, die maximale Arbeitsdauer, Sicherheitsaspekte, Arbeitsvorbereitung, ... enthalten. Generell sind die Anzahl der jährlichen Arbeitstage, die Ruhezeiten, die maximale Anzahl von Schichten bei Tag bzw. bei Nacht zwischen Unternehmen und Belegschaft vereinbart.

Für den Wechsel von zwei Fahrdrähten auf Gleichstromstrecken wird eine Arbeitsdauer von ca. 2,5 Stunden pro Sektionslänge dargestellt. Durch die Montage mit Nennzugkraft werden alle Oberleitungskomponenten im selben Arbeitsgang bereits fix eingebunden, sodass keine weiteren Betriebspausen für eine Nachregulierung/-justierung notwendig werden.

Ca. 80% der Jahresauslastung der FUM sind für den Fahrdrähtwechsel eingeplant. Durch die exakte Analyse der aktuellen Kosten für die Durchführung der regulären Instandhaltung und der außergewöhnli-



Abb. 22: Komponenten des Fahrdrabtmesssystems FDMA

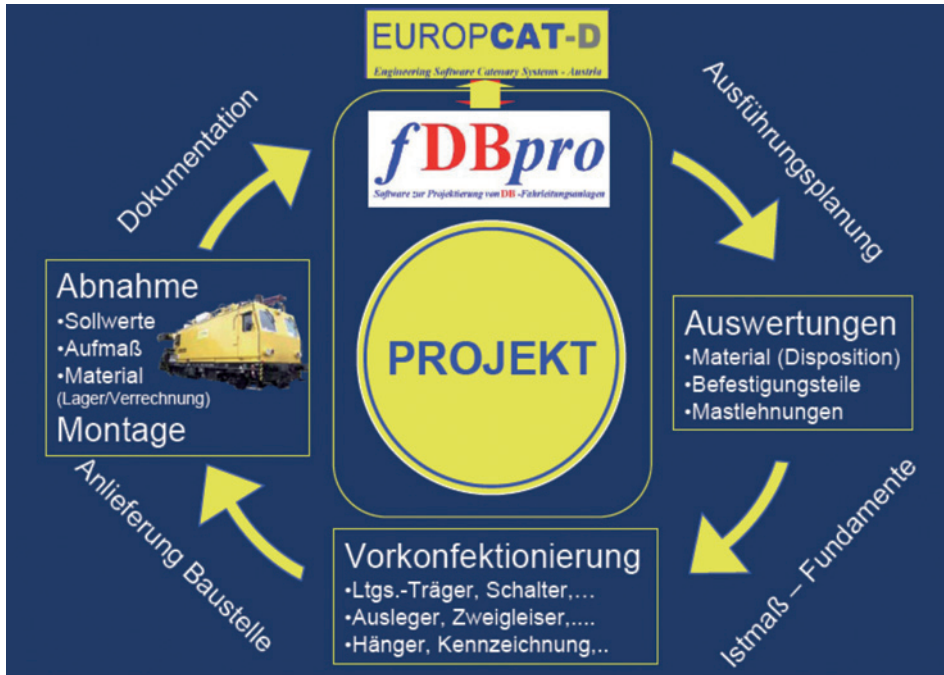


Abb. 23: Funktionen und Prozesse des Oberleitungstools

chen Instandhaltung bzw. Erneuerung der Oberleitung als intern bei RFI abgewickelte Tätigkeiten und Gegenüberstellung derselben Tätigkeiten, wenn sie extern in Auftrag gegeben werden, hat man ein wirksames Optimierungsinstrument. Die Kalkulation berücksichtigt die Kosten für den Einsatz der FUM, sowohl was die direkten Kosten als auch die indirekten Kosten, verursacht durch die Kapitalkosten und Abschreibung des Kaufpreises des Fahrzeuges, anbelangt. Im Ergebnis wird auf die höhere Genauigkeit der durch die FUM geleisteten Arbeit hingewiesen und auf die Möglichkeit, die gerade erneuerten Strecken sofort mit voller Geschwindigkeit befahren zu können, ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen ergreifen zu müssen. Diese Vorteile sind unter anderem durch die direkte Montage der neuen Leitungen mit den Nenn-Zugkräften, d. h. ohne der Notwendigkeit von Teilmontagen mit vorläufigen bzw. geringen Zugkräften und nachfolgenden Regulierungen gegeben.

7 Realisierung von Fahrleitungsprojekten – optimierte Arbeitsverfahren mit moderner MTW-Fahrzeug- und Arbeitstechnologie – Qualitätssicherung durch innovative Messsysteme

Der Beitrag wurde von Ing. Wolfgang Schlesinger, Prokurist – Abteilungsleiter Fahrleitungen und Ing. Hubert Winter, Forschung und Entwicklung Fahrleitungen, beide European Trans Energy GmbH – Europten gehalten.

Zur Einleitung wurde die Eigentümerstruktur vorgestellt, dann das Leistungsspektrum für die Realisierung von Oberleitungsprojekten im Überblick – beginnend mit der Arbeitsvorbereitung (Planungstool Europ-Cat-D, Projektierungstool fDBpro), den Arbeitstechnologien (Fundamente bis fertige Anlage) sowie der Qualitätssicherung (Messsystem auf MTW, ...).

Die Planung der Oberleitungs-Anlage erfolgt auf Grundlage des Gleisprojektes und

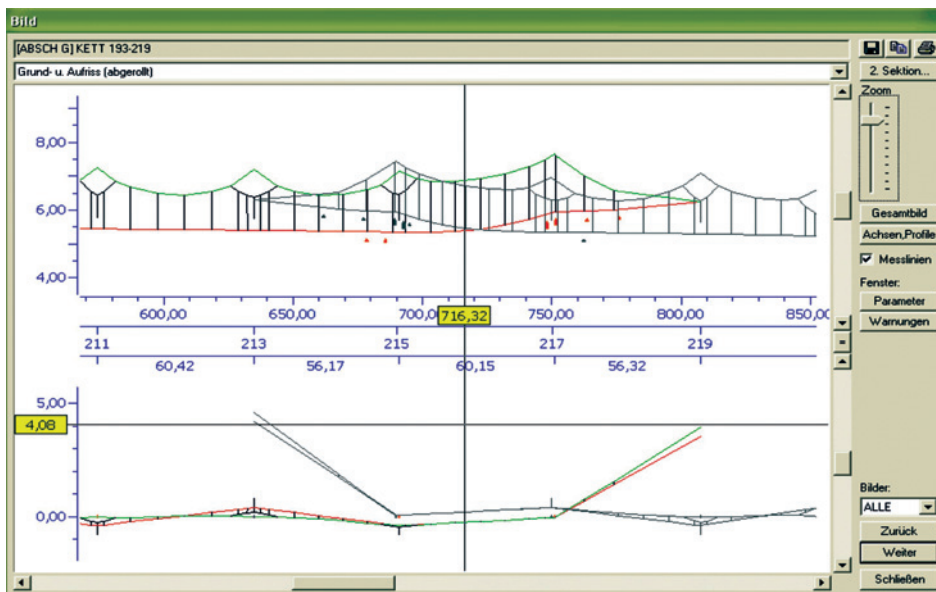


Abb. 24: Planungstool Arbeitsvorbereitung – Detail Sektionstrennung (Grafiken/Aufriss-Schräg-Kreuzriss/Hänger)

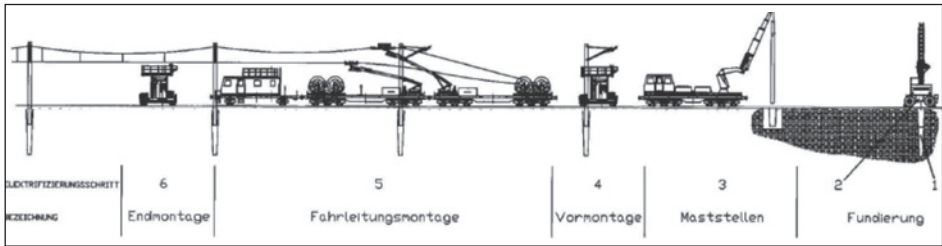


Abb. 25: Montage- und Maschinentechnologie für Oberleitungsneubau



Abb. 26: Montagetechnologien – Rahmen der Stahlfundamente



Abb. 27: Montagetechnologie - Bohren mit 4er-Lafette - Bolzen versetzen - Stützpunktmontage

von speziellen Projektvorgaben sowie der Qualitätssicherung. Weiters sind Parameter wie Wind, Beschleunigungsband, Oberleitungssystemparameter, ... im Planungstool integriert. Das Ergebnis sind Lageplan und Querprofilplan, Mast- und Fundamenttafel, Kettenwerks- und Leitungstabellen sowie Kettenwerks- und Leitungshöhenplan. Ein gesondertes Modul dient zur Kontrolle des Kettenwerkes – wie der Auslenkung, des Mastabstandes, des Einflusses der Windgeschwindigkeit. Mit dem Planungstool Mastverschiebung können Varianten mit folgenden Variablen gerechnet werden – wie Seite wechseln, Abstand zum Gleis, Längsverschiebung der Maste.

An Hand von Videoclips wurden die Planungsvorteile und die Möglichkeiten von Optimierungsberechnungen vorgestellt. Beispiel: Mit dem Projektierungstool fDBpro (Software zur Projektierung von DB-Oberleitungsanlagen) werden alle Pro-

zesse in der Arbeitsvorbereitung abgedeckt – z. B. Mengenkalkulation/Materialerfassung, technische Berechnungen, Unterlagen für Fertigung und Montage, Unterlagen für Abnahmefahrt (Sollwerte), Mengen- und Materialverwaltung, Verrechnungsunterlagen und Dokumentation.

An Benefits erhält man – eine Aufwandsminimierung (z. B. Übernahme der Daten aus EuroCat-D), eine Fehlerminimierung, eine Umsetzungsoptimierung und eine Einsatzoptimierung.

Die Montagetechnologien und der Aufbau des Bauzuges sind ähnlich den Maschinenkonzepten, wie sie bereits in den vorangegangenen Vorträgen beschrieben wurden. Fahrdrabt und Seile werden bei den von Europten ausgeführten Neubau- und Hochgeschwindigkeitsstrecken grundsätzlich mit den Nenn-Zugkräften verlegt. Im Vortrag wurden abgeschlossene Vorhaben z. B. Mattstetten – Rothrist (Schweiz), West- und

Südbahnprojekte bei den ÖBB, Nürnberg-Treuchtlingen (Deutschland) gezeigt. Zur Qualitätskontrolle und Abnahme von neuen Oberleitungen und zur Überprüfung und Sicherstellung der Oberleitungsgeometrie im Zuge der Instandhaltungsvorgaben wurde gemeinsam mit Plasser & Theurer für die Motorturmwagenreihen 10 und 100 ein Fahrdrahtmesssystem FDMA entwickelt, das nunmehr die Zulassung bei verschiedenen Bahnen hat. Es werden die Fahrdrathöhen- und -seitenlage bei einer einstellbaren, konstanten Kontaktkraft von ca. 5 bis 250 N entsprechend den Europäischen Normen überprüft. An Messergebissen sind vorerst folgende Kennwerte verfügbar:

- Verlauf der Fahrdrathöhe über SOK,
- Auswertung hinsichtlich Überschreitung der Grenzwerte,
- Fahrdrathneigung zwischen Stützpunkten,
- Neigungswechsel an den Stützpunkten,

- Abweichung der Ruhelage des Fahrdrahtes von der gedachten Verbindungslinie inklusive Vordurchhang,
- Verlauf der Seitenlage sowie
- Auswertung der relativen Elastizität.

Es sind grafische, tabellarische und Videodarstellungen möglich. Die Messung kann bei abgeschalteter und bei unter Spannung stehender Oberleitung vorgenommen werden. Details wurden in ETR Nr. 07/08 2009 veröffentlicht (Abb. 22–27).

8 Fahrleitungsbau mit Systemen von Plasser & Theurer

Der Beitrag wurde von Ing. Rainer Wenty, Plasser & Theurer, Export von Bahnbaumaschinen GmbH, Leiter für technischen Verkauf und Marketing, gehalten.

Mit der Entwicklung von mechanisierten Maschinensystemen im Gleisbau Anfang der 1950er Jahre konnten die Arbeiten

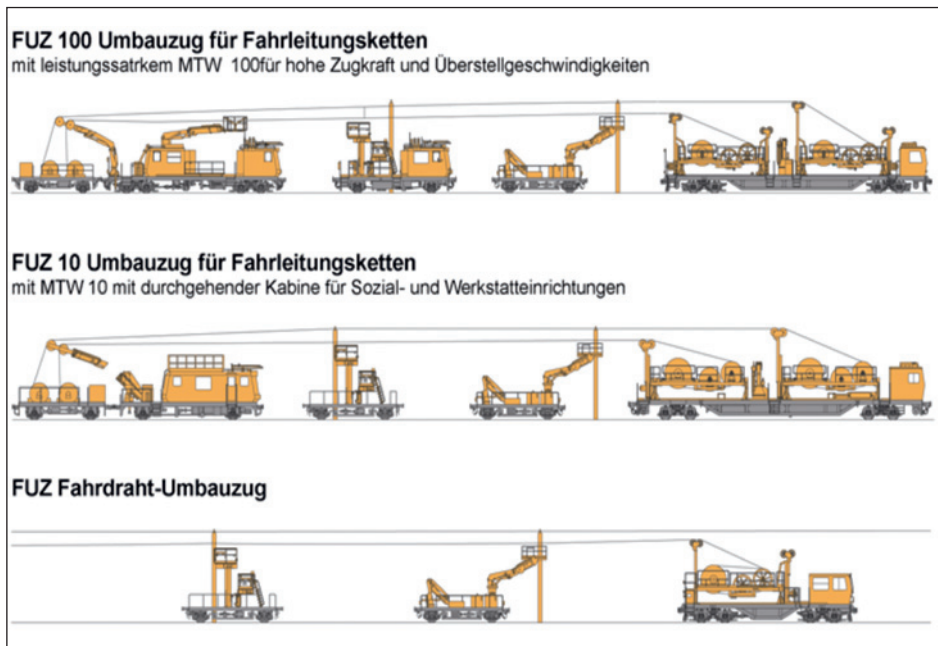
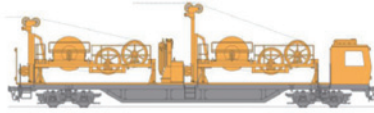


Abb. 28: Maschinenkonzepte der Oberleitungsbauzüge für Neubau, Erneuerung und Fahrdrahtausgleich



- Gesamtmasse 90 t
- Motorleistung 370 kW
- Fahrgeschwindigkeit eigen/ gezogen 80/100 km/h

Windeneinheit

- Friktionswinden, Speichertrommel, Hubmast
- Speichertrommel seitlich verschiebbar
- Windentisch schwenkbar
- Jede Windeneinheit getrennt steuerbar

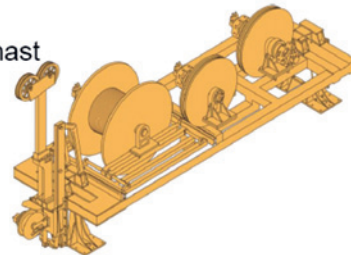


Abb. 29: Fahrleitungsneubau- und -umbaumaschine (FUM)

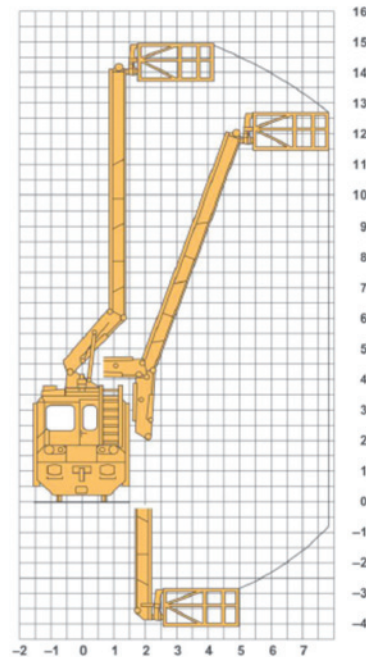


Abb. 30: Motorturmwagen - frei schwenkbare Hubarbeitsbühne - Reichweitendiagramm

nicht nur wesentlich schneller durchgeführt werden, sondern auch bedeutende Einsparungen und Qualitätsverbesserungen erzielt werden. Mit Beginn der 1980er Jahre konnten durch intensive Entwicklung, innovative Anwendung der bereits gesammelten Erfahrungen und enge Zusammenarbeit mit Oberleitungsfachleuten entscheidende Erfolge auch im Bereich der mechanisierten Oberleitungsmontage erreicht werden. Erstmals war ein neuartiges Neu- und Umbaufahrer in „Fließbandtechnik“ mit dieser hochentwickelten Maschinenteknologie möglich.

Einleitend wurde das Aufgabengebiet, für das die Oberleitungs-Spezialmaschinen entwickelt wurden, skizziert:

- Neubau, Erneuerung, Fahrdrabtwechsel,
 - Zustandsbeurteilung sowie Sicherheitsüberprüfung,
 - Störungsmanagement, Instandhaltung, Wartung
- und eine Übersicht über die Produktgruppen gegeben:

- Oberleitungsneu- und -umbaumaschinen FUM (zum gleichzeitigen Verlegen von ein oder zwei oder drei Leitern wie Fahrdrähte, Trasseile, Verstärkungsleitungs- und Rückstromführungsseile),
 - Oberleitungs-Umbauzüge als Kombination einzelner Arbeitsmaschinen, die speziell auf die Anforderungsprofile und bahnspezifischen Richtlinien abgestimmt sind,
 - Motorturmwagen, je nach Arbeitserfordernis 2- oder 4-achsrig ausgeführt, und
 - Mess- und Kontrolleinrichtungen.
- Sicherheitsanforderungen für Arbeiten an Oberleitungen spielen bei der Entwicklung der Maschinen eine ebenso wichtige Rolle wie Anforderungen an Arbeitsgeschwindigkeit und Qualität:
- Erreichbarkeit aller Bauteile der Oberleitungskette von einem sicheren Standplatz aus,
 - Sicherheit hinsichtlich Abstand der Arbeitsaggregate von unter Spannung stehenden Anlagenteilen,

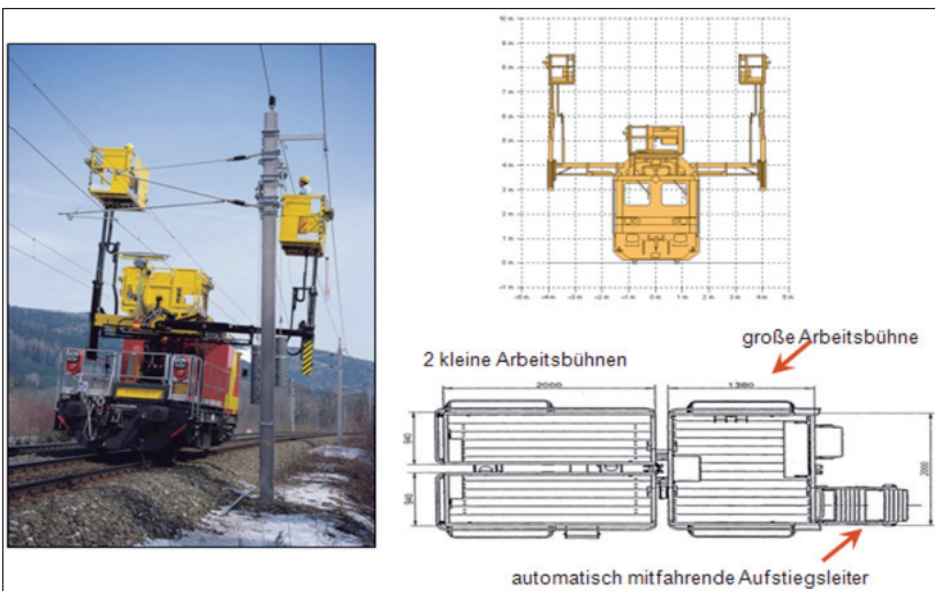


Abb. 31: Motorturmwagen – dreigeteilte Säulenhebebühne – Reichweitendiagramm



Transportstellung inkl. Arbeitskorb

Abb. 32: Montagekran (Schwanenhalsbauweise mit zwei Knickpunkten)

- Sicherheit hinsichtlich Abstand zum Verkehr auf dem Nachbargleis sowie
- Ruckfreie Steuerung der Montage- und Fahrbewegungen.

Wesentliche Merkmale der Plasser & Theurer-Technologie für die FUM sind die Verlegetechnik mit endgültiger Leiter-Nennzugkraft und die kontinuierliche Oberleitungsmontage. Die Oberleitungen sind damit unmittelbar im Anschluss an die Montage mit der zulässigen Streckenhöchstgeschwindigkeit befahrbar. Die Zugkraftsteuerung und die „Fließbandtechnologie“ erfordern zumindest

- einen hydrostatischen Eigenantrieb,
- die Steuerung aller Funktionen über Zentralrechner (Antrieb der Drehgestelle und Windeneinheiten, Fahrzeug-, Windenbremsen- und Speichertrommelsteuerung),
- eine Arbeitsfahrt-, Anfahr- und Bremsautomatik für konstante Zugkräfte (3 – 30 kN mit +/- 5%),

- entsprechende Reichweite der Positionierer für die Fahrdrabt- und Seilverlegung (im Zick-Zack und zu den Abspanneinrichtungen an den Stützpunkten),
- Sicherheitseinrichtungen (Überwachung aller Funktionen und Grenzwerte) sowie
- die Fahrdrabtführung innerhalb der Maschine und zu den Verlegepositionen an der Oberleitung ohne zu biegen und zu verdrehen.

Der Vortrag zeigte weiters die Maschinen- und Arbeitstechnologie von Motorturmwagen der Serie 10 (2-achsig) und 100 (4-achsig) für die Oberleitungsinstandhaltung, die Oberleitungsinspektion und das Störungsmanagement sowie Motorturmwagen als Ergänzung im Bauzug für Neubau und Erneuerung mit der FUM. Die Serien sind leistungsstark, universell einsetzbar, haben ein bewährtes Baukastenprinzip (Aufbauten sind flexibel und individuell kombinierbar) und werden auch speziell nach Anforderungen entwickelt und gebaut. Als Arbeitstech-

nologie und zur Inspektion sind z. B. freischwenkbarer Hubarbeitsbühnen oder dreigeteilte Säulenhebebühnen, Ladekran mit Arbeitskorb, Fahrdraht- und Trageilpositionierer, Fahrdrahtlage-Messeinrichtungen und Videokontrollsysteme Standard. Beim Fahrdrahtmesssystem ist die Mess-Kontaktkraft auf die nach TSI vorgegebenen Kontaktkräfte einstellbar.

Zusammenfassend sind als Vorteile der Maschinenteknologie hohe Arbeitsqualität, verringerte Baukosten, eine Verlängerung der Nutzungsdauer der Oberleitung und eine Verringerung der Betriebserschwerungskosten hervorzuheben (Abb. 28–32).

9 Zusammenfassung

Das Oberleitungsseminar wurde von den Teilnehmern äußerst positiv beurteilt. Die einzelnen Vortragsthemen brachten wert-

volle Hinweise sowohl für die Auftraggeber als auch für die Auftragnehmer von Oberleitungsprojekten sowie auch für die Behördenvertreter, die letztlich im Betriebsbewilligungsverfahren zusammen mit Sachverständigen die Konformität mit den europäischen Normen und die Einhaltung der Sicherheitsstandards zu beurteilen haben bzw. genehmigen.

Es ist deshalb unter Einbezug von aktuellen Themen die Fortsetzung des Informations- und Erfahrungsaustausches mit einem 2. Seminar „Fahrleitungsbau mit System“ im November 2010 vorbereitet worden. Über den Inhalt dieses Seminars wird in der nächsten Ausgabe des EIK berichtet.

Den Vortragenden, den Organisatoren und den Mitarbeitern an der Veranstaltung sowie den Sponsoren darf an dieser Stelle für den Einsatz und das Gelingen nochmals gedankt werden.

Die Trasse der Eisenbahn im Grund- und Aufriss

Der praktische Ratgeber für alle Planer von Bahnanlagen

Das vom VDEI (Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e.V.) herausgegebene Fachbuch beschreibt die Entwicklung der Trassierungselemente in Deutschland bis zum heutigen Stand. Dieses Werk ist die ideale Unterstützung, um Ihren Wissensstand im Bereich der Planung von Bahnanlagen zu vervollständigen und bietet umfassende Hilfestellung bei der Entwurfsarbeit.

Technische Daten:

ISBN 3-7771-0321-7, 120 Seiten, Format 170 x 240 mm, Broschur
Preis: € 38,- inkl. Versand zzgl. MwSt. (VDEI-Mitglieder erhalten einen Rabatt von 20%)

Adresse: DVV Media Group GmbH | Eurailpress
Telefon: +49 40/2 37 14-440 · Fax: +49 40/2 37 14-450
E-Mail: buch@eurailpress.com

