Dynamic Catenary Monitoring DCM

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen

Dynamic Catenary Monitoring DCM

1

2

3

Seit vielen Jahrzehnten sind die Planung, der Bau und der Unterhalt von Fahrleitungen die Stammaktivitäten von Furrer+Frey. Zur Sicherung der Qualität befolgt Furrer+Frey festgelegte Prozesse. Was fehlte, war ein Werkzeug zur rationellen Überprüfung der Fahrleitung nach Fertigstellung der Arbeiten. So war es naheliegend, dass Furrer+Frey nach Mitteln und Wegen suchte, um sich selbst und dem Kunden den Nachweis der Erfüllung der gestellten Anforderungen zu erbringen.
Diese Überlegungen haben zur Entwicklung des DCM Dynamic Catenary Monitoring geführt.

Einen weiteren Grund für die Entwicklung des DCM-Systems sah Furrer+Frey im zunehmenden Bedarf für Fahrleitungs-Prüfungen zur Festlegung des kurz-, mittel- und langfristigen Unterhaltsbedarfs. DCM ist gedacht für den Einsatz bei Bahnen ohne eigene Messeinrichtung, unabhängig von Spurweite und Betriebsspannung. Dabei wurde auch an Bahnen in Übersee gedacht.

[1] — *DCM Container auf Furrer+Frey Normalspurwagen auf dem Streckennetz der BLS*

[2] — *Messcontainer auf dem Furrer+Frey Meterspurwagen im Depotbereich der MGB*

[3] — *DCM Messcontainer im Messzug auf der Neubaustrecke LGV Rhin-Rhône*

Referenzen

Das DCM-Messsystem bewährt sich seit Jahren bei diversen Einsätzen im In- und Ausland. Unter anderem waren dies:

- TGV Hochgeschwindigkeits-Neubaustrecke zwischen Mulhouse und Dijon mit 150km Doppelgleis, Bahnhöfen und Anschlussgleisen im Auftrag von TSO Caténaire für die RFF
- TGV-Neubaustrecke ‚Ligne du Haut-Bugey' zwischen Bourg-en-Bresse und Bellegarde. Als Besonderheit wurden hier gleichzeitig reguläres Kettenwerk und Deckenstromschiene gemessen.
- Tiefenbahnhof am neuen Flughafen Berlin Brandenburg International komplett mit Deckenstromschiene im Auftrag von BBRPS für die DBAG
- Neu mit Deckenstromschiene ausgerüsteter Arlbergtunnel im Auftrag von HC Electric für die ÖBB
- Mit Deckenstromschiene ausgerüsteter Engelberg-Tunnel-Neubau für die Zentralbahn
- Brünig-Strecke zwischen Interlaken und Luzern

Insgesamt wurden mit dem DCM ca. 1 340 km Oberleitungen gemessen, wovon sich dieser Wert wie folgt auf die folgenden Länder verteilt:

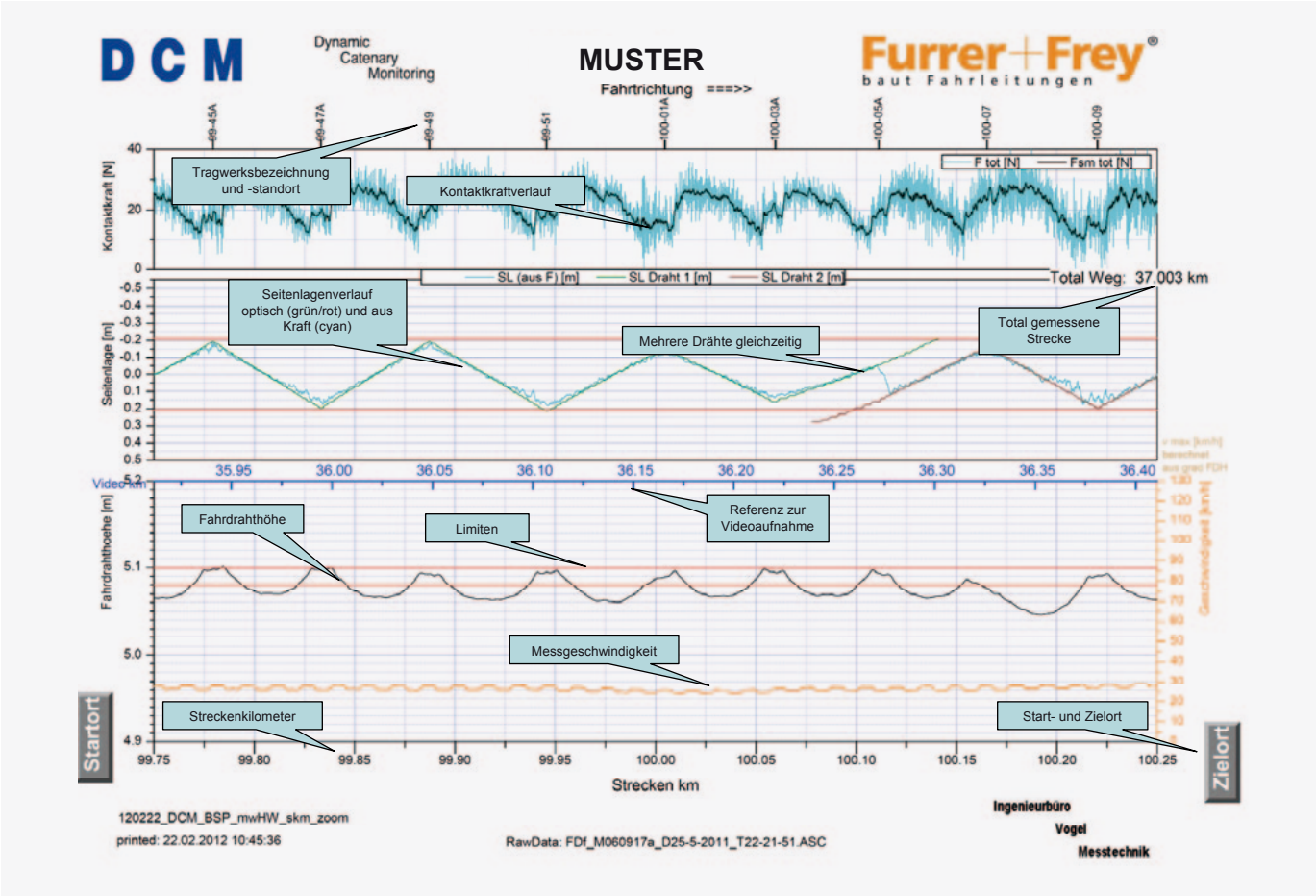
Schweiz:	ca. 280 km
Deutschland:	ca. 100 km
Österreich:	ca. 60 km
Frankreich:	ca. 900 km

Der Messcontainer

1

2

3



4

Die Komplettlösung für die Oberleitungsgeometrieerfassung auf dem gesamten Globus. Das in einem 20' ISO-Container installierte Messsystem kann sowohl per Seefracht als auch per Bahn oder Lkw zum Einsatzort transportiert werden. Zudem verfügt das System über eine Zulassung der Deutschen Bahn. Der Messcontainer bietet:

- Getrennter Mess- und Stromabnehmerraum
- Isolationsniveau 25 kV: Messungen bei allen Bahnen unter Spannung möglich
- Eigene Strom- und Druckluftversorgung
- Heizung und Klimaanlage

[1] — *DCM Container auf Furrer+Frey Normalspurwagen auf dem Streckennetz der BLS*

[2] — *DCM Messcontainer beim Verladen auf einen Kundenwagen auf dem TGV-Baustellenbahnhof der LGV Rhin-Rhône in Villersexel*

Am Zielort angelangt ist das Messsystem innert drei Stunden messbereit. Die Messung erfolgt mittels eines Einholm-Stromabnehmers (Schunk WBL 85), auf welchem verschiedene Wippen installiert werden können. Der Stromabnehmer wird während der gesamten Messfahrt mit einer hochauflösenden Industriekamera gefilmt. Über die im Videobild eingeblendeten Messdaten lässt sich die Messfahrt auf dem Bildschirm im Messraum in Echtzeit mitverfolgen. Die Videodaten können dem Kunden nach der Messfahrt auf DVD abgegeben werden. Ferner bietet eine Messung mit dem Messcontainer:

- Regulierbare Schleifleistenanpresskraft
- Erkennung von bis zu 4 Fahrdrähten gleichzeitig
- Erkennung von Doppelfahrdraht
- Erkennung von Tragwerken
- Erkennung von Hängern
- Messung der Fahrdrahtseitenlage mittels optischen Sensoren
- Messung der Fahrdrahtseitenlage mittels Kontaktkraftsensoren
- Messung der Fahrdrahthöhe mittels Seilzug
- Kompensation der Fahrzeugbewegungen (nur mit F+F-eigenem Wagen)

Das Messsystem wird vor jeder Messfahrt geeicht und mittels eines präzisen Lasermessgerätes an einem beliebigen Punkt der Messstrecke referenziert. Alle bei der Auswertung an den Rohdaten vorgenommenen Änderungen werden automatisch protokolliert.

[3] — *Blick in den Pantographenraum im Transportzustand*

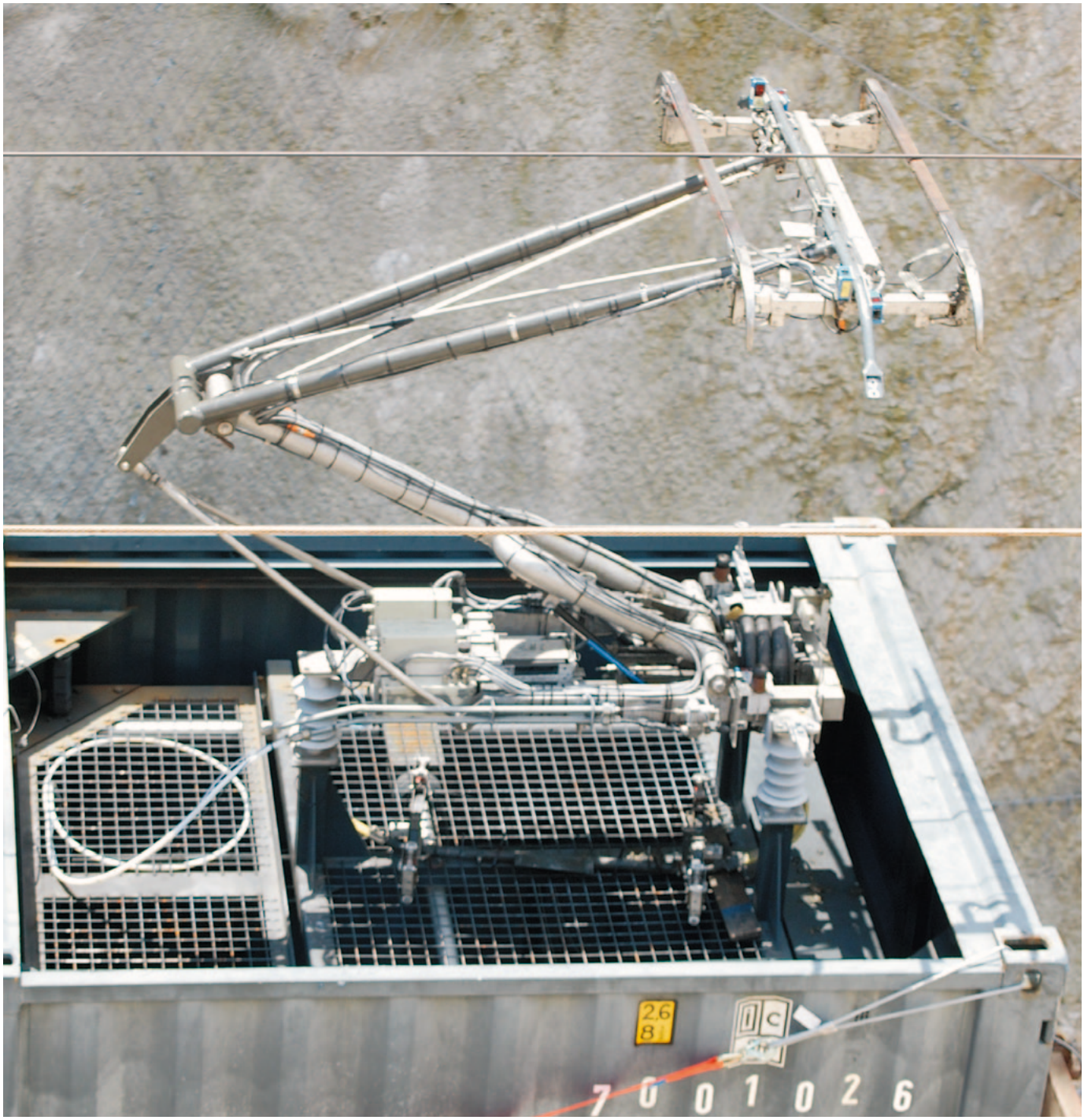
Die Auswertung der Messung wird an die individuellen Wünsche des Kunden angepasst. Prinzipiell werden alle von Sensoren aufgezeichneten Daten ausgewertet. Es können folgende Daten visualisiert werden:

- Kontaktkraftverlauf
- Seitenlage optisch
- Seitenlage aus Kraft errechnet
- Fahrdrahthöhe
- Fahrgeschwindigkeit
- Gemessene Distanz
- Positionen und Bezeichnungen von Tragwerken
- Hänger (Position und Anzahl)
- Fahrdraht-Anhub- und Ruhelage (benötigt zwei Messfahrten mit verschiedenen Anpresskräften)
- GPS-Daten (Messpunkte lassen sich GPS-Punkten zuordnen)
- Winddaten
- Video-Kilometer (Jeder Messpunkt lässt sich eindeutig einer Stelle der Videoaufzeichnung zuordnen)
- Durchhänge in den Feldmitten
- Einhaltung der zulässigen minimalen und maximalen Fahrdrahthöhe und -seitenlage
- Neigung in der Ruhelage des Fahrdrahtes
- Neigung an den Stützpunkten in der Ruhelage
- Abweichung von der Ruhelage von der gedachten Verbindungslinie zwischen den Stützpunkten einschliesslich Vordurchhang
- Relative Elastizität zu den benachbarten Stützpunkten

[4] — *Beispiel Messtreifen*

Zudem können dem Kunden sämtliche ausgewerteten Messdaten in Form einer Textdatei (*.txt) oder einer Comma-Separated-Value-Datei (*.csv) übergeben werden.

Wie misst der DCM?



1

Fahrdrahthöhe

Der Abstand zwischen Fahrdraht und Schienenoberkante wird aus verschiedenen festen Werten und einer variablen Grösse zusammengesetzt. Die festen Grössen werden zu Beginn jeder Messkampagne validiert und gegebenenfalls angepasst. Diese Festgrössen sind:

- Distanz Schienenoberkante – Containerboden
- Distanz Containerboden – Hebebühne
- Distanz Hebebühne – Seilzug

Wie sich aus dem letzten der obigen Punkte ergibt, wird die Höhe des Pantographen selbst mit einem Seilzug gemessen. Die letzte Distanz (und damit die einzige während der Messfahrt variable Grösse) ist jene zwischen der Schleifleistenoberkante und des Seilzugsensors.

[1] — *Blick auf den Messpantographen beim Messvorgang*

Fahrdrahtseitenlage

Zur Bestimmung der Fahrdrahtseitenlage stehen zwei verschiedene Messmethoden zur Verfügung, wovon jede ihre Vor- und Nachteile hat. Diese sind:

- Seitenlagenmessung mittels Kraft: An der Unterseite beider Schleifleisten sind jeweils links und rechts Kraftsensoren angebracht. Anhand des Verhältnisses der Kräfte zwischen links und rechts und der Dimensionen der Schleifleisten lässt sich die Position des Fahrdrahtes errechnen
- Seitenlagenmessung mittels optischer Sensoren: Zwischen den Schleifleisten wurde eine optische Sensoreneinheit angebracht, welche von LED's ausgesandte und mit ca. 4 300 Hz gepulste Lichtstösse registrieren. So können die nebeneinander angeordneten Sensoren auch mehrere Fahrdrähte gleichzeitig erfassen, sofern diese nicht zu nahe beieinander liegen. Mit dieser Methode lassen sich insgesamt bis zu 4 Drähte gleichzeitig registrieren.

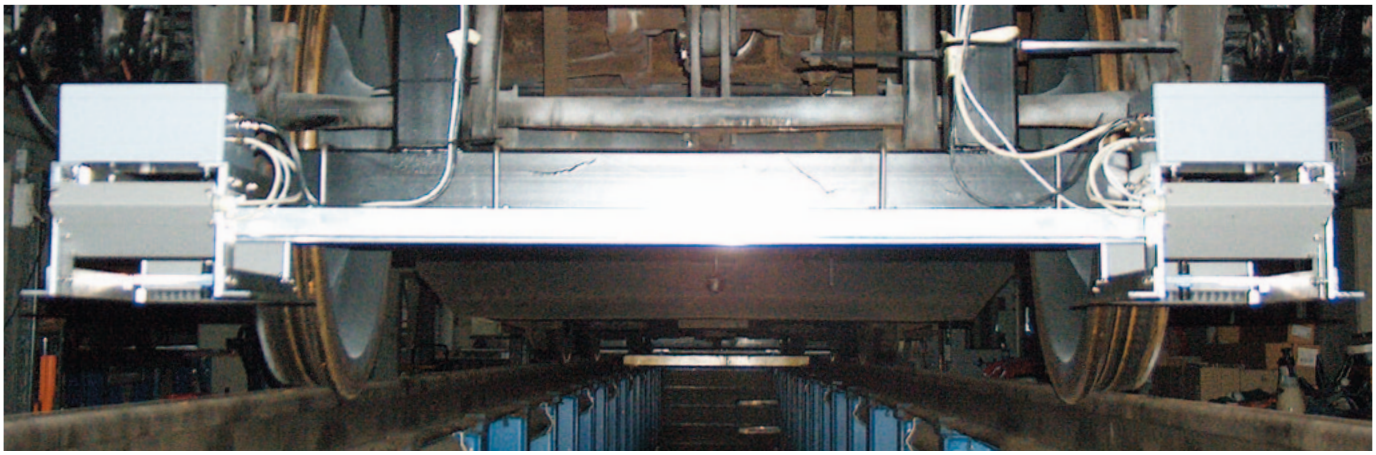
Die Kraftmessung hat zum Vorteil, dass damit gleichzeitig auch die Kontaktkraft gemessen werden kann, welche insbesondere in Hinsicht auf die Stromübertragungsgüte eine wesentliche Messgrösse ist. Andererseits lassen sich mit der Kontaktkraft die Kraftverläufe in speziellen Bereichen, wie Weicheneinläufen oder Drahtwechseln, nachvollziehen und man erkennt so auch leicht Störstellen, wie zum Beispiel schlecht eingestellte Streckentrenner und dergleichen. Der wesentliche Nachteil der Kraftmessung ist jedoch, dass man in eben den besagten Bereichen, wo mehr als nur 1 Draht in der Nähe der Schleifleiste ist, nur jenen in den Resultaten erkennt, der auch eine Kraft auf die Schleifleisten ausübt, beziehungsweise dass wenn mehrere Drähte gleichzeitig eine Kraft auf die Schleifleisten ausüben, man dann nur die mittlere Seitenlage der beiden Drähte sieht. Kombiniert man jedoch die Resultate der Kraftmessung mit den Resultaten der optischen Messung, erhält man nicht nur das Bild der Seitenlagenverläufe (speziell auch von mehreren Drähten gleichzeitig), sondern man kann auch erkennen, wo der Kontaktübergang stattfindet.

Tragwerke

Zur Detektierung von Tragwerken (respektive Spurhaltern) stehen mehrere Alternativen zur Verfügung, mittels welchen sich in Kombination im Zuge der Auswertung der Resultate die Positionen aller Tragwerke feststellen lassen:

- Detektion durch die optische Sensoreinheit: Da die Sensoren nicht nur erkennen, was sich in Kontakt mit den Schleifleisten befindet, sondern auch alles, was sich bis zu 10 cm darüber befindet, wird ein Ausschlag aller Sensoren an einem bestimmten Punkt als Tragwerk interpretiert.
- Detektion durch Laser-Schranken: Zusätzlich zum optischen Sensorbalken sind am Messbügel zwei Lasersensoren angebracht (jeweils einer links und einer rechts), die vertikal nach oben gerichtet sind und beim Passieren eines Tragwerks an der entsprechenden Stelle einen Eintrag in den Resultaten erzeugen.
- Detektion durch die Seitenlage: Im Post-Processing erkennt die Software zusätzlich zu den obigen Werten Tragwerke auch anhand des Seitenlagenverlaufs. An Stellen, wo der Verlauf der Seitenlage offensichtlich aufgrund eines Tragwerks die Richtung ändert, erkennt dies die Software automatisch auch als solches.
- Detektion von Hand: Da es aufgrund der unterschiedlichen Bauarten von Oberleitungen möglich ist, dass alle obigen Methoden versagen, können Tragwerke von Hand eingefügt werden. Somit ist auch sichergestellt, dass schlussendlich alle Tragwerke in den Resultaten erfasst werden.

Wie misst der DCM?



1

2

Hänger

Zusätzlich zu den vertikal nach oben gerichteten Lasersensoren sind zwei weitere, schräg nach oben gerichtete Lasersensoren am Messbügel angebracht. Wenn ein Hängerseil diese Schranke passiert, wird dies in den Resultaten vermerkt. Da jedoch auch andere Bauteile der Oberleitung diese Schranke passieren (z.B. C-Verbinder, Streckentrenner etc.) ist eine Auswertung mit Hängerdaten äusserst zeitaufwändig und wird im Regelfall nicht gemacht.

Kompensation der Wagenbewegungen

Um die Wagenbewegungen auszugleichen, welche bei höheren Geschwindigkeiten unweigerlich zu einer Verfälschung der Messdaten führen, verfügen jeweils ein Furrer+Frey-eigener Normalspur- und Meterspurflachwagen über Montagegestelle an der Wagenunterseite, an welchen die besagten Messeinrichtungen befestigt werden können. Das Kompensationssystem besteht aus zwei Einfedermodulen, welche mittels Ultraschall die Distanz zwischen Wagenaufbau und Achslager messen, und aus zwei Schienenmodulen, welche analog zur optischen Seitenlagenmessung die Position der Schienenköpfe detektieren. Somit können sowohl die Kippbewegungen des Wagens als auch das Spurspiel rechnerisch kompensiert werden.

[1] — *Schienenmessmodule des DCM, angebracht am Furrer+Frey Normalspurwagen*

Geschwindigkeit und Distanz

Zur Messung des Wegsignals, welches für die Messung von Geschwindigkeit und Distanz benötigt wird, stehen auf dem im vorangehenden Abschnitt erwähnten Furrer+Frey-Wagen Achstachometer zur Verfügung.
Bei Einsätzen, bei welchen nicht auf einen Furrer+Frey-Wagen zurückgegriffen werden kann, steht ein speziell für Bahnanwendungen entwickelter Radar-Tachometer zur Verfügung, der ohne grossen Aufwand am Kundenwagen angebracht werden kann.

[2] — *Messcontainer auf einem Meterspurwagen der RBS*

Messmethoden

1

2

3

Statische Messung

Mit dem Messcontainer können statische bzw. quasistatische Messungen der geometrischen Lage des Fahrdrahtes durchgeführt werden. Der Container kann dazu auf jedem beliebigen Flachwagen montiert werden. Für die statischen Messungen können bei Geschwindigkeiten zwischen 5 km/h und 40 km/h* folgende Genauigkeiten zugesichert werden:

- Höhenlage: ± 10 mm
- Seitenlage: ± 12 mm
- Kontaktkraft: ± 2.0 N

* Mit Geschwindigkeiten zwischen 10 km/h und 40 km/h können die obigen Genauigkeiten nur mit dem F+F-eigenen Wagen eingehalten werden, da nur dieser ein System zur Kompensation der Wagenbewegungen besitzt. Für höhere Geschwindigkeiten gelten die Toleranzen der dynamischen Messung.

[1] — *Messcontainer bei der Messung auf der Ligne du Haut Bugey zwischen Bellegarde und Bourg-en-Bresse*

Messbügel auf Lok

Das DCM-Messsystem kann auch losgelöst vom Messcontainer auf einer Lok des Kunden installiert werden. Die Installation benötigt dafür jedoch wesentlich mehr Zeit und entsprechende Planung vor Ort. Mögliche Einsatzszenarien sind:

- Dynamische Messung zur Beurteilung der Stromübertragungsqualität (siehe nächster Abschnitt)
- Messungen auf Strecken, wo das Lichtraumprofil mit dem Container nicht eingehalten werden kann
- Messungen auf Tramstrecken oder Stadtbahnen

[2] — *BLS-Lokomotive mit für DCM modifiziertem Pantographen*

[3] — *Für DCM-Messung modifizierter Pantograph einer BLS-Lok*

Dynamische Messung

Das DCM-Messsystem kann auch zur Beurteilung der Stromübertragungsqualität verwendet werden. Solche Messungen finden unter Betriebsbedingungen bei Streckengeschwindigkeit und damit bei hohen Tempi statt. Mittels Montage auf einer Kundenlokomotive können diese Messungen mit Geschwindigkeiten bis zu 250 km/h durchgeführt werden. Der Stromabnehmer wird dazu mit Windleitblechen ausgerüstet, um die Anpresskraftdifferenz zu korrigieren, welche das Messsystem durch sein Gewicht verursacht. Die Energieversorgung von 230 V erfolgt dabei über die Bordenergie der Lokomotive, welche dafür einen Leistungsbedarf von 1.5 kVA decken muss. Bei Geschwindigkeiten bis 250 km/h können folgende Genauigkeiten erreicht werden:

- Höhenlage: ± 12 mm
- Seitenlage: ± 18 mm
- Kontaktkraft: ± 4.0 N

Dynamic Catenary Monitoring DCM

Ihr Partner für die Planung, Lieferung und den Bau von Fahrleitungsanlagen.

Furrer+Frey AG
Ingenieurbüro, Fahrleitungsbau
Thunstrasse 35
Postfach 182
CH-3000 Bern 6

T +41 31 357 61 11
F +41 31 357 61 00

adm@furrerfrey.ch
www.furrerfrey.ch

Für dieses Dokument und die darin dargestellten Objekte behalten wir uns alle Rechte vor. Die Verwendung seines Inhalts ist ohne unsere schriftliche Zustimmung verboten.

© 2012 Furrer+Frey AG

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen