

TracFeed® CATMOS®

Deutsch



Das validierte Simulationsprogramm

TracFeed® CATMOS® DAS VALIDIERTE SIMULATIONSPROGRAMM FÜR DAS DYNAMISCHE ZUSAMMENWIRKEN ZWISCHEN OBERLEITUNG UND STROMABNEHMER

Eine Dienstleistung von Rail Power Systems für Ihre Oberleitungsanlage

Die Norm EN 50318:2002

Das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® wurde auf der Basis der nachstehenden Norm (deutscher Titel) validiert:

EN 50318, Bahnanwendungen – Stromabnahmesysteme – Validierung von Simulationssystemen für das dynamische Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitung. Die EN 50318 wurde am 01.04.2002 angenommen.

Diese Europäische Norm wurde unter dem Mandat der Europäischen Kommission von CENELEC ausgearbeitet. Die Norm unterstützt die Richtlinie 2008/57/EG. In diesem Zusammenhang wird ausdrücklich auf die Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems Energie (TSI Energie) des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union verwiesen. Die Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems Energie wurde im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L256/179 (12.12.2014) veröffentlicht.

Zur Erlangung der EG-Entwurfsprüfbescheinigung für Interoperabilitätskomponenten Oberleitung gemäß TSI Energie nach Modul CH oder CH1 ist der Nachweis der Einhaltung der Kriterien für das dynamische Zusammenwirken zwischen Oberleitung und Stromabnehmer (TSI Energie, Abschnitt 6.1.4.1.) erforderlich. Dafür ist ein Simulationsprogramm notwendig, welches gemäß EN 50318:2002 validiert ist.

Inspektionsstelle TSI

Die Rail Power Systems GmbH betreibt eine Inspektionsstelle, Typ B, gemäß EN ISO/IEC 17020. Die Inspektionsstelle arbeitet als Unterauftragnehmer des deutschen Eisenbahn-CERT und ist durch Eisenbahn-CERT zertifiziert. Die Inspektionsstelle TSI führt Inspektionstätigkeiten gemäß Richtlinie 2008/57/EG und deren Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität u.a. für die Kriterien des dynamischen Zusammenwirkens zwischen Oberleitung und Stromabnehmer durch.

Leistungsmerkmale

Die Optimierung und Entwicklung der Befahrungseigenschaften von Oberleitungsanlagen durch empirische Messungen ist sehr aufwändig und beschränkt die Zahl der Variationen. Das Ergebnis solcher Untersuchungen ist zudem noch wegen der Vielzahl der äußeren Parameter (z. B. Wind, Regen) und deren nicht reproduzierbaren Einflüsse technisch und wirtschaftlich unsicher.

Mit dem Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® lassen sich dagegen viele Varianten ohne großen Zeit- und Kostenaufwand durcharbeiten und optimieren.

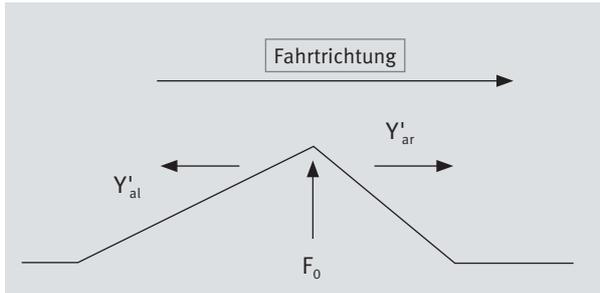
Mit TracFeed® CATMOS® können sehr komplexe Anordnungen der Oberleitung mit bis zu 8 Stromabnehmern pro Zug untersucht werden. Die wichtigsten Leistungsmerkmale sind:

- Nachbildung von bis zu zehn Nachspannlängen mit unterschiedlichen Spannkräften der Seile und des Fahrdrabtes
- Weichenbespannungen mit Kreuzungsstab und Wechselhängern
- Kettenwerke mit Y-Beiseilen an den Stützpunkten und zusätzlichem Hilfstragseil
- 8 verschiedene Stromabnehmer pro Zug
- Stromabnehmermodelle mit bis zu 8 Freiheitsgraden

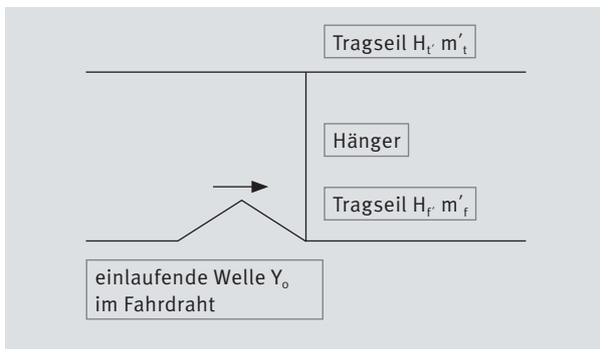
Mathematische Grundlagen

Für die Simulation der Stromabnahme von der Oberleitung durch den Stromabnehmer wird ein mathematisches Modell für Oberleitung und Stromabnehmer verwendet.

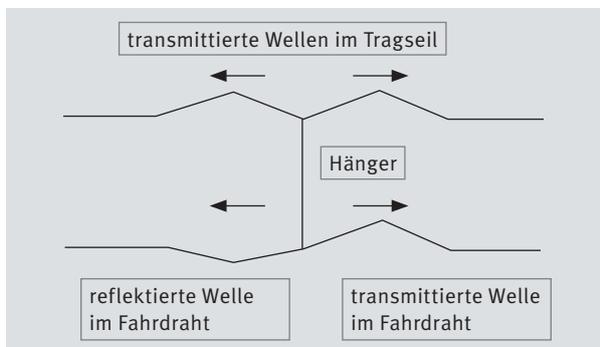
Zur Beschreibung der durch die Andruckkraft des Stromabnehmers entstehenden Wellen im Kettenwerk wird die D'Alembertsche Methode verwendet.



Durch die Anwendung dieser Methode erhält man eine sehr leistungsfähige Simulation, in der nichtlineare Eigenschaften des Kettenwerks wie z. B. das Ausknicken der Hänger berücksichtigt sind.



Die Wellenflanken werden an den Hängern reflektiert.



Für die Beschreibung der Eigenschaften der Stromabnehmer stehen 10 verschiedene Ersatzmodelle zur Verfügung. Diese Ersatzmodelle bestehen aus diskreten Massen, Federn und Dämpfern. Die Massen sind durch Federn und Dämpfer miteinander verbunden. Es können Stromabnehmer mit bis zu 8 Freiheitsgraden nachgebildet werden, wobei die Modelle die Rotationsbewegung der Schleifleisten durch den Zickzack des Fahrdrahtes berücksichtigen.

Auswertemöglichkeiten

Mit dem Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® können sehr umfangreiche Auswertungen durchgeführt werden. Auswertungsmöglichkeiten sind u.a.:

- Statistische Analyse der Kontaktkraft
- Grafische Darstellung des Montagezustandes, der Kontaktkraft und der Bewegungen der Stromabnehmer
- Grafische Darstellung der Bewegung ausgewählter Kettenwerkspunkte
- Ort und Dauer von Lichtbögen jeder Schleifleiste eines Stromabnehmers

Anwendung des Simulationsprogramms

Das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® bietet folgende Anwendungsmöglichkeiten:

- Optimierung/Nachbildung von vorhandenen Oberleitungsanlagen
- Entwicklung von neuen Oberleitungssystemen
- Entwicklung/Optimierung von Sonderkonstruktionen an Bauwerken
- Untersuchung/Festlegung von Montagetoleranzen
- Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit bestehender Anlagen durch neue Stromabnehmer
- Betrieb mit mehreren Stromabnehmern
- Entwicklung/Optimierung von Stromabnehmern



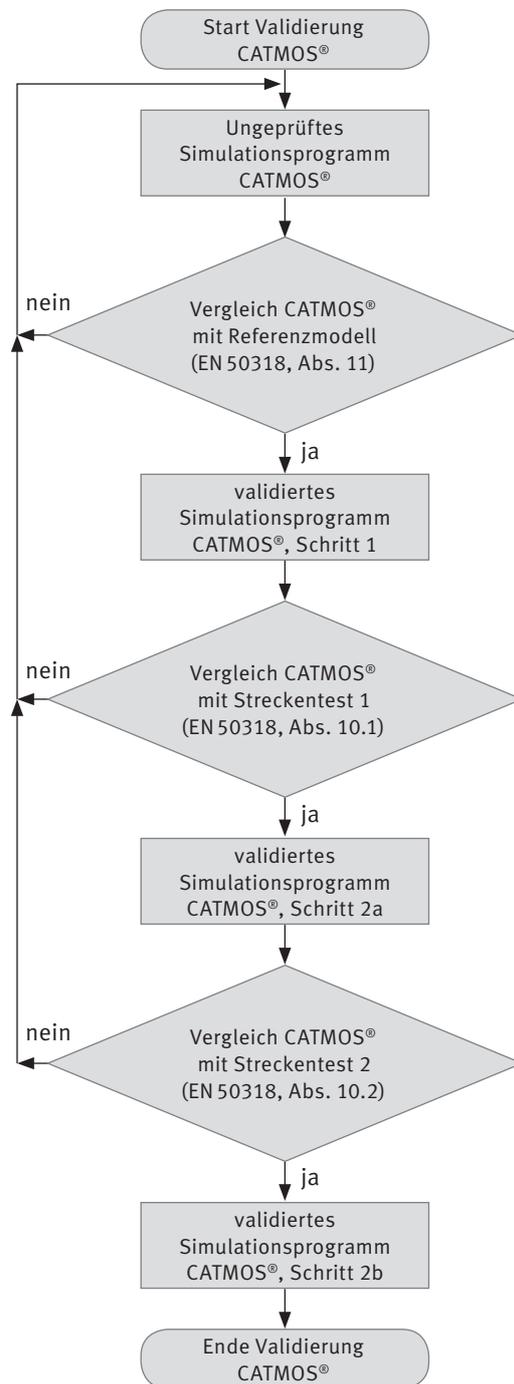
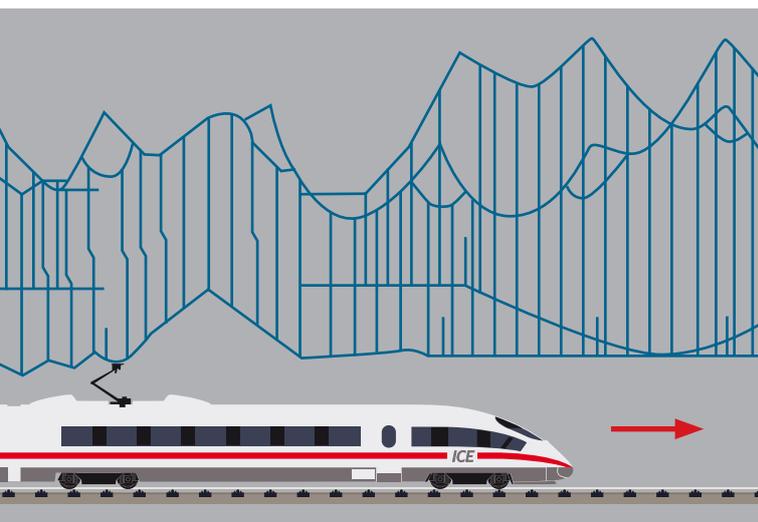
Ablauf der Validierung

Als erster Schritt der Validierung des Simulationsprogramms TracFeed® CATMOS® fordert die EN 50318:2002, Abschnitt 11, den Vergleich mit einem Referenzmodell, um das erforderliche Vertrauen in die Genauigkeit der Simulation zu bekommen. Wenn die Resultate innerhalb der Grenzen aus EN 50318:2002, Tabelle 2, liegen, dann kann die Simulationsmethode für den nächsten Schritt der Validierung (Vergleich mit Streckentests) genutzt werden.

Die weiteren Schritte der Validierung des Simulationsprogramms TracFeed® CATMOS® sind der Vergleich mit Messdaten von verschiedenen Streckentests. Die Validierung mit Messwerten setzt gemäß EN 50318:2002, Abschnitt 10, Messdaten aus Streckentests voraus, die mit Stromabnehmermesssystemen entsprechend EN 50317:2002 ermittelt wurden.

Für den Vergleich mit Streckentest 1 standen Daten aus einer Versuchsfahrt auf einer spanischen Hochgeschwindigkeitsstrecke zur Verfügung.

Der Vergleich mit Streckentest 2 wurde mit Daten einer Versuchsfahrt auf einer Neubaustrecke der Schweizerischen Bundesbahnen durchgeführt.



VERGLEICH MIT DEM REFERENZMODELL

Die nachstehende Tabelle zeigt die zulässigen Ergebnisbereiche gemäß EN 50318:2002, Tabelle 2, und die Ergebnisse der Simulation mit TracFeed® CATMOS®.

Die Simulationsergebnisse liegen innerhalb des zulässigen Ergebnisbereichs und erfüllen damit die Forderungen der EN 50318:2002. Damit kann das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® gemäß EN 50318:2002, Abschnitt 11.1, für den nächsten Schritt der Validierung, dem Vergleich mit Streckentests, verwendet werden.

Geschwindigkeit	250 km/h			300 km/h		
	Ergebnisbereich		Simulation	Ergebnisbereich		Simulation
20 Hz Filterfrequenz						
Mittlere Kontaktkraft (F _m)	110 N	120 N	116,3 N	110 N	120 N	113 N
Standardabweichung (σ)	26 N	31 N	27,1 N	32 N	40 N	35 N
Statistisches Maximum der Kontaktkraft	190 N	210 N	197,6 N	210 N	230 N	218 N
Statistisches Minimum der Kontaktkraft	20 N	40 N	35 N	-5 N	20 N	8 N
Aktuelles Maximum der Kontaktkraft	175 N	210 N	198,9 N	190 N	225 N	217,4 N
Aktuelles Minimum der Kontaktkraft	50 N	75 N	72,2 N	30 N	55 N	37,3 N
Max. Anhub am Stützpunkt	48 mm	55 mm	51 mm	55 mm	65 mm	58 mm
Prozentsatz des Kontaktverlustes	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %



Messzug der DB Systemtechnik GmbH bei einer dynamischen Messfahrt



VALIDIERUNG MIT MESSWERTEN

Die Validierung mit Messwerten setzt gemäß EN 50318:2002, Abschnitt 10, Messdaten aus Streckentests voraus, die mit Stromabnehmermesssystemen entsprechend EN 50317:2002 ermittelt wurden. Als Vergleichsgrößen zwischen Streckentest und Simulation dienen:

- Standardabweichung der Kontaktkraft σ
- Maximaler Anhub am Stützpunkt
- Bereich zwischen der maximalen und minimalen vertikalen Verschiebung des Kontaktpunkts

Die zulässigen Abweichungen der Simulationsergebnisse von den Messwerten sind in der EN 50318:2002, Tabelle 1, angegeben.

Vergleich mit Streckentest 1

Die Abweichungen der berechneten und der gemessenen Werte der Kontaktkräfte, des Anhubes am Stützpunkt und der Verschiebung in der Oberleitung liegen im zulässigen Bereich der EN 50318:2002. Damit ist das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® im Vergleich zu Streckentest 1 validiert.

Oberleitungstyp	Re250					zulässige Abweichung gemäß EN 50318
Stromabnehmertyp	DSA350EU					
Länge Auswertabschnitt	1 km					
Geschwindigkeit	329,1 km/h					
Vergleich mit Streckentest 1	Messung		Simulation		Abweichung	
Stromabnehmer (PA) Nr.	PA1	prozentual	PA1	prozentual	Abweichung	
Standardabweichung der Kontaktkraft (σ)	32,3 N	100 %	30,5 N	94,3 %	- 5,7 %	± 20 %
Anhub am Stützpunkt	5,3 cm	100 %	5,18 cm	98 %	- 2,3 %	± 20 %
Vertikale Verschiebung des Kontaktpunktes	6,11 cm	100 %	5,23 cm	85,6 %	- 14,4 %	± 20 %

Vergleich mit Streckentest 2

Die Abweichungen der berechneten und der gemessenen Werte der Kontaktkräfte, der Anhub am Stützpunkt und der vertikalen Verschiebung in der Oberleitung für beide Stromabnehmer liegen im zulässigen Bereich der EN 50318:2002. Damit ist das Simulationsprogramm CATMOS® im Vergleich zu Streckentest 2 validiert.

Vergleich ausgewählter Kurvenverläufe

Nachstehende, grafische Vergleiche ausgewählter Kurvenverläufe werden von der Norm EN 50318:2002 nicht gefordert und sind somit kein Bestandteil der Validierung des Simulationsprogramms TracFeed® CATMOS®. Die Darstellungen zeigen den Verlauf gemessener und simulierter Werte.

Die Vergleiche der Kurvenverläufe unterstützen die Validierung des Simulationsprogramms TracFeed® CATMOS® und fördern das Vertrauen in das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS®.

Oberleitungstyp	FI200T F+F					zulässige Abweichung gemäß EN 50318
Stromabnehmertyp	WBL85KCR					
Länge Auswerteabschnitt	1 km					
Geschwindigkeit	220 km/h					
Vergleich mit Streckentest 2	Messung		Simulation		Abweichung	
Stromabnehmer (PA) Nr.	PA1	prozentual	PA1	prozentual	Abweichung	
Standardabweichung der Kontaktkraft (σ)	17,6 N	100 %	19,8 N	112,5 %	+ 12,5 %	± 20 %
Anhub am Stützpunkt	9,0 cm	100 %	7,77 cm	86,3 %	- 13,7 %	± 20 %
Vertikale Verschiebung des Kontaktpunktes	8,5 cm	100 %	6,83 cm	80,4 %	- 19,6 %	± 20 %
Stromabnehmer (PA) Nr.	PA2		PA2			
Standardabweichung der Kontaktkraft (σ)	26,0 N	100 %	27,6 N	106,2 %	+ 6,2 %	± 20 %
Anhub am Stützpunkt	9,0 cm	100 %	8,21 cm	91,2 %	- 8,8 %	± 20 %
Vertikale Verschiebung des Kontaktpunktes	8,5 cm	100 %	9,29 cm	109,3 %	+ 9,3 %	± 20 %

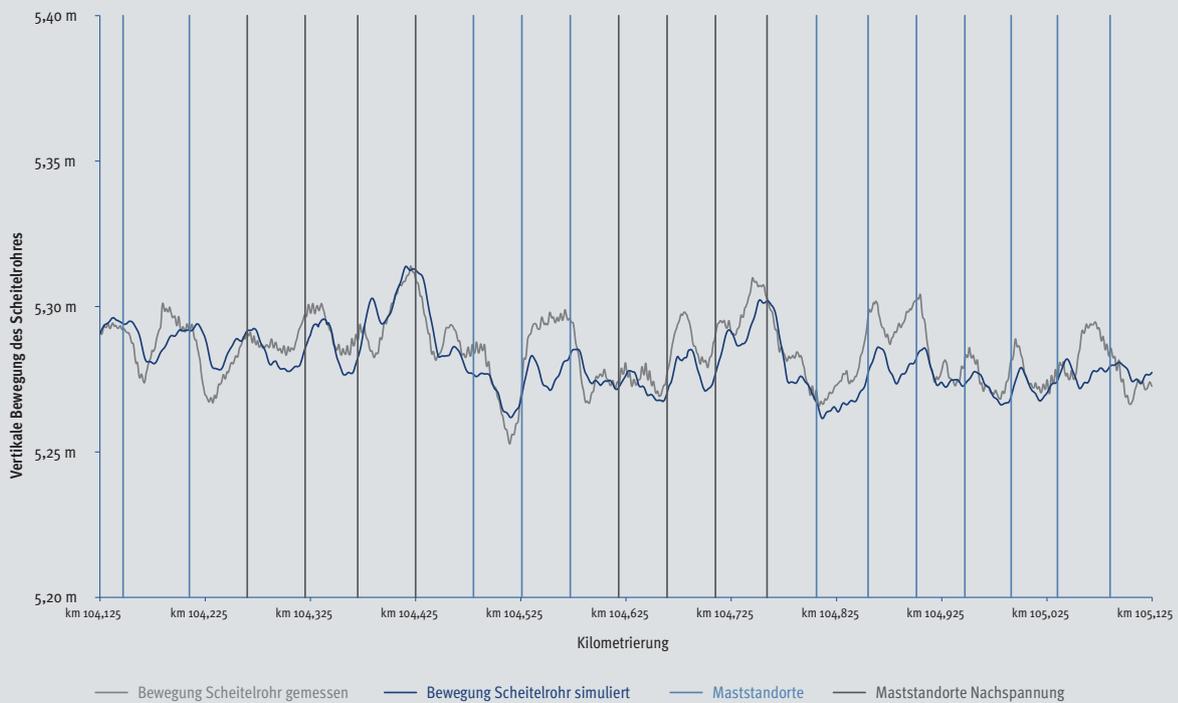


Nachstehendes Diagramm zeigt den qualitativen Vergleich der gemessenen und simulierten vertikalen Bewegung des Scheitelrohrs des Stromabnehmers.



Ankara-Konya, Türkei

Re250, DSA380EU, vertikale Bewegung des Stromabnehmerscheitelrohrs



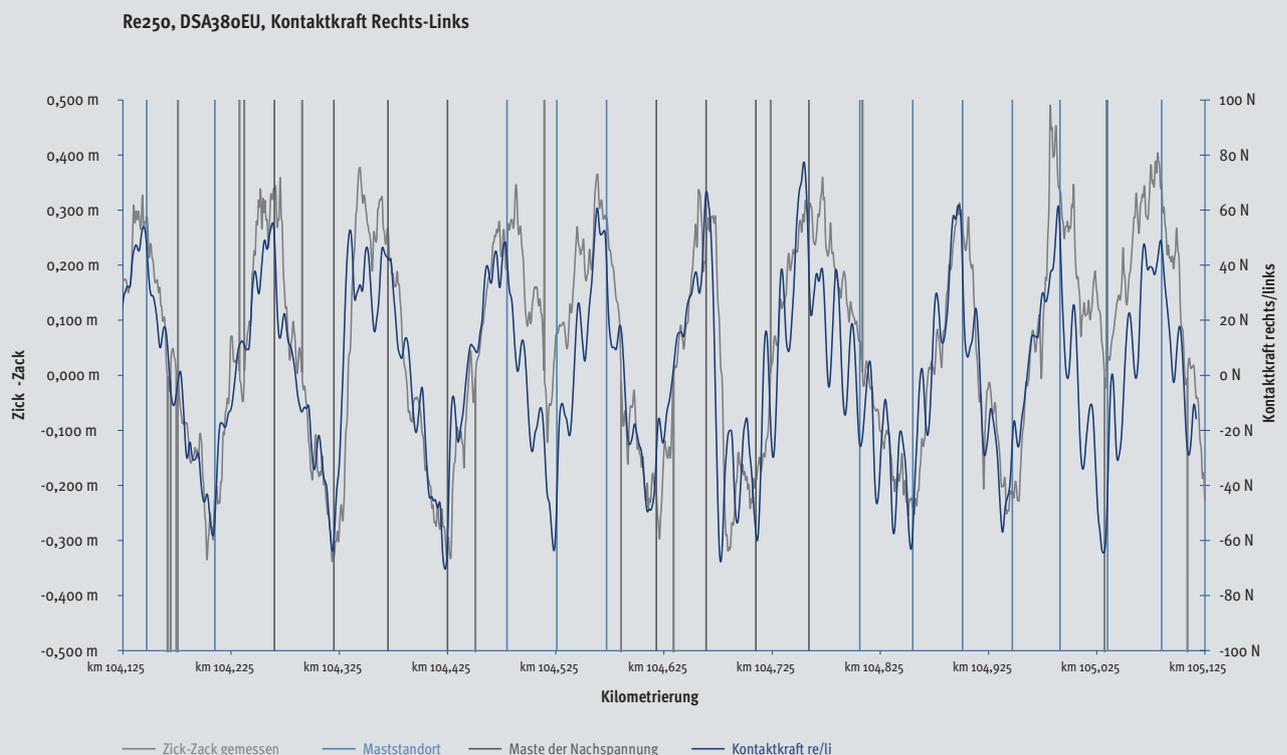
Das untenstehende Diagramm zeigt den qualitativen Vergleich der gemessenen Fahrdrachtseitenlage und des simulierten Verlaufs der Differenz der Summen der Kräfte zwischen den linken und rechten Messwertaufnehmern des Stromabnehmers. Bei einem Stromabnehmermesssystem wird wie in der Simulation die Differenz der Summen zwischen den rechten und linken Messwertaufnehmern aus den Messwerten der einzelnen Messwertaufnehmer gebildet. Die Messanordnung wird zuvor auf einem Prüfstand kalibriert. Dadurch ist die Skalierung der Fahrdrachtseitenlage (Zickzack) mit einer Längeneinheit möglich.

Dies ist für den simulierten Verlauf nicht möglich. Daher ist für diese Kurve eine zweite separate Skalierung der Y-Achse notwendig. Beide Kurvenverläufe zeigen eine sehr gute, qualitative Übereinstimmung. Bei der gemessenen Kurve ist zu berücksichtigen, dass Gleislagefehler, seitliches Wanken des Fahrzeugs und des Stromabnehmers vom Stromabnehmermesssystem erfasst und nicht korrigiert werden.

Qualitätssicherungssystem

Die Rail Power Systems GmbH ist nach EN ISO 9001:2008 zertifiziert. Damit verfügt die Rail Power Systems GmbH über ein anerkanntes Qualitätsmanagement mit internen Prüfverfahren für Vertrieb, Verkauf Komponenten, Entwicklung, Planung, Fertigung und Montage von Fahrleitungen und Stromversorgungsanlagen/Netzleittechnik/50-HzAnlagen/Signaltechnik inklusive Wartung und Service (Instandhaltung) und Gesamtprojekte. Das Qualitätsmanagement wird auf Berechnungen mit dem Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® angewandt.

Die Rail Power Systems GmbH ist nach OHSAS 18001:2007 – Occupational Health and Safety Assessment Series – zertifiziert.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Validierung des Simulationsprogramms TracFeed® CATMOS® wurde gemäß EN 50318:2002 durchgeführt. Die allgemeinen Anforderungen an ein Simulationsprogramm entsprechend EN 50318:2002, Abschnitt 6 bis 9, werden durch das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® erfüllt. Die erforderlichen Vergleiche mit dem Referenzmodell und zwei verschiedenen Streckentests wurden durchgeführt. Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen für vorgenannte Vergleiche liegen innerhalb der zulässigen Abweichungen nach EN 50318:2002, Tabellen 1 und 2. Alle in der EN 50318:2002, Abschnitt 9, geforderten Ausgabewerte können durch das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® bereitgestellt werden. Damit ist das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® für Simulationen des dynamischen Zusammenwirkens zwischen Oberleitung und Stromabnehmer validiert.

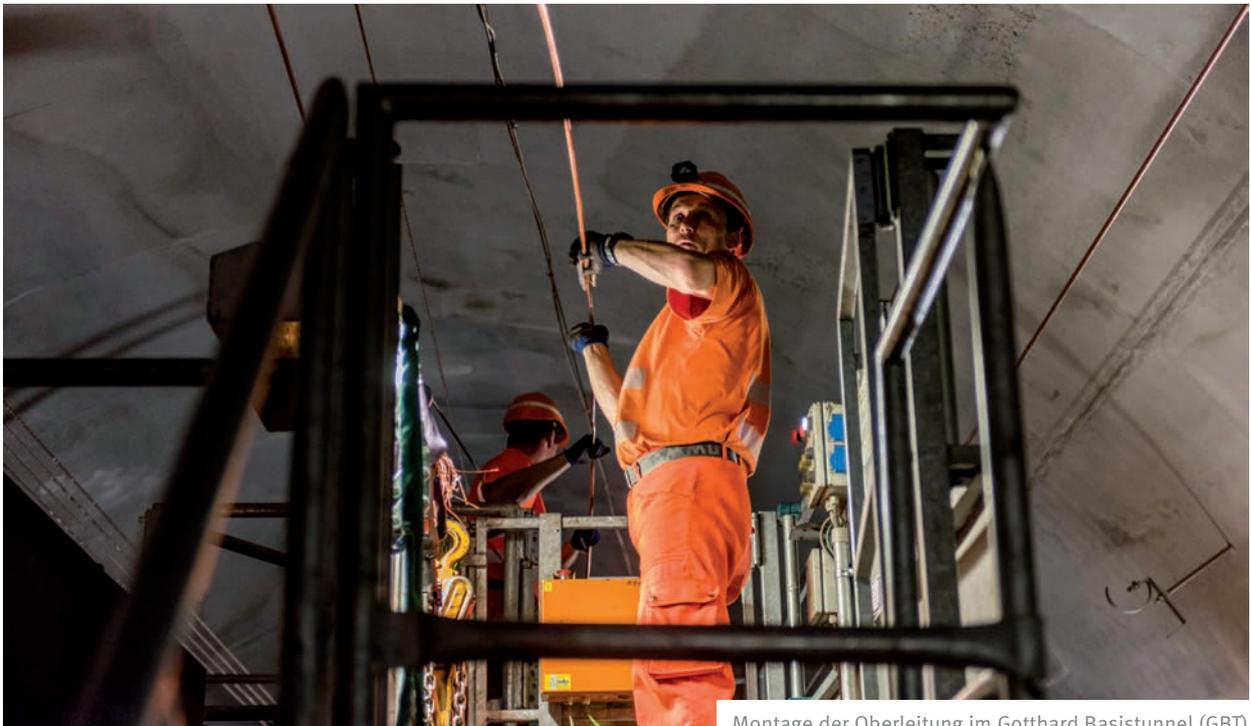
Darüber hinaus wurden ausgewählte Kurvenverläufe aus Messungen bei den Streckentests und aus Simulation zusätzlich zu den Anforderungen der EN 50318:2002 verglichen. Im Ergebnis des visuellen Vergleichs der Kurvenverläufe ergibt sich eine gute Übereinstimmung. Damit wird das Vertrauen in das Simulationsprogramm TracFeed® CATMOS® gestärkt.



RPS-Montagefahrzeuge für die Oberleitung im Gotthard Basistunnel (GBT)

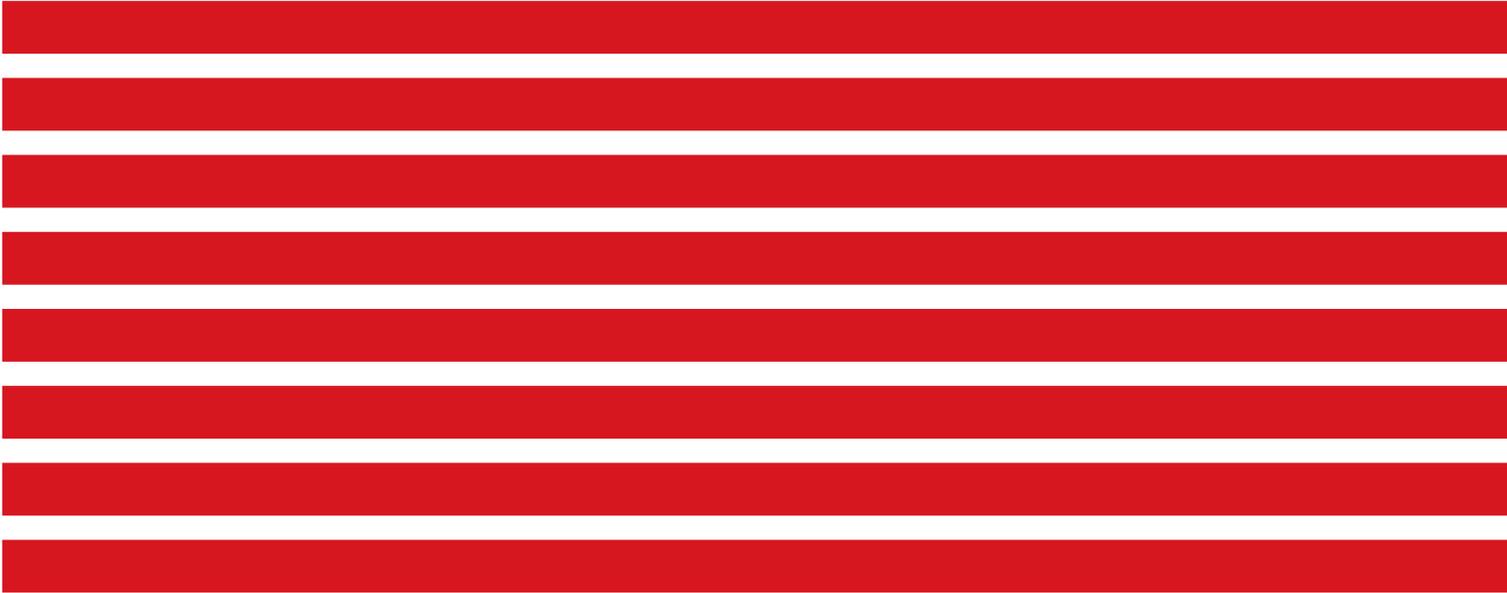


Dynamische Abnahmefahrt für die Oberleitung im GBT mit 275km/h



Montage der Oberleitung im Gotthard Basistunnel (GBT)





© 2016 Alle Rechte sind der Rail Power Systems GmbH vorbehalten.

Die in diesem Dokument angegebenen Spezifikationen betreffen gängige Anwendungsbeispiele. Sie bilden nicht die Leistungsgrenzen ab. Im konkreten Anwendungsfall können daher abweichende Spezifikationen erreicht werden. Maßgeblich sind allein die im jeweiligen Angebot formulierten oder vertraglich vereinbarten Spezifikationen. Technische Änderungen bleiben vorbehalten. TracFeed® und CATMOS® sind eingetragene Warenzeichen der Rail Power Systems GmbH.

© Fotos: AlpTransit Gotthard AG; alle Bilder des Gotthard Basistunnel