

connect

10 Mit Highspeed durch die Türkei
18 Sicher vor Seilbruch

14 Verbindungstechnik für
Bahn-Umspannwerk aus einer Hand



Impressum

Herausgeber

PFISTERER Holding AG
Rosenstraße 44
73650 Winterbach
Deutschland
Tel: +49 7181 7005 0
Fax: +49 7181 7005 565
info@pfisterer.com
www.pfisterer.com

Redaktion Deutschland

PFISTERER Kontaktsysteme GmbH
Rosenstraße 44, 73650 Winterbach

Reto Aeschbach, Christoph Badertscher,
Gottfried Buder, Helmut Burgener, Renato
Capacchione, Jean-Marc Dayer, Laura
Falcinelli, Julia Faltin, Peter Feldhofer, Jürgen
Finsinger, Natalie Fischer, Kurt Hosinger,
Wolfgang Huiber, Elia Husmann, Peter Kaiser,
Thierry Metrat, Martina Michalski, Lena
Miunske, Anja Müller, Peter Müller,
Humajun Mustafa, René Neubauer, Dr. Frank
Schmuck, Martin Schuster, Patrick Sommer,
Christian Späth

Textredaktion

Karolina Kos
www.xyzeiler.de

Art Direction

VISCHER & BERNET GmbH
Agentur für Marketing und Werbung
Stuttgart

Titelbild

© AlpTransit Gotthard AG

© Copyright by PFISTERER
Kontaktsysteme GmbH

- 4 Sicherheitstechnik für
längsten Eisenbahntunnel
der Welt
- 8 TENSOREX C+ punktet
im Test für Einsatz in
Österreichs Bahnnetz
- 10 Bahntechnik-Paket für
neue Schnellfahrstrecke
in der Türkei
- 14 Für Bahn-Umspannwerk:
Viele Verbindungen
aus einer Hand
- 18 Schwingungsmessung für
wirksame Dämpfungssysteme
an Freileitungen
- 22 HV-CONNEX-Neuzugang:
Feststoffisolierte Muffe für
bis zu 72,5 kV

PFISTERER
Kundenmagazin
Ausgabe 2 **2014**



Jörg Fries



Tilo Kubach

Editorial

Das richtige Mittel

Standard oder Spezialanfertigung? Wir setzen lieber ein „und“ dazwischen. Und liefern die effizienteste Lösung für eine spezifische Anwendung:

So findet man Bahntechnik von PFISTERER im längsten Eisenbahntunnel der Welt (ab Seite 4), auf Bahnfahrt durch Österreich (ab Seite 8) und an der neuen Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Ankara und Istanbul (ab Seite 10). Der Bahnstromproduktion dienen unsere vielfältigen Verbindungskomponenten in einem neuen Freiluft-Umspannwerk (Seiten 14 ff.).

Unsere Seilschwingungsanalysen und Dämpfersysteme für Freileitungen (Seiten 18 bis 21) verhindern Millionenschäden. Die neue feststoffisolierte HV-CONNEX-Muffe sorgt für zuverlässige Verbindungen in Offshore-Windparks und überall dort, wo man eine SF₆-Gas-Überwachung vermeiden möchte (Seite 22 f).

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lesereise durch die vielen Anwendungswelten. Und auch für Ihre Anwendung kennen wir sicher die optimale Lösung!

Herzlichst,

Jörg Fries

Vorstand Verkauf
der PFISTERER Holding AG

Tilo Kubach

Leiter Verkauf Kontaktsysteme &
Sicherheitstechnik

Sicherheitstechnik für Rekordtunnel

Der Gotthard-Basistunnel schreibt bereits vor seiner offiziellen Eröffnung im Jahr 2016 Geschichte als längster Eisenbahntunnel der Welt. Für seinen sicheren Betrieb über 57 km Länge werden Erdgarnituren von PFISTERER eingesetzt. Ob smarte Speziallösung oder bewährter Klassiker, jede Komponente erfüllt dabei höchste Anforderungen: sichere Handhabung und zuverlässige Funktion unter extremen Bedingungen.

„Die größte Herausforderung bei diesem Projekt war es, eine Lösung zu finden, mit der man die Leitungen der Fahrstromversorgung sicher und praktikabel erden und kurzschließen kann“, berichtet Jürgen Finsinger, PFISTERER-Produktmanager für Sicherheitstechnik, „Denn das übliche Verfahren mit einer Standardvorrichtung ist in diesem Tunnel ausgeschlossen.“

Beim klassischen Erden und Kurzschließen von Bahnstrecken unter freiem Himmel wird eine Erdungs- und Kurzschließ-(EuK-)Vorrichtung so angebracht, dass ein Zug sie beim Passieren wegreißen würde (Seite 6 Bild unten links). Daher wird in dieser Konstellation der Fahrbetrieb streckenabschnittsweise eingestellt. Anders die Forderung der AlpTransit Gotthard AG (ATG): Im Gotthard-Basistunnel müssen die Schienen jederzeit für dieselbetriebene Erhaltungsfahrzeuge befahrbar bleiben.

Freie Fahrt in diesem Sinne ermöglicht das profillfreie Erden und Kurzschließen, wobei der Durchfahrtskorridor barrierefrei bleibt. Anstelle der üblichen Erdung an der Fahrschiene wird die Rückleiterleitung mit der Einspeiseleitung kurzgeschlossen. Diese Leitungen verlaufen im Gotthard-Basistunnel parallel an der Tunneldecke in 5,5 m Höhe.

Leichtes Handling in luftiger Höhe

Die passende Lösung für diese Einsatzsituation entwickelten die PFISTERER-Ingenieure in Versuchen mit



verschiedenen Modellen. Diese mündeten in einer EuK-Vorrichtung, deren Zuverlässigkeit und einfache Handhabung die Bauherrschaft überzeugten. Ihr Erdungsseil ist mit 1,5 m ausreichend lang für die Montage der Klemmen an den Leitungen und dabei mehr als kurz genug, dass es nicht in den Durchfahrtskorridor hineinhängt. Sobald die Vorrichtung korrekt montiert ist, lässt sich die Erdungsstange entfernen.

Für das einfache Handling der EuK-Vorrichtung sorgen ein Haltebügel sowie der drehmomentgesteuerte Aufnahmekopf der Erdungsstange. Bei der Montage wirken diese Features ideal zusammen: Zuerst wird die Rück-

Für zuverlässigen Einsatz unter harten Bedingungen: PFISTERER lieferte bewährte und speziell angefertigte Erdungsgarnitur für den neuen Gotthard-Basistunnel, der mit 57 km Gesamtlänge als der derzeit längste Eisenbahntunnel der Welt gilt. (© AlpTransit Gotthard AG)



leiter-Klemme auf die Erdungsstange gesteckt, zur Rückleiterleitung hochgehoben und eingehängt. Damit die Klemme im Kurzschlussfall den enormen dynamischen Kräften (40/100 kA (peak)/0.1 s) standhält, wird sie mithilfe der Erdungsstange zuverlässig auf der Leitung verschraubt. Erst wenn ein bestimmtes Drehmoment erreicht ist, gibt der Aufnahmekopf die nun optimal fixierte Rückleiter-Klemme frei, und nur dann kann der Monteur die Erdungsstange von der Klemme abziehen.

Die anschließende Anbringung der Einspeiseleiter-Klemme auf der Einspeiseleitung ist dank Haltebügel nahezu ein Kinderspiel. Der Bügel hält beide Klemmen.

« Die größte Herausforderung bei diesem Projekt war es, eine Lösung zu finden, mit der man die Leitungen der Fahrstromversorgung sicher und praktikabel erden und kurzschließen kann.»

Jürgen Finsinger
PFISTERER-Produktmanager für Sicherheitstechnik



Erste Versuchsfahrt durch den neuen Gotthard-Basistunnel:
Blick aus der Fahrerkabine auf die Flachbahnstrecke.
(© AlpTransit Gotthard AG)

Beim Hochhieven der Rückleiter-Klemme geht die Einspeiseleiter-Klemme also mit in die Höhe und verharrt dort in stabiler Lage. Sie stört nicht die Montage der Rückleiter-Klemme und ist zugleich perfekt positioniert für den nächsten Montageschritt: Trotz 5,5 m Höhe lässt sie sich punktgenau mit der Erdungsstange aufnehmen, auf der benachbarten Einspeiseleitung einhängen und ebenfalls verschrauben.

Stark in allen Lagen

Ihre einmalige Belastbarkeit hat die EuK-Vorrichtung in einem externen Prüfinstitut bewiesen: Bei einem geforderten maximalen Kurzschlussstrom von 100 kA/0.1 s hielten die Klemmen unverrückbar an den Leitungen. Deren Spannungsfreiheit wird das SBB-Personal gemäß den fünf Sicherheitsregeln noch vor dem Erden und Kurzschließen zuverlässig prüfen können – mit den Spannungsprüfern KP-Test 5R. Auch bei ungünstigen



Feldtest im Tunnel mit Bravour bestanden.

Umgebungsbedingungen vermitteln die weltweit bewährten Geräte das Prüfergebnis eindeutig dank optimal abgestimmter akustischer und optischer Signale. Beim Einschalten prüft ein Selbsttest die Funktionalität des Spannungsprüfers inklusive der Kontaktelektrodenverlängerung.

Einwandfrei im Einsatz müssen alle Sicherheitsgeräte sein. Im Gotthard-Basistunnel sollten deshalb Spannungsprüfer wie EuK-Vorrichtungen in einem Abstand von maximal 1000 m nicht nur griffbereit sein, sondern auch geschützt vor den rauen Bedingungen im Tunnel: Temperaturen von - 20° C bis + 40° C, mehr als 70 % Luftfeuchtigkeit, starke Verschmutzung sowie Druck- und Sogkräfte von bis zu +/- 10 kPa, wenn ein Zug mit 250 km/h vorbeirast. PFISTERER liefert auch dafür eine Lösung nach Maß: Spezielle Aufbewahrungsschränke – rostfrei, staubdicht und druckfest.



Schlechte Sicht, laute Umgebungsgeräusche? Für den Bahn-Spannungsprüfer KP-Test 5R kein Problem: Seine optischen und akustischen Signale sind für stets eindeutige Messergebnisse optimal ausgelegt (Bild oben).



12 Kennzahlen zur Bahntechnik im Gotthard-Basistunnel

Fahrbahn

- 31 km Schotterfahrbahn
- 115 km schotterlose Fahrbahn (inkl. Spurwechselverbindung MFS)
- 131 000 m³ Beton
- 290 km Schienen (inkl. Spurwechselverbindung MFS)

Fahrleitung

- 115 km Fahrleitung im Tunnel
- 39 km Fahrleitung offene Strecken
- 2860 Tunneltragwerke
- 3200 Federtragwerke

50-Hz-Stromversorgung und Kabelanlagen

- 3200 km Kupferkabel
- 2631 km Lichtwellenleiter
- 250 Transformatoren
- 10000 Leuchten

Neue Wege durch die Alpen

Mit der Neuen Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT) entsteht die erste Flachbahn durch die Alpen, von Altdorf im Norden der Schweiz bis nach Lugano im Süden. Ihr Herzstück bildet der neue Gotthard-Basistunnel. Mit 57 km Länge wird er als weltlängster Eisenbahntunnel voraussichtlich 2016 in Betrieb gehen. 2019 soll der Ceneri-Basistunnel mit 15,4 km Gesamtlänge die Flachbahn vervollständigen. Bauherr der NEAT ist die AlpTransit Gotthard AG (ATG), 1998 gegründet als 100-prozentige Tochtergesellschaft der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB).

Geringere Höhe. Weniger Steigung.

Der Gotthard-Basistunnel durchquert die Basis des Gotthard-Massivs mit einem Kulminationspunkt auf etwa 550 m. ü. M. und erspart so den Zügen den mühsamen Anstieg zum „alten“ Tunnel, der seit 1882 auf über 1150 m Höhe und mit einer Maximal-Steigung von 26 ‰ betrieben wird. Die Gotthard-Basislinie kommt mit einer Steigung von höchstens 12 ‰ aus.

Schnellere Fahrt. Mehr Fracht.

Eine wesentliche Besonderheit der Gotthard-Basislinie ist ihr Mischbetrieb. Die Personenzüge werden den Gotthard-Basistunnel mit maximal 250 km/h passieren, Güterzüge mit bis zu 160 km/h. Die Gotthard-Basislinie verkürzt den Weg von Basel nach Chiasso um 40 km sowie die Fahrt eines ICE von Zürich nach Mailand von 4 h 20 min auf 2 h 40 min. Die jährliche Frachtkapazität erhöht sich von heute rund 20 Mio. t auf neu rund 50 Mio. t.

Patentierte Effizienz. Nicht nur für Tunnel.

Schlanke Bauweise, einfache Installation, zuverlässige Spannkraft – diese und weitere Qualitäten fordert die ÖBB-Infrastruktur AG von Nachspanneinrichtungen für den zukünftigen Einsatz in exponierten Bereichen des österreichischen Schienennetzes. Als geeigneter Versuchskandidat qualifizierte sich TENSOREX C+ von PFISTERER. Das patentierte Nachspannsystem für Fahrdrabt und Tragseil beweist seine Stärken in einer mehrmonatigen Testinstallation.

Ideale Bedingungen für die Erprobung einer Nachspanneinrichtung identifizierte das Zulassungsteam der ÖBB-Infrastruktur an der zweigleisigen Neuen Westbahn bei St. Pölten: An einer Tunneleinfahrt preschen Züge mit bis zu 160 km/h über die Strecke, für installierte Technik und arbeitendes Personal ist nur wenig Platz. Hier sammelte TENSOREX C+ bereits bei seiner Erstmontage die ersten Pluspunkte.

Sein einzigartiges Spannsystem basiert auf einem speziellen Federmechanismus, sodass TENSOREX C+ viel kompakter und leichter ausfällt als herkömmliche Lösungen. Bei den weit verbreiteten Radspannern zum Beispiel müssen massive Gewichte an die Maste angebaut oder in diese integriert werden. TENSOREX C+ kommt ohne aus und dabei auf schlanke 630 mm Länge, 400 mm Breite und 600 mm Höhe – Traumaße nicht nur für seinen Einsatz auf engem Raum, sondern auch überall dort, wo eine unauffällige Erscheinung gewünscht ist.

Unerreicht leicht

Für Aufsehen sorgte TENSOREX C+ dafür bei den ÖBB-Technikern, die das Nachspannsystem im Frühjahr 2014 erstmalig montierten. „Bemerkenswert, wie einfach das geht!“, solche und ähnliche Statements begleiteten ihre Handgriffe. So waren die Montagetipps von Renato Capacchione zwar willkommener Service, seine Hilfe brauchten sie dennoch nicht: „Je mehr eine Lösung vom



Testinstallation von TENSOREX C+ im ÖBB-Netz: Die patentierte PFISTERER-Lösung (vorne links) ist deutlich schlanker und unauffälliger als herkömmliche Radspanner (hinten rechts).

bekanntem Standard abweicht, umso mehr Fragen wirft sie auf“, sagt der PFISTERER-Produktmanager für Federspann-Systeme, „Wir stehen deshalb bei Neueinführungen als Ansprechpartner vor Ort zur Verfügung, auch wenn sich ein Produkt wie TENSOREX C+ selbst erklärt.“

Anders als Radspanner, die aus Einzelteilen zusammengebaut werden müssen, kommt TENSOREX C+ einbaufertig am Einsatzort an. Für seine Montage reichen die für Oberleitungen gebräuchlichen Werkzeuge und Lastaufnahmemittel, eine Spezialausbildung benötigen die Monteure nicht. Sein vergleichsweise geringes Gewicht von maximal 180 kg erleichtert ebenfalls die Arbeit.

Einmalig effizient

„Effizienz ist ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung von Neueinführungen“, sagt Franz Kurzweil, Teamleiter Reglementierung Oberleitung bei ÖBB-Infrastruktur. Über seinen Schreibtisch gehen die Anträge auf Produktzulassungen für das ÖBB-Netz, die Testinstallation des TENSOREX C+ hat er initiiert. Von den inneren Werten

des Nachspannsystems hatte sich Wolfgang Kapfenberger vorab ein genaues Bild gemacht. Der System-spezialist für Oberleitungen bei ÖBB-Infrastruktur be-suchte dafür mit Rudolf Russmair, Fachlinienkoordinator Oberleitung ASC St. Pölten bei ÖBB-Infrastruktur, das PFISTERER-Werk in Passirana di Rho bei Mailand.

Hier erklärte ihnen Capacchione an einem geöffneten Exemplar das patentierte TENSOREX-Funktionsprinzip (siehe Detail-Info rechts), das er maßgeblich mitent-wickelt hat. Für René Neubauer, Vertriebsleiter bei der Wiener PFISTERER Ges.m.b.H., ein guter Weg, Nach-frage und Angebot abzustimmen: „Kundennähe bedeutet in erster Linie, die optimale Lösung für einen spezifi-schen Bedarf zu finden. Das gelingt am besten mit dem Ohr beim Kunden und Einblicken in das Produkt.“

Die Nachspanneinrichtung offenbarte dabei weitere Vor-teile: Als rein mechanisches System ist es wartungsfrei im Einsatz und hält Fahrdrabt und Tragseil über die ge-samte Lebensdauer zuverlässig konstant gespannt. „In der Gesamtsicht verspricht TENSOREX C+ hohe Effizienz auf vielen Ebenen“, resümiert Kapfenberger. Die bisheri-gen durchweg positiven Ergebnisse der Testinstallation sprechen dafür, dass das smarte Nachspannsystem die Erwartungen der ÖBB-Infrastruktur auch auf lange Sicht erfüllen wird.

ÖBB-Techniker installieren TENSOREX C+ für seine Erprobung im ÖBB-Bahnnetz. Ihr einhelliges Fazit: „Bemerkenswert einfache Montage!“



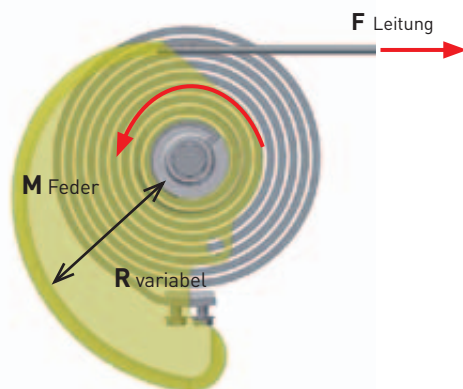
Patentiertes System für konstante Spannkraft

Für eine reibungslose Bahnfahrt muss eines konstant bleiben: die Spannkraft von Fahrdrabt und Tragseil, die sich infolge schwankender Temperaturen dehnen oder verkürzen. Anderenfalls kann der Stromfluss zwischen Stromabnehmer und Fahrdrabt unterbrochen werden. Das verhindert TENSOREX C+.

Sein Herzstück bildet ein Spiralfeder-Paket. Dieses ist auf derselben Achse mit zwei Scheiben mit variablem Radius montiert. Als Achslager dienen wartungsfrei gekapselte Wälzlager. Die Scheiben sind über kurze Seil-züge fest verbunden mit dem Fahrdrabt und/oder Tragseil.

Mit zunehmendem Drehwinkel erzeugt die Feder ein zu-nehmendes Drehmoment, das durch den zunehmenden Radius der Seilscheiben ausgeglichen wird. So wandelt dieses rein mechanische System die temperaturbeding-ten Änderungen der Zugkraft in konstante Nachspann-kraft um.

$$F_{\text{Leitung}} = \frac{M_{\text{Feder}}}{R_{\text{variabel}}} = \text{konst.}$$



Mit einem einzigartigen federbasierten Nachspannsystem hält TENSOREX C+ die Spannkraft von Fahrdrabt und Tragseil über die gesamte Lebensdauer zuverlässig konstant (siehe auch Detail-Info auf dieser Seite rechts).

Mit Highspeed durch die Türkei



Die neue Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Ankara und Istanbul halbiert die bisherige Reisezeit. Für das Megaprojekt lieferte PFISTERER vielseitige Bahntechnik aus einer Hand. Bewährte Fahrleitungssysteme und -komponenten unterstützen in einem zweigleisigen Teilabschnitt über 185 km die zuverlässige Elektrifizierung, für ihre einfache Installation sorgten praxiserprobte Montagemittel.

Mit einer Jungfernfahrt von Ankara nach Istanbul eröffnete der türkische Premierminister Recep Tayyip Erdoğan am 25. Juli 2014 die neue Schnellfahrstrecke. Sie ist eines der jüngsten Großprojekte, mit dem die Regierung, das Ministerium für Transport und die staatliche Eisenbahngesellschaft TCDD die Infrastruktur des Landes auf europäisches Niveau anzuheben streben.

Rund 12 Millionen Personenreisen und Güterbewegungen finden jährlich zwischen der Hauptstadt Ankara und Istanbul, der bevölkerungsreichsten Stadt des Landes mit 14,6 Millionen Einwohnern, statt – ein Verkehrsaufkommen, das die alten Bahntrassen sowie Fern- und Landstraßen an ihre Grenzen bringt. Die moderne Hochgeschwindigkeitsstrecke soll Abhilfe schaffen. Ihren ersten positiven Effekt offenbaren die neuen Bahnfahrpläne: Statt 6 bis 8 h dauert eine Fahrt zwischen den beiden Großstädten nur noch 3,5 h.

Der Weg dahin gliederte sich in zwei Bauphasen mit jeweils mehreren Etappen. In der ersten Phase von 2003 bis 2009 entstand die 251 km lange Strecke zwischen Sincan bei Ankara und İnönü. In der zweiten Phase ab 2010 wurde komplexeres Terrain erschlossen. Den ersten 158 km langen Teilabschnitt zwischen İnönü und Köseköy prägen Brücken und Viadukte. Die Gesamtlänge der neuen Bahnverbindung beträgt 533 km. Sie ist für Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 250 km/h ausgelegt und wird mit 25 kV/50 Hz Wechselstrom elektrifiziert.

Gereifte Kompetenz

Mit der Errichtung der Fahrleitungen hatte TCDD die China Railway Construction Corporation (CRCC) beauftragt. Das chinesische Staatsunternehmen für Eisenbahnbau arbeitete für ihre Elektrifizierung unter anderem mit PFISTERER zusammen. „Wir beschränken uns nicht darauf, Produkte anzubieten“, sagt Thierry Metrat, PFISTERER-Produktmanager für Fahrleitungssysteme, „Wir liefern anwendungsspezifische Lösungen auf Basis unseres Know-hows. So auch für dieses Projekt.“

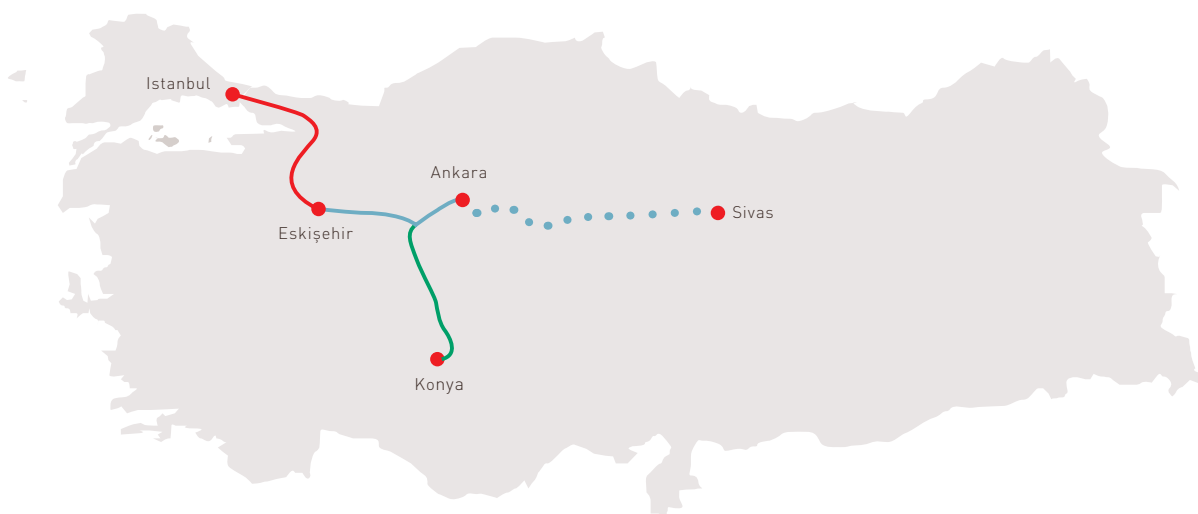
PFISTERER entwickelt und produziert seit mehr als 30 Jahren Komponenten und Systeme für Fahrleitungen. Sie sind in Bahnlinien weltweit installiert und zu Referenzmaßstäben von Bahngesellschaften gewachsen. Erkundet man den Abschnitt der neuen Schnellfahrstrecke zwischen İnönü und Köseköy, entdeckt man nicht nur einen großen Teil des PFISTERER-Bahnportfolios, sondern gewinnt auch einen Eindruck von der Erfahrung, die damit verbunden ist.

Schlank und stark

Unter den vielen Anschluss-Elementen, die PFISTERER für die verschiedenen Auslegerdesigns des projektbeteiligten Engineering-Unternehmens UBM-INECO lieferte, findet sich eine spezielle Klemme für die Verbindung von Seitenhalter und Stützrohr. Sie ist Bestandteil eines Doppelauslegers, den PFISTERER im Zuge eines Vorgängerprojektes für den Einsatz auf beengtem Raum

Schnellfahrstrecken (SFS) in der Türkei

- SFS 1: Eröffnung 03/2009
- SFS 2: Eröffnung Frühjahr 2011
- SFS 3: Eröffnung 07/2014
- SFS in Bau



«Wir liefern anwendungs-spezifische Lösungen auf Basis unseres Know-hows. So auch für dieses Projekt.»

Thierry Metrat
PFISTERER-Produktmanager für Fahrleitungssysteme



Verantwortliche der Eisenbahngesellschaft TCDD und des Eisenbahn-Bauunternehmens CRCC begutachten die Installation eines TENSOREX C+.

entwickelt hatte (Grafiken rechts). Die besondere Form der Klemme unterstützt ein schlankes Gesamtdesign, gleichzeitig hält die Klemme den typischen mechanischen Betriebsbelastungen stand. „Je mehr Elemente zusammenwirken, umso komplexer ist die Auslegung“, so Metrat, „Wir entwickeln deshalb jedes neue Bauteil, ob kompletter Ausleger oder Einzelteil, mithilfe von Computersimulationen. Auf diese Weise können wir projektspezifische Lösungen effizient realisieren.“

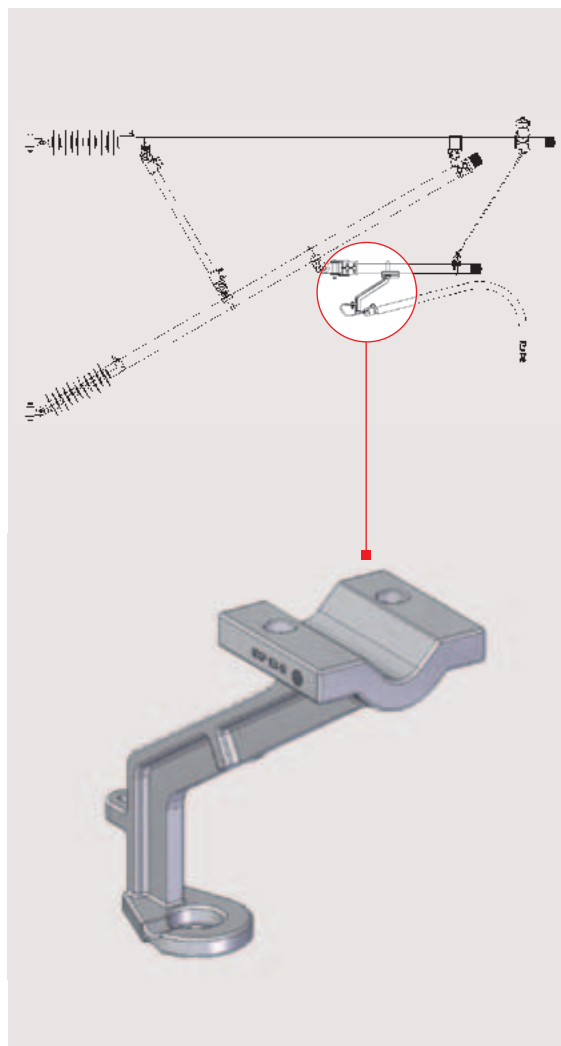
Für den effizienten Einsatz auf knappem Raum ist auch TENSOREX C+ konzipiert. Das patentierte Nachspannsystem hält Tragseil und Fahrdraht bei jeder Temperatur konstant gespannt (Details siehe Bericht zuvor). Es lässt sich einfach montieren und ist dank seiner kompakten Bauart platzsparend wie unauffällig. Gute Gründe für CRCC, TENSOREX C+ in ausgewählten Tunnelbereichen einzusetzen.

Flexibel montierbar

Für die stromfeste Aufhängung des Fahrdrahtes am Tragseil lieferte PFISTERER flexible Hänger und Montage-mittel. Die Länge der Hänger orientiert sich am Abstand zwischen Fahrdraht und Tragseil, der je nach Einsatz-stelle variieren kann. Zwei PFISTERER-Montagebänke, ausgestattet mit Schneide- und Presswerkzeugen, erleichterten die Vormontage der Hänger in den jeweils

benötigten Längen. Bei der Installation ließen sich die Hänger abschließend feinjustieren – dank längenverstellbarer Hängerseile.

Und noch viele weitere PFISTERER-Produkte sind auf der Neubaustrecke im Einsatz, zum Beispiel leichte C- und E-Klemmen, hoch belastbare Fixpunkt-Klemmen, Y-Seil-Klemmen und Keilabspannklemmen. Sie alle dienen der sicheren Stromversorgung für reibungslos schnelle Bahnfahrt zwischen Ankara und Istanbul.



PFISTERER entwickelt ganze Ausleger oder Komponenten passgenau mithilfe von Computersimulationen. Hier im Bild unten eine spezielle Klemme, die in schlanker Form für sicheren Halt in einem Doppelausleger (im Bild oben) sorgt.

Hoch belastbare Fixpunkt-Klemme von PFISTERER im Einsatz.



Zu weiteren Informationen führt
Sie dieser QR-Code.

Für die zuverlässige Elektrifizierung der Fahrleitungen sorgen zahlreiche PFISTERER-Bahnkomponenten auf einem 185 km langen zweigleisigen Teilabschnitt der ersten Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen den türkischen Großstädten Ankara und Istanbul.



Für schnelle Bahnfahrt ohne Frequenzwechsel zwischen Frankreich und der Schweiz wurde das neue Umspannwerk Verbois bei Genf errichtet. Für seine zuverlässige Anbindung an das Überlandnetz lieferte PFISTERER verschiedenste Verbindungen, darunter außergewöhnlich belastbare Abspannkettensysteme und erprobte Klemmen. Mit im umfangreichen Leistungspaket: Sicherheitstechnik und Sonderlösungen.

Wenn Züge die Grenze zwischen Frankreich und der Schweiz passieren, müssen sie ein historisch gewachsenes Hindernis überwinden: den Wechsel der regulären Betriebsspannung respektive Bahnnetzfrequenz von 25 kV/50 Hz in Frankreich auf 15 kV/16,7 Hz in der Schweiz und umgekehrt. So auch auf der Strecke zwischen der französischen Gemeinde Bellegarde-sur-Valserine und dem Bahnhof Genf in der Schweiz. Damit die französischen Hochgeschwindigkeitszüge TGV darauf nahtlos durchpreschen können, modernisierten die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) in Kooperation mit Frankreichs staatlicher Eisenbahngesellschaft SNCF die Strecke. Kernstück der Erneuerung war die Elektrifizierung der Fahrleitungen mit 25 kV/50 Hz durchgehend bis zum Genfer Bahnhof.

In dessen Nähe befindet sich ein günstig gelegener Energieknotenpunkt: Am Standort Verbois betreibt das Infrastrukturunternehmen Services Industriels de Genève (SIG) ein Laufwasserwerk, zwei Solarkraftwerke sowie ein 145-kV-Umspannwerk, die nationale Netzgesellschaft der Schweiz Swissgrid unterhält hier ein 420-kV-Umspannwerk und ein 245-kV-Umspannwerk. Letzteres wurde als Versorgungsquelle für das neue Umspannwerk (UW) Verbois gewählt, das einen Teil des 245-kV-Stroms abzweigt und zu Bahnstrom in 25 kV/50 Hz transformiert. Errichtet wurde das UW Verbois im Auftrag der SBB Energie AG und SIG von der Lausanner

Alpiq Enertrans SA, einem Tochterunternehmen der Alpiq Enertrans AG, die seit über 80 Jahren Hochspannungsnetze und Schaltanlagen für den Energietransport und die Energieverteilung baut.

„Für die Anbindung des Umspannwerks Verbois wurden zahlreiche verschiedene Verbindungen benötigt, wovon manche neue Standards erfüllen müssen“, sagt Pierre Gabriel, Projektleiter und Gruppenverantwortlicher für sekundäre Anlagentechnik bei Alpiq in Lausanne, Prilly. „Daher legten wir Wert auf einen Lieferanten mit einem breiten Portfolio und umfassendem Know-how.“ Der Generalunternehmer entschied sich für PFISTERER. Das auf Kontakt- und Isolationssysteme spezialisierte Unternehmen entwickelt und produziert seit 1921 Anschluss- und Verbindungselemente für Stromnetze und gilt in vielen Bereichen seines Metiers als Innovationsführer.



Für Bahn-Umspannwerk aus einer Hand

Auch für dieses Projekt lieferte PFISTERER herausragende Verbindungstechnik.

Strenger Standard. Akkurate Auslegung.

Zum Beispiel Abspannketten, die als erste gemäß den seit 2014 gültigen Standards von Swissgrid in Betrieb sind. Diese Standards sind nicht nur jung, sondern auch höchst anspruchsvoll. Manche übersteigen international anerkannte Richtwerte um 20% und mehr. So müssen die Abspannketten für den Einsatz im UW Verbois einem 50-kA-Kurzschluss-Strom 1 Sekunde lang standhalten sowie 300 kN Maximallast tragen. Dass die PFISTERER-Ketten beides und noch anderes leisten können, haben sie in internen Tests wie bei externen Prüfinstituten bewiesen.

Ihre Güte basiert auf bewährten Komponenten, die ständig weiter entwickelt werden. Als langjährig erfahrener

Pierre Gabriel, Projektleiter von Alpiq Enertrans, kontrolliert die korrekte Installation der Erdtrennerkästen im Kabelkeller. Diese PFISTERER-Lösung dient der flexiblen Schirmbehandlung auch während des Betriebs.



Das neue Umspannwerk Verbois (vorne mit dunkelgrünen Portalen) schließt an ein bestehendes 245-kV-Umspannwerk an (im Hintergrund mit gelbgrünen Portalen). Für ihre dauerhaft zuverlässige Verbindung lieferte PFISTERER ein umfangreiches Paket an Verbindungstechniken.

und weltweit erfolgreicher Anbieter von kompletten Isolatorenketten offeriert PFISTERER ein Komponentensystem, mit dem Isolatorenketten optimal gemäß Kundenwunsch ausgelegt werden können. Die Vorteile von systematisch designten Isolatorenketten liegen auf der Hand: Die Verantwortung für die technische Funktionalität im Betrieb und die Kompatibilität der einzelnen Komponenten ist eindeutig definiert, die Ketten sind der Normung entsprechend geprüft.

Auf dem Weg dahin stimmen die Entwicklungsingenieure alle Bestandteile einer Kette bis ins letzte Glied aufeinander ab. Aus gutem Grund. „Die Gesamtheit der Kette ist nur so gut wie das Zusammenspiel ihrer Einzelteile“, erläutert Elia Husmann, Entwicklungsingenieur für Isolatorenketten und Armaturen bei PFISTERER, „Ein starker Isolator beispielsweise ist allein kein Garant für die lebenslange Zuverlässigkeit der Kette. Er mag einen Kurzschluss-Strom aushalten, was aber nützt das, wenn die Befestigungsarmaturen dabei durchbrennen und sich vom Portal lösen? Nichts. Die ganze Kette bricht ab.“

Vielfältig. Verfügbar. Vertraut.

Jahrzehnte lang zuverlässig funktionieren müssen auch die Freiluft-Schaltanlagen-Klemmen, die PFISTERER in vielfältigen Varianten und hoher Zahl geliefert hat, um die unterschiedlichen Leiter und vielen Geräte im UW Verbois zu verbinden. Welche wofür am besten passt, weiß der Verbindungsspezialist aus über 70 Jahren Erfahrung. Mehr als 12000 Gussmodelle für die verschie-



Für den Anschluss der neuen Transformatoren an die Stromwandler (kleines Bild links oben) wurden Abspannketten und FSK-Klemmen von PFISTERER eingesetzt.



Montage von PFISTERER-Produkten am Übergang vom neuen Umspannwerk Verbois zum bestehenden 245-kV-Umspannwerk (linkes Bild) und nach ihrer Installation (rechtes Bild): Isolationsstützer stehend auf dem Portal, davon waagrecht abgehend nach links die hochbelastbaren Abspannketten.

densten Freiluft-Schaltanlagen-Klemmen hat das Unternehmen mittlerweile auf Lager.

„Diese Zahl spiegelt nicht nur unser Vermögen, alle gängigen Typen an Freiluft-Schaltanlagen-Klemmen liefern zu können, sondern auch unser profundes Know-how, das wir bei der Klemmenauswahl gerne beratend zur Verfügung stellen“, sagt Reto Aeschbach, PFISTERER-Verkaufsleiter für die Schweiz. „Unsere Kunden können sich also auch bei dieser Produktgruppe voll und ganz auf uns verlassen. Man kann sogar nach mehreren Jahrzehnten dieselbe Freiluft-Schaltanlagen-Klemme bei uns nachbestellen.“

Ein bewährtes Produkt in neuer Ausführung nutzen jetzt auch die Mitarbeiter der SBB, wenn sie im UW Verbois Anlagenteile auf Spannungsfreiheit prüfen. Dafür lieferte

PFISTERER aus seinem Sicherheitstechnik-Programm unter anderem Spannungsprüfer der weltweit bewährten KP-Test-5R-Reihe, die in der Variante für 25 kV/50 Hz nun erstmalig auch im schweizerischen Bahnnetz eingesetzt werden. Das Personal muss sich dafür nicht umstellen: Die „neue“ Variante funktioniert wie der bereits im SBB-Netz weitflächig eingesetzte Spannungsprüfer für 15 kV/16,7 Hz. Verwechseln lassen sich die beiden dennoch nicht – dafür sorgen verschiedenfarbige Etiketten.

Der Transfer an Gütern und Know-how ist inzwischen abgeschlossen: Alle PFISTERER-Komponenten und -Sonderlösungen (siehe Bild links unten und Bild auf Seite 15 oben) sind installiert und seit April 2014 in Betrieb. Seit August 2014 brausen nun auch TGV über die modernisierte Bahnlinie.



PFISTERER-Sonderlösung für den Anschluss der neuen Transformatoren im Umspannwerk Verbois: Verbindung von Transformator-Durchführung auf Energieableitung mit integrierter Überspannungsschutztechnik.

Produkte & Lösungen von PFISTERER für das neue Bahn-Umspannwerk Verbois:

- Komplette 245-kV-Doppel- und Einfach-Abspannketten nach neuem Swissgrid-Standard
- 245-kV-Stützisolatoren
- FSK-Klemmen 245 kV und 15 kV für alle Geräteanschlüsse
- Erdungs- und Kurzschließ-Vorrichtungen und -Komponenten
- Spannungsprüfer KP-Test 5R 25 kV/50 Hz
- Trafoverbindungen FSK/Flex
- Erdtrennerkästen für Kabelerdung (Einsatz im Kabelkeller)

Sicher vor Seilbruch

Wind versetzt Freileitungsseile in Schwingung – ein physikalisches Phänomen, das Schäden in Millionenhöhe anrichten kann. Die Wiener Netze GmbH beugt dem vor: Der österreichische Verteilnetzbetreiber beauftragte PFISTERER mit der Lieferung eines passgenauen Dämpfungssystems für eine 110-kV-Leitung. Die Wirkung der Stockbridge-Dämpfer wurde in einer mehrmonatigen Seilschwingungsmessung überprüft. Die hierfür notwendigen Schwingungsrekorder stellt nur PFISTERER her.

Gebrochene Leiterseile, gelockerte Armaturen, Risse in Mastfundamenten – die Liste der Schäden, die windinduzierte Leiterseilschwingungen verursachen können, speist sich aus der bitteren Erfahrung von Netzbetreibern weltweit. Und sie warnt vor noch Schlimmerem. Denn wo Materialschäden dieser Art schleichend entstehen, ist es nur eine Frage der Zeit, bis sie den Stromfluss abrupt zum Erliegen bringen. „Ob lokaler oder großflächiger Ausfall, die Folgen wären für alle Beteiligten unangenehm bis kostenintensiv. Deswegen ergreifen wir schon im Vorfeld Maßnahmen und bauen auf die Kompetenz der Firma PFISTERER“, so Andreas Baumühlner, Experte für 110-kV- und 380-kV-Freileitungen bei der Wiener Netze GmbH.

Wie die Auswirkungen windinduzierter Leiterseilschwingungen mit der modernen Freileitungsbauweise zusammenhängen, erklärt Wolfgang Huiber, Verkaufsleiter für Freileitungssysteme bei PFISTERER: „Freileitungsmaste werden heutzutage kompakter und niedriger gebaut als früher. Außerdem werden für eine Freileitungsstrecke mittlerweile weniger Maste gesetzt, was die Abstände dazwischen vergrößert. Folge dieser Optimierung ist, dass Freileitungsseile straffer gespannt werden müssen. Anderenfalls würden sie zu tief durchhängen und den erforderlichen Mindestabstand zum Boden unterschreiten. Je höher aber die Zugspannung im Leiterseil ist, desto geringer ist dessen Eigendämpfung. Durch die verminderte Eigendämpfung ergeben sich, bei gleicher Windintensität, größere Schwingungsamplituden.“



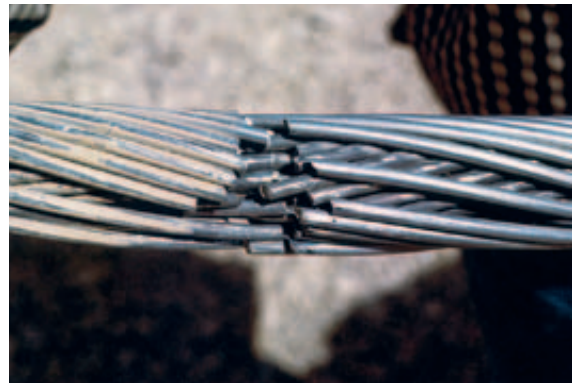
Dabei biegen, dehnen und reiben sich die einzelnen Drähte des Freileitungsseils, was zusätzliche Biegewechselspannungen im Seil erzeugt. Bei entsprechender Stärke der Schwingungen wandert die Bewegungsenergie vom Seil auf die Befestigungsarmaturen und von dort weiter über die Isolatorenkette auf den Mast bis hinein in sein Fundament. Alles gerät in Schwingung, die wiederholt und über Jahre hinweg geduldig jedes Material, das sie erreicht, durchrüttelt und verschleißt, bis es zum Ermüdungsbruch kommt. Oder man ergreift Gegenmaßnahmen wie die Wiener Netze.

Nullpunkt oder punktgenau

Das Unternehmen leitet Strom, Erdgas und Fernwärme zu mehr als zwei Millionen Kunden in Wien, Teilen Nieder-



Winde lösen Schwingungen an Freileitungsseilen aus. Unter bestimmten Bedingungen können sie das Leiterseil und weitere Teile der Freileitung schwer beschädigen, teure Ausfälle können eintreten. Mit präzise ausgelegten Dämpfungselementen von PFISTERER lässt sich das verhindern.



Leiterseilbrüche sind typische Schäden infolge windinduzierter Seilschwingungen.

österreichs und im Burgenland. Alle Leitungen der Wiener Netze aneinandergereiht ergeben eine Länge von mehr als 30 000 km.

Einen Teil dieser Strecke bildet die 110-kV-Leitung zwischen den Umspannwerken Südost und Liesing. „Sie durchquert ein Gebiet, in dem kritische Winde wehen und es gleichzeitig an günstig gelegenen natürlichen Barrieren mangelt, wie zum Beispiel Landschaftserhebungen oder dichten Wäldern“, berichtet Kurt Hosinger, Mitarbeiter im Application-Sales-Team der PFISTERER Ges.m.b.H. in Wien.

Für den wirksamen Schutz der Freileitung hat PFISTERER ein Dämpfungssystem ausgelegt, das die Schwingungs-

Schwingungen smart bewerten

Seilschwingungsmessungen liefern wertvolle Erkenntnisse. In jedem Anwendungsfall:

- Abnahmeprüfung von Dämpfersystemen
- Vergleich verschiedener Dämpfersysteme
- Prognose der Leiterseil-Lebensdauer
- Ursachenforschung bei Schäden an der Freileitung
- Analyse von natürlichen und anderen Umweltbedingungen, z. B. Einfluss von benachbarten Windkraftwerken



Instrumente für Leiterseilschwingungsmessungen, die nicht nur Schwingungsamplituden und -frequenzen, sondern auch die wichtigen Einflussfaktoren Windgeschwindigkeit und Umgebungstemperatur messen, stellt bislang nur PFISTERER her. Hier ein Schwingungsrekorder vom Typ VIBREC500WT für Messungen an Einzelleitern im Einsatz an einer 110-kV-Leitung der Wiener Netze.

energien absorbiert. Damit das gelingt, reicht es nicht, den passenden Dämpfertyp zu kennen. Warum erklärt Patrick Sommer, PFISTERER-Produktmanager für Isolatorenketten und Armaturen: „Eine Schwingung bewegt sich wie eine Welle über das Seil. Wie jede Welle hat sie Scheitel- und Nullpunkte. An Nullpunkten gesetzte Dämpfer sind nutzlos, da sie hier nicht angeregt werden und damit nicht funktionieren.“

Die Position der Nullpunkte variiert. Je nach Schwingungsfrequenz folgen sie dicht aufeinander oder liegen weiter auseinander. Die Frequenz ändert sich mit der Windgeschwindigkeit, und infolgedessen überlagern sich mehrere Schwingungsfrequenzen, was typisch für äolische Schwingungen ist. PFISTERER löst das Dilemma mit Know-how und Methode.

Rechnung mit Erfahrung

„Wir wissen aus Erfahrung, welche unserer Dämpfer sich für welche Leiterseile in welchen Konstellationen empfehlen“, sagt Sommer, „Deren Dämpfungsverhalten stellen wir in Computersimulationen nach, in die wir alle weiteren zu berücksichtigenden Faktoren mit einfließen lassen: die zu erwartenden Windgeschwindigkeiten und -richtungen, die Merkmale des verwendeten Leiterseils, die Distanz zwischen den Masten und mehr.“

Aus den Berechnungen geht nicht nur der optimale Dämpfertyp hervor, sondern auch an welchen Stellen des Seils die Dämpfelemente installiert werden müssen. Wertvolles Wissen, das PFISTERER jeder Dämpferlieferung schwarz auf weiß beilegt. Für zusätzliche Sicherheit überprüft PFISTERER auf Wunsch die Wirksamkeit

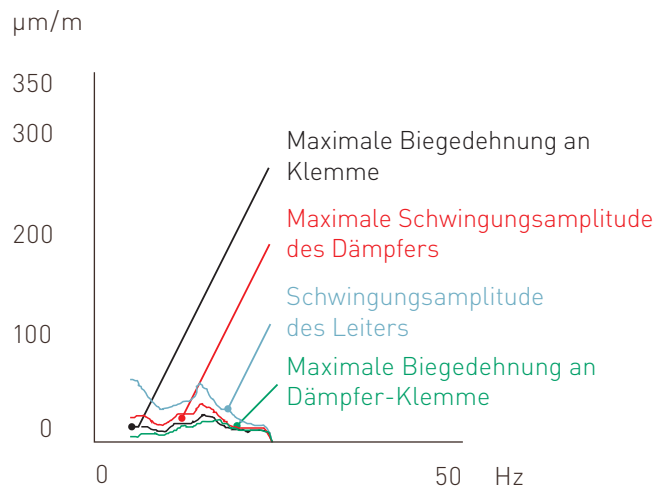
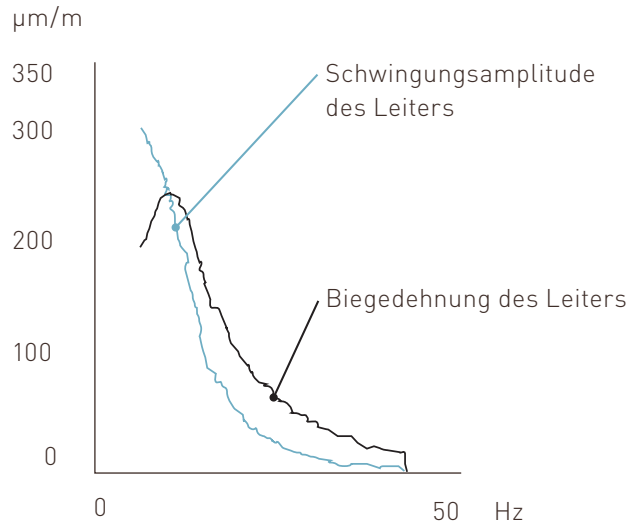
Montageleiter Manfred Landauer von den Wiener Netzen koordiniert vom Boden aus die Installation des PFISTERER-Schwingungsrekorders (kleines Bild oben). Peter Feldhofer, Geschäftsführer der PFISTERER Ges.m.b.H, überwacht in 35 m Mast-Höhe die Anbringung des Rekorders am Seil (kleines Bild unten).



«Eine Schwingung bewegt sich wie eine Welle über das Seil. Wie jede Welle hat sie Scheitel- und Nullpunkte. An Nullpunkten gesetzte Dämpfer sind nutzlos, da sie hier nicht angeregt werden und damit nicht funktionieren.»

Patrick Sommer
PFISTERER-Produktmanager für Isolatorenketten und Armaturen

eines Dämpfungssystems in Betrieb. So auch an der 110-kV-Leitung der Wiener Netze. Ein Schwingungsrekorder maß und speicherte die Schwingungsamplituden, Schwingungsfrequenzen, Windgeschwindigkeiten und Umgebungstemperaturen von Februar bis Ende April 2014 – Monate, in denen Winde und Temperaturen in dieser Gegend strapaziöse Kapriolen schlugen. Ergebnis: Sie können der Leitung nichts mehr anhaben – dank des passgenau ausgelegten Dämpfungssystems von PFISTERER.



Beispielhafter Datenvergleich von Seilschwingungsmessungen an einer Freileitung in Afrika: Ohne Dämpfungssystem erreicht die Biegedehnung des Seils infolge windinduzierter Schwingungen bis zu 250 µm/m (obere Grafik). Nach der Installation von Dämpfern sinkt sie auf Werte weit unter 50 µm/m (untere Grafik). International empfohlene Maximalwerte liegen bei ca. 150 µm/m.



Zu weiteren Informationen führt Sie dieser QR-Code.

Verbindungs-muffen für neue 66-kV-Netze in Offshore-Windparks

Flexibel im Einsatz ohne Monitoring, für den Offshore-Einsatz zertifiziert: Mit der neuen HV-CONNEX-Verbindungs-muffe für bis zu 72,5 kV profitieren Anwender von Vorteilen, die in Summe keine andere Muffe für diese Spannungsebene bietet.

Der Newcomer vereint erstmalig für die Hochspannung die Stärken verschiedener PFISTERER-Muffen in einem Produkt: Steckbar und feststoffisoliert zugleich, lässt sich die Verbindungs-muffe einfach installieren und demontieren, im Einsatz realisiert sie höchste Sicherheit für Anlage und Umwelt – die ideale Lösung für die Anforderungen der Weltmärkte.

Je weiträumiger Offshore-Windparks gebaut werden, umso höher die Leistung, die zwischen Windenergieanlagen und Umspannstation zu übertragen ist. Das zieht bei der Stromübertragung entweder größere Kabelquerschnitte nach sich oder höhere Spannungsebenen. Der Trend geht infolge Kostenoptimierung zum Letzteren. Hier

sorgt die neue HV-CONNEX-Muffe für sichere Hochspannungskabel-Verbindungen unter rauesten Bedingungen.

Wasserfest. UV-resistent. Gasfrei.

Sie ist nicht nur beständig gegen Salzwasser und UV-Strahlung, sondern auch überflutbar: Gelangt infolge eines Kabelfehlers Wasser in eines der verbundenen Kabel, verhindert die integrierte Längswassersperre das Durchdringen zum anderen. Ihre Offshore-Qualitäten bestätigt DVN GL, die weltweit größte Schiffs- und Offshore-Klassifikationsgesellschaft.

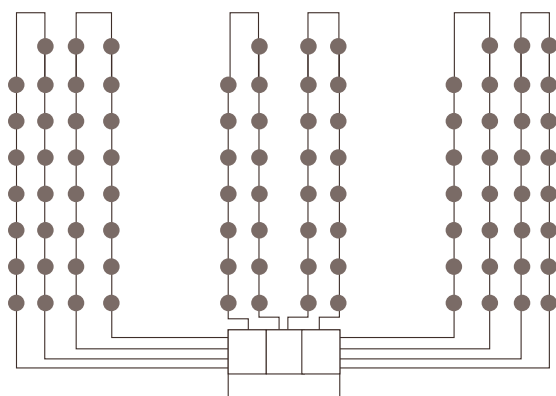
Dank Feststoffisolierung kommt die Gießharzmuffe ohne SF₆-Gas aus, womit das Gas-Monitoring entfällt. Ein enormer Vorteil auch mit Blick auf die überarbeitete F-Gas-Verordnung der Europäischen Union. Sie schreibt unter anderem eine aufwendigere SF₆-Gas-Überwachung vor. Einfacher geht außerdem die Mantelfehlerprüfung: Sie lässt sich nun auch nach der Muffeninstallation ohne Modifikation des Stecksystems durchführen – dank isolierter Kontaktschiene für den Kabelschirm.

Die neue HV-CONNEX-Verbindungs-muffe für bis zu 72,5 kV: für den Offshore-Einsatz zertifiziert und wartungsfrei dank Feststoffisolierung.

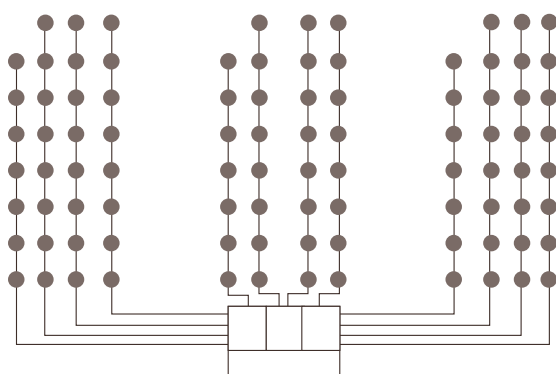




Erprobter Vorgänger: CONNEX-Verbindungs-muffen der Größe 3 sind auf hoher See bereits im Einsatz, wie beispielsweise hier auf einer Offshore-Umspannstation.



Grafik 01



Grafik 02

Neue Netzkonfiguration erhöht die Zuverlässigkeit: Ringförmige Netze in Offshore-Windparks (schematische Darstellung in Grafik 01) sorgen dafür, dass bei einer Kabelunterbrechung alle Windkraftanlagen Strom in die Umspannstation einspeisen können. Anders bei der bislang bevorzugten strahlenförmigen Netzkonfiguration (schematische Darstellung in Grafik 02): Bei einer Kabelunterbrechung können einzelne Anlagen vom Netz abgeschnitten sein.

HV-CONNEX-Verbindungs-muffe Größe 4

Anwendungen

- Dauerhafte Verbindung homogener oder unterschiedlicher HV-Kabel
- Flexibles Verbinden von Kabeln bei Prüfungen
- Nennstrom bis $I_N = 2500 \text{ A}$
- Maximale Betriebsspannung bis $U_m = 72,5 \text{ kV}$
- Cu- oder Al-Kabel von 95 bis 1600 mm²
- Geprüft nach IEC 60840

Eigenschaften & Vorteile

- Trocken steckbar
- Schnell und einfach montierbar, ohne aufwendige Gasarbeiten
- Berührungssicher, überflutbar und wartungsfrei
- Vollgekapselt und feststoffisoliert
- Kompakter als konventionelle mit SF₆-Gas isolierte Systeme
- Beständig gegen Salzwasser und UV-Strahlung
- Längswassersperre erhöht den Kabelschutz
- Offshore-zertifiziert

Warum steigt die Spannung in Offshore-Windparks?

In Offshore-Windparks steigen die Spannungsebenen bei der Stromübertragung von den Windparkanlagen zur Offshore-Umspannstation. Ein Grund dafür liegt in der stetig zunehmenden Leistung von Windrädern. Während in den ersten kommerziellen Offshore-Windparks noch Turbinen mit zwei bis drei MW Nennleistung eingesetzt wurden, sind bei aktuellen Offshore-Projekten 6 bis 8 MW Standard. Die Rotordurchmesser wachsen mit: von früher 80 bis 100 m auf 150 bis 171 m heute. Und damit ist das Machbare noch nicht ausgeschöpft: Man entwickelt bereits Anlagen mit 10 MW Nennleistung und bis zu 200 m Rotordurchmesser.

Außerdem ändert sich die Netzkonfiguration. Bisher wurden Windkraftanlagen über strahlenförmige Netze an Offshore-Umspannstationen angeschlossen. Nachteil dabei: Wird ein Kabel unterbrochen, sind alle Windkraftanlagen hinter der Fehlerstelle vom Netz abgeschnitten. Daher tendiert man zunehmend zum ringförmigen Netz. Darin ist jedes Windrad auf zwei Strompfaden mit der Plattform verbunden. Wird hier ein Kabel in einem Ring unterbrochen, kann jedes Windrad des gleichen Rings seinen Strom über ein anderes Kabel weiterleiten. Dabei muss im Extremfall eine Leitung die doppelte Leistung übertragen. Damit das sicher gelingt, wird die Übertragungsspannung verdoppelt. So kann bei gleichem Kabelquerschnitt annähernd die doppelte Leistung auch nur über ein Kabel übertragen werden.



TENSOREX® C+

Das kompakte automatische Spannsystem für Oberleitungen elektrischer Bahnen.

- Hohe Ansprechgenauigkeit
- Anwendbar für jede Mastform
- Einfache Installation – geringer Montageaufwand
- Bewegliche Teile unzugänglich – keine Schutzkäfige nötig
- Sehr kompakt, Lieferung anbaufertig
- Niedrigeres Gesamtgewicht als Radspannsysteme