

# connect

---

4 CONNEX für Trafo und GIS  
in Umspannwerken

10 Zukunftsweisende Freileitungstechnik  
14 HV-CONNEX fit für Ester



## Impressum

### Herausgeber

PFISTERER Kontaktsysteme GmbH  
Rosenstraße 44  
73650 Winterbach  
Germany  
Telefon 07181 7005 0  
Telefax 07181 7005 565  
dialog@pfisterer.de  
www.pfisterer.de

### Redaktion Deutschland

PFISTERER Kontaktsysteme GmbH,  
Rosenstraße 44, 73650 Winterbach

Reto Aeschbach, Peter Arranz  
Andreas Dobler, Julia Faltin  
Peter Feldhofer, Jürgen Finsinger  
Matthias Freiling, Peter Kaiser  
Lena Miunske, Gerhard Mühlberger  
Matthias Pirch, Martin Schuster  
Barbara Simeon, Christian Späth  
Sergio Thaddey, Michael Zerrer

### Textredaktion

Karolina Kos  
www.xyzeiler.de

### Art Direction

VISCHER&BERNET GmbH  
Agentur für Marketing und Werbung  
Stuttgart

### Titelbild

Bystrup

© Copyright by PFISTERER  
Kontaktsysteme GmbH

## PFISTERER Kunden- und Mitarbeitermagazin Ausgabe 2 2013

- 4 CONNEX für Trafo und GIS  
in Umspannwerken
- 8 Erdungsklemme für Kabel  
mit Blei- oder Wellmantel
- 9 Neue Phasenvergleichler:  
SPPC 5 und SPPC 5 dual
- 10 Isolatorenketten für  
moderne Freileitungen
- 12 Erste EST-Installation  
in Österreich
- 14 HV-CONNEX erfolgreich  
typgeprüft in Estern
- 16 Kontakttechnik-  
Grundlagen Teil 5
- 23 News



Jörg Fries



Tilo Kubach

Editorial

## Kompetenz im Tun

Hochstrom-Leiter kontaktieren, hohe Spannungen isolieren – unsere Kernkompetenz ist über Jahrzehnte gewachsen und bis heute gefragt. Hierfür beispielhafte Projekte und Produkte stellt diese CONNECT-Ausgabe vor:

Warum Schweizer Kunden Transformatoren und Schaltanlagen konsequent mit dem CONNEX-System ausrüsten, erfahren Sie ab Seite 4. Weshalb fortschrittliche Hochspannungsmaste in Dänemark mit unseren Verbund-Isolatorenketten ausgeführt werden, lesen Sie ab Seite 10. Wie einzigartig schnell sich der EST montieren lässt, demonstriert ab Seite 12 seine erste Installation in Österreich.

Wie unsere Produkte Erfahrungswerte und gegenwärtige Anforderungen in sich vereinen, erklären der Bericht zu den Kontakttechnik-Grundlagen ab Seite 16 sowie der Bericht über die Typprüfung von HV-CONNEX in Estern ab Seite 14.

Egal, womit Sie beginnen, wir wünschen Ihnen eine lohnenswerte Lektüre. Und wir hoffen, dass auch Sie Ihr nächstes Vorhaben mit uns realisieren. Wir sind bereit dafür!

Herzlichst,

Jörg Fries

Tilo Kubach

Vorstand Verkauf  
der PFISTERER Holding AG

Leiter Verkauf Kontaktsysteme & Sicherheitstechnik  
PFISTERER Kontaktsysteme GmbH

# CONNEX für Umspannwerke: Sicher und wirtschaftlich

„Sicher, montagefreundlich, wirtschaftlich.“ Roland Büttler muss nicht lange überlegen, fragt man ihn nach den Vorzügen von CONNEX. Der Projektleiter für Primärtechnik bei der Alpiq EnerTrans AG muss es wissen: Er setzt das Anschluss-System konsequent ein. Von den Kabel-Anschlüssen bis zum HV-Überspannungsableiter. Von der Mittel- bis zur Hochspannung. Für den Anschluss und Schutz von Transformatoren und Schaltanlagen. Wie genau, zeigt er beim Besuch zweier Umspannwerke in der Schweiz.

Die erste Station ist das Umspannwerk (UW) Klus, gelegen in der gleichnamigen Ortschaft im Kanton Solothurn. Seit 2007 in Betrieb, dient es der Versorgungssicherheit der Region Oensingen, Balsthal, Thal und Mümliswil in der Nordwestschweiz. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt der Energieversorgungsunternehmen Alpiq Versorgungs AG (AVAG), AEK Energie AG (AEK) und onyx Energie Mittelland, ausgeführt von der Alpiq EnerTrans AG. Das Energieunternehmen



Experten im Fachgespräch: Roland Büttler, Geschäftsführer des UW Klus, (links) und Reto Aeschbach, Verkaufsleiter Schweiz bei PFISTERER (rechts)

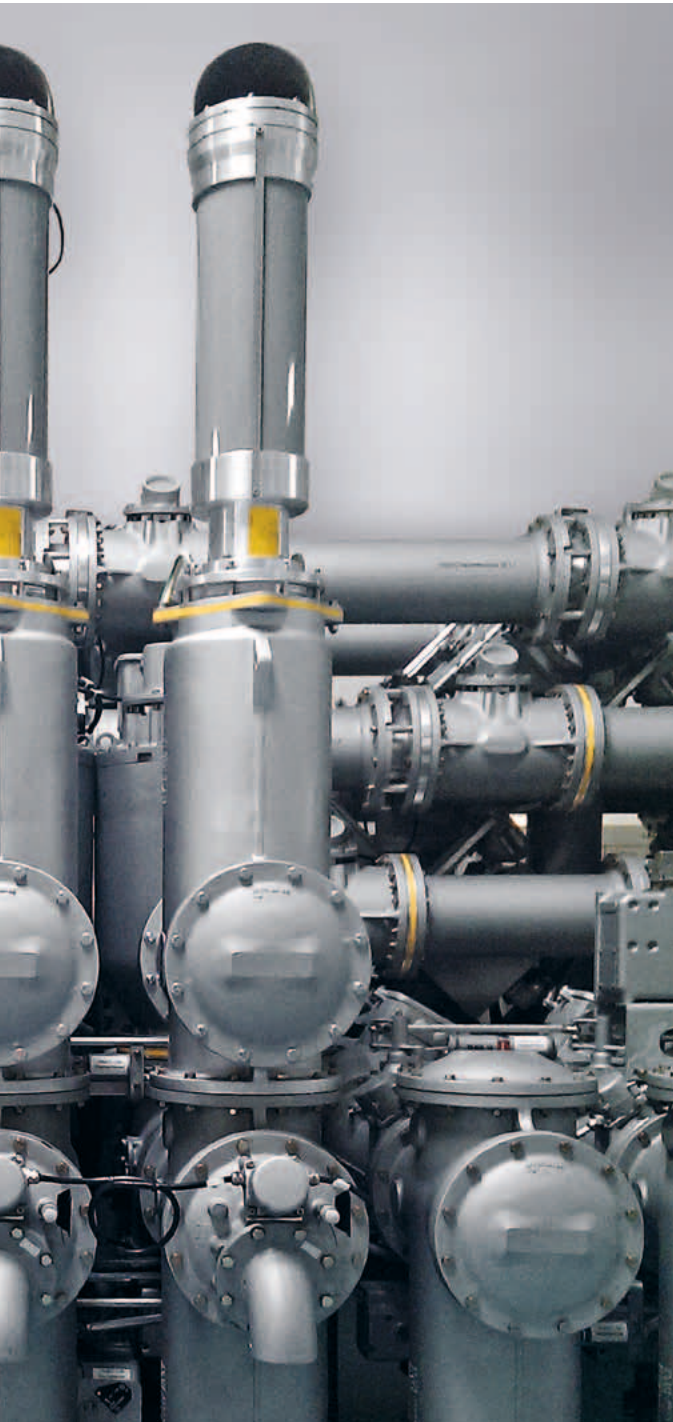


Kostenoptimierte Retrofit-Lösung für UW Niedergösgen: Standard-Endverschluss-Gehäuse des GIS-Anlagen-Herstellers kombiniert mit HV-CONNEX-Geräteanschlusssteil und HV-CONNEX-Ableiter Größe 4 von PFISTERER für Erweiterung der einphasigen Schaltanlage

Alpiq baut seit mehr als 80 Jahren Hochspannungsnetze und Schaltanlagen für den Energietransport und die Energieverteilung. Wissen und Erfahrungen des früher unter Atel firmierenden Unternehmens sind seit Januar 2011 in der Alpiq EnerTrans AG zusammengefasst.

#### **Optimal für GIS und Trafo**

Das UW Klus ersetzt zwei alte Umspannwerke: das aus dem Jahr 1942 stammende UW Klus und das 1956 erstellte UW Balsthal. Die Planung und Errichtung des neuen UW Klus verantwortete Roland Büttler als Projektleiter. Heute steht er als Geschäftsführer für dessen reibungslosen Betrieb gerade. „Personensicherheit ist eines der wichtigsten Anlagenkriterien“, sagt Büttler und reicht Helme, Sicherheitsschuhe und -westen, bevor er den Rundgang durch das Umspannwerk im Erdgeschoss beginnt.



«Den besten Überspannungsschutz erreicht man mit Ableitern direkt am Trafo.»

Roland Büttler, Projektleiter Primärtechnik bei Alpiq und Geschäftsführer des UW Klus



Kompakt steckbar dank Feststoff-Isolation:  
HV-CONNEX-Ableiter Größe 4

In der ersten Zelle des Stahlskelettbau führt er an der MV-Schaltanlage vorbei zur HV-Schaltanlage und zeigt dabei auf die hier eingesetzten CONNEX-Komponenten: „Meine Erfahrung: Mit CONNEX lassen sich Sicherheit und gleichzeitig Zuverlässigkeit optimal realisieren.“

Wie das in aller Konsequenz aussieht, zeigt der Geschäftsführer in der nächsten Zelle. Hier steht einer der zwei 40-MVA-Transformatoren von SGB. Beide sind rundum mit dem CONNEX-System ausgestattet: Insgesamt 20 Kabelanschlüsse verbinden die 16-kV- und 50-kV-Leitungen mit den Transformatoren, flexible Erdungsmöglichkeiten bestehen via lösbaren Blindsteckern an den MV-Geräteanschlüssen, für Überspannungsschutz sorgen vier MV-Ableiter sowie vier HV-Ableiter pro Transformator.

„Den besten Überspannungsschutz erreicht man mit Ableitern direkt am Trafo“, erklärt Büttler, „Daher kam uns die Einführung des HV-CONNEX-Ableiters sehr gelegen. Denn so konnten wir die Transformatoren komplett steckbar und berührungssicher ausführen.“ Mit bloßen Händen streicht er über den Transformator, bevor er die Vorteile des CONNEX-Einsatzes an seinen Fingern abzählt: „So sicher und einfach wie Besucher diese Anlage begehen können, kann auch unser Wartungspersonal arbeiten. Also ohne aufwendige Sicherheitsvorkehrungen die Anlagen grundreinigen, Ölproben ziehen und so fort. Dazu kommt die Montagefreundlichkeit.“



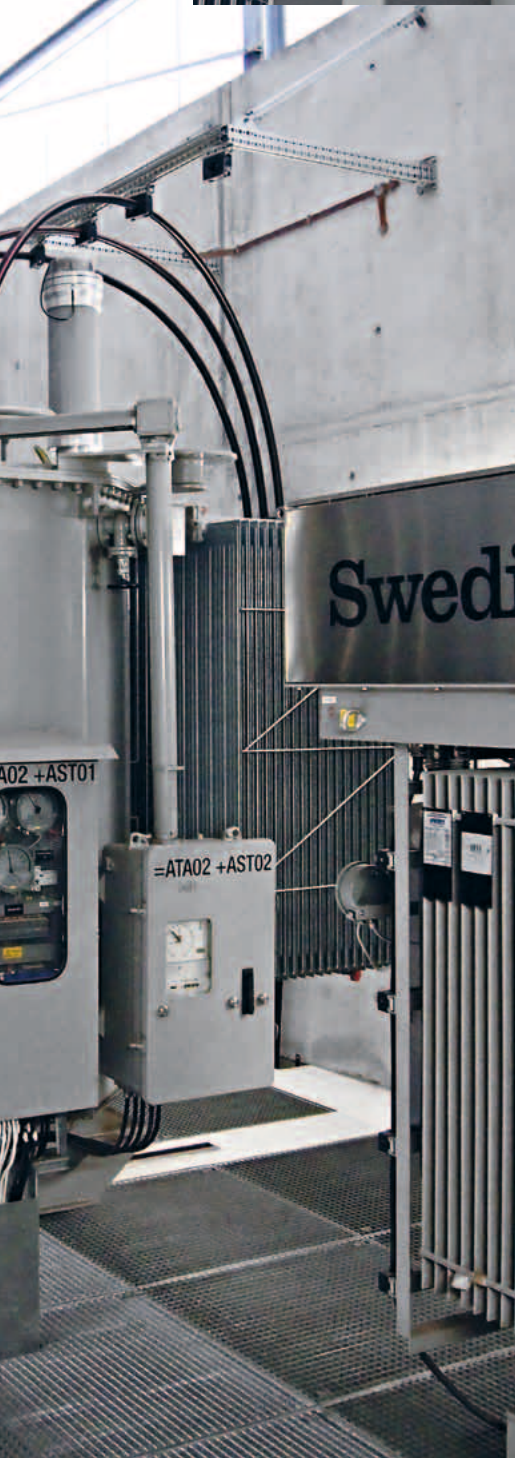
Konsequent eingesetzt im UW Klus: CONNEX-Komponenten für rundum steckbare und berührungssichere GIS



Ideal für Innenraum: CONNEX-Ableiter und -Kabelanschlüsse der Größe 3 (links) und 4 (rechts) am Transformator



Sichere und einfache Wartung: Komplett berührungssicherer Leistungstransformator dank CONNEX-Einsatz im UW Klus



### Wirtschaftlich im Einsatz

Welche Kostenvorteile daraus resultieren, erläutert Büttler im betonierten Keller des UW Klus: „Sie sehen, wie die zu- und abführenden Kabelleitungen hier verlegt sind? Systematisch und präzise. Genauso kalkulieren wir unsere Anlagen. Der Einsatz von CONNEX rechnet sich. Dank seiner steckbaren Anschlüsse ist die Erstmontage schnell erfolgt, Spezialisten für Öl oder Gas haben wir nicht gebraucht. Im Schadensfall unterstützen die montagefreundlichen Standard-Komponenten den schnellen Austausch an den Anlagen, die sich zudem flexibler einsetzen lassen.“

Genau gerechnet hat Büttler auch, als 2010 das 30 km weiter gelegene UW Niedergösgen vergrößert wurde. Für die Erweiterung der hier eingesetzten einphasigen Schaltanlage von Areva (heute Alstom Grid) standen zwei Lösungen zur Debatte: ein konventioneller gas-isolierter Ableiter oder der steckbare CONNEX-HV-Ableiter der Größe 4. Sein Ergebnis: „Unterm Strich war für diese Retrofit-Anwendung die Kombination des Standard-Endverschluss-Gehäuses des GIS-Anlagen-Herstellers mit dem Geräteanschluss-teil und dem Ableiter von PFISTERER die deutlich günstigere Alternative.“

All diese Vorteile lassen sich mit CONNEX auch in noch höheren Spannungsebenen realisieren. So mit dem Überspannungsableiter der Größe 5-S für bis zu 145 kV. Ein hierfür beispielhaftes Projekt wird in der nächsten CONNECT-Ausgabe vorgestellt.

«Unterm Strich war für diese Retrofit-Anwendung die Kombination des Standard-Endverschluss-Gehäuses des GIS-Anlagen-Herstellers mit dem Geräteanschluss-teil und dem Ableiter von PFISTERER die deutlich günstigere Alternative.»

Roland Büttler, Projektleiter Primärtechnik bei Alpiq und Geschäftsführer des UW Klus

# Einmalige Erdungsklemme. Für HV-Kabel mit Blei- oder Wellmantel

**Für die optimierte Erdung von Hochspannungskabeln mit Blei- oder Wellmantel bietet PFISTERER eine bis dato einzigartige Lösung: Die neue HV-CONNEX-Erdungsklemme für Kabel mit bis zu 210mm Außendurchmesser. Erfolgreich typgeprüft. Montagefreundlich und kontaktstark im Einsatz.**

Hochspannungskabel gibt es in verschiedenen Ausführungen: klassisch in Europa mit Kupferdraht-Schirm, weltweit verbreitet mit Blei- oder Wellmantel. Erstere werden geerdet, indem die Kupferdrähte aus der Anschlusskomponente herausgeführt und per Kabelschuh an eine Erdungsschiene angebunden werden.

Bei Blei- oder Wellmantel-Kabeln ist die konventionelle Erdanbindung aufwendiger: Als Verbindung zwischen Erdpotential und Mantel dienen Kupfer-Flachlitzen. Sie werden um das abgesetzte Kabel gewickelt, mit Klemmbacken und Schlauchschellen auf dem Mantel fixiert und wasserdicht gelötet. Zuletzt wird ein Schrumpfschlauch aufgezogen, der ebenfalls vor Feuchtigkeit schützt und zugleich isoliert.

## **Einfach montiert**

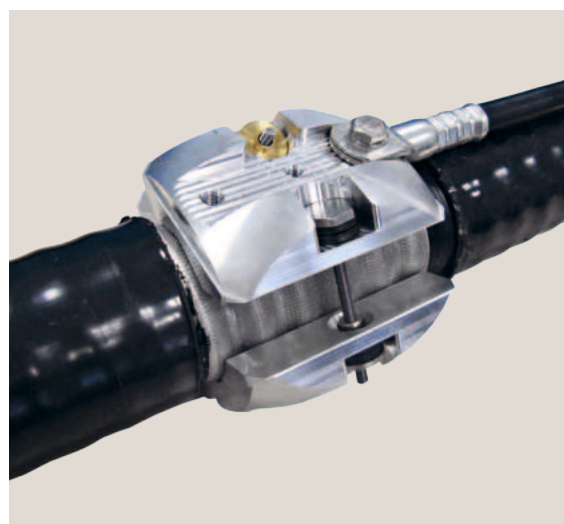
Einfacher geht es mit der HV-CONNEX-Erdungsklemme. Sie besteht aus drei Klemmbacken, verbunden über Gewindestangen mit Abreißkopf und Kopfmutter, die das Befestigungssystem bilden. Bei der Montage wird die Klemme über das abgesetzte Kabel gestreift, auf dem Kabelschirm verschraubt und zuletzt mit einem Schrumpfschlauch überzogen. Das Verbindungskabel zur Erdungsschiene wird per Kabelschuh an der Klemme fixiert.

Vorteile daraus: Als Verbindung zur Erdungsschiene sind isolierte Standard-Erdungsleitungen verwendbar. Damit entfallen die Kupferlitzen, mit ihnen das Löten. Beim Verschrauben der Klemme reißen die Abreißköpfe ab, sobald ein vordefiniertes Drehmoment erreicht ist. Dieses ist je nach Kundenanforderung auf Blei- oder Wellmantel abgestimmt.

## **Optimal kontaktiert**

Für lebenslang zuverlässige Kontaktierung ist ebenfalls gesorgt: Definierte Linienkontakte an den Klemmbacken gewährleisten die ideale Stromübertragung. In die Kopfmutter integrierte Tellerfederpakete bringen Kontaktelastizität ein, das Kontaktsystem kann thermisch atmen. Folge: Während die Betriebstemperaturen schwanken, bleibt die Kontaktkraft konstant – über die gesamte Lebensdauer hinweg.

Für Christian Späth, Produktmanager für CONNEX bei PFISTERER, eine schlüssige Neuentwicklung: „Die PFISTERER-Kontakttechnik hat sich in vielen Produkten weltweit bewährt. Da ist es nur konsequent, sie auch beim CONNEX-System durchgängig einzusetzen, vom Hochspannungskontakt bis zur Erdanbindung.“



Für Blei- und Wellmantel-Kabel: HV-CONNEX-Erdungsklemme mit Linienkontakten und Kontaktelastizität für lebenslang zuverlässige Kontaktierung



# Phasenvergleichler SPPC 5: In allen Lagen souverän.

**Die neuen Phasenvergleichler SPPC 5 und SPPC 5 dual von PFISTERER verbinden Messgenauigkeit mit Anwenderfreundlichkeit – dank einpoliger Bauart, intelligenter Messtechnik und weiterer Vorteile.**

„Kleine Messung, große Wirkung.“ Was Jürgen Finsinger, Produktmanager für Sicherheitstechnik bei PFISTERER, damit meint, führen vermeidbare Schadensfälle vor. Ein Beispiel: Zwei MV-Transformatoren wurden parallel geschaltet – phasenungleich, mangels vorangehenden Phasenvergleichs. Folge: der leistungsschwächere Transformator explodierte. „Das ist zwar eine sehr seltene Ausnahme“, sagt Matthias Pirch, Anwendungstechnik-Experte bei PFISTERER, „Aber sie zeigt, wie wichtig es ist, Phasenvergleiche durchzuführen. In jeder Konstellation.“

Zweipolige Phasenvergleichler bewerten die Spannungsdifferenz zwischen den Phasen zweier Systeme. Ein übliches Verfahren, das gültige Ergebnisse liefert. Jedoch nicht immer einfach durchzuführen ist. Aufgrund der resistiven Bauart mit einer Verbindungsleitung zwischen zwei Messspolen, müssen bei der Prüfung die Messpunkte zweier Systeme gleichzeitig kontaktiert werden. Hinzu kommt: Diese liegen in der Praxis manchmal weiter auseinander, als Armspannweite des Anwenders und Länge der Verbindungsleitung reichen.

## **Flexibel. Präzise. Robust.**

Die kapazitive Bauart der einpoligen SPPC-5-Phasenvergleichler dagegen ermöglicht es, die Messpunkte nacheinander abzutasten. Ein integrierter Prozessor speichert die jeweiligen Phasengänge, legt diese nach Abschluss der Messungen übereinander und bewertet zeitversatz-neutralisiert den Frequenzverlauf. Ergebnis: Punktgenaue Messungen, die man in nahezu jeder Anlagenkonfiguration zuverlässig durchführen kann.

Dazu bieten die Newcomer Vorteile, die von den Spannungsprüfern der KP-Test-5-Reihe bereits bekannt sind: Für die eindeutige Wahrnehmbarkeit des Prüfergebnisses sorgen leuchtstarke und optimal angeordnete LEDs. Bei Phasenungleichheit leuchten sie rot auf, begleitet von einem unüberhörbaren akustischen Warnsignal. Sie sind bei Regen und Temperaturen von  $-25^{\circ}\text{C}$  bis  $70^{\circ}\text{C}$  einsetzbar. Zusätzliche Vorzüge der Dual-Variante: Die wichtigsten Spannungsebenen sind gebündelt, sodass nur eine Umschaltstufe notwendig ist. Die gewählte Spannungsebene wird auch während der Messung gut sichtbar angezeigt. Beide Phasenvergleichler sind für den Mittelspannungsbereich von 3 bis 36 kV erhältlich.



Verhindert Schadensfälle: Prüfung der Phasenlagen, bevor Komponenten zusammengeschlossen werden

**Zu 100 Prozent Glaskappen-Isolatoren. So der Status in Dänemarks Hochspannungsnetzen – bis das staatliche Energieversorgungsunternehmen ENERGINET 2012 begann, eine neue Freileitung zu bauen. Mit dem Anspruch, den modernsten Stand der Technik im Sinne der Bevölkerung zu realisieren, beauftragte es das Architektur- und Designbüro Bystrup und PFISTERER. Ergebnis: hochästhetische Hochspannungsmaste, ausgestattet mit fortschrittlichen Verbund-Isolatorenketten.**

Die neue 400-kV-Freileitung wird eine Schlüsselfunktion in der Stromversorgung des Landes übernehmen. So strebt die neue dänische Regierung bis 2020 einen Windenergie-Anteil von 50 % an; 2011 erzeugten Windkraftanlagen bereits 28,1 % des dänischen Stroms. Damit dieser bei Windstille zuverlässig fließt oder bei Überschuss effizient genutzt werden kann, wird die neue Leitung den Import und Export von Strom absichern – mit Verbindungen nach Norwegen, Schweden, Deutschland und möglicherweise auch den Niederlanden.

Die neue Leitung wird eine bestehende ersetzen und sich mit 183 km Gesamtlänge von Kasso bis Tjele erstrecken, also über die Hälfte der Nord-Süd-Achse des Landes. Um die Akzeptanz der Bevölkerung zu erhöhen, legte ENERGINET großen Wert auf ein ästhetisches Erscheinungsbild der Hochspannungsmaste. Die entsprechenden Designs lieferte das dänische Architektur- und Designbüro Bystrup, das 2011 mit seinem Entwurf „T-Pylon“ für die zukünftigen Hochspannungsmaste in Englands Stromnetz brillierte.

#### **Schön. Stark. Silikon-Isolator.**

Die visuellen Vorgaben von Bystrup und die funktionalen Ansprüche von ENERGINET mündeten in komplexen Anforderungen an die Isolatorenketten. Sie müssen sich harmonisch in das Mast-Design integrieren, gleichzeitig hohe mechanische Belastungen aushalten. Ganzjährig starke Winde und winters viel Schnee strapazieren Freileitung, Masten und die sie verbindenden Isolatorenketten.

Die technische Umsetzung dieser Anforderungen schloss den Einsatz von konventionellen Isolatoren in den V-Tragketten aus, da sie in dieser Anwendung auf Druck belastet



Für hochmoderne Freileitungen in ästhetischem Design liefert PFISTERER anwendungsspezifisch ausgelegte Komplett-Lösungen aus einer Hand.

# Zukunftsweisende HV-Masten. Mit Isolatoren- ketten von PFISTERER.

werden. Glaskappen-Isolatoren lassen sich jedoch nur auf Zug beanspruchen. Porzellan-Langstab-Isolatoren wiederum lassen sich nur mit einer begrenzten Maximallänge herstellen, was ihre Anwendung einschränkt. Um die geforderten Werte zu erreichen, hätte man pro Anbindung drei bis vier Porzellan-Langstab-Isolatoren in Reihe anbringen müssen, mit zusätzlichen Schutzarmaturen – die Vorgabe „unauffällige Erscheinung“ wäre verfehlt.

Anders mit Silikon-Langstab-Verbundisolatoren von PFISTERER: Um Isolatoren-Längen von bis zu 7 m zu realisieren, hat das Unternehmen das ACIM-Verfahren

(Automatic Continuous Injection Moulding) entwickelt. So kann es für dieses Projekt über 4 m lange Verbundisolatoren produzieren. Einer allein leistet dasselbe wie mehrere Porzellan-Langstab-Isolatoren zusammen – in gewünscht ästhetischer Optik.

### Nah am Kunden

„Diese Vorteile überzeugten ENERGINET ebenso wie unsere langjährige Expertise in der Ausarbeitung kundenspezifischer Ketten-Lösungen“, berichtet Reto Achermann, Projektleiter Verkauf bei PFISTERER, „So entschied sich der Energieversorger auch bei den Hänge- und Abspannketten für unsere Komplett-Lösung mit Verbundisolatoren, wobei für die Abspannketten außergewöhnlich hohe Zuglasten von bis zu 1.000 kN einschließlich Sicherheitsbeiwert vorgegeben waren.“ Dazu lieferte PFISTERER dämpfende Feldabstandshalter und Stockbridge-Dämpfer. Deren Güte im Einsatz bewiesen SeilSchwingungsmessungen während drei Wintermonaten.

Das Vertrauen in Produkte und Unternehmen gewann ENERGINET im Zuge von Prototyp-Tests, durchgeführt am schweizerischen PFISTERER-Standort Malers. „Eine Isolatorenkette ist mehr als die Summe ihrer Einzelteile“, erklärt Sergio Thaddey, Projektleiter Technik bei PFISTERER, „Entscheidend ist das Zusammenspiel von Isolator und Befestigungsarmatur. Dieses beurteilen wir in Computersimulationen, die auf projektspezifischen Modellen basieren.“ Und wie funktionierte das Zusammenspiel von ENERGINET und PFISTERER?

Sehr gut für Bjarke Jensen, Projektleiter bei ENERGINET: „Kompetente Beratung, kurze Dienstwege, flexible Ausführung, ein rundum gelungener Auftakt mit Potenzial. Und das schließt die Möglichkeit ein, PFISTERER-Lösungen in zukünftigen Projekten einzusetzen.“



Quelle: Bystrup



Nur mit Silikon-Langstab-Verbundisolatoren realisierbar:  
Kompakte und druckbelastbare V-Tragketten



Umfangreich getestete Isolatorenketten gewährleisten reibungslose Montage und dauerhaft zuverlässigen Betrieb.

# Endver- schluss- Montage schneller denn je. Dank EST.

**Gekürt als Innovation bei der Messe Amper-Fair 2012, von erfahrenen Praktikern dieses Jahr als Fortschritt bestätigt: Der trockene Endverschluss EST 123 wurde im Juni erstmalig in Österreich installiert – von der Energie- und Telecom Netze GmbH (ETN) im Verteilnetz von Netz Burgenland. Fazit der ETN-Spezialisten: Der EST setzt neue Maßstäbe in puncto Anwenderfreundlichkeit.**

Wort und Tat der ETN-Fachkräfte haben Gewicht. Industrie- und Elektroinstallateure vertrauen ebenso auf deren Know-how wie Landesgrößen der österreichischen Energiebranche, so auch Netz Burgenland, Verteilnetzbetreiber für das Burgenland. Für dauerhaft hohe Versorgungssicherheit investiert das Unternehmen jährlich rund 31 Millionen Euro in die Erneuerung und Instandhaltung des Stromnetzes.

Eine der vielen Maßnahmen: die Legung einer Bypass-Leitung zwischen zwei 110-kV-Gittermasten, angesiedelt im Windpark Parndorf. Die Masten gehören zu zwei unterschiedlichen Übertragungssystemen. Sollte in einem der Systeme ein Störfall auftreten, kann der Stromfluss über den Bypass zum anderen, weiterhin funktionierenden, System weitergeleitet werden – die Versorgung bleibt durchgehend gesichert.

## 1 Endverschluss – 2 Vorteile

Der Bypass wurde als 110-kV-Kabelleitung ausgeführt. Diese wurde an einen der beiden Gittermaste über drei PFISTERER-Endverschlüsse des Typs EST 123-C31L angebunden. Der EST ist für den Dauereinsatz in den Spannungsebenen von 72,5 bis 170 kV ausgelegt und besteht aus einem flexiblen ESF sowie einem zusätzlichen Stützelement. Dank der Silikon-Isolation kommen ESF und EST ganz ohne Öl aus.

Dabei sind die PFISTERER-Endverschlüsse nicht nur umwelt-, sondern auch montagefreundlich. Ihre Silikonkörper sind aus modularen Bauteilen gefertigt, die einfach aufgeschoben und zusammengeklebt werden. So lässt sich der EST auch ohne Montagegerüst an einem Freileitungsmast installieren: der Endverschluss wird bereits am Boden an das Hochspannungskabel angeschlossen und anschließend mit dem Kabel auf den Mast hochgezogen. Im Vergleich zu konventionellen Anschlüssen sind so schnell einige Tausend Euro Montagekosten gespart, die Ausschaltzeit der Freileitung reduziert sich von mehreren Wochen auf wenige Tage.

## In 4 Tagen montiert

So auch die Erfahrung der Montage-Crew von ETN. Für die Installation der drei EST brauchte sie nur vier Tage – trotz erschwelter Bedingungen. „Für die Endverschluss-Montage konnte der Mast nur teilweise freigeschaltet werden. Von seinen zwei Systemen stand also eines immer unter Betriebsspannung“, berichtet der ETN-Montageleiter Peter Grubits, „Was hieraus an Mehraufwand entstand, konnten wir auch dank EST wettmachen.“ Die Vormontage der Endverschlüsse erledigten er und seine Mitarbeiter in Containern, wasserdicht und sauber.

Fazit von Josef Kuktits, ETN-Prokurist: „Wir setzen seit vielen Jahren Produkte von PFISTERER ein. Der EST ist ein weiteres Beispiel dafür, wie das Unternehmen seine Innovationen mit Blick auf die Praxis entwickelt.“ Für Peter Feldhofer, Geschäftsführer der PFISTERER-Niederlassung in Wien, markiert das Projekt einen weiteren positiven Meilenstein in der langjährigen Zusammenarbeit mit ETN: „Unsere Erfahrung: Wenn ETN hinter einem Montageauftrag steht, ist beste Arbeit zu erwarten. Diesen Anspruch tragen wir als Partner mit unseren Produkten mit.“



Bereit für die schnelle Installation am Mast: EST-Endverschlüsse nach ihrer Vormontage in einem wettergeschützten Container



Einmalig schnelle Installation am Mast:  
EST-Endverschlüsse lassen sich am Boden  
vormontieren – ohne aufwendige Ölarbeiten.



Mehr dazu finden Sie  
auf [www.pfisterer.de](http://www.pfisterer.de)

# HV-CONNEX: Fortschritt für Trafos. Fit für Ester.

**Isolierflüssigkeiten für Transformatoren gibt es viele. Als fortschrittlichste gelten derzeit Ester – aufgrund ihrer Umweltfreundlichkeit. Das HV-CONNEX-Anschluss-System ist in konventionellen und modernen Isolationsmedien gleichermaßen zuverlässig einsetzbar. Das haben Normtests und Praxiseinsatz in Mineralölen bewiesen. Und bestätigen jetzt Typprüfungen in synthetischen Estern nach IEC 60137.**

Wer die Angebote großer wie kleinerer Transformatoren-Hersteller studiert, entdeckt immer häufiger Transformatoren-Ausführungen mit natürlichen und synthetischen Estern als Isolationsmedium. Dabei werden beispielsweise synthetische Ester schon seit über 25 Jahren alternativ zu Mineralölen verwendet. Hätten sie in dieser Zeit ihre funktionelle Tauglichkeit nicht bewiesen, würde sie kein Transformatoren-Hersteller mehr einsetzen. Denn in Transformatoren müssen sie mehr leisten, als ungiftig, leicht biologisch abbaubar und nicht wassergefährdend zu sein.

„Transformatoren sind elementare Bestandteile von Stromnetzen, kostenintensiv und nicht einfach von heute auf morgen verfügbar“, sagt Andreas Dobler, Verkaufsleiter im Produktsektor Kabelsysteme/Anwendungstechnik Transformatoren und GIS bei PFISTERER, „Das alles ist nicht



Quelle: Shutterstock

neu, beschäftigt aber täglich jeden, der Transformatoren herstellt oder nutzt. Dazu kommen komplexe Anforderungen, die sich aus der Natur von Anlagentechnik und Anwendung ergeben – auch an die Isolierflüssigkeiten.“

### Wasser und Wärme standhalten

Egal, ob moderne Ester oder konventionelle Öle, im Transformator müssen sie dieselben Aufgaben erfüllen: die Wicklungen kühlen und Hochspannung isolieren, zuverlässig über mehrere Jahrzehnte hinweg. Dafür müssen sie bestimmte Eigenschaften aufweisen. Eine von mehreren: ein hohes Wasserlösungsvermögen. Denn Wasser lässt das Isoliersystem schneller altern. Dabei lässt sich Wasser – so Stand der Technik heute – aus keinem Transformator restlos bannen, nicht einmal aus einem Hermetik-Transformator. Denn das feuchte Element befindet sich zum größten Anteil in der Feststoff-Isolation, und ohne die kommt kein Transformator aus.

Weitere wichtige Eigenschaft: die thermische Beständigkeit. Je höher diese ist, umso länger währt die Lebensdauer des Isolationssystems, da es hohen Betriebstemperaturen besser standhält. Und: umso kompakter lässt sich ein Transformator bauen. Das spart wertvollen Anlagenraum, beispielsweise auf Offshore-Plattformen und in Kavernen-Kraftwerken. Zudem lassen sich von Bahngesellschaften definierte Maximalgrößen für den Schienen-Transport einfacher einhalten.

### Ester: Vorteile & Herausforderungen

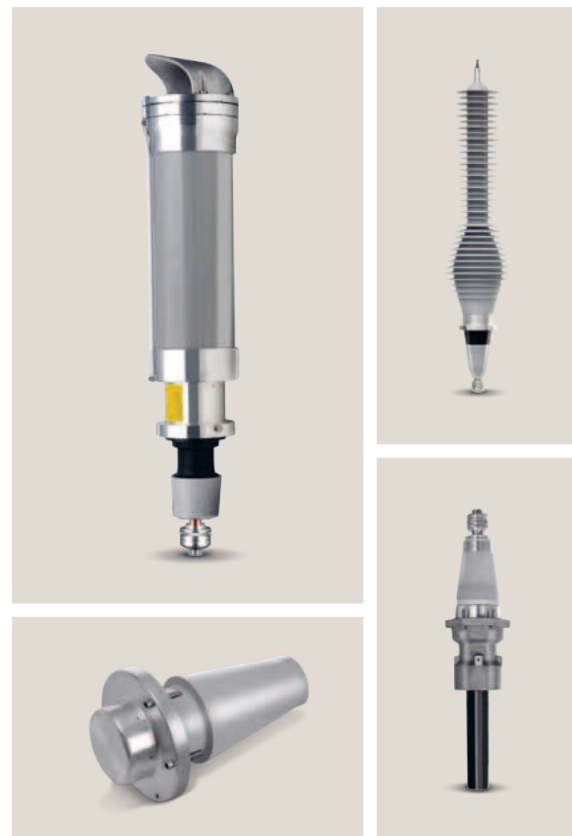
Unbestritten ist: mineralölbasierte Isolierflüssigkeiten bringen diese Eigenschaften mit. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen aber auch: Ester schneiden im Vergleich in vielen Punkten besser ab. Ein Beispiel: ihr hoher Flammpunkt – ein wichtiger Aspekt bei Einsatzorten, für die erhöhte Brandsicherheitsvorschriften gelten. Gleichzeitig betonen diese Studien, dass beim Einsatz von Estern deren spezifische Besonderheiten berücksichtigt werden müssen. Bei PFISTERER ist man sich darüber im Klaren.

„Jedes Isolationsmedium hat andere dielektrische Eigenschaften. Daher herrschen je nach Medium auch andere Feldverhältnisse in der Umgebung der Trafo-Komponenten“, erklärt Dobler, „Beim Einsatz in synthetischen Estern sind die Feldstärken in Teilen der Feststoff-Isolation höher, während andere Bereiche entlastet werden. Deshalb fragten wir uns: Wie verhalten sich hier unsere HV-CONNEX-Geräteanschlussteile? Darauf wollten wir eine valide Antwort.“

Die kann PFISTERER geben. Mit positivem Ergebnis. Dank erfolgreich absolvierter Typprüfungen gemäß IEC 60137, durchgeführt vom unabhängigen Karlsruher Institut für Technologie (KIT), auch bekannt als Institut für Elektroenergiesysteme und Hochspannungstechnik (IEH). In synthetischen Estern geprüft wurden die Geräteanschlussteile des HV-CONNEX-Systems aller Größen, jeweils mit Kabelstecker, teilweise auch mit steckbaren Durchführungen oder Blindsteckern, in jedem Fall ohne Anpassungen der Komponenten an die erhöhten Anforderungen. Ergo: HV-CONNEX war schon vor dem Ester-Trend stark im Nehmen.

«Jedes Isolationsmedium hat andere dielektrische Eigenschaften. Daher herrschen je nach Medium auch andere Feldverhältnisse in der Umgebung der Trafo-Komponenten.»

Andreas Dobler, Verkaufsleiter im Produktsektor Kabelsysteme/ Anwendungstechnik Transformatoren und GIS bei PFISTERER



Universell einsetzbar: Alle Komponenten des CONNEX-Systems lassen sich auch an Transformatoren mit Estern als Isolationsmedium betreiben.

**Dieser fünfte Teil der praxisnahen CONNECT-Berichtserie zu den Grundlagen der Kontakttechnik gibt einen Überblick über die klassischen Verbindungstechniken Pressen, Stecken, Schrauben und zeigt: Fortschrittliche Klemmen können weit- aus mehr als der natürlichen Kontaktalterung widerstehen. Sie erleichtern die Montage, reduzieren Fehlerrisiken, bieten eine höhere Arbeitssicherheit und decken ein breiteres Anwendungsspektrum ab.**

Überblickt man die Geschichte der Kontakttechnik bis zur Gegenwart, eröffnet sich ein großes Feld. Es umfasst alle mechanischen Verbindungen von Leitern in elektrischen



**Bild 1:** Überblick über das weite Feld der heutigen Kontakttechnik: angefangen bei den drei wichtigsten Techniken über die zu verbindenden Leiterarten bis hin zu den drei gängigen Grundformen von Verbindungen.

Energienetzen, genauer von Kabeln und Freileitungen. Für deren Verbindung werden bis heute weltweit drei Techniken angewandt: Pressen, Stecken und Schrauben. Alle drei werden mit unterschiedlicher Gewichtung eingesetzt für die drei Grundformen der Kontaktierung Anschließen, Verbinden und Abzweigen (Bild 1). Dagegen sind die traditionellen Techniken Schweißen und Löten in den letzten Jahrzehnten so gut wie verschwunden.

#### **Pressen mit Maß**

Das Prinzip der Presstechnik beruht auf der radialen und axialen Verformung der Hülse und der darin befindlichen Leiterenden durch Verpressung. Hierfür gibt es zwei verbreitete Grundverfahren: die formgesteuerte symmetrische Verpressung (zum Beispiel Rund- oder Sechskant-Verpressung, Bild 2) sowie die kraftgesteuerte unsymmetrische Verpressung (zum Beispiel Tiefnut-Verpressung). Letztere ist für die Kontaktierung von Freileitungen nicht zugelassen, da hierbei die Einzeldrähte stärker gepresst werden und infolgedessen noch weiter in Längsrichtung wegfließen (axiale Verformung). Dadurch wird der Leiter an der Kontaktstelle dünner (Querschnittschwund), seine mechanische Festigkeit sinkt. Freileitungen jedoch sind verstärkt diversen Zugkräften ausgesetzt, so dem eigenen Gewicht und Schwingungen infolge Wind und Wettereinflüssen, müssen also eine besondere Zugfestigkeit aufweisen.

Die Berücksichtigung dieser Zugkräfte stellt Kontakttechnik-Hersteller bei allen Techniken – vor allem aber bei der Presstechnik – vor die Herausforderung, zwei gegenläufige Prozesse in Einklang zu bringen. Einerseits schwindet mit höherer Kontaktkraft der Widerstand, den der Strom zu überwinden hat – ein durchaus angestrebter Effekt. Denn mit höherem Widerstand steigt die thermische Belastung des Kontaktes, was seine Alterung beschleunigt (Details

# Grundlagen der Kontakttechnik Teil 5: Von bewährten Kontakttechniken zu innovativen Verbindern



siehe Teil 3, CONNECT 1/2012). Andererseits werden ab einer gewissen Krafteinwirkung beim Kontaktieren die Leiter zu stark deformiert. Ist ihre mechanische Festigkeit jedoch zu gering, reißen sie bei höheren Zugkräften. Die Lösung: die Kontaktkraft wird so abgestimmt, dass der Verbinder den elektrischen und mechanischen Anforderungen gleichermaßen gerecht wird (Bild 3).

### Stecktechnik für lösbare Kontakte

Dass dies gelingen kann, beweist die Praxis: Nachdem die Presstechnik in den 1960er Jahren europaweit ihren festen Platz neben der Schraubtechnik eingenommen hat, wird sie heute weltweit eingesetzt, primär zum Verbinden und Anschließen von Leitern mit Querschnitten von 16 bis 2.500 mm<sup>2</sup>. Die wichtige Erkenntnis, dass sich mit mehreren kleinen und definierten Kontaktstellen eine höhere Kontaktqualität realisieren lässt als mit einer einzelnen großen Kontaktfläche (Detail-Info 1, siehe auch Teil 2, CONNECT 2/2011), teilt die Presstechnik mit der jüngeren Stecktechnik. Diese hat sich in den 1970er und 1980er Jahren durchgesetzt, als Kabel zunehmend verwendet wurden und der Bedarf an berührungssicheren Anschlüssen stieg. Dies erforderte voll gekapselte Kontakt-Systeme, die sich nach der Erstkontaktierung wieder lösen lassen.

Eine fortschrittliche Lösung hierfür bietet das trocken steckbare und berührungssichere CONNEX-Kabelanschluss-System: Auf das Ende des zu verbindenden Kabels wird ein Stecker montiert, der wiederum in eine anlagenseitig verbaute Aufnahme-Buchse eingesteckt wird. Heute werden Steckverbinder aller Art eingesetzt, hauptsächlich zum Anschließen, gefolgt vom Verbinden. Vereinzelte Produkte ermöglichen auch das seltenere Abzweigen per Stecktechnik, zum Beispiel T-Abzweig-Muffen. Bei der Entwicklung und dem Design von Steckverbindern wird ebenfalls das Prinzip des elastischen Linienkontaktes zugrunde gelegt (Bild 4).



**Bild 2:** Eine zuverlässige Langzeitkontaktierung erfordert die optimale Querleitfähigkeit des Leiters. Hierfür müssen beim Einsatz der Presstechnik nicht nur die Außenlagen des Leiterverbundes verpresst werden, sondern auch seine Innenlagen. Eine optimale Verpressung per symmetrischem Press-Verfahren zeigt dieses Bild: Alle Einzeldrähte weisen die hierfür charakteristische kantige Verformung auf.



**Bild 4:** Auch bei der Konstruktion von Steckverbindern werden für eine jahrzehntelange Lebensdauer der Verbindung die Kontaktstellen als Kontaktlinien definiert sowie eine hohe Elastizität mittels Federung eingebracht.



**Bild 3:** Designkriterien der Presstechnik stimmen elektrische und mechanische Anforderungen aufeinander ab: Die Kontaktkraft muss beim Verpressen so gewählt sein, dass der Kontaktwiderstand möglichst reduziert wird und gleichzeitig die höchstmögliche Zugfestigkeit der Verbindung erhalten bleibt.

## Schraubtechnik: Tradition & Gegenwart

Die älteste Kontakt-Technik ist die Schraubtechnik mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Klemmen (Bild 5) für das Verbinden, Anschließen und Abzweigen. Hierbei werden zwei grundsätzliche Vorgehensweisen unterschieden: die ältere, aus dem Freileitungsbereich stammende blanke Schraubtechnik sowie die jüngere isolierte Schraubtechnik. Dabei sind einige Anforderungen an beispielsweise blanke Freileitungsklemmen niedriger, da Freileitungen von Luft umgeben

sind und von Winden gekühlt werden. Anders bei den meist unterirdisch verlegten isolierten Kabeln, deren Isolierung wärmespeichernd wirkt. Damit hierfür verwendete isolierte Kabelklemmen temperaturbedingt nicht vorzeitig altern (Teil 3) oder gar überhitzen, müssen sie höhere kontakttechnische Anforderungen erfüllen. Allen Schraubverbindern gemeinsam ist die Herstellung der Kontaktkraft per Schrauben (Designregeln zur Schraubenauslegung siehe Teil 4, CONNECT 1/2013).

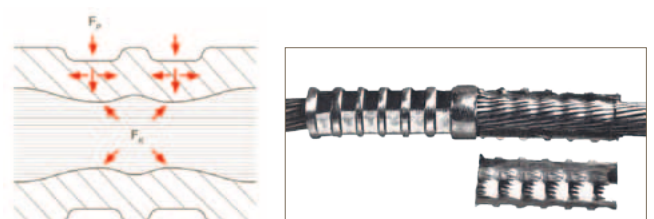
Wie in der Press- und Stecktechnik versuchen Kontakttechnik-Hersteller auch in der Schraubtechnik, Grundlagenwissen sowie Erfahrungen aus dem Praxiseinsatz in fortschrittliche Klemmendesigns zu transferieren. Mit Erfolg: Der Einsatz innovativer Schraubklemmen, wie zum Beispiel der ISICOMPACT, vereinfacht die Montage bei gleichzeitig höherer Arbeitssicherheit. Ihre Herstellung ist wirtschaftlicher, während sich die Einsatzmöglichkeiten dank ihrer Mehrbereichsfähigkeit vervielfachen. Folgende Merkmale zeichnen solche Schraubverbinder aus: ein isoliertes und damit berührungssicheres Design dank eines Verbinderkörpers aus Kunststoff und isolationsdurchdringender Kontaktelemente (Teil 4) sowie die Ein-Schrauben-Technologie mit Drehmoment-Auslösung.



**Bild 5:** Die Schraubtechnik ist nicht nur die älteste Kontakttechnik mit einer großen Vielfalt an Verbinderausführungen, sondern stellt zugleich die fortschrittlichsten Klemmen, die heutzutage eingesetzt werden.

## Detail-Info 1:

Versuche haben erwiesen, dass mehrere definierte Kontaktstellen besser sind als eine einzelne große Kontaktfläche. Die Umsetzung dieser Erkenntnis erfolgt beispielsweise in der Presstechnik im Wege der Mehrfach-Verpressung: Dort, wo sich die Kante des Presswerkzeuges in Hülse und Leiter eindrückt, entstehen ebenfalls Kanten. Diese wirken als Kontaktlinien, über die der Stromfluss von einem Leiter zum anderen definiert geleitet wird. Hinzu kommt: Infolge der Presskraft weicht der Leiter aus, dehnt sich in Längsrichtung und staucht sich in den Zwischenräumen der einzelnen Press-Stellen. In diesen so genannten Auskorbungen ist Elastizität gespeichert. Diese bewirkt, dass die fixierten Leiter unter verschiedenen thermischen Bedingungen immer mit einer bestimmten Kraft an die Presskanten, also an die Kontaktlinien, gedrückt werden. Auf diese Weise wird die notwendige Mindestkontaktkraft über die gesamte Lebensdauer einer Verbindung aufrechterhalten.



Als weiteres Beispiel hierfür steht das SICON-Anschlusskonzept. Den Anstoß zu seiner Entwicklung gaben sich verändernde Markanforderungen (Teil 1, CONNECT 1/2011): In den letzten dreißig Jahren haben sich die Kabelbauformen und -querschnitte vervielfacht, während sich das Profil eines Monteurs vom Spezialisten zum Allrounder wandelte. Zudem kamen mit der Entwicklung elastischer Kunststoffe mehrbereichsfähige Muffen auf den Markt. Den daraus resultierenden Bedarf an flexibel einsetzbaren Verbindern, die sich einfach und sicher montieren lassen, können die gängigen Lösungen nicht befriedigen. Die Presstechnik schon prinzipbedingt nicht, da sie Leiterquerschnitt zu Hülsenquerschnitt und Werkzeug fest zuordnet und somit nicht nur eine Fülle an Material und Werkzeugen erfordert, sondern auch speziell geschultes Personal. Das Prinzip der modernen Schraubtechnik wiederum bietet das Potenzial, den heutigen Ansprüchen gerecht zu werden, gleichzeitig scheitern herkömmliche Schraubverbinder daran aufgrund ihrer Schwachpunkte.

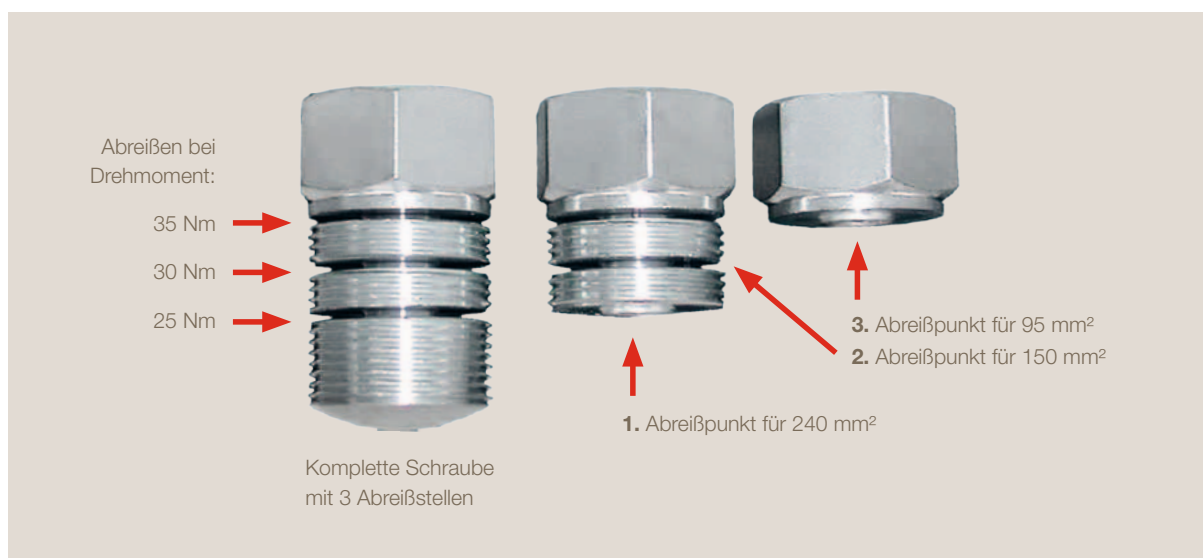
### Neue Technik, neue Herausforderungen

Einer davon: Das Einleiten der optimalen Kontaktkraft ist nicht sichergestellt, da dieser Vorgang von zwei unsicheren Faktoren abhängt. Zum einen von der subjektiven Einschätzung des Monteurs, ob und wann ausreichend Kraft eingeleitet ist. Zum anderen sind die hierfür als Abhilfe gedachten Drehmomentschlüssel nicht immer zuverlässig. Weiterer Nachteil: die über den Verbinderkörper herausragenden Schrauben erschweren das Anbringen einer Muffe. Eine erste Optimierung erfolgte durch den Einsatz von mehrstufigen Abreißschrauben. Ihrer Bezeichnung gemäß reißen sie beim Kontaktieren ab, was das Anbringen von Muffen erleichtert. Das Abreißen erfolgt an definierten Sollbruchstellen beim Erreichen vorbestimmter Drehmomente.

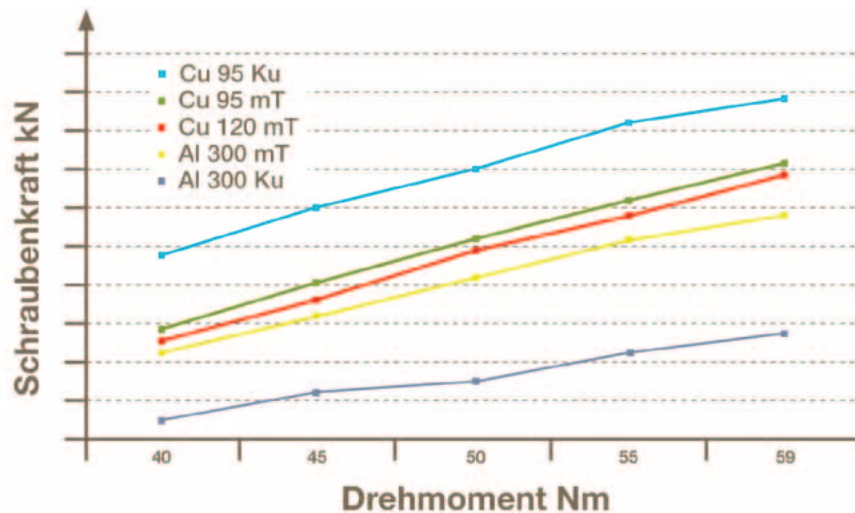
Doch auch diese Neuerung stößt an Grenzen. Auf dem Markt hat sich der Anspruch durchgesetzt, mit einer Klemme einen Querschnittsbereich von 50 bis 240 mm<sup>2</sup> abzudecken. Dieser umfasst die sieben Querschnittsstufen 50, 70, 95, 120, 150, 185 und 240 mm<sup>2</sup> und damit sieben verschiedene Nenn-Durchmesser. Die mehrstufigen Abreißschrauben verfügen jedoch über maximal drei Abreißstellen, so dass mindestens vier Querschnittsstufen nicht passgenau abgedeckt sind. Andererseits sind sieben Sollbruchstellen auf einer Schraube nicht sinnvoll machbar, denn jede Sollbruchstelle schwächt die Tragfähigkeit des Gewindes.

Größter Nachteil der mehrstufigen Abreißschrauben: Sie lassen sich technisch nur in der Form ausführen, dass ihre erste, dem Leiter zugewandte Sollbruchstelle beim niedrigsten definierten Drehmoment abreißt und die letzte, dem Schraubenkopf nächste Abreißstelle beim höchsten definierten Drehmoment (Bild 6). Die Folge: Dann, wenn man die Schraube ganz eindrehen muss – also beim Verbinden der kleinstmöglichen Leiterquerschnitte –, wird das größte Drehmoment aufgebracht, und umgekehrt. Somit werden die kleinsten Leiter mit der größten Kontaktkraft behandelt und die größten Leiter mit der kleinsten Kontaktkraft.

Hinzu kommt: Grundsätzlich wird immer nur ein Teil des aufgetragenen Drehmoments in Kontaktkraft übersetzt. Der andere Teil wird in Reibungskräfte umgewandelt. Eine davon ist die unvermeidliche Gewindereibung. Als natürliche Gegenkraft zur Kontaktkraft nimmt sie proportional zu dieser zu oder ab und ist daher auch mit herkömmlichen Verbindern beherrschbar. Anders bei der Kopfreibung. Diese wirkt bei klassischen Schraubverbindern zwischen Schraubenkopf und Leiteroberfläche, ist daher stark schwankend, da in dieser Konstellation abhängig von dem Leiterwerkstoff,



**Bild 6:** Nachteil von Abreißschrauben mit mehrfach gestuften Abreißstellen: Das größte definierte Drehmoment (35 Nm) muss konstruktiv bedingt an der 3. Abreißstelle wirken, das kleinste definierte Drehmoment (25 Nm) an der 1. Abreißstelle. Aufgrund der drehmomentgesteuerten Kräfteinleitung wirkt somit auf die kleinsten Leiter (bis 95 mm<sup>2</sup>) eine größere Kontaktkraft, während die größten Leiter (bis 240 mm<sup>2</sup>) mit einer geringeren Kontaktkraft kontaktiert werden.



der Leiterhärte sowie dem Zustand der Leiteroberfläche. So ist die Kopfreibung beim Einsatz eines Standardverbinders auf Aluminiumleitern sehr hoch, und damit die Gefahr, dass nur ungenügend Kontaktkraft eingeleitet wird. Umgekehrt, wenn derselbe Verbinder auf einem Kupferleiter trifft. Dann ist die Kopfreibung deutlich niedriger, das Risiko hierbei: es wird zuviel Kontaktkraft eingeleitet, das Gewinde reißt oder Einzeldrähte werden stark beschädigt. Dabei sind die ebenfalls wichtigen Einflussfaktoren Leiterhärte und Leiteroberfläche noch gar nicht berücksichtigt.

### Vorteile moderner Schraubverbinder

Die Quintessenz: ein herkömmlicher Verbinder allein kann verschiedenartigen Leitern nicht gerecht werden. Erschwerend kommt hinzu, dass man bei mehrstufigen Abreißschrauben die nachteilige Anordnung von Drehmoment zu Abreißstelle konstruktiv bedingt nicht umkehren kann. In Summe mit fatalem Ergebnis: der für jede Verbindung zentrale Faktor Kontaktkraft ist mit den dargestellten Mitteln nicht zuverlässig definierbar.

Anders mit SICON, der jüngsten Neuentwicklung auf dem Gebiet der Schraubverbinder. Die zwei wichtigsten Neuerungen des patentierten Anschluss-Systems für Leiterquerschnitte von 25 bis 2500 mm<sup>2</sup>: Die stufenlose Ausführung der Abreißschraube sowie die am Schraubenende integrierte Druckscheibe. Beide zusammen sorgen für optimale Kontaktkraft beim Einsatz an verschiedenen Leitern, unabhängig von deren Beschaffenheit (Detail-Info 2), zudem können hiermit selbst feindrähtige Leiter der Klasse 5 ohne Beschädigungen kontaktiert werden. Wie genau, erklärt Detail-Info 3. Für die Entwicklung dieser wichtigen Funktionselemente müssen die im Verbinder wirkenden Kräfte und Spannungen beherrscht werden. Ihre Berechnung und Visualisierung erfolgte mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM), ebenso die Analyse einzelner Schraubverbinder-Funktionen (Bild 7).

Mittlerweile belegt der Praxis-Einsatz von SICON in allen Spannungsebenen: das Anschluss-System erfüllt aktuelle Marktansprüche (Mehrbereichsfähigkeit, einfache Montage, höhere Montagequalität) und berücksichtigt Grundlagenwissen (Teile 2 bis 4 der Berichtserie). Letzteres bildet sich im SICON-Design beispielsweise wie folgt ab: Ein im Leiterkanal eingebrachtes Gewinde erzeugt definierte Kontakt-

### Detail-Info 2:

Bei Schraubverbindern mit integrierter Druckscheibe wirkt die Kopfreibung zwischen Druckscheibe und Schraube, also zwischen Funktionselementen, deren Beschaffenheit der Hersteller des Schraubverbinders bestimmt. Damit ist die Kopfreibung vom Leiter nahezu unabhängig, lässt sich herstellenseitig berechnen und in die Auslegung der Drehmomente einbeziehen. Ergebnis: Ein Schraubverbinder mit Druckscheibe (mT) kann selbst bei Leitern mit sehr unterschiedlichen Reibbeiwerten, so bei Kupferleitern und Aluminiumleitern, die erforderliche Kontaktkraft konstant herstellen (mittlere drei Linien). Anders bei Schraubverbindern mit Kuppen-Schrauben (Ku), die ein kugelballiges Schraubenende aufweisen: Hier wirkt die Kopfreibung zwischen Schraube und Leiter, ist also abhängig von Leiterwerkstoff, Leiterhärte und Leiteroberfläche und damit von schwankenden Faktoren, die sich dem Einfluss von Herstellern entziehen. Die Folge: das aufgebrachte Drehmoment wird je nach Leiter mehr oder weniger in Kontaktkraft umgewandelt (oberste und unterste Linie), die Herstellung der optimalen Kontaktkraft ist nicht gewährleistet.

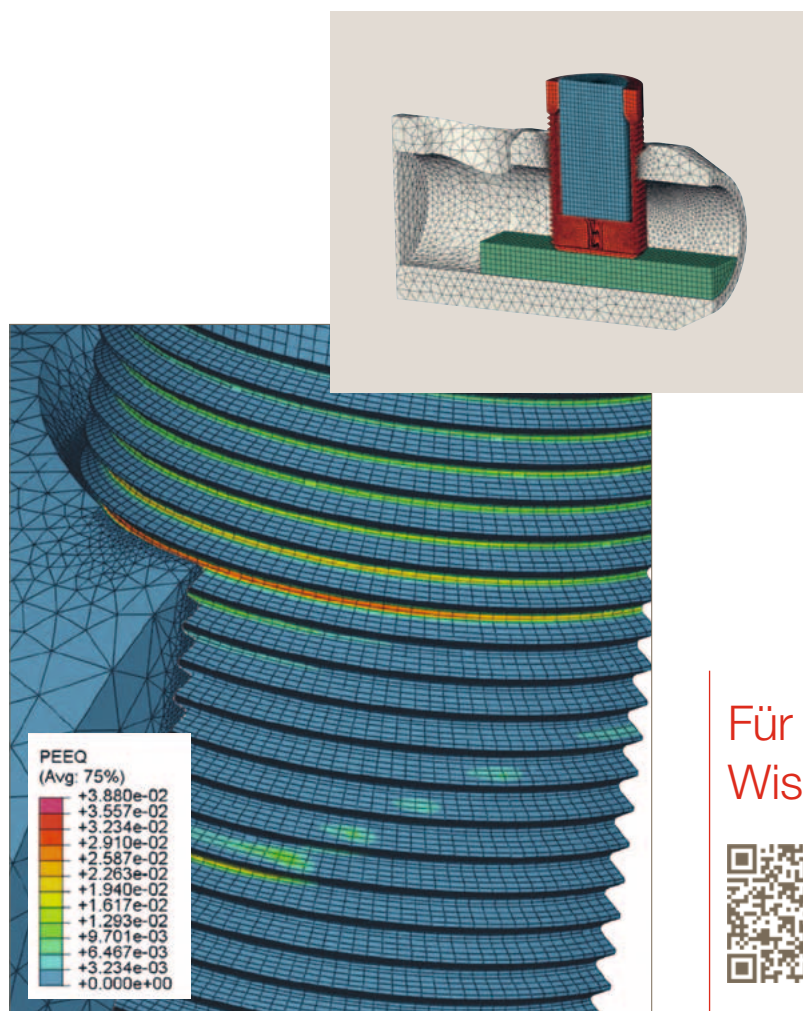
linien. Die Verzinnung des gesamten Verbinderkörpers sowie die werkseitige Vorfettung des Leiterkanals schützen den Kontakt vor Oxidation und sichern seine Langzeitbeständigkeit. Durch die Werkstoffauswahl sowie das definierte Verhältnis von Leiterbohrungsdurchmesser zur Wandstärke des Verbinderkörpers wird Designelastizität erzielt: Beim Anziehen der Schraube wird der Verbinderkörper dauerelastisch verformt, sodass dieser gleich einer vorgespannten Feder wirkt. Damit wird Setz- und Fließvorgängen entgegengewirkt, gleichzeitig können die Systemkomponenten thermisch atmen. Alle diese Merkmale halten die natürliche Kontaktalterung in Schach.

### Wie lange hält der Kontakt?

Die Frage nach der tatsächlichen Langzeitbeständigkeit stellt sich bei Verbindern jeder Bauform. Ihre angestrebte Lebensdauer von vier bis fünf Jahrzehnten macht Echtzeittests jedoch unpraktikabel. Daher werden bei der Typ-

prüfung von Neuentwicklungen Alterungsprüfungen im Zeitrafferverfahren durchgeführt. Sie lassen zumindest eine Aussage darüber zu, ob ein Verbinder grundsätzlich geeignet ist, seine Aufgabe im Energienetz dauerhaft zuverlässig zu erfüllen. Mit Vor-Ort-Prüfungen dagegen will man die Restlebensdauer bereits im Einsatz befindlicher Verbinder prognostizieren. Dies wirft mit Blick auf Erfahrungen der letzten Jahre eine andere Frage auf: Gibt es hierfür zuverlässige Methoden?

Antworten darauf gibt der letzte Teil dieser Berichtserie mit den Schwerpunkten Typprüfungen und Vor-Ort-Prüfungen. Diesen finden Sie in unserem Sonderdruck, in dem alle Berichte zusammengefasst sind und der einfach erhältlich ist: Als PDF-Dokument per Download über folgenden QR-Code oder von unserer Website [www.pfisterer.de](http://www.pfisterer.de). Oder auch als Printausgabe von unseren PFISTERER-Vertriebsmitarbeitern.

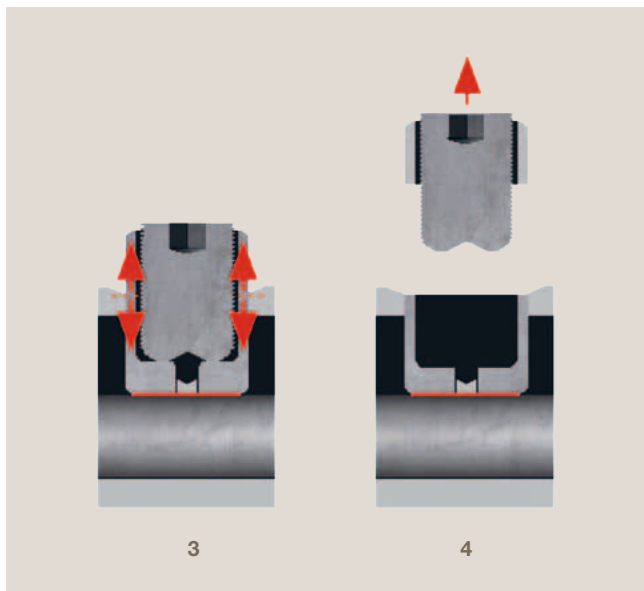
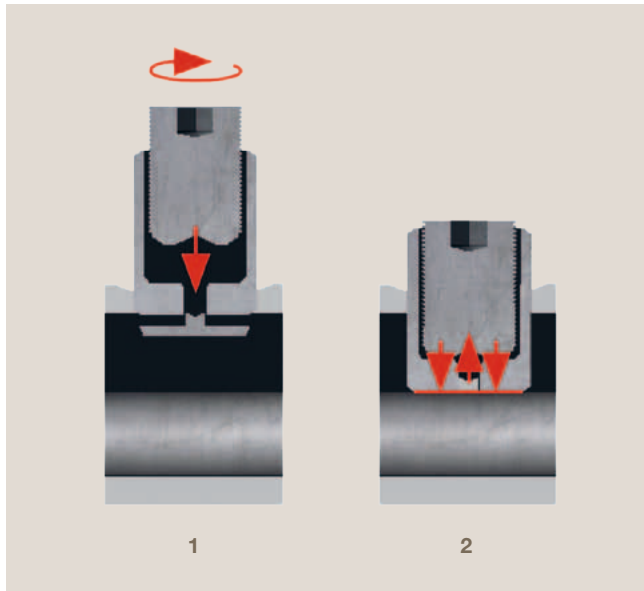


**Bild 7:** Welche Kräfte und Spannungen in einem SICON-Schraubverbinder wirken, zeigt die obere FEM-Simulation. Die untere FEM-Analyse belegt die Funktionsweise seines stufenlosen Abreißsystems: Der erste freie Gewindegang der SICON-Schraube, der aus dem Gewinde des Verbinderkörpers austritt, ist zugleich der am höchsten mechanisch belastete Bereich. Ergo: an dieser Stelle reißt die stufenlose Schraube automatisch ab, sobald die optimale Kontaktkraft erzielt ist – auch ohne Sollbruchstellen.

Für Sie parat:  
Wissen kompakt



Die komplette Bericht-Serie zu den Grundlagen der Kontakttechnik haben wir für Sie in unserem aktuellen Sonderdruck zusammengestellt. Diesen können Sie als PDF-Dokument herunterladen über diesen QR-Code oder von unserer Website [www.pfisterer.de](http://www.pfisterer.de). Die Printausgabe senden Ihnen unsere Vertriebsmitarbeiter auf Anfrage gerne zu.



## Detail-Info 3: Das SICON-Schraubenprinzip

**1.** Die SICON-Schraube besteht aus einem Gewindestift, einer Gewindehülse mit Innen- und Außengewinde sowie einer Druckscheibe am Schraubenende. Dank der stufenlosen Schraubenausführung wird der Aufbau der Kontaktkraft durch keinerlei Stufen oder Kerben an der Schraube unterbrochen. Beim Eindrehen der SICON-Schraube mit einem Standard-Sechskantschlüssel dreht sich der Gewindestift in der Gewindehülse, bis er den Boden der Hülse erreicht.

**2.** Ab jetzt dreht sich die Gewindehülse mit, bis die Druckscheibe am Schraubenende auf den zu verbindenden Leiter trifft. Die Druckscheibe löst sich vom Boden der Schraube, die Schraube dreht sich auf der Scheibe weiter. Dabei verharrt die Scheibe bewegungslos auf der Leiteroberfläche, da die Reibung zwischen Scheibe und Leiter deutlich höher ist als die Kopfreibung zwischen Scheibe und Schraube. Vorteil: Am Leiter selbst tritt keine Kopfreibung mehr auf, das Drehmoment der Schraube wird nahezu unabhängig von Leiter in Kontaktkraft umgewandelt (Detail-Info 2). Diese presst den Leiter an die gegenüberliegende Wand des Verbinderkörpers, womit die Klemmverbindung hergestellt ist. Gleichzeitig schützt die Druckscheibe den Leiter vor Beschädigungen durch das Kontaktieren.

**3.** Die SICON-Schraube dreht sich bis zum Erreichen des Abreißmoments weiter. Dabei kommt das Wechselspiel von Zugspannung und Kontaktkraft zum Tragen. Beide entstehen durch das Eindrehen der Schraube als gleich große und einander gegenläufige Kräfte gemäß dem mechanischen Gesetz „Kraft gleich Gegenkraft“: Die Kontaktkraft wirkt auf den Leiter, die Zugspannung in entgegengesetzter Richtung auf die Gewindehülse der SICON-Schraube. Sobald eine der optimalen Kontaktkraft zugeordnete Zugspannung aufgebaut ist, ist das Abreißmoment erreicht: die auf Zug beanspruchte Schraube wird in einem vordefinierten Bereich der Gewindehülse axial gedehnt, bis diese abreißt.

**4.** Der SICON-Verbinder ist so konstruiert, dass sich der Punkt der höchsten Zugspannung immer dort befindet, wo die Gewindehülse aus dem Gewinde des Verbinderkörpers austritt. Somit bildet der von außen betrachtet erste freie Gewindegang zugleich die Abreißkante (Bild 7). Ergo: Die SICON-Schraube reißt immer unterhalb der Oberfläche des Klemmenkörpers und dies ohne scharfkantige Schraubenüberstände. Dadurch entfällt der bisher notwendige Arbeitsschritt des Feilens, die Gefahr eines Durchschlages infolge metallischer Späne ist gebannt. Im Vergleich zu herkömmlichen Abreißschrauben reißt die SICON-Schraube zudem sehr sanft und nahezu ruckfrei.



## HV-CONNEX: Gr. 5-S mit neuem Spannring

Für noch einfachere Montage hat PFISTERER das HV-CONNEX-Geräteanschlussstück (GAT) der Größe 5-S an die Vorzüge der Größe 6 angepasst. Ergebnis: ein neues GAT-Design mit schmalen Spannring, den man beliebig drehen und damit an der Orientierung des Lochbildes der Anlagen-Kontaktierung ausrichten kann. Beibehalten werden der Befestigungslochkreis, das Lochbild der Anlagen-Kontaktierung und die Normabmessungen. Optimiertes und bisheriges GAT der Größe 5-S lassen sich ohne Modifikationen austauschen. Der Kabelstecker der Größe 5-S bleibt ebenfalls unverändert und ist an beiden GAT-Versionen einsetzbar. Änderungen von Schaltanlagen- oder Transformatoren-Designs sind nicht erforderlich.



## Praxis-Tipp: PLUG-Montage als Clip

Für die Montagefreundlichkeit der leistungsstarken und kompakten PLUG-Anschluss-Systeme spricht bereits ihre Ausführung: kodiert und modular aufgebaut, lassen sie sich verwechslungssicher und einfach montieren. Dass sie in der Praxis halten, was sie versprechen, zeigt PFISTERER auf seiner Website – mit einem Demofilm. Der Clip demonstriert Schritt für Schritt die PLUG-Montage, beispielhaft am Winkelstecker der Größe 3 für 6,6 kV: vom fachgerechten Absetzen des Kabels, über die Anbringung von Kontaktteil, Silikondichtung und Gehäuse, bis hin zum Verschrauben an der Anlage, inklusive Tipps zum Schutz des Leiters und Werkzeugeinsatz. Die Montage geht schnell: im Film dauert sie keine vier Minuten, im realen Leben nicht sehr viel länger. Dafür liefert PFISTERER zu jedem PLUG die zum Typ passende Montageanleitung mit.



Mehr dazu finden Sie auf [www.pfisterer.de](http://www.pfisterer.de)



## Kompakt. Steckbar. HV-CONNEX- Überspannungsableiter.



- Feststoffisoliert
- Kompakte Bauform
- Austauschbar ohne Gas- oder Ölarbeiten an GIS oder Transformator
- Größe 4 bis 72,5 kV  
Austauschbar mit allen steckbaren Komponenten des HV-CONNEX-Systems Größe 4
- Größe 5-S bis 145 kV  
Austauschbar mit allen steckbaren Komponenten des HV-CONNEX-Systems Größe 5-S