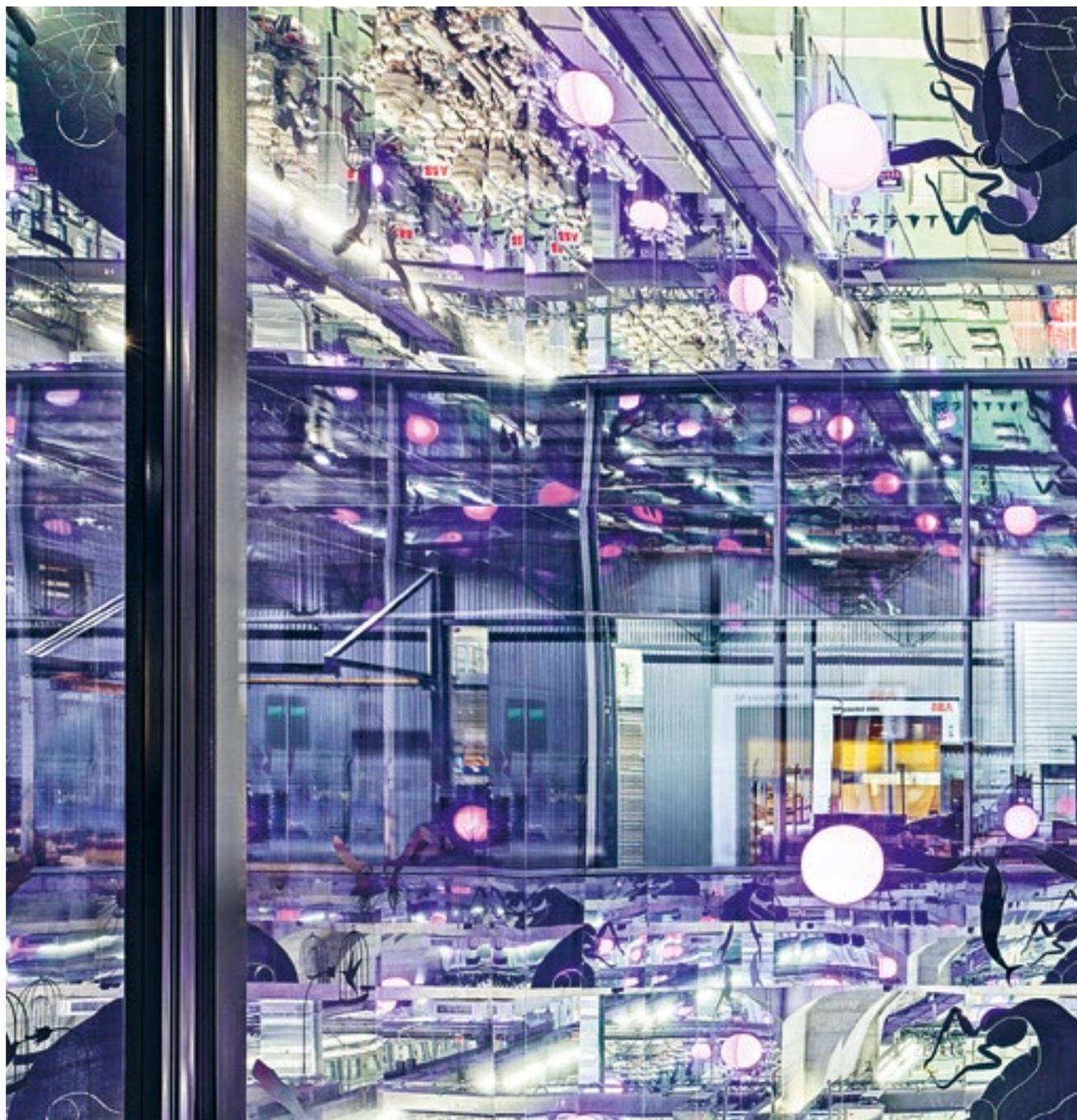


# connect

4 Weltneuheiten für  
neues Umspannwerk in Zürich

10 Mehr Flexibilität für  
Leistungstransformatoren



# 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, Katrin Brecht, Helmut Burgener, Julia Faltin, Peter Feldhofer, Jürgen Finsinger, Natalie Fischer, Ruben Grund, Kurt Hosinger, Steffen Jordan, Peter Kaiser, Carmen Mertens, Anja Müller, Peter Müller, Matthias Pirch, Eduardo Santana, Barbara Simeon, Christian Späth, Frank Straßner, Markus Sulzberger, Markus Tröscher

## **Textkonzeption & Textredaktion**

Karolina Kos  
www.xyzeiler.de

## **Art Direction**

VISCHER & BERNET GmbH  
Agentur für Marketing und Werbung  
Stuttgart

## **Titelbild**

Roger Frei, Zürich

© Copyright by PFISTERER  
Kontaktsysteme GmbH

**PFISTERER**  
**Kundenmagazin**  
Ausgabe 2 **2015**

- 4 Weltpremiere für neue Schaltanlagen- und Transformator-Technologien im ewz-Umspannwerk
- 10 Steckbare Leistungs-transformatoren: Mehr Flexibilität über die gesamte Lebensdauer
- 16 Fachbericht-Serie zu Spannungsprüfern für Energietechnik, Teil 2



Harald Cuber

Editorial

## Entwicklung mit Weitblick

Innovationen dienen bestenfalls der Versorgungssicherheit im Sinne von Mensch, Umwelt und Unternehmen. Dies demonstriert der weltweit erste Einsatz neuer Technologien im ewz-Umspannwerk Oerlikon: Wie GIS mit ökoeffizientem Isoliergas von ABB und berührungssicheren, steckbaren Transformatoren mit CONNEX von PFISTERER Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit fördern, erfahren Sie in dieser CONNECT (Seite 4).

Daran knüpft unser Grundsatz an: Technik entwickelt man am besten entlang der Anforderungen von Anwendern und Märkten. Wie dies mit CONNEX für Leistungstransformatoren gelingt, erklärt Eduardo Santana, Director Sales Cable Accessories & Systems bei PFISTERER (Seite 10). Weitere vertiefende Einblicke in den fachgerechten Einsatz von Spannungsprüfern ab 1 kV gibt der zweite Teil unserer Fachartikel-Serie (Seite 16).

Wir hoffen, die Lektüre bietet Ihnen aufschlussreiche Perspektiven auf fortschrittliche und sichere Lösungen. Und auch für Ihre Netze haben wir sicher das Richtige!

Herzlichst,

Harald Cuber

Leiter Vertrieb  
Deutschland

# Strom unter Stadt. Mit Weltneuheiten.

**Im neu errichteten Umspannwerk Oerlikon setzt das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) zwei technische Innovationen erstmalig ein: Schaltanlagen mit ökoeffizientem Isoliergas von ABB und hochkompakte CONNEX-Transformatoren-Anschlüsse von PFISTERER. „Beide Technologien unterstützen das nachhaltige Konzept des unterirdisch angelegten Umspannwerks“; Pascal Müller vom ewz kann auch erklären warum. Als Gesamtleiter plante er unter anderem die elektromechanische Ausrüstung. Bei einer Begehung zeigt er, wie der Netzknotenpunkt Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit auf einen fortschrittlichen Nenner bringt.**

Zürich-Nord, Eduard-Imhof-Straße. Das Umspannwerk könnte nahezu unsichtbar sein, hätte ewz nicht über seinen drei unterirdischen Ebenen einen Netzstützpunkt errichten lassen. Die Neubauten, von illiz architektur entworfen und in Kooperation mit der Pöyry Schweiz AG geplant, verbinden Nutzen mit Ästhetik. Mit Lager, Werkstatt und Sozialräumen dient der Netzstützpunkt der Stationierung von bis zu 45 ewz-Mitarbeitern für Netzausbau- und Instandhaltung. Seine ansprechende Architektur zieht Blicke an. Eine großzügige Fensterfront lenkt sie in den Untergrund. Dort reflektiert ein erleuchteter Raum, künstlerisch inszeniert von Yves Netzhammer mit einer multimedialen Spiegelinstallation, eine der Neuentwicklungen: die 170-kV-Schaltanlage von ABB, isoliert mit einem bislang einzigartigen Gasgemisch.

## Neues Gas für GIS

ABB hat es als Alternative zu Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) entwickelt. Seit den 1960er-Jahren wird SF<sub>6</sub> in der Energieanlagentechnik als Isolier- und Löschmedium bevorzugt eingesetzt. Dank seiner herausragenden Durchschlags-

festigkeit ermöglicht es den Bau gasisolierter Schaltanlagen (GIS) in äußerst platzsparendem Design. Anders als luftisolierte Anlagen lassen sich GIS selbst in engen Innenräumen installieren. Die Kapselung der aktiven Elemente bewirkt eine hohe Betriebssicherheit. Gewichtige Argumente für den Einsatz gasisolierter Lösungen, insbesondere in Ballungsräumen, wo Bauplatz knapp und kostspielig ist.



Publikumswirksam präsentiert: Für spannende Einblicke in einen der unterirdischen Anlagenräume des neuen Umspannwerks Oerlikon entwarf illiz architektur den darüber erbauten Netzstützpunkt mit einer großzügigen Fensterfront. Wer durchschaut, hat Aussicht auf die multimediale Spiegelinstallation „Der gefangene Floh“ des Künstlers Yves Netzhammer und eine technologische Weltneuheit: die HV-Schaltanlage von ABB, isoliert mit einem neuartigen umweltverträglichen Gasgemisch.



Smart gespart: Das neue ewz-Umspannwerk Oerlikon wurde im Stadtgebiet von Zürich errichtet und befindet sich auf drei unterirdischen Ebenen direkt unter einem ebenfalls neuen ewz-Netzstützpunkt (Bildmitte). Zusammen beanspruchen die Bauten sichtbar weniger Fläche als die alte Freiluft-Schaltanlage des Vorgänger-Umspannwerks (hinter dem Neubau) allein.



© Roger Frei, Zürich



Die Kehrseite von SF<sub>6</sub>: Es gilt als das stärkste bekannte Treibhausgas. Sein Beitrag zur Erderwärmung wird zwar als sehr gering eingestuft – aufgrund seines derzeit kleinen Anteils in der Atmosphäre. Dort soll sein Abbau allerdings im Mittel circa 3.200 Jahre dauern. Seine Verwendung in Energietechnikanlagen ist mit Auflagen belegt, die ein aufwendiges Gas-Management über 40 bis 60 Jahre Anlagenlaufzeit und erhebliche Kosten für den Betreiber nach sich ziehen kann.

Die neue Schaltanlagentechnologie von ABB trägt dem Rechnung. Das neue Isoliergasgemisch besitzt ähnliche Eigenschaften wie SF<sub>6</sub> – bei einem Kohlenstoffdioxid-Äquivalent von weit unter eins. Zur Anwendung gebracht in der Pilotanlage soll es gegenüber einer vergleichbaren SF<sub>6</sub>-Schaltanlage die CO<sub>2</sub>-Emission um bis zu 50% reduzieren – über die gesamte Lebensdauer, bei konstanter Effizienz und Zuverlässigkeit.

### Pioniergeist und Qualität

„Der Einsatz dieser Neuerung ermöglicht es uns, den Vorteil der platzsparenden Bauweise von gasisolierten Schaltanlagen mit dem immer wichtigeren Aspekt der Umweltverträglichkeit in neuer Dimension zu vereinbaren“, sagt Pascal Müller, „Somit realisieren wir im Umspannwerk Oerlikon zeitgemäß unser Leitbild für Pioniergeist und ökologische Stromversorgung im Sinne unserer Kunden.“ ewz zählt zu den zehn umsatzstärksten Energiedienstleistungsunternehmen in der Schweiz und versorgt seit 1892 die Stadt Zürich und Teile des Kantons Graubünden mit Strom. Ein Novum einzusetzen, ist für den Energieversorger nichts Neues und Konsequenz kontinuierlicher Verbesserung.

1967 hatte ewz im Umspannwerk Sempersteig die weltweit erste mit SF<sub>6</sub> isolierte Schaltanlage erfolgreich in Betrieb genommen. Sie stammte aus der Produktion von

BBC (heute ABB) und war bis 2004 im Einsatz. Heute isoliert im Umspannwerk Oerlikon das neue Gasgemisch neben der Hochspannungs- auch die Mittelspannungs-Schaltanlage. Durch die Fensterfront ist sie nicht zu sehen, ebenso wie alle weiteren Betriebsmittel. Zu ihren Standorten gelangt man nach einer lautlosen Aufzugsfahrt in die Untergeschosse des Gesamtkomplexes.

Müller, der als Gesamtleiter die Errichtung von neuem Umspannwerk und Netzstützpunkt verantwortete, erläutert unterwegs die Hintergründe für den durchgängig hohen Anspruch an die technische Ausrüstung: „Wenn



Wegweisende Innovation: Die Hochspannungsschaltanlage von ABB verbindet die platzsparende Bauweise von gasisolierten Schaltanlagen mit einzigartig niedrigen CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Werten – dank neuartiger Schaltanlagentechnologie mit patentiertem GIS-Gasgemisch.



Partner für Versorgungssicherheit: Pascal Müller, Gesamtleiter des neuen Umspannwerks Oerlikon (links) und Reto Aeschbach, Verkaufsleiter bei der PFISTERER SEFAG AG (rechts) freuen sich über die gelungene Fusion umweltfreundlicher Technologien: trocken isolierte HV-CONNEX-Kabelanschlüsse von PFISTERER im Einsatz an ökogasisolierter HV-Schaltanlage von ABB (links im Bild).

## «Wir verwenden CONNEX-Systeme und -Komponenten seit über zehn Jahren, mit sehr guten Erfahrungen.»

Pascal Müller  
Gesamtleiter des Umspannwerks Oerlikon &  
Netzstützpunktes vom ewz in Zürich

ein Komponentenfehler eintritt, dann mit hoher statistischer Wahrscheinlichkeit an einer Anlagen-Schnittstelle. Um dieses betriebstypische Risiko zu minimieren, legen wir auch bei der Anschlusstechnik größten Wert auf Qualität.“ Die Kosteneffekte der Komponentengüte hat der Ingenieur untersucht. Er gehört zu einem Autorenteam, das 2003 ein neuartiges Rechenmodell zur Kostenwirksamkeit von Investitionen in elektrische Betriebsmittel vorgestellt hatte.

Der Beitrag fokussiert Störfallszenarien, deren Ursachen mit der Komponentenqualität zusammenhängen. Neben den vorhersehbaren Aufwänden berücksichtigt das Modell ereignisbedingte Kosten. „Darunter fallen das Management und die Beseitigung von Störungen, aber auch Folgekosten wie Umsatzeinbußen und Imageschäden“, erklärt Müller, „Deren Berechnung für einen 170-kV-Leistungsschalter und ein Umspannwerk ergab, dass ihr Anteil an den Lebenszyklus-Kosten bei anfälligeren Produkten sprunghaft ansteigen kann. Bei hoher Qualität und Zuverlässigkeit der Komponenten dagegen fielen sie kaum ins Gewicht.“

### Hochkompakter Anlagenanschluss

Als zuverlässige Kabelanschlussstechnik hat sich das CONNEX-System von PFISTERER im ewz-Netz in diversen Anlagen bereits erwiesen. „Wir verwenden CONNEX-Systeme und -Komponenten seit über zehn Jahren, mit sehr guten Erfahrungen. Im neuen Umspannwerk Oerlikon sind alle Hoch- und Mittelspannungsanschlüsse der zwei Schaltanlagen und drei Transformatoren damit ausgeführt“, sagt Müller und öffnet eine signalrote Schiebewand, „Hier sieht man es im Einsatz, mit einer Neuheit der Produktfamilie.“ Ein 50-MVA-Leistungstransformator von ABB, 6,6 m hoch, 5,5 m lang und 4,1 m breit, dominiert den ersten Eindruck. Über seinem Deckel ragt das neue gerade MV-CONNEX-Transformatoren-Anschlusssteil (TAT) der Größe 3 für 2.200 A respektive 3.150 A je nach Anschlussart und 52 kV. Darin sind drei mit MV-CONNEX-Kabelanschlusssteilen ausgerüstete Kabel dicht nebeneinander eingesteckt, sie streben zur Decke.

Die hochkompakte vertikale Kabelanbindung ist für Müller einer von mehreren Vorzügen des neuen Anschlusses:



Effiziente Raumnutzung: 50-MVA-Leistungstransformator von ABB installiert in einer der unterirdischen Transformatorzellen des neuen Umspannwerks Oerlikon, angebunden an Wärmekoppler für energiesparende Wärmenutzung und ausgestattet mit kompakten Anschluss- und Überwachungslösungen von PFISTERER

„Wie man sieht, ist seine vierte Anschluss-Stelle unbelegt. An diese können wir eine CONNEX-Erdungsgarnitur ohne Eingriffe in das Anlagen-Innenleben anschließen, womit die Kapselung des Systems erhalten bleibt. Die Spannungsfeststellung können wir komfortabel über den integrierten Spannungsabgriff durchführen, der direkt mit einem PFISTERER-Dauerspannungsanzeiger verbunden ist. Außerdem reduziert die Kapselung aller CONNEX-Kabelanschlüsse die Störanfälligkeit und macht auch alle Anlagen-Schnittstellen berührungssicher. Unser Wartungspersonal kann hier also ohne Absperrungen gefahrlos frei agieren, ein wichtiger Aspekt bei platzsparender Bauweise.“

#### **Platz für mehr. Mit Kosteneffizienz.**

Die Transformatorzelle ist maximal genutzt. Mit einem Raumvolumen von 280 m<sup>3</sup> und 35 m<sup>2</sup> Fläche beherbergt sie nicht nur den insgesamt 80 t schweren Transformator. An seinen Querseiten ist er mit je einem Wärmeübertrager gekoppelt. Sie kühlen das Transformatoröl und



Hochkompakt aus einer Hand: Die neuen CONNEX-Transformatoren-Anschlusssteile (TAT) der Größe 3 für bis zu 52 kV von PFISTERER ermöglichen den Mehrfach-Anschluss von vertikal geführten MV-Kabeln. Die jüngsten Neuzugänge im bewährten CONNEX-System sind im Umspannwerk Oerlikon erstmalig im Einsatz – im Verbund mit Erdtrennerkästen und DSA-i3-Dauerspannungsanzeiger-Geräten.

beheizen mit dessen Wärme Luft und Wasser – eine von mehreren Maßnahmen, mit der der Energieaufwand für die Wärmeversorgung des Gebäudes möglichst gering hält. Wie viel Bauraum das neue Umspannwerk insgesamt spart, lässt die Aussicht von einem Balkon des Nachbargebäudes erahnen.

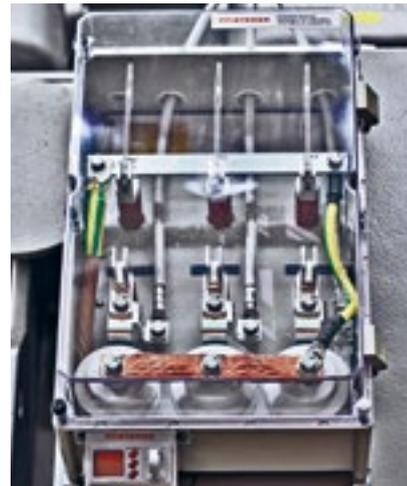
# «Mit dieser radikal neuen Technologie können wir einen wertvollen Beitrag zur Senkung der weltweiten CO<sub>2</sub>-Bilanz beisteuern.»

Thomas Diggelmann  
Global Produktmanager für ökoefiziente GIS bei ABB Zürich

Hinter dem neuen Netzstützpunkt breitet sich eine Freiluft-Hochspannungsschaltanlage über das ewz-Betriebsgelände. Sie gehört zum alten Umspannwerk Oerlikon, das seit 1949 die Zürcher Stadtquartiere Oerlikon, Seebach und Neu-Affoltern mit Strom versorgt und mittlerweile seine technische Gesamtlebensdauer erreicht hat. Es wird durch das neue Umspannwerk ersetzt, das im August 2015 in Betrieb genommen wurde. Bis 2018 soll seine schrittweise Integration in das ewz-Netz abgeschlossen sein. Dann wird auch die Freiluftanlage, die bis dahin die Reserveversorgung sicherstellt, endgültig

abgebaut. Sie allein erscheint deutlich größer als der gesamte Neubau.

Müller fasst den Eindruck in eine konkrete Zahl: „Das neue Umspannwerk belegt inklusive seiner erweiterten technischen Einrichtung nur noch 30% des ursprünglich beanspruchten Raums.“ Sobald das alte Umspannwerk komplett abgebaut ist, wird wertvoller Baugrund frei. Rund 5.200 m<sup>2</sup> plant das ewz, an die Stadt Zürich abzutreten. Der Mehraufwand für die unterirdische Bauweise ist hiermit gedeckt.



Kompakter Allrounder clever kombiniert: PFISTERER-Erdtrennerkasten gemäß EN 61439 für effiziente und betriebssichere Schirmbehandlung mit integrierter Kabelverlustoptimierung, verbunden mit einem DSA-i3-Dauerspannungsanzeiger von PFISTERER nach IEC 61243-5 (VDS-Prüfsysteme) als permanent sichtbares Überwachungsmodul für das Betriebspersonal (links unten im Bild)



Maximal flexibel: An das neue MV-CONNEX-Transformatoren-Anschlussstück können neben Mittelspannungskabeln weitere CONNEX-Komponenten einfach per Stecktechnik angeschlossen werden, zum Beispiel, wie hier zu sehen, ein Überspannungsableiter (hinten rechts) für optimalen Schutz direkt an der Anlage, ein Prüf- und Übergangsschlussstück (vorn rechts) oder auch eine Erdungsgarnitur (vorn links).



Geprüfte Qualität: Nicolas Meyer, Projektleiter Kabelanlagen bei ewz (im linken Bild links), und Pascal Müller, Gesamtleiter des ewz-Umspannwerks Oerlikon (im linken Bild rechts), sind hochzufrieden mit dem Ergebnis der Abnahmeprüfung des neuen CONNEX-Transformatoren-Anschlussstückes im PFISTERER-Hochspannungslabor im September 2014 (Bild oben rechts): Der für Betriebsspannungen bis zu 52 kV ausgelegte Newcomer bleibt bei 95-kV-Prüfspannung über eine Minute komplett frei von Teilentladungen (Bild unten rechts).



Berührungssicher unter Hochspannung: Drei Kabelanschlüsse am 50-MVA-Transformator ausgeführt mit gekapseltem HV-CONNEX-System der Größe 6 für 170 kV sowie Erdtrennerkasten für die effiziente Schirmbehandlung



Dieser QR-Code führt Sie zur ewz-Publikation „Ein Modell zur Berechnung der Kostenwirksamkeit von Investitionen“ von Pascal Müller, Jürg Bader & Herbert Feld.

## Die Innovationen im Fokus

### Die neue ABB-Schaltanlagen-Generation mit ökoeffizientem Isoliergasgemisch

ist das Ergebnis von über zwanzig Jahren Forschungsarbeit. Das Gasgemisch ist gemäß Hodge-Sternner-Toxizitätsskala praktisch ungiftig. Sein CO<sub>2</sub>-Äquivalent ist um 99,995% niedriger als der von SF<sub>6</sub>, sein Ozonabbau Potenzial gleich null. „Mit dieser radikal neuen Technologie können wir einen wertvollen Beitrag zur Senkung der weltweiten CO<sub>2</sub>-Bilanz beisteuern – mit Vorteilen für die Anwender, denn ihr Einsatz erfordert weder aufwendiges Reporting noch unterliegt er Umweltauflagen“, erklärt Thomas Diggelmann, Global Produktmanager für ökoeffiziente GIS bei ABB Zürich. Nach intensiven Untersuchungen mit Fluorketonen setzte ABB auf Perfluorketon (C5 PFK) als Basiskomponente für das neue Gasgemisch. In reiner Form ist es deutlich spannungsfester als SF<sub>6</sub>, jedoch mit einem Siedepunkt bei 25 °C. Durch die Zugabe von Disauerstoff (O<sub>2</sub>) sowie Stickstoff (N<sub>2</sub>) oder CO<sub>2</sub> gelang ABB schließlich eine tragfähige Alternative: Die Eigenschaften des patentierten Gasgemisches reichen nahe an die von SF<sub>6</sub> heran. Es eignet sich für Innenraumanwendungen und kann zur Isolation als auch Lichtbogenunterbrechung eingesetzt werden. Alle relevanten Typentests für die Pilot-Installation im Umspannwerk Oerlikon wurden zusammen mit den PFISTERER-CONNEX-Systemen der Größen 6 und 6-S erfolgreich absolviert.

### Das gerade MV-CONNEX-Transformatoren-Anschluss- teil (TAT) für bis zu 52 kV ist der jüngste Neuzugang

im CONNEX-System von PFISTERER. Es ermöglicht den hochkompakten Anschluss von bis zu vier Kabeln in vertikaler Lage. Damit können selbst auf unterschiedlichen Ebenen installierte Transformatoren und GIS berührungssicher verbunden werden. „In den letzten fünf Jahrzehnten werden Umspannwerke immer platzsparender gebaut. Durch die Einführung des CONNEX-Systems und seine kontinuierliche Erweiterung gestalten wir diesen nachhaltigen Trend lösungsorientiert mit“, sagt Reto Aeschbach, Verkaufsleiter bei der PFISTERER SEFAG AG. Die Design-Grundlagen des TAT definierten der Trafhersteller ABB (Werk Italien), der Endkunde ewz sowie PFISTERER Schweiz in beispielhafter Kooperation. Hierzu Roland Hasler, ABB-Market-Manager für Transformatoren in der Schweiz: „Die Entwicklung erfolgte innerhalb von anderthalb Jahren, gerechnet ab Bestimmung der Grundanforderungen bis zur erfolgreich getesteten Serienreife. So konnten die neuen CONNEX-TAT-Komponenten punktgenau zur Anlieferung der Transformatoren im ewz-Umspannwerk den Monteuren zum Einbau übergeben werden. Das Komplettpaket aus neuen und bekannten Stecksystemen, Schirmbehandlung per Erdtrennerkästen sowie Erdungsgarnituren zeigt die Leistungsstärke von PFISTERER.“

# Der universelle Leistungstransformator.



Eduardo Santana, Director Sales Cable Accessories & Systems bei PFISTERER, beleuchtet die Vorzüge des CONNEX-Einsatzes an Leistungstransformatoren anhand Anwender- und Marktanforderungen.

**Maximale Flexibilität bei höchster Sicherheit und Effizienz für mindestens 40 Jahre Lebensdauer. Diesen Anspruch realisiert, wer Leistungstransformatoren mit dem trocken isolierten und modular steckbaren CONNEX-Anschluss-System ausrüstet. Wie genau, erläutert Eduardo Santana, Director Sales Cable Accessories & Systems bei PFISTERER, in einem Gespräch über die Anforderungen von Anwendern und Märkten weltweit.**

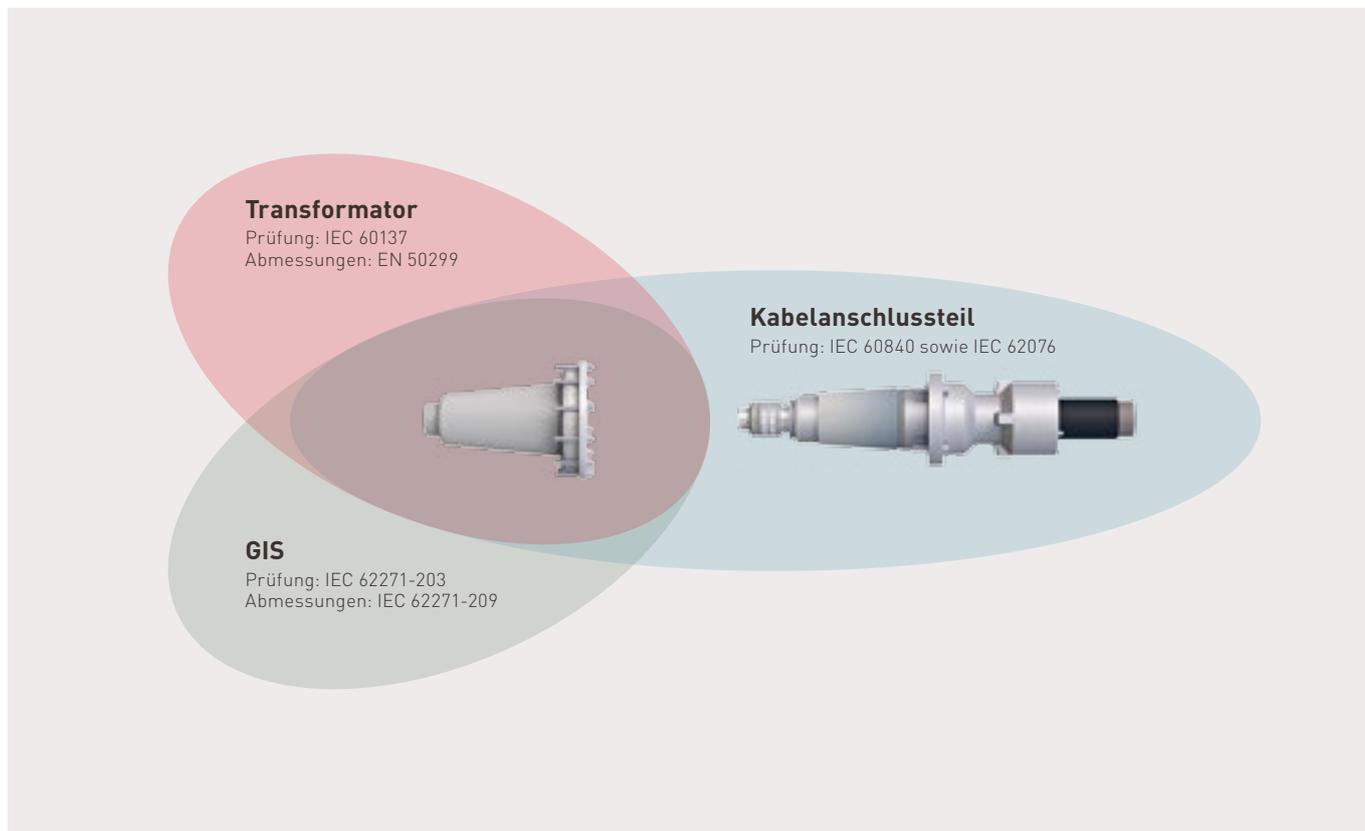
## **Worauf basiert die hohe Flexibilität von Leistungstransformatoren, die mit CONNEX ausgerüstet sind?**

**Santana:** Auf dem Steckprinzip des CONNEX-Systems. Das CONNEX-Geräte-Anschlussstück wird als definierte Schnittstelle in das Betriebsmittel fix verbaut und bildet mit diesem ein abgeschlossenes System. Somit kann man in das Geräte-Anschlussstück diverse CONNEX-Komponenten einfach einstecken ohne Eingriffe in das sensible Anlagen-Innenleben, zum Beispiel eine Durchführung, ein Kabel-Anschlussstück, einen Überspannungsableiter und so fort.

## **In Leistungstransformatoren integrierte Komponenten müssen spezifische Anforderungen erfüllen.**

### **Wie hat PFISTERER dies bei CONNEX vertrauenswürdig gesichert?**

**Santana:** Herkömmliche Kabelgarnituren sind ausschließlich nach IEC 60840 typgeprüft, CONNEX als System dagegen nach allen internationalen Normen, die seine drei Anlagen-Anschlussbereiche betreffen, also außerdem nach IEC 62271-203 für gasisolierte Schaltanlagen sowie nach IEC 60137 für Durchführungen. Dem Umstand, dass die IEC 60137 konventionelle Lösungen fokussiert, tragen wir Rechnung mit einem erweiterten PFISTERER-Anforderungsprofil. Allein unsere Geräte-Anschlussstücke haben in über hundert Entwicklungstests bewiesen, dass sie bezüglich Wechselspannung, Teilentladung und Überlastbetrieb mit großem Abstand mehr leisten als die IEC 60137 fordert und Praxiserfahrungen



Vielseitig anwendbar dank Steckprinzip und dreifach typgeprüft: das CONNEX-System, hier dargestellt mit geräteseitig integriertem CONNEX-Geräte-Anschluss (Komponente links) sowie darin einsteckbarem CONNEX-Kabel-Anschluss (Komponente rechts)

erwarten lassen. Nicht zuletzt sind mit CONNEX ausgerüstete Leistungstransformatoren seit vielen Jahren in Betrieb, einwandfrei und mit einzigartig hoher Anwenderfreundlichkeit.

#### Was bedeutet „einzigartig hohe Anwenderfreundlichkeit“?

**Santana:** Aus unserer Erfahrung sind Anlagenbetreibern drei Punkte vorrangig wichtig: Betriebssicherheit, Effizienz und Flexibilität. CONNEX bringt diese Anforderungen auf einen Nenner, wirtschaftlich und ohne Kompromisse. Denn mit CONNEX ist ein Leistungstransformator optimal gerüstet für sämtliche Dynamiken des normalen Betriebsalltags sowie mittel- und langfristiger Netzentwicklungen unter den unterschiedlichsten Markt- und Umweltbedingungen.

#### Beginnen wir mit dem normalen Betriebsalltag. Wie kann CONNEX diesen konkret optimieren?

**Santana:** Ein Transformator mit integrierten CONNEX-Geräte-Anschlussteilen ist ab Auslieferung werkgeprüft einsetzbar. Denn er muss weder für Vor-Ort-Prüfungen noch den Netz-Anschluss geöffnet werden. Das vermeidet, dass Haftungsbereiche schon in einem sehr frühen Stadium verschwimmen. Dann ist der Transformator ohne abstehende Komponenten wie vormontierte Durch-

«Mit CONNEX ist ein Leistungstransformator optimal gerüstet für sämtliche Dynamiken des normalen Betriebsalltags sowie mittel- und langfristiger Netzentwicklungen unter den unterschiedlichsten Markt- und Umweltbedingungen.»

Eduardo Santana  
Director Sales Cable Accessories & Systems bei PFISTERER

führungen anlieferbar. Auch gehen Erstmontage und eventuelle spätere Instandhaltungsmaßnahmen viel einfacher und schneller voran, da Ölarbeiten entfallen. Zudem sind alle steckbaren CONNEX-Standard-Komponenten kunststoffisoliert. Dadurch sind umweltschädliche Leckagen ausgeschlossen, aufwendiges Monitoring entbehrlich und die Störanfälligkeit infolge Außeneinflüssen erheblich reduziert.

## Und wie unterstützt CONNEX Veränderungen im Netz?

**Santana:** Kernvorteile von CONNEX sind in diesem Kontext die Austauschbarkeit von Durchführung und Kabelanschluss sowie die Anschließbarkeit von Prüf- oder Übergangsequipment. Beides ist schnell und einfach machbar. Das qualifiziert einen Leistungstransformator für jeden praxisrelevanten Einsatz, ob gewünscht, erforderlich oder diktiert.

## Das lässt das Versprechen von einem „Universal-Transformator“ anklingen.

**Santana:** Mehr noch, CONNEX erfüllt es. Das belegen unsere zahlreichen Projekte weltweit. Leistungstransformatoren werden zunächst an eine Freiluft-Schaltanlage angeschlossen, Jahre später an eine gasisolierte Schaltanlage, oder umgekehrt. Oder sie werden „wandernd“ betrieben. Beides ist relevant, wenn ein Netz sich im Umbruch befindet. Und egal, wie eine Netz-Infrastruktur aufgestellt ist, Naturgewalten können sie jeder-

zeit aus dem Tritt bringen. Für Unwägbarkeiten wie diese nutzen einige Netzbetreiber mit CONNEX ausgerüstete Transformatoren als mobile Notfallanlagen.

## Selbst bei Normalbetrieb können spezielle Umgebungsbedingungen Leistungstransformatoren besonders fordern ...

**Santana:** Allerdings. Immer mehr Umspannwerke befinden sich nahe besiedelter Gebiete, einige mitten in Städten. Hier sind Bauplätze knapp und zusätzliche Schutzbedürfnisse relevant, weshalb Umspannwerke gebäudeintegriert werden, oft mehrstöckig, ober- oder unterirdisch. Mit CONNEX ist ein Transformator nicht nur kompakter auslegbar und anschließbar, sondern auch komplett gekapselt und berührungssicher ausführbar. Er lässt sich also selbst auf engstem Raum ohne Absperren personensicher aufstellen und einfach inspizieren. Platz- und damit Kostenersparnis ist außerdem für



**Im Netz des größten Energiedienstleisters Österreichs, Wiener Netze (ehemals Wien Energie), erweisen sich mit HV-CONNEX ausgerüstete Leistungstransformatoren als Allrounder:** Die urbane Infrastruktur in und um Wien wächst stetig. Dem daraus resultierenden Lastanstieg im Versorgungsnetz begegnen die Wiener Netze mit einer nachhaltigen Erweiterung ihrer Leistungskapazitäten basierend auf einem neuen Netzkonzept. Dieses mündete in besonderen Anforderungen an die neuen 40-MVA-Transformatoren: flexible Anschließbarkeit an Freiluft-Schaltanlagen oder SF<sub>6</sub>-GIS sowie schnelle Austauschbarkeit zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit nach dem (n-1)-Sicherheitsprinzip. Mit dem CONNEX-System von PFISTERER realisierten die Wiener Netze beides – dank CONNEX-Durchführungen und -Kabelanschlüssen, die man zügig und einfach in die anlagenseitig integrierten CONNEX-Geräteanschlusssteile einstecken kann ohne Eingriffe in das Transformatoren-Innenleben. **In welchen Umspannwerken die vielseitigen Leistungstransformatoren im Einsatz sind, verrät der Projektbericht in CONNECT 2-2010.**



Dieser QR-Code führt Sie zu dem ausführlichen CONNECT-Projekt-Bericht.





**Alpiq baut seit über 80 Jahren Hochspannungsnetze und Schaltanlagen und installierte den HV-CONNEX-Überspannungsableiter der Größe 4 für bis zu 72,5 kV erstmalig im Umspannwerk Klus:** Das Umspannwerk (UW) ist seit 2007 in der schweizerischen Ortschaft Klus in Betrieb. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt der Energieversorgungsunternehmen Alpiq Versorgungs AG (AVAG), AEK Energie AG (AEK) und onyx Energie Mittelland, ausgeführt von der Alpiq EnerTrans AG. Die gebäudeintegrierten Transformatoren und Schaltanlagen des UW sind mit MV- und HV-CONNEX-Kabelanschlüssen ausgerüstet. Für den optimalen Schutz der beiden 40-MVA-Transformatoren direkt am Betriebsmittel sorgen jeweils vier MV-CONNEX-Überspannungsableiter der Größe 3 und vier HV-CONNEX-Überspannungsableiter der Größe 4 (Detailansicht im Bild oben rechts). **Wie Alpiq mit CONNEX Kostenvorteile beim Anlagen-Retrofit erzielte, erläutert der Projektbericht in CONNECT 2-2013.**



Dieser QR-Code führt Sie zu dem ausführlichen CONNEX-Projekt-Bericht.

Kavernenkraftwerke und Offshore-Plattformen extrem wichtig. Für den Offshore-Einsatz wurde CONNEX als erstes System seiner Art qualifiziert, alle CONNEX-Kabelanschlüsse sind gegen Salzwasser und UV-Strahlung resistent und überflutbar. Unterm Strich ist ein Leistungstransformator mit CONNEX für jeden potenziellen Markt bestens aufgestellt.

#### **Welche Märkte haben Sie da im Blick?**

**Santana:** Ausgehend von der durchschnittlichen Lebensdauer eines Leistungstransformators verändern sich Netze immer mehr oder weniger. Diese Grunddynamik befeuern verschiedene Faktoren. Laut Global Status Report 2015 waren Ende 2014 knapp 28% der weltweit installierten Erzeugungskapazität erneuerbare Energiequellen mit den größten Zuwächsen bei Windkraft, gefolgt von Wasserkraft und Photovoltaik. Mindestens

164 Staaten sollen Ausbauziele für erneuerbare Energien definiert und circa 145 Staaten Förderinstrumente für deren Ausbau eingeführt haben. Daneben schreitet die Urbanisierung voran, am stärksten voraussichtlich in Asien, Lateinamerika und Afrika, aber auch Europa verstädtert weiterhin. Der Energiebedarf steigt in dichteren Lastzentren, gleichzeitig werden Stromwege länger, sodass auch Überland-Infrastrukturen mitwachsen müssen. Wo Transformatoren sind, gibt es auch Schaltanlagen. Mit CONNEX können Netzbetreiber ein durchgängiges Anschluss-System mit erhöhter Betriebssicherheit etablieren. Ein wichtiger Punkt insbesondere dort, wo Sabotagen drohen oder Klimaextreme herrschen, beispielsweise in den USA. Schlussendlich ist Versorgungssicherheit ein Garant der öffentlichen Ordnung. Sogar sehr konservative Märkte wie der Nahe Osten öffnen sich mittlerweile für CONNEX.

## In manchen Weltregionen geht man Richtung Höchstspannung.

**Santana:** Mit CONNEX stellen wir schon heute die größte Produktfamilie für 220 kV. Und das System wächst weiter. 2014 haben wir unsere ersten 420-kV-Kabelgarnituren vorgestellt, neue Durchführungen für bis zu 420 kV sind in Entwicklung. Unser erklärtes mittelfristiges Ziel sind 550 kV. Mit PFISTERER haben Transformatorbetreiber also einen dauerhaft verlässlichen System-Partner an ihrer Seite, so wie mit CONNEX ausgerüstete Leistungstransformatoren zeitlose Allrounder sind und bleiben.



## Bei der Erweiterung von Wasserkraftwerk-Kapazitäten vertraut die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) auf das hochkompakte CONNEX-Anschluss-System:

Die KWO ist eines der führenden Wasserkraftunternehmen der Schweiz und betreibt in den Berner Alpen neun Wasserkraftwerke mit 26 Turbinen und 1.125 MW Leistung. Um das bereits erschlossene Wasserkraftpotenzial noch effizienter zu nutzen, hat KWO ein Milliarden-Investitionsprogramm aufgelegt. Es umfasst unter anderem die Aufwertung einzelner Kraftwerke: Für Innertkirchen 1 wurden neue Transformatoren angeschafft, ausgerüstet mit HV-CONNEX-Kabelanschluss-Systemen der Größe 6 für 150 kV. Zur Leistungssteigerung von Grimsel 1 tragen neue Schaltanlagen und Transformatoren bei, die seit 2005 mit HV-CONNEX-Kabelanschluss-Systemen der Größe 6-S für 245 kV in Betrieb sind. **Welche CONNEX-Vorteile die KWO überzeugten, erfährt man vom Projektbericht in CONNECT 1-2006.**



Dieser QR-Code führt Sie zu dem ausführlichen CONNECT-Projekt-Bericht.



**Für Global Tech I, einen der ersten kommerziellen Offshore-Windparks Deutschlands, zog PFISTERER alle Leistungsregister:** Sämtliche Kabelverbindungen der Transformatoren und Schaltanlagen auf der Umspannstation sind mit offshore-zertifizierten MV- und HV-CONNEX-Anschlüssen ausgeführt. Für den erstmaligen Einsatz in Global Tech I entwickelte PFISTERER eine hochbelastbare HV-CONNEX-Kompensationsschelle als zusätzliche Sicherung der Kabelfixierung bei besonderen Einbau- und Umgebungsbedingungen (im Bild zu sehen: Kompensationsschelle eingesetzt an Leistungstransformator). Ein 14 Mann starkes PFISTERER-Montageteam verlegte im Trockendeck insgesamt rund 5.800 m Kabel, führte die Hochspannungsprüfung durch und übergab die erfolgreich getestete Kabelanlage pünktlich zum Abnahmetermin. **Weitere Windpark-Details stehen im Projektbericht in CONNECT 1-2012.**



Dieser QR-Code führt Sie zu dem ausführlichen CONNECT-Projekt-Bericht.



## Neu: Flexible HV-CONNEX-Durchführung für bis zu 245 kV

Für lebenslang hohe Effizienz beim Betrieb von Leistungstransformatoren erweitert PFISTERER das CONNEX-Produktprogramm: Die neue HV-CONNEX-Durchführung der Größe 6-S für bis zu 245 kV bringt, wie ihre Vorgänger für 145 kV (Größe 5) und 170 kV (Größe 6), diverse Anforderanforderungen auf einen wirtschaftlichen Nenner.

Der Newcomer ist direkt am Transformator trocken einsteckbar. Damit kann der Transformator bereits im Herstellerwerk so geprüft werden, wie er im Feld eingesetzt wird: im geschlossenen Zustand, mit HV-CONNEX-Anschlusseinheit und -Durchführung. Netzanschluss und Vor-Ort-Prüfung sind schnell und einfach machbar ohne Eingriffe in das Transformator-Innenleben und ohne aufwendige Ölarbeiten. Die Durchführung ist jederzeit austauschbar durch HV-CONNEX-Kabelanschlüsse, sodass der Transformator flexibel umgenutzt werden kann und Investitionssicherheit über seine gesamte Lebensdauer auch bei Veränderungen im Netz gegeben ist. Im Verbund mit einer steckbaren CONNEX-Muffe ist die Durchführung außerdem einsetzbar als temporäre Überbrückungslösung bei Netzerweiterungen oder Instandhaltungen von Freileitungen. Alle CONNEX-Durchführungen sind standardmäßig mit kapazitiver Feldsteuerung ausgeführt.

### Anwendungen

- Dauerhafter Anschluss von Transformatoren an blanke Leiter
- Herstellung temporärer Verbindungen
- Transformator-Prüfungen in werkseitig geschlossenem Zustand
- Nennstrom  $I_N = 2.500 \text{ A}$
- Maximale Betriebsspannung  $U_m = 245 \text{ kV}$

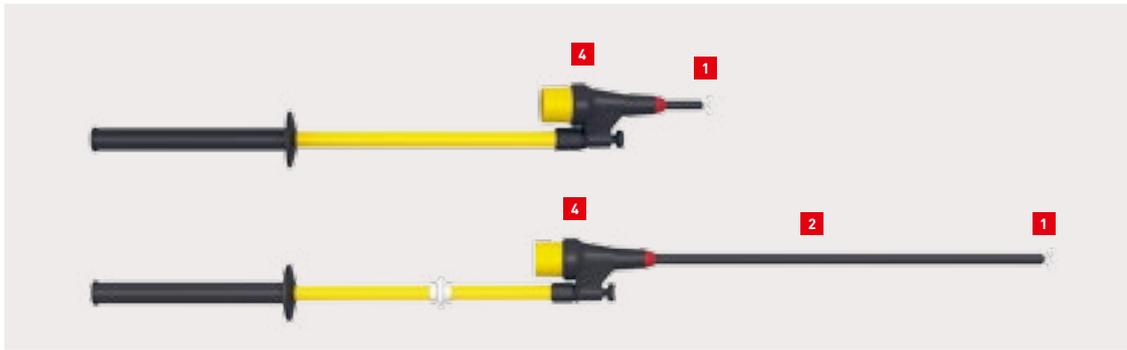
### Eigenschaften & Vorteile

- Schnelle Montage ohne aufwendige Gas- oder Ölarbeiten
- Einfach steckbar in geräteseitig vormontiertes Geräte-Anschlussstück
- Werkseitig geprüft einsetzbar
- Kompakte Bauweise für platzsparende Anschlüsse
- In jedem beliebigen Winkel installierbar
- Wartungs- und leakagefrei dank Feststoffisolierung
- Typgeprüft nach IEC 60137





# Spannung sicher prüfen – Teil 2: Klasse contra Störfeld



**Bild 1:** Spannungsprüfer der Klasse S (untere Grafik) sind standardmäßig mit einer Kontaktelektrodenverlängerung [2] ausgerüstet. Dadurch kann man sie generell tiefer in Anlagen eintauchen, ohne Störfeld-Einflüsse zu riskieren, als die kürzeren klassischen Klasse-L-Prüfer (obere Grafik).

## Eine zuverlässige und sichere Spannungsprüfung setzt unter anderem den Einsatz des richtigen Spannungsprüfers voraus. Was selbstverständlich erscheint, ist nicht leistbar ohne Berücksichtigung der Prüfbedingungen, die von Anlage zu Anlage divergieren. Das zeigen Jahrzehnte der Betriebserfahrung mit kapazitiven Spannungsprüfern ab 1 kV: Störfeldinflüsse können ihre Funktionalität riskant beeinträchtigen – wenn Spannungsprüfer-Klasse und Anlagenkonfiguration nicht harmonieren.

Kapazitive Spannungsprüfer haben sich weltweit in vielen Anwendungsfeldern der Energietechnik durchgesetzt – aus guten Gründen. Sie bieten einen hohen Gefährdungsschutz, sind benutzerfreundlicher und vielseitiger einsetzbar als resistive Spannungsprüfer (Details enthält der erste Teil der Fachberichtserie in CONNECT 1-2015). Erhältlich sind sie in den Klassen S und L. Deren Grenzen und Möglichkeiten zu kennen, ist wichtig, will man die genannten Vorteile kapazitiver Spannungsprüfer sicher ausspielen.

### A. Klassenunterschied: Eine Komponente

Den wesentlichen Klassenunterschied zeigt Bild 1: Bei Spannungsprüfern der Klasse L (obere Grafik) befindet sich die Kontaktelektrode [1] nahe am Anzeigergerät [4], bei Spannungsprüfern der Klasse S (untere Grafik) an der

Spitze der Kontaktelektrodenverlängerung [2]. Die Kontaktelektrodenverlängerung vergrößert den Abstand zwischen Kontaktelektrode und Anzeigergerät.

Bei kapazitiven Spannungsprüfern ergibt sich die Notwendigkeit dieser „eingebauten“ Distanz insbesondere aus dem Umstand, dass ihre Auswertungs elektronik im Anzeigergerät prinzipbedingt auf elektrische Störfelder reagieren kann (eine genauere Erläuterung hierzu gibt Teil 1 in CONNECT 1-2015).

### B. Störfelder: Große Wirkung

Ein Störfeld beschreibt die für kapazitive Spannungsprüfer international gültige Norm IEC 61243-1 als „überlagerndes elektrisches Feld, das die Anzeige beeinflussen kann. Es kann von dem zu prüfenden oder anderen, benachbarten Anlagenteilen herrühren und beliebige Phasenlagen haben.“

Diese Aussage bedarf natürlich einer differenzierten Auslegung. Jeder elektrisch geladene Körper erzeugt ein elektrisches Feld. So auch die zu prüfenden Anlagenteile von luftisolierten Mittel- und Hochspannungsanlagen.

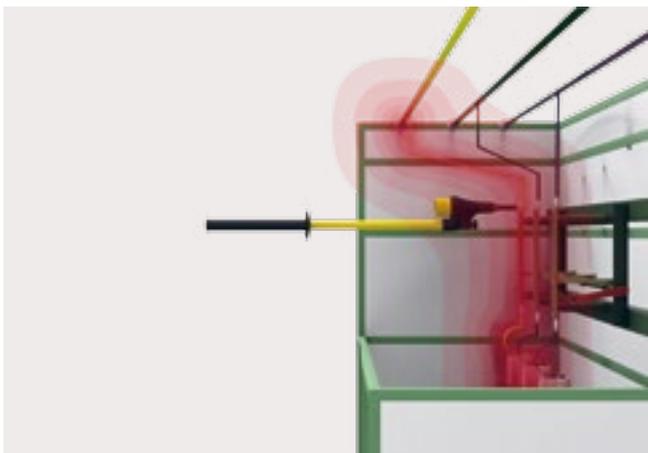
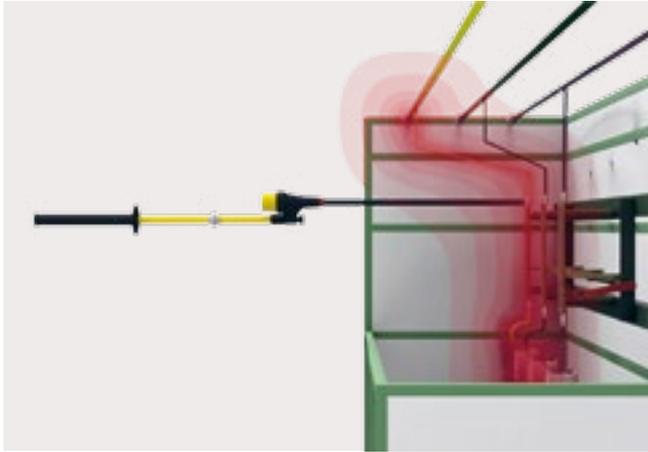
## Detail-Info: Normbezüge und Begriffsverwendungen

- Bezüge zur IEC 61243, Teil 1 folgen den deutschen Norm-Fassungen: EN 61243-1:2005 + A1.2010
- Spannungen von 1 bis 36 kV werden als Mittelspannung (MV) bezeichnet, alle Spannungen darüber als Hochspannung (HV)



Dieser QR-Code führt Sie zu Teil 1 in CONNECT 1-2015

Ihre elektrischen Felder reichen in den umgebenden Raum. Dabei überlagern sie sich gegenseitig und mehr oder weniger auch das an einem Spannungsprüfer anliegende Feld. Genügte diese Gegebenheiten, um die Funktionalität kapazitiver Spannungsprüfer auszuhebeln, wären sie nie weltweit anerkannter Stand der Technik geworden.



**Bild 2:** Spannungsprüfung an einer Innenraum-Schaltanlage: Damit der Anwender die zu prüfenden Sammelschienen kontaktieren kann, muss er den Spannungsprüfer tief in die Schaltanlagenzelle eintauchen. Wird ein Spannungsprüfer der Klasse S eingesetzt, bleibt das Anzeigergerät außerhalb der kritischen Feldbereiche (obere Grafik). Anders mit einem Klasse-L-Gerät (untere Grafik): Das Anzeigergerät befindet sich im gleichphasigen Störfeld der ersten Sammelschiene (roter Bereich) und außerdem in den Störfeldern der benachbarten Sammelschienen (diese gegenphasigen Störfelder sind hier zwecks Übersichtlichkeit nicht abgebildet). Dabei heben sich die verschiedenen Störfelder nicht gegenseitig auf; vielmehr kann sich ihre Negativwirkung sogar verstärken.

Eine Negativwirkung im Normsinn entfalten elektrische Felder in der Regel nur unter einer Bedingung: Das Anzeigergerät muss sich während der Spannungsprüfung sehr nah an einem oder mehreren abstrahlenden Anlagenteilen befinden. Nur hier ist die Feldstärke noch ausreichend hoch, um die Auswertungselektronik im Anzeigergerät beeinflussen zu können. Beachtung fordert diese Tatsache dennoch. Denn ihre möglichen Folgen sind fatal.

Zwei Worst-Case-Szenarien sind aus der Betriebspraxis bekannt. Unter dem Einfluss eines gleichphasigen Störfelds signalisiert das Anzeigergerät Spannungsfreiheit, selbst wenn das geprüfte Anlagenteil noch unter Betriebsspannung steht. Legt der Anwender gemäß der fünf Sicherheitsregeln im nächsten Schritt eine Erdungs- und Kurzschließvorrichtung an, verursacht er beim Anschluss der Phasenklemme einen Kurzschluss. Dieser kann nicht nur die Anlage beschädigen oder zerstören. Auch der Prüfperson drohen massive Gesundheitsgefahren wie Brand-, Trommelfell- und Lungenverletzungen, schlimmstenfalls der Tod.

Umgekehrt lässt der Einfluss eines gegenphasigen Störfelds den Spannungsprüfer Betriebsspannung anzeigen, selbst wenn keine mehr anliegt. Dadurch ziehen sich nicht nur die Arbeiten an der Anlage in die Länge. Häufen sich Falschanzeigen, verliert der Anwender das Vertrauen in die Zuverlässigkeit eines sicherheitsrelevanten Arbeitsgeräts.

Beide Störfeldarten können grundsätzlich an allen luftisolierten Betriebsmitteln und Komponenten für Mittel- und Hochspannung auftreten, beispielsweise an Transformatoren, Schaltanlagen und Sammelschienen, aber auch an Freileitungen. Dieser zweite Berichtteil fokussiert MV-Anlagen-Konfigurationen, die typisch für Umspannwerke sind. Ihre Betrachtung lässt diejenigen Prüfbedingungen deutlich erkennen, die generell eine riskante Nähe des Anzeigergeräts zu abstrahlenden Anlagenteilen begünstigen.

### C.I. Kriterium Anlagen-Bauweise

Innenraum-Schaltanlagen sind eine weltweit verbreitete MV-Standardanwendung. Obwohl ihre Bauweisen von Anlage zu Anlage variieren, teilen sie eine charakteristische Gemeinsamkeit: Ihre zu prüfenden Anlagenteile sind so angeordnet, dass die Prüfperson den Spannungsprüfer tief in das Anlageninnere eintauchen muss, um sie mit der Kontaktelektrode erreichen zu können.

In Bild 2 ist eine einfach konfigurierte Schaltanlagezelle mit parallel geführten Sammelschienen zu sehen. Der rote Bereich um die gelbe Sammelschiene markiert das von ihr erzeugte elektrische Feld, dessen Feldstärke ausreichend hoch ist, um das Anzeigeverhalten des Spannungsprüfers beeinflussen zu können.

Wie die obere Grafik demonstriert, ist ein Anwender mit einem Spannungsprüfer der Klasse S für diese Konstellation gewappnet: Die Sammelschiene lässt sich problemlos kontaktieren; die Kontaktelektrodenverlängerung hält das Anzeigergerät auf sicherer Distanz zu den kritischen Feldbereichen.

Anders in der unteren Grafik. Hier provoziert die kurze Bauform des eingesetzten Klasse-L-Modells den Anwender zu einem riskanten Vorgehen. Um die Sammelschiene kontaktieren zu können, muss er den gesamten Spannungsprüfer deutlich tiefer in die Schaltanlagenzelle eintauchen. Dabei rückt das Anzeigergerät automatisch in den kritischen Bereich des gleichphasigen Störfeldes des zu prüfenden Anlagenteils – und außerdem in die Störfeldzonen der nah benachbarten Sammelschienen (gegenphasige Störfelder, die hier der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt werden). Wichtig in diesem Zusammenhang: Treffen gegen- und gleichphasige Störfelder aufeinander, heben sie sich dadurch nicht gegenseitig auf – im Gegenteil, sie können einander unter Umständen sogar verstärken.

Diese riskante Situation tritt noch wahrscheinlicher ein, wenn die Sammelschienen nicht parallel angeordnet sind, sondern diagonal zueinander versetzt. Dadurch befinden sich zwei Sammelschienen noch tiefer im Zellinneren und weiter entfernt vom Anwender. Die Summe der bisherigen Betriebserfahrungen zeigt, dass sich bei vielen Innenraum-Schaltanlagen-Konfigurationen die daraus resultierende Eintauchtiefe nur mit einer Kontaktelektrodenverlängerung gefahrlos realisieren lässt.

### C.II. Kriterium Position

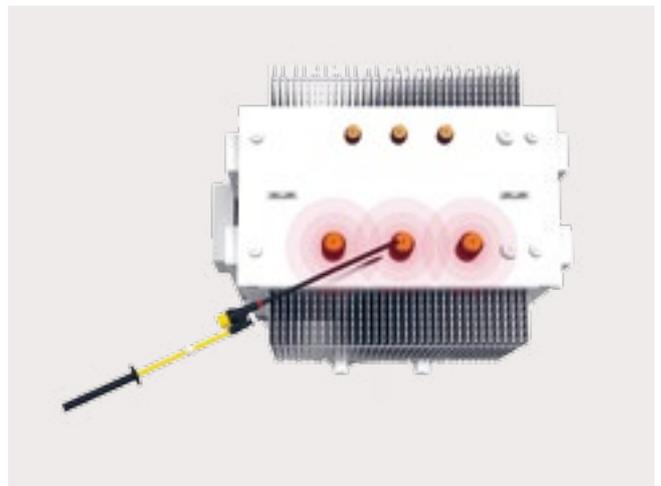
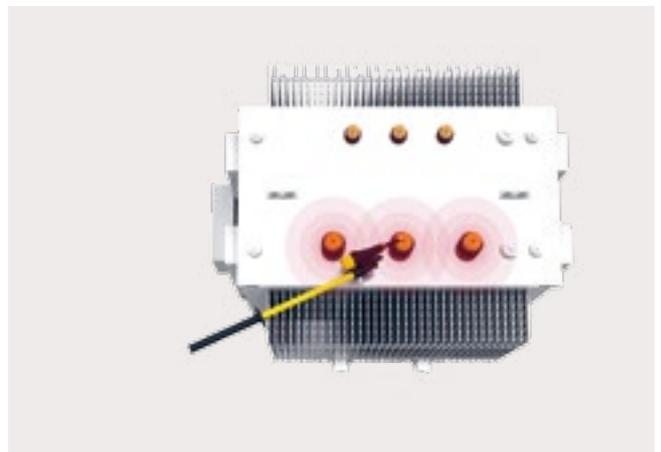
Neben der Bauweise der Anlage beeinflusst ihre räumliche Verortung die Erreichbarkeit der zu prüfenden Anlagenteile. So kann man in Ortsnetzstationen auf öl-isolierte Verteiltransformatoren treffen, die nur von der Querseite zugänglich sind. Konsequenz: Die Prüfperson kann die drei Transformatorphasen nicht frontal kontaktieren, sondern nur aus einer seitlichen Position. Diese erschwerte Prüfkonzellation zeigt Bild 3 mit Blick von oben auf den Transformator.

In der oberen Grafik wird sichtbar, dass die Prüfperson mit einem Spannungsprüfer der Klasse L zwar grundsätzlich alle drei Phasen erreichen kann. Beim Kontaktieren der mittleren Phase jedoch rückt das Anzeigergerät in die kritischen Feldbereiche gleich zweier Phasen. Bei der Prüfung der hinteren Phase setzt sich das Problem fort. Für solche Konstellationen sind Spannungsprüfer ohne Kontaktelektrodenverlängerung generell zu kurz.

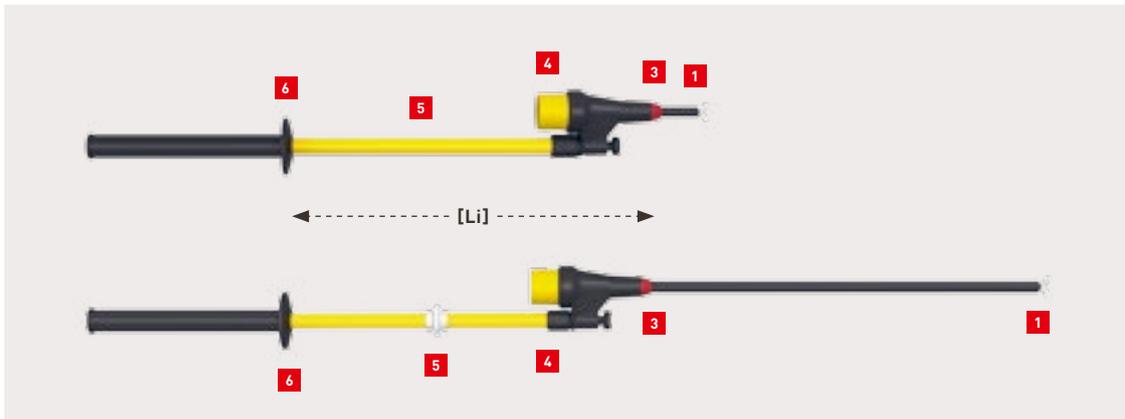
Kommt dagegen wie in der unteren Grafik ein längeres Klasse-S-Gerät zum Zug, ist das Störfeldrisiko gebannt.

Stellt man sich den dargestellten Prüfvorgang bis zum Ende vor, bleibt das Anzeigergerät selbst beim Kontaktieren der hinteren dritten Phase komplett außerhalb der roten Einflussbereiche.

Neben der Bauweise der Anlage beeinflusst ihre räumliche Verortung die Erreichbarkeit der zu prüfenden Anlagenteile.



**Bild 3:** Spannungsprüfung an einem Verteiltransformator (Ansicht von oben), der für die Prüfperson nur von der Seite zugänglich ist: Bei Verwendung eines Spannungsprüfers der Klasse L befindet sich das Anzeigergerät zu nah an den Transformatorphasen und kann deshalb von Störfeldern beeinflusst werden (obere Grafik). Sicheren Abstand gewinnt man hier nur mit einem Klasse-S-Gerät mit Kontaktelektrodenverlängerung (untere Grafik).



**Bild 4:** Muss ein Spannungsprüfer tief eingetaucht werden, ist bei Klasse-L-Modellen (obere Grafik) ein zusätzliches Risiko höher: Der rote Ring [3] rückt zu nahe an spannungführende Anlagenteile heran. Dadurch wird der Mindest-Isolierabstand [Li] unterschritten und der Anwender weiteren Unfallgefahren ausgesetzt.

#### D. Zusätzliches Risiko

Betrachtet man die Bilder 2 und 3 noch einmal genauer, offenbaren sie ein zusätzliches ernstzunehmendes Risiko. Beim Einsatz eines Klasse-L-Modells gerät der rote Ring (Ziffer [3] in Bild 4) und damit der Spannungsprüfer als Ganzes auf unerlaubtes Terrain. Unerlaubt deshalb, weil der rote Ring, wie von der Norm 61243-1 beschrieben, „die physikalische Grenze anzeigt, bis zu welcher der Spannungsprüfer zwischen unter Spannung stehende Teile eingetaucht werden oder diese berühren darf“.

Mit dem Klasse-L-Prüfer wird diese Grenze überschritten – und dadurch der Mindest-Isolierabstand [Li] faktisch verkürzt, der als definierter Schutzbereich zwischen Grenzmarke [3] und Begrenzungsscheibe [6] herstellenseitig in den Spannungsprüfer integriert ist (Länge des Isolierstange). Mangels notwendiger Distanz zu Spannungsquellen ist die Prüfperson einem erhöhten Unfallrisiko ausgesetzt.

Diese Gefahr ließe sich durch eine längere Isolierstange [5] zwar beheben, nicht jedoch das Störfeldrisiko. Egal, wie lange die Isolierstange auch ist, der Abstand zwischen Anzeigergerät [4] und Kontaktelektrode [1] bleibt unverändert – bei Verwendung von Klasse-L-Spannungsprüfern an Anlagenkonfigurationen wie den hier beschriebenen also zu kurz, um Störfeldeinflüsse sicher zu beherrschen.

#### E.I. Lösungen: Goldene Mitte?

Angesichts dieser Erfahrungswerte wurde und wird immer wieder angestrebt, die höhere Störfeldeinfluss-Resistenz der Klasse S mit den Vorzügen von Klasse-L-Modellen zu kombinieren. Letztere lassen sich aufgrund ihrer kürzeren Bauform einfacher lagern und transportieren. Zudem kann man sie bequemer mitführen und

handhaben – ein wichtiger Aspekt vor allem bei Freileitungseinsätzen.

So gibt es zum Beispiel für MV-Anwendungen eine ver-einzelte „Hybridlösung“. Ihre Grundaufbau entspricht der Klasse L mit kurzem Kontaktelektroden-Element direkt am Anzeigergerät. Mit einer dazugehörigen aufschraubbaren Kontaktelektrodenverlängerung lässt sie sich zu einem Klasse-S-Typ „tunen“. Daneben existieren reine Klasse-S-Modelle, deren Kontaktelektrodenverlängerung ebenfalls abnehmbar ist. Sie sind zwar nicht wie ein Klasse-L-Gerät einsetzbar, doch kann man ihre Kontaktelektrodenverlängerung für Transport und Einlagerung abschrauben.

#### E.II. Lösungen: Fragwürdiger Kompromiss

Beide Designkonzepte bergen jedoch eine Reihe von Nachteilen, die in Summe erheblich sind. Sie alle gründen auf der Trennbarkeit der Kontaktelektrodenverlängerung vom Anzeigergerät.

Was sich entfernen lässt, kann im hektischen Einsatzalltag verloren gehen. Auch ist es schnell versäumt, eine abtrennbare Kontaktelektrodenverlängerung zusammen mit dem Spannungsprüfer zur Wiederholungsprüfung einzureichen, die spätestens nach sechs Jahren fällig ist. Ein zerlegbares Klasse-S-Modell wäre dann mangels Kontaktelektroden-Element gar nicht prüfbar; beim „hybriden“ Klasse-L-Modell bliebe die Kontaktelektrodenverlängerung ungetestet.

Eine regelmäßige Kontrolle ihrer Funktionalität mittels einer in den Spannungsprüfer integrierten vollumfänglichen Eigenprüfeinrichtung (siehe Teil 1, CONNECT 1-2015) ist nicht möglich. Nach aktuellem Stand der Technik wäre eine solche Lösung zu aufwendig und kostspielig.

Als einzige Kontrollmöglichkeit just vor dem Einsatz bleibt nur eine umständliche Variante: Man testet den zusammengesetzten Spannungsprüfer vorab an einem anderen Anlagenteil, das gewiss unter Betriebsspannung steht.

Gibt der Spannungsprüfer dann dennoch grünes Licht, liegt die Ursache möglicherweise in einem leicht zu übersehenden Detail. Die Kontaktelektrodenverlängerung ist zu locker aufgeschraubt oder die Kontaktstelle beschädigt oder verschmutzt. Jeder dieser Faktoren dringt als zusätzlicher undefinierter Übergangswiderstand in den fein justierten Prüfstrom-Kreislauf ein und kann als solcher dazu führen, dass die Auswertungs elektronik ein abgeschwächtes oder gar kein Signal empfängt. Bei einer vorgeschalteten Gegenkontrolle an einem spannungsführenden Anlagenteil kann dies dem Anwender als Falschanzeige wenigstens auffallen. Wird sie jedoch unterlassen, ist dieselbe Gefahr für Mensch und Anlage in Verzug, wie sie von einem gleichphasigen Störfeld ausgeht (siehe Abschnitt B).



**Bild 5:** Ein sehr hohes Störfeldrisiko bergen Spannungsprüfungen an Gießharztransformatoren – erst recht, wenn die zu prüfenden Stromschienen, wie hier, nur von der Seite kontaktiert werden können.

### E.III. Lösungen: Sichere Flexibilität

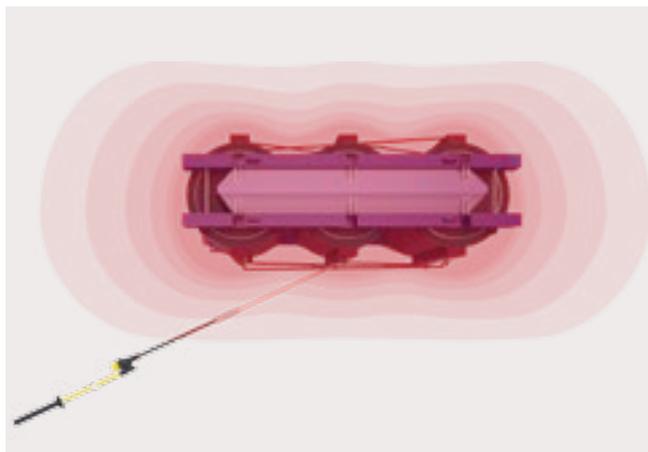
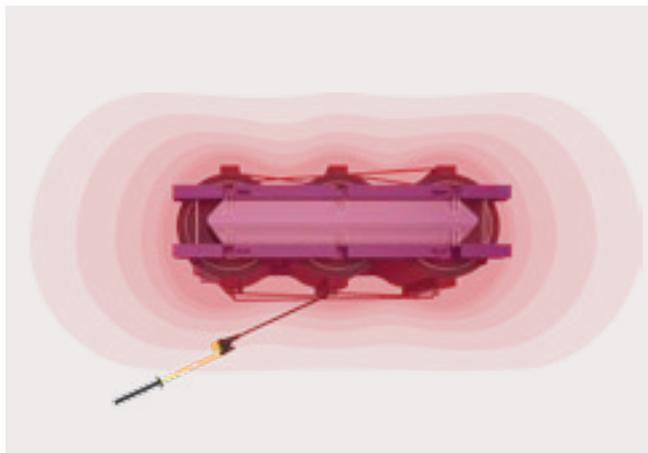
Ergo kann eine separate Kontaktelektrodenverlängerung schlimmstenfalls genau das Risiko einer Falschanzeige befeuern, dem sie eigentlich entgegenwirken soll. Unabhängig davon fordert die Anwendung einer abtrennbaren Komponente grundsätzlich mehr Aufmerksamkeit vom Anwender als ein fix verbautes Element. Das wiederum relativiert den Handlingkomfort. Unter dem Strich bieten bis dato Spannungsprüfer der Klasse S mit untrennbarer Kontaktelektrodenverlängerung und umfassendem Selbsttest das Maximum an abgesichertem Spielraum – auch für den Einsatz an Freileitungen.

### F. Sonderlösung für Sonderfall

Berechtigung haben aufschraubbare Lösungen in besonderen Einzelfällen. So gibt es Anwendungen, deren Störfeldpotenzial man selbst mit Spannungsprüfern der Klasse S nicht ohne zusätzliche Verlängerung sicher beikommen kann. Dafür beispielhaft steht aus dem Mittelspannungsbereich der Gießharztransformator, auch „Trockentransformator“ genannt. Wie beide Bezeichnungen suggerieren, wird für seine Isolierung anstelle Öl unter anderem Epoxidharz genutzt.

Da Gießharztransformatoren standardmäßig über kein geerdetes Metallgehäuse verfügen, ist ihre komplette Oberfläche von elektrischen Feldern umgeben und ihre Feldabstrahlung insgesamt viel höher als die von ölisierten MV-Transformatoren.

Gleichzeitig teilen beide Betriebsmittel als klassische Innenraum-Anlagen eine für Spannungsprüfungen relevante Gemeinsamkeit. Sie werden häufig in Umgebungen mit knappen Platzverhältnissen installiert. Typische Einsatzgebiete von Gießharztransformatoren sind unter anderem Krankenhäuser, Bürogebäude und Industrieanlagen, aber auch Schiffe. Infolgedessen können auch Gießharztransformatoren so aufgestellt sein, dass ihre zu prüfenden Anlagenteile nur von der Querseite zugänglich sind. Bild 5 vermittelt einen Eindruck davon aus der Betriebspraxis.



**Bild 6:** Spannungsprüfung an einem quer gestellten Gießharztransformator (Ansicht von oben): Starke Feldabstrahlung und nur seitlich zugängliche Anlagenteile addieren sich zu erschwerten Prüfbedingungen. Folge: Selbst mit einem Klasse-S-Modell sind die Stromschienen nicht einwandfrei kontaktierbar (obere Grafik). Um Störfeldeinflüsse zuverlässig auszuschließen, muss der Klasse-S-Spannungsprüfer mit einer Zusatz-Verlängerung kombiniert werden (untere Grafik).

Die Auswirkungen des Zusammentreffens von extremen Feldverhältnissen und eingeschränktem Anwender-Handlungsradius skizziert Bild 6 aus der Draufsicht. Es lässt deutlich die potenzielle Weitläufigkeit der kritischen Feldbereiche an einem Gießharztransformator erkennen.

In der oberen Grafik sieht man, dass selbst ein Klasse-S-Spannungsprüfer für diese anspruchsvolle Konstellation zu kurz ist. Trotz Kontaktelektrodenverlängerung befindet sich sein Anzeigergerät beim Kontaktieren der Stromschienen im gefährlichen Störfeldbereich.

Sichere Abhilfe kann man hier nur schaffen, indem man auf die vorhandene Standard-Kontaktelektrodenverlängerung eine zusätzliche Verlängerung aufschraubt. Wie in der unteren Grafik zu sehen ist, bewirkt der Verbund der beiden Komponenten eine ausreichende Reichweite des Spannungsprüfers; das Anzeigergerät bleibt außerhalb der kritischen Feldbereiche.

Bild 7 verdeutlicht den Längenunterschied zwischen einem Spannungsprüfer der Klasse S mit Standard-Kontaktelektrodenverlängerung (obere Grafik, Ziffer [2]) und demselben Modell, das mit einer zusätzlichen Verlängerung ausgerüstet ist (untere Grafik, Ziffer [7]).

Zusätzliche Verlängerungen gibt es in zahlreichen Ausführungen, die auf verschiedene gängige Anlagenbauweisen abgestimmt sind (Bild 8). Für ihren sicheren Einsatz sind die zu Standard-Kontaktelektrodenverlängerungen zuvor genannten Punkte zu beachten: Die Zusatz-Verlängerung muss richtig verschraubt sein und die Kontaktstelle zum Spannungsprüfer sauber und



**Bild 7:** Eine Klasse, zwei Reichweiten: In der oberen Grafik ist ein Klasse-S-Spannungsprüfer mit fixer Standard-Kontaktelektrodenverlängerung [2] abgebildet. Für Sondereinsätze wie in Bild 6 kann man auf dasselbe Gerät eine Zusatz-Verlängerung [7] aufschrauben (untere Grafik).



**Bild 8:** Für den sicheren Einsatz von zusätzlichen Verlängerungen bieten Spannungsprüfer-Hersteller normgeprüfte Lösungen an, die auf das jeweilige Spannungsprüfer-Modell und die Standard-Bauweisen verbreiteter Anlagen ausgelegt sind. Hier abgebildet sind vier Zusatz-Verlängerungen für diverse MV-Anwendungen.

unbeschädigt. Ihre Funktionalität sollte vor dem Einsatz per Vorabprüfung an einem spannungsführenden Anlagenteil getestet werden.

Nicht zuletzt kommen nur nach IEC 61243-1 geprüfte, herstellereitig zugelassene Lösungen in Frage. Nur diese erfüllen dieselben Anforderungen wie Standard-Kontaktelektrodenverlängerungen und sind auf das jeweils eingesetzte Spannungsprüfer-Modell abgestimmt. Völlig ungeeignet, da hochriskant, sind „Lösungen der Marke Eigenbau“ – sie können, wie Praxiserfahrungen belegen, schwere Stromunfälle verursachen.

### G. Fazit

Konkrete und allgemeingültige Richtwerte für grundsätzlich unzureichende Distanzen zwischen Anzeigegerät und spannungsführenden Anlagenteilen respektive deren kritische Feldbereiche können Hersteller von Spannungsprüfern nicht geben. Als Serienprodukte lassen sich Spannungsprüfer auf bekannte und berechenbare Größen auslegen, wie gängige Anlagentypen und deren Nennspannungen, nicht jedoch auf mitwirkende hochvariable Faktoren. In Grenzfällen kann allein der Neigungswinkel des Spannungsprüfers darüber entscheiden, ob sein Anzeigegerät die fließende Grenze zwischen vernachlässigbarem und gefährlichem Feldstärkenbereich überschreitet.

Jedoch bündeln die dargestellten Anwendungsbeispiele Erfahrungswerte mit Störfeldern, aus denen sich zwei Faustformeln für deren Beherrschung ableiten lassen: Erfordern die Prüfbedingungen ein tiefes Eintauchen des Spannungsprüfers in die Anlage, empfiehlt sich ein Modell mit Kontaktelektrodenverlängerung. Bei extremen Feldabstrahlungen – und anderen vergleichbar starken Einflussfaktoren – sollte man außerdem eine zusätzliche Verlängerung einsetzen, um auf der sicheren Seite zu sein. Daneben bieten die Beschreibungen der verschiedenen Herstellerlösungen eine Orientierungshilfe, die einem Grundsatz folgt: Je weniger potenzielle Handhabungsfehler ein Spannungsprüfer im anspruchsvollen Einsatzalltag erlaubt, umso besser kann er Anwender und Anlage schützen.



## PFISTERER macht den **Leistungstransformator** steckbar

Ob Kabel- oder Freileitungsanschluss, Prüfadapter oder Überspannungsableiter: Alle Transformator-Komponenten von PFISTERER nutzen die universellen trocken steckbaren Anschlussbuchsen des CONNEX-Systems. Das macht Design, Inbetriebnahme und Einsatz von Transformatoren unerreichbar flexibel.

Auch für Verteiltransformatoren hat PFISTERER alle Anschlusselemente im Programm, dazu noch Spannungsprüf- und -anzeigergeräte sowie Erdungs- und Kurzschließmaterial.

**PFISTERER Kontaktsysteme GmbH**

Rosenstraße 44, 73650 Winterbach, [www.pfisterer.de](http://www.pfisterer.de)



**HV-CONNEX**  
Freileitungsanschluss



**HV-CONNEX**  
Kabelanschluss



**HV-CONNEX**  
Überspannungsableiter