

# connect

---

6 Start der Fachberichtserie zu  
Energietechnik-Spannungsprüfern

16 Neuer Transformatoren-Anschluss  
im MV-CONNEX-System



# 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, Laura Falcinelli, Julia Faltin,  
Jürgen Finsinger, Steffen Jordan, Peter Kaiser,  
Karl McFadden, Carmen Mertens, Martina  
Michalski, Lena Miunske, Anja Müller, Peter  
Müller, Matthias Pirch, Barbara Simeon,  
Christian Späth

## **Textredaktion**

Karolina Kos  
www.xyzeiler.de

## **Art Direction**

VISCHER & BERNET GmbH  
Agentur für Marketing und Werbung  
Stuttgart

© Copyright by PFISTERER  
Kontaktsysteme GmbH

# **PFISTERER** **Kundenmagazin** Ausgabe 1 **2015**

- 4 Spannungsprüfer  
für HVDC mit neuartiger  
Prüftechnik
- 6 Fachberichtserie zu  
Spannungsprüfern für  
Energietechnik, Teil 1
- 16 MV-CONNEX-Neuzugang  
für hochkompakte  
Transformatorenanschlüsse
- 19 EHV-CONNEX:  
Neue Komponenten für  
Höchstspannung



Jörg Fries



Tilo Kubach

Editorial

## Mit Sicherheit effizient

Der sichere und wirtschaftliche Anlagenbetrieb erfordert Wissen, das Anwendererfahrungen einschließt. Dies zeigte unsere Fachbericht-Reihe zu den Kontakttechnik-Grundlagen. Die breite Resonanz darauf motivierte uns, ein weiteres sicherheitsrelevantes Thema aufzugreifen: Worauf es beim Einsatz von Spannungsprüfern ankommt, erläutert die neue Fachartikel-Serie, die in dieser CONNECT-Ausgabe startet (Seite 6). Sie verdeutlicht: Der effiziente Schutz von Mensch und Anlage beginnt mit anwenderfreundlicher Technik. Deshalb entwickeln wir unsere Produkte mit Blick auf die Einsatzbedingungen. Beispielhaft dafür stehen unsere Neuheiten: Spannungsprüfer für HVDC mit neuartiger Prüftechnik (Seite 4) sowie das MV-CONNEX-Anschlussstück für hochkompakte und zugleich berührungssichere Transformatoranschlüsse (Seite 16).

Wir wünschen Ihnen eine kurzweilige Lektüre mit Aha-Effekten für Ihre Projekte. Bei der Umsetzung können Sie auf unser Know-how zählen – mit Sicherheit!

Herzlichst,

Jörg Fries

Vorstand Vertrieb  
der PFISTERER Holding AG

Tilo Kubach

Leiter Vertrieb Kontaktsysteme &  
Sicherheitstechnik

# HVDC im Griff. Mit KP-Test 5.

**Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung spielt in der heutigen Stromversorgung eine wichtigere Rolle denn je. Unverändert anspruchsvoll ist die Spannungsprüfung an HVDC-Freileitungen und -Anlagen. Damit Übertragungsnetzbetreiber und Freileitungsbauer sie dennoch sicher und anwenderfreundlich durchführen lassen können, hat PFISTERER den Spannungsprüfer KP-Test 5 HVDC mit neuartiger Prüftechnik entwickelt.**

Auch wenn sich seit dem ersten Versuch einer Fernübertragung mit Gleichstrom im Jahr 1882 von Miesbach nach München die Dreiphasenwechselstrom-Technologie in vielen Bereichen der Stromversorgung durchgesetzt hat, ist die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) in bestimmten Anwendungen bis heute ungeschlagen. So, wenn Freileitungen Strom über hunderte von Kilometern leiten sollen. Denn die Übertragungsverluste von HGÜ-Trassen sind unterm Strich geringer als bei vergleichbaren Wechselstromleitungen. Zu den weltweit längsten in Betrieb befindlichen HGÜ-Fernübertragungsleitungen zählen die Inga-Shaba im Kongo (1700 km) und die Südliche Hami-Zhengzhou in China (2210 km), die zugleich die bis dato höchste Übertragungskapazität von 8 GW erzielt.

HGÜ-Freileitungen dieser Größenordnung gibt es im verhältnismäßig kleinflächigen und dicht besiedelten Europa keine. Doch auch dort werden neue Dimensionen angestrebt. In Deutschland zum Beispiel liegt laut Netzentwicklungsplan (zweiter Entwurf vom 04.11.2014) der Ausbaubedarf an neuen Höchstspannungstrassen bis zum Jahr 2024 bei mindestens 3600 km. Davon entfallen über 2000 km allein auf HGÜ-Korridore. Das Herzstück des geplanten Netzausbaus bilden die Nord-Süd-Trassen, die längste ist der sogenannte SuedLink mit insgesamt 800 km Länge.



## **Herausforderung HVDC**

„Nicht nur im deutschen Netz, sondern auch in Europa und weltweit zeichnet sich der Trend zu einer Zunahme an HGÜ-Leitungen ab. Ein starker Treiber dafür ist unter anderem die vermehrte Einspeisung von Strom aus Erneuerbaren Energien“, sagt Jürgen Finsinger, Produktmanager für Sicherheitstechnik bei PFISTERER, „So war die Energiewende in Deutschland ein Anlass von mehreren für die Entwicklung eines Spannungsprüfers für Hochspannungs-Gleichstrom-Anlagen.“ Dabei stellte sich heraus, dass die verbreiteten Spannungsprüfverfahren bei HVDC-Anwendungen an praktische Grenzen stoßen.

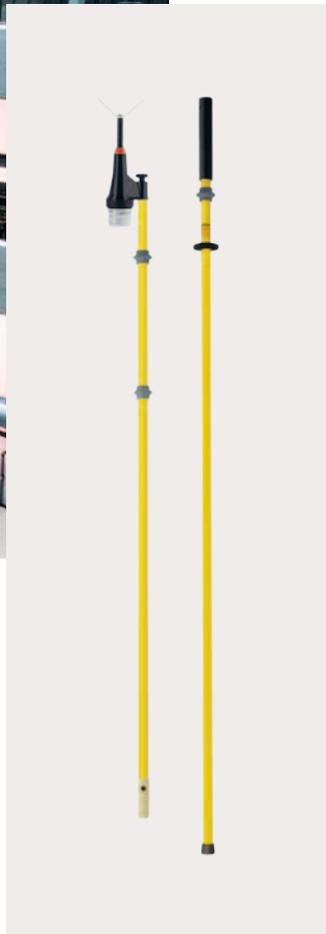
Ein Beispiel nennt Matthias Pirch, Mitarbeiter im PFISTERER-Produktservice für Sicherheitstechnik: „Bereits für 400-kV-Anwendungen würde die sichere Ausführung eines zweipoligen resistiven Spannungsprüfers die Integration einer extrem spannungsfesten

ingenieur für Sicherheitstechnik bei PFISTERER, „Daher konzentrierten wir unsere Entwicklungsarbeit darauf, ein Verfahren abseits der gängigen Prüfmethode zu finden, mit dem man HVDC detektieren kann, sowie darauf basierend ein Gerät herzustellen, das technisch einwandfrei funktioniert und sich gut bedienen lässt.“

### Neuartige Lösung

Das Ergebnis ist der neue Spannungsprüfer KP-Test 5 HVDC. Sein zum Patent angemeldetes Prüfverfahren folgt dem Prinzip eines Ladungsdetektors. Wenn der Anwender mit der Prüfelektrode das zu prüfende Anlagenteil kontaktiert, fließt ein Ausgleichsstrom einmalig in den Spannungsprüfer, bis dieser das Anlagenpotenzial angenommen hat. Die Auswerteeinheit des Spannungsprüfers bewertet diesen Ausgleichsstrom hinsichtlich Zeit und Stärke (Integration). Wird ein definierter Schwellenwert überschritten, zeigt der Spannungsprüfer Betriebsspannung an. Wird der Wert nicht erreicht, signalisiert das Gerät Spannungsfreiheit.

Damit der Spannungsprüfer wieder für eine neue Spannungsprüfung betriebsbereit ist, muss er entladen werden. Das geht mit dem KP-Test 5 HVDC denkbar einfach: Man kontaktiert ein geerdetes Anlagenteil und aktiviert dabei den Einschaltknopf. Für klare Sicht und gute Hörbarkeit der Spannungsprüferanzeigen auch unter ungünstigen Licht- und Geräuschverhältnissen kombiniert PFISTERER starke optische und akustische Signale. Details dazu sowie zu weiteren wichtigen Aspekten für die Auswahl eines Spannungsprüfers, enthält der erste Teil der Fachberichtserie zu Spannungsprüfern ab Seite 6.



Für Spannungsprüfungen an Hochspannungs-Gleichstrom-Anlagen entwickelt: der anwenderfreundliche KP-Test 5 HVDC mit neuartigem Prüfverfahren.

Widerstandskette erfordern. Damit wäre der Spannungsprüfer so groß und schwer, dass Anwender ihn kaum handhaben könnten. Und das ist nicht die einzige Hürde.“

„Klassische kapazitive Spannungsprüfer wiederum sind physikalisch bedingt für Gleichstrom-Anwendungen ausgeschlossen“, ergänzt Steffen Jordan, Entwicklungs-

## Spannungsprüfer KP-Test 5 HVDC

### Anwendungen, Eigenschaften und Vorteile

- Für Spannungsprüfungen an HVDC-Anlagen: HGÜ-Freileitungen und Konverterstationen
- Spannungen bis  $U_m = 320$  kV (Modelle für höhere Spannungsebenen sind in Entwicklung)
- Geprüft in Anlehnung an IEC 61243-1
- Starke optische und unüberhörbare akustische Anzeigesignale
- Erhältlich mit umfassendem Zubehör

# Spannung sicher prüfen.

**Wenn Arbeiten an elektrischen Anlagen anstehen, soll der Einsatz von Spannungsprüfern Mensch und Anlage vor einem Stromunfall schützen. Ob diese Sicherheitsfunktion erfüllt wird, hängt in starkem Maße auch von der Anwendersicherheit und -freundlichkeit des Spannungsprüfers selbst ab. Was internationale Normen dazu sagen, und wie die Praxis in verschiedenen Weltmärkten aussieht, behandelt diese Berichtserie mit Fokus auf Spannungsprüfer für Spannungen ab 1 kV. Im folgenden ersten Teil werden das resistive und kapazitive Messprinzip gegenübergestellt sowie zwei elementare Komponenten von Spannungsprüfern unter die Lupe genommen: der Selbsttest und die Anzeigesignale.**



**Bild 1:** Spannungsprüfer in speziellem Koffer für sicheren Transport zum Einsatzort.

**Bild 2:** Zur Vermeidung von Stromunfällen gelten in vielen Ländern Regeln, deren Essenz in den international verbreiteten „Fünf Sicherheitsregeln“ zusammengefasst ist. Die deutsche Fassung nach DIN VDE 0105 ist rechts auf Seite 7 abgebildet (Textgrafik). Die meisten in Deutschland gemeldeten Unfälle in den Jahren 2007 bis 2011 sind zurückzuführen auf die Nichtbeachtung der Regeln 1 (23,6%), 3 (8,7%) und 5 (11,8%) (Quelle: Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, 2014).

Für Arbeiten in und an elektrischen Anlagen setzen die „Fünf Sicherheitsregeln“ unter anderem eine Spannungsprüfung voraus (Bild 2). Für ihre Durchführung gibt es zahlreiche Spannungsprüfer-Modelle auf dem Markt (Bild 3). Welche bevorzugt eingesetzt werden, variiert je nach Weltregion. Beispiele für Präferenzen und Unterschiede folgen im Zuge der Berichtserie ausgehend von den deutschsprachigen Ländern und mit Ausblick auf Europa und andere Kontinente.

Welche Anforderungen an Spannungsprüfer aus normativer Sicht gestellt werden, definiert mit internationaler Wirkung die IEC 61243. Der Schwerpunkt der Berichtserie liegt auf den ersten beiden Teilen dieser Norm: kapazitive Spannungsprüfer (Teil 1) und resistive Spannungsprüfer (Teil 2) für Wechselspannungen ab 1 kV, die mithilfe optischer und/oder akustischer Signale eindeutig anzeigen, ob an den zu prüfenden Anlagenteilen noch Betriebsspannung anliegt oder nicht. Ebenfalls behandelt werden Gleichspannungsprüfer. Da für diese keine Norm existiert und oft kombinierte Gleich- und Wechselspannungsprüfer benötigt werden, wird in der Praxis Teil 2 der IEC 61243 auch für DC-Spannungsprüfer „entliehen“.



	Klasse S		Klasse L	
	AC	DC	AC	
	kapazitives Messprinzip	resistives Messprinzip	kapazitives Messprinzip	
	überwiegend zusammengehörige Bauart		überwiegend getrennte Bauart	
<b>Mittelspannung 1–36 kV</b>	Schaltanlage (innen) Transformator Freileitung Bahnanwendung	Kombination Industrie/ Bahnanwendung	Freileitung	
<b>Hochspannung 36–765 kV</b>	Schaltanlage (außen) Transformator Freileitung	-	-	Freileitung

**Bild 3** gibt eine Übersicht über international gängige Spannungsprüfer für ab 1 kV nach verbreiteten Anwendungen.



## 5 Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

## Detail-Info 1: Die Inhalte der Berichtserie zu Spannungsprüfern ab 1 kV

### Teil 1

- Grundlegende Betrachtung des **resistiven und kapazitiven Messprinzips** mit Schlussfolgerungen für den Einsatz von resistiven und kapazitiven Spannungsprüfern aus Praxissicht: Einflüsse von isolierenden Elementen und elektrischen Störfeldern, Vor- und Nachteile
- Normative und praktische Anforderungen an **Eigenprüfeinrichtungen und Anzeigesignale** sowie Beispiele für verschiedene Umsetzungen anhand marktgängiger Spannungsprüfer

### Teil 2

- Gegenüberstellung von Spannungsprüfern der **Klassen S und L**: Wesentliche Bauart-Unterschiede sowie daraus resultierende Problemfelder und weltregionale Präferenzen beim Einsatz an **Schaltanlagen und/oder Freileitungen**
- Gegenüberstellung von Spannungsprüfern **zusammengehöriger und getrennter Bauweise**: Potenzielle Fehlerquellen bei der Verwendung separater Isolierstangen, Verbreitung nach Märkten

### Teil 3

- **Anwendungsspezifische Besonderheiten** in der
- **Mittelspannung**: Einsatz von Gabelelektroden in Innenraum-Schaltanlagen, Falschanzeigen bei Anwendung an beschichteten Schienen, mehrbereichsfähige Spannungsprüfer
- **Hochspannung**: Abstandsspannungsprüfer für Freileitungen, Lösungen für HVDC-Anwendungen usw.

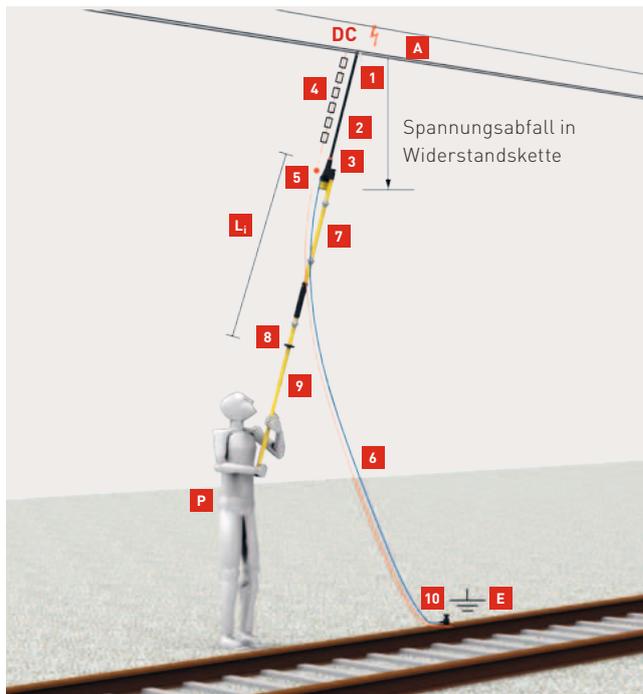
### Teil 4

**Anwendungsspezifische Besonderheiten** beim Einsatz von Spannungsprüfern im **Bahnbereich**: Hakenelektrode, Spannungsprüfer für Speiseleitungen, 3. Schiene als Sonderlösung für DC-Anwendungen, Einschaltprobleme infolge von Störfeldern, Lösungen für gemischte Anlagen (Bahnhöfe mit DC und AC).

### Teil 5

**Pflege und Wartung** von Spannungsprüfern sowie Prüfverfahren bei der **Wiederholungsprüfung**.

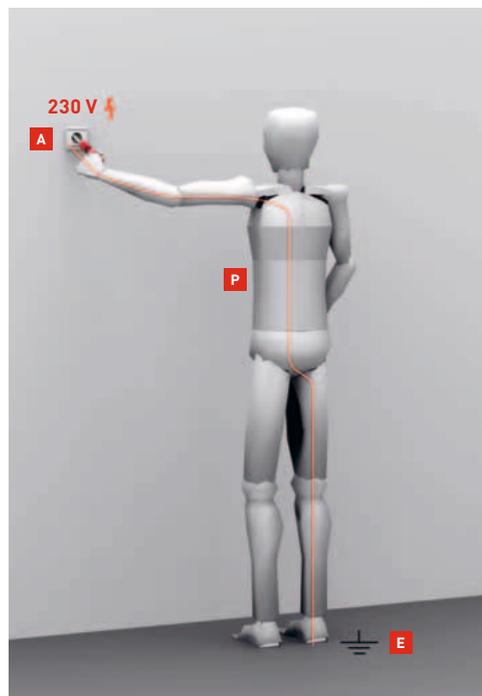
Spannungsprüfung mit  
**resistivem Spannungsprüfer** für ab 1 kV



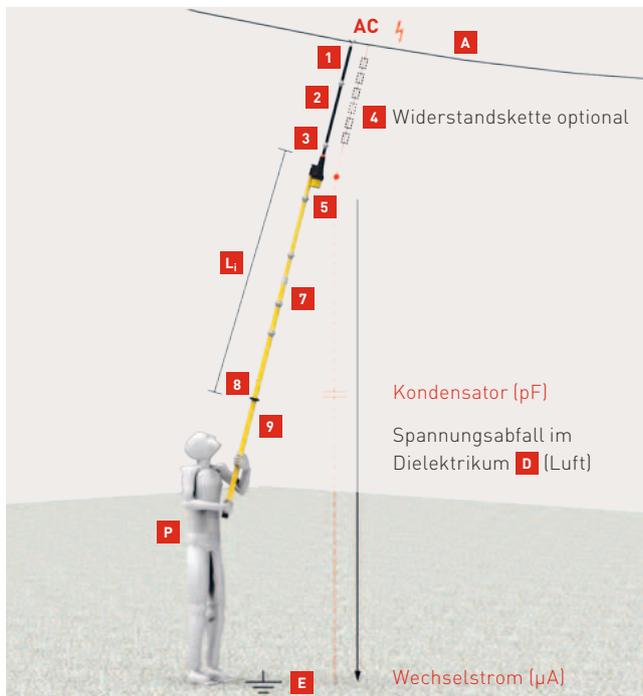
**Legende**

- 1** Kontaktelektrode (1. Pol)
- 2** Kontaktelektrodenverlängerung
- 3** Grenzmarke/Roter Ring
- 4** Widerstandskette (resistives Element)
- 5** Anzeigergerät mit Auswertungs-elektronik
- 6** Verbindungskabel
- 7** Isolierende Stange
- 8** Begrenzungsscheibe
- 9** Handhabe
- 10** Magnetkontakt (2. Pol)
  
- A** Zu prüfendes Anlagenteil
- E** Erde
- D** Dielektrikum
- L<sub>i</sub>** Länge des Isolierteils
- P** Prüfperson

Spannungsprüfung mit  
**Niederspannungs-Spannungsprüfer**



Spannungsprüfung mit  
**kapazitivem Spannungsprüfer** für ab 1 kV



**Bild 4:** Die beiden Grafiken links oben und unten veranschaulichen die Funktionsweisen des resistiven und des kapazitiven Messprinzips, ihre markantesten Unterschiede sowie die wichtigsten Elemente von resistiven und kapazitiven Spannungsprüfern für Spannungen ab 1 kV. Ergänzend zeigt die mittlere rechte Grafik den Spannungsprüfvorgang mit einem Spannungsprüfer für Niederspannungen. Details zu den Grafiken werden im Bericht auf der rechten Seite 9 erläutert.

Erste Aufschlüsse über entscheidende technische Merkmale für die Anwendersicherheit und -freundlichkeit von Spannungsprüfern sowie daraus resultierende Möglichkeiten und Grenzen für deren Einsatz gibt in Anlehnung an die Normgliederung der IEC 61243 folgende grundlegende Betrachtung des kapazitiven und des resistiven Messprinzips.

### A. Resistives und kapazitives Messprinzip

Sowohl das kapazitive als auch das resistive Messprinzip basieren auf Vorgängen, die für elektrotechnisch ausgebildete Fachkräfte selbstverständlich sind: Damit ein Spannungsprüfer beurteilen kann, ob Betriebsspannung oder Restspannung am zu prüfenden Anlagenteil anliegt, muss Strom durch seine Auswertungs-elektronik im Anzeigegerät (Seite 8, linke Grafiken, Ziffer [5]) fließen. Dazu bildet der Spannungsprüfer einen Strompfad vom Anlagenteil [A] zur Erde [E]. Dabei muss der Prüfstrom aus Gründen der Anwender- und Gerätesicherheit auf einen möglichst kleinen Wert begrenzt sein.

Beim resistiven Messen (Seite 8, obere linke Grafik) geschieht das durch das resistive Element [4], eine Widerstandskette, die in einem resistiven Spannungsprüfer zwischen Kontaktelektrode [1] und Anzeigegerät [5] verbaut ist. Vom Anzeigegerät fließt der Prüfstrom über ein Verbindungskabel [6] und den 2. Pol [10] zur Erde.

Ebenfalls resistiv arbeitet der altbekannte einpolige „Phasenprüfer“ für die Haushaltssteckdose (Seite 8, Grafik rechts). Hier wird das Verbindungskabel durch die Prüfperson ersetzt [P].

Bei einem kapazitiven Spannungsprüfer (Seite 8, untere Grafik) ist je nach Modell zwar auch eine Widerstandskette eingebaut, der Strompfad verläuft hier jedoch nicht durch den Anwender zur Erde, sondern durch die Luft, wobei diese als Bestandteil eines unsichtbaren Kondensators das Dielektrikum [D] zwischen Anzeigegerät [5] und Erdpotenzial [E] bildet. Da ein Kondensator bekanntlich Wechselstrom leiten kann, fließt so ein Strom von wenigen  $\mu\text{A}$  vom Anzeigegerät durch die Luft zur Erde – daher auch die Bezeichnung „kapazitiver“ Spannungsprüfer.

### Irritierende Isolation?

Diese Betrachtungsweise der beiden Messprinzipien beantwortet eine Frage, die Anwender immer wieder diskutieren: Beeinflussen isolierende Umgebungseinflüsse oder die Nutzung isolierender Hilfsmittel die Messung? Die Antwort lautet bei Spannungsprüfern für über 1 kV „nein“. Egal, ob der Anwender während der Spannungsprüfung auf einem Holzmast steht oder Isolierhandschuhe und Isoliermatten verwendet, in beiden Fällen wird der Stromkreis nicht über den Anwender geschlossen, sondern entweder über das Verbindungskabel (resistive

MV-Spannungsprüfer) oder über die Luft (kapazitive Spannungsprüfer). Damit können am Menschen wirkende Umstände keinen Einfluss auf die Spannungsprüfung nehmen.

### Störende elektrische Felder?

Ebenso lässt sich aus dieser Darstellung der Messprinzipien ableiten, inwieweit sie anfällig sind für Falschmessungen infolge von Störfeldern. Die IEC 61243 definiert ein Störfeld unter anderem in Teil 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.“

Bei der resistiven Messung haben derartige Störfelder keinen nennenswerten Einfluss auf das Prüfergebnis. Der Prüfstrom, der durch das Anzeigegerät des Spannungsprüfers fließt, bewegt sich im mA-Bereich, ist also relativ groß im Verhältnis zu den möglichen Einflüssen elektrischer Felder benachbarter Anlagenteile. Diese sind im Umkehrschluss zu gering, um die Auswertungs-elektronik des Spannungsprüfers und damit das Messergebnis zu beeinflussen.

Anders bei der kapazitiven Spannungsprüfung: Hier erreicht der Prüfstrom, der vom Anzeigegerät durch die Luft zur Erde fließt, Werte im unteren  $\mu\text{A}$ -Bereich, ist also deutlich kleiner. Damit kann der Prüfstrom leichter von elektrischen Feldern benachbarter Anlagen überlagert werden. Für die Auswertungs-elektronik wird es dann schwierig, den Prüfstrom trennscharf von den Einflüssen des Störfeldes zu unterscheiden. Eine bewährte Lösung: Man verwendet eine Kontaktelektrodenverlängerung (Ziffer [2]), wodurch das Anzeigegerät des Spannungsprüfers beim Prüfvorgang außerhalb des Störfeldes bleibt (Details folgen im zweiten Teil der Berichtserie, in dem unter anderem Spannungsprüfer der Klassen S und L gegenübergestellt werden).

## Detail-Info 2: Normbezüge und Begriffsverwendungen

- Bezüge zur IEC 61243 folgen den deutschen Norm-Fassungen: EN 61243-1:2005 + A1:2010 für Norm-Teil 1 sowie EN 61243-2:1997 + A1:2000 + Corrigendum A2:2002 für Norm-Teil 2
- Spannungen von 1 bis 36 kV werden als Mittelspannung (MV) bezeichnet, alle Spannungen darüber als Hochspannung (HV)

Neben dieser allgemeingültigen Betrachtung gibt es noch weitere anwendungsspezifische Aspekte von Störfeldebefläüssen zu beachten, zum Beispiel wann sich ein Spannungsprüfer der Klasse S empfiehlt oder Besonderheiten im Bahnbereich. Diese werden in den kommenden Berichtteilen noch vertieft werden (Vorschau auf Seite 7).

### Vor- und Nachteile der Messprinzipien

Nicht zuletzt zeigt die Betrachtung der Messprinzipien die grundlegenden Vorzüge und Nachteile, die resistive und kapazitive Spannungsprüfer im Einsatz jeweils mit sich bringen können. Die Schlussfolgerungen werden von Anwendern aus verschiedenen Ländern weltweit bestätigt.

#### Ein Pol oder zwei

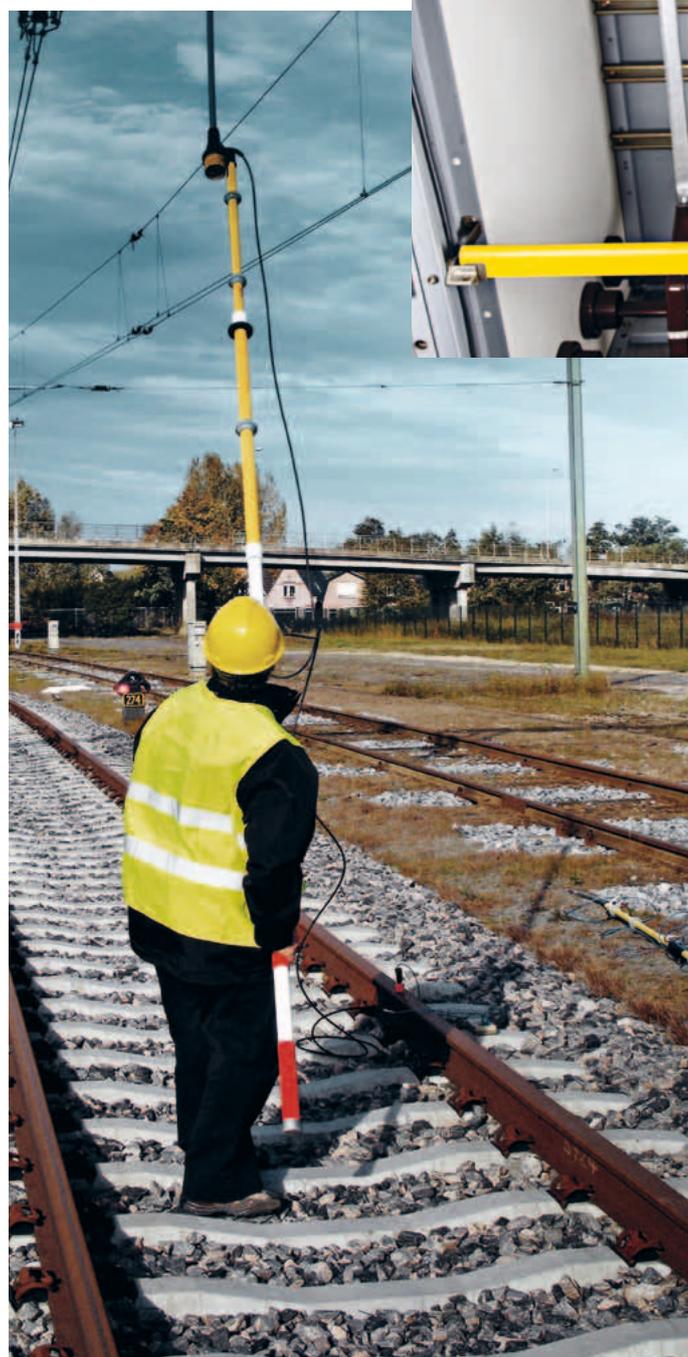
Ein Vorteil der kapazitiven Spannungsprüfung ist, dass sie einpolig ausgeführt wird (Bild 5). Der Anwender muss mit dem Spannungsprüfer nur einen Kontaktpunkt am zu prüfenden Anlagenteil kontaktieren, kann sich also auf eine Stelle konzentrieren. Anders bei der resistiven Spannungsprüfung, bei der zwei Kontaktpunkte gleichzeitig kontaktiert werden müssen: Anlagenteil und Erdpotential (Bild 6). Je nach Aufbau der Anlage kann die gleichzeitige Kontaktierung von zwei Messpunkten sehr umständlich sein, was Fehler bei der Durchführung begünstigt.

#### Ein Kabel oder keins

Bei korrekter Handhabung von kapazitiven Spannungsprüfern ist es nahezu unmöglich, während der Spannungsprüfung mit deren spannungsführenden Teilen in Berührung zu kommen. Das sind die Kontaktelektrode und das Anzeigegerät; bei Spannungsprüfern der Klasse S außerdem die Kontaktelektrodenverlängerung (Seite 8, linke Grafiken, Ziffer [2]). Von allen diesen Bauteilen hält die Isolierstange den Anwender auf sicherer Distanz, vorausgesetzt der genormte Mindest-Isolierabstand zwischen Grenzmarke und Begrenzungsscheibe ist eingehalten ([L<sub>i</sub>] (Seite 8, linke Grafiken); weitere Erläuterungen folgen im zweiten Teil der Berichtserie).

Anders bei resistiven Spannungsprüfern. Um Spannung prüfen zu können, braucht man immer eine Verbindung zur Erde. Wie zuvor erläutert, wird diese bei resistiven Spannungsprüfern über Verbindungskabel und 2. Pol hergestellt. Je nach Lage des Anlagenteils und Bedienung des Spannungsprüfers kann das Verbindungskabel den Anwender berühren. Ist die Kabelisolierung verletzt, kann man mit Spannung in Berührung kommen. Dessen sind sich Anwender bewusst, auch wenn das resistive Element den Strom auf ein ungefährliches Maß begrenzen würde. Nicht umsonst stellt sich ein mulmiges Gefühl ein, wenn das Verbindungskabel die sichere Distanz durchbricht, die mit der Isolierstange hergestellt wird – ein nicht unbedeutendes psychologisches Moment, das

**Bild 5:** Bei der Spannungsprüfung mit einem kapazitiven Spannungsprüfer muss der Anwender nur ein Anlagenteil kontaktieren.



**Bild 6** zeigt eine Standardsituation der zweipoligen resistiven Spannungsprüfung im Bahnbereich. Hierbei wird der 2. Pol des Spannungsprüfers in Form eines Magnetkontaktes an der Schiene befestigt.



beim Einsatz eines kapazitiven Spannungsprüfers nicht entstehen kann. Auch deshalb sind resistive Spannungsprüfer für AC-Anwendungen verhältnismäßig selten anzutreffen.

### Nischen, Grenzen & Neues

Gute Gründe für die Verwendung von resistiven Spannungsprüfern gibt es dennoch. In der Mittelspannung sind sie für DC-Anwendungen etabliert, da sich Gleichspannungen nach dem kapazitiven Messprinzip physikalisch bedingt nicht messen lassen (siehe Detail-Info 3). Typische Einsatzbereiche sind zum Beispiel Gleichstrombahnen (S- und U-Bahn, ältere Bahnstrecken in vielen europäischen Ländern) sowie Industrieanlagen (Filter, Frequenzumrichter). Dafür empfehlenswerte Modelle, die integrierte Anwendersicherheit wirtschaftlich realisieren, sind weltweit verfügbar.

Bei anderen potenziellen Anwendungsfeldern, wie zum Beispiel der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung, stößt das resistive Prinzip aufgrund der hohen Spannungen an praktische Grenzen. Als fortschrittliche Alternative wurde ein nicht-resistiver einpoliger Spannungsprüfer für HVDC entwickelt (Details dazu enthält der Bericht ab Seite 4. Weitere Besonderheiten von HV-Anwendungen werden im dritten Teil der Berichtserie thematisiert.).

### B. Eigenprüfeinrichtung: Funktioniert der Spannungsprüfer?

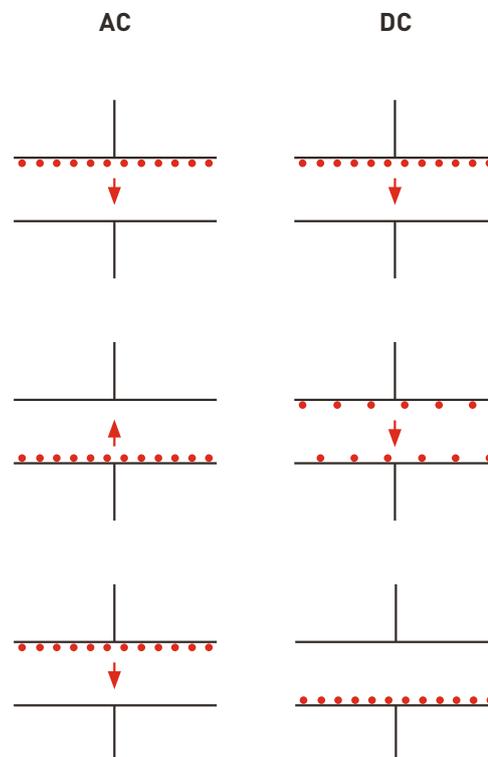
Unabhängig vom Messprinzip müssen Spannungsprüfer bestimmte Anforderungen erfüllen. Damit auf sie Verlass

ist, fordern Teil 1 und 2 der IEC 61243 unter anderem eine Eigenprüfeinrichtung als eingebaute oder zusätzliche Einheit, mit welcher der Anwender die Funktionstüchtigkeit eines Spannungsprüfers überprüfen kann.

Jede Einschränkung der diesbezüglichen Normanforderungen muss in der Gebrauchsanleitung eindeutig angegeben sein. Wie unterschiedlich ihre Vorgaben umgesetzt werden, zeigen folgende Beispiele für marktgängige Spannungsprüfer verschiedener Hersteller.

## Detail-Info 3:

Beim kapazitiven Messen wird ein Kondensator durch den ständigen Richtungswechsel des Wechselstroms alternierend umgeladen. Bei DC-Strom dagegen fließen Ladungsträger nur in eine Richtung; innerhalb eines Kondensators wäre das vom Anzeigergerät des Spannungsprüfers (Leiter 1) zum Erdpotenzial (Leiter 2). Sobald der Kondensator geladen ist, erliegt der Stromfluss. Der Ladevorgang dauert nur Mikrosekunden und generiert kein elektrisches Signal, das für die Auswertung durch einen kapazitiven Spannungsprüfer tauglich wäre.



### Passive Spannungsprüfer ohne Selbsttest

Eine der ältesten erhältlichen Lösungen hat weder Einschalttaste noch Batterie und damit auch keine integrierte Eigenprüfeinrichtung. Liegt Betriebsspannung an, leuchtet am Spannungsprüfer lediglich ein Lämpchen auf. Als Energie für diese optische Anzeige steht allein die aus dem zu prüfenden Anlagenteil entnommene Energie zur Verfügung. Dabei stoßen Anwender auf zwei Probleme: Leuchtet das Licht nicht auf, bleibt Unsicherheit zurück: Warum erscheint kein Signal? Weil die Anlage tatsächlich spannungsfrei ist? Oder weil der Spannungsprüfer defekt ist? Jetzt wäre eine Eigenprüfeinrichtung hilfreich. Sie lässt sich bei diesen Modellen jedoch nicht in den Spannungsprüfer integrieren; ohne Batterie fehlt die hierfür notwendige Energiequelle.

In solchen Fällen muss eine Referenzmessung vorgenommen werden (siehe IEC 61243-1, Anhang B). Dafür wird eine Referenzspannung von einem anderen Anlagenteil benötigt, an dem bekanntlich Betriebsspannung anliegt. Abgesehen von diesen Umständen erscheint dieses Vorgehen nicht mehr zeitgemäß: Die Helligkeit der Lampen ist bei diesen Spannungsprüfern in der Regel extrem schwach und damit für den Anwender schlecht sichtbar. Das früher nachvollziehbare Argument, Geräte mit Batterie seien nicht zuverlässig einsatzbereit, wird vom Stand der Technik widerlegt. Batterien sind inzwischen sehr langlebig. Welche sich für den Einsatz in Spannungsprüfern empfehlen, erläutert der Praxistipp auf dieser Seite links unten.

### Externe Prüfgeräte mit Piezoelement

Als Behelfsmittel sind in manchen Märkten auch externe Prüfgeräte anzutreffen. Diese erzeugen mit einem Piezoelement eine Prüfspannung, die an die Kontaktelektrode eines Spannungsprüfers gebracht wird. Auch das birgt Unsicherheitsfaktoren: Wie erzeugt man bei zwei einpoligen Geräten einen definierten Prüfstrom? Selbst wenn man dies beantworten kann, erscheint dieses umständliche Verfahren nicht zuverlässig: Das vom Piezoelement ausgehende Prüfsignal ist hochfrequent, worauf der Spannungsprüfer völlig anders reagiert als auf Netzfrequenz, für die er ausgelegt ist.

### Standby-Spannungsprüfer mit Selbsttest

Ähnliche Problematiken wie bei passiven Spannungsprüfern ohne Selbsttest ergeben sich bei Standby-Modellen mit automatischer Einschaltfunktion und integriertem Selbsttest: Liegt Betriebsspannung an, schaltet sich der Spannungsprüfer automatisch ein und zeigt Betriebsspannung an. Was jedoch, wenn das Gerät im Off-Modus verharrt? Wieder stellen sich sicherheitsrelevante Fragen: Liegt tatsächlich keine Betriebsspannung an? Oder ist das Gerät nicht funktionstüchtig? Wenigstens erspart bei dieser Art Spannungsprüfer der integrierte Selbsttest eine umständliche Referenzmessung. Ganz sicher ist der Anwender dennoch nicht. Das Fehlen einer zwingenden Reihenfolge bei der Bedienung des Spannungsprüfers kann ihn gefährden: Verlässt sich der Anwender auf die automatische Einschaltfunktion und führt deshalb nach Feststellen von „Spannungsfreiheit“ keinen Selbsttest durch, indem er die Einschalttaste betätigt, wird ein eventueller Defekt des Spannungsprüfers oder eine leere Batterie nicht erkannt.

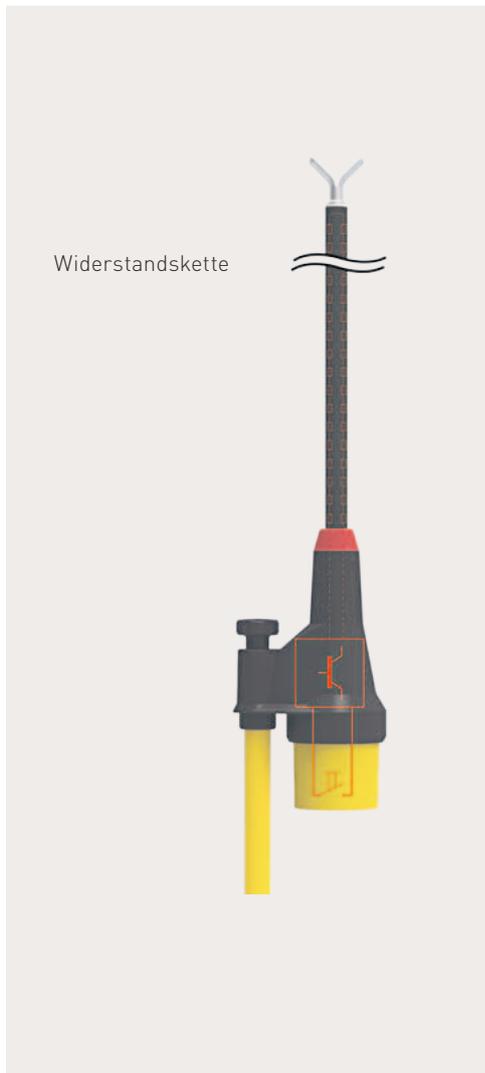
### Einzuschaltende Spannungsprüfer mit aktivem Selbsttest

Beim Einsatz von Spannungsprüfern mit integrierter aktiver Eigenprüfeinrichtung kommen alle diese Unsicherheiten nicht auf. Sie lassen sich nur vom Anwender per Knopfdruck einschalten. Dabei führen diese Geräte automatisch einen Selbsttest durch (Bild 7). Ist dessen Ergeb-

# PRAXIS-TIPP:

Für die zuverlässige Betriebsbereitschaft von batteriebetriebenen Spannungsprüfern für ab 1 kV empfiehlt sich der Einsatz von Lithium-Batterien (1,5 V). Sie laufen nicht aus und arbeiten aufgrund ihrer geringen Selbstentladung und hohen Kapazität auch bei tiefen Temperaturen zuverlässig. Dank ihrer hohen Lebensdauer erübrigt sich bei üblichem Gebrauch ein Batteriewechsel zwischen den Wiederholungsprüfungen, die alle 6 Jahre anstehen. Herkömmliche Alkali-Batterien (Typ AA, LR6) können zwar auch verwendet werden, jedoch ist ihre Lebensdauer in der Regel kürzer, was häufigere Batteriewechsel erfordern kann.





Widerstandskette

**Bild 7:** Die Eigenprüfeinrichtung eines Spannungsprüfers für ab 1 kV überprüft die Funktionalität der Auswerteeinheit, den Batteriezustand sowie die elektrische Verbindung über die Kontaktelektrodenverlängerung bis zur Kontaktelektrode und zurück. Ist eines der Elemente defekt oder die Verbindung unterbrochen, erreicht der Spannungsprüfer keine Betriebsbereitschaft.

nis negativ, erreicht der Spannungsprüfer keine Betriebsbereitschaft. Damit „erzwingt“ das Gerät den Eigentest, bevor die Spannungsprüfung durchgeführt werden kann (Bild 8), und hilft so, Unfälle zu vermeiden.

### Optimaler Prüfumfang?

Je nach Modell und Hersteller divergiert der Umfang des Selbsttestes. Der maximale umfasst alle Stromkreise, eingeschlossen der Kontaktelektrodenverlängerung bei Spannungsprüfern der Klasse S. Dabei sendet die Elektronik des Spannungsprüfers ein Prüfsignal bis zur Kontaktelektrode, das von dort aus denselben Weg nimmt wie die zu messende Spannung bei der Spannungsprüfung. Erreicht das Signal in korrekter Form die Auswerteeinheit im Anzeigegerät, wird die Betriebsbereitschaft des Spannungsprüfers signalisiert. Wird das

zurückkommende Signal nicht erkannt oder nicht für gut befunden, erreicht der Spannungsprüfer keine Betriebsbereitschaft. Das erklärt auch, warum Spannungsprüfer mit integriertem Selbsttest durchschnittlich mehr kosten als Spannungsprüfer ohne: Da die Prüfspannung nicht nur von der Kontaktelektrode zur Anzeigeeinheit wandert, sondern zunächst von der Batterie aus dorthin gelangen muss, wird eine doppelte Widerstandskette benötigt.

Wie immer stellt sich bei Mehrkosten die berechtigte Frage, inwieweit ein vollumfänglicher Selbsttest notwendig ist. Sinnvoll ist dieser in jedem Fall in der Mittelspannung: Wird die Widerstandskette im Spannungsprüfer unterbrochen, weil ein Widerstand ausfällt oder der Draht zwischen zwei Widerständen millimeterfein bricht,



**Bild 8:** Die sicherste und komfortabelste Form der Eigenprüfung können Anwender aktuell mit Spannungsprüfern durchführen, in die ein aktiver Selbsttest integriert ist. Hier im Bild signalisiert ein KP-Test-5-Modell mittels grün leuchtender LED das positive Ergebnis einer Eigenprüfung: der Spannungsprüfer ist funktionsfähig und betriebsbereit.

ist die Spannung möglicherweise zu gering, um die Lücke überbrücken zu können. Anders bei Hochspannungen. Hier würde sich eine Unterbrechung kaum auswirken. In der Regel können keine größeren Lücken als im Millimeterbereich entstehen, da die Prüfelektrode innen ausgegossen wird und damit die Widerstände in Kunststoff eingebettet sind. Dass dennoch ein feiner Drahtbruch eintreten kann, erschließt sich mit Blick auf die oft raue Praxis. Wird beispielsweise ein Werkzeugkasten mit Schwung in einen Transporter gewuchtet, kann ein darin liegender Spannungsprüfer einen ausreichend harten Schlag abbekommen.

Damit solche und andere Funktionsbeeinträchtigungen durch den täglichen Gebrauch nicht zur Regel werden, muss jeder Spannungsprüfer seine Belastbarkeit in der Typprüfung beweisen. Bei Typprüfungen nach Teilen 1 und 2 der IEC 61243 umfassen die mechanischen Prüfungen unter anderem die Rüttelfestigkeit, Fallfestigkeit sowie Stoßfestigkeit.

### C. Optische und akustische Signale

Die Ausführung der Anzeigesignale ist ebenfalls von zentraler Bedeutung für die Funktions- und Anwendersicherheit von Spannungsprüfern, unabhängig vom Messprinzip. Nach IEC 61243-1 und IEC 61243-2 muss ein Spannungsprüfer das Prüfergebn „eindeutig“ anzeigen. Dafür sind die Zustandsanzeigen „Spannung vorhanden“, „Spannung nicht vorhanden“ und „Betriebsbereitschaft“ unterschiedlich kombinierbar. Sie können mit optischen und/oder akustischen Signalen angezeigt werden, die „in der Gebrauchslage“ und unter den „üblichen“ Sicht- bzw. Geräuschverhältnissen „zweifelsfrei wahrnehmbar“ sind.

Realbedingungen stellen die Geräte dahingehend immer wieder vor Herausforderungen, wie die Praxis weltweit zeigt: Bei Spannungsprüfern für Hochspannungsanwendungen beispielsweise sind größere Isolierabstände notwendig. Diese werden mithilfe längerer Isolierstangen hergestellt (Details folgen im zweiten Berichtteil). Dadurch wächst aber auch die Distanz des Anwenders zum Anzeigegerät. Das kann nicht nur die Wirkung der optischen Signale schwächen. Steht der Anwender während der Spannungsprüfung auf dem Mast, kann ungünstiger Rückenwind das akustische Signal „wegtragen“. So stößt man an nahezu jedem Einsatzort auf bekannte Hürden für Gehör und Sicht (Bild 9): Auf Baustellen, an Bahnstrecken und in Industrieanlagen ist es regelmäßig laut. Sind die zu prüfenden Anlagenteile schwer zugänglich, kann ein ungünstiger Blickwinkel auf die Anzeige die Wahrnehmung beeinträchtigen. Und selbst strahlendes Tageslicht wird zum Problem, wenn es blendet.

Nicht umsonst wurden die Signale von Spannungsprüfern immer wieder optimiert. Heute sind Spannungs-

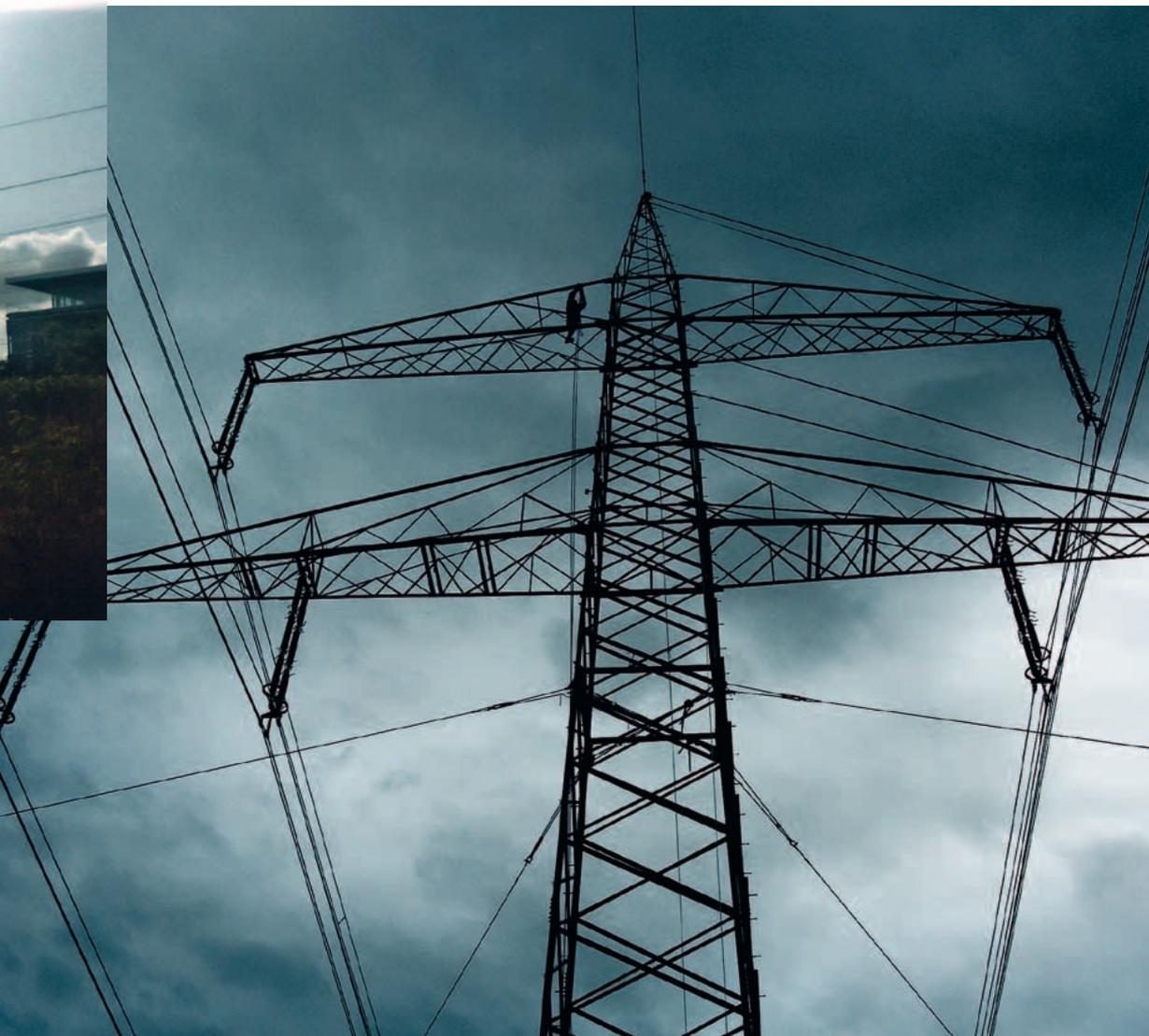


prüfer mit einer starken optischen Anzeige verbreitet, wobei Anzahl, Stärke, Anordnung und Einbauweise der Leuchtmittel als Hebel genutzt werden, um die bestmögliche optische Wirkung zu erreichen. Auch unüberhörbare Akustiksignale sind mittlerweile Stand der Technik. Damit Anwender für verschiedene Einsatzsituationen gerüstet sind, empfiehlt sich mit Berücksichtigung der potenziellen Störfaktoren die Kombination von optischen und akustischen Signalen in einem Gerät (Bild 10).

### D. Fazit und Ausblick

Bereits diese ersten Betrachtungen der Messprinzipien und grundlegenden Funktionselemente von Spannungsprüfern für die Mittel- und Hochspannung zeigen: Auch wenn Normen und Anwendung in vielerlei Hinsicht bestimmen, welcher Spannungsprüfer wie einzusetzen ist, bleibt immer noch sensibler Spielraum bei der Auswahl eines Modells. Anwendersicherheit und -freundlichkeit sind dabei essenzielle Orientierungsmerkmale. Je mehr gebrauchstypische Risiken das Konzept eines Spannungsprüfers ausschließt, desto sicherer sein Einsatz zum Schutz von Mensch und Anlage. Welche Besonderheiten zu beachten sind, wenn man vor der Wahl steht zwischen Spannungsprüfern der Klassen S und L sowie zusammengehöriger oder getrennter Bauweise, erfährt man im zweiten Teil der Berichtserie.

**Bild 9:** Bei Spannungsprüfungen an Freileitungen können Luftturbulenzen akustische Anzeigesignale „wegtragen“. Gleißendes Sonnenlicht kann den Anwender in luftiger Höhe und am Boden gleichermaßen blenden. Diese und andere ungünstige Umgebungseinflüsse sind keine Seltenheit bei Spannungsprüfungen. Das erklärt den besonderen Stellenwert des Signal-Designs von Spannungsprüfern.



**Bild 10:** Eine eindeutige Zustandsanzeige ist Grundvoraussetzung für den sicheren Einsatz von Spannungsprüfern. Ihre Ausführung divergiert von Hersteller zu Hersteller, da die hierfür gültigen Normvorgaben Spielraum für die Umsetzung geben. Hier dargestellt ist eine Lösung, die optische und akustische Anzeigesignale wie folgt kombiniert: Ist „keine Betriebsspannung vorhanden“, zeigt das abgebildete KP-Test-5-Modell beim Kontaktieren des Leiters ein grünes Dauerlicht ohne Signalton. Ist dagegen „Betriebsspannung vorhanden“ blinken sechs rote LEDs und ein intermittierender Signalton ertönt.

**Der Trend zu immer kompakteren Umspannwerken erfordert neue Lösungen. Für platzsparende, berührungssichere Kabelanschlüsse an Leistungstransformatoren hat PFISTERER deshalb das Transformatoren-Anschlussstück für 52 kV mit senkrechtem Abgang für vier Kabel entwickelt. Der jüngste Zugang im bewährten MV-CONNEX-System bringt nicht nur neue Vorteile mit, sondern auch alle Eigenschaften, für die seine Vorgänger seit mehreren Jahrzehnten geschätzt werden.**

„Das Bedürfnis nach kompakten Kabelanschlüssen bildet sich überall dort ab, wo die Grundfläche für Anlagen knapp bemessen ist, so zum Beispiel in Offshore-Stationen und Umspannwerken, die in Gebäude integriert werden“, sagt Christian Späth, CONNEX-Produktmanager bei PFISTERER, „Befinden sich deren Anlagen auf mehreren Ebenen, können die am Transformator anzuschließenden MV-Kabel aus der Decke kommen. Das neue CONNEX-Anschlussstück ist für solche komplexen Anlagenkonstellationen gemacht. Es ermöglicht die vertikale Kabelheranführung, wobei bis zu vier Kabel gleichzeitig und kompakt einsteckbar sind.“

Diese Anwendung ist immer häufiger anzutreffen. Warum, erschließt sich aus den aktuellen Entwicklungen der weltweiten Strommärkte. Mittlerweile leben mehr Menschen in Städten als auf dem Land. Im Jahr 2020 wird es auf der Welt voraussichtlich 27 Megacities mit über zehn Millionen Einwohnern geben. Mit der Verstädterung rücken Umspannstationen in dicht besiedelte Gebiete vor. Ebenso steigt der Anteil an Strom aus Offshore-Windenergie. Globaler Spitzenreiter war im Dezember 2013



mit rund 3700 MW installierter Leistung Großbritannien. China will seine Kapazitäten bis 2020 auf 30 GW ausbauen. Japans erste schwimmende Windturbine der Megawattklasse ist 2013 vor der Küste der Nagasaki-Region angelaufen. In den USA fördern verschiedene Ministerien den Ausbau von Offshore-Windparks vor den heimischen Küsten mit Flächenfreigaben und Millionen-Investitionen.

#### **Effizient ab Montage**

„In anspruchsvollen Umfeldern wie diesen sind kompakte, vollisolierte Lösungen gegenüber Freiluftsystemen klar im Vorteil. Sie sparen wertvollen Bauraum, schützen Menschen und sind resistent gegenüber Umwelteinflüssen, was den störungsfreien und sicheren Betrieb unterstützt“, sagt Peter Müller, Projektleiter Vertrieb bei PFISTERER, „Bei der Entwicklung des neuen geraden Transformatoren-

# Trafo kompakt. Mit neuem MV-CONNEX- Anschluss.



Fortschrittlicher Newcomer: In engen Umspannwerken mit mehreren Ebenen ermöglicht das neue MV-CONNEX-Transformatoren-Anschlussstück in gerader Ausführung den berührungssicheren und platzsparenden Anschluss von bis zu vier Kabeln aus vertikaler Richtung. Das erste Kundenprojekt mit dem neuen Anschlussstück wurde bereits in der Schweiz realisiert.

„Anschlussstücke haben wir zudem weitere anwendungsspezifische Aspekte berücksichtigt, die für seinen effizienten Einsatz ab Montage wichtig sind.“

Zwei Beispiele erläutert Carmen Mertens, Mitarbeiterin im CONNEX-Produktmanagement: „Die Länge von Kabelschirmen ist beschränkt. Bei einem Kabelabgang in axialer Richtung zum Anschlussstück erschwert dieser Umstand die klassische Erdung direkt am Transformatordeckel. Damit Monteure unabhängig davon die Erdung einfach und flexibel anschließen können, befinden sich an allen vier Seiten des geraden CONNEX-Anschlussstücks

«Das Bedürfnis nach kompakten Kabelanschlüssen bildet sich überall dort ab, wo die Grundfläche für Anlagen knapp bemessen ist, so zum Beispiel in Offshore-Stationen und Umspannwerken, die in Gebäude integriert werden.»

Christian Späth  
CONNEX-Produktmanager bei PFISTERER

Im Einsatz bewährt: Das MV-CONNEX-Winkelanschlussstück für den horizontalen Anschluss von bis zu vier MV-Kabeln an Transformatoren (links im Bild) ist wie alle MV-CONNEX-Komponenten berührungssicher und resistent gegenüber Umwelteinflüssen.

## Kabelanschluss-System MV-CONNEX

### Anwendungen

- Anschluss von Transformatoren und Schaltanlagen per Kabel
- Nennstrom bis  $I_N = 1250 \text{ A}$
- Maximale Betriebsspannung  $U_m = 52 \text{ kV}$
- Cu- oder Al-Kabel von 25 bis 1000 mm<sup>2</sup>

### Eigenschaften & Vorteile

- Berührungssicher, da vollisoliert
- Keine Teilentladungen oder Leckagegefahr dank Feststoffisolierung
- Metallgehäuse für hohe mechanische Integrität
- Wartungsfrei in Innen- und Freiluftanwendungen
- Offshore-tauglich, da salzwasserbeständig und überflutbar
- Kompatibel nach EN 50180/EN50181
- Trocken steckbar ohne aufwendige Gas- oder Ölarbeiten
- Schnell und einfach montierbar
- Werkseitig vorgeprüft
- Typgeprüft nach DIN VDE 0278-629-1
- Integrierter Spannungsabgriff
- Umfassendes Zubehör: Überspannungsableiter, Prüfadapter usw.

jeweils drei Übergabepunkte. Außerdem wurde ein Spannungsabgriff in das Anschlusssteil integriert, um die Spannungsfreiheit festzustellen.“

### Pionier für Pioniere

Praxisnähe und Zuverlässigkeit zeichnen den Newcomer ebenso aus wie das gesamte MV-CONNEX-System. Alle Komponenten sind feststoffisoliert. Leckagen sind damit ausgeschlossen, Teilentladungen kein Thema, Wartungen entfallen. „In Summe realisiert das gerade Transformator-Anschlusssteil eine hohe Effizienz und Betriebssicherheit, auf die man vertrauen kann“, sagt Karl McFadden, Anwendungsspezialist für Kabelsysteme bei PFISTERER, „Denn obwohl es ein neues Produkt ist, basiert es auf einem System, das erprobt ist und Normstandards geprägt hat.“

Das MV-CONNEX-System wurde in den 1970er-Jahren patentiert und im Markt eingeführt. Damals war es das erste trocken steckbare System, das den direkten und berührungssicheren Kabelanschluss an Transformatoren und Schaltanlagen ohne zusätzlichen Kabelanschlusskasten ermöglichte. Im deutschsprachigen Raum etablierte sich MV-CONNEX schnell als fortschrittliche Alternative zu blanken Anschlussvarianten. Der direkte Vorgänger des neuen geraden Anschlusssteils ist seit dreißig Jahren im Einsatz: In gewinkelter Ausführung ermöglicht er den horizontalen Mehrfach-Anschluss von Kabeln. 2010 erhielt CONNEX als erstes System seiner Art eine offizielle Bescheinigung für Offshore-Tauglichkeit, ausgestellt vom Germanischen Lloyd (heute DNV GL), einer der weltweit führenden Klassifikationsgesellschaften für die maritime Industrie.



Für die flexible und einfache Erdung von vertikal angeschlossenen Kabeln sind an allen vier Seiten des neuen geraden MV-CONNEX-Transformator-Anschlusssteils jeweils drei Übergabepunkte integriert. Hier abgebildet ist eine Erdungsvariante beim Anschluss von einem Kabel und drei Blindsteckern.

„An der kontinuierlichen Weiterentwicklung des CONNEX-Systems lässt sich die Geschichte von Kabelanschlüssen nachvollziehen“, resümiert McFadden, „Seine Vorteile überzeugen Anlagenbetreiber bis heute. Für ihre Beratung greifen wir auf die Erfahrung mit hunderten Projekten zurück. Nicht umsonst werden Pioniervorhaben onshore und offshore mit CONNEX-Komponenten realisiert.“



Die Detailaufnahme des MV-CONNEX-Winkelanschlussteils zeigt, wie kompakt bis zu vier MV-Kabel gleichzeitig mit einem Anschluss an Transformatoren montierbar sind – ohne Anschlusskasten und komplett isoliert.

## Gerades MV-CONNEX-Transformator-Anschlusssteil

### Anwendungen

- Anschluss für bis zu 4 Kabel, Blindstecker und/oder Überspannungsableiter an Transformatoren
- Nennstrom bis  $I_N = 3150 \text{ A}$
- Maximale Betriebsspannung  $U_m = 52 \text{ kV}$
- Cu- oder Al-Kabel von 25 bis 1000 mm<sup>2</sup>

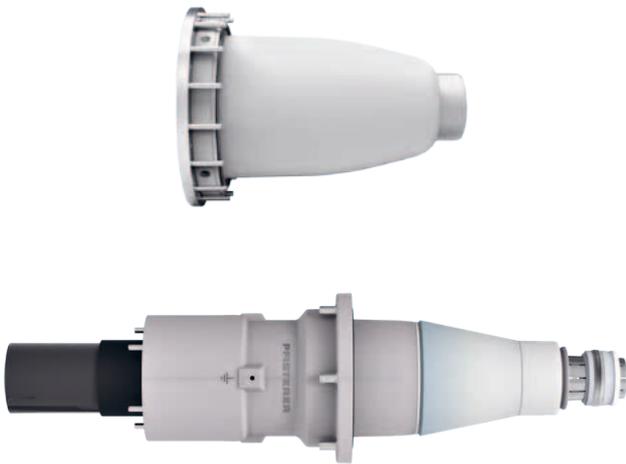
### Eigenschaften & Vorteile

- Axialer Kabelabgang für Kabelzuführung von oben in kompakten Innenraum-Anlagen (onshore und offshore)
- Übergabepunkte auf allen vier Anschluss-Seiten für flexible Kabelschirmerdung
- Integrierter Spannungsabgriff
- Einfache und schnelle Montage mit Befestigungsbolzen
- Typgeprüft nach IEC 60137
- Kompatibel mit MV-CONNEX-Größen 3 und 3-S
- Spannungsprüfung via Dauerspannungsanzeige-System (DSA) möglich
- Weitere Vorteile siehe Übersicht zum MV-CONNEX-Kabelanschluss-System auf Seite 17

# News

## Neue EHV-CONNEX-Komponenten für Höchstspannung

Das fortschrittliche Höchstspannungs-Kabelgarnituren-Programm von PFISTERER wächst weiter: Die neuen EHV-CONNEX-Komponenten für maximale Betriebsspannungen von 300 kV (Größe 7) und 362 kV (Größe 7-S) komplettieren das bestehende EHV-CONNEX-Portfolio für bis zu 550 kV. Zu den Neuzugängen zählen trocken steckbare Kabel- und Geräteanschlusssteile sowie umfassendes Prüfequipment inklusive SF<sub>6</sub>-gasisolierter Verbindungsmuffen und Silikon-Blindstecker, alle erfolgreich typgeprüft. Herausragend ist das hochkompakte Design der Kabelanschluss-Komponenten: Die Geräteanschlusssteile können je nach Anwendung bis zu 63 % kleiner ausfallen als normativ vorgeschrieben. Die Kabelanschlusssteile sind ab Flanschgehäuse nur circa 95 mm länger als die Kabelanschlusssteile der Größe 6-S für bis zu 245 kV Betriebsspannung. Entsprechende Adapterelemente zur Anpassung an die Normabmessungen sind erhältlich.



## Neue EHV-CONNEX-Anschlüsse für Transformatoren und GIS

### Anwendungen

- Anschluss von Transformatoren und Schaltanlagen
- Nennstrom bis  $I_N = 4000 \text{ A}$
- Max. Betriebsspannung  $U_m = 300 \text{ kV}$  (Größe 7) oder  $362 \text{ kV}$  (Größe 7-S)
- Cu- oder Al-Kabel bis  $3000 \text{ mm}^2$

### Eigenschaften & Vorteile

- Berührungssicher, überflutbar und wartungsfrei
- Offshore-tauglich, da salzwasserbeständig
- Keine Gas- oder Ölarbeiten bei der Montage
- Kompakter als konventionelle Systeme nach EN 50299/IEC 62271-209
- Werkseitig vorgeprüft
- Typgeprüft nach IEC 62067
- Mit Prüfequipment: SF<sub>6</sub>-gasisolierte Verbindungsmuffen, Silikon-Blindstecker, Gas-Blinddeckel, Stromprüfstecker



Zu weiteren Informationen führt Sie dieser QR-Code.



# Vielseitigkeit aus einer Hand.

Anschluss- und Sicherheitstechnik für Verteilstationen.

