

**Erneuerbare Energien**

Belastung von Kabeln  
unter Torsion

**Dezentrale  
Energieversorgung**

Virtuelles Kraftwerk für  
Systemdienstleistungen

**Verteilungsnetz**

Intelligente  
Ortsnetzstationen

**Messtechnik**

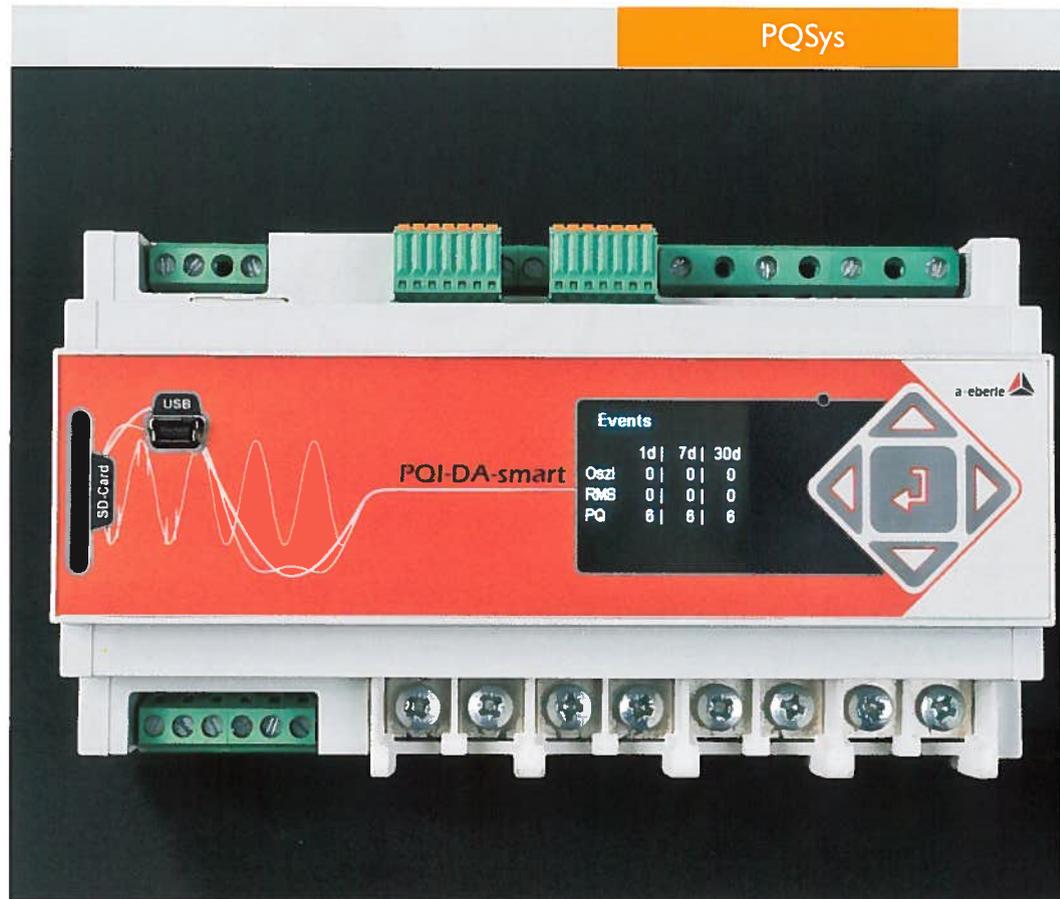
50-Hz-Slope-Technologie  
für die Kabeldiagnose

**IT-Lösungen**

Flohzirkus  
VPN-Verbindungen

**Elektromobilität**

Berührungslose  
Schnellladung



Der neue „Alleskönner“ –  
Störschreiber, Power Quality Analysator,  
Transientenrekorder, Leistungsmesser

Belegexemplar  
überreicht von der  
Redaktion

siehe Bericht auf Seite 22

Wir regeln das.



ew-Spezial  
als E-Magazin



## Kabelfehler erkennen

# 50-Hz-Slope-Technologie für die Kabeldiagnose

Mit der neuen 50-Hz-Slope-Technologie können Netzbetreiber deutlich zuverlässigere Aussagen über die Qualität und den Zustand ihrer Kabelstrecken erhalten. Dabei ist es möglich, Schwachstellen an Erdkabeln während der Messung vor Ort zu bewerten und zu lokalisieren. Automatische Algorithmen mit hoher Trefferquote ersetzen langwierige Analysen der Diagnosedaten per Hand. Die neue Technologie kommt sowohl als tragbares System als auch im Kabelmesswagen zum Einsatz.

Bei der Stromübertragung auf der Mittel- und Hochspannungsebene mit Erdkabeln sind elektrische Feldstärken von mehreren Kilovolt je Millimeter prinzipiell beherrschbar. Allerdings führen schon leichte Schwach- oder Fehlerstellen, zum Beispiel durch Montagearbeiten im Feld, langfristig zu beträchtlichen Schädigungen. Die damit verbundene Reduzierung der Lebensdauer kann schnell zu einem Durchschlag der Isolationsstrecke und damit zum Ausfall des Kabels führen. Durch das frühzeitige Erkennen von Schwach- oder Fehlerstellen an Mittel- und Hochspannungskabeln können Netzbetreiber die Ausfallzeiten der Kabel sowie Instandhaltungs- und Reparaturkosten auf ein Minimum beschränken.

## Destructive Prüfung versus nichtdestruktive Diagnose

Nach Legung oder Reparatur eines Kabels kann mit einer destruktiven Spannungsfestigkeitsprüfung mit Very-low-Frequency-Hochspannung (VLF) eine Fehlerstelle im Mittelspannungskabel durch Durchschlag

erkannt werden. Zur genaueren Diagnose wird jedoch immer häufiger eine nicht-destruktive Methode bevorzugt. Dafür eignet sich die Teilentladungsmessung (TE-Messung). Diese Methode wird zur Qualitätssicherung und Zustandsermittlung bei der Fertigung elektrischer Betriebsmittel schon lange eingesetzt.

Aufgrund der Weiterentwicklung von Anlagen zu digitalen und softwaregestützten Messgeräten mit verbesserter Stör- und Rauschunterdrückung hat sich die TE-Diagnose auch im Feldeinsatz bereits seit vielen Jahren bewährt. Sich anbahnende Fehler können mit der TE-Messung bei gedämpfter Wechselspannung (damped AC – DAC) zuverlässig verglichen und rechtzeitig vor möglichen Durchschlägen erkannt werden. Diese Früherkennung ist wichtig für die langfristige Planung von Instandhaltungsstrategien durch das Assetmanagement. Dafür eignet sich die neue 50-Hz-Slope-Technologie im kombinierten Prüf- und Diagnosesystem TDS NT (Bild 1 und 2), mit der eine präzise Bestandsaufnahme der Netzinfrastruktur möglich ist.

## Was bedeutet 50 Hz Slope?

»50 Hz Slope« wird durch das Umschwingen der Prüfspannung zwischen den Spannungspolaritäten realisiert. Dabei folgt die Prüfspannung exakt dem Ablauf der bekannten VLF-Kosinus-Rechteck-Technologie. Die Betriebsarten Kosinus-Rechteck (VLF CR) sowie gedämpfte Wechselspannung sind in der Kombinationsanlage TDS (Testing and Diagnosis System) zusammengefasst. Bei den Spannungsformen sind immer zwei grundlegende Zustände vorhanden: die Ladephase und die Schwingphase. In der Ladephase wird der Prüfling auf die gewünschte Sollspannung aufgeladen beziehungsweise die Spannungsverluste am Prüfling während der Messung nachgeladen. In der Schwingphase bildet das TDS mit dem Prüfling einen Schwingkreis, dessen Schwingfrequenz durch eine feststehende Induktivität, einen Stützkondensator und die Kapazität des Prüflings bestimmt wird. Dabei ist die Stützkapazität so ausgelegt, dass die Schwingfrequenz nur minimal variieren kann, um

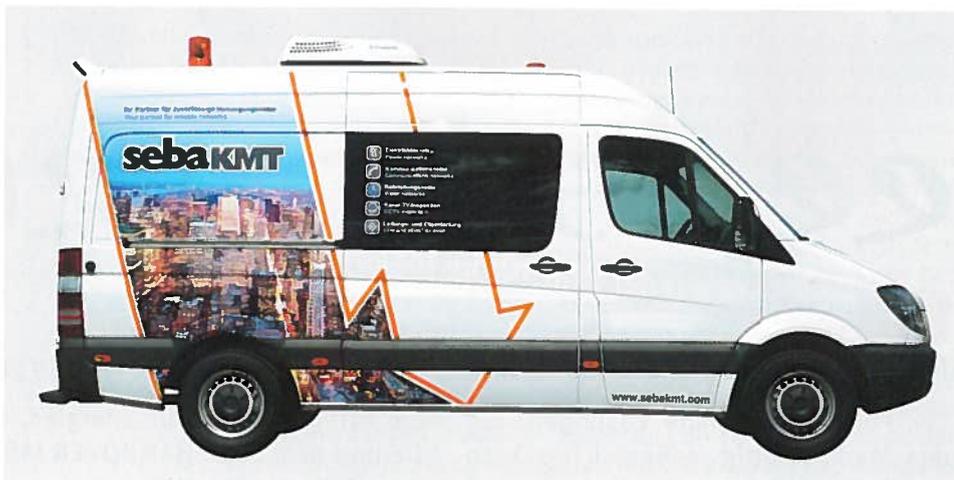


Bild 1. Der Kabelmesswagen Centrix ist mit der neuen 50-Hz-Slope-Technologie ausgestattet.



Bild 2. Prüf- und Diagnosesystem TDS NT





Bild 5. Durchführung einer TE-Diagnose

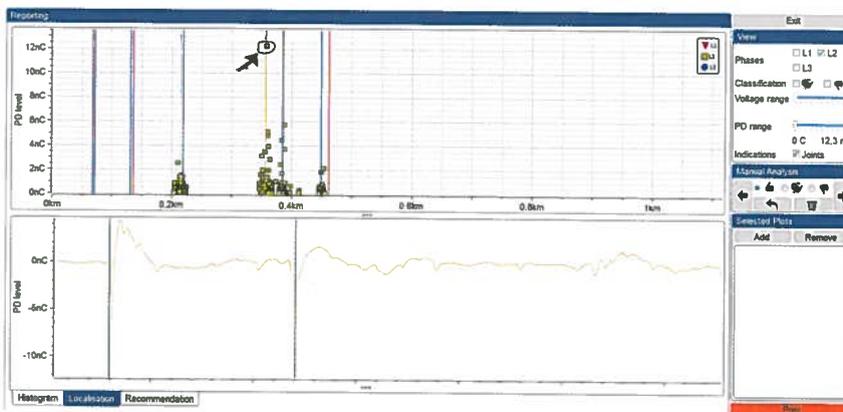


Bild 6. Aufzeichnung der Impulse im Reflektogramm

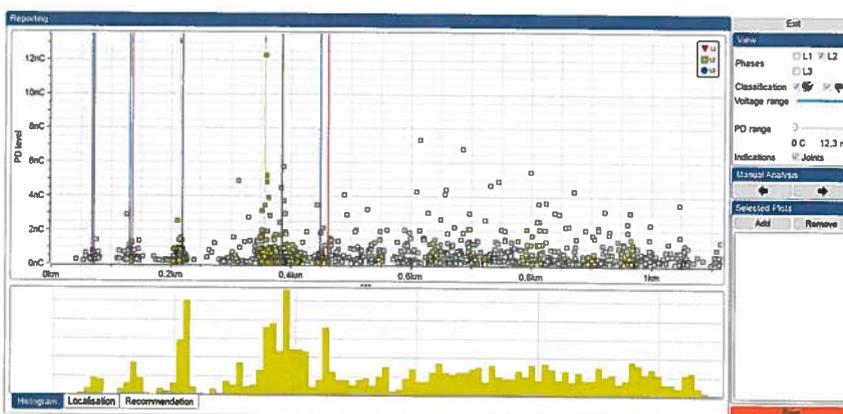


Bild 7. Darstellung der Ergebnisse in einem Histogramm

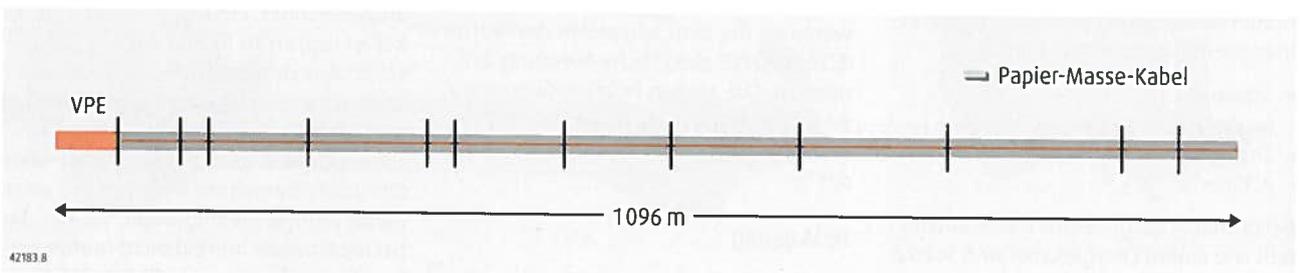


Bild 8. Parameter der Mischkabelstrecke

einer Teilentladung und einer zugehörigen Reflexion beziehungsweise die automatische Berechnung der Fehlerorte auch bei vorhandenen Störungen und Rauschpulsen.

Bei der automatischen TE-Fehlerlokalisierung mit pulssignalverarbeitenden Algorithmen werden zahlreiche physikalische Eigenschaften der auftretenden TE-Pulse und deren Variation über die Kabellänge hinweg zur Parametrisierung, Klassifizierung und letztendlich zur Entscheidung, ob eine TE vorhanden ist, genutzt. Zusätzlich werden automatisch ermittelte Auftretswahrscheinlichkeiten als Maß für die Kritikalität bewertet und in die Ergebnisdarstellung einbezogen. Ein Beispiel dafür ist in Bild 7 unten dargestellt. Der Nutzer kann dabei zwischen drei Ansichten wählen:

- Ansicht 1 zeigt alle aufgetretenen Pulse an (oberer Teil in Bild 7 für eine Phase)
- Ansicht 2 zeigt eventuelle und hochwahrscheinliche TE-Orte
- Ansicht 3 zeigt nur hochwahrscheinliche TE-Orte (oberer Teil in Bild 6 für eine Phase).

Mit Ansicht 2 können sich entwickelnde Fehlerstellen über mehrere Messungen hinweg beobachtet werden. In Ansicht 3 ist der aktuelle, automatisch ermittelte Status quo der Kabelstrecke auf das Wesentliche reduziert.

### 50-Hz-Slope-Technologie und der Ortungsalgorithmus im Feldeinsatz

Die Praxistauglichkeit der Ortungsalgorithmen wurde in vielen Feldmessungen bei unterschiedlichen Kabelstrecken getestet. Die folgende Feldmessung zeigt den Einsatz des neuen TDS-Systems für eine TE-Diagnose an einer Mischkabelstrecke.

Die Mischkabelstrecke hat eine Gesamtlänge von 1096 m und enthält 12 Muffen. Sie besteht zu 95 % aus einem Papier-Masse-Kabel. Lediglich bei einer Stationseinschleifung – Länge 60 m – wurde ein VPE-isoliertes Kabel verwendet. Bild 8 zeigt schematisch die Streckenparameter.

Zunächst wurde eine Teilentladungsdiagnose mit der DAC-Methode durchgeführt. Dabei wurde bei steigender Testspannung die Teilentladung gemessen. Diese Prozedur der TE-Messung wurde in der Umschwingflanke bei VLF CR (Cosinus-Rechteck) wiederholt. Es ergaben sich dabei vergleichbare TE-Einsatzspannungen. Als TE-Einsatzspannung (PDIV) wird die Spannung bezeichnet, bei der die Teilentladungen zum ersten Mal aktiv werden und detektiert werden konnten. Während der Messungen wurde deutlich, dass sich die Schwachstellen an den gleichen Orten in den Kabelabschnitten und Garnituren ausprägten.

**Zusammenfassung**

Die heute verfügbaren Technologien unterstützen die Netzbetreiber bei der automatisierten Diagnose von Kabelfehlern. Vor allem wenn Kabeldiagnosen in größeren zeitlichen Abständen durchgeführt werden und/oder unterschiedliche Kenntnisse bei wechselnden Nutzern vorhanden sind, bieten automatische Verfahren eine sichere und wirtschaftliche Lösung, den Zustand der Kabelstrecke zu beurteilen. Aufgrund der sehr kurzen Auswertedauer zum Beispiel der TE-Ortungsmessungen kann bereits vor Ort entschieden werden, welche Maßnahmen aus den Ergebnissen abzuleiten sind.



Dr.-Ing. Sacha Markalous, Geschäftsführer, Hagenuk KMT Kabelmesstechnik GmbH (Megger-Gruppe), Radeburg



Daniel Götz, M. Sc., Teamleiter Offline Diagnose, Seba Dynatronic Mess- und Ortungstechnik GmbH (Megger-Gruppe), Baunach

>> [deanfrage@megger.com](mailto:deanfrage@megger.com)

>> [www.megger.com/de](http://www.megger.com/de)

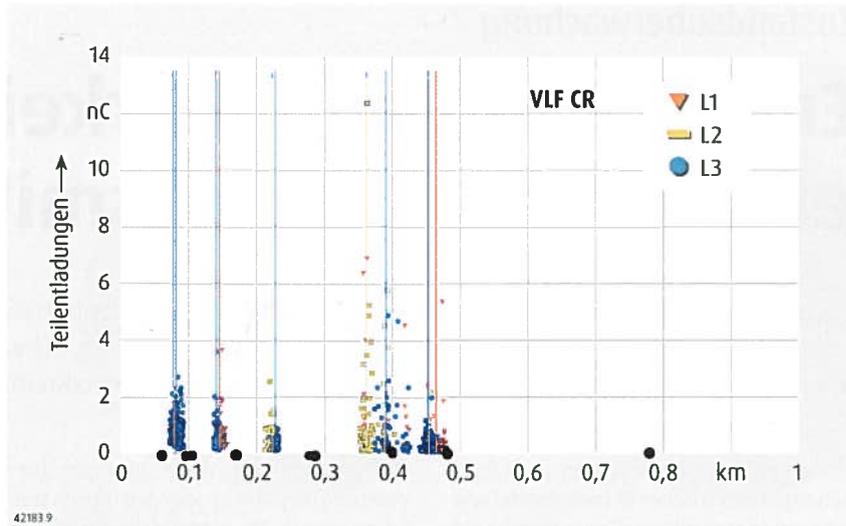


Bild 9. TE-Diagnose mit VLF CR

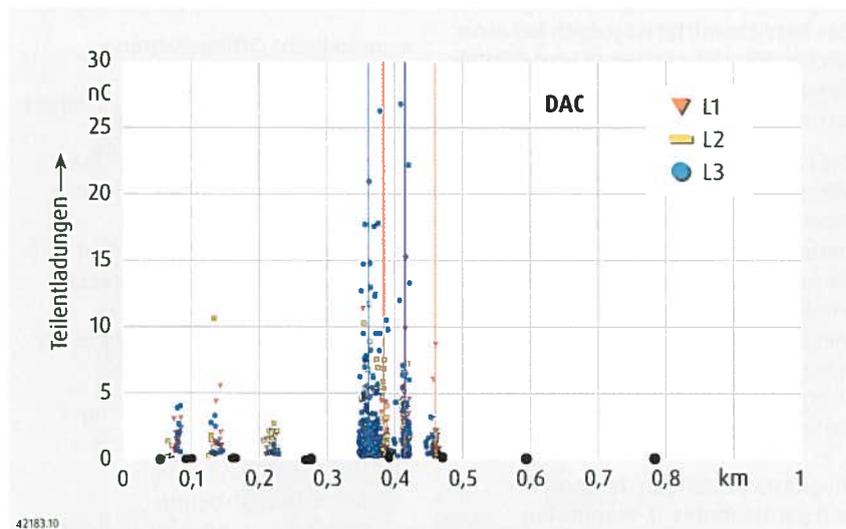


Bild 10. TE-Diagnose mit DAC

|      | TE-Einsatzspannung (PDIV) |    |    |                            |     |     |
|------|---------------------------|----|----|----------------------------|-----|-----|
|      | VLF CR in kV (Bild 9)     |    |    | DAC in kV (peak) (Bild 10) |     |     |
|      | L1                        | L2 | L3 | L1                         | L2  | L3  |
| PDIV | 5                         | 6  | 6  | 4,6                        | 6,4 | 5,8 |

Tafel 1. Vergleich der Messmethoden

42183

Anzeige

**Newsletter**  
**"WASSERSTOFF, BRENNSTOFFZELLE + ELEKTROMOBILITÄT"**



Nachrichten, Informationen, Meinungen und Märkte – Woche für Woche aktuell und auf den Punkt!

Abonnieren Sie den Online-Newsletter **"WASSERSTOFF, BRENNSTOFFZELLE + ELEKTROMOBILITÄT"** unter <http://www.energie.de/bsznewsletter> und behalten Sie die Branche im Blick!