ALTANOVA
A DOBLE COMPANY

Online-Zustandsdiagnose und Monitoring von Mittel- und Hochspannungskabeln

Reinhold Franz
rfranz@doble.com
techimpgermany@doble.com

©2022 Altanova Group. All Rights Reserved.

ALTANOVA
A DOBLE COMPANY

ALTANOVA, ein Unternehmen der Doble Engineering Company,

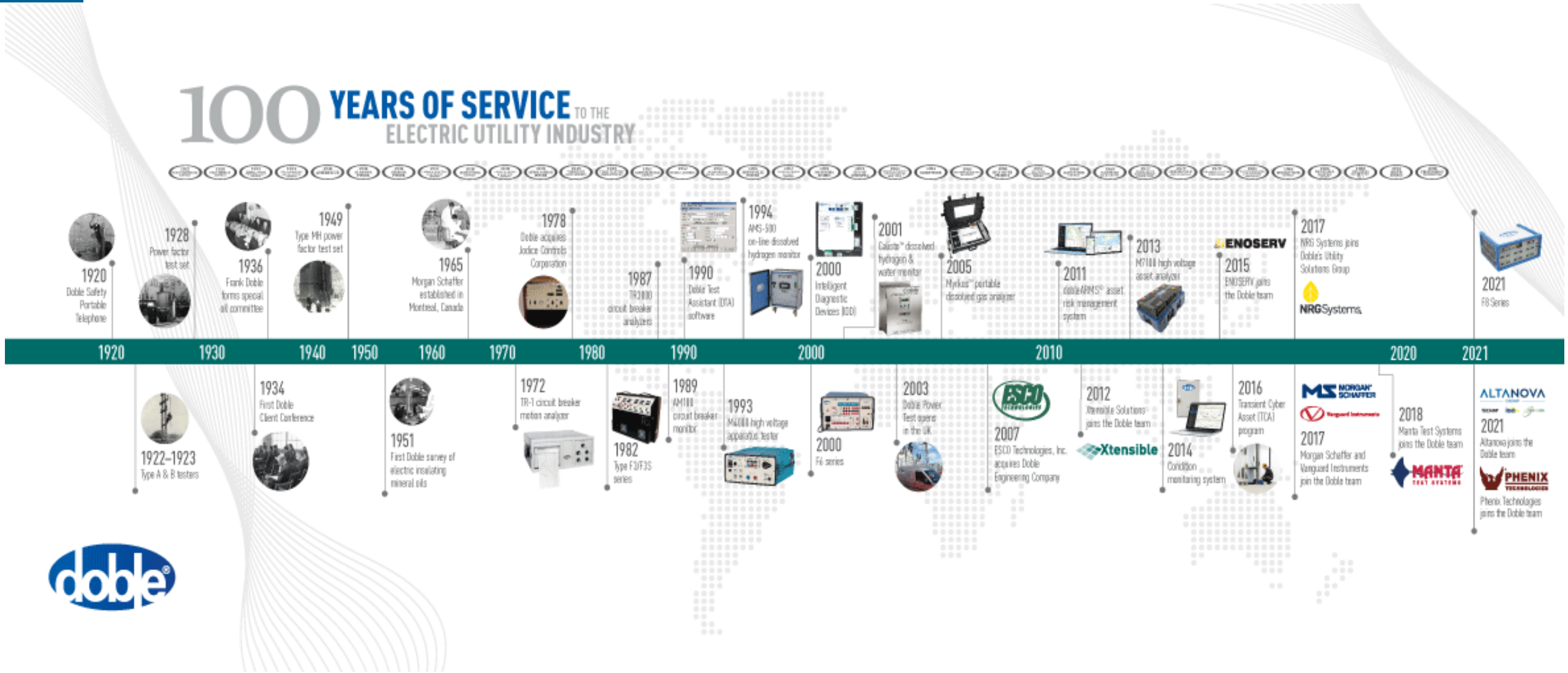
bietet Energieversorgern und Industrieunternehmen Diagnoseverfahren, Mess- und Prüfgeräte, fortschrittliche Monitoringsysteme sowie professionelle Dienstleistungen und Expertisen, um die Betriebssicherheit ihrer elektrischen Betriebsmittel und Anlagen durch zu verbessern.

©2022 Altanova Group. All Rights Reserved

Altanova Geschichte

1938	I.S.A. Instrumentazioni Sistemi Automatici S.r.l. wird in Taino/Italien gegründet.
1999	TECHIMP wird als Spin-off der Universität Bologna/Italien gegründet.
2016	Gründung TECHIMP Germany
2017	I.S.A. und TECHIMP fusionieren: Die Geburtsstunde der ALTANOVA GROUP
2019	INTELLISAW wird Teil der ALTANOVA GROUP
2021	ALTANOVA wird Teil von ESCO Technology Group bzw. Doble Engineering Company.

Doble Geschichte



Altanova Heute

ALTANOVA
a Doble company

100
Länder

12 NIEDERLASSUNGEN WELTWEIT

150+
MITARBEITER

150+
VERTRIEBSPARTNER

5550+
KUNDEN WELTWEIT

Part of ESCO Technologies' Utility Solutions Group

PRODUKTMARKEN

doble® isa MORGAN® SCHAFFER PHENIX TECHNOLOGIES TECHIMP Vanguard Instruments

Altanova Leistungsportfolio

Elektrische Mess- und Prüfgeräte

Unverzichtbare Begleiter während des gesamten Lebenszyklus der Betriebsmittel

- Beschaffung
- Betrieb
- Instandhaltung
- Asset Management.

Professionelle Dienstleistungen

- Installation und Inbetriebnahme
- Zustandsdiagnosen
- Datenanalysen
- Beratung
- Training.

Monitoring-Systeme

Wechsel von turnusmäßiger zu zustandsorientierter Instandhaltung.

Minimierung des Risikos ungeplanter Ausfälle sowie der damit verbundenen Kosten.

Unverzichtbar für zuverlässige Energieversorgung im Kontext zunehmender Digitalisierung

Mess- und Monitoring-Lösungen für:

- Leistungstransformatoren
- Leistungsschalter
- HS-/MS- gasisolierte Schaltanlagen
- MS-/HS-Kabel
- MS-/NS-Schaltanlagen
- Batterien
- Strom-/Spannungswandler
- Schutzrelais
- Messgeräte/Zähler und Wandler
- Generatoren/Motoren
- drehzahlgeregelte Motoren (VSD)
- Freileitungen

Agenda

- Online-Zustandsdiagnose (Mittel- u. Hochspannungskabel)
- Monitoring Mittelspannungskabel
- Monitoring Hochspannungskabel

Online-Kabeldiagnose

Prinzip “Teilentladungsmessung”

Elektrische Betriebsmittel unter Wechselspannung senden charakteristische, hochfrequente Signale

- in unterschiedlichen Frequenzbereichen,
- mit unterschiedlichen Bandbreiten,
- mit charakteristischen Mustern.

Die Betriebsspannung wird zur „Signalerzeugung“ genutzt.

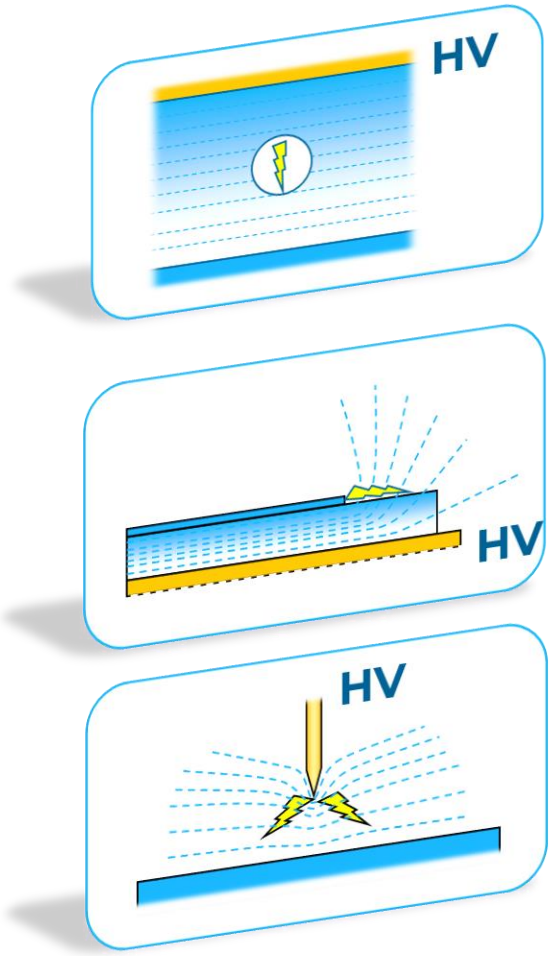
Die Zustandsbewertung beruht auf einer Teilentladungsanalyse

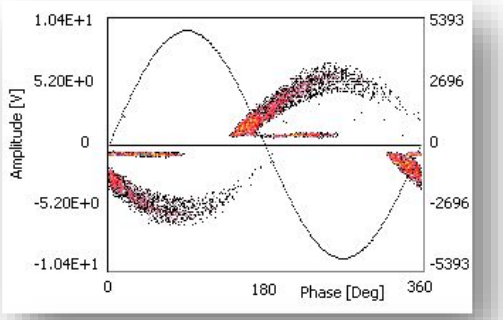
- Teilentladungen entstehen u. a. durch Schädigung, Alterung von Isolierungen … z.B. TE in Kabelisolierungen oder Isolierkörpern d. Garnituren
- … Verschmutzung, Feuchtigkeit auf Oberflächen, so dass Isolierstrecken partiell überbrückt werden … z.B. Kriechstromentladungen auf EV
- … Korrosion, lose Verbindungen … z.B. in Schaltanlagen

Teilentladungsmessung

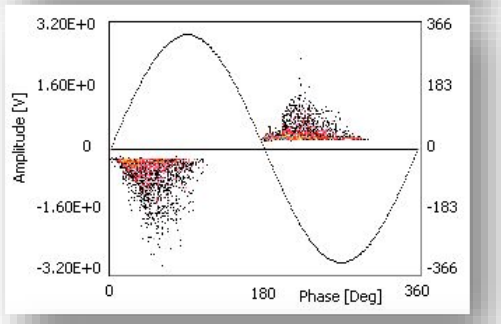
Datenanalyse

Teilentladungen können anhand ihrer charakteristischen Entladungsmuster identifiziert und voneinander unterschieden werden.

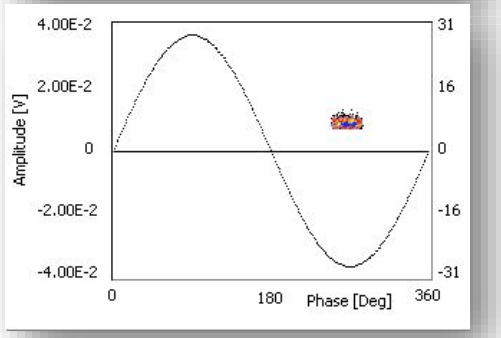




Interne TE



Oberflächen TE



Korona TE

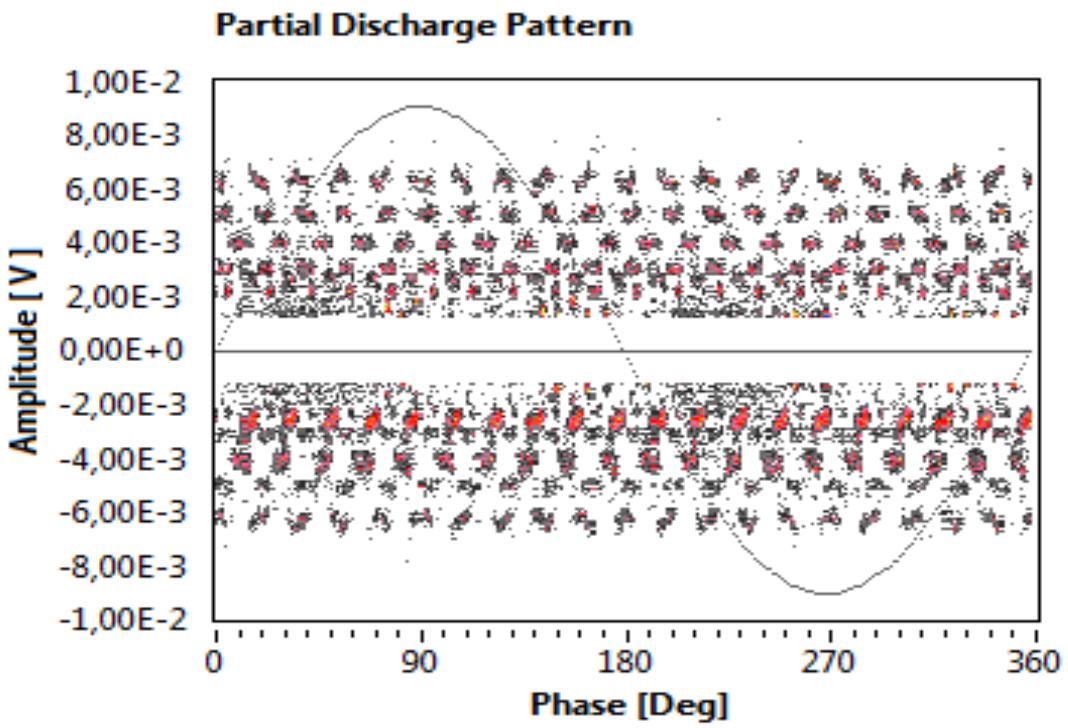
SCHÄDLICHKEIT

Teilentladungsmessung

Datenanalyse

Herausforderung: Schwer zu interpretierende Signalmuster

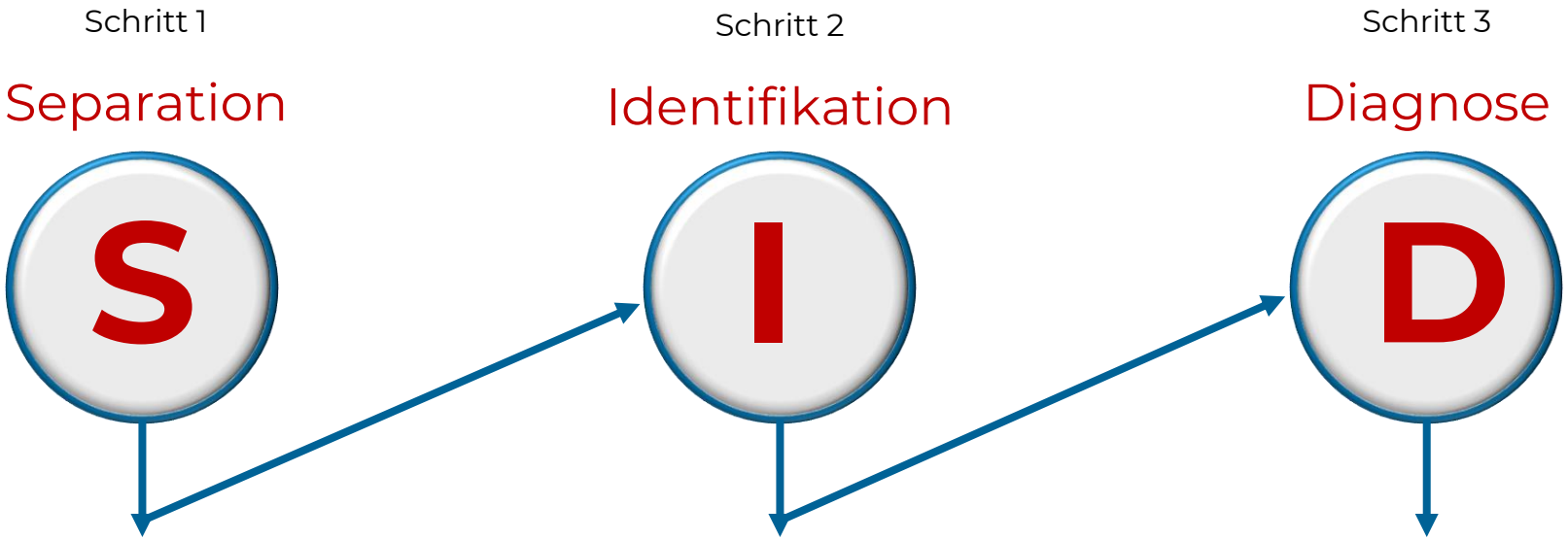
Die Online-Messung von Teilentladungen erfasst grundsätzlich alle Signale, die im betrachteten Frequenzbereich liegen.



Teilentladungsmessung

Datenanalyse

Lösung: Ein Analyse-Prozess in drei Schritten, beruhend auf der patentierten T/F-Map Technologie.



- Filterung von Störsignalen
- Separation unterschiedlicher TE-Quellen voneinander

- Identifikation der TE
- Beurteilung der Schädlichkeit

- Risikobewertung
- Trendanalyse
- Instandhaltungsempfehlung

Teilentladungsmessung

Datenanalyse

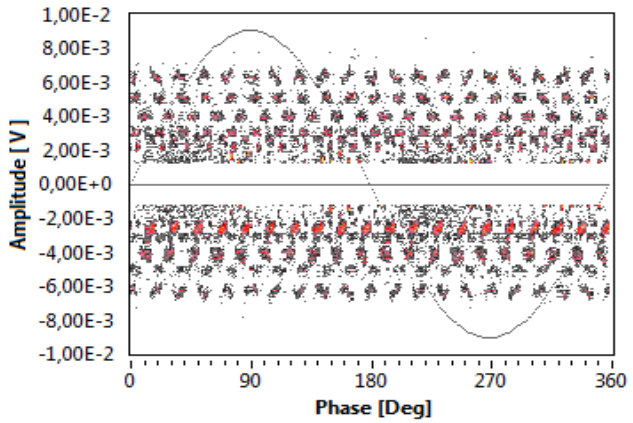
Mittels schneller Fourier Transformation sowie Auswertesoftware werden folgende Parameter jedes TE-Impulses berechnet und für die Darstellung in der T/F-Map verwendet:

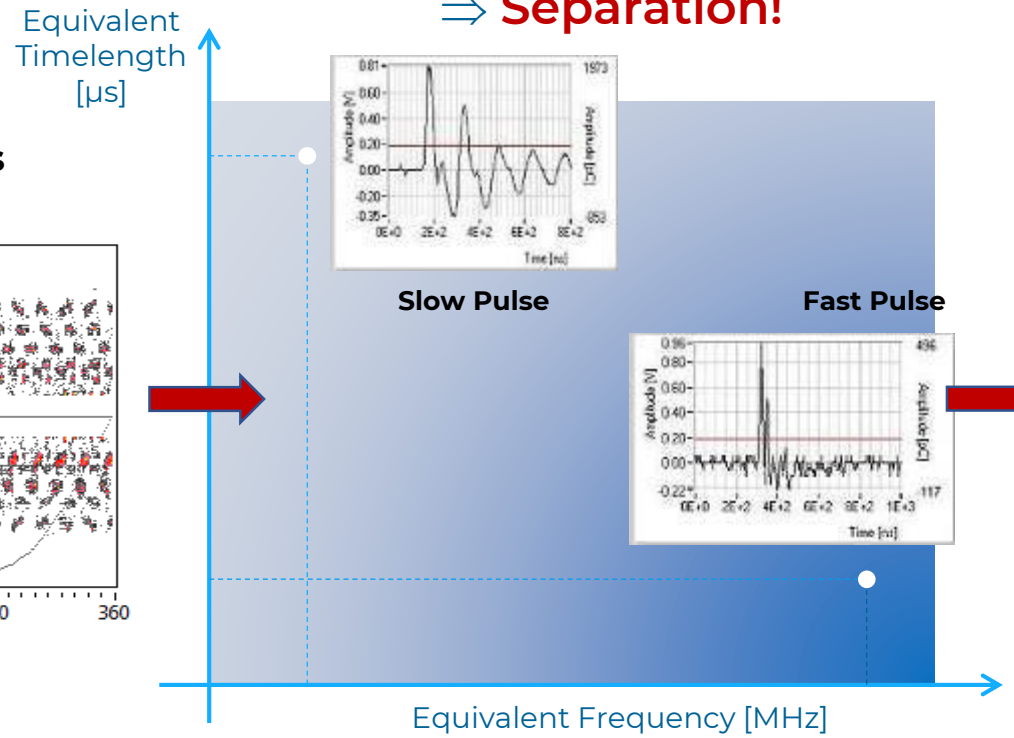
- Bandbreite (Frequenzanteile)
- Impulslänge

Durch die Übertragung der TE-Impulse in die T/F-Map werden unterschiedliche Teilentladungen sowie Störsignale in unterschiedlichen Bereichen der T/F-Map dargestellt

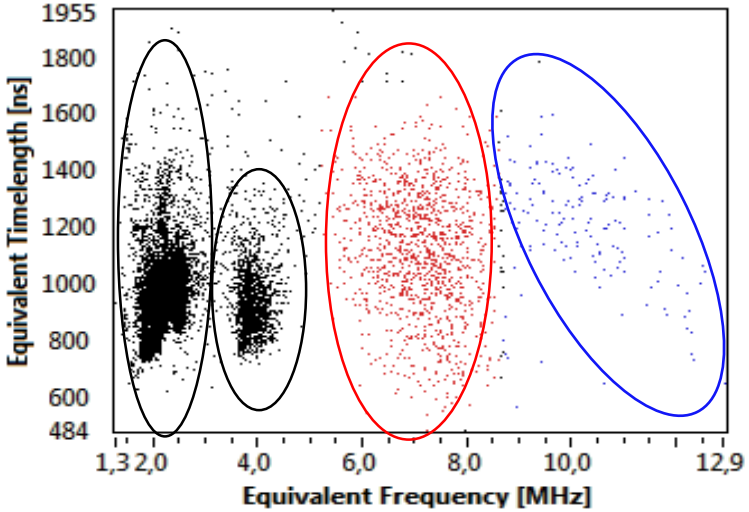
⇒ **Separation!**

phasenaufgelöstes Signalmuster



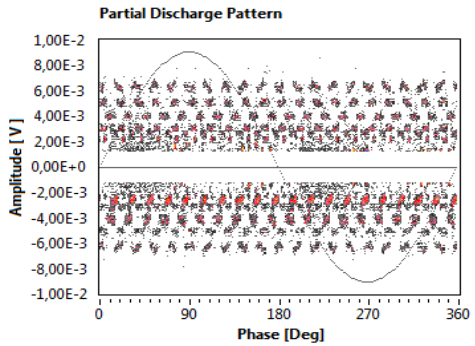


T-F Map

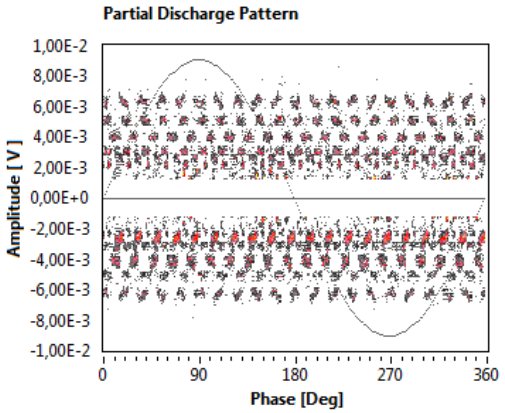


Teilentladungsmessung

Datenanalyse



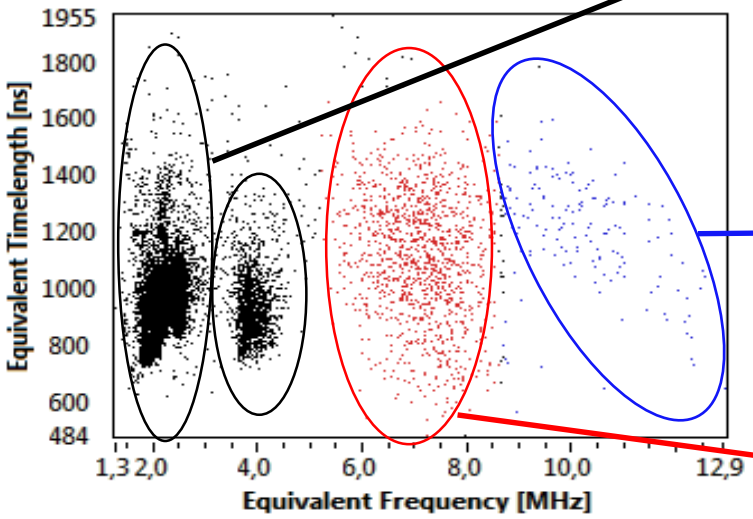
Schwarzes Phänomen
Störsignale



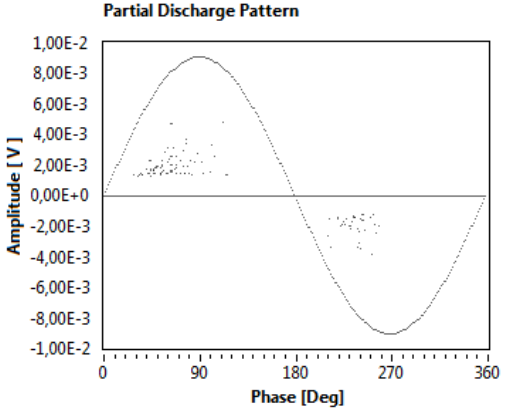
Identifikation

& Diagnose

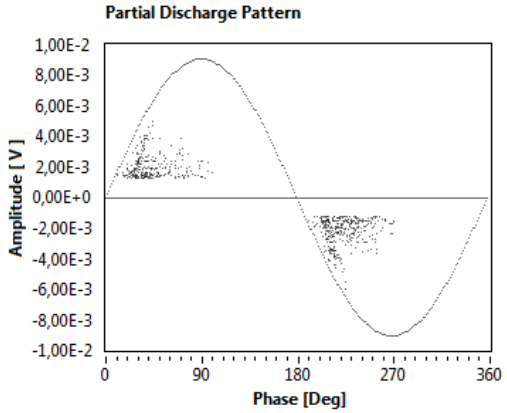
T-F Map



Blaues Phänomen
Oberflächen-TE



Rotes Phänomen
Interne-TE



Teilentladungsmessung

Messgerät zur Datenerfassung

AQUILA™

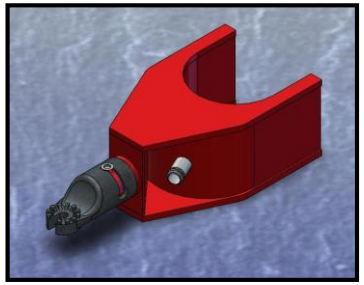
TE-Messgerät zur Datenerfassung

- 3 TE-Kanäle, 1 Sync-Kanal
- Bedienung über Tablet PC oder externen Rechner/Laptop
- … über WiFi-, Bluetooth- oder Ethernet-F/O-Verbindung
- Portabel (12 kg)
- für TE-Messungen an MS- u. HS-Betriebsmitteln

Teilentladungsmessung

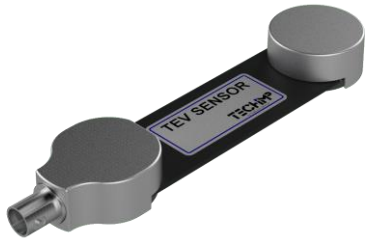
Sensoren

HFCT
(alle Betriebsmittel)



U-Cap Sensor
(eingeschränkt alle Betriebsmittel)

UHF-Sensoren
(GIS / Transformatoren)



TEV-Antenne
(Schaltanlagen)

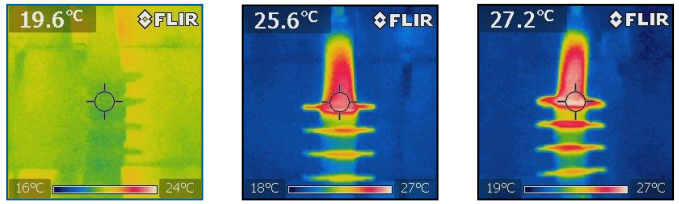
TEM-Antenne
(Motoren / Transformatoren)

Koppelkondensatoren
(Motoren / Transformatoren)

Mittelspannungskabel

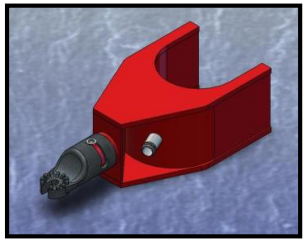
Vorort-Online-Teilentladungsmessung

- Öl-Papier-isolierte Kabel
- Extrudierte Kabel: PE, VPE, PVC, EPR
- Mischkabelstrecken



ergänzende Messungen

HFCT
(induktiv)

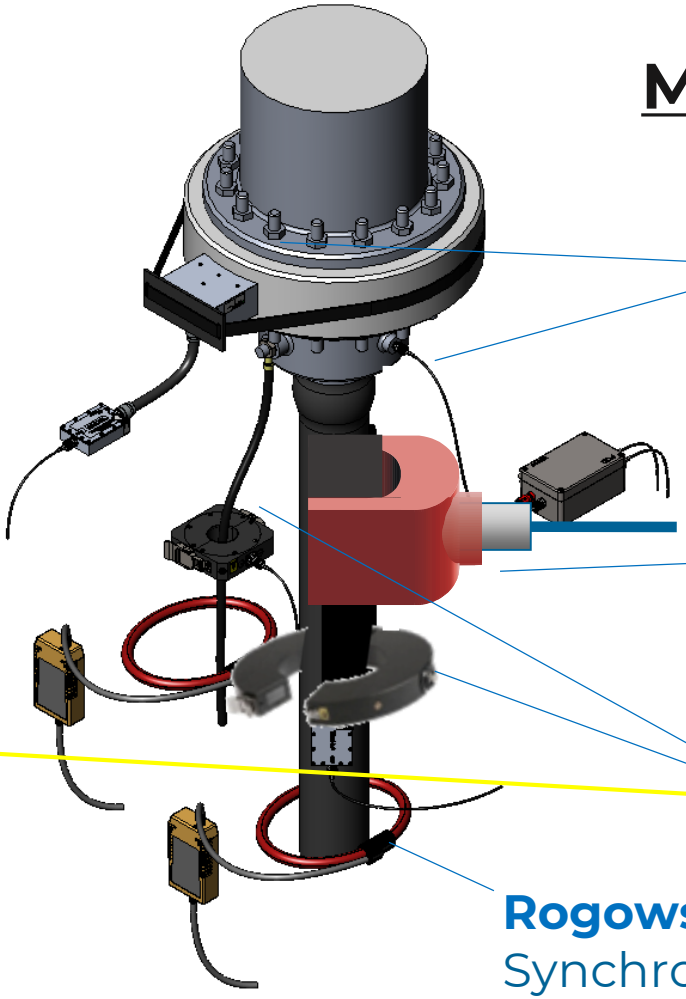


U-Cap Sensor
(kapazitiv)

Hochspannungskabel

Vorort-Online-Teilentladungsdiagnosen

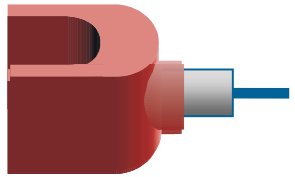
AQUILA™



Messung Endverschlüsse

UHF Antennen
interne oder externe

U-Cap Sensor/
HF-/VHF-Antenne



HFCTs
HF-Stromwandler

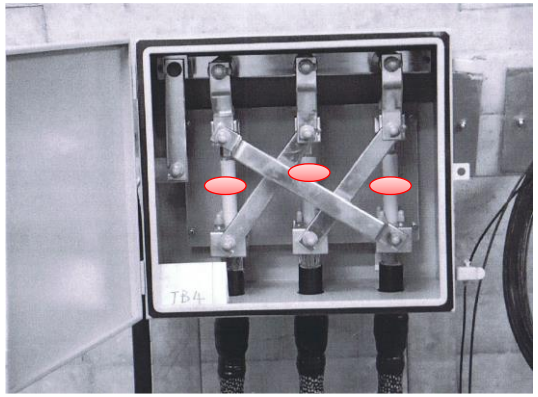
Rogowski Spule
Synchronisation

Hochspannungskabel

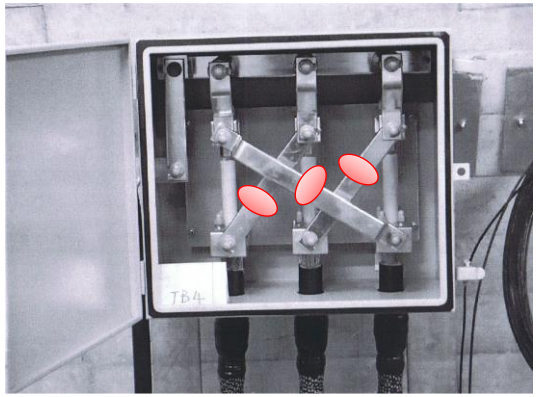
Vorort-Online-Teilentladungsdiagnosen

Messung Muffen

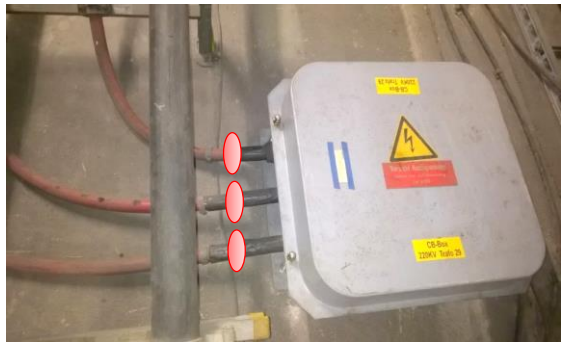
AQUILA™



HFCT um Erdverbindungskabel in der Linkbox



HFCT um Cross-Bonding-Schienen in der Linkbox



Hochspannungskabel

Online-Inbetriebnahmeprüfung

AQUILA™

&

PDCheck

Inbetriebnahmeprüfungen mittels
24h Online-TE-Messung

Online-Zustandsdiagnosen

Vorteile

- für Datenerfassung keine Unterbrechung des Netzbetriebes, da diese online erfolgt.
- keine Belastung der Isolationsmaterialen durch erhöhte Mess- u. Prüf-spannungen
  ⇒ **Online-Messung ist 100% zerstörungsfrei**
  ⇒ **restliche Lebensdauer wird nicht reduziert**
- Zustandsbewertung unter realen Betriebsbedingungen
- pro Messtag können mehr Betriebsmittel gemessen werden als im abgeschalteten Zustand

Agenda

- Online-Zustandsdiagnose (Mittel- u. Hochspannungskabel)
- Monitoring Mittelspannungskabel
- Monitoring Hochspannungskabel

FALCON TE-Monitoring für MS-Kabel

TEILENTLADUNG

SYNCHRONISATION

WEB INTERFACE

FALCON TE-Monitoring für MS-Kabel

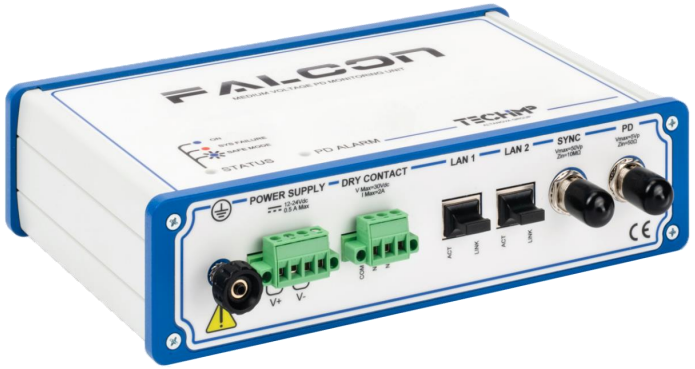
FALCON kombiniert …

Erprobte Technologie vom HS-Monitoring:

- Patentierte TF-Map & automatische Separation d. Signalquellen
- Breitband-Datenerfassung

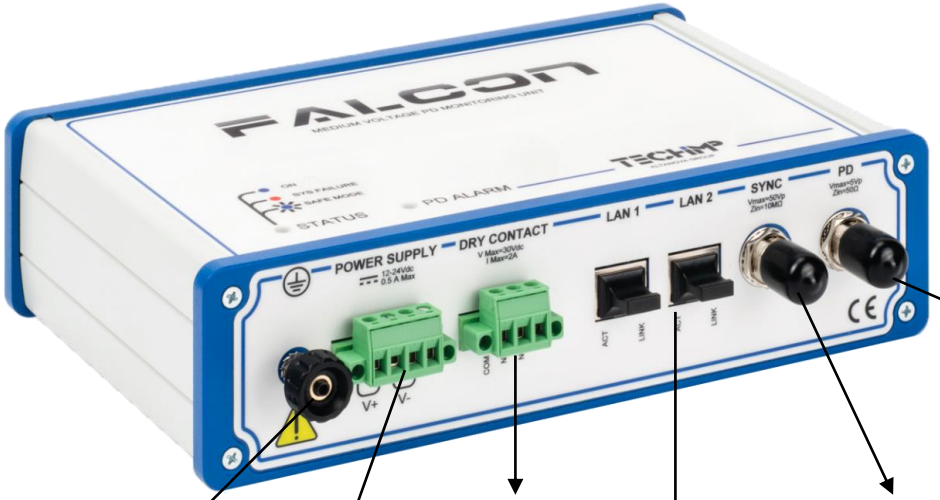
MS Anforderungen:

- Geringe Kosten
- Geringer Installationsaufwand
- Plug & Play
- Stand-alone oder Netzwerkintegration
- Wartungsfrei
- Web App



Teilentladungsmonitoring

Gerät



1 x TE-Kanal
16 kHz…30MHz, 125MS/s

Potenzialfreie
Kontakte

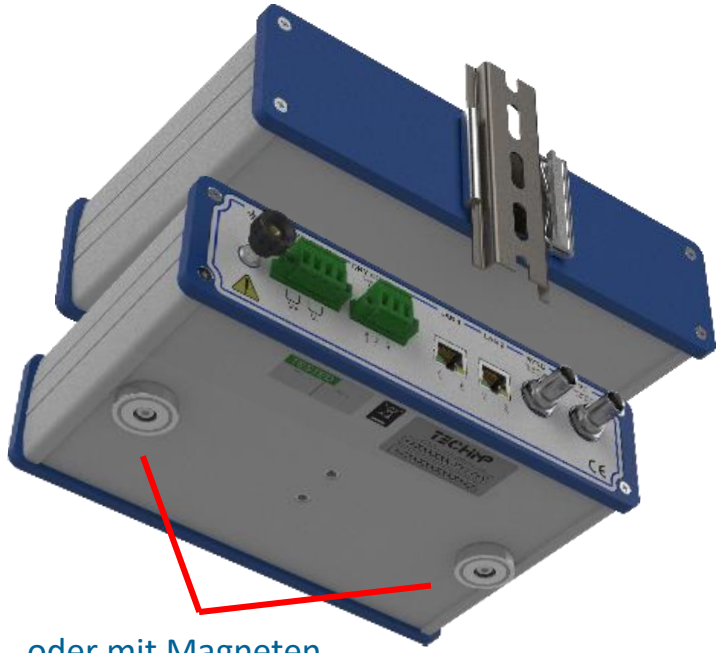
Sync-Kanal
5 Hz…5 kHz, 1MS/s

Spannungs-
versorgung
12-24 Vdc

2 x LAN Port
Unterstützte Protokolle:

- OPC UA (IEC 62541)
- IEC 61850

Installation auf Hutschiene …

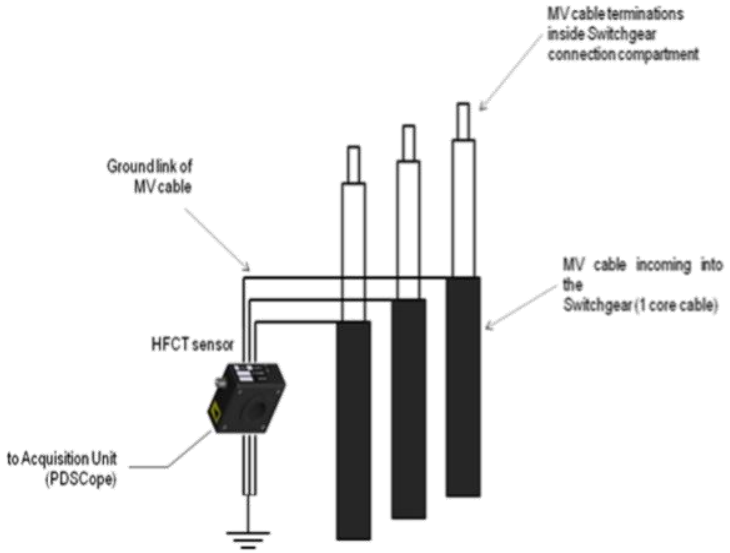


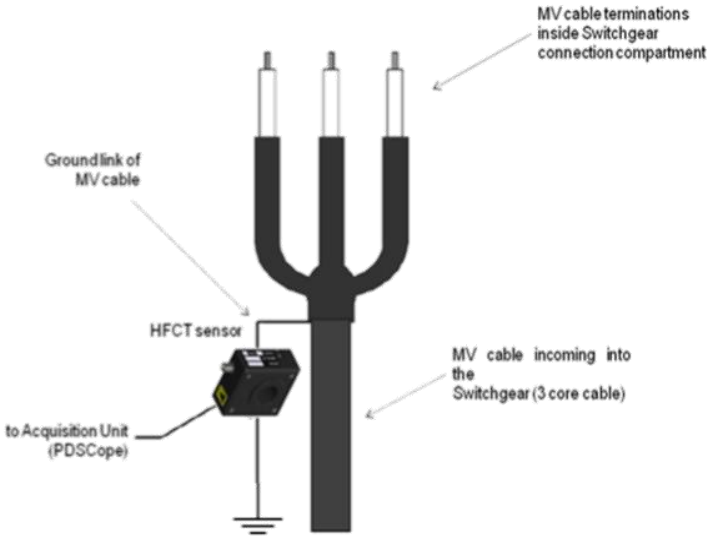
… oder mit Magneten

Teilentladungsmonitoring

TE-Sensor

HFCT-Sensoren – Installation um die herausgeführten Schirmdrähte der Endverschlüsse





FALCON TE-Monitoring für MS-Kabel

Eigenschaften

TEILENTLADUNGEN
Defekte an Kabeln, Schaltanlagen, Garnituren, Transformatoren erzeugen TE-Signale, deren Amplitudenänderung bei korrekter Messung eine Bewertung des Ausfallrisikos ermöglicht.

MESSUNG
Automatische Erkennung von Teilentladungen durch Sensoren am Endverschluss

DATENSPEICHERUNG
Historische Daten bis zu zwei Jahre abrufbar

ANALYSE
Automatische Erkennung von kritischen Teilentladungsaktivitäten

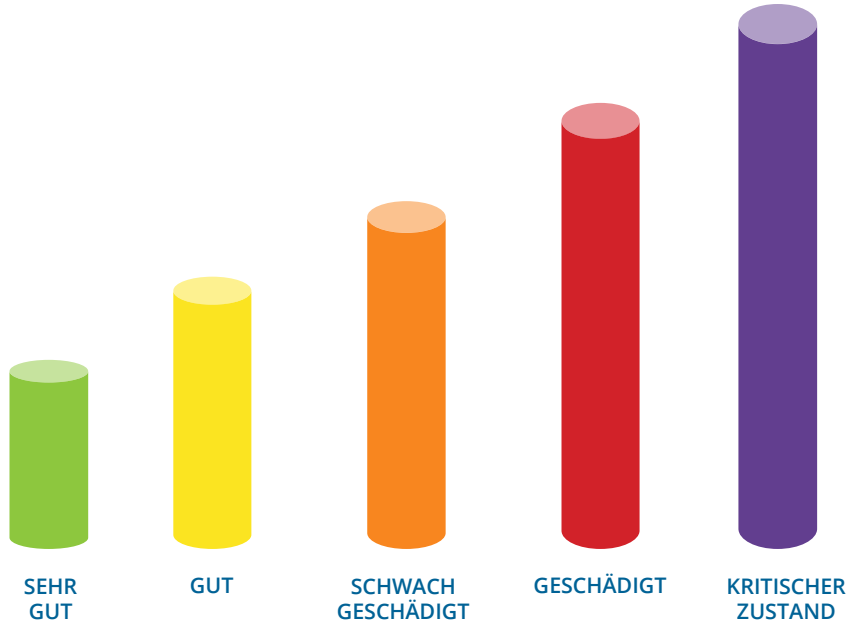
ALARM
Wartungsarbeiten nur bei Bedarf und vor einem Ausfall

FALCON TE-Monitoring für MS-Kabel

Alarmfunktion

ALARM
Wartungsarbeiten nur bei Bedarf und vor einem Ausfall

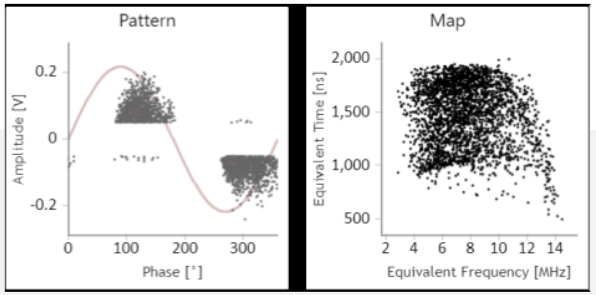
Die Zustandsbewertung des Kabels erfolgt in 5 Leveln

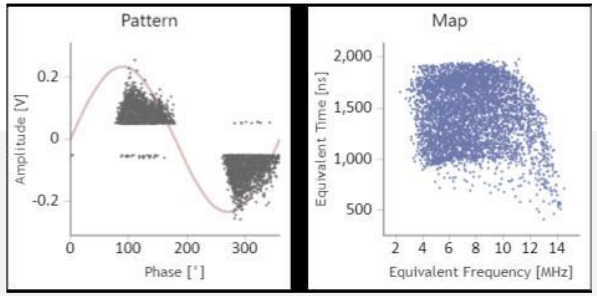


ALARMFUNKTION
Automatische Bewertung von erfassten Teilentladungen und Störsignalen mittels T/F-Map sowie intelligente, auf Trendanalyse beruhende Alarmfunktion.

FALCON TE-Monitoring für MS-Kabel

Alarmfunktion (basierend auf TF-Map)





Akquisitionen 1-9
noch bewertet als **sporadisches Phänomen**

ab 10. Akquisition bewertet als
dauerhaftes Phänomen

Filter
From: 12/25/2020
To: 01/25/2021
Go
Trends

Alarms
Qmax

6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

ALARM ← DAUERHAFT **UND** IDENTIFIKATION als TE **UND** Amplitude > Qmax_th2

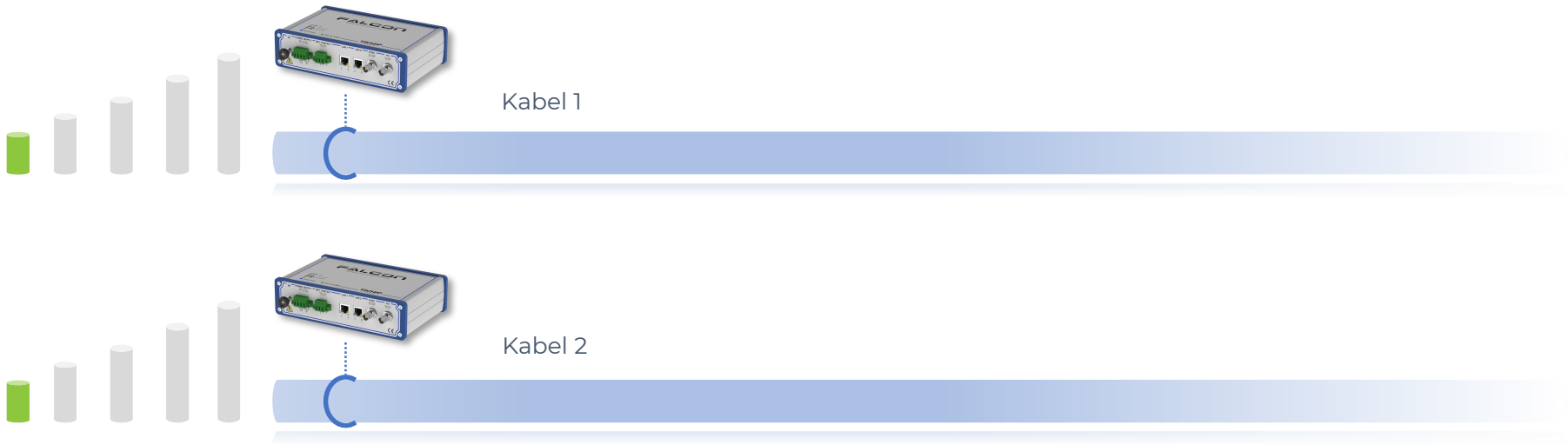
(here: evaluation window set to 5 acq.)

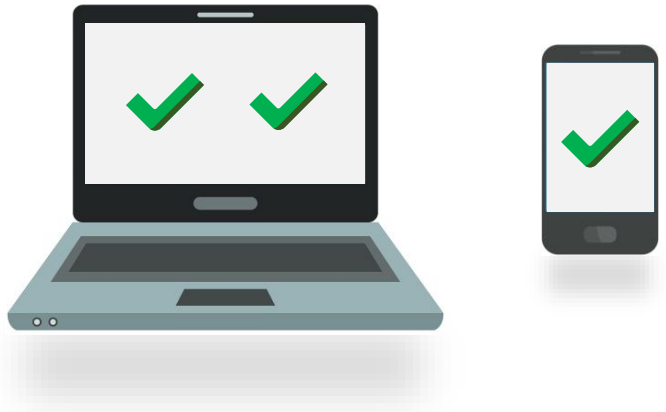
Qmean
Repetition Rate
FSync
VSync

Acquisition Details

Teilentladungsmonitoring

Web Interface



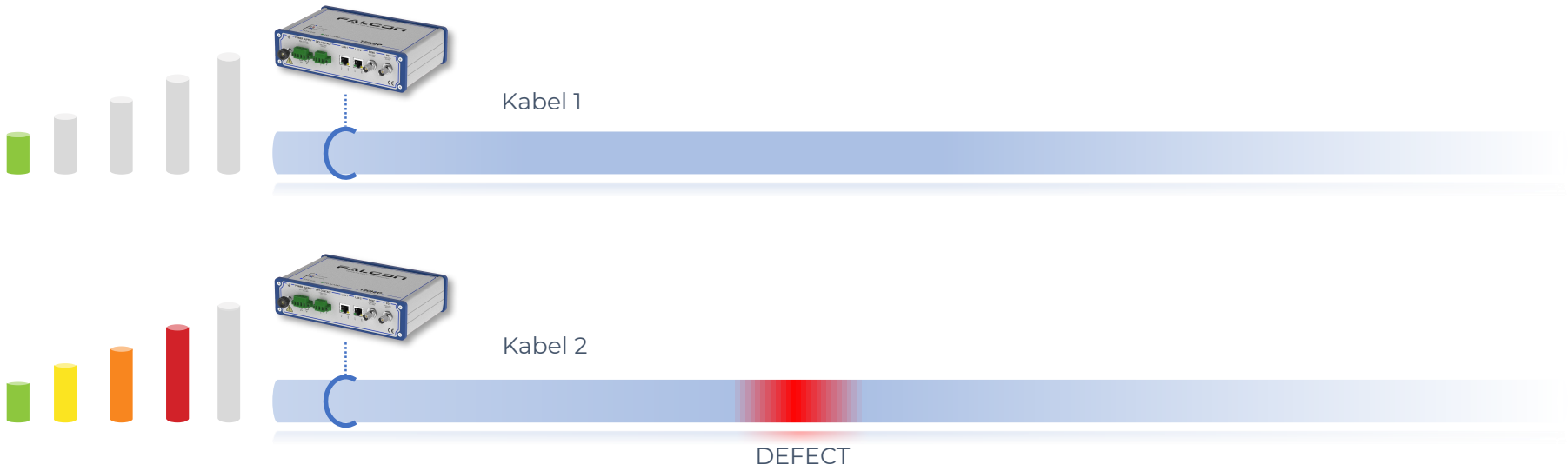


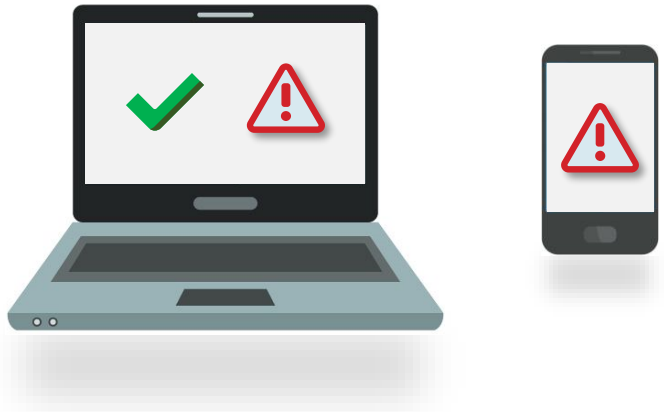
WEB INTERFACE

Alle im FALCON gespeicherten Daten sind einfach im Webbrowser abrufbar, vom Computer oder Smartphone

Teilentladungsmonitoring

Web Interface





WEB INTERFACE

Der Zustand des überwachten Kabels ist direkt nach Login erkennbar.

Agenda

- Online-Zustandsdiagnose (Mittel- u. Hochspannungskabel)
- Monitoring Mittelspannungskabel
- Monitoring Hochspannungskabel

Global Monitoring Hochspannungskabel

Permanente Überwachung hinsichtlich folgender Parameter bzw. Fehler:

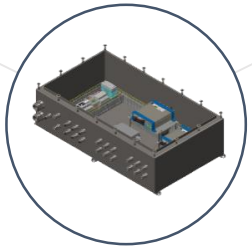
- Interne Teilentladungen im Kabel und in den Garnituren
- Oberflächenentladungen an den Endverschlüssen
- Korrosion des Schirms
- Mantelfehler
- optional DTS/DAS

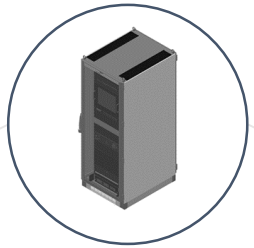
Global Monitoring Hochspannungskabel

Systemaufbau

SENSOREN

PDHUB
Einheit zur
TE-Datenerfassung





ZENTRALE
SERVEREINHEIT

SOFTWARE

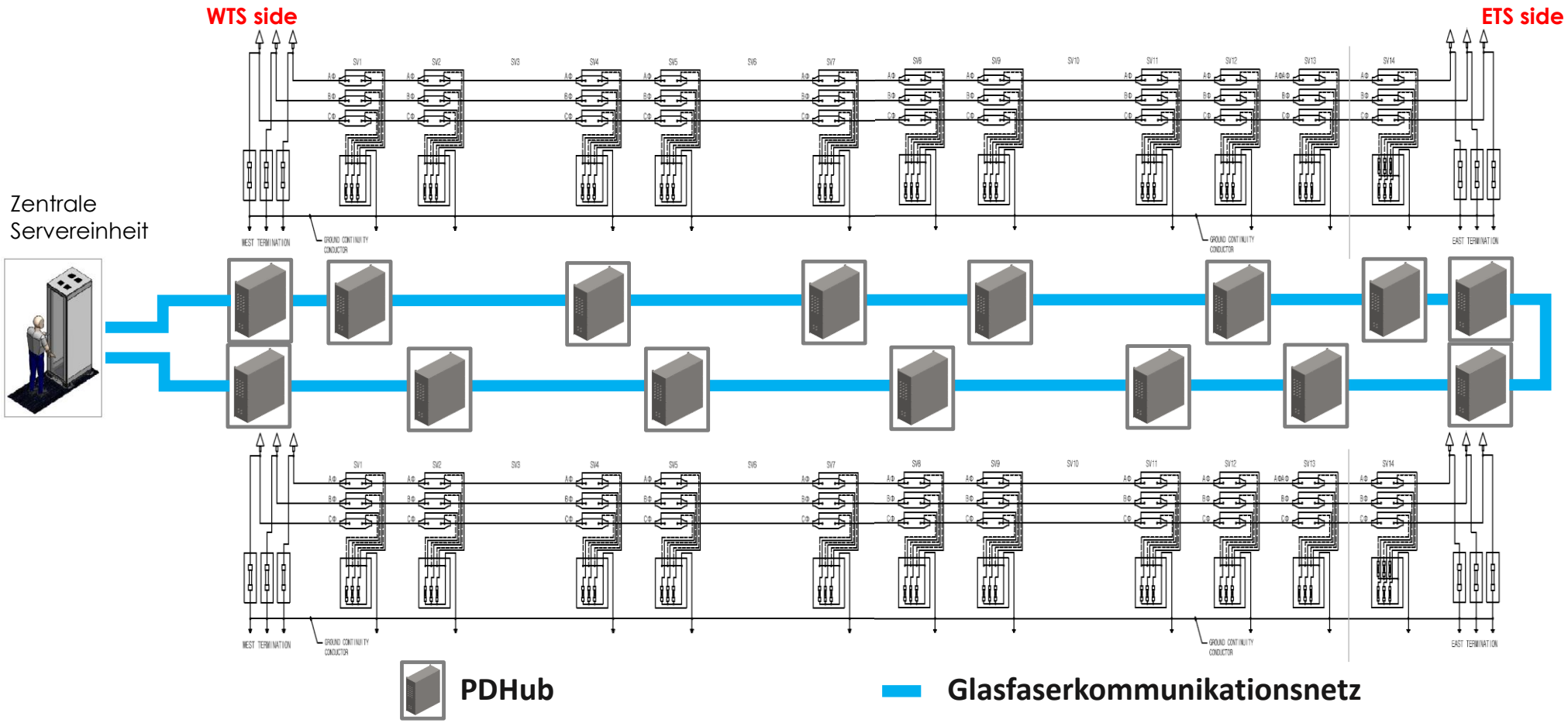
Das TE-Monitoring-System besteht aus einer zentralen Servereinheit inklusive Softwareplattform, verteilten Datenerfassungseinheiten (PDHub) und TE-Sensoren.

Die Sensoren sind mittels Koaxialkabel an die PDHub angeschlossen und dienen der Erfassung der hochfrequenten Teilentladungssignale.

Die PDHub wiederum sind über Glasfaserkabel untereinander sowie mit der zentralen Servereinheit verbunden. Auf der Servereinheit werden die erfassten Daten gespeichert und verarbeitet..

Global Monitoring Hochspannungskabel

Systemaufbau



Global Monitoring Hochspannungskabel

Systemaufbau

Spezifische Sensoren für Teilentladung, Schirm- und Leitungsströme, DTS, DAS

Leistungsstarke Erfassungseinheiten

Zentraleinheit und Systemkomponenten

Integrierte Software-Plattform

Global Monitoring Hochspannungskabel

TE-Sensoren

SENSOREN

LÖSUNG #1: HFCT in Erdungsbox

Erdungsbox (einphasig)

Koaxialkabel

ERDUNGSKABEL

Global Monitoring Hochspannungskabel

TE-Sensoren

SENSOREN

LÖSUNG #2: HFCT außerhalb Erdungsbox

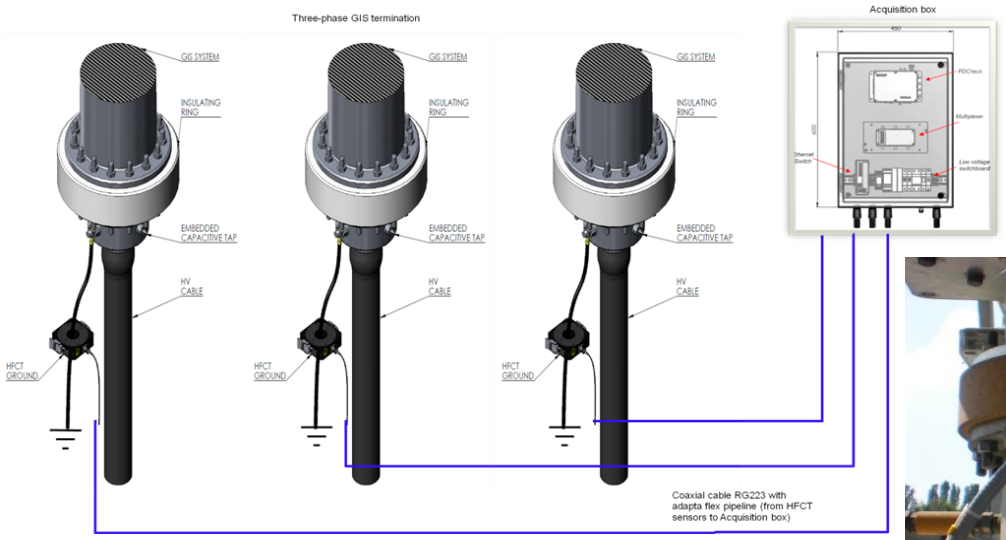
SENSORINSTALLATION AN FREILUFTENDVERSCHLUSS

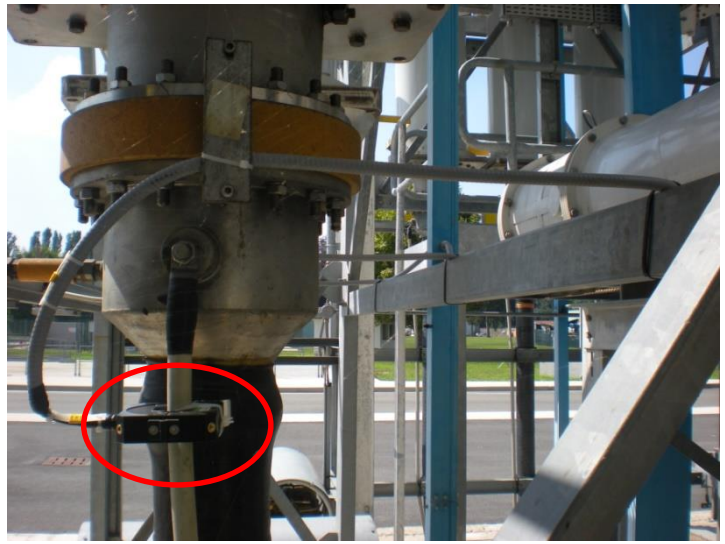
Global Monitoring Hochspannungskabel

TE-Sensoren

SENSOREN

LÖSUNG #3: HFCT-Installation an GIS-ENDVERSCHLÜSSEN





HFCT-Sensorinstallation für GIS-Endverschlüssen

Global Monitoring Hochspannungskabel

TE-Sensoren

SENSOREN

LÖSUNG #4: HFCT Installation an Transformator-Endverschlüssen

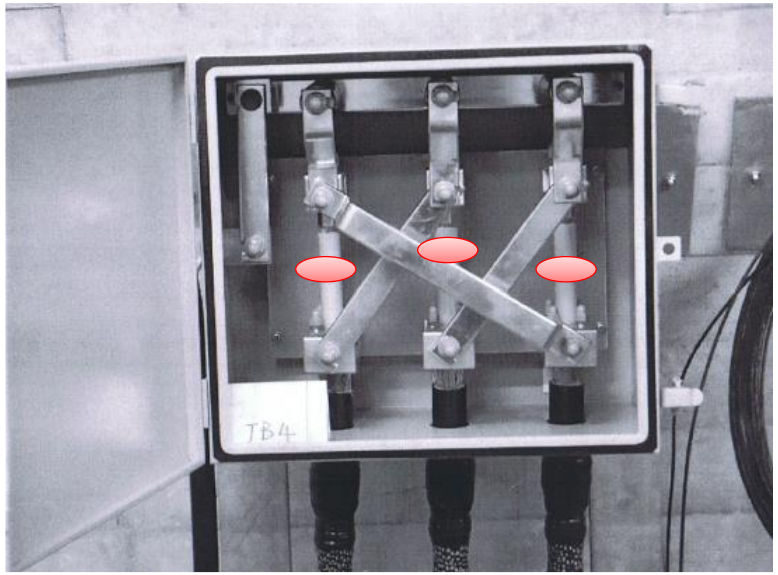
Sensoren werden um Erdungskabel der Transformator-Endverschlüsse installiert

Global Monitoring Hochspannungskabel

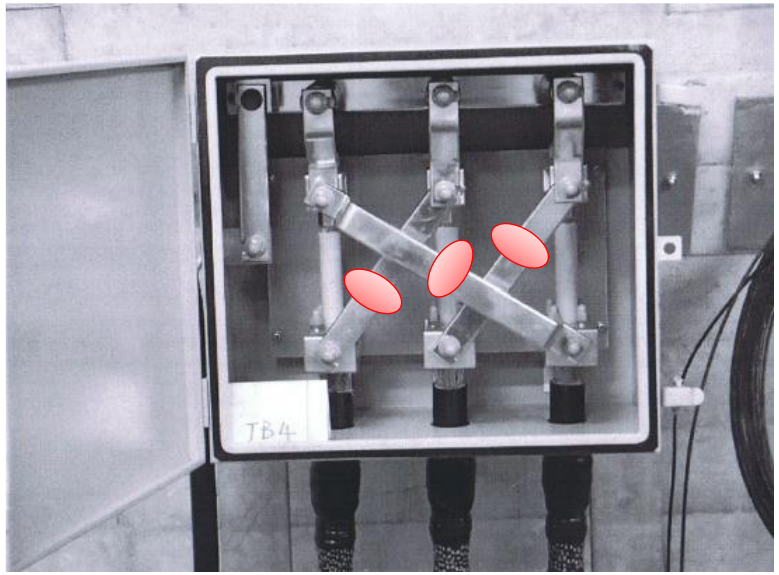
TE-Sensoren

SENSOREN

LÖSUNG #5: HFCT-Installation in Cross-Bonding Linkbox



HFCT um Erdverbindungskabel in der Linkbox



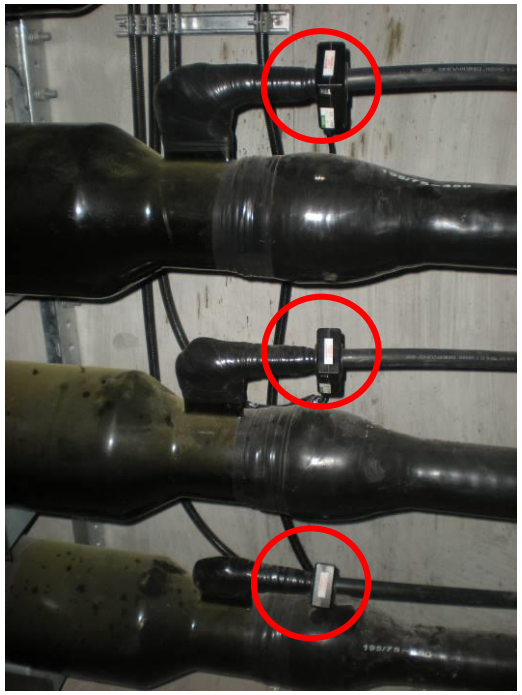
HFCT um Cross-Bonding-Schienen in der Linkbox

Global Monitoring Hochspannungskabel

TE-Sensoren

SENSOREN

LÖSUNG #6: HFCT um Erdverbindungskabel außerhalb der Link-Box



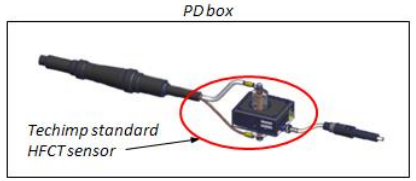
Wenn die Installation von TE-Sensoren innerhalb der Link-Boxen nicht möglich ist, können die Sensoren um die Erdverbindungskabel außerhalb der Link-Box installiert werden.

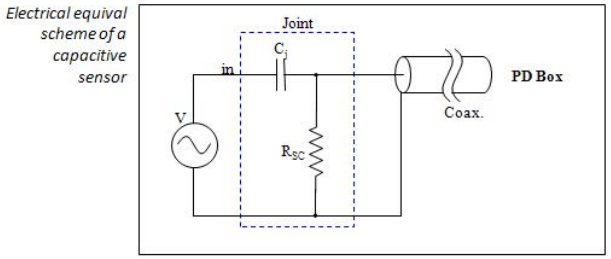
Global Monitoring Hochspannungskabel

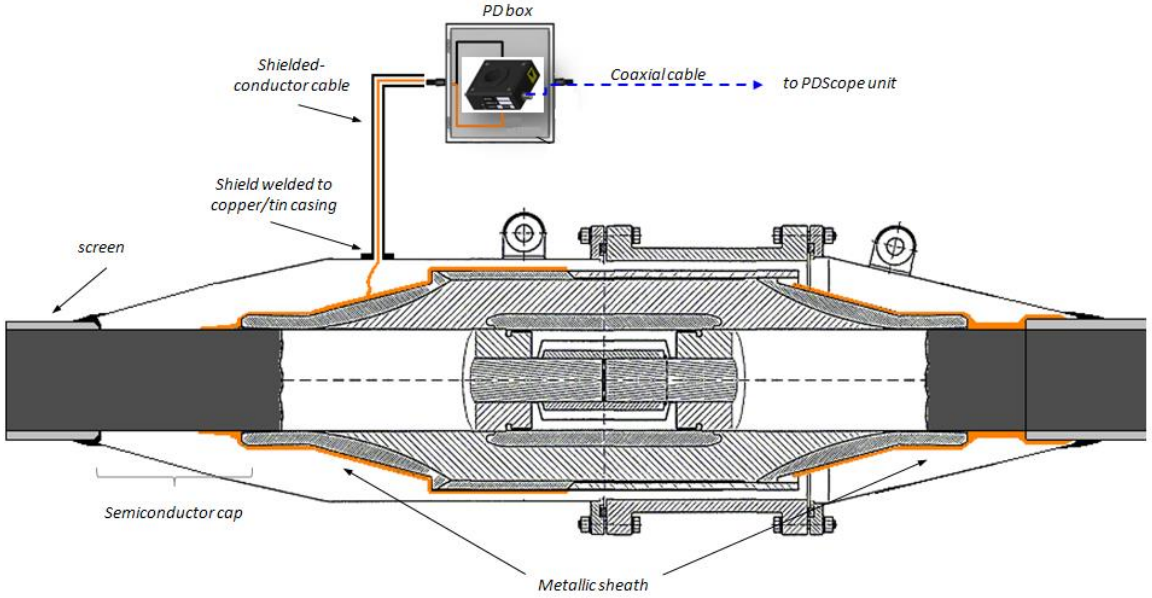
TE-Sensoren

SENSOREN

LÖSUNG #7: HFCT-Installation an VERBINDUNGEN MIT INTEGRIERTEN SENSOREN

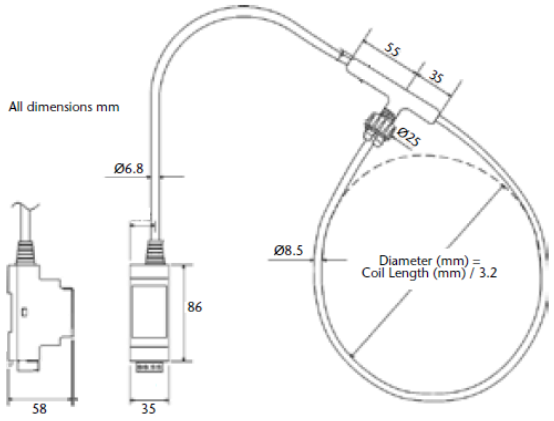




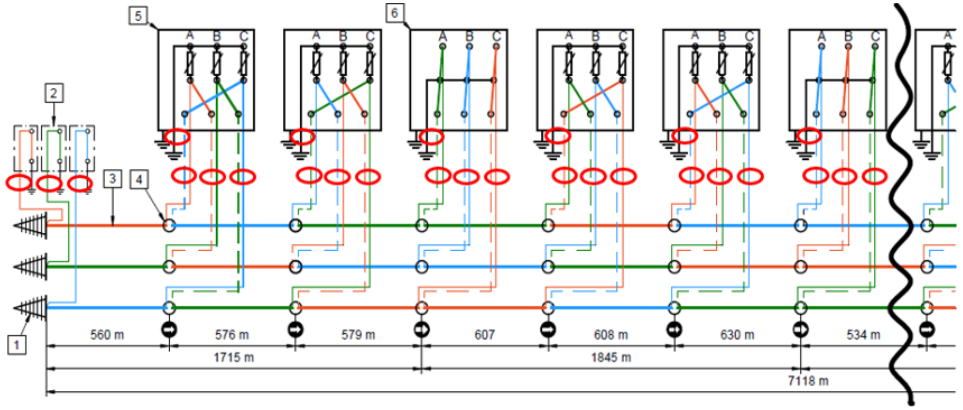


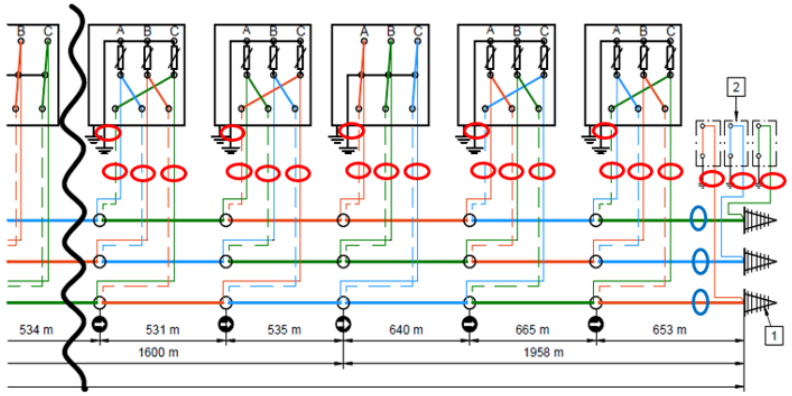
Global Monitoring Hochspannungskabel

Schirm- u. Leiterstrom-Sensoren (LFCT bzw. Rogowski)



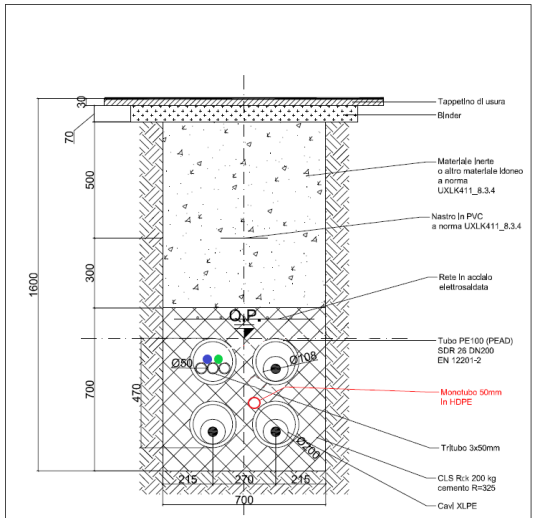
Typischer Installation von IP68-Sensoren
Bereich 100 A - 50000 A | IP68

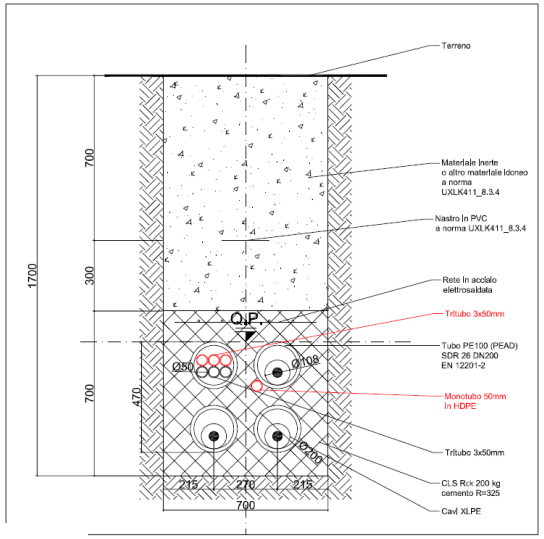


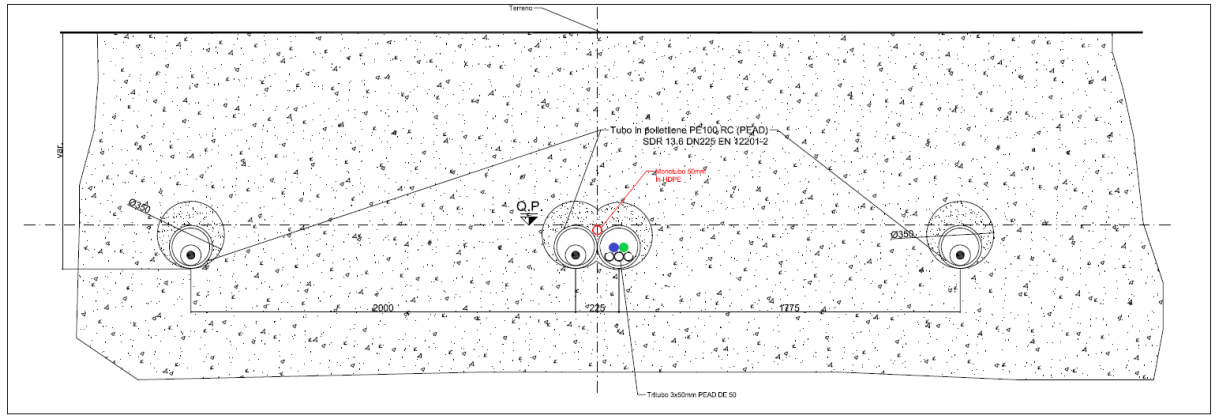


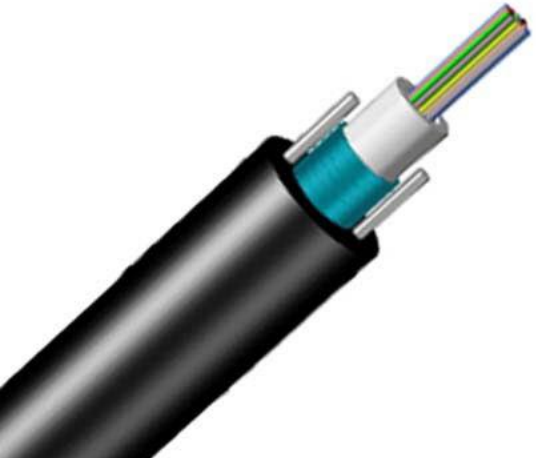
Global Monitoring Hochspannungskabel

DTS u. DAS – Sensorik über LWL









Typischer Aufbau einer Glasfaserinstallation für DTS- und DAS-Systeme

Hochwertige Multimode- und Singlemode-Fasern

Global Monitoring Hochspannungskabel

Systemaufbau

Spezifische Sensoren für Teilentladung, Schirm- und Leitungsströme, DTS, DAS

Leistungsstarke Erfassungseinheiten

Zentraleinheit und Systemkomponenten

Integrierte Software-Plattform

Global Monitoring Hochspannungskabel

Datenerfassungseinheiten

PDHUB (PD+SC+LC)

- 3/6 Kanal (erweiterbar)
  Breitbanderfassung
  TF-Map
- Bis zu 8 Schirmströme (SC)
- Bis zu 6 Leitungsströme (LC)
- Bis zu IP68
- optional: Batteriepuffer

Nur als Referenz

DTS

- Distributed Temperature Sensing
- RTTR-Softwaremodul mit thermischen Modellen
- Mehrere Kanäle
- Die technischen Daten können je nach DTS-Modell/Marke variieren

RTTR – Real Time Thermal Rating

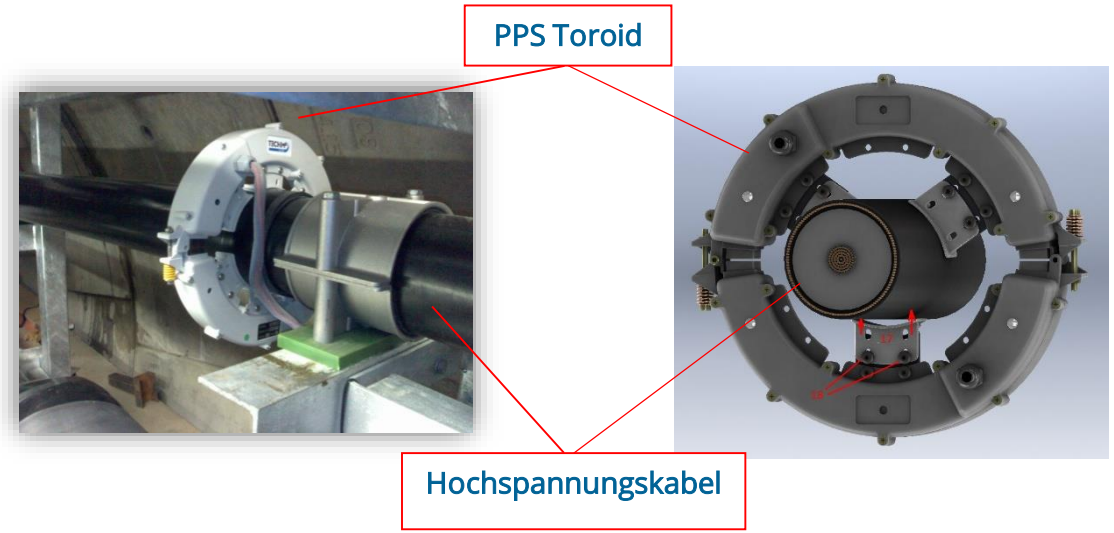
Nur als Referenz

DAS

- Distributed Acoustic System
- SW mit KI-Algorithmen
- Modelle für kurze/lange Strecken
- Technische Daten können je nach DTS-Modell/Marke variieren

Global Monitoring Hochspannungskabel

PPS - Permanent Power Supply



Die induktive Spannungsversorgung PPS wurde entwickelt, um eine permanente PE-Überwachung an Kabelmuffen zu ermöglichen, wenn an den entsprechenden Lokalitäten keine Niederspannungsversorgung zur Verfügung steht.

Das PPS-System liefert die erforderliche Niederspannung bzw. Leistung über einen induktiv mit dem überwachten Hochspannungskabel gekoppelten Toroid (siehe Bild 13). Es ist in der Lage konstante 60W @ 24Vdc sowie ein Synchronisationssignal zu liefern, sobald das Hochspannungskabel in Betrieb ist.

Das PPS-System besteht aus zwei Komponenten: Dem Toroid und einer elektronisch gesteuerte Versorgungseinheit. Abhängig von der vom TE-Monitoringsystem benötigten Leistung kann das PPS mit bis zu drei Klemmtransformatoren bis zu 60 W zur Verfügung stellen.

Global Monitoring Hochspannungskabel

Systemaufbau

Spezifische Sensoren für Teilentladung, Schirm- und Leitungsströme, DTS, DAS

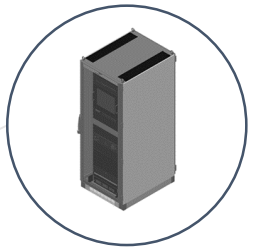
Leistungsstarke Erfassungseinheiten

Zentraleinheit und Systemkomponenten

Integrierte Software-Plattform

Global Monitoring Hochspannungskabel

Zentraleinheit mit Komponenten



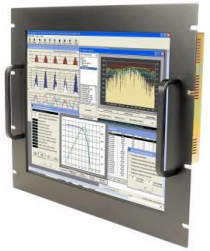
ZENTRALEINHEIT

Die "Rack-Konfiguration" der Zentraleinheit besteht aus:

- Industrial Rack 42U;
- Industrielle Server-Einheit;
- Watchdog-Einheit & Managed Ethernet switch;
- 17” LCD-Monitor + Tastatur (rack mounted);
- USV-Einheit;
- Rack-Temperaturregelung;
- TiSCADA Software Suite;
- DTS & DAS Einheiten

Industrielle Server-Einheit

Watchdog



LCD-Monitor

USV-Einheit

TISCADA

Global Monitoring Hochspannungskabel

Systemaufbau

Spezifische Sensoren für Teilentladung, Schirm- und Leitungsströme, DTS, DAS

Leistungsstarke Erfassungseinheiten

Zentraleinheit und Systemkomponenten

Integrierte Software-Plattform

Global Monitoring Hochspannungskabel

Integrierte Softwareplattform

DAS

Integrierte Software-Plattform für Datenabruf, Alarme und Datenexport

DTS+RTTR

Nur als Referenz

TE + Schirm- + Leiterströme

IEC61850

MQTT/104

Global Monitoring Hochspannungskabel

Integrierte Softwareplattform

Die integrierte Software-Plattform bietet erweiterte Möglichkeiten zur kundenspezifischen Visualisierung von **aktuellen** und **historischen Daten**:

- **Synoptic und Detailansicht** zeigen sämtliche TE, Schirm-/Leiterströme, Trendlinien und Alarme.
- **Tree View** zeigt alle DTS, Datenquellen (z.B. punktuelle Temperaturdaten), Strukturen (Kabel), und RTTR Details nach Projekten.
- **Eigenschaftenfenster** mit den Eigenschaften des ausgewählten Elements.
- **Temperaturprofildiagramme** mit einzelnen oder mehreren Temperatur- und Leitertemperaturprofilen. Eine Bildlaufleiste ermöglicht die Visualisierung von aktuellen und historischen Daten.
- **Verlaufsfenster** mit Sensor- und Leitertemperatur sowie aktuellen Daten über die Zeit.
- **Bewertungsübersicht** mit allen wichtigen Informationen über den Status und die Bewertung einer Schaltung.
- **Bewertungsdiagramme**, die die Sensor- und Leitertemperaturen sowie die aktuelle Last für die vergangene und zukünftige Zeit anzeigen.
- **Fenster mit Zonenansicht**, das den Status und die Daten von Zonen und Alarmdaten innerhalb eines Projekts anzeigt.
- **3D-Ansichtsfenster**, in dem Temperaturdaten über Zeit und Ort als Falschfarbendarstellung angezeigt werden.

Global Monitoring Hochspannungskabel

Integrierte Softwareplattform

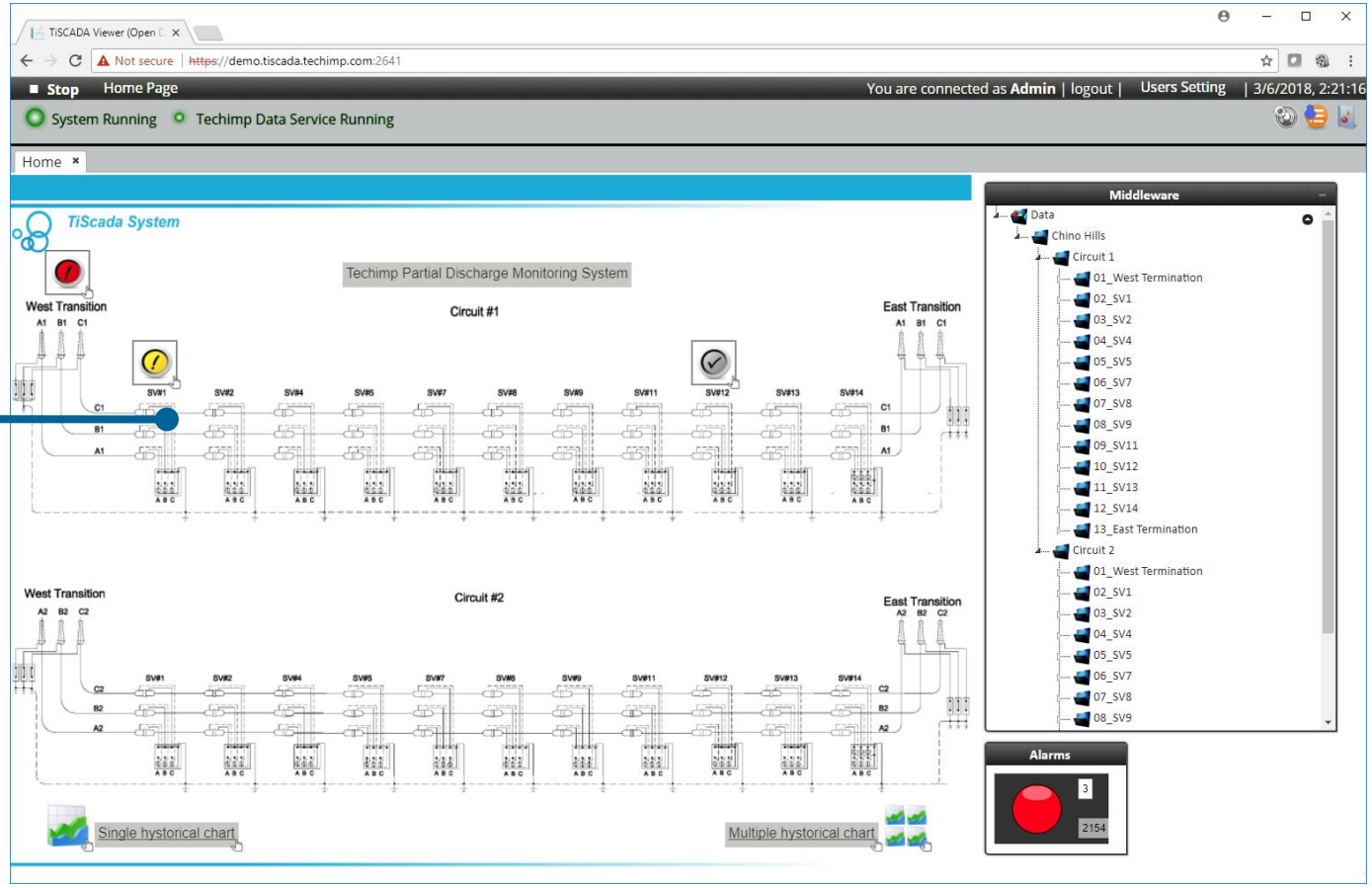
Erweiterte Ansichtsfenster mit benutzerdefinierten Ansichten von:

- Karten mit einem oder allen Kabelverläufen
- Farbverlaufsdarstellungen der berechneten Kabelleitertemperaturen
- Farbverlaufsdarstellungen der gemessenen Temperaturen
- Bewertungsübersichten
- Diagramme
- Punktuelle Temperaturdaten
- Alarm-, Voralarm- und Fehlerstatus der Zonen zusammen mit der gemessenen maximalen, mittleren und minimalen Temperatur
- Kundenzeichnungen, Bilder und Karten können als Hintergrund verwendet werden

Daten aus einer Datenbank können von mehreren Clientcomputern und/oder über mehrere Bildschirme für jeden PC leicht visualisiert werden.

Global Monitoring Hochspannungskabel

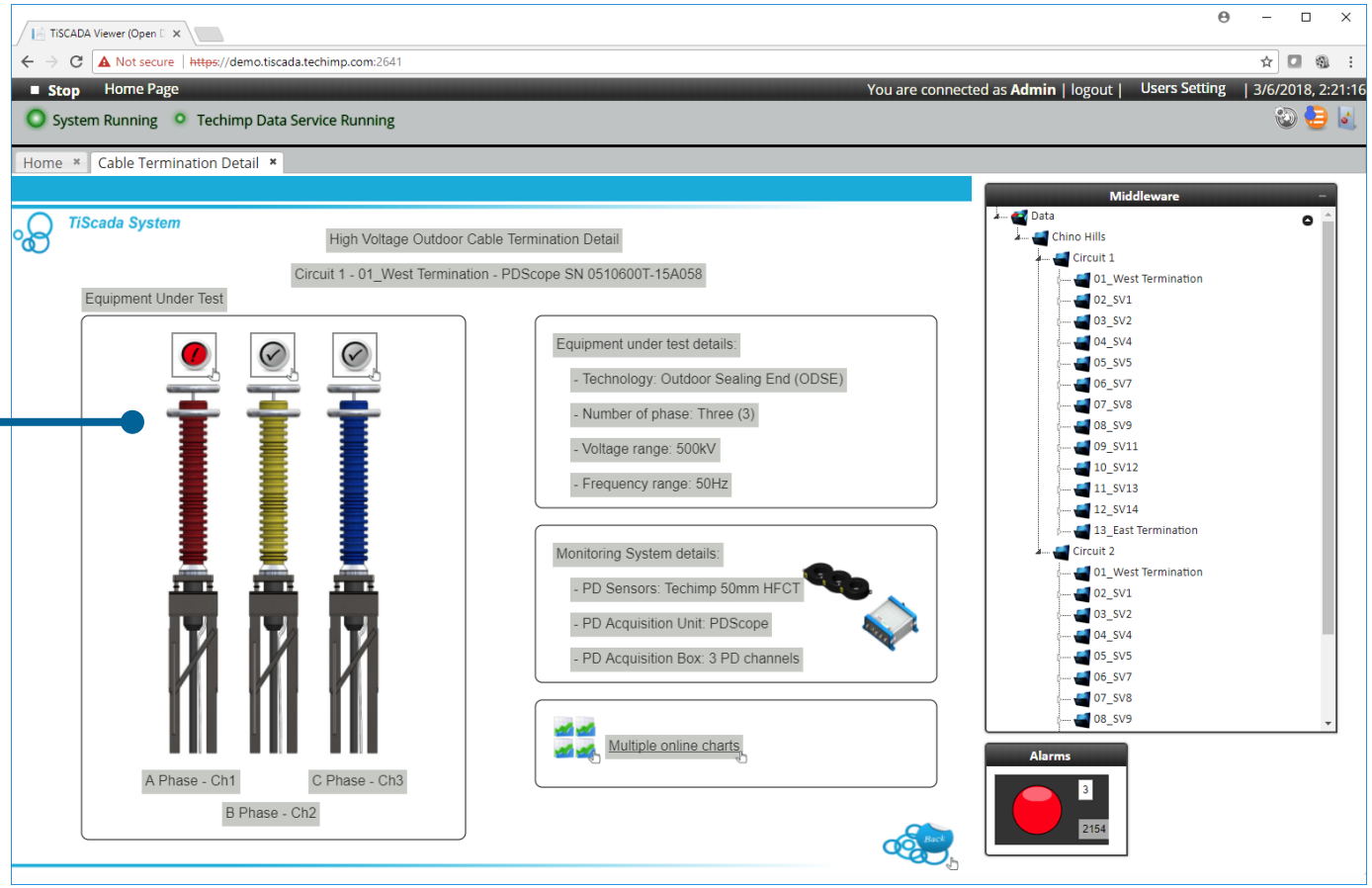
Integrierte Softwareplattform - **Beispiel**



HAUPTANSICHT DER TEILENTLADUNGSALARME
(ALS REFERENZ)

Global Monitoring Hochspannungskabel

Integrierte Softwareplattform - **Beispiel**

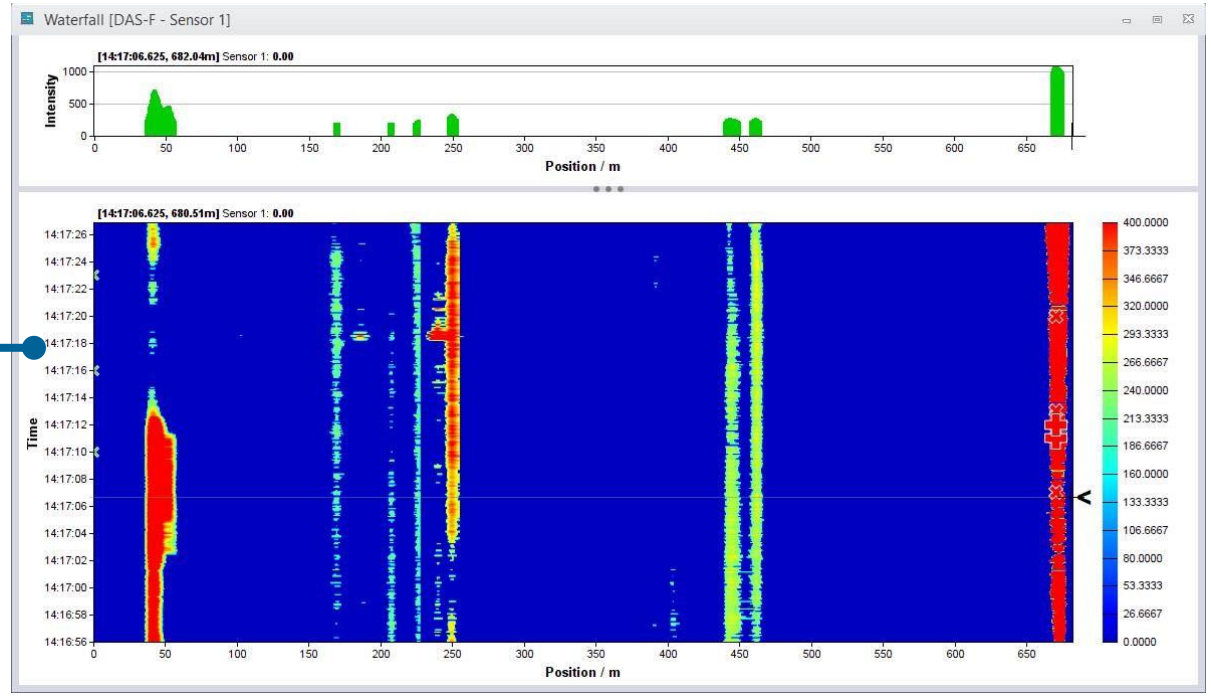


ANSICHT GARNITUREN TE (ALS REFERENZ)

Global Monitoring Hochspannungskabel

Integrierte Softwareplattform - **Beispiel**

Nur als Referenz



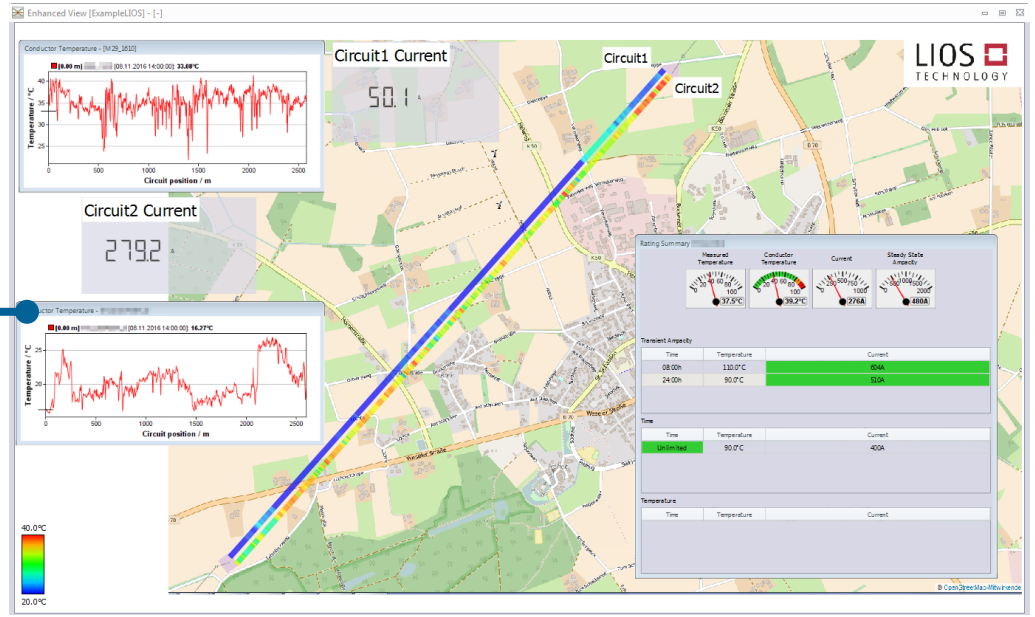
WASSERFALLDIAGRAMM (DAS)
Dieses Diagramm zeigt die Intensität des gemessenen Signals in Falschfarbe über Zeit und Distanz.
Vom System erkannte Ereignisse oder Alarme werden ebenfalls in diesem Diagramm hervorgehoben.

Die Signale können über die gesamte Faserlänge betrachtet werden, aber es ist auch möglich, das Diagramm zu vergrößern und zu verkleinern sowie die Anzeige über die Zeit und/oder den Abstand zu verschieben.

Global Monitoring Hochspannungskabel

Integrierte Softwareplattform - **Beispiel**

Nur als Referenz

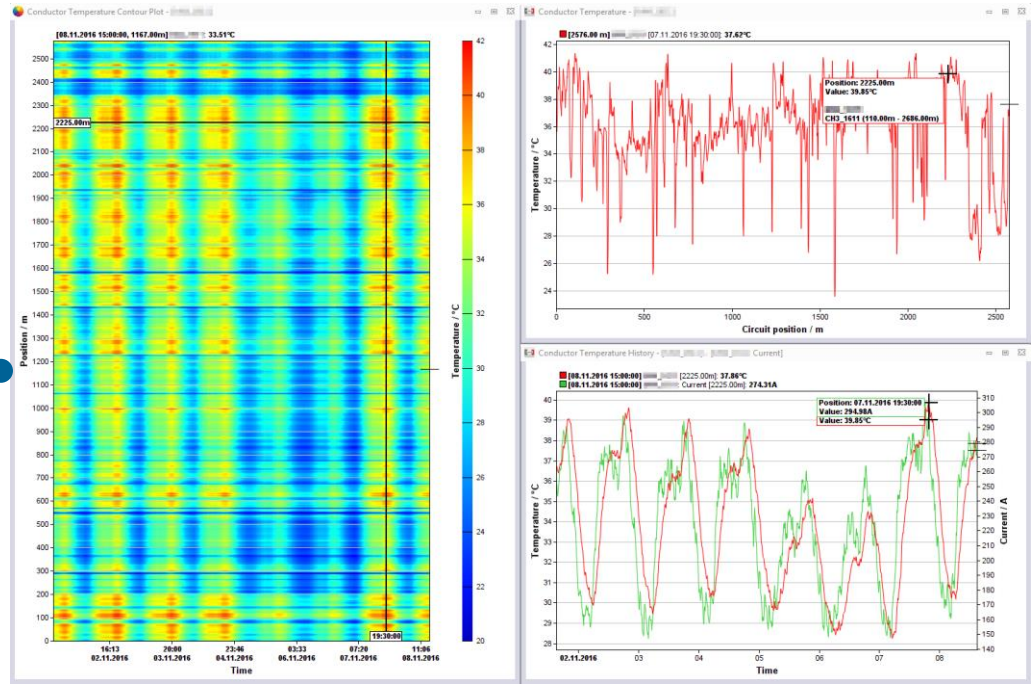


Verbesserte Ansicht mit Leitertemperaturprofilen und RTTR-Ergebnissen

Global Monitoring Hochspannungskabel

Integrierte Softwareplattform - **Beispiel**

Nur als Referenz



KONTURDIAGRAMME (DTS) zeigen Falschfarbendarstellungen der Leitertemperaturen über Zeit und Position. Sie ermöglichen die einfache Identifizierung kritischer Zeiten und Orte durch die Analyse von bis zu etwa tausend Leitertemperaturprofilen innerhalb eines Visualisierungsfensters.

KONTURDIAGRAMM DER LEITERTEMPERATUREN ÜBER ZEIT UND POSITION

ALTANOVA
A DOBLE COMPANY

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Reinhold Franz

Techimp Germany GmbH

rfranz@doble.com Tel.: +49 (0)5724 3997400 Mob.: +49 (0)151 19456260

www.altanova-group.com

www.doble.com

©2022 Altanova Group. All Rights Reserved.