



Diagnose von MS- Kabeln und Transformatoren

Andreas Porsche
Viktor Naumow

Die KOOPMANN Gruppe

- 40 Jahre Erfahrung
- Über 400 Mitarbeiter
- 24/7 Bereitschaftsdienst



Führender Dienstleister in der ENERGIE- UND ELEKTROTECHNIK



Übersicht von Dienstleistungen in Windparks an Kabeln 20 bis 110 kV

Kabelmesstechnik :

Normprüfungen nach Inbetriebnahmen und Reparaturen an MS-Kabeln
Zustandsdiagnosen an MS-Kabeln
 begleitend zur Inbetriebnahmeprüfung (TE, Fingerprint)
 am Ende der Garantiezeit
 im Rahmen von Repoweringprojekten
genaue Lokalisierung der ermittelten TE-Schwachstellen
GPS-Kabeltrassierung
Mantelprüfung und -fehlerortung
Durchführung von Reparaturen – Muffen und Endverschlüsse

weitere Servicebereiche

Wartungsservice an fast allen Elektroanlagen im Windpark an
Transformatoren
Schaltanlage
Schutztechnik
Blitzschutz, Erdungstechnik
- inklusive Reparaturen und Errichtung von Neuanlagen

Neuerrichtung von Schaltanlagen (turn key) bis 110 kV sowie **Betriebsführungen für Windparks** unter Einhaltung höchster Sicherheitsstandards

Kabelmesstechnik in Zahlen

- **Kabelprüfung, Kabelfehlerortung und Diagnose bis 380kV AC, 525kV DC**
- Über 2.500 Messeinsätze pro Jahr
- 15 Kabelmesswagen MSP (VLF-Prüfung bis 60kV/ 25 μ F)
- 1 Schaltanlagenmesswagen
- 1 Kabelmeßsystem HSP (ein weiteres in Beschaffung)
- 1 HV Resonanzprüfanlage bis 260kV AC
- 1 HV-DAC Anlage bis 250kV

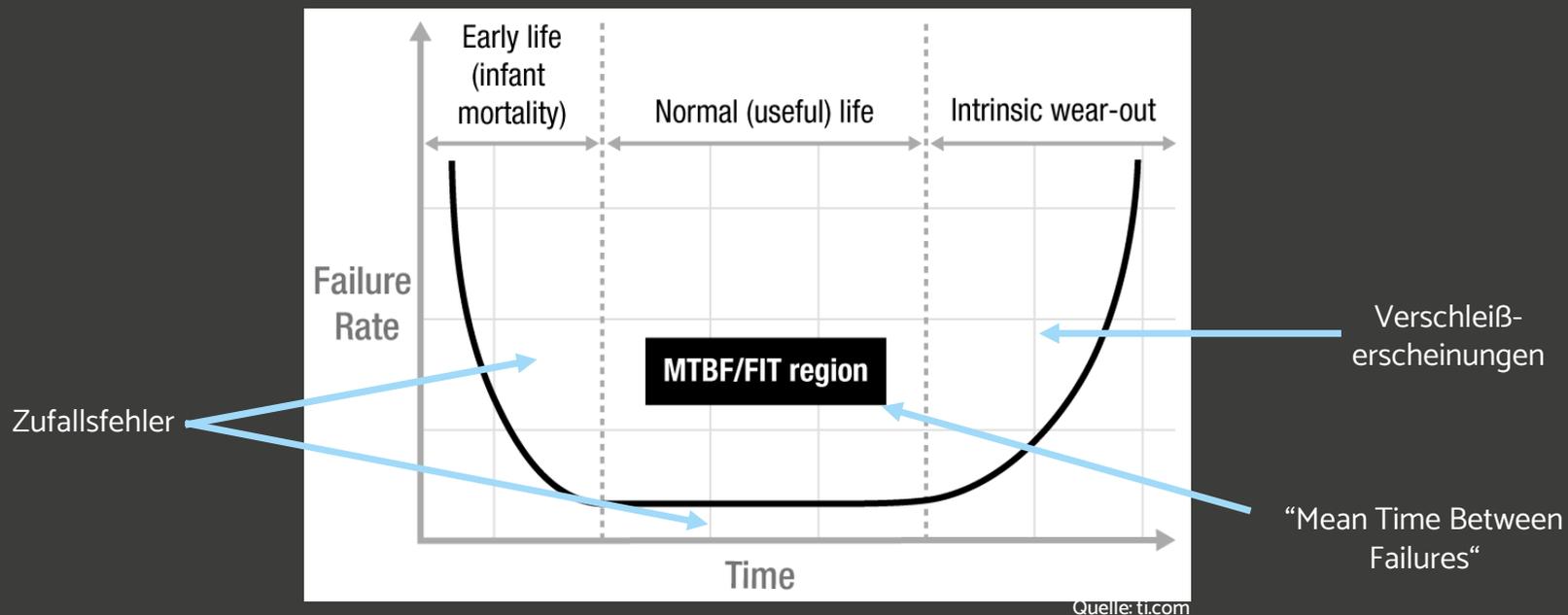
15 STATIONSBAU
Koopmann
Energie- und Ele



Wir sind für Sie da!
0800 4520257

Was bedeutet Kabeldiagnose?

- Kabeldiagnose bedeutet das Auffinden lokaler Schwachstellen unterschiedlicher Ursachen so wie eine Aussage über den allgemeinen Alterungszustand einer Kabelanlage. Durch Kabeldiagnose kann man Ausfälle durch Kabelfehler im laufenden Netzbetrieb vermeiden und Instandhaltungsmaßnahmen effizient planen.



Warum gerade jetzt Kabeldiagnose in Windparks

Inbetriebnahmeprüfungen mit begleitender Teilentladungsmessung

- kombiniert die vorgeschriebene Prüfung laut VDE mit einer „Montagequalitätsprüfung“
- Montagefehler in Garnituren und Endverschlüssen sowie beschädigte Kabelaußenmantel sind häufige Ursachen für spätere Durchschläge(Ausfälle) an Kabeln
- das **neuinstallierte Kabel soll lt. Empfehlung vom VDE Tefrei** sein

Diagnosemessung vor Ablauf der Garantiezeit

- Erkennen von Teilentladungsbehafteten Garnituren (Endverschlüsse und Muffen)
- Kabelmonteur ist verpflichtet, diese Garnituren kostenlos zu ersetzen

Diagnosemessungen an gealterten Kabeln

- Feststellen von betriebsgefährdenden Schwachstellen
- Verhinderung von Ausfällen / Stillstandzeiten und deren Folgekosten

Diagnosemessungen im Rahmen von Repowering-Projekten

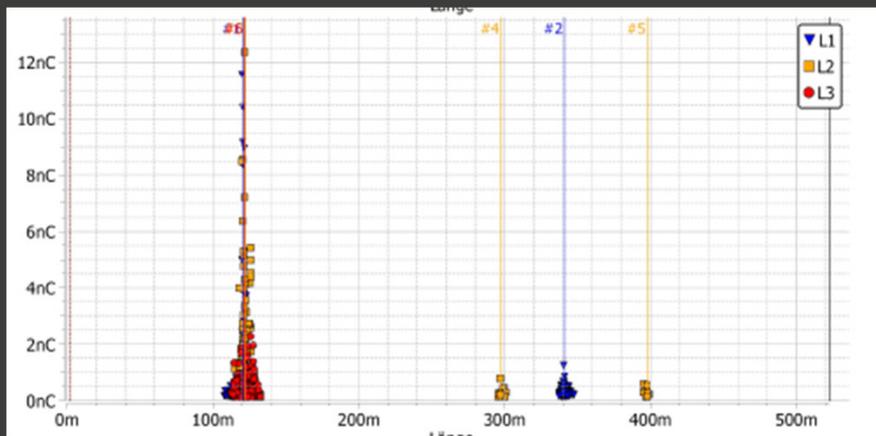
- Ziel ist festzustellen, ob eine Kabelstrecke „stillgelegt“ oder für weitere Zwecke weiterverwendet werden kann

Kabeldiagnose – Kombination von TE und TD-Messungen

➤ Spricht man von der Kabeldiagnose sind im allgemeinen 2 Messverfahren gemeint.

- **Teilentladungsmessung (TE-Messung):**

Mit dieser Messmethode ist es möglich, ortsauflösend Schwachstellen wie schlecht montierte Muffen, ausgetrocknete Papierisolierung usw. zu detektieren. Eingedrungenen Feuchtigkeit in Kabelabschnitten oder Garnituren sind mit einer TE-Messung nicht zu detektieren.

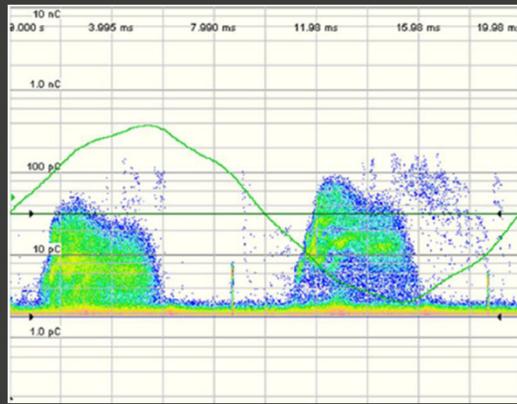


- Feststellen von Montagefehlern in Muffen und Endverschlüssen
- Bleifraß an Papier-Masse Kabeln
- Mechanische Beschädigungen

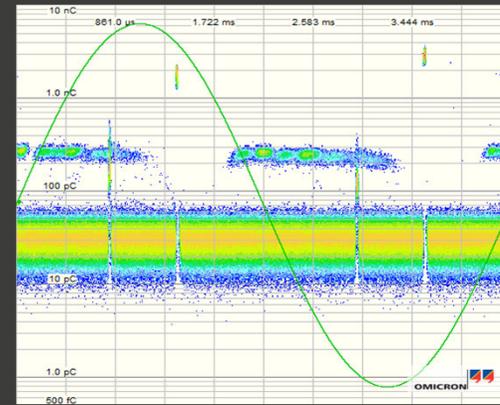
Teilentladungsmessung (online und offline)

Die Art der Teilentladung kann ich mit Hilfe von Pattern erkennen.

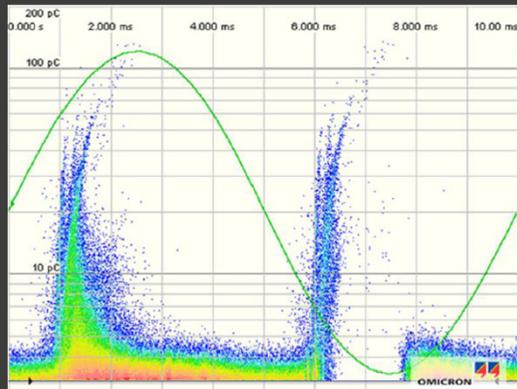
Gleitladung



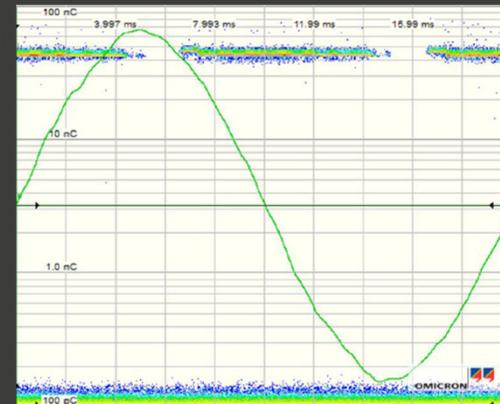
Freies Potential



Hohlraum-Entladung



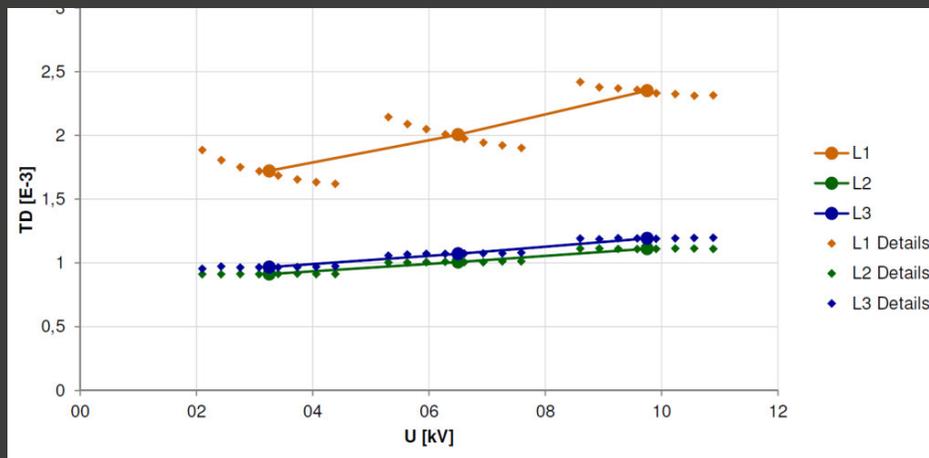
Kontaktrauschen



Tand-Delta Messung

• Tan-Delta Messung (TD-Messung) an gealterten Kabeln

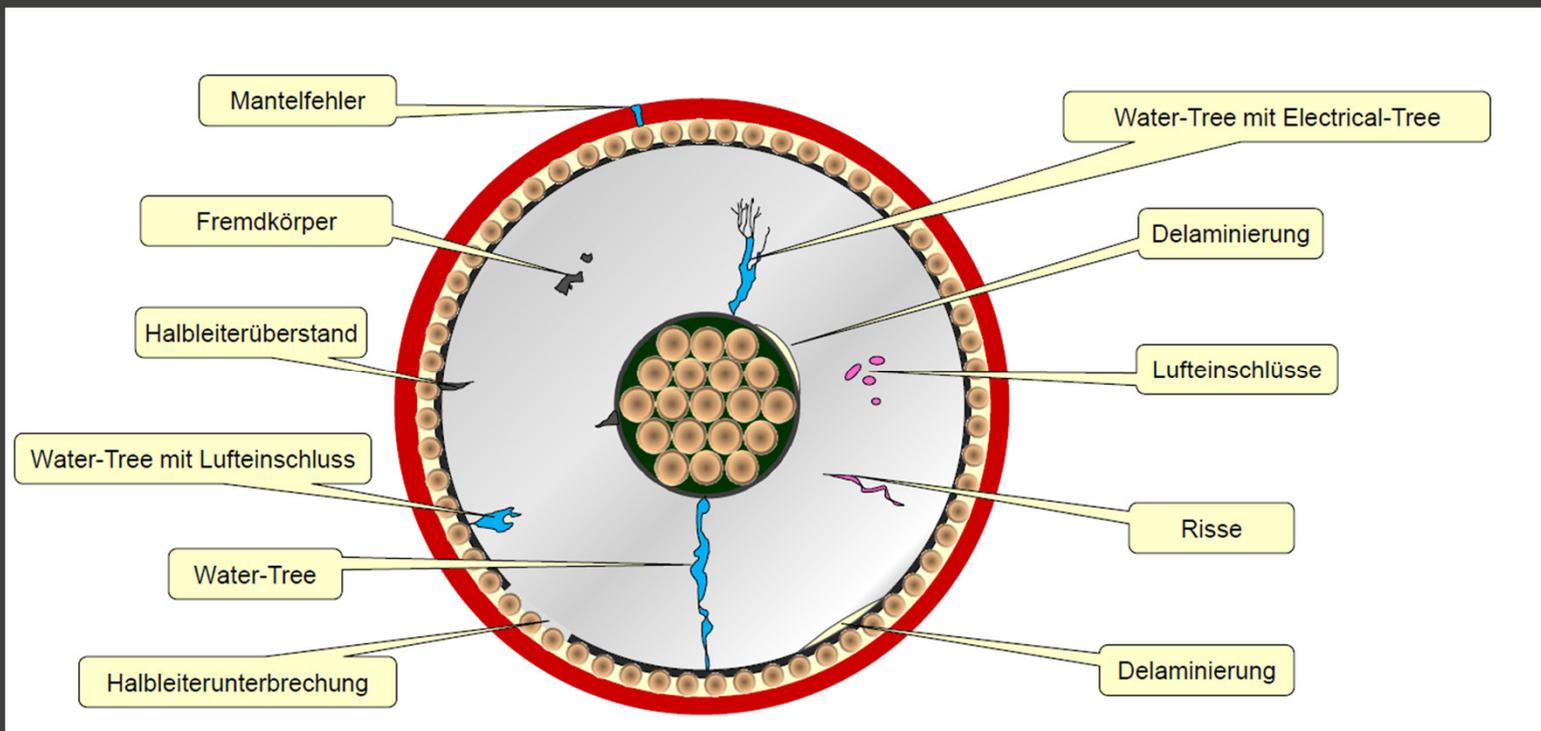
Die Verlustfaktormessung TD ist ein integrales Messverfahren. Das heißt, ich bekomme generell nur eine Gesamtaussage über den Alterungszustand der Isolierung. Mit viel Erfahrung kann man jedoch auch singuläre Schwachstellen erkennen.



Was führt zu Alterung von Kabeln?

- Temperatur
- Zersetzung der Polymerketten (bei VPE)
- Eindringen von Wasser, z.B. durch Korrosion, oder mechanische Beschädigungen
- Feldstärke – d.h. Spannungsbelastung

Ursachen für erhöhte TE oder TD-Werte



Quelle: Megger

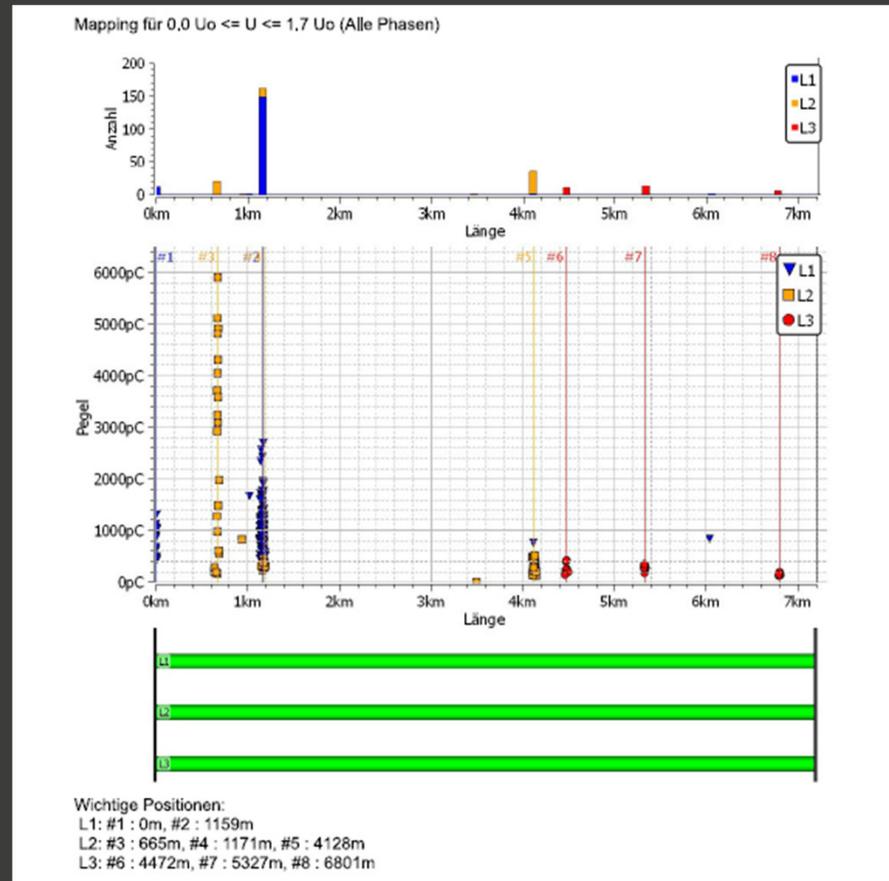
Messbeispiele

➤ 7 Windkraftanlagen plus Einspeisekabel 3.970 m :

von	nach	VLF	TDR	MFP	TE	Anmerkungen	Empfehlung
WEA 1	WEA 2	ok	465 m	ok	200 pC ab 1,7 Uo EV		WH 4 Jahre
WEA2	WEA3	ok	683m	ok	2 nC 1,6 Uo EV L2	L2 4 m kürzer	Untersuchung EV, dann WH
WEA3	WEA4	ok	561 m	ok	300 pC bei 1,7 Uo		WH 4 Jahre
WEA 5	Vörden	ok	3970 m	L3 MF	3656m L1 , 1200 pC bei 1,7 Uo		Nachortung von ein oder mehrerer MF, TE: WH 3 Jahre
WEA5	WEA4	ok	568 m	ok	600 pC, 106m - L1; EV bei WEA4 bei 1,7 Uo	bei 106 m möglicherweise nichteingezeichnete Muffe	TE: WH nach 3 Jahren
WEA6	WEA3/WEA7	ok	1508 m	ok	500 pC bei 1 Uo, L2 und L3	TDR: 2 auffällige Stellen (Muffen?)	WH 1 Jahr von WEA7

Messbeispiele

statt laut Norm gefordertes
TEfreies Kabel fanden wir 6
auffällige Muffen zum Teil
betriebskritisch :



Kosten für Kabeldiagnosen / KMW-Einsätze

Einzelmessung TE und TD, incl. Bericht

ab **ca 500 Euro** (TE plus TDR) plus Kosten für An- und Abfahrt

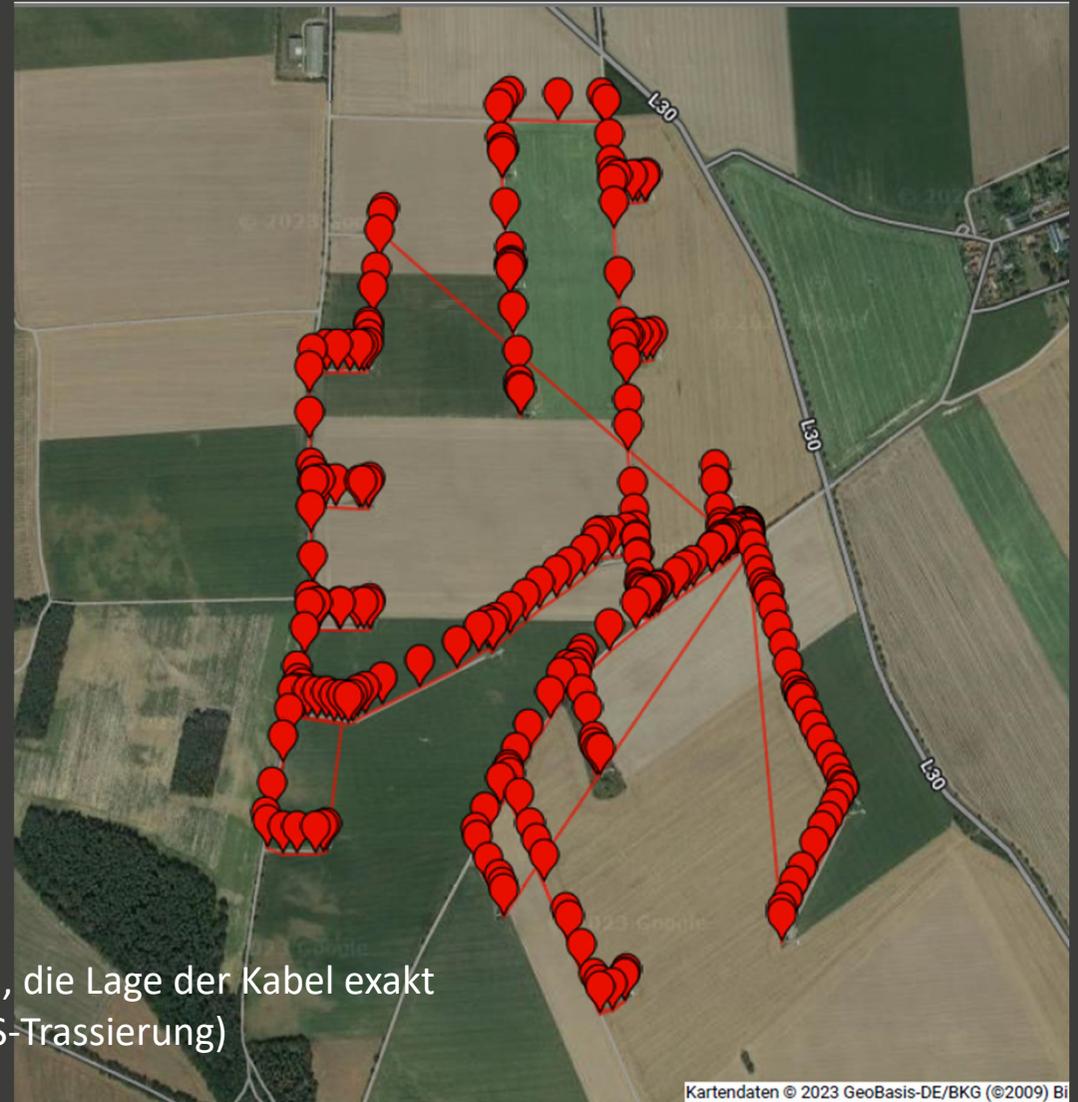
Windpark mit 7 bis 10 Kabelstrecken

bei 4 Kabelstrecken am Tag reduziert sich entsprechend der logistische
Kostenanteil

pro Tag entstehen **zwischen 2.000 und 3000 Euro** Messkosten

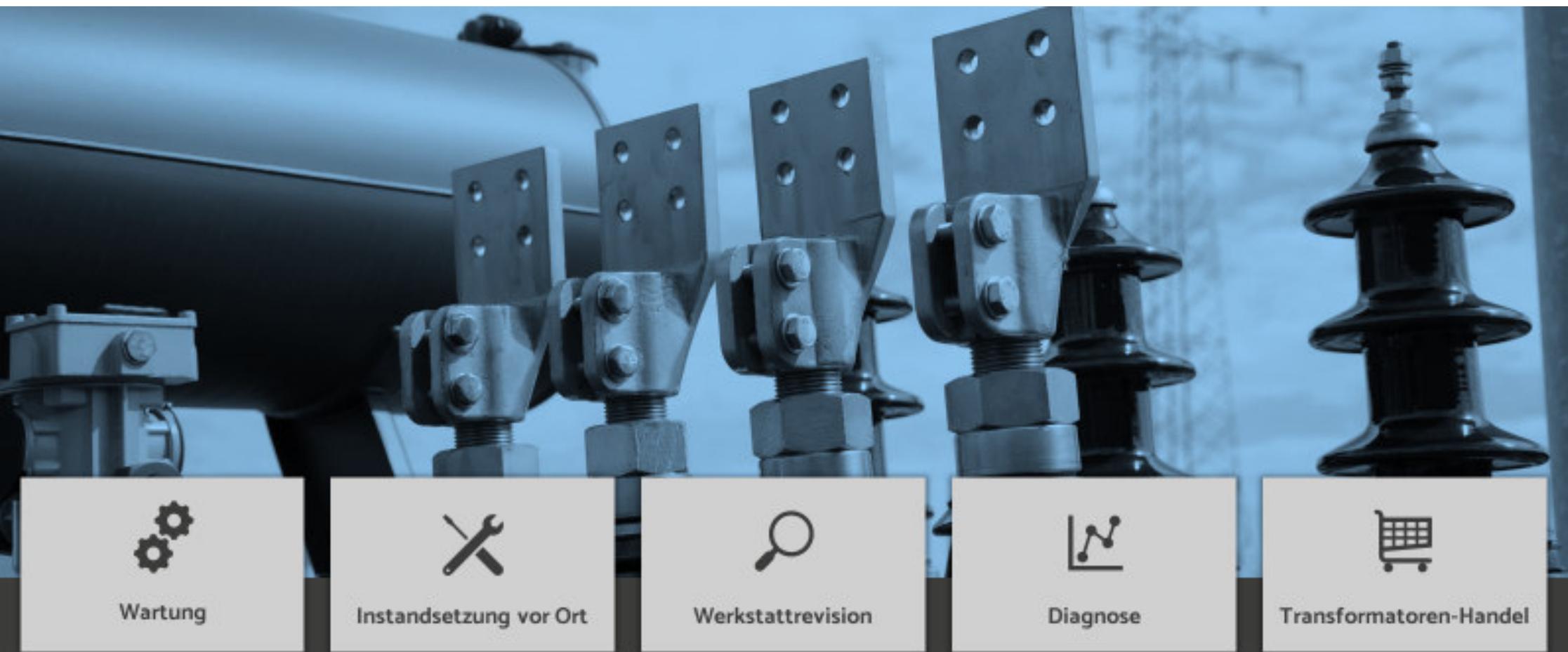
wenn der Bagger kommt

Bis zu rund zwei Stunden lang waren am Montag Kunden der Energie Baden-Württemberg (EnBW) in Malterdingen, Teningen, Kenzingen und Riegel ohne Strom.



wir können helfen, die Lage der Kabel exakt zu definieren (GPS-Trassierung)

Kartendaten © 2023 GeoBasis-DE/BKG (©2009) Bi



Leistungsspektrum Trafoservice

Zusammenschluss mit IFT 2021

- Reparatur, Wartung, Instandhaltung, Umrüstung
- Aufrüstung 110 kV
- Vermietung, Austausch, Neuinstallation, Entsorgung
- Trafolager online: hk-c.de/dienstleistungen/transformatoren
- Zustandsbewertung und Diagnose
- Eigenes Labor für Isolierflüssigkeiten



Trafowartung bei KOOPMANN

- Optische Kontrolle und Reinigung
- Elektrische Überprüfung
- Messung Isolations- und Wicklungswiderstände
- Übergangswiderstände an Anschlüssen
- Ölanalyse nach DIN EN 60422
- Optional DGA + Furan-Analyse
- Optional erweiterte elektrische Messungen
- Bei Notwendigkeit Abstimmung von Maßnahmen



Gas-in-Öl Analyse

- „Arbeitspferd“ der Zustandsbewertung
- Geringer Eingriff in Betrieb
- Früherkennung von Fehlern
- Erster Zugang zum Alterungsverlauf
- Nicht für alle Fehlerklassen ideal
- Verifikation durch andere Analysemethoden



Vielzahl diagnostischer Verfahren

- Isolations- und Wicklungswiderstandsmessung
- Übersetzungsverhältnismessung und Schaltgruppenprüfung
- Isolierflüssigkeitsprüfung nach DIN EN 60422 (VDE 0370-2)
- Gas-in-Öl Analyse (DGA)
- Furan-Analyse
- FDS/DFR- und SFRA-Messung
- Teilentladungsmessung

Mobile Ölaufbereitung



Feste und flexible Auffangwannen



Fallbeispiel Ofentransformator

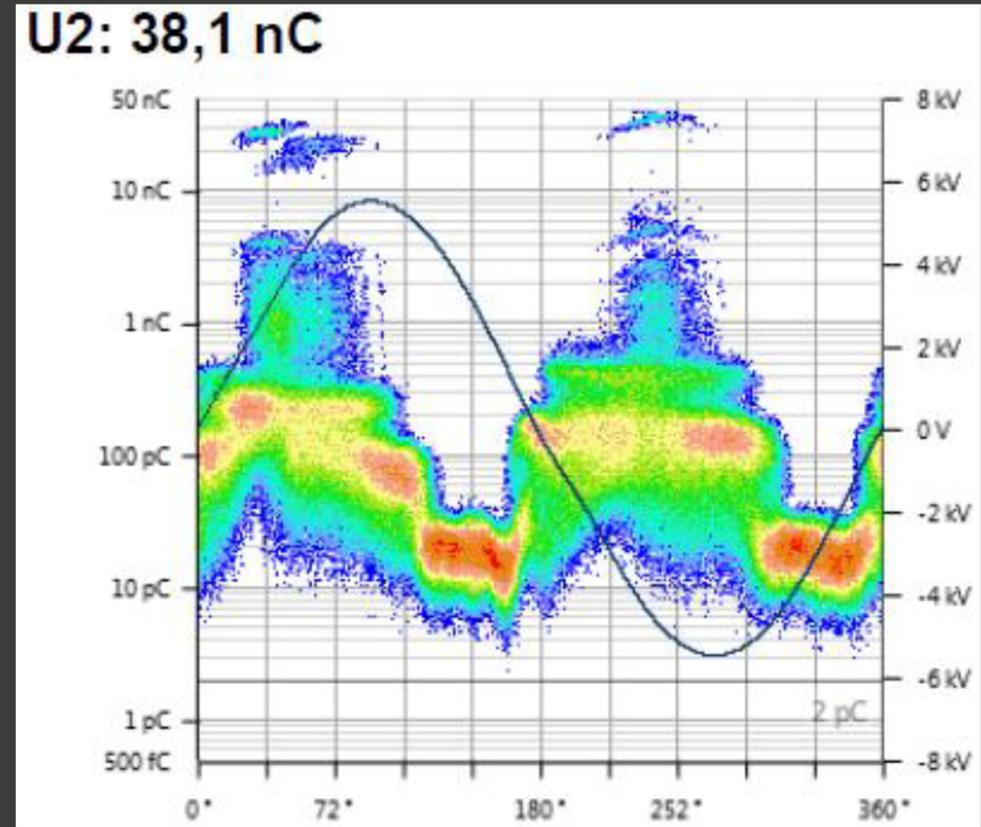
- Werksinstandsetzung
- Ölwechsel
- Dennoch hohe C_2H_4 -Konzentration
- Lediglich 1% gegenüber zuvor



Gas	Vor Instands. (ppm)	Nach Instands. (ppm)
H_2	7349	<10
O_2	8558	27340
N_2	33316	64200
CO_2	3873	3359
CO	576	292
CH_4	53644	55
C_2H_6	39720	321
C_2H_4	123341	1460
C_2H_2	183	1

Fallbeispiel Verdichtertransformator

- TE-Pegel 38.000 pC
- Oberflächenentladungen vermutet
- Anschließend Werksinspektion
- Lockere Pressung des Aktivteils
- Lose verlegte Ausleitungen
- TE-frei nach Instandsetzung
- Online-DGA-Monitoring montiert



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

KOOPMANN Gruppe

Zum Brook 19

D-49661 Cloppenburg



andreas.porsche@hk-c.de



+49 1525 6499243



www.hk-c.de