



## Warum die Messung und das Monitoring von Teilentladungen wichtig sind

**Autor:** Ole Kessler, OMICRON Energy Solutions, Berlin (Deutschland)

### Introduction

Zu den Hauptgründen für das Ausfallen und Versagen von Betriebsmitteln wie Leistungstransformatoren, Motoren, Generatoren und Schaltanlagen sowie Stromkabeln gehören Isolationsfehler.

Die Messung und das Monitoring von Teilentladungen (TE) sind zwei zuverlässige Verfahren, die jederzeit eine Diagnose des Isolationszustands elektrischer Betriebsmittel und eine effektive Erkennung lokaler Schwachpunkte im Isolationssystem ermöglichen. Wenn Sie mit dem Thema TE-Messung und -Monitoring noch nicht vertraut sind, wird in diesem Artikel erläutert, warum diese zuverlässigen Verfahren so wichtig sind für die Bewertung des Isolationszustands von elektrischen Betriebsmitteln und für die Erkennung von Defekten, die zum kostspieligen Ausfall führen können.

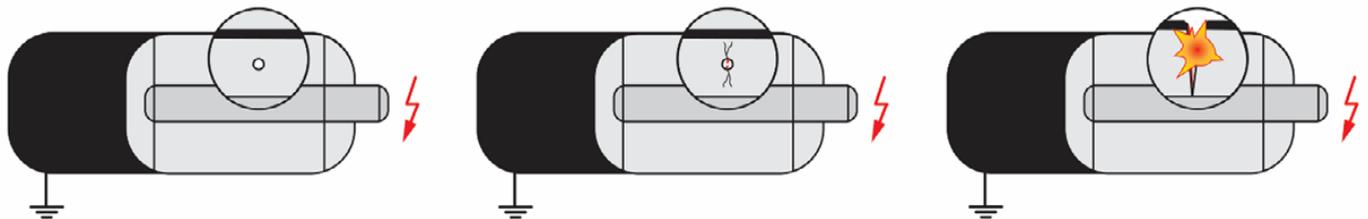
Die ständige Verfügbarkeit der bei der Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie eingesetzten Mittel- und Hochspannungsbetriebsmittel ist eine wichtige Voraussetzung für eine zuverlässige Stromversorgung durch Energieversorger und in Industrieanlagen.

Zu den Hauptgründen für das Ausfallen und Versagen von Betriebsmitteln wie Leistungstransformatoren, Motoren, Generatoren und Schaltanlagen sowie Stromkabeln gehören Isolationsfehler. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, dass der Zustand der Isolation während der gesamten Lebensdauer eines Betriebsmittels kontrolliert wird.

### Was sind Teilentladungen?

Teilentladungen (TE) sind die Folge lokaler Konzentrationen der elektrischen Beanspruchung innerhalb der Isolation oder auf der Oberfläche der Isolation. TE sind sowohl eine der Hauptursachen für die Ausbildung von Isolationsdefekten bei elektrischen Betriebsmitteln als auch ein wichtiges Anzeichen für solche Defekte.

TE sind sowohl eine der Hauptursachen für die Ausbildung von Isolationsdefekten bei elektrischen Betriebsmitteln als auch ein wichtiges Anzeichen für solche Defekte. Im Laufe der Zeit nimmt die TE-Aktivität zu und wird immer gefährlicher. Die Abbauprozesse können sich so lange entwickeln, bis die Isolation der elektrisch-



TE sind eine Folgeerscheinung von Defekten in der elektrischen Isolation. Sie breiten sich irgendwann aus und schwächen die Isolation so lange, bis diese versagt.

en Beanspruchung nicht mehr standhalten kann und es zu einem Überschlag kommt. Ein solcher Überschlag führt zu kostspieligen Schäden und ungeplanten Versorgungsausfällen.

### Warum Teilentladungsmessung?

Die Teilentladungsmessung ist ein zuverlässiges und nichtinvasives Verfahren, mit dem jederzeit eine Diagnose des Isolationszustands von elektrischen Betriebsmitteln möglich ist. Im Vergleich zu anderen dielektrischen Diagnoseverfahren werden bei regelmäßigen TE-Messungen und fortlaufender TE-Überwachung sehr detaillierte Informationen erfasst, anhand derer lokale Schwachpunkte im Isolationssystem effektiv erkannt werden können.

Da TE-Aktivität häufig lange vor einem Defekt der Isolation auftritt, kann diese über einen längeren Zeitraum verfolgt und beurteilt werden. Dies ermöglicht die Festlegung von Strategien bezüglich einer rechtzeitigen Reparatur oder eines Austauschs, bevor es zu einem unerwarteten Ausfall eines Betriebsmittels kommt. Das Erkennen von Teilentladungen ist daher für die Sicherstellung eines zuverlässigen und langen Betriebs elektrischer Betriebsmittel von großer Bedeutung.

### Wann sollten Teilentladungsmessungen durchgeführt werden?

TE-Messungen und -Analysen zur Bestätigung des einwandfreien Zustands der Isolation von Mittel- und Hochspannungsbetriebsmitteln sollten während der Entwicklung, der Herstellung und der Inbetriebnahme elektrischer Betriebsmittel durchgeführt werden.

Ist das Betriebsmittel dann in Betrieb, müssen zur Gewährleistung einer maximalen Verfügbarkeit entsprechende Wartungsstrategien festgelegt werden. Durch regelmäßige TE-Messungen und die fortlaufende TE-Überwachung erhalten Betriebsmittelverantwortliche die Daten, die sie benötigen, um sich auf gefährdete Betriebsmittel konzentrieren und unnötige Abschaltungen und Kosten für Wartungen auf ein Minimum reduzieren zu können.

Wenn während geplanter Wartungsabschaltungen regelmäßig TE-Messungen durchgeführt werden, erhält man eine Trendkurve des Isolationszustands des Betriebsmittels. Diese lässt sich hervorragend zur Früherkennung sich entwickelnder Isolationsdefekte und zur Planung entsprechender Wartungsmaßnahmen nutzen, mit denen die Lebensdauer des Betriebsmittels verlängert werden kann.



Der einwandfreie Zustand der Isolation sollte in allen Phasen der Lebenszeit eines Betriebsmittels mithilfe von TE-Messungen und dem TE-Monitoring bestätigt werden.



Die wichtigsten Kriterien für die Beurteilung von Teilentladungen sind:

- > Ladungspegel in Picocoulomb (pC) oder Nanocoulomb (nC)
- > Phasenlage, bezogen auf die angelegte Spannung
- > TE-Impulswiederholrate

Erhöht sich zwischen diesen Messungen eines dieser Kriterien, deutet dies auf vorhandene örtliche Schwachstellen in der Isolation hin – eine Situation, die zu weiteren Schäden und schließlich zum Ausfall führen kann. Sollte erhöhte TE-Aktivität festgestellt werden, kann deren weitere Entwicklung mithilfe eines Online-TE-Überwachungssystems beobachtet werden.

#### Wie werden Teilentladungen gemessen?

TE-Messungen können entweder offline und im Stillstand für jede einzelne Phase nacheinander mit einer separaten Spannungsquelle oder als Online-Prüfung während des normalen Betriebs mit dauerhaft installierten TE-Sensoren vorgenommen werden.

#### Offline-TE-Messung

Bei Offline-TE-Messungen wird eine Prüfspannung angelegt, die in der Regel höher als die normale Betriebsspannung ist. Die bei vordefinierten Prüfspannungswerten an den einzelnen Messsensoren festgestellte TE-Aktivität wird aufgezeichnet und zu Analyse Zwecken gespeichert. Wenn der durch die TE-Sensoren gemessene TE-Wert niedriger ist als der festgelegte Grenzwert und während der Prüfung keine zunehmende Tendenz festgestellt wird, kann dies als positives Ergebnis gewertet werden.

#### Online-TE-Monitoring

Mithilfe von Systemen zum Online-TE-Monitoring können Anlagenbetreiber kontinuierlich große Mengen an Daten erfassen, ohne den Normalbetrieb unterbrechen zu müssen. Diese TE-Monitoring-Systeme zeichnen die Daten zum Isolationszustand unter realen Lastbedingungen auf. Anwender können zwischen temporär und fest installierten TE-Monitoring-Systemen wählen. Beide Verfahren zum TE-Monitoring ermöglichen eine kontinuierliche Online-Beurteilung der TE-Aktivität und des Isolationszustands in festlegbaren Zeitintervallen.



Universelles System MPD 800 zur Messung und Analyse von Teilentladungen

#### Temporäres TE-Monitoring

Bei dem temporären TE-Monitoring lassen sich Änderungen der TE-Aktivität über kurze Zeiträume erfassen. Bei Systemen zum temporären TE-Monitoring können verschiedene TE-Messsensoren zum Einsatz kommen: bei rotierenden Maschinen Koppelkondensatoren, bei Leistungstransformatoren Durchführungsmesssensoren und UHF-Sensoren sowie Hochfrequenz-Stromwandler (HFCTs) bei Starkstromkabeln.

Diese TE-Messsensoren können fest installiert und über ein Modul angeschlossen werden, das ebenfalls dauerhaft am Betriebsmittel installiert ist. Auf diese Weise sind sichere und praktische Plug-and-Play-Anschlüsse möglich, während das Betriebsmittel online ist, um unnötige Ausfallzeiten während der Einrichtung zu vermeiden.

Nach Abschluss der Prüfung eines Betriebsmittels kann das System zum temporären TE-Monitoring einfach zum nächsten Betriebsmittel transportiert werden, um auch dort den Isolationszustand zu messen. Über die Monitoring-Software können die Anlagenbetreiber den bestehenden Isolationszustand zuverlässig beurteilen und feststellen, bei welchen Betriebsmitteln das größte Ausfallrisiko besteht.



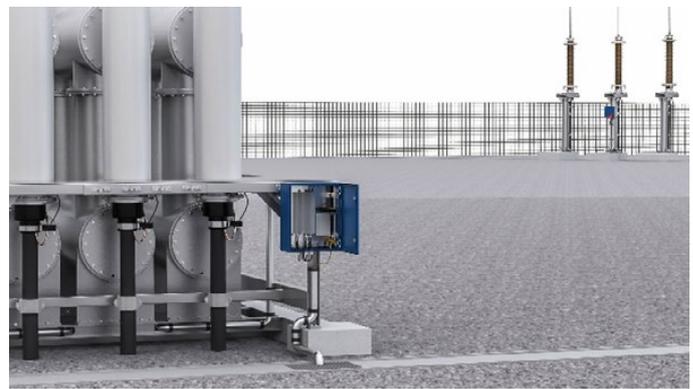
Mit dem System MONTESTO 200 von OMICRON können sowohl regelmäßige Online-TE-Messungen als auch temporäres TE-Monitoring an verschiedenen elektrischen Betriebsmitteln durchgeführt werden, ohne dass diese dazu abgeschaltet werden müssen.



MONGEMO ist das fest installierte Online-TE-Monitoring-System von OMICRON für rotierende Maschinen.

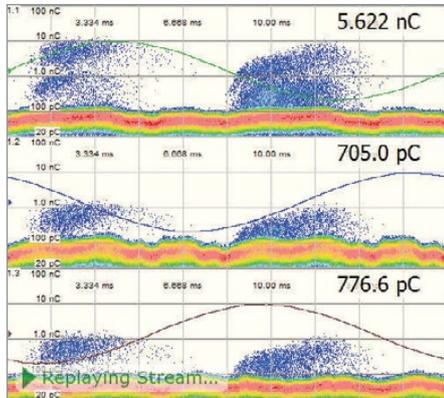
### Permanentes TE-Monitoring

Fest installierte Systeme zum permanenten Online-Monitoring von Teilentladungen werden typischerweise bei besonders wichtigen Betriebsmitteln und Betriebsmitteln eingesetzt, die Alterungserscheinungen zeigen, um dauerhaft Informationen zum Isolationszustand

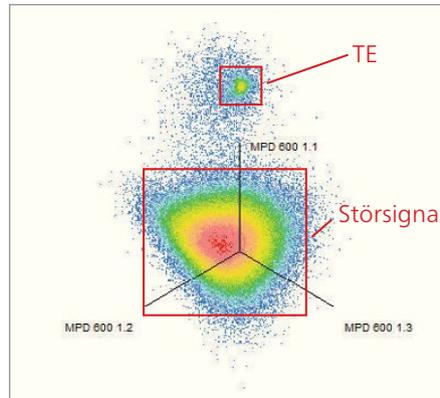


MONCABLO ist das fest installierte Online-TE-Monitoring-System von OMICRON für Energiekabel.

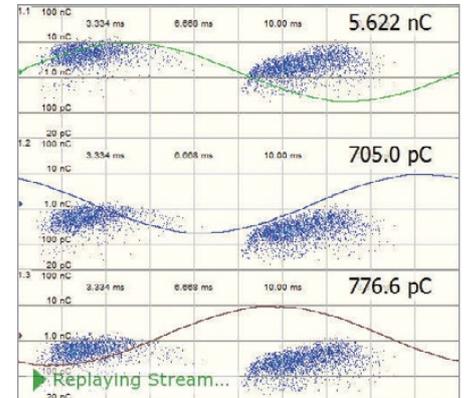
unter normalen Betriebsbedingungen zu erhalten. Diese Art von TE-Monitoring-System besteht aus fest installierten TE-Sensoren, einem Datenerfassungsgerät sowie einer Monitoring- und TE-Analysesoftware auf einem zentralen Computer. Es können mehrere Betriebsmittel gleichzeitig überwacht und die Daten unter Verwend-



Dreiphasiges PRPD-Diagramm mit Störsignalen und TE (nicht separiert)



3-Phasen Amplitudendiagramm (3-Phase Amplitude Relation Diagram – 3PARD)



Separierte TE-Quelle

ung derselben Software auf dem zentralen Computer verglichen werden. Wenn die TE-Aktivität die zulässigen Grenzwerte überschreitet, wird durch eine Warnung oder einen Alarm darauf aufmerksam gemacht.

### Was sind die Herausforderungen bei der TE-Messung?

Signale, die auf TE-Aktivität hindeuten, sind häufig relativ schwach. Daher ist es ganz entscheidend, für das Messen und das Monitoring von TE hochempfindliche Ausrüstung zu verwenden. Dies geht aber mit einer höheren Anfälligkeit für elektronische Störeinflüsse einher. Für eine erfolgreiche Erkennung von TE-Aktivität

muss daher dafür gesorgt werden, dass solche Störeinflüsse so weit wie möglich ausgeschlossen werden. Mit frei auswählbaren Filteroptionen, wie sie zum Beispiel die OMICRON-Systeme zur Messung und zum Monitoring von TE bieten, lassen sich die Mittenfrequenz und die Bandbreite anpassen, um ein niedriges Signal-Rausch-Verhältnis und einen geringen Hintergrundgeräuschpegel zu erreichen. Mit Tools zur exakten Trennung der TE-Quellen – wie der 3PARD (3-Phase Amplitude Relation Diagram)-Separations-Funktion und der automatisierten Cluster-Separierung – können die verschiedenen TE-Quellen einfacher von Störeinflüssen unterschieden werden, was die Analyse zuverlässiger macht.

OMICRON hat jahrelange Erfahrung im Bereich der TE-Messung, des TE-Monitorings und der TE-Analyse an Mittel- und Hochspannungsanlagen bei Betriebsmittelherstellern, Versorgungsunternehmen und in der Industrie weltweit. Weitere Informationen erhalten Sie unter: [www.omicronenergy.com/pd-testing](http://www.omicronenergy.com/pd-testing)



### Über den Autor

**Ole Kessler** studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität Berlin. 2009 kam er als Anwendungstechniker zu OMICRON Energy Solutions in Berlin und spezialisierte sich auf die Messung von Teilentladungen. Darüber hinaus war er als Schulungsleiter tätig und leitete Seminare zur TE-Messung für Kunden auf der ganzen Welt. Derzeit arbeitet er als Produktmanager für die MPD-Produktfamilie der TE-Mess- und -Analysegeräte des Unternehmens.

**OMICRON** ist ein weltweit tätiges Unternehmen, das innovative Prüf- und Diagnoselösungen für die elektrische Energieversorgung entwickelt und vertreibt. Der Einsatz von OMICRON-Produkten bietet höchste Zuverlässigkeit bei der Zustandsbeurteilung von primär- und sekundärtechnischen Betriebsmitteln. Umfassende Dienstleistungen in den Bereichen Beratung, Inbetriebnahme, Prüfung, Diagnose und Schulung runden das Leistungsangebot ab.

Kunden in mehr als 160 Ländern profitieren von der Fähigkeit des Unternehmens, neueste Technologien in Produkte mit überragender Qualität umzusetzen. Servicezentren auf allen Kontinenten bieten zudem ein breites Anwendungswissen und erstklassigen Kundensupport. All dies, zusammen mit einem starken Netz von Vertriebspartnern, ließ OMICRON zu einem Marktführer der elektrischen Energiewirtschaft werden.