



## Teil 3 der Artikelserie: Prognosen zur Isolation

*Isolationsprüfgeräte gibt es viele. Doch wie findet man für sich das beste? Mit dieser Frage beschäftigt sich der dritte Teil unserer Serie über die diagnostische Isolationsprüfung. Wir betrachten diesmal die Qualität, Zweckmäßigkeit und die wichtigsten Leistungsmerkmale eines Isolationsprüfgerätes. Dabei interessiert uns vor allem der direkte Zusammenhang zwischen seinen Funktionen und den technischen Daten mit Ihren Anforderungen in der täglichen Praxis. Ausgestattet mit diesem wertvollen Wissen können Sie künftig Isolationsprüfgeräte kompetent beurteilen und exakt für Ihre jeweiligen Anwendungen auswählen.*

Autor: Georg Halfar, Megger GmbH | Bilder: Megger GmbH

Alle Isolationsprüfgeräte messen in Wirklichkeit den durch Anlegen der Isolationsmessspannung fließenden Strom und verwenden diesen zum Berechnen des Widerstands. Das Prüfergebnis wird vom Gerät umgerechnet und als Widerstandswert angezeigt. Das ist praktisch, weil es einfach zu interpretieren ist – hohe Widerstandswerte weisen auf eine gute Isolation hin, während niedrige Werte anzeigen, dass die Isolation in schlechtem Zustand ist. Ferner ist eine gute Isolation ohmsch! Das bedeutet, dass das Erhöhen der Prüfspannung zwar den Stromfluss vergrößert, der Widerstand bleibt aber stets stabil. Manche Fehler können jedoch viel einfacher interpretiert werden, wenn die Ergebnisse der Isolationsprüfung in Form von Strom angezeigt werden. Gute Isolationsprüfgeräte bieten daher dem Anwender die Möglichkeit, die Ergebnisse entweder als Widerstand oder als Strom anzuzeigen. Ein Beispiel, bei dem die Ergebnisse besser als Strom angezeigt werden sollten, ist bei Verwendung des Guard-Anschlusses, weil es bei solchen Messungen sinnvoll ist, den gesamten Kriechstrom zu

kennen. Auf das Thema 'Guard-Anschluss' gingen wir ja bereits im zweiten Teil dieser Serie genauer ein.

### Brennmodus

In einigen Situationen ist es nützlich einen, wenn auch kleinen, Lichtbogen zu erzeugen und aufrecht zu halten. Auf diese Weise hilft die Ionisierung mit, den Fehler optisch zu lokalisieren. Geräte, die die Erzeugung und Aufrechthaltung von Lichtbögen unterstützen, verfügen über das Leistungsmerkmal 'Brennmodus'.

### Kurzschlussstrom

Ein gutes Isolationsprüfgerät sollte bei einem Kurzschluss einen Prüfstrom von mindestens 3mA treiben können. Das ist besonders hilfreich, wenn kapazitive Lasten wie z.B. lange Stromversorgungskabel geladen werden sollen. Ein Gerät mit

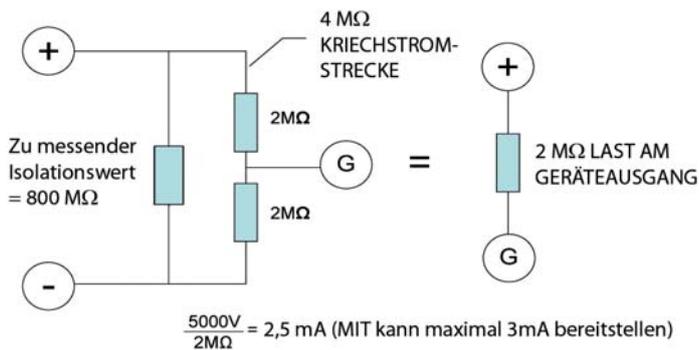


Bild 2: Die Auswirkung des Oberflächenkriechstroms auf die Gerätestlast

einem Kurzschlussstrom von 3mA kann z.B. das kapazitive Element von einem 15km langen 33kV-Verteilerkabel in ca. 15 Sekunden laden. Unter Berücksichtigung von Kriech- und Absorptionsströmen kann für ein solches Kabel eine Gesamtladezeit von ungefähr 1 Minute erwartet werden. Bei Prüfgeräten mit weniger Ausgangsleistungsvermögen verlängert sich die Ladezeit erheblich! Das Prüfen wird, wenn überhaupt noch möglich, dann entsprechend langsamer – und umständlicher. Ein hoher Kurzschlussstrom eines Isolationsprüfgeräts bietet aber noch einen anderen großen Vorteil, der nicht so offensichtlich ist: Die Auswirkungen auf Messungen mit Guard-Anschluss bei hohem Oberflächenkriechstrom. Um diesen Punkt zu verdeutlichen, zeigt das Bild 2 das Ersatzschaltbild für eine Messung, bei der

der Isolationswiderstand  $800 \text{ M}\Omega$  und der Widerstand der Kriechstromstrecke  $4 \text{ M}\Omega$  beträgt. Als Ergebnis zeigt sich, dass die Last auf den Ausgang des Geräts  $2 \text{ M}\Omega$  beträgt. Bei einer Prüfspannung von 5kV wird daher vom Gerät gefordert, dass es einen Strom von ca. 2,5mA liefert. Dies liegt also problemlos innerhalb der Leistungsfähigkeiten eines Prüfgerätes mit 3mA Ausgangsleistung. Bei einem Gerät mit nur 1mA Ausgangsleistung wäre eine deutliche Verringerung der Prüfspannung die Folge. In der Praxis würden solche Ergebnisse stark von Umgebungsbedingungen beeinflusst werden – z.B. dann, wenn sich der Oberflächenkriechstrom durch Feuchtigkeit erhöht. Diese Werte wären für die Trendermittlung als Hilfe für die vorausschauende Instandhaltung von geringem Wert. Daraus folgt: Je höher die Ausgangsleistung, desto früher erkennen Sie die Verschlechterung einer Isolation, desto zuverlässiger treffen Sie Aussagen als Basis für Investitionen. Eine begrenzte Prüfstromfähigkeit kann aber auch noch in einem anderen Zusammenhang Probleme verursachen: Wenn das Prüfobjekt einen niedrigen Isolationswiderstand hat. Dann nämlich produziert das Gerät ebenfalls ungenügend Ausgangsstrom und die Prüfspannung wird, wie in den Kurven von Bild 3 dargestellt, fallen. Diese Prüfergebnisse sind dann ebenfalls unzuverlässig.

dafür, dass die gewählte Spannung am Prüfobjekt auch angewandt wird. Es gibt nur eine einzige Möglichkeit, der angewandten Spannung sicher zu sein: Wenn Sie ein Gerät verwenden, das permanent misst und die Prüfspannung während der Durchführung der Prüfung anzeigt. Diese Funktion ist besonders dort wertvoll, wo starke Oberflächenkriechströme vorhanden sind oder wo Prüfobjekte einen niedrigen Isolationswiderstand aufweisen.

## Technische Daten des Guard-Anschlusses

Es gibt viele Gerätehersteller, die Hochspannungs-Isolationsprüfgeräte mit Guard-Anschlüssen liefern. Doch wenige geben auch die technischen Daten für deren Leistungsfähigkeit dazu an. Genau die haben jedoch einen großen Einfluss auf die Genauigkeit der Ergebnisse. Vereinfacht ausgedrückt, je mehr Kriechstrom vom Messkreis über den Guard-Anschluss abgeleitet wird, desto weniger Strom gibt es zu messen. Schwach konzipierte Geräte haben große Schwierigkeiten, den verbleibenden Strom hinreichend genau zu messen und so einen aussagekräftigen Wert für den Isolationswiderstand zu liefern. Nur wenn der Gerätehersteller eine detaillierte Spezifikation für den Guard-Anschluss bietet, kann der Anwender sicher sein, dass das Gerät in der Lage ist, mit nachteiligen Prüfbedingungen klarzukommen – und den tatsächlichen Zustand der Isolation anzuzeigen. Es lohnt sich daran zu denken, dass die Effizienz der Isolationsprüfung und vorausschauende Instandhaltung von zuverlässig wiederholbaren Ergebnissen abhängt, also von deren Reproduzierbarkeit. Auch ist es verlorene Zeit auf Schwankungen bei Prüfbedingungen zu achten, wenn das Gerät aufgrund der schlechten Leistungsfähigkeit des Guard-Anschlusses schon an sich nicht in der Lage ist, genaue Ergebnisse zu liefern.

## Messbereich

‘Unendlich’ ist kein zufriedenstellendes Messergebnis, denn solche Messwerte können nicht beurteilt werden! Daher ist es immens wichtig, dass Isolationsprüfgeräte auch für sehr hohe Widerstands-

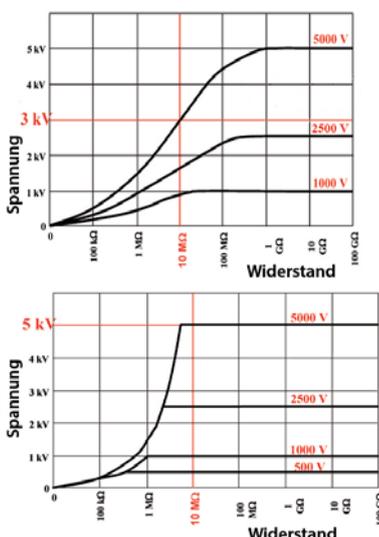


Bild 3: Gute und schlechte Geräte-Lastkurven

## Anzeige der Prüfspannung

Die Auswahl der Prüfspannung an einem Gerät bietet übrigens keine Garantie

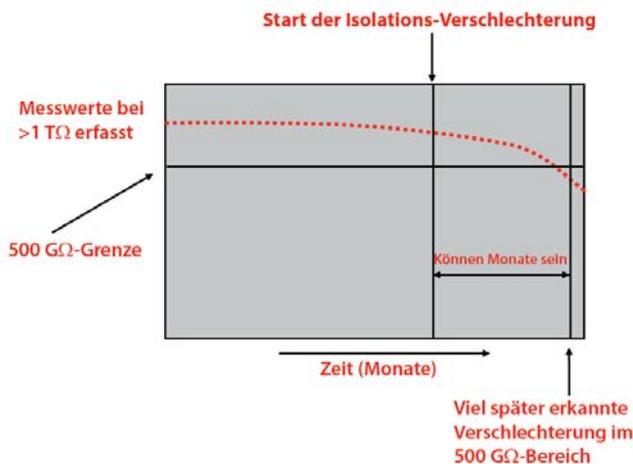


Bild 4: Auswirkungen eines erweiterten Messbereichs auf die Ergebnis-Trendermittlung

werte aussagekräftige und numerische Messwerte liefern können. Bild 4 zeigt einen Vergleich von Ergebnissen, die von einem Prüfgerät gewonnen wurden, das Messungen bei Werten höher als  $1\text{T}\Omega$  durchführen kann und von einem Prüfgerät, das 'unendlich' für alle Werte über  $500\text{G}\Omega$  ausgibt. Es ist leicht zu erkennen, dass das erste Gerät viel früher eine Warnung für einen möglichen Fehler anzeigt als das zweite Gerät.

## Genauigkeit

Hohe Genauigkeit ist immer von Vorteil – und für aussagekräftigere Trendermittlung besonders wichtig. Besonders bei digitalen Geräten sollte die Interpretation der Genauigkeitsangaben des Herstellers mit großer Sorgfalt erfolgen. Eine Genauigkeit von  $\pm 5\%$  des Messwertes unterscheidet sich z.B. sehr von einer Genauigkeit von  $\pm 5\% \pm 3$  Digits. In Abhängigkeit von der Geräteauflösung können diese drei Digits einen zusätzlichen Fehler von  $3\text{G}\Omega$  bedeuten oder sogar  $30\text{G}\Omega$  für ein Gerät, das bis zu  $1\text{T}\Omega$  misst.

## Hohe Prüfspannung

Für viele Anwendungen sind  $5\text{kV}$ -Standardgeräte vollkommen zufrieden stellend. In einigen Fällen ist jedoch einen höheren Prüfstrom von Vorteil. Erwartungsgemäß erzeugt das Prüfen bei  $10\text{kV}$  einen höheren Prüfstrom durch die Isolation und ermöglicht das Messen höherer Isolationswiderstandswerte. Die Norm IEEE42-2000 regelt

die 'Empfohlene Vorgehensweise für das Prüfen des Isolationswiderstandes bei Rotationsmaschinen'. Sie empfiehlt, dass Wicklungen mit einer Nennspannung von  $12\text{kV}$  oder mehr mit bis zu  $10\text{kV}$  geprüft werden sollten.

## Sicherheit

Sicherheit steht beim Prüfen immer an erster Stelle. Sicheres Prüfen hängt natürlich weitgehend von korrekten Arbeitspraktiken ab. Aber auch das Isolationsprüfgerät selbst spielt naturgemäß eine wichtige Rolle. Hochspannungsisolationsprüfgeräte werden meist auch in einer Niederspannungsumgebung eingesetzt. Das ist gut so, denn Geräte mit einer CATIV-600V-Bemessung, wie in IEC61010 festgelegt, sind auch für diese Prüfungen eine gute Wahl. Und das aus gutem Grund: Geräte mit einer hohen Sicherheitskategorie halten Hochspannungs-Transienten besser stand! Ein auf CATIII 300V ausgelegtes Prüfgerät widersteht einem Transienten bis zu  $4\text{kV}$ . Ein CATIV-600V-Gerät hält Transienten bis zu  $8\text{kV}$  aus.

## Hohe Störfestigkeit

Ein Gerät mit hoher Störfestigkeit ist die beste Möglichkeit, Auswirkungen von elektrischer Störbeeinflussung zu minimieren und homogene, vergleichbare Ergebnisse für die Trendermittlung zu erstellen. Leider erheben viele Geräte auf dem Markt den Anspruch auf eine gute Störfestigkeit. Sie versäumen es aber oft, genau das mit einer Spezifikation si-

cherzustellen. Es ist unbegingt darauf zu achten! Störfestigkeitsspezifikationen müssen klar festhalten, wie viel Störstrom in den Prüfkreis induziert werden kann, ohne das Prüfergebnis zu beeinflussen. Für die meisten Anwendungen reicht eine  $2\text{mA}$ -Störfestigkeit aus, aber für besondere Störumgebungen, wie z.B. in elektrischen Umspannanlagen und Schaltstationen, die bei  $300\text{kV}$  und mehr arbeiten, werden bis zu  $4\text{mA}$  benötigt. Um das zu erreichen, müssen die Geräte entsprechend ausgelegte, kapazitive Filter enthalten. Diese sind bei hohen Frequenzen am wirkungsvollsten. Es ist gut möglich, dass die in den Prüfkreis induzierte Störbeeinflussung  $4\text{mA}$  überschreitet. Ein bekanntes Beispiel dafür ist das Anschließen an die Spitzen der Durchführungen im obersten Teil des Transformators. Die langen Prüfkabel, die hierfür benötigt werden, funktionieren wie Antennen und nehmen deshalb leicht Störbeeinflussung auf. In diesen Fällen kann selbst das beste Gerät die Lage kaum meistern, es sei denn, es werden spezielle Hochqualitäts-Prüfkabel verwendet.

## Die Vorteile periodischer Wartung

Periodische Wartung, die auf Hochspannungs-Isolationsprüfung basiert, ist sehr wertvoll. Indem rechtzeitig auf einsetzende Fehler hingewiesen wird und überbeanspruchte Geräte erkannt werden, bietet dies für einen Betrieb große Vorteile – auch finanzielle! Aber nur, wenn ein fachgerechter Einsatz erfolgt. Eine korrekte Umsetzung umfasst auch die Auswahl geeigneter Prüfmethode sowie geeigneter Prüfeinrichtungen. Alle wichtigen Punkte wurden in diesem und den vorangegangenen Artikeln diskutiert. Ein Punkt bleibt noch offen – die Verwaltung solcher Wartungsarbeiten. Glücklicherweise gibt es eine Fülle Software, die speziell für die Durchführung solcher Projekte entwickelt wurde. Solche Software bietet normalerweise fertig formatierte Prüfformulare und eine effiziente Verwaltung der Prüfergebnisse. Darüber hinaus bietet sie Funktionen, die automatisch analysieren und identifizierte Änderung des Isolationsverhaltens klar hervorheben. ■