

# Durchgängigkeit der Leiter

**PRÜFTECHNIK ELEKTRISCHER ANLAGEN NACH DIN VDE 0100-600 (TEIL 3)** Die Besichtigung ist abgeschlossen und damit kommen wir zum umfangreichsten Teil der Prüfung: dem Erproben und Messen. Erstes Ziel hierbei ist, der Nachweis der Durchgängigkeit des Schutzleiters.

Das in dieser Beitragsreihe zugrunde gelegte Prüfkonzept basiert auf Effizienz und guter Übertragbarkeit auf verschiedenste Anlagen in Bezug auf ihrer Größe und Komplexität. Die Prüferqualifikation muss gewährleisten, dass die jeweils notwendigen Prüfschritte erkannt und messtechnisch umgesetzt werden. Die Verwendung normativ korrekter und kalibrierter Prüfgeräte stellt sicher, dass Messergebnisse die erforderliche Wertigkeit besitzen. Das für diesen Fachbeitrag zum Einsatz kommende Prüfgerät ist von Gossen Metrawatt vom Typ »Profitest Master XTRA«. Der Abschnitt Erproben und Messen beschreibt alle für die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen und funktionaler Prüfungen erforderlichen Schritte.

## Durchgängigkeit der Leiter

Der Nachweis der Durchgängigkeit der Schutzleiter, Schutzpotentialausgleichsleiter und Schutzerdungsleiter im spannungsfreien Zustand der elektrischen Anlage erfolgt durch Messungen zur Korrektheit der elektrischen Verbindungen. Die hierbei gemessenen Werte sind abzugleichen mit den verwendeten Leitermaterialien, den Leiterquerschnitten, den Leiterlängen und der Anzahl in den gemessenen Strecken vorhandenen Anschluss- und Verbindungsstellen. Anschluss- und Verbindungsstellen zeigen gegenüber einem ausschließlichen Leitungsverlauf höhere Werte. Zu erwartende Werte von Übergangswiderständen bei Anschluss- und Verbindungsstellen liegen im Mittel ungefähr bei den halben bis vollen Wert eines Meters des entsprechend angeschlossenen oder verbindenden Leiters. Die Wahl eines zentralen Bezugspunktes für die Messungen, zum Beispiel der Haupterdungsschiene, ist empfehlenswert. Von diesem Bezugspunkt aus kann die Durchgängigkeit zur Erdungsanlage, zu den fremden leitfähigen Teilen mit Schutzpotentialausgleichsanschluss, zu den PE-Kontakten von Steckdosen sowie Anschlussdosen und den an Schutzleiter angeschlossenen Körpern von Betriebsmitteln, ermittelt werden.

Durch den Einsatz von Messleitungen entsprechend der Verwendung bei Erdungsmessungen mit 25 m oder 50 m, lassen sich – unter Beachtung der Kompensation des Widerstandes der Messleitungen – komfortabel Entfernungen überbrücken. Durch die Anwendung eines zentralen Bezugspunktes für die Messungen, lassen sich die gemessenen Werte entsprechend zunehmender Messstrecke gut beurteilen. Beim streckenweisen Messen kann man in der Regel auf lange Messleitungen verzichten. Hier zeigt sich der Einsatz, der seitens Gossen Metrawatt für die Profitest-Master-Serie verfügbare und zehn Meter lange Messleitung »PRO-RLO II«, die direkt auf dem Handhabungsgriff adaptiert werden kann, als ausreichend.

Streckenweises Messen berücksichtigt das Messen in einzelnen Abschnitten, wie z. B. Räumen. Beginnend mit dem Raum, in der die Haupterdungsschiene montiert ist, werden die Schutzleiterstrecken gemessen und dann von einem bestätigten Messpunkt zu einem Schutzleiter, beispielsweise an einer Steckdose, im nächsten Raum gemessen. Der Messpunkt im neuen Raum dient dann wiederum als



Quelle: alle Bilder FBZ-E

**Bild 6:** Messung des Schutzleiters einer Steckdose nach dem Prinzip des streckenweisen Messens mit einem zu erwartenden Wert von  $0,05\ \Omega$

zentraler Bezugspunkt für diesen Raum. **Bild 6** zeigt an der linken Steckdose den bestätigten Schutzleiteranschluss und an der rechten Steckdose die beginnende Messung im neuen Raum.

## Messungen an Körpern

Bei Messungen an Körpern ist die Leitfähigkeit des Metalls zu berücksichtigen, da Körper typischerweise nicht dafür ausgelegt werden, dass sie eine gute elektrische Leitfähigkeit besitzen. Hier stehen konstruktive Eigenschaften wie Korrosionsschutz und mechanische Festigkeit im Vordergrund. Der Begriff »Körper« beschreibt die berührbaren, leitfähigen Teile eines elektrischen Betriebsmittels, welche normalerweise nicht unter Spannung stehen, aber im Fehlerfall unter Spannung geraten können. Dieser Fehlerfall – auf Grundlage des Versagens der Basisisolierung – wird Körperschluss genannt und stellt eine mehr oder weniger leitfähige Verbindung zwischen aktiven Teilen und dem Körper dar.

Für Messungen an Körpern, die einen ungewöhnlich hohen Messwert im Bezug zur gemessenen Schutzleiterstrecke aufweisen, gibt es Strategien zur Beurteilung. Bei einem langen Körper werden zum Beispiel mehrere Messungen über den Verlauf des Körpers durchgeführt:

- Sofern sich unterschiedliche Widerstandswerte zeigen, weisen diese mit zunehmender Verringerung auf einen hohen Widerstandswert der berührbaren leitfähigen Teile und den Anschlussbereich des Schutzleiteranschlusses hin.
- Sofern die gemessenen Werte im ermittelten Schutzleiteranschlussbereich dem zu erwartenden Wert entsprechen, kann die Beurteilung als positiv angesehen werden.

- Sofern alle gemessenen Werte nicht dem zu erwartenden Wert entsprechen kann die nachfolgende Beschreibung entsprechend den kompakten Körpern berücksichtigt werden.

Bei kompakten Körpern ergeben sich bei mehreren Messungen immer identische, nicht vergleichende Messergebnisse. Sofern diese nicht dem zu erwartenden Wert entsprechen und keine ausreichenden Produktkenntnisse des betroffenen Betriebsmittels zur Beurteilung vorhanden sind, ist dieses zu öffnen und direkt am Schutzleiteranschluss zu messen. Zeigt der gemessene Wert eine deutlich erkennbare Reduzierung, entsprechend der im Messkreis liegenden Schutzleiterstrecke, ist noch der Schutzleiteranschluss des Betriebsmittels mit Übergang zum Körper einer genauen Besichtigung zu unterziehen. Hierdurch lässt sich ausschließen, dass ein Übergangswiderstand durch Korrosion oder eine nicht ausreichende Befestigung der Schutzleiter-Anschlussstelle am Betriebsmittel existiert.

Sofern Messung(en) und Besichtigung in Ordnung sind, kann die abschließende Beurteilung als positiv angesehen werden. **Bild 7** zeigt eine Messung zur Schutzleiterdurchgängigkeit, unter Zuhilfenahme eines Telearms von Gossen Metrawatt, an einem kompakten Körper. Bei dem Telearm handelt es sich um eine starre, in der Länge veränderbare »Messleitung«, die über eine 4-mm-Spitze und anschlussseitig über eine 4-mm-Kupplung verfügt. Die Anwendung des Te-



**Bild 7:** Schutzleitermessung mit Telearm zwischen Haupterdungsschiene und einem kompakten Körper einer Leuchte mit einem zu erwartenden Messwert von  $0,41\Omega$



**Bild 8:** Schutzleitermessung zwischen Haupterdungsschiene und einer Außenleuchte mit einem zu erwartenden Messwert von  $0,22\Omega$

learms reduziert die Unfallgefahr, da keine Leitern und Tritte zum Einsatz kommen. Die Schutzbrille reduziert die Gefahr, dass bei dem Arbeiten über Kopf Stäube ins Auge gelangen.

**Bild 8** zeigt eine Messung zur Schutzleiterdurchgängigkeit an einer Außenleuchte. An der linken Seite am Prüfgerät ist ein Temperatur- und Luftfeuchte-Messgerät angebaud. Dieses dient zur Aufnahme entsprechender Daten bei Messungen in explosionsgefährdeten Bereichen. Neben den materialbedingten höheren Werten bei Messungen an Körpern, kann auch ein loser Anschluss des Schutzleiters die Ursache für nicht zu erwartende hohe Messwerte der Schutzleiterstrecke sein. Bei einer Messreihe im FBZ-E Fachbereichszentrum Energietechnik GmbH wurden Anschlussstellen mit Crimp-Rohrkabelschuhen von  $2,5\text{mm}^2$  belegt, deren Muttern auf den Bolzen nicht angezogen wurden. Die Messergebnisse zwischen der Anschlussstelle und den Crimp-Rohrkabelschuhen variierten in einem weiten Bereich, jedoch waren die meisten Messwerte im Bereich von  $0,8\Omega$  bis  $2,1\Omega$  angesiedelt.

## Messungen an Rohrsystemen

Die beschriebenen Strategien zu Messungen und Beurteilungen von Schutzleiteranschlüssen an Körpern können analog auf die Schutzpotentialausgleichsleiter-Anschlüsse an fremden leitfähigen Teilen angewendet werden (z. B. metallische Rohrsysteme mit Bandschellen). Die Messungen ausschließlich auf den Bandschellen sind nicht ausreichend, da nicht bestätigt wird, dass das beispielhafte Rohrsystem über das notwendige Potential verfügt. Somit ist immer direkt an den fremden leitfähigen Teilen zu messen.

Eine entsprechende Schutzpotentialausgleichsleiter-Messung an einem Heizkreisverteiler wird in **Bild 9** und an einem Duschregler in **Bild 10** gezeigt. Ein höchstzulässiger Widerstandswert für die Messungen zur Durchgängigkeit der Schutzleiter, Schutzpotentialausgleichsleiter und Schutzerdungsleiter ist entsprechend der Norm nicht vorgesehen. Es ist jedoch sicherzustellen, dass die Wirksamkeit des Schutzes gegen elektrischen Schlag entsprechend DIN VDE 0100-410 bei automatischer Abschaltung der Stromversorgung im Fehlerfall gewährleistet ist.

Beim Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) sind die Anforderungen an einen möglichst geringen Widerstandswert der Schutzleiterstrecken recht großzügig, jedoch könnte dies beim Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom entsprechend DIN VDE 0100-430 zu Problemen führen. Dieser Sachverhalt wird im entsprechenden Abschnitt zur Überprüfung des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung noch detailliert beschrieben.

## Höhe des Prüfstroms

Für die Höhe des zum Einsatz kommenden Prüfstroms sind mindestens  $200\text{mA}$  gefordert. Sofern Schutzleitermessungen mit höheren Strömen von bis zu  $10\text{A}$  eingesetzt werden, hat das sowohl Vor- als auch mögliche Nachteile. Höhere Prüfströme wirken oftmals reinigend auf Übergangswiderstände, zum Beispiel an Steckverbindern. Das Herstellen eines sicheren Kontakts mit der Prüfsonde und somit eines stabilen Messwerts wird unterstützt. Bei empfindlichen Oberflächen von Körpern in der elektrischen Anlage muss man allerdings berücksichtigen, dass Brennschmelzen entstehen können. Durch die Anwendung hoher Prüfströme besteht in Verbindung mit Übergangswiderständen eine erhöhte Brandgefahr. Die am Markt verfügbaren Prüfgeräte für die Anlagenprüfung weisen in der Regel einen Prüfstrom von  $200\text{mA}$  auf.





**Bild 9:** Schutzpotentialausgleichsleiter-Messung zwischen Haupterdungsschiene und einem Heizkreisverteiler mit einem zu erwartenden Messwert von 0,20Ω



**Bild 11:** Messergebnis für die Durchgängigkeit des Schutzleiters mit zwei Werten



**Bild 10:** Schutzpotentialausgleichsleiter-Messung zwischen Haupterdungsschiene und einem Duschregler mit einem zu erwartenden Messwert von 0,30Ω



**Bild 12:** Messergebnis für die Durchgängigkeit des Schutzleiters mit einem Wert

## Messoptionen seitens des Prüfgeräts

Das verwendete Prüfgerät (Gossen Metrawatt vom Typ Profitest Master XTRA) bietet für die Schutzleitermessungen mehrere Optionen. In der Position »RLO+/RLO-« erfolgt während der Messung eine stetige Umpolung des Messstroms. Sofern zwischen den Messungen mit unterschiedlicher Polarität Messunterschiede >10% bestehen, werden beide Ergebnisse angezeigt. Dieses deutet auf folgende mögliche Sachverhalte hin:

- Bei einer kurz vor der Messung abgeschalteten Anlage kann sich eine Restspannung auf der Messstrecke befinden, die sich der Messspannung überlagert und die Messergebnisse bei der gegensätzlichen Durchströmungsrichtung der Polaritäten unterschiedlich beeinflusst.
- Weiterhin können kapazitive und induktive Kopplungen des Schutzleiters mit aktiven Leitern und unter Spannung stehenden Teilen von angeschlossenen Verbrauchern in anderen Anlagenbereichen, die für die Messungen nicht freigeschaltet wurden, einen Ableitstrom über die gemessene Schutzleiterstrecke verursachen. Die Spannungsart dieser Ableitströme ist insbesondere abhängig vom Aufbau und der Ausdehnung des Leitungsnetzes sowie dem Lastcharakter der in Betrieb befindlichen Verbraucher mit der jeweiligen ableitstromverursachenden Kopplung. Diese

Spannungsart kann sowohl Wechsel- als auch Gleichstromanteile aufweisen.

- Abschließend besteht noch die Möglichkeit, dass thermoelektrische Effekte in der gemessenen Schutzleiterstrecke oder eine unsichere Kontaktierung der Messspitzen die unterschiedliche Ergebnisbildung bedingen.

Sofern zwei Messwerte bei der Schutzleitermessung auf dem Display erscheinen, muss man die Messung erneut durchführen. In der Regel sollte dann nur noch ein Wert vorhanden sein. Sofern sich zwei Messwerte beharrlich auf dem Display breitmachen, kann durch die jeweilige Polaritätsfestlegung »RLO+« oder »RLO-« die Ursache der Überlagerung zielgerichtet ausgemessen werden. **Bild 11** zeigt das Prüfgerät aus der Sicht des Prüfers mit zwei Messwerten und **Bild 12**, nach erneuter Messung das Ergebnis mit einem Messwert.

(Fortsetzung folgt)



### AUTOR

**E. Josef Pott**

Geschäftsführer FBZ-E Fachbereichszentrum Energietechnik GmbH, Leer