

Durchgangsprüfungen an Erdungsanlagen

E. Hering, Dresden

Mit Durchgangsprüfungen wird nachgewiesen, dass Leiter – hier metallene – nicht unterbrochen sind. Der Beitrag beschreibt, inwieweit sie an Erdungsanlagen erforderlich und möglich sind, ferner wie und mit welchen Mitteln sie durchgeführt werden können. Bezüglich des Durchgangs besteht zwischen der Erstprüfung und den Wiederholungsprüfungen kein wesentlicher Unterschied, obwohl sie in den Normen getrennt behandelt werden.

1 Gründe und Grenzen für die Prüfungen

1.1 Erdungsleiter und Potentialausgleichsleiter

Die Erdungsanlage wird mit der Potentialausgleichsschiene (PAS) der elektrischen Anlage verbunden. Ist sie erdebettet, so wird das Verbinden gefordert

- a) bei ihrer Verwendung als Schutzleiter für die Schutzmaßnahme TT-System oder IT-System ([1], Abschn. 413.1.4.2 bzw. 413.1.5.3),
- b) beim Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen für deren Erdung, auch wenn das Gebäude nicht mit einer Blitzschutzanlage ausgestattet ist ([2], Bilder A.1 bis A.5),
- c) bei Gebäuden mit einer Blitzschutzanlage ([3], Hauptabschn. 1, Abschn. 5.2; Hauptabschn. 3, Abschn. 4.3; Hauptabschn. 4, Abschn. 3),
- d) bei Gebäuden mit einer blitzschutzbedürftigen Antenne ([4], Abschn. 5 und 10).

Jeder Fundamenterder muss mit der PAS verbunden werden ([1], Abschn. 413.1.2.1; [5], Abschn. 4.6).

Der Leiter zwischen der PAS und dem Erder ist ein Erdungsleiter und/oder Potentialausgleichsleiter. Er muss auf Durchgang geprüft werden ([6], Abschn. 612.2; [3], Hauptabschn. 3, Abschn. 4.3).

1.2 Ringförmige Erder

In den Normen werden Prüfungen des Durchgangs innerhalb der Erder nicht ausdrücklich gefordert. An ringförmigen Erdern sind Durchgangsprüfungen jedoch aus folgenden Gründen zweckmäßig:

- a) Mit Messungen des Erdungswiderstands, die durch die Normen gefordert, jedoch in diesem Beitrag nicht behandelt werden, kann eine Unterbrechung des Rings nicht erkannt werden. Diese macht sich nicht durch eine Vergrößerung des Erdungswiderstands

bemerkbar. Sie kann aber die Wirksamkeit des Überspannungsschutzes erheblich beeinträchtigen, weil die Stoßströme evtl. über einen Umweg fließen müssen.

- b) Bei Wiederholungsprüfungen an älteren Ringerdern können als Widerstandsmessungen ausgeführte Durchgangsprüfungen die Querschnittsreduzierung (infolge Korrosion) durch Vergrößerung des Widerstands erkennen lassen.

Der Ringerder muss mindestens zwei Erdeinführungen (bei erdebetetzten Erdern) bzw. Anschlussteile (bei Fundamenterdern) haben, damit überhaupt eine Durchgangsprüfung möglich ist. Je mehr davon vorhanden sind, desto besser kann geprüft werden.

Bei bewehrten Fundamenten ist eine Unterbrechung des Rings des Fundamenterders weder feststellbar noch schädlich, weil sie von den Bewehrungsstählen überbrückt wird. Bei ihnen kann die Durchgangsprüfung darum nur dazu dienen, die Intaktheit der Verbindung zwischen Anschlussteil und Ring nachzuweisen.

1.3 Linienförmige Erder

Vertikale Erder (Staberder) und gestreckte horizontale Erder (Strahlenerder, auch mehrstrahlige) ermöglichen keine Durchgangsprüfung, weil sie nur eine einzige Erdeinführung aufweisen. Bei ihnen kann eine Unterbrechung in der Nähe der Erdeinführung evtl. durch einen vergrößerten Erdungswiderstand erkannt werden.

2 Vermeidung von Gefahren

Die Prüfungsvorgänge und die begleitenden Maßnahmen (z. B. Trennen regulärer Verbindungen, Herstellen irregulärer Verbindungen) dürfen keine Gefahren hervorrufen. Wenn der Erder auch als Schutzleiter für die Schutzmaßnahme TT-System oder IT-System nach [1] dient, darf seine Verbindung mit der PAS nur dann unterbrochen werden, wenn die elektrische Anlage vom Netz oder Stromerzeuger getrennt ist.

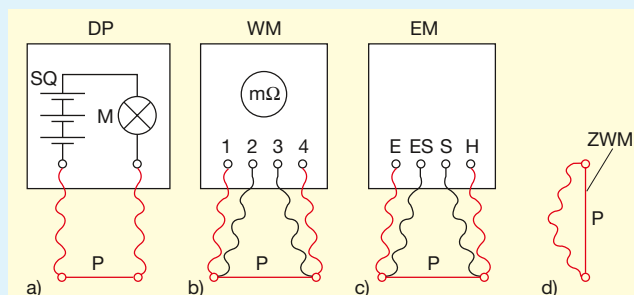
Prüfungen, die das Trennen von Verbindungen (z. B. das Öffnen der Trennstellen einer Blitzschutzanlage) erfordern, dürfen nur dann durchgeführt werden, wenn kein Gewitter besteht oder erwartet werden kann. Das Nichtbefolgen könnte zu Gefahren führen, insbesondere für den Prüfer.

Aus Sicherheitsgründen sollte die Anwendung von Spannungen über 25 V vermieden werden. Für die Durchgangsprüfungen sind ohnehin kleine Spannungen zweckmäßig ([6], Abschn. 612.2). Die zum Einsatz kommenden Prüf- und Messgeräte müssen der Norm [7] entsprechen. Für die Widerstandsmessung kommen vorrangig Geräte nach [8] in Frage. Es können aber auch Erdungsmessgeräte nach [9] benutzt werden.

3 Prüfverfahren

3.1 Grundsätze

Dem Prüfer müssen alle bestehenden Verbindungen der Erdungsanlage mit anderen Anlagen bekannt sein, auch mit nicht elektrischen, z. B. mit metallenen Konstruktionsteilen oder Rohrleitungen. Eine nicht bekannte Verbindung kann zu falschen Ergebnissen führen. Am einfachsten gestaltet sich die Durchgangsprüfung, wenn der zu prüfende Leiter zumindest auf einer Seite getrennt werden kann. Das setzt allerdings voraus, dass die aufgehobene Verbindung nach der Prüfung wieder zuverlässig hergestellt werden kann. Bei Blitzschutzanlagen ist es üblich, zum Zweck der



a) mit Niederohm-Durchgangsprüfer **DP**; **b)** mit Niederohm-Widerstandsmesser („Milliohmometer“) **WM**; **c)** mit Erdungsmessgerät **EM**; **d)** mit Einsatz eines Zangen-Widerstandsmessers („Erdungsprüfzange“) an der Stelle **ZWM**
M Melder; **P** Prüfbogen (zu prüfender Leiter); **SQ** Stromquelle

1 Schaltungen für Durchgangsprüfungen an einem Leiter, dem nichts parallel geschaltet ist

Autor

Dipl.-Ing. (FH) **Enno Hering** ist Mitglied des AK „Blitzschutz“ und des AK „Starkstromanlagen bis 1000 V“ des VDE-Bezirksvereins Dresden.

Prüfung alle Trennstellen an den Erdeinführungen oder Anschlussstellen zu öffnen.

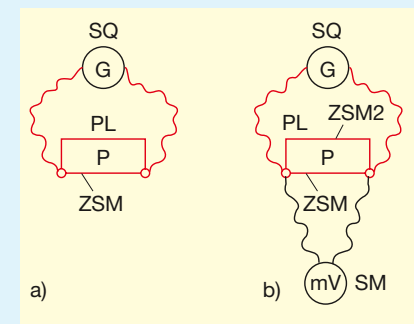
Das Bild ① zeigt Schaltungen für den Fall, dass dem Prüfobjekt kein anderer Leiter parallel geschaltet ist. Der **Durchgangsprüfer** nach Teilbild ① a) enthält mindestens eine Stromquelle und einen Melder, z. B. Lampe. Dem Melder kann ein Widerstand zur Vergrößerung des Prüfstroms parallel geschaltet sein. Nach einer Empfehlung in [6], Abschn. 612.2 soll die Stromquelle eine Leerlaufspannung von 4 bis 24 V haben und der Prüfstrom mindestens 0,2 A betragen. Manche Durchgangsprüfer geben bei der Überschreitung eines einstellbaren Grenzwerts des Widerstands ein akustisches Signal.

Im Teilbild ① b) wird der Widerstand mit einem **Niederohm-Widerstandsmesser** ermittelt. Der dargestellte Vierleiteranschluss hat den Vorteil, dass das Messergebnis nicht von den Widerständen der Messleitungen beeinflusst wird. Wenn zwischen die Anschlussbuchsen 1 und 2 sowie 3 und 4 jeweils eine Brücke eingelegt wird oder das Messgerät nur zwei Buchsen aufweist und nur zwei Messleitungen zur Anwendung kommen, so muss deren Widerstand vom angezeigten Widerstand abgezogen werden. Zur Messung des Widerstands der Messleitungen werden deren Enden mit-

einander verbunden. Statt des Niederohm-Widerstandsmessers kann auch gemäß Teilbild ① c) ein **Erdungsmessgerät** verwendet werden, wenn dieses einen Messbereich für Widerstände bis herunter auf 0,1 Ω hat, nach Möglichkeit noch weiter herunter. Für den Anschluss gilt das bereits zum Teilbild b) Gesagte analog.

Der Widerstand kann auch gemäß Teilbild ① d) mit einem **Zangen-Widerstandsmesser** („Erdungsprüfzange“)¹⁾, z. B. Typ C.A 6410 der Fa. Chauvin Arnoux gemessen werden. Der Widerstand der zum Schließen des Stromkreises erforderlichen Messleitung muss vom angezeigten Widerstand abgezogen werden. Im Fall der Parallelschaltung eines oder mehrerer Leiter zum Prüfobjekt kann nach Bild ② verfahren werden. An die Enden des zu prüfenden Leiters wird eine Stromquelle angeschlossen. Im Teilbild ② a) wird der Durchgang dadurch nachgewiesen, dass ein den Leiter um-

¹⁾ Die halbkreisförmigen Schnäbel der Zange enthalten zwei Wandler. Der eine hat die Aufgabe, eine Spannung in den Leiter zu induzieren, und der andere dient der Strommessung. Die Zange wird geschlossen, wenn ihre Schnäbel den Leiter umfassen. Das Display der Zange zeigt den Quotienten aus indizierter Spannung und dem im Leiter fließenden Strom als Widerstand an.



② Schaltungen für Durchgangsprüfungen durch Strommessung an einem Leiter, dem ein weiterer parallel geschaltet ist

- a) ohne Ermittlung des Widerstands
- b) mit Ermittlung des Widerstands durch zusätzliche Spannungsmessung

PL parallel geschalteter Leiter, kann auch zweites Messobjekt sein

SM Spannungsmesser für kleine Spannungen

ZSM Einsatzstelle des Zangen-Strommessers

ZSM2 zweite Einsatzstelle des Zangen-Strommessers, wenn PL ein zweites Messobjekt ist

fassender **Zangen-Strommesser** einen Strom anzeigt. Wird entsprechend Teilbild 2b) zusätzlich ein **Spannungsmesser** für kleine Spannungen angeschlossen, kann der Widerstand des Prüfobjekts als Quotient aus angezeigter Spannung und angezeigtem Strom ermittelt werden. Vorzugsweise wird mit Wechselstrom, z. B. aus einem Transformator oder aus einem Erdungsmessgerät, geprüft. Die Anwendung von Gleichstrom setzt den Einsatz eines speziellen Zangen-Strommessers voraus, der statt des transformatorischen Stromwandlers einen auf dem Hall-Effekt beruhenden enthält.

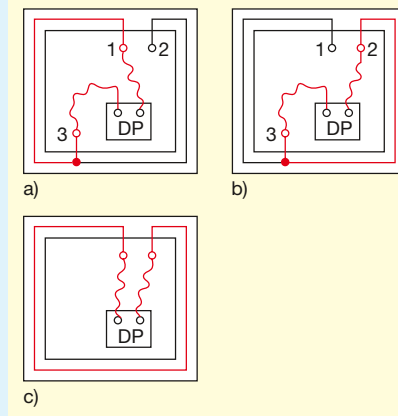
3.2 Prüfungen an auftrennbaren Ringerdern

Nachstehend werden beispielhaft Prüfungen an ringförmigen Fundamenterdern beschrieben. Sie können zum großen Teil in gleicher Weise auch an erdbebettenen Ringerdern ausgeführt werden.

Die Durchführbarkeit und Aussagefähigkeit der Durchgangsprüfungen hängt – wie schon unter 1.2 angedeutet – von der Anzahl und Anordnung der Anschlussteile oder Erdeinführungen ab. Die Auftrennbarkeit des Ringes ist dafür besonders vorteilhaft. All das sollte schon bei der Planung der Erder berücksichtigt werden.

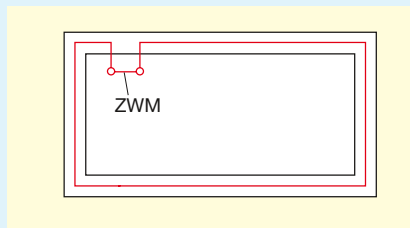
Die in den Bildern 3 bis 5 dargestellten Prüfschaltungen können nur dann angewendet werden, wenn der Ring mindestens an einer Stelle auftrennbar ist. Bei Fundamenterdern ist das beispielsweise mit zwei nebeneinander angeordneten oberflächenbündigen Anschlussteilen („Erdungsfestpunkten“) realisierbar, die zum Schließen des Ringes durch ein Überbrückungsband miteinander verbunden werden. Bei erdbebettenen Erden kann dafür eine Trennstelle in einem Unterflur-Trennstellenkasten angeordnet werden.

Im Bild 3 wird der Ring für die Prüfungen geöffnet. Bei den Prüfschaltungen entsprechend Bild 4 wird der Durchgang am geschlossenen Ring dadurch nachgewiesen, dass am Über-



3 Beispiele für Durchgangsprüfungen bei aufgetrennten Verbindungen

- a) Prüfung der Anschlüsse 1 und 3 sowie des linken Teils des Ringes
- b) Prüfung der Anschlüsse 2 und 3 sowie des rechten Teils des Ringes
- c) Prüfung des gesamten Erders

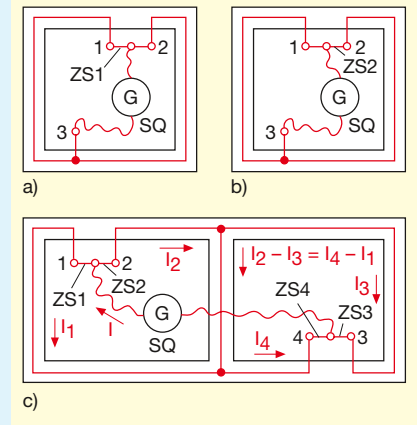


5 Durchgangsprüfung mit dem Zangen-Widerstandsmesser („Erdungsprüfzange“) an der Einsatzstelle ZWM

Überbrückungsband oder an der Unterflur-Trennstelle mit dem **Zangen-Strommesser** der Strom in den Teilen des Ringes festgestellt wird. Bei der Prüfung nach Bild 5 wird am Überbrückungsband oder an der geschlossenen Unterflur-Trennstelle der Widerstand des Ringes mit einem **Zangen-Widerstandsmesser** („Erdungsprüfzange“, siehe Abschnitt 3.1) gemessen.

3.3 Prüfungen an nicht auftrennbaren Ringerdern

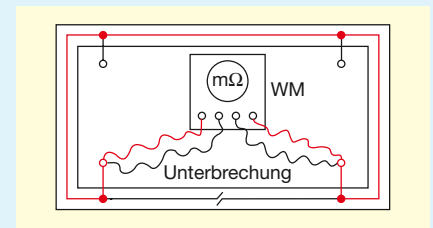
Wenn der Ringerd mindestens vier Anschlüsse hat, kann eine Unterbrechung dadurch festgestellt werden, dass rundum jeweils zwischen zwei benachbarten Anschlüssen der Widerstand gemessen wird. Die kleinen Widerstände der jeweils zwischen dem Anschlusspunkt der Messleitungen und dem Ring liegenden Leiter müssen vom angezeigten Widerstand abgezogen werden. Der Erdstoff und beim Fundamenterd zusätzlich der Beton sind zwar dem metallenen Leiter parallel geschaltet, können das Messergebnis jedoch nicht wesentlich beeinflussen, weil ihr



4 Beispiele für Durchgangsprüfungen ohne Auftrennung von Verbindungen

- a) analog Bild 3 a);
- b) analog Bild 3 b);
- c) vier Prüfungen an einem Fundamenterd mit Querverbindung und vier Anschlussteilen

I Messstrom; I1 bis I4 Teilströme; ZS1 bis ZS4 Einsatzstellen des Zangen-Strommessers



6 Feststellung der Unterbrechung durch den infolge des Umwegs vergrößerten Widerstand

spezifischer Widerstand sehr viel größer als der des Stahls ist.

Hat der Ring keine Unterbrechung, so misst man den resultierenden Widerstand einer Parallelschaltung, bestehend aus dem von den Messleitungen eingeschlossenen Teil des Ringes und der Reihenschaltung der restlichen Teile des Ringes. Beim Vorliegen einer Unterbrechung gemäß Bild 6 wird dort der Widerstand der restlichen Teile des Ringes gemessen. Bei der Messung an einem dieser Teile wird dessen Widerstand allein festgestellt.

1. Rechenbeispiel

Der Ringerd besitzt vier Anschlüsse. Die zwischen den Anschlüssen liegenden Teile des Ringes haben die Widerstände $R_1 \dots R_4$. An den Anschlüssen, die den Teil mit dem Widerstand R_1 begrenzen, wird bei intaktem Ring der Widerstand R_G nach Gl. (1) gemessen.

$$R_G = \frac{R_1(R_2 + R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)} \quad (1)$$

Ist der genannte Teil mit einer Unterbrechung wie im Bild 6 behaftet, so ergibt sich dort der Widerstand R_U nach Gleichung (2).

$$R_U = R_2 + R_3 + R_4 \quad (2)$$

2. Rechenbeispiel

Wie 1. Rechenbeispiel, jedoch haben alle Teile des Ringes den gleichen Widerstand R_T .

$$R_T = R_1 = R_2 = R_3 = R_4 \quad (3)$$

Bei intaktem Ring ergibt sich der resultierende Widerstand R_G jeweils zwischen nebeneinander liegenden Anschlüssen gemäß Gl. (4).

$$R_G = R_T (3 R_T) / (4 R_T) = (3/4) R_T \quad (4)$$

Bei unterbrochenem Ring beträgt der Widerstand R_U an den Anschlüssen beiderseits der Unterbrechung:

$$R_U = 3 R_T \quad (5)$$

$$R_U = 3 (4/3) R_G = 4 R_G \quad (6)$$

Bei Messung an den Anschlüssen, zwischen denen sich die Unterbrechung befindet, wird also das Dreifache des Widerstands der anderen Messungen und das Vierfache des Widerstands, der sich bei intaktem Ring ergeben würde, festgestellt.

Bei einer größeren Anzahl von Anschlüssen kann wie in den Beispielen gerechnet werden mit dem Unterschied, dass gegenüber den Gleichungen (1) bis (3) die Widerstände weiterer Teile des Ringes hinzukommen und sich in den Gleichungen (4) und (5) die Faktoren entsprechend vergrößern.

Hat der Ring nur zwei Anschlüsse, so kann evtl. nach Bild 2b) (siehe Abschnitt 3.1) geprüft werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die zwei in Parallelschaltung an die Stromquelle angeschlossenen Teile des Ringes für den Einsatz des Zangen-Strommessers zugänglich sind. Das ist bei einem erdbetteten Erder z. B. beiderseits einer Erdeinführung denkbar, wenn der betreffende Bereich für die Erstprüfung bis zur Messung vom Verfüllen des Erdergrabens ausgenommen oder bei der Wiederholungsprüfung einer ohnehin zur Feststellung des Korrosionszustands erforderlichen Probeaufgrabung unterzogen wird.

Literatur

- [1] DIN VDE 0100-410/**VDE 0100 Teil 410:1997-01** und DIN VDE 0100-410/A1/**VDE 0100 Teil 410/A1:2003-06** Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 41: Schutz gegen elektrischen Schlag.
- [2] **Vornorm** DIN V VDE V 0100-534/**VDE V 0100 Teil 534:1999-04** Elektrische Anlagen in Gebäuden; Teil 534: Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln; Überspannungs-Schutzeinrichtungen.
- [3] **Vornorm** DIN V VDE V 0185-3/**VDE V 0185 Teil 3:2002-11** Blitzschutz; Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
- [4] DIN EN 50 083-1/**VDE 0855 Teil 1:1994-03**, DIN EN 50 083-1/A1/**VDE 0855 Teil 1/A1:1999-01**, DIN EN 50 083-1/A2/**VDE 0855 Teil 1/A2:1998-06** und **Berichtigung:2001-01** Kabelverteilsysteme für Ton- und Fernsehroundfunk-Signale; Sicherheitsanforderungen.
- [5] **DIN 18 014:1994-02** Fundamente der Erdung.
- [6] DIN VDE 0100-610/**VDE 0100 Teil 610:2004-04** Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 6-61: Prüfungen; Erstprüfungen.
- [7] DIN EN 61 557-1/**VDE 0413 Teil 1:1998-05** Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen; Allgemeine Anforderungen.
- [8] DIN EN 61 557-4/**VDE 0413 Teil 4: 1998-05** –; Widerstand von Erdungsleitern, Schutzleitern und Potentialausgleichsleitern.
- [9] DIN EN 61 557-5/**VDE 0413 Teil 5:1998-05** –; Erdungswiderstand.

4

Prüfbericht

Die Durchgangsprüfung ist nur eine von mehreren an den Erdungsanlagen erforderlichen Prüfungen. Für alle wird üblicherweise ein gemeinsamer Prüfbericht ausfertigt.

Die durchgeführten Prüfungen einschließlich der begleitenden Maßnahmen müssen so deutlich beschrieben werden, dass sie später danach reproduziert werden können. Ferner müssen alle Prüf- und Messergebnisse eindeutig angegeben werden. Wenn der Erder als Blitzschutzterd dient, gilt für den Prüfbericht [3], Hauptabschn. 3, Abschn. 5.