

Ortsveränderliche elektrische Arbeitsmittel

Teil 2: Messverfahren, Prüfungen, Auswertung und Dokumentation

In diesem zweiteiligen Beitrag befassen sich die Autoren eingehend mit der Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Arbeitsmittel, so wie es in der Betriebssicherheitsverordnung definiert ist. Die in den letzten Jahren geschaffenen gesetzlichen Bestimmungen sind Grundlage für die Vorgehensweise und Organisation beim Prüfen.
Fortsetzung aus »de« 1-2/2011, S. 30

In Unternehmen vorhandene ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel und Geräte müssen regelmäßig geprüft werden, da von ihnen Gefahren für die Beschäftigten ausgehen können. Der erste Beitrags- teil befasste sich in diesem Zusammenhang zunächst mit dem Anwendungsbereich der DIN VDE 0701-0702 und den normativ geforderten Schritten des Prüfungsablaufs. Weiterhin wurden die Sichtprüfung durch die Befähigte Person, die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme gegen elektrischen Schlag, die Prüfung des Schutzleiters und die Messung des Isolationswiderstands erläutert.

Bei der Prüfung von Geräten, die mit Überspannungsableitern ausgestattet sind oder beim Messen an aktiven Teilen, die für Schutzklein- spannung ausgelegt sind (SELV- und PELV-Geräte), darf die Messspannung bei der Isolationswiderstandsmessung auf DC 250 V reduziert werden (Bild 6).

Der Isolationswiderstand darf folgende Grenzwerte nicht unterschreiten:

- Bei Betriebsmitteln der SK I beträgt der Grenzwert $1\text{ M}\Omega$ (zwischen aktiven Teilen und PE sowie den damit verbundenen berührbaren leitfähigen Teilen).
- Bei Betriebsmitteln der SK I mit Heizelementen beträgt der Grenzwert $0,3\text{ M}\Omega$. Anmerkung: Wird bei Geräten der Schutzklasse I mit Heizelementen $P > 3,5\text{ kW}$ der Grenzwert von $0,3\text{ M}\Omega$ nicht erreicht, kann das Gerät als einwandfrei bewertet werden – vorausgesetzt, dass der Schutzleiterstrom den geforderten Grenzwert einhält.
- Bei Betriebsmitteln der SK I + II beträgt der Grenzwert $2\text{ M}\Omega$ (zwischen aktiven Teilen und nicht mit PE verbundenen berührbaren leitfähigen Teilen).
- Bei aktiven Teilen für SELV/PELV gegen berührbare leitfähige Teile liegt der Grenzwert bei $0,25\text{ M}\Omega$.

Schutzleiter- und Berührungsstrom

Diese Messungen dienen dem Nachweis des ordnungsgemäßen Zustands

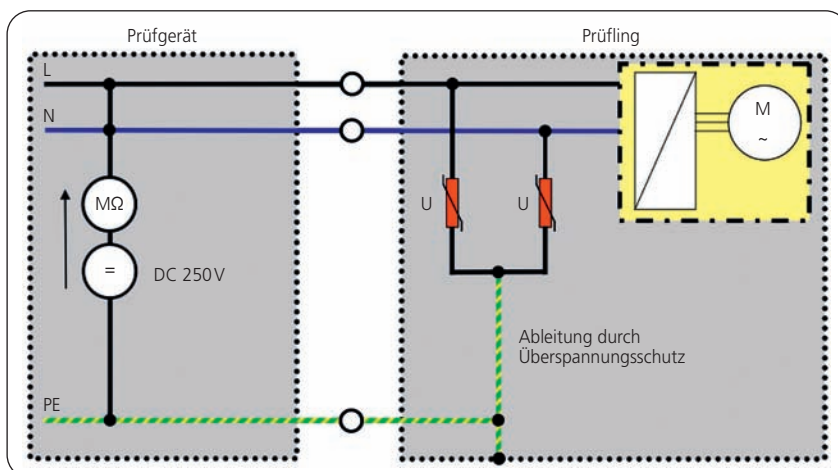


Bild 6: Messen von Geräten mit Überspannungsableiter – Messspannung auf z. B. DC 250 V reduziert. Die Überspannungsableiter bleiben hoch- ohmig und eine Isolationsmessung wird möglich

der Isolierungen und Beschaltungen, z. B. Entstörbausteine. Durch die Messungen lassen sich Defekte ermitteln, die bei der Isolationswiderstandsmessung mit einer DC-Prüfspannung nicht erkannt werden. Dies sind z. B. Veränderungen und Einflüsse von Ent-

störbausteinen wie RC-Glieder, Y-Kondensatoren usw. Die Messung kann entfallen z. B. an Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, wenn keine elektrischen Bauteile zwischen aktiven Teilen und dem Körper geschaltet sind.

ABLEITSTROMWERTE

Ableitstrom		Isolationswiderstand
0,5 mA	entsprechen einem Isolationswiderstandwert von nur →	0,460 MΩ / 460 kΩ
3,5 mA		0,066 MΩ / 66 kΩ
10 mA		0,023 MΩ / 23 kΩ

Gegenüberstellung von Ableitstromwerten zu einem resultierenden Isolationswiderstand bezogen auf 230V Netzspannung

Für die Prüfungen stehen folgende Messverfahren zur Verfügung:

- direktes Messverfahren,
- Differenzstrommessverfahren und
- Ersatz-Ableitstrommessverfahren.

Bei der Messung ist darauf zu achten, dass Schalter und ähnliche Einrichtungen geschlossen werden, um möglichst alle mit Netzspannung beanspruchten Isolierungen und elektrischen Bauteile zu erfassen. Ggf. sind die Messungen in mehreren Schalterstellungen durchzuführen.

Die Messungen sind in beiden Positionen des Netzsteckers vorzunehmen. Der größere der beiden Messwerte stellt das Messergebnis dar. Ausnahme: An einem Gerät mit einem gepolten Netzstecker – z.B. einer zweipoligen CEE-Steckvorrichtung (L-N-PE) – und bei der Anwendung des Ersatz-Ableitstrommessverfahrens kann das Umpolen entfallen.

Achtung: Die Schutzleiter- und Berührungsstrommessungen können jedoch die Isolationswiderstandsmessung bezüglich der Aussagekraft in Präzision und Voraussicht nicht ersetzen, sondern ergänzen diese lediglich. Die Gegenüberstellung der Werte in der **Tabelle auf S. 24** verdeutlicht den Zusammenhang.

Messung des Schutzleiterstroms

Diese Messung dient dem Nachweis, dass kein unzulässig hoher Strom, z. B. über den Schutzleiter, zur Erde fließt. Die Messung erfolgt nur an Geräten mit Schutzleiteranschluss. Dieses sind üblicherweise Geräte der SK I. Der Schutzleiterstrom darf 3,5mA nicht übersteigen – mit Ausnahmen. So darf z.B. bei Geräten mit Heizelementen und mit einer Gesamtanschlussleistung > 3,5kW der Schutzleiterstrom $\leq 1\text{mA/kW}$ Heizleistung betragen, jedoch nicht mehr als 10mA.

Messung des Berührungsstroms

Diese Messung dient dem Nachweis, dass beim Berühren von leitfähigen Teilen des Körpers, die nicht mit dem Schutzleiter verbundenen sind, kein unzulässig hoher Strom zur Erde fließen kann (z.B. über eine Person). Sie erfolgt zwischen den berührbaren leitfähigen Teilen, die nicht mit dem Schutzleiter verbunden sind – sowohl bei SK I als auch bei SK II gegen den Schutzleiter der Netzversorgung. Der gemessene Berührungsstrom darf den Grenzwert von 0,5mA nicht überschreiten.

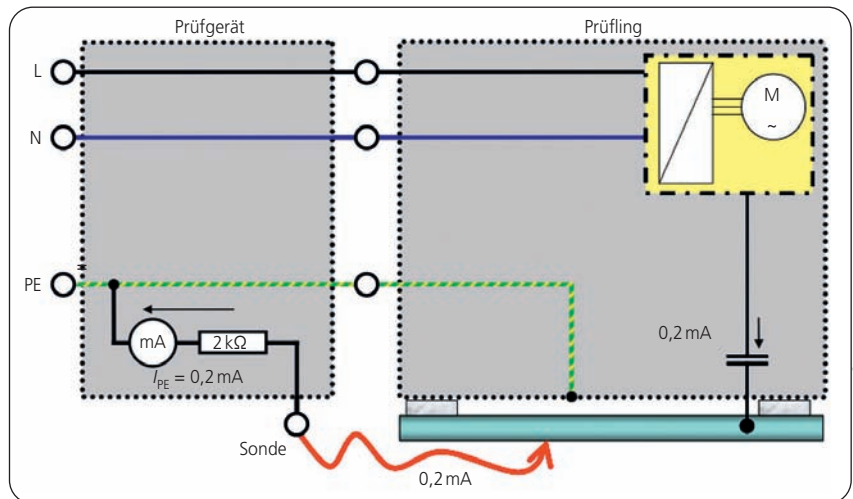


Bild 7: Direktes Verfahren: Berührungsstrommessung über Sonde – Gerät wird mit Netzspannung betrieben

Messverfahren für Schutzleiter- und Berührungsstrommessungen

Bei den im Folgenden beschriebenen direktem Messverfahren (aktiv) sowie dem Differenzstrommessverfahren (aktiv) ist der Prüfling während der Messung in allen Betriebsarten und Funktionen mit Nennspannung zu betreiben.

Direktes Messverfahren (aktiv)

Die Messung des Berührungsstroms wird in den aktuellen Prüfgeräten häufig nach dieser Methode durchgeführt. Für die Schutzleiterstrommessung wird **diese Methode** in der Praxis selten angewendet und **ist aus mess- und sicherheitstechnischen Gründen nicht zu empfehlen**.

Bei der Anwendung des direkten Messverfahrens wird ein Milliampere-meter in den Messpfad zwischen Prüfobjekt und Schutzleiter (PE) geschaltet

(Bild 7). **Achtung:** Bei der Schutzleiterstrommessung ist der Schutzleiter (PE) des Körpers nicht direkt mit dem Schutzleiter des Stromversorgungssystems (Netz-PE) verbunden. Der entscheidende Nachteil besteht darin, dass der Prüfling gegen Erde isoliert aufgestellt werden muss, da sonst fehlerhafte (zu niedrige) Messwerte zu erwarten sind.

Zum Differenzstrommessverfahren (aktiv)

Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, das zu empfehlen ist und von aktuellen Gerätetestern häufig für die Schutzleiterstrommessung angewendet wird. Das Differenzstrommessverfahren basiert auf der gleichen physikalischen Grundlage wie ein Fehlerstrom-Schutzschalter. Es wird der Summen- oder Differenzstrom aller hin- und rückfließenden Ströme des

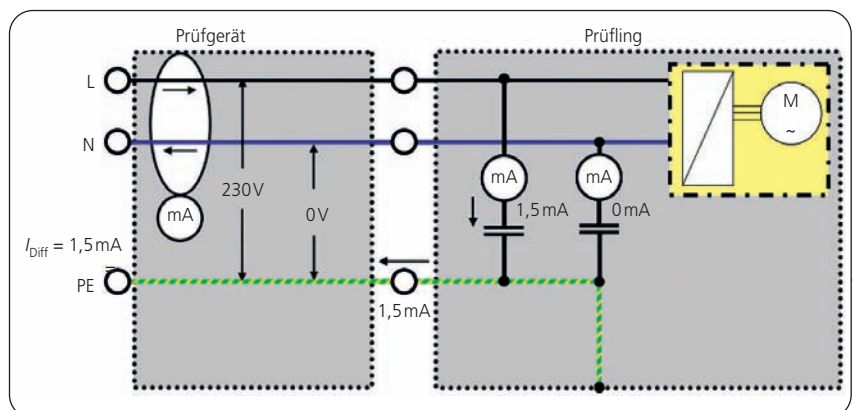


Bild 8: Differenzstromverfahren, zur Schutzleiterstrommessung – Gerät wird mit Netzspannung betrieben, Schutzleiterstrommessung über Differenzstromwandler

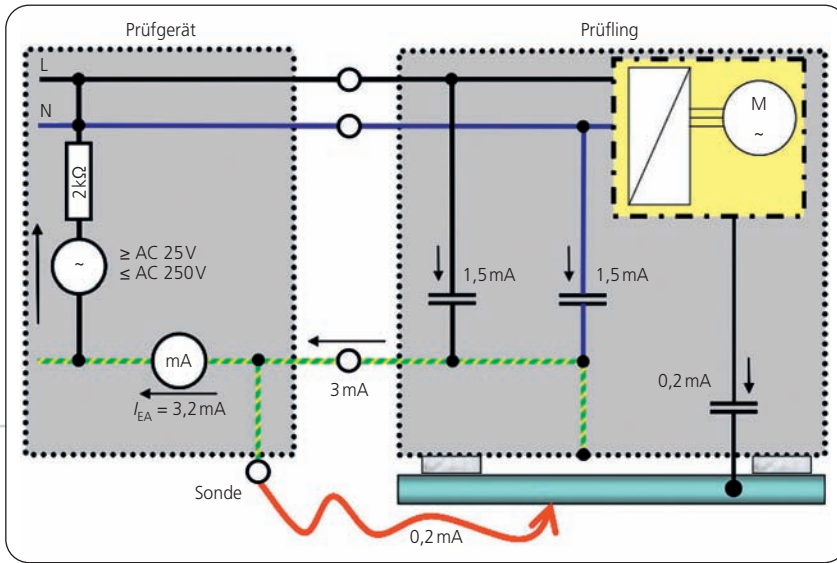


Bild 9: Ersatz-Ableitstrommessverfahren – Messen des Schutzleiterstroms über den PE-Leiter des Steckers, Messen des Berührungstroms über die Sonde

Betriebsmittels gemessen. Ein über Erde oder den PE abfließender Strom ergibt eine Differenz, die in einem Differenzstromwandler gemessen wird (Bild 8). Das Verfahren bietet dem Prüfer mehr Schutz als die direkte Messung. Außerdem sind wenig beeinflusste Messergebnisse zu erwarten. Für dieses Messverfahren kann man auch Strommesszangen in Verbindung mit entsprechenden Messadaptern einsetzen. Mittels des Messadapters wird der Schutzleiter (PE-Leiter) am Wandler vorbeigeführt.

Bei Messungen nach dem direkten Messverfahren (aktiv) und Differenzstrommessverfahren (aktiv) ist fol-

gende Besonderheit zu berücksichtigen: In Geräten mit Schaltnetzteilen, Invertern/Frequenzumrichtern (FU) beinhalten die Ableitströme neben der Netzfrequenz häufig auch Ströme höherer Frequenzen. Zur normgerechten Bewertung sind geeignete Messverfahren zu verwenden.

Der Frequenzgang der Strommess-einrichtung muss der Prüfschaltung A.1 nach DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1) Anhang 1 entsprechen. Die Prüfeinrichtung hat den gemessenen Strom unabhängig von der Kurvenform als Effektivwert zu bewerten. Prüfgeräte nach DIN VDE 0404-2 gewährleisten das. Dieser Sachverhalt ist auch bei der Verwen-

dung von Strommesszangen zu berücksichtigen.

Ersatz-Ableitstrommessverfahren (passiv)

Der Schaltungsaufbau mit gebrückten aktiven Teilen (L1-L2-L3-N/L-N) lässt sich mit dem der Isolationswiderstandsmessung vergleichen. Deshalb braucht man den Netzstecker nicht umzupolen. Das Gerät geht bei diesem Messverfahren nicht in Funktion. Netzspannungsabhängige Schaltgeräte – z.B. Relais oder Halbleiter-Schalter – werden nicht angesteuert sowie dahinter liegende Stromkreise nicht in die Prüfung einbezogen. An solchen Geräten liefert das Ersatz-Ableitstrommessverfahren unvollständige Ergebnisse – ebenso wie die Isolationswiderstandsmessung (Bild 9). In diesem Fall muss eine Schutzleiter- und/oder Berührungstrommessung nach den aktiven Messverfahren erfolgen.

Die Messung im Ersatz-Ableitstrommessverfahren erfolgt mit einer Prüfwechselfrequenz 25 ... 250V bei 50 Hz. **Achtung:** Die Messanzeige wird auf die Nennspannung 230V, bei 50 Hz, umgerechnet. Bei Prüflingen mit abweichender Nennspannung bzw. abweichender Frequenz werden falsche Werte errechnet, z. B. wenn ein Gerät mit 200V und 300 Hz betrieben wird. Diesen möglichen Fehler muss der Prüfer erkennen. Sind symmetrische Entstörbaugruppen zwischen L-N und PE geschaltet, darf der Schutzleiterstrom den doppelten Grenzwert und somit bis zu 7 mA statt 3,5 mA betragen.

Dieses Messverfahren darf nur nach vollständig durchgeführter und bestandener Isolationswiderstandsmessung angewendet werden.

Geräte mit berührbarem sekundärem Spannungsausgang

Enthält ein Arbeitsmittel der Schutzklasse I oder II Ausgangstromkreise mit berührbaren aktiven Teilen, wie Ladegeräte, Netzteile usw., dürfen die Grenzwerte von AC 25V bzw. DC 60V nicht überschritten werden. Die Spannungsangaben auf dem Typenschild für den Ausgang sind nachzuweisen. Berührbare Ausgangstromkreise müssen eine sichere Trennung aufweisen. Der Nachweis kann durch

- eine Isolationswiderstandsmessung und
- eine Berührungstrommessung erbracht werden.



Bild 10: Prüfgerät für Netze 400V/3~ oder 230V/1~, Prüfung von Verlängerungen mit Geräte Steckern/Steckdosen möglich (optional: Prüfen nach DIN EN 60974-4, Prüfen von Schweißgeräten)

Der Isolationswiderstand ist mit folgendem Grenzwert nachzuweisen: $2\text{ M}\Omega$ bei Arbeitsmittel der SK I und SK II an berührbaren Ausgangskreisen

- zwischen Eingangs- und Ausgangstromkreis sowie
- am Ausgangskreis (z. B. Transformator mit sicherer Trennung) gegen berührbare leitfähige Teile.

Der Berührungsstrom ist zu messen zwischen Ausgangstromkreis und Schutzleiter (gegen Erde), auf Einhaltung des Grenzwertes von $\leq 0,5\text{ mA}$. Die Messung muss einzeln, zwischen jedem Ausgang, z. B. dem Pluspol, dem Minuspol und PE erfolgen.

Wirksamkeit weiterer Schutzeinrichtungen

Für die Elektrosicherheit auf kleinen Bau- und Montagestellen werden z. B. PRCD-S-Schutzeinrichtungen zwischen einer Steckdose und dem elektrischen Arbeitsmittel betrieben. Eine PRCD-S lässt sich nicht umfassend mit den Prüfmethoden nach DIN VDE 0701-0702 prüfen. Daher müssen u. a. Prüfungen nach DIN VDE 0100-600 sowie weitergehende Methoden gemäß Herstellerangaben berücksichtigt werden. Die erforderlichen Maßnahmen entscheidet der Prüfer bezogen auf das jeweilige Prüfobjekt und dokumentiert dies.

Zur Funktionsprüfung

Ein Erproben der Funktion des Prüflings ist nur insoweit vorzunehmen, wie es zum Nachweis der Sicherheit erforderlich ist. Dies können sein:

- Schalter
- Not-Aus-Einrichtungen
- selbstschließende-, verriegelte Abdeckungen
- Melde- und Kontrollleuchten
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) durch Betätigung der Prüftaste
- Drehfeldrichtung.

Auswahl der geeigneten Messgeräte

Für die nach DIN VDE 0701-0702 durchzuführenden Prüfungen sind Messgeräte entsprechend den Normen der Reihen DIN VDE 0404 (VDE 0404) bzw. DIN EN 61557-2 (VDE 0413-2) und DIN EN 61557-4 (VDE 0413-4) mit Messschaltungen nach Anhang C der Norm oder solche Messgeräte oder/und Messeinrichtungen zu verwenden, die



Bild 11: Isolationswiderstandsmessung an einem Bürogerät – Prüfgerät mit Datenerfassung, Speicherkarte, Barcodeleser, Touchscreen

gleiche Messergebnisse und Sicherheit gewährleisten (siehe auch **Bilder 1, 2, 10 und 11**). Die für die Prüfungen benutzten Messgeräte sind regelmäßig nach Herstellerangaben zu prüfen und zu kalibrieren.

Auswertung der Prüfung, Beurteilung und Dokumentation

Eine Dokumentation ist so zu gestalten, dass eine hinreichende Aussagekraft gegeben ist. Damit der Prüfer seiner Verantwortung gerecht wird, raten die Autoren dringend, mindestens folgende Daten in einem Prüfbericht zu dokumentieren: Identifikation des Prüflings, Name des Prüfers, Prüfdatum, die Messergebnisse, die Messverfahren, die angewendeten Normen, Angaben zum verwendeten Prüfgerät, Besonderheiten der Prüfung, Prüffrist und das Ergebnis der Prüfung. Bei der nächsten Prüfung sollten diese Daten dem Prüfer – zum Vergleich mit den aktuellen

Ergebnissen – zur Verfügung stehen. Somit kann er Veränderungen erkennen und notwendige Maßnahmen ableiten.

Erst wenn das ortsveränderliche elektrische Arbeitsmittel bzw. das Gerät alle erforderlichen Einzelprüfungen bestanden hat und dies dokumentiert wurde, gilt die Prüfung in Ihrer Gesamtheit als bestanden. Dies sollte zusätzlich an den Arbeitsmitteln durch eine geeignete Kennzeichnung, z. B. mittels Prüflakette unter Angabe des nächstfälligen Prüfungstermins, verdeutlicht werden (Bild 10). Prüflaketten auf den elektrischen Arbeitsmitteln signalisieren dem Benutzer bei seiner Inaugenscheinnahme vor jedem Einsatz, dass das Arbeitsmittel einer Prüfung unterzogen wurde und diese bestanden hat. Ferner erhält der Benutzer hierdurch auch jene für die alltägliche Praxis wichtige Information, wann das Arbeitsmittel erneut einer wiederkehrenden Prüfung zugeführt werden muss.

Hat das ortsveränderliche Arbeitsmittel die Prüfung nicht bestanden, so ist das Gerät deutlich als unsicher zu kennzeichnen. Der Betreiber bzw. Unternehmer muss darüber in Kenntnis gesetzt werden. Das Gerät ist einer weiteren Benutzung zu entziehen.

Dipl.-Ing. Holger Bluhm,
VdS-anerkannter Sachverständiger
zum Prüfen elektrischer Anlagen,
Horst Schramm,
Präventionsabteilung Fachstelle
»Elektrotechnik«
der Verwaltungsgemeinschaft
Maschinenbau- und Metall-
Berufsgenossenschaft und Hütten- und
Walzwerks-Berufsgenossenschaft

MEHR INFOS

Fachbeiträge zum Thema

- Bluhm, H.: Einsatz ortsveränderlicher Mehrfachsteckdosenleisten – Neue Anforderungen gemäß DIN VDE 0620-1, »de« 17/2010, S. 32f.
- Bluhm, H.: Prüfungen für den Feuerversicherer – Prüfrichtlinien VdS 2871: 2005-01 für VdS-anerkannte Sachverständige, »de« 8/2006, S. 40ff.

Buch zum Thema

Lang, W.: Prüfen und Warten von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln – Vorgaben und Fristen nach BetrSichV, 2010, CD-ROM mit Booklet, 49,90€, ISBN 978-3-8101-0286-7, Hüthig & Pflaum Verlag
www.de-online.info/shop