

E-Check und Wiederholungsprüfung

Teil 7.2: Prüfung der Geräte beim Kunden – Prüfmethode und ihre Anwendbarkeit

K. Bödeker, Berlin; R. Kindermann, Nürnberg

Im Anschluß an Teil 7.1 [1] behandelt der Beitrag den Fall, daß ein zu prüfendes Gerät nicht außer Betrieb gesetzt oder nicht von der Anlage getrennt werden kann und daher eine vollständige Prüfung nach DIN VDE 0702 [2] erschwert wird oder unmöglich ist. Vorgeschlagen und bewertet werden die in derartigen Fällen möglichen Prüfmethode.

1 Sichtprüfung

Die meisten fehlerhaften Geräte werden bereits bei der Sichtprüfung aussortiert. Ein erfahrener Prüfer erkennt an äußeren Merkmalen, ob sein Prüfling betriebsgemäß behandelt oder über Gebühr strapaziert wurde. Zumeist sind es dann auch die so entdeckten beschädigten, unsachgemäß reparierten, verschmutzten, feuchten Geräte, die den Ansprüchen der folgenden Messungen nicht genügen. Ein innerer Fehler, der von einem erfahrenen Prüfer nicht bereits durch äußere Anzeichen erahnt werden kann, ist selten. Dies ist zumindest bei Geräten der Fall, die von seriösen Herstellern kommen und von einer neutralen Prüfstelle gründlich abgeklöpft wurden [3][4]. **Insofern läßt sich sagen:**

Wenn – aus welchen Gründen auch immer – keine **vollständige Prüfung** nach DIN VDE 0702 erfolgt, ist auch eine Teilprüfung schon ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zur Elektrosicherheit. Das Besichtigen der beim nichtfachkundigen Benutzer vorhandenen elektrischen Geräte durch eine erfahrene Elektrofachkraft, ist beispielsweise viel besser als der völlige **Verzicht auf eine Prüfung**.

Wenn dann das positive Ergebnis der Sichtprüfung auch durch einen Teil der sonst üblichen Messungen bestätigt wird, kann dies – durch Entscheidung des Prüfers – als ausreichend aussagekräftig gewertet werden.

Allerdings: Für Billiggeräte gilt diese Feststellung nicht! Welche Qualität deren Teile und Werkstoffe haben, ist nicht ohne einen Blick in das Innere und intensive Prüfung festzustellen.

Autoren

Dipl.-Ing. Klaus Bödeker ist freier Fachjournalist, Berlin; Dipl.-Ing. Robert Kindermann ist Mitarbeiter der Fa. Gossen-Metrawatt, Nürnberg.

2 Verzicht auf Messungen

Natürlich ist immer anzustreben und zumeist ja auch möglich, die auftragsgemäß zu prüfenden Geräte allen nach DIN VDE 0702 [2][5] vorgegebenen Einzelprüfungen mit einem dafür vorgesehenen Prüfgerät (Bild 8) zu unterziehen ([1], Tafel 1). Erst dann – wenn dies durch die jeweils vorliegenden besonderen Bedingungen als nicht möglich oder unzweckmäßig bezeichnet werden muß – ist zu fragen, ob auf eine der Messungen ganz oder teilweise verzichtet werden kann und welche Konsequenzen dies für die Bewertung der Prüfung hat. Natürlich bedeutet ein solcher Verzicht nicht, daß eine mindere Prüfqualität akzeptiert wird. Der Prüfer muß trotz eines solchen Verzichtes dafür gerade stehen, daß er nur ein mit hoher Wahrscheinlichkeit 100%ig einwandfreies Gerät zur weiteren Verwendung freigibt.

Er kann in seine Überlegung und seine Entscheidung natürlich auch die an anderer Stelle übliche Prüfpraxis einbeziehen. So wird z. B. auch bei der Prüfung einer Anlage nach DIN VDE 0105 Teil 100 [6] die Sicherheit des fest mit Außen-, Neutral- und Schutzleiter verbundenen Geräts „nur“ im Zusammenhang mit der Sicherheit des betreffenden Stromkreises beurteilt. Es wird in [6] nicht gefordert, das Gerät für sich allein und damit unter Beachtung seiner speziellen Belange zu prüfen. Auch die sich technisch bietenden Möglichkeiten der Schutzleiter- bzw. Berührungsstrommessung werden nicht in die Überlegungen einbezogen. Somit wird akzeptiert, daß nicht alle möglichen Fehler gefunden werden können. Es wird also nicht so intensiv wie möglich, sondern „nur“ so gut geprüft wie es in diesem Fall nötig ist, um eine hinreichende Beurteilung abgeben zu können.

Wird es nun in diesem Sinn als möglich angesehen und nachfolgend vorgeschlagen, in bestimmten Fällen auf einzelne der nach DIN VDE 0702 vorgegebenen Messungen zu verzichten, so gelten diese Vorschläge

und die daraus jeweils abgeleitete Bewertung der Prüfergebnisse unter der Voraussetzung, daß:

- es sich bei den Prüflingen nicht um Billiggeräte¹⁾ handelt und
- eine gründliche Sichtprüfung ein positives Ergebnis erbracht hat.

Ortsfeste, d. h. Geräte die über Klemmen angeschlossen sind, und ortsveränderliche, d. h. über Steckkontakt mit der Anlage verbundene Geräte, werden nachfolgend gemeinsam betrachtet, da ja voraussetzungsgemäß hier die Verbindung zur Anlage bei beiden Gerätearten nicht gelöst werden soll.

3 Geräte der Schutzklasse II

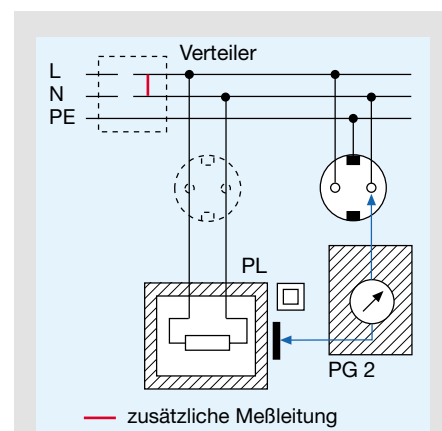
Prüfungen. Ist es nicht möglich oder sinnvoll, diese Geräte getrennt von der Anlage zu prüfen, weil

- deren **Betrieb nicht unterbrochen** werden soll oder
 - die Trennung von der Anlage bzw.
 - das Freischalten im Verteiler zum Messen des Isolationswiderstands (Bild 1) einen zu hohen Aufwand erfordern,
- so ist die **Messung des Berührungsstroms** an allen zugänglichen leitenden berührbaren Teilen (Bild 2) in allen möglichen Betriebszuständen vorzunehmen.

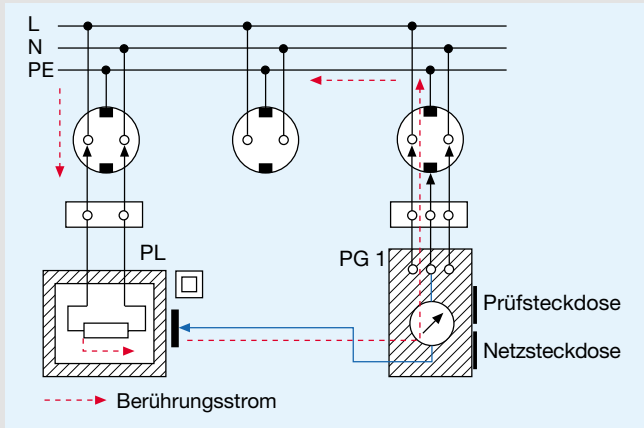
Nicht gefunden werden Fehler der Isolierungen zwischen

- leitenden berührbaren Teilen und aktiven Teilen, die (in der vorhandenen Steckerstellung bei den ortsveränder-

1) Unter **Billiggerät** wird ein Gerät verstanden, bei dem ein deutlich unter dem allgemeinen Niveau liegender Preis und zumeist auch das äußere „billige“ Aussehen sowie das Fehlen eines Prüfzeichens (VDE-, GS-Zeichen) darauf hindeuten, daß der Hersteller zu Lasten der Zuverlässigkeit (Funktion und Sicherheit) gespart hat.

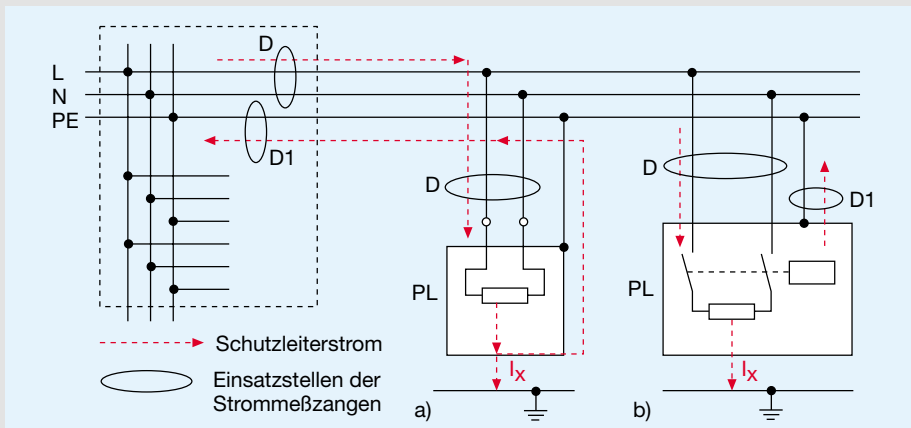
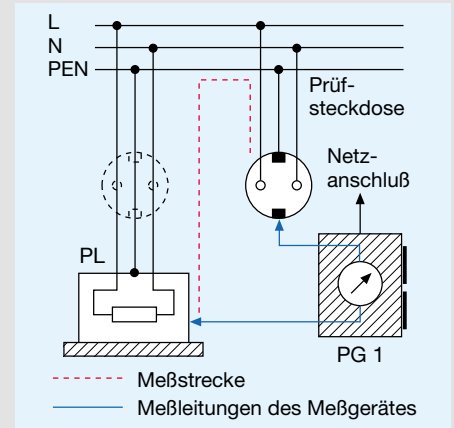


1 Messen des Isolationswiderstands an einem ortsfesten Gerät der Schutzklasse II (gilt sinngemäß auch für ortsveränderliche Geräte)
PG 2 Prüfgerät wie Bild 10; PL Prüfling

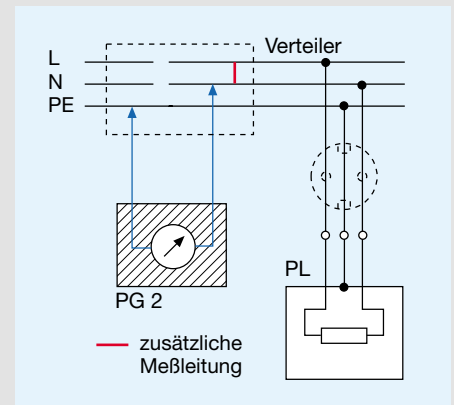


2 Messen des Berührungsstroms an einem ortsveränderlichen Gerät der Schutzklasse II (gilt sinngemäß auch für fest angeschlossene Geräte)
 PG 1 Prüfgerät wie Bild 8;
 PL Prüfling

3 Nachweis der Schutzleiterverbindung zwischen einem ortsfesten Gerät und der Anlage (gilt sinngemäß auch für ortsveränderliche Geräte)
 PG 1 Prüfgerät wie Bild 8;
 PL Prüfling



4 Möglichkeiten des Messens des Schutzleiterstroms eines ortsfesten Geräts im Verteiler oder an den Anschlußleitungen des Geräts
 a) Gerät ohne, b) Gerät mit elektrisch zu betätigenden Schalteinrichtungen, bei dem anstelle der Messung des Isolationswiderstands die Messung des Schutzleiterstroms erfolgen muß (gilt sinngemäß auch für ortsveränderliche Geräte)



5 Messen des Isolationswiderstands zwischen L/N und PE bei einem fest angeschlossenen Gerät vom Verteiler aus (gilt sinngemäß auch für ortsveränderliche Geräte)
 PG 2 Prüfgerät wie Bild 10; PL Prüfling

lichen Geräten) das Potential des Neutralleiters führen sowie

- berührbaren für eine Messung nicht zugänglichen Teilen und aktiven Teilen.

Bewertung

Nachweis von Basis- und Fehlerschutz

Da die schutzisolierten Geräten im allgemeinen pfleglich behandelt werden und/oder sehr robust ausgeführt wurden und ein Defekt der Abdeckungen mit fast 100%iger Wahrscheinlichkeit durch eine gründliche Sichtprüfung gefunden wird, kann ein positiver Ausgang des **Besichtigens** und der oben genannten **Messung des Berührungsstroms** im gegenwärtigen Betriebszustand bzw. in der gegenwärtigen Steckerstellung als Bestätigung des ordnungsgemäßen Zustands angesehen werden.

Prüfergebnis. Freigabe bei positivem Ausgang der **Sichtprüfung** und der **Messung des Berührungsstroms**.

4 Geräte der Schutzklasse I im TN-S- und TT-System

Ist es aus den unter drei bereits genannten Gründen nicht möglich oder sinnvoll, diese

Geräte von der Anlage zu trennen (abklemmen oder Stecker ziehen), so ist je nach ihrer konstruktiven Gestaltung unterschiedlich zu verfahren.

4.1 Geräte, die nicht freigeschaltet werden

Diese Art der Prüfung während des Betriebs kann erforderlich sein, wenn

- ein Gerät mit Schalteinrichtungen ausgestattet ist, die mit Netzspannung betätigt werden²⁾
- eine Betriebsunterbrechung auf Kundenwunsch nicht erfolgen soll.

Prüfungen. Es sind bei diesen Geräten im betriebsmäßigen Zustand vorzunehmen:

- Messung des Schutzleiterwiderstands nach Bild 3 und
- Messung des Schutzleiterstroms nach Bild 4 in allen möglichen Betriebszuständen.

Anmerkung: Bei der im Bild 4 dargestellten Messung mit einer Strommeßzange ist hinsichtlich des notwendigen Arbeitsschutzes und aufgrund der im Abschn. 6 genannten möglichen Fehler ein sehr konzentriertes, sorgfältiges Arbeiten erforderlich. Zu beachten ist auch, daß die Messung des im PE fließenden Stroms

keine exakten Ergebnisse erbringt, wenn einer der Gerätekörper im Stromkreis z. B. über Wasser-, Gas- oder Datenleitung Erdkontakt hat.

Nicht gefunden werden etwaige Fehler in den Isolierungen der mit dem Neutralleiter verbundenen aktiven Teile.

Anmerkung: Diese Fehler können in dem gegenwärtigen Betriebszustand keine Gefährdung für den Benutzer hervorrufen. Bei der Beurteilung ist auch zu bedenken, diese Fehler würden durch einen in dem betreffenden Stromkreis etwa vorhandenen FI-Schutzschalter im TN-System vollständig und im TT-System durch FI-Schutzschalter mit $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ weitgehend erfaßt worden sein.

Bewertung

- Die **Wirksamkeit des Basisschutzes** wurde bei positivem Ausgang der **Messung des Schutzleiterstroms** nur für den gegenwärtigen Betriebszustand nachgewiesen.

2) Das Isoliervermögen dieser Geräte, d. h. die Wirksamkeit des Basisschutzes, wird nur nachgewiesen, wenn die Netzspannung anliegt und somit bei der Messung auch die hinter den Schaltkontakten liegenden aktiven Leiter erfaßt werden.

- Die **Wirksamkeit des Fehlerschutzes** wurde bei positivem Ausgang der **Messung des Schutzleiterwiderstands** nachgewiesen, wenn der Gerätekörper bei der Messung keinen Kontakt zu Teilen mit Erdpotential hat. Besteht ein solcher Kontakt, so muß abgeschätzt werden ob aus dem Meßergebnis auf einen ordnungsgemäßen (z. B. $< 0,3 \Omega$) oder einen möglicherweise fehlerhaften (z. B. $> 0,3 \Omega$) Schutzleiteranschluß geschlossen werden kann. Bei ortsveränderlichen Geräten ist zu berücksichtigen, daß sich die Meßausage streng genommen nur auf die derzeitige Steckerstellung bezieht, da möglicherweise nur Kontakt auf einer Steckerseite vorhanden ist.

Prüfergebnis

Bei positivem Ausgang der **Sichtprüfung**, der **Schutzleiterprüfung** und der **Messung des Schutzleiterstroms** kann für

- ortsfeste Geräte eine Freigabe und
- für ortsveränderliche Geräte eine vorläufige Freigabe erfolgen.

Bei ortsveränderlichen Geräten sollte die Messung des Isolationswiderstands oder die komplette Messung des Schutzleiterstroms nachgeholt werden, wenn das Gerät an einem späteren Zeitpunkt freigeschaltet werden kann.

Anmerkung: Kann das Messen des Schutzleiterstromes nach Bild 4 nicht erfolgen, so bleiben nur die Möglichkeiten, das Gerät an einem späteren Zeitpunkt

- freizuschalten und die Messung des Isolationswiderstandes nach Bild 5 vorzunehmen oder
- von der Anlage zu trennen und wie ein ortsveränderliches Gerät zu prüfen ([1], Tafel 1).

4.2 Geräte, die freigeschaltet, aber nicht von der Anlage getrennt (abklemmen, Stecker ziehen) werden

Prüfungen. Es sind bei diesen Geräten vorzunehmen:

- Messung des Schutzleiterwiderstands nach Bild 3
- Messung des Isolationswiderstands gemeinsam mit dem betreffenden Stromkreis der Anlage nach Bild 5 in allen möglichen Betriebszuständen.

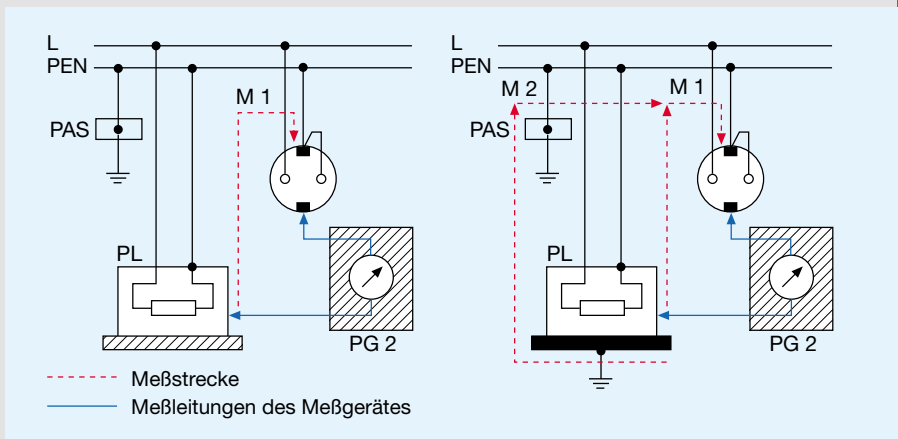
Gefunden werden alle hier zu ermittelnden Fehler.

Bewertung

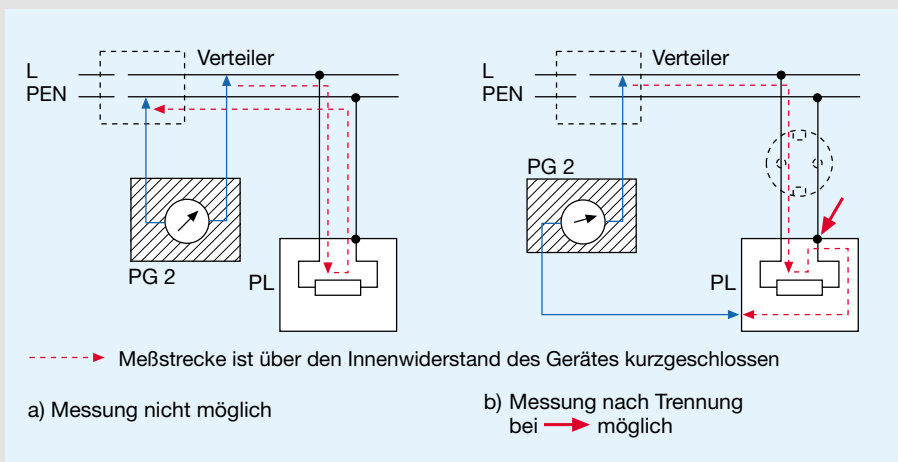
- Die **Wirksamkeit des Basisschutzes** wurde bei positivem Ausgang der Messung des Isolationswiderstands nachgewiesen.
- Zur **Wirksamkeit des Fehlerschutzes** siehe Aussage unter Punkt 4.1.

Prüfergebnis

Bei positivem Ausgang der **Sichtprüfung** und der beiden **Messungen** kann eine Freigabe erfolgen.



6 Nachweis der Schutzleiterverbindung zwischen einem ortsfesten Gerät der Schutzklasse I und der Anlage (gilt sinngemäß auch für ortsveränderliche Geräte)
M 1 nachzuweisende Schutzleiterverbindung; M 2 ungewollte Schutzleiterverbindung, die das Meßergebnis verfälscht als Folge der Verbindung des Körpers mit Erde; PG 1 Prüfgerät wie Bild 8; PL Prüfling



7 Die Messung des Isolationswiderstands zwischen den aktiven Teilen und dem Körper eines Geräts ist in einer Anlage mit dem TN-C-System infolge der Verbindung des PEN-Leiters mit dem Körper und den aktiven Teilen nicht möglich, ohne diese Verbindung zu lösen (gilt sinngemäß auch für ortsveränderliche Geräte)
PG 2 Prüfgerät wie Bild 10, PL Prüfling

Tafel 1 Übersicht zu den ergänzend zum Besichtigen und Erproben notwendigen Messungen bei Geräten, die nicht von der Anlage getrennt (abklemmen, Stecker ziehen) werden

<p>1. Geräte der Schutzklasse II</p> <p>Nach dem Besichtigen sind zu messen, entweder</p> <ul style="list-style-type: none"> • der Isolationswiderstand (Bild 1) im freigeschalteten Zustand oder • der Berührungstrom (Bild 2) im betriebsmäßigen Zustand. <p>Der positive Ausgang des Besichtigens und der Messung des Isolationswiderstands bzw. Berührungstroms berechtigen zur Freigabe.</p>
<p>2. Geräte der Schutzklasse I im TN-S-System oder TT-System</p> <p>2.1 Geräte, die im betriebsmäßigen Zustand geprüft werden</p> <p>Nach dem Besichtigen ist das Vorhandensein einer ordnungsgemäßen Schutzleiterverbindung (Bild 3) nachzuweisen.</p> <p>Es ist auch bei positivem Ausgang dieser beiden Prüfschritte zu fordern, die Geräte zur vollständigen Prüfung demnächst wieder zur Verfügung zu stellen.</p> <p>Wird an einem ortsfesten Gerät auch eine Schutzleiterstrommessung nach Bild 4 a oder b mit positivem Ergebnis durchgeführt, so kann das Gerät freigegeben werden.</p> <p>2.2. Geräte, die zwar freigeschaltet, aber nicht von der Anlage getrennt (abklemmen, Stecker ziehen) werden</p> <p>Nach dem Besichtigen ist das Vorhandensein einer ordnungsgemäßen Schutzleiterverbindung (Bild 3) nachzuweisen sowie der Isolationswiderstand nach Bild 5 zu messen.</p> <p>Bei positivem Ausgang der drei Prüfschritte kann die Freigabe erfolgen.</p>
<p>3. Geräte der Schutzklasse I im TN-C-System</p> <p>Nach dem Besichtigen ist das Vorhandensein einer ordnungsgemäßen Schutzleiterverbindung (Bild 6) nachzuweisen.</p> <p>Dies bestätigt die Sicherheit für die dort tätigen Personen im gegenwärtigen Betriebszustand.</p> <p>Eine vollständige Prüfung des Geräts ist ohne ein Trennen von der Anlage (Bild 7) nicht möglich.</p>

Anmerkung: Ist ein Auftrennen des Neutralleiters im Verteiler nicht sinnvoll, so bleiben nur die Möglichkeiten,

- das Gerät von der Anlage zu trennen und wie ein ortsveränderliches Gerät prüfen ([1], Tafel 1) oder
- die Messung des Schutzleiterstroms nach Bild 4 vorzunehmen.

5 Geräte der Schutzklasse I im TN-C-System

Bei diesen Geräten kann von den nach DIN VDE 0702 vorgeschriebenen Prüfungen ohne eine Trennung (abklemmen, Stecker ziehen) von der Anlage

- die Messung des Schutzleiterwiderstandes nach Bild 6 durchgeführt, aber
- keine Messung des Isolationswiderstands (Bild 7) vorgenommen werden. Auch eine Messung des Schutzleiterstroms ist nicht durchführbar.

Nicht gefunden werden Isolationsfehler zwischen dem Außenleiter und dem PEN-Leiter/Erde.

Bewertung

- Zur **Wirksamkeit des Fehlerschutzes** siehe Aussage unter Punkt 4.1.
- Die **Wirksamkeit des Basisschutzes** kann nicht nachgewiesen werden.

Prüfergebnis

Als gesichertes Prüfergebnis ist nur feststellbar, daß durch den Fehlerschutz die Sicherheit von Personen auch beim Auftreten von Isolationsfehlern gegeben ist.

Da über den Zustand des Basisschutzes, d. h. der Isolation, und über möglicherweise bereits vorhandene Isolationsfehler keine sichere Aussage getroffen werden kann, ist ein **positiver Abschluß der Prüfung nicht möglich**. Mit dem Betreiber ist zu vereinbaren, daß die Geräte zu einem späteren Zeitpunkt von der Anlage getrennt werden, um die Prüfung nach DIN VDE 0702 abzuschließen zu können.

Natürlich kann der Prüfer auch auf Grund der von ihm positiv beurteilten Sichtprüfung das Gerät freigeben.

Anmerkung: Das Trennen aller ortsfesten Gerät von der Anlage kann nur in wenigen Fällen realisiert werden. Dem Betreiber ist aber wenig damit gedient, wenn der Prüfer ihm dann lediglich die Unmöglichkeit einer vollständigen Prüfung mitteilt. Er muß ihm vorschlagen, welche Maßnahmen er für welche Geräte als erforderlich ansieht, um die notwendige Sicherheit zu gewährleisten. Dies wären:

- sofortiges oder baldiges Auswechseln einzelner überalterter Geräte
- Abklemmen und vollständige Prüfung einzelner Geräte, sofort oder demnächst, wenn Fehler oder Schwachstellen wahrscheinlich sind
- Umstellen der Anlage auf eine andere Schutzmaßnahme und weiteres Betreiben der erfahrungsgemäß einwandfreien Geräte bis zu diesem Zeitpunkt.

6 Zusammenfassung

Die in diesem Beitrag dargestellten Prüfmethoden und Prüfschaltungen beruhen trotz einiger Abweichungen auf den Vorgaben von DIN VDE 0702 und gehören somit zum Grundwissen des Prüfers. Er muß sie kennen, um so gegebenenfalls auch vom „Normalfall“ abweichende Wünsche des Kunden berücksichtigen und eigene, vertretbare Lösungen anbieten zu können.

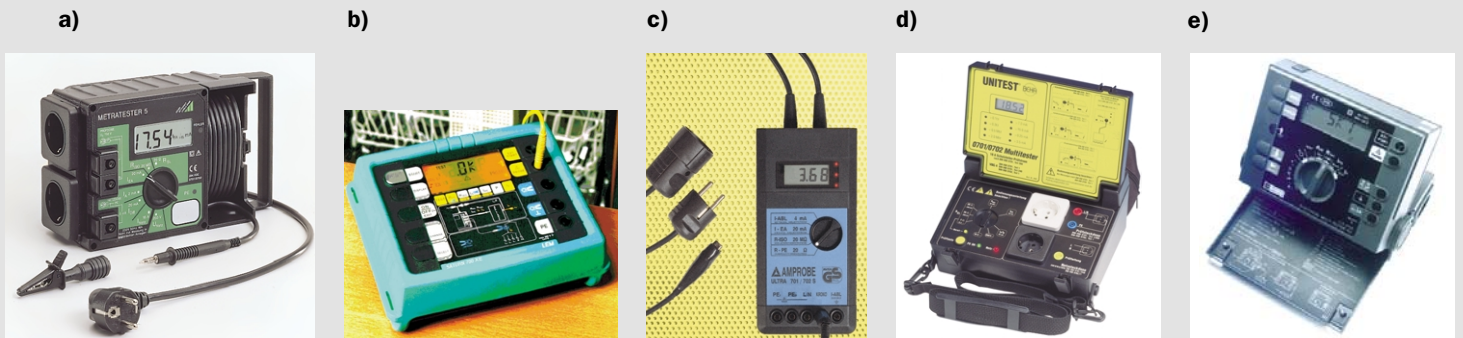
In Tafel 1 ist nochmals zusammengestellt, was bezüglich der Prüfmethoden und der Bewertung der Prüfergebnisse der ortsfesten und ortsveränderlichen Geräte beim Kunden beachtet werden sollte, wenn diese nicht abgeschaltet oder nicht von der Anlage getrennt werden können. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß es natürlich prüftechnisch gesehen immer einfacher und aussagekräftiger ist, wenn das zu prüfende Gerät für sich, allseitig zugänglich, ohne Verbindung mit der Anlage zur Verfügung steht. Der Prüfer muß aber auch die ihm durch die UVV VBG 4 [7] gebotene Möglichkeit nutzen können, die ihm in eigener



9 Digitale Leckstrommeßzange CHB 3 (Beha)



10 Prüfergerät Metriso 1000D nach DIN VDE 0413 für die Prüfung von Anlagen – Messen von Schutzleiterwiderstand, Isolationswiderstand mit 100 V, 500 V und 1000 V Prüfspannung sowie der Netzspannung (Gossen-Metrawatt)



8 Prüfgeräte nach DIN VDE 0404 zum Messen von – Schutzleiter- und Isolationswiderstand – Ersatzableit-, Berührungs- und Schutzleiterstrom

- a) Metratester 5 (Gossen-Metrawatt); b) Saturn 700XE (LEM); c) Ultra 0701/0702 S (Amprobe); d) Unitest 0701/0702 (BEHA); e) Multitester 701 (Chauvin-Arnoux);

Verantwortung gestattet „...eine andere ebenso wirksame Maßnahme ...“ anzuwenden.

Dies erfordert weiterhin, daß er gut unterrichtet ist über

- nicht ganz so übliche Meß- und Prüfmethode, z. B. die Differenzstrommessung mit einer Stromzange (Bild 4) [9] und deren Konsequenzen (Fehler bei verschmutzter Kontaktfläche des Magnetkreises, Gefährdung beim Hantieren an unter Spannung stehenden Adern, Abstand zu anderen stromführenden Adern wegen deren Fremdfelder, Notwendigkeit einer ausreichenden Auflösung usw.)
- die Prüfmethode der Erstprüfung nach DIN VDE 0100 Teil 610 [8]
- die Vor- und Nachteile der Methoden der Schutzleiterwiderstandsmessung [10]
- die Ermittlung des Schutzleiterstromes durch das Messen des Auslösestromes des vorgeordneten FI-Schutzschalters
- die Fehlermöglichkeiten bei der direkten Messung des Schutzleiterstromes [2][5].

Die Auswertung der Geräteprüfungen, das Bewerten der Meßergebnisse und die erforderlichen Maßnahmen der Arbeitssicherheit sowie die Auswahl und Anwendung der verschiedenen zur Prüfung der Geräte auf dem Markt angebotenen Meßgeräte werden in den folgenden Beiträgen behandelt.

Literatur

- [1] Bödeker, K.: Beitragsreihe: E-Check und Wiederholungsprüfung, 7.1 Prüfen der Geräte beim Kunden – Vorgaben, Methoden, Besonderheiten. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)2, S. 140-143.
- [2] DIN VDE 0702 Wiederholungsprüfung an elektrischen Geräten.
- [3] Ratgeber Sicherheit, Schutz vor unsicheren Billigprodukten. Sonderheft des ZVEI.
- [4] Bericht zur VDE-Tagung „Produktsicherheit“ im September 1998 in Frankfurt/Main. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)2, S. 149-151.
- [5] Bödeker, K.: Prüfung ortsveränderlicher Geräte. Reihe ELEKTRO-PRAKTIKER-Bibliothek. Berlin: Verlag Technik 1998.
- [6] DIN VDE 0105 Teil 100 Betrieb von elektrischen Anlagen.
- [7] VBG 4 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel.
- [8] DIN VDE 0100 Teil 610 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannung bis 1000 V; Prüfungen; Erstprüfungen.
- [9] Lüders, R.: BEHA-Fachseminar macht fit für normgerechtes Prüfen. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)1, S. 66-67.
- [10] Bödeker, K.: Beitragsreihe: E-Check und Wiederholungsprüfung, Teil 6.3 Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)1, S. 56-58. ■