

# Prüfgeräte nach DIN VDE 0404 (2)

K. Bödeker, Berlin; R. Kindermann, Nürnberg

Die Prüfgeräte werden nach den von ihnen zur Verfügung gestellten Prüfverfahren und der damit verbundenen Art der Spannungsversorgung der Prüflinge in die Kategorien A – nur mit Prüfsteckdose, B – mit Prüf- und Netzsteckdose sowie C – mit einer durch Umschaltung als Prüf- und Netzsteckdose verwendbaren Steckdose eingeteilt. Im Teil 1 [1] wurde festgestellt, allein mit einem Prüfgerät der Kategorie A können nicht in jedem Fall alle Aufgaben einer normgerechten Prüfung [2][3] erfüllt werden. Weitere für die richtige Auswahl wesentliche Merkmale der Prüfgeräte und die zu beachtenden Eigenarten der Prüfverfahren sind Gegenstand der folgenden Betrachtungen.

## 5 Kriterien der Prüfgeräteauswahl

Prüfgeräte sind sehr unterschiedlich gestaltet [1]. Dies betrifft z. B. Größe, Gewicht, Bedienkomfort, Automatisierungsmöglichkeit, Datenerfassung, Transportmöglichkeit, die Art der Meßwertanzeige und auch das für die Imagepflege eines Elektrofachbetriebs nicht unwichtige Erscheinungsbild. Je nach der Organisation der Prüfung im jeweiligen Betrieb und nach der persönlichen Ansicht des Chefs oder der Prüfer wird die eine oder andere Eigenschaft die Anschaffung bestimmen. Wesentlich für eine bewußte Auswahl sind jene Merkmale, die sich auf die Qualität der Prüfung und auch auf die Arbeitssicherheit des Prüfers auswirken, das heißt vor allem die zur Verfügung stehenden Prüf- bzw. Meßverfahren.

## 6 Auswahl nach der Art und der Wirksamkeit der Prüfverfahren

Im ersten Teil des Beitrags [1] wird vorgeschlagen, daß in jedem Elektrofachbetrieb zusätzlich zur bisher üblichen Prüftechnik ein Prüfgerät vorhanden sein muß, das die

- Messung des Schutzleiterstroms mit den Meßverfahren der direkten Messung oder der Differenzstrommessung und
- die Messung des Berührungsstroms mit einem der genannten beiden Verfahren gestattet. Dies heißt nicht, daß nun die „alten“ Geräte mit den Meßmöglichkeiten des Schutzleiter- und Isolationswiderstands sowie des Ersatzableitstroms nicht mehr eingesetzt werden dürfen. Es bedeutet viel-

mehr, daß für die Mehrzahl der modernen elektrischen Geräte mit elektronischen Bauteilen und mit von der Netzspannung abhängigen Steuerungen neue zusätzliche Prüfmethode und damit auch neue dementsprechend ausgerüstete Prüfgeräte zusätzlich erforderlich sind.

Natürlich ist somit in vielen Fällen ein neues Gerät anzuschaffen. Welches dies sein sollte, kann nur der Prüfer selbst beurteilen. Um richtig zu entscheiden, muß er die Eigenarten der verschiedenen Prüfmethoden kennen und wissen, welche Meßverfahren mit welchen Strömen und Spannungen ihm zuverlässige Aussagen bei seinen speziellen Prüflingen ermöglichen. Einerseits darf es zu keiner unnötigen Anschaffung kommen, andererseits muß die Notwendigkeit einer Neuanschaffung mit überzeugenden Gründen vertreten werden können.

Für jeden Prüfer ist es daher unbedingt erforderlich, die Funktionsabläufe seiner Prüfgeräte zu durchdenken. Bei jedem Prüfschritt (Tafel 2) gibt es einige zum Teil überraschende Besonderheiten. Diese sollte er kennen, um die Prüfergebnisse immer mit der nötigen Kompetenz beurteilen und auch bezüglich des Arbeitsschutzes seine Aufgabe als Arbeitsverantwortlicher<sup>7)</sup> wahrnehmen zu können.

## 7 Messen des Schutzleiterwiderstands

**Ziel dieser Messung** ist es, die Wirksamkeit des Fehlerschutzes<sup>8)</sup> bei Geräten der Schutzklasse (Skl.) I nachzuweisen.

**Das Meßobjekt** ist die Schutzleiterverbindung beginnend am Steckerkontakt bzw. der Anschlußstelle über etwaige Verbindungsstellen in der Schutzleiterbahn sowie zwischen den Konstruktionsteilen im Gerät bis zum letzten berührbaren leitenden Teil, z. B. der Spitze eines Lötkolbens der Skl. I. Die Messung muß an allen berührbaren leitenden Teilen erfolgen.

## Überblick

### Auszüge aus DIN VDE 0702 [3]

#### Schutzleiterwiderstand

- Grenzwert 0,3  $\Omega$  für Geräte mit Anschlußleitungen bis 5 m zuzüglich 0,1  $\Omega$  je weitere 7,5 m

#### Isolationswiderstand

- Grenzwert 0,5 M $\Omega$ /2,0 M $\Omega$ /0,25 M $\Omega$  für Geräte der Schutzklassen I/II/III

#### Schutzleiterstrom

- Grenzwert 3,5 mA

#### Berührungsstrom

- Grenzwert 0,5 mA

**Ersatzableitstrom** (als Schutzleiterstrommessung in der Ersatzschaltung nach Bild 10)

- bei Geräten mit Heizelementen
  - Heizleistung < 6 kW – 7 mA
  - Heizleistung > 6 kW – 15 mA

### Forderungen an die Qualität der Prüfung und das Prüfergebnis

- Durch die Prüfung ist nachzuweisen, daß die in der Norm vorgegebenen Mindestwerte (Grenzwerte) der Sicherheit (Wirksamkeit des Schutzes gegen direktes und bei indirektem Berühren) nicht unterschritten werden.
- Durch den Prüfer ist unter Berücksichtigung der Prüfergebnisse und seiner Erfahrungen festzustellen, ob das zu prüfende Gerät bei bestimmungsgemäßer Anwendung einen ordnungsgemäßen und für den Benutzer sicheren Betrieb zuverlässig ermöglicht.

**Einflüsse auf das Meßergebnis** haben Kontakte, Übergangswiderstände der Verbindungsstellen, mechanische Schäden der Leitungsadern, verschmutzte Steckerkontakte usw.

### 7.1 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgt durch das Messen der bei einem in die Schutzleiterbahn eingespeisten Strom (meist DC 0,2 A) am Meßobjekt abfallenden Spannung. Das Meßergebnis, der Widerstand, wird vom Meßgerät bzw. seiner Elektronik errechnet. An jedem Meßobjekt (Schutzleiterverbindung) sollten zwei Messungen mit unterschiedlicher Spannungspolarität vorgenommen werden. Bei den meisten der modernen Prüfgeräte nach DIN VDE 0404 [4] erfolgt dies automatisch. Ergeben sich bei beiden Messungen unterschiedliche Meßwerte (Bild 8), so ist dies ein Hinweis auf einen schlechten Kontakt der Meßleitung

7) Arbeitsverantwortlicher ist die vom Unternehmer/Vorgesetzten mit der Verantwortung für die Prüfung betraute Elektrofachkraft.

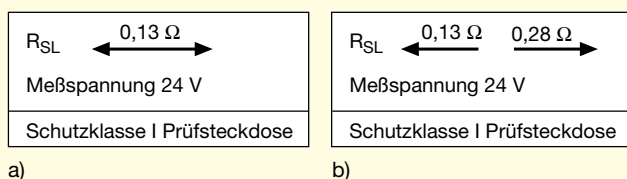
8) Der Fehlerschutz, hier die Schutzmaßnahme mit Schutzleiter [5], hat die Aufgabe, beim Versagen des Basisschutzes (Betriebsisolation), die Abschaltung des fehlerhaften Geräts zu gewährleisten.

### Autoren

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

Tafel 2 Prüfablauf und Prüfziele bei Geräten der Schutzklassen I und II

Prüfverfahren/-schritt	Ziel der Prüfung Skl. I	Ziel der Prüfung Skl. II
<b>1. Besichtigen</b>	Der ordnungsgemäße Zustand des Geräts und damit der <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Isolierungen (Basisschutz)</b> und des</li> <li>• <b>Schutzleiters (Fehlerschutz)</b> wird beurteilt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Basisisolierung (Basisschutz)</b> und der</li> <li>• <b>Schutzisolierung (Fehlerschutz)</b> wird beurteilt.</li> </ul>
<b>2. Prüfen des Schutzleiters</b> durch Messen des Schutzleiterwiderstands	Es wird untersucht, ob alle berührbaren leitfähigen Teile mit dem Schutzleiter verbunden sind und somit ordnungsgemäß in die Schutzmaßnahme der Anlage, <b>den Fehlerschutz</b> , einbezogen werden.	
<b>3. Messen des Widerstands der Isolierung</b> zwischen den aktiven Teilen und den leitenden berührbaren Teilen <sup>1)</sup> und/oder	Es wird untersucht, ob sich alle Isolierungen in einem ordnungsgemäßen Zustand befinden und somit der Schutz gegen das direkte Berühren, d. h. <ul style="list-style-type: none"> <li>• der <b>Basisschutz</b> (Basisisolierung)</li> </ul> normgerecht vorhanden ist.	direkte Berühren, d. h. <ul style="list-style-type: none"> <li>• der <b>Basisschutz</b> (Basisisolierung) und der Schutz bei indirektem Berühren, d. h.</li> <li>• der <b>Fehlerschutz</b> (Schutzisolierung) normgerecht vorhanden sind.</li> </ul>
<b>4. Messen des Ableitstroms</b> der von den aktiven Teilen über die Isolierungen zu den berührbaren leitenden Teilen <sup>1)</sup> fließt, wenn die Messung nach 3. <ul style="list-style-type: none"> <li>• durch die Ableitstrommessung ergänzt werden soll oder</li> <li>• nicht durchführbar ist bzw.</li> <li>• zu Beschädigungen führen kann</li> </ul>	<sup>1)</sup> Körper, Schutzleiter  Bemerkungen zur Ableitstrommessung nach 4.: Diese Messung wird in den Normen als <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzleiterstrommessung (Bild 10)</li> </ul> bezeichnet und kann durch die direkte Messung des Stroms, die Differenzstrommessung oder sogn. Ersatzableitstrommessung vorgenommen werden	<sup>1)</sup> Zierleisten, Befestigungen u. a.
Die abschließenden Prüfschritte – Prüfung der Funktionen und Prüfung der Kennzeichnungen sowie die Bewertung und Protokollierung der Prüfung – werden hier nicht behandelt.		



### 3 Beispiel für die Meßwertanzeige bei der Messung des Schutzleiterwiderstands bei einigen Prüfgeräten. Die Messung erfolgte zweimal mit unterschiedlicher Polarität des Meßstroms

- a) beide Messungen führten zum gleichen Ergebnis  
b) jede Messung erbrachte ein anderes Meßergebnis



### 9 Prüfgerät Secutest electronic mit hohem Meßstrom bei der Messung des Schutzleiterwiderstands

(Gossen-Metrawatt)

mit dem Meßobjekt oder in der Schutzleiterverbindung. Die Ursache ist zu ermitteln. Es ist falsch, wenn angenommen wird, daß der höhere der Meßwerte oder ein Mittelwert beider Messung als Meßergebnis anzusehen ist. Es handelt sich hier ja nicht um das Wiederholen einer Messung, sondern um zwei verschiedene Messungen (Prüfschritte).

**Prüfspannung und -strom** werden in den Normen DIN VDE 0404 [5] und DIN VDE 0701/0702 [2][3] vorgegeben. Die Prüfspannung (Leerlaufspannung) muß zwischen 4 V und 24 V liegen und der Prüfstrom mindestens DC oder AC 0,2 A (bisher für AC mindestens 5 A) betragen, um die geforderte Meßgenauigkeit zu sichern. Bei modernen Geräten wird meist ein Strom von DC 0,2 A im Meßbereich bis 20  $\Omega$  konstant gehalten.

**Höhere Prüfströme**, wie sie z. B. beim Prüfgerät im Bild 9 zur Anwendung kommen, sind außer für die Prüfung von Maschinen nach DIN EN 60204-1 (VDE 113-1) [6] und

für elektromotorisch angetriebene Handwerkzeuge bei einer Prüfung nach der Reparatur<sup>9)</sup> [7] nicht mehr vorgeschrieben und auch nicht mehr üblich.

Dem früher genannten Vorteil der Prüfströme von 10 ... 20 ... 30 A, das Erkennen der Fehlerstelle durch die möglicherweise beim Stromdurchgang dort entstehenden Geräusche und Funken, steht der erhebliche Nachteil gegenüber, daß ein Verschweißen erfolgen kann und damit durch diese „Reparatur“, eine nicht mehr feststellbare unzuverlässige Schutzleiterverbindung entsteht. Weitere Nachteile sind die durch Abbrand entstehenden Strommarken an den Kontaktstellen der Meßelektroden sowie das relativ hohe Gewicht der Prüfgeräte.

Das Anwenden des Prüfstroms DC 0,2 A hat sich inzwischen durchgesetzt und genügt in jeder Hinsicht den Anforderungen an die Prüfqualität.

**Widerstandsmessgerät.** Aus den vorstehenden Bemerkungen ist zu erkennen, daß diese Messungen des Schutzleiterwiderstands nicht mit einem beliebigen Widerstandsmessgerät vorgenommen werden dürfen. Bei Multimetern z. B. erfolgen Widerstandsmessungen in dem hier interessierenden Bereich bis 30  $\Omega$  mit Meßströmen von 100  $\mu$ A bis 2 mA. An einem Schutzleiterwiderstand von z. B. 0,3  $\Omega$  entsteht dann ein Spannungsfall von 10 bis 600  $\mu$ V. Mit diesen Spannungswerten und dem dann noch dazu bei dieser Messung zu erwartenden Meßfehler von  $\pm 66$  % können sich keine gesi-

9) In DIN VDE 0701 Teil 260 wird für die Prüfung nach Reparatur und Änderung ein Prüfstrom von > 10 A AC gefordert.

cherten Meßwerte ergeben. Außerdem ist das Ablesen des geringen Meßwerts in einem Meßbereich bis 300  $\Omega$  kaum möglich. Deswegen entsprechen Meßgeräte mit derart geringen Meßströmen nicht den einzuhaltenden Normen [2][3][4] und erbringen bei diesen Messungen auch keine verlässliche Meßaussage.

## 7.2 Bewertung des Prüfergebnisses

Der Gebrauchsfehler der Meßgeräte bei dieser Messung liegt z. B. bei  $\pm 5\%$  (vom Meßwert) + 2 Digit. Im Bereich der im ordnungsgemäßen Zustand meist geringen Schutzleiterwiderstände ( $< 0,2 \Omega$ ) ergibt sich bei einem Meßbereich von 19,99  $\Omega$  bereits ein Meßfehler von  $> 10\%$ . Weitere Fehler kommen hinzu, z. B. durch unsichere Kontaktgabe der Meßleitungen. Infolge der meist sehr kurzen Anschlußleitung des Prüflings ist deren Widerstandswert daher oftmals gar nicht exakt zu bestimmen. Die Anzeige „0“ oder „0-1“ am Meßgerät läßt dann erkennen, daß keine eindeutige Angabe mehr möglich ist.

Zur Beurteilung des angezeigten Meßwerts muß der Widerstand der Schutzleiterbahn geschätzt werden. Nur wer weiß, welchen Meßwert er bei ordnungsgemäßer Schutzleiterverbindung zu erwarten hat, kann dann den tatsächlich angezeigten Wert richtig beurteilen und damit das Ergebnis der Prüfung – fehlerhaft bzw. gut – oder die Notwendigkeit weiterer Prüfungen festlegen.

Die Normenvorgaben für den zulässigen Schutzleiterwiderstand – meist  $\leq 0,3 \Omega$  [7] – darf der Prüfer nur als Hinweis auf die bei höheren Werten eintretende Minderung der Sicherheit – Verzögerung der Abschaltung im Fehlerfall – betrachten. Für ihn müssen immer der konstruktiv bedingte Schutzleiterwiderstand und die erfahrungsgemäß durch Übergangswiderstände (Korrosion an den Steckkontakten usw.) auftretenden Erhöhungen wichtigster Maßstab der Beurteilung sein.

Es ist keineswegs sicher, daß mit dieser Messung lose, angebrochene, gequetschte oder auf andere Weise beschädigte Schutzleiter oder Schutzleiteranschlüsse ermittelt werden. Auch mit dem in den Normen geforderten „Bewegen der Anschlußleitung während des Meßvorgangs“ werden nicht alle dieser Mängel entdeckt. Ob derartige „unmeßbare“ Schwachstellen vorhanden sein könnten, muß, so gut es geht, durch das Besichtigen ermittelt werden. Im Zweifelsfall ist das Gerät zu öffnen. Bei Billiggeräten ist mit fehlender Zugentlastung und anderen, nur durch eine Besichtigung feststellbaren Mängeln zu rechnen.

Zu berücksichtigen sind bei diesen Überlegungen gegebenenfalls die Widerstände der Meßleitungen des Prüfgeräts, falls diese nicht durch das Anwenden der Vierleitermethode kompensiert werden.

## 8 Messen des Isolationswiderstands

(Erste Methode zum Nachweis des Isoliervermögens)

**Ziel dieser Messung** ist, den Zustand der Isolierung der aktiven Teile gegenüber berührbaren leitenden Teilen zu prüfen. Das heißt,

- bei Geräten der Skl. I ist der Zustand der Basisisolierung sowie
- bei Geräten der Skl. II der Zustand der Basis- und der Schutzisolierung nachzuweisen (Tafel 2).

**Meßobjekt** sind alle festen Isolierungen, egal ob sie nur der Basisisolierung dienen oder im Sinne der Schutzmaßnahme Schutzisolierung [5] als verstärkte oder doppelte Isolierung ausgeführt wurden.

**Einwirkungen auf das Meßergebnis** ergeben sich durch Schmutz, Nässe, mechanische Defekte, Alterung usw.

### 8.1 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgt durch das Messen von Strom und Spannung. Das angezeigte Meßergebnis (Widerstand) wird vom Meßgerät errechnet. Im Unterschied zu einer üblichen Widerstandsmessung mit einer Meßspannung von wenigen Volt, wie sie z. B. bei Multimetern angewandt wird, muß hier die Meßspannung DC 500 V bei einem Isolationswiderstand von 0,5 M $\Omega$  und dem sich dann einstellenden Laststrom von 1 mA betragen. Je nach Meßschaltung kann an den offenen Klemmen eine Leerlaufspannung zwischen DC 550 V und 750 V auftreten. Mit dieser Spannung, die im Moment des ersten Kontakts der Prüfspitzen anliegt, werden die internen Kapazitäten des Prüflings aufgeladen. Dabei wird der Ladestrom, je nach Meßschaltung, auf 1 mA bis max. 15 mA begrenzt, so daß bei einer zufälligen Berührung keine elektrisch bedingten Gesundheitsschäden auftreten können. Der Aufladevorgang ist wegen der relativ geringen Werte der Beschaltungskapazitäten (10 nF bis 100 nF) meist kaum erkennbar.

**Nachteile** dieser Meßmethode sind, daß

- sie bei Geräten mit elektrisch zu betätigenden Schalteinrichtungen nicht angewendet werden kann
- elektronische Bauelemente infolge der relativ hohen Meß- bzw. Leerlaufspannung möglicherweise beschädigt werden können und
- infolge der Messung mit Gleichspannung nur ein unvollkommenes Urteil über den Zustand der Beschaltungskondensatoren abgegeben wird.

**Vorteile** ergeben sich besonders bei Prüflingen der Skl. I, da

- Prüfling, Prüflleitungen usw. galvanisch vom Netz getrennt sind und somit – eventuelle Erdverbindungen des Prüflings keinen Einfluß auf das Meßergebnis haben können und

– die Möglichkeiten einer Gefährdung des Prüfers und anderer Personen eingeschränkt werden

- der Zustand der Isolierungen im Gegensatz zur Ableitstrommessung unbeeinflusst von den durch die Beschaltungskondensatoren verursachten Strömen leichter bzw. eindeutiger ermittelt werden kann.

### 8.2 Bewertung des Prüfergebnisses

Der Gebrauchsfehler liegt bei diesen Messungen im Bereich von meist  $\pm 5\%$  (vom Meßwert) + 10 Digit. Dies ist jedoch für die Beurteilung des Meßergebnisses ziemlich unwichtig, da es nicht so sehr auf den Absolutwert, sondern vielmehr auf die Größenordnung des Isolationswiderstands ankommt. Werte von 10 M $\Omega$  ... 30 M $\Omega$  und mehr sind ein Beweis für eine einwandfreie Isolierung. Werden geringere Werte ermittelt, so muß dies für den Prüfer ein Grund sein, die Ursache dieses zwar noch über den Grenzwerten von 0,5 M $\Omega$  .. 2 M $\Omega$  [2][3] liegenden, im Vergleich zu anderen Messungen aber doch relativ niedrigen Isolationswiderstands festzustellen. Auch hier sind die Grenzwerte der Normen „nur“ ein Orientierungswert für den Prüfer. Sie geben „lediglich“ an, daß z. B. ein Gerät der Skl. I mit  $R_i < 0,5 \text{ M}\Omega$  als gefährlich bei  $R_i > 0,5 \text{ M}\Omega$  als noch nicht gefährlich bzw. noch sicher benutzbar einzustufen ist. Bei welchem Meßergebnis das betreffende Gerät als defekt anzusehen ist, ob eine weitere Verschlechterung der Isolation oder wieder eine Verbesserung erwartet werden kann und ob eine Reparatur oder Verschrottung empfohlen werden sollte, das muß immer der Prüfer entscheiden.

## 9 Messen des Ableitstroms

(Zweite Methode zum Nachweis des Isoliervermögens)

**Ziel dieser Messung** ist wie bei der Messung des Isolationswiderstands, den Zustand der Isolierung zwischen den aktiven Teile und den berührbaren leitenden Teilen zu prüfen. Das heißt,

- bei Geräten der Skl. I ist der Zustand der Basisisolierung sowie
- bei Geräten der Skl. II der Zustand der Basis- und der Schutzisolierung nachzuweisen (Tafel 2). Maßstab der Beurteilung ist hier, daß der bei einem Schutzleiterbruch bzw. bei einem Versagen der Schutzisolierung dann möglicherweise ständig über eine Person fließende Ableitstrom (Berührungsstrom) nicht zum Gesundheitsschaden führen darf (Bild 12 c, d) [8].

**Meßobjekt** sind auch hier alle festen Isolierungen, egal ob sie nur der Basisisolierung dienen oder im Sinne der Schutzmaßnahme Schutzisolierung [5] als verstärkte oder doppelte Isolierung ausgeführt wurden.





Meßobjekt sind auch die Beschaltungskondensatoren oder andere zwischen den aktiven Teilen und den berührbaren leitenden Teilen (Körper, Schutzleiter, Zierleisten usw.) liegenden Elemente.

**Einwirkungen auf das Meßergebnis** ergeben sich durch Schmutz, Nässe, mechanische Defekte, Alterung usw.

**Die Prüfung** erfolgt im Gegensatz zur Isolationswiderstandsmessung nicht mit Gleich-, sondern mit Wechselspannung. Bei der Schutzleiter- und der Berührungsstrommessung ist dies dann auch die tatsächliche Nennspannung des Prüflings. Gemessen und angezeigt wird der über die Isolation und etwaige Beschaltungskondensatoren fließende Strom. Dieser ist nach der Definition in [9] bei einer einwandfreien Isolierung als Ableitstrom und bei einer defekten Isolierung als Fehlerstrom zu bezeichnen. Je nach der Schutzklasse des zu prüfenden Geräts wird dieser bei der Prüfung ermittelte Ableit-/Fehlerstrom dann als Schutzleiter- (SkI. I) oder Berührungsstrom (SkI. II) bezeichnet. Sowohl der Schutzleiter- als auch der Berührungsstrom können mit verschiedenen Meßverfahren ermittelt werden, d. h. mit der direkten Messung, der Differenzstrommessung oder der sogenannten Ersatzableitstrommessung (Bilder 10 und 11).

## 10 Messen des Ableitstroms als Schutzleiterstrom bei Geräten der SkI. I

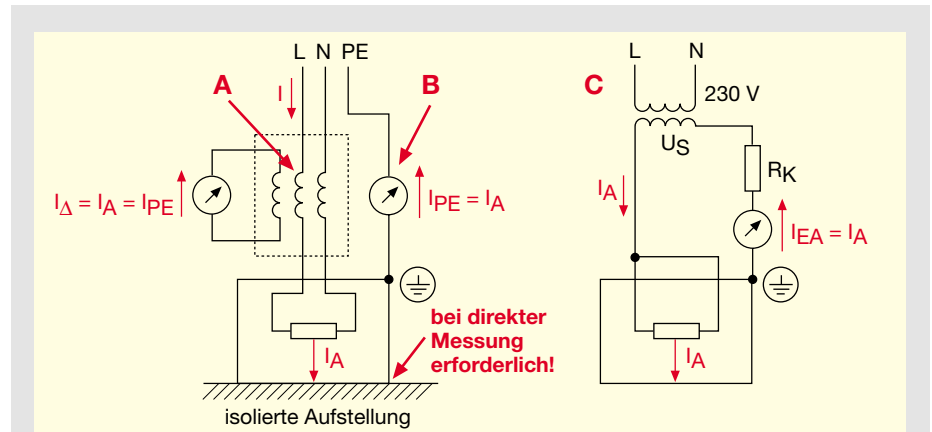
Als Grenzwert für den Schutzleiterstrom wird in [2] und [3] 3,5 mA genannt. Ein Strom in dieser Höhe, der im Falle eines Schutzleiterdefektes als ständiger Berührungsstrom wirksam werden kann (Bild 12 c, d), wird nach [8] noch als vertretbar bezeichnet.

### 10.1 Durchführung der Prüfung

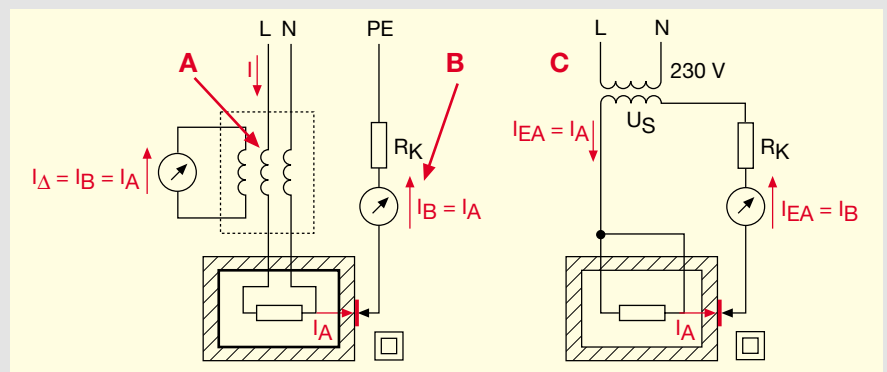
Bild 10 zeigt, wie in diesem Fall die genannten drei Meßverfahren angewandt werden. Die **direkte Messung** (Bild 10 A) setzt voraus, daß der Prüfling gegenüber der Erde und den Erdpotential führenden Teilen isoliert ist [1]. Anderenfalls fließt ein Teil des Ableitstroms über den Erdkontakt und wird somit nicht mit als Schutzleiterstrom erfaßt. Da derartige Erdkontakte häufig und unbemerkt auftreten können, wird bei den handelsüblichen Prüfgeräten meist die **Differenzstrommessung**<sup>10)</sup> (Bild 10 A) angewandt, bei der ein Erdkontakt keine Auswirkungen auf den zu messenden Strom hat.

Bei der **Ersatzableitstrommessung** (Bild 10 B) spielt der Erdkontakt des Prüflings infolge der galvanischen Trennung vom Netz ebenfalls keine Rolle. Sie darf nach [4] mit einer Spannung im Bereich von 24 V bis 230 V erfolgen (s. Abschn. 12).

Wie Bild 12 a, b zeigt, müssen die Diffe-



10 Prinzipdarstellung der Schutzleiterstrommessung mit verschiedenen Meßmethoden



11 Prinzipdarstellung der Berührungsstrommessung mit verschiedenen Meßmethoden  
A Differenzstrommessung; B direkte Messung; C Ersatzableitstrommessung

$I_{\Delta}$  Ableitstrom (oder Fehlerstrom);  $I_{\Delta}$  Ableitstrom  $I_A$  als Differenzstrom gemessen;  
 $I_{PE}$  Ableitstrom  $I_A$  im Schutzleiter direkt gemessen;  
 $U_S$  Messspannung 24 V bis 230 V;  $I_{EA}$  Ableitstrom  $I_A$  als Strom im Schutzleiter direkt mit einer Ersatzschaltung gemessen;  $R_K$  Nachbildung des Körperwiderstands 2 k $\Omega$ ;  $I_B$  Ableitstrom  $I_A$  als Berührungsstrom gemessen;  $I_{EA}$  Ableitstrom  $I_A$  als Berührungsstrom gemessen

renzstrom- und die direkte Messung in beiden Positionen der Anschlußleitungen vorgenommen werden, um alle Isolationsfehler zu erfassen; dies ist ein Nachteil gegenüber dem Meßverfahren Ersatzableitstrommessung (Bild 10 C).

### 10.2 Bewertung der Prüfergebnisse

Der Gebrauchsfehler liegt höchstens bei  $\pm 10\%$ . Er spielt jedoch bei einwandfreien Geräten, deren Ableitstrom im Normalfall unter 0,1 mA liegt, keine Rolle. Bei Geräten mit höheren und als betriebsmäßig einzustufenden Ableitströmen – z. B. Geräte mit Heizelementen – ist er ebenfalls uninteressant, da es auch hier, wie beim Isolationswiderstand, nicht so sehr auf den Absolutwert, sondern vielmehr auf die Größenordnung ankommt.

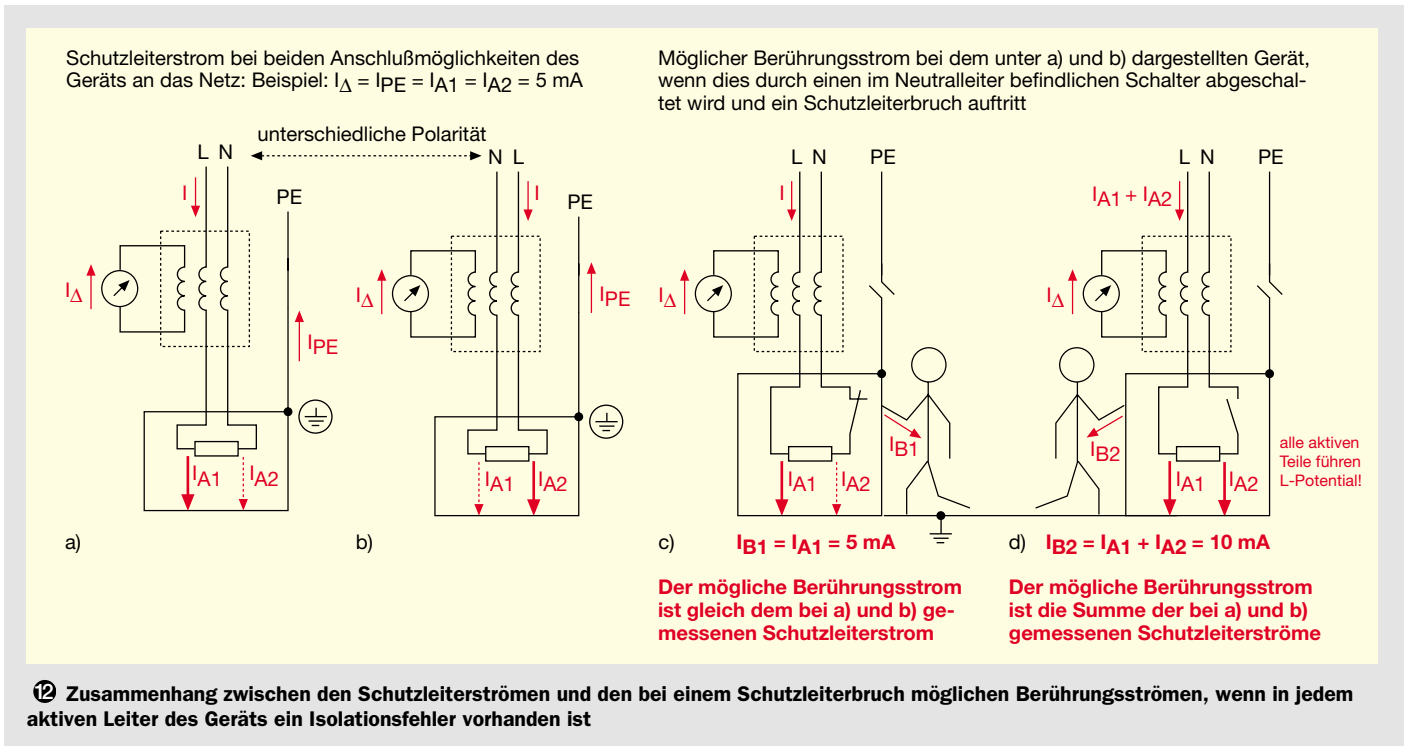
Werte im Bereich 1 ... 3,5 mA sollten den Prüfer bereits veranlassen, deren Ursache zu klären. Werte über 3,5 mA begründen eine negative Beurteilung des Prüflings, sofern sie nicht konstruktiv bedingt sind (bei Heizgeräten 1 mA/kW Heizleistung [2]). Interessant ist der Zusammenhang zwischen den gemessenen Schutzleiterströmen

und den Berührungsströmen, die dann im Fehlerfall tatsächlich auftreten können. Bild 10 zeigt, daß die in den Normen vorgegebene Verfahrensweise, den höheren der bei den beiden Messungen ermittelten Schutzleiterstrom der Beurteilung zugrunde zu legen (Tafel 2), nur einen der möglichen fehlerhaften Zustände (Bild 12 c) und nicht den gefährlichsten (Bild 12 d) erfaßt. Der Prüfer sollte wissen und gegebenenfalls berücksichtigen, daß in dem im Bild 12 d dargestellten, sicher zwar seltenen, aber doch möglichen Fall, nicht wie in [3] als ausreichend angesehen und gefordert der höhere der beiden gemessenen Schutzleiterströme, sondern deren Summe beim Beurteilen der Gefährdung und damit des Prüflings zu berücksichtigen wäre<sup>11)</sup>. Außerdem ist zu erkennen, daß der im Bild 12 d dargestellte betriebsmäßige Zustand eines einpolig im Neutralleiter abgeschalteten Geräts mit der Ersatzableitstrommessung

10) Differenzstrom ist die Summe der Ströme die am netzseitigen Eingang des Geräts fließen

11) Dieser Zusammenhang wird in der Neufassung von DIN VDE 0701 Teil 1 berücksichtigt.





(Bild 10 C) identisch ist. Das heißt aber, der vorgegebene Grenzwert für den Schutzleiterstrom von 3,5 mA gilt für alle drei im Bild 10 dargestellten Meßverfahren<sup>12)</sup>.

## 11 Messen des Ableitstroms als Berührungsstrom bei Geräten der Skl. II

Als Grenzwert wird in [2] und [3] 0,5 mA genannt, dieser Wert ergibt sich ebenfalls aus [8]. Der Unterschied zum Grenzwert des Schutzleiterstroms von 3,5 mA ist begründet in der Prüfaufgabe; es werden ja hier mehrere Isolierungen – Basis- und Schutzisolierung – gemeinsam geprüft. Das Prüfobjekt, die Isolierung, ist gleichzeitig zuständig für den Basis- und den Fehler-schutz. Beim Versagen der Basisisolierung erfolgt ja – im Gegensatz zu Geräten der Skl. I – keine Abschaltung des dann unter Spannung stehenden berührbaren Teils. Hier muß die Schutzmaßnahme „Schutzisolierung“ dafür sorgen, daß in einem solchen Fall kein merkbarer Berührungsstrom fließen kann.

Bei Geräten der Skl. II ist es praktisch unmöglich, daß mehrere Isolationsfehler zwischen verschiedenen aktiven Teilen und dem einzelnen berührbaren leitenden Teil bestehen. Die bei einem Gerät der Schutzklasse I im Bild 12 c, d dargestellten Besonderheiten treten daher hier nicht auf.

### 11.2 Durchführung der Prüfung

Bild 11 zeigt, wie in diesem Fall die genannten drei Meßverfahren angewandt werden. Die Messung muß zwar auch an je-

dem berührbaren, leitenden Teil in beiden Positionen der Anschlußleitung (Steckerstellung) erfolgen, jedoch ist hier immer der höhere der beiden Meßwerte für die Beurteilung maßgebend.

### 11.2 Bewertung der Prüfergebnisse

Der Gebrauchsfehler liegt wie beim Schutzleiterstrom höchstens bei  $\pm 10\%$ . Er ist auch hier bedeutungslos, da es im wesentlichen auf die Größenordnung ankommt. Die bei einwandfreien Geräten auftretenden Berührungsströme sind sehr klein, d. h. praktisch nicht meßbar. Ergeben sich hingegen Meßwerte im Bereich von 0,01 ... 0,5 mA, ist dies ein Hinweis auf Feuchte, Verschmutzungen oder andere Schwachstellen. Der Prüfer muß in jedem Fall, wie auch bei Werten über 0,5 mA, deren Ursache ermitteln.

## 12 Meßmethode Ersatzableitstrom

Diese Meßmethode wurde bisher in den Normen [2][3] als ein selbstständiges Prüfverfahren aufgeführt. Auch bei den bisher üblichen Prüfgeräten war dies der Fall. Anzuwenden war sie im wesentlichen bei Heizgeräten mit Keramiktteilen, bei denen infolge aufgenommener Feuchte der gemessene Isolationswiderstand unter dem in der Norm vorgegebenen Grenzwert des Isolationswiderstands lag. Mit der Ersatzableitstrommessung wurde in derartigen Fällen festgestellt, ob dieser „Fehler“ zu einer Gefährdung führen kann oder ob das Betreiben des Geräts bis zu dem infolge des Aufheizens erfolgenden „Ver-

schwinden des Fehlers“ zu verantworten ist.

Die Bezeichnung „Ersatzableitstrom“ wurde gewählt, weil die Messung nicht unter Betriebsbedingungen, d. h.

- nicht mit Netzspannung, sondern an einer vom Netz getrennten Spannungsquelle mit einer Spannung von AC 24 V bis DC 230 V und

- mit einer speziellen Meßschaltung (alle aktiven Teile befinden sich auf dem gleichen Potential)

erfolgt (Bilder 10 C und 11 C).

Zu bemerken ist noch, daß

- der zumeist mit einer Meßspannung von 24 V ermittelte Ersatzableitstrom von einem Meßgerät nach [4] automatisch auf das bei 230 V zu erwartende Meßergebnis hochgerechnet wird und
- der in den Meßschaltungen zu erkennende Widerstand  $R_k$  den unter ungünstigsten Umständen zu erwartenden Körperwiderstand des Menschen simuliert und
- bei Meßleerlaufspannungen über 50 V der Meßstrom auf 3,5 mA begrenzt wird. Nunmehr, mit dem Einführen der beiden einer „echten“ Ableitstrommessung dienenden Prüfverfahren – der Schutzleiter- und der Berührungsstrommessung – muß die Ersatzableitstrommessung neu eingeordnet werden. Sie ist, wie auch in den Bildern 10 C und 11 C dargestellt, lediglich

12) Die damit verbundene Änderung der bisherigen Vorgaben für den Ersatzableitstrom (Grenzwert statt 7 bzw 15 mA nunmehr 3,5 mA bzw. 1 mA/kW) wird in der Neufassung von DIN VDE 0701 Teil 1 und später sicher auch bei DIN VDE 0702 berücksichtigt.

eine von mehreren Möglichkeiten, den Schutzleiter- bzw. den Berührungsstrom und somit den Ableitstrom des betreffenden Geräts zu ermitteln. Mit ihr wird ja letztlich ebenfalls der „echte“ Ableitstrom festgestellt, d. h. gemessen und errechnet. Die mit der den direkten Netzanschluß ersetzenden Schaltung (sichere Trennung) gebotene und gegenüber den Prüfverfahren mit direktem Netzanschluß höhere Sicherheit sowie die infolge der geringen Meßspannung kleinen Abmessungen des Meßwerks sind ja auch nicht zu unterschätzende Vorteile. Leider aber ist dies nun wieder mit dem Nachteil verbunden, daß Geräte mit elektrisch zu betätigenden Schalteinrichtungen auf diese Weise ebenso wenig geprüft werden können wie mit der Messung des Isolationswiderstands. Hier zeigt sich, daß die Differenzstrommessung einen größeren Wirkungsbereich besitzt und von der Ersatzableitstrommessung nicht immer ersetzt werden kann.

Sicherlich wird sich der hier genannte Zusammenhang künftig auch auf die Gliederung der Normen [2][3] und auch einmal auf die Gestaltung der Prüfgeräte auswirken. Möglicherweise wird die Meßmethode „Ersatz“ableitstrommessung dann mehr oder weniger überflüssig.

### 13 Arbeitsschutz beim Prüfen

Beim Prüfen der möglicherweise defekten elektrischen Geräte muß immer mit dem Auftreten einer Gefährdung gerechnet werden. Welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes bei der Vorbereitung und Durchführung der Prüfungen zu beachten sind, wird in einem gesonderten Beitrag behandelt. Hier sei jedoch schon darauf hingewiesen, daß der Körper von fehlerhaften Geräten der Skl. I beim Messen des Schutzleiterstroms anstelle der Isolationswiderstandsmessung kurzzeitig – d. h. bis zum Ansprechen der Schutzeinrichtung der Anlage – unter Spannung gegen Erde stehen kann. Die Abschaltzeit ist dann auch abhängig vom Innenwiderstand des Meßinstruments, kann also nicht allgemeingültig genannt werden. Somit ist noch darauf hinzuweisen: Das Prüfen von elektrischen Geräten und ganz besonders beim Anwenden der Methode „Messen des Schutzleiterstroms“ und aus ähnlichen Gründen auch beim „Messen des Berührungsstroms“ ist als Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile zu betrachten.

### 14 Zusammenfassung

Mit der vorstehenden Betrachtung wurde nochmals deutlich:

1. Mit der Methode „Messen des Isolationswiderstands“ ist der bei der Prüfung elek-

trischer Geräte erforderliche Nachweis des ausreichenden Isoliervermögens nicht immer qualitätsgerecht durchführbar. Dies gilt vor allem für moderne Geräte mit elektronischen Bauteilen und netzspannungsabhängigen Steuerungen.

2. Bei Neuanschaffungen sollte immer darauf geachtet werden, daß

- eine Ableitstrommessung, d. h. für Geräte der Schutzklasse I die Schutzleiterstrommessung und für Geräte der Skl. II die Berührungsstrommessung, möglich ist und
- die Schutzleiterstrommessung mittels der Differenzstrommethode erfolgt.

Um eine hieb- und stichfeste Beurteilung der Prüfergebnisse zu sichern, müssen die Prüfer in der Lage sein, die Meßergebnisse richtig zu bewerten. Nicht allein das Unter- bzw. Überschreiten des in der Norm genannten Grenzwerts ist wesentlich. Jeder Prüfer muß auch beurteilen können, welche Aussage zur Qualität, zur Lebensdauer und anderen Kennwerten sich hinter den vom Prüfgerät jeweils angegebenen Absolutwerten des Schutzleiter- oder Isolationswiderstands sowie des Ableitstroms verbergen [6]. Ebenso muß er beurteilen können, wodurch ein mehr oder weniger großes Abweichen des Meßergebnisses vom Normengrenzwert begründet ist und welche Konsequenzen dies für seine Entscheidung hat.

#### Literatur

- [1] Bödeker, K.; Kindermann, R.: Prüfgeräte Teil 1. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)7, S. 635-639.
- [2] DIN VDE 0701 Teil 1:1993-05 Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte; Allgemeine Anforderungen (Neuauflage in Vorbereitung).
- [3] DIN VDE 0702 Teil 1 1995-11 Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten.
- [4] DIN VDE 0404 Messen, Steuern, Regeln; Geräte zur sicherheitstechnischen Prüfung von elektrischen Betriebsmitteln.
- [5] DIN VDE 0100 Teil 410 Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Schutzmaßnahmen; Schutz gegen elektrischen Schlag.
- [6] DIN EN 60204-1 (VDE 0113) Sicherheit von Maschinen; Elektrische Ausrüstung von Maschinen.
- [7] DIN VDE 0701 Teil 260 Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte; Handgeführte Elektrowerkzeuge.
- [8] DIN VDE 0140 Teil 1 (E) 1996-09 Schutz gegen elektrischen Schlag; Gemeinsame Anforderungen an Anlagen und Betriebsmittel.
- [9] DIN VDE 0100 Teil 200 Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Begriffe.
- [10] Bödeker, K.: Prüfung ortsveränderlicher Geräte. 3., aktualisierte Auflage. Reihe ELEKTRO-PRAKTIKER-Bibliothek. Berlin: Verlag Technik 1998.
- [11] Bödeker, K.; Kindermann, R.: Beitragsreihe E-Check und Wiederholungsprüfung. Elektropraktiker, Berlin 53(1999) Prüfung der Geräte beim Kunde.
  - Vorgaben, Methoden, Besonderheiten. Heft 2/99, S. 140-143.
  - Prüfmethode und ihre Anwendbarkeit. Heft
  - Bewertung der Prüfung. Heft 4/99, S. 310-312. ■