# Schutzerder des TT-Systems

*E. Hering,* Dresden

**In der Ausgabe vom April 1994 der Norm VDE 0100 Teil 610 [1] wurde für bestimmte Anwendungen von selektiven Fehlerstrom-Schutzschaltern in TT-Systemen die Einhaltung kleinerer Erdungswiderstände gefordert. Die Ausgabe vom April 2004 dieser Norm [2] enthält diese Forderung nicht mehr. Der Beitrag berücksichtigt die daraus resultierende Vereinfachung bezüglich der Ermittlung der maximal zulässigen Erdungswiderstände.**

## 1 Grundsätze des TT-Systems

Der Schutzerder[1)] ist ein unverzichtbarer Bestandteil der Schutzmaßnahme TT-System (VDE 0100 Teil 410 [3], Abschn. 413.1.4.1). Er wird bei der Anwendung dieses Systems nach Art der Erdverbindung für jede Verbraucheranlage benötigt. Über ihn, die Erde und den Betriebserder fließt im Falle eines Körperschlusses gemäß Bild ❶ der Fehlerstrom zur Stromquelle zurück.

Zur Schutzmaßnahme TT-System gehört auch die Abschalteinrichtung. Das ist

- eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD), z. B. ein FI-Schutzschalter ohne oder mit Überstromschutz nach der Normenreihe VDE 0664 (Bild ❶a),
- außer in den Fällen nach Abschnitt 3 wahlweise eine Überstrom-Schutzeinrichtung, z. B. Sicherung oder LS-Schalter (Bild ❶b).

Das TT-System wird u. a. dann angewendet, wenn der Verteilungsnetzbetreiber (VNB) das TN-System (früher „Nullung“ genannt) nicht erlaubt. Ein Grund für seine Anwendung kann sich auch aus den Verhältnissen in den Anlagen ergeben, z. B. Nichterfüllung der Abschaltforderung für das TN-System.

## 2 TT-System und TN-System nicht im selben Gebäude

Das TT- und das TN-System dürfen innerhalb eines Gebäudes nicht nebeneinander existieren, weil dort durch den Hauptpotentialausgleich alle Schutzleiter miteinander verbunden werden müssen ([3], Abschn. 413.1.2.1). Zum TN-System gehört die Verbindung der Schutzleiter der Verbraucheranlagen mit dem geerdeten Leiter des Verteilungsnetzes ([3], Abschn. 413.1.3.1; [4], Abschn. 312.2.1). Eine solche Verbindung darf beim TT-System nicht bestehen, weil sie dessen Prinzip ([4], Abschn. 312.2.2 und Bild 31 D) widersprechen würde.

## 3 TT-System hinter einem TN-System

Das TT-System darf auch ausgeführt werden, wenn im Verteilungsnetz das TN-System Anwendung findet. Das ist in folgenden Fällen denkbar:

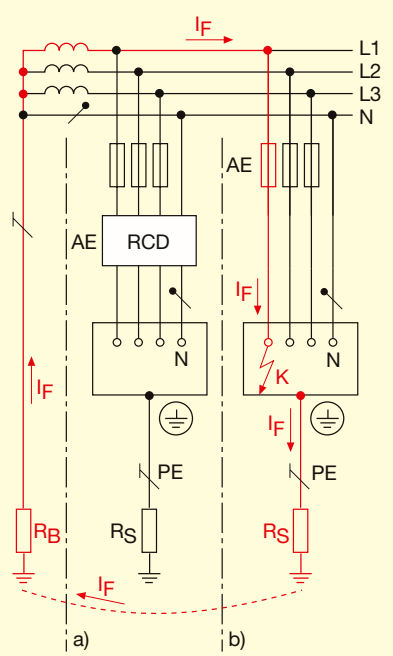
a) Das Verteilungsnetz befindet sich in der Umstellung vom TT-System zum TN-System oder umgekehrt (Bild ❷a).
Die Umstellung vom TN- zum TT-System wird vom Autor verworfen, weil sie sehr aufwändige Änderungen in den Verbraucheranlagen erfordert und mit Gefahren verbunden ist [5][6][7]. Die für den Überspannungsschutz der informationstechnischen Anlagen angestrebten Verbindungen zwischen den Potentialausgleichssystemen mehrerer oder gar zahlreicher Häuser sind beim TN-System vorteilhaft. In Verteilungsnetzen mit dem TT-System können sie dagegen den Elektroschutz beeinträchtigen, denn sie schaffen ungewollt ein nicht genormtes System, das die Nachteile des TN- Systems und des TT-Systems in sich vereinigt.

b) Die gesamte mit TT-System ausgeführte Anlage eines Gebäudes wird gemäß Bild ❷a) an ein Verteilungsnetz mit TN-System angeschlossen. Das kann sich unter Umständen für ein Haus an einem langen Netzausläufer mit großer Schleifenimpedanz erforderlich machen.

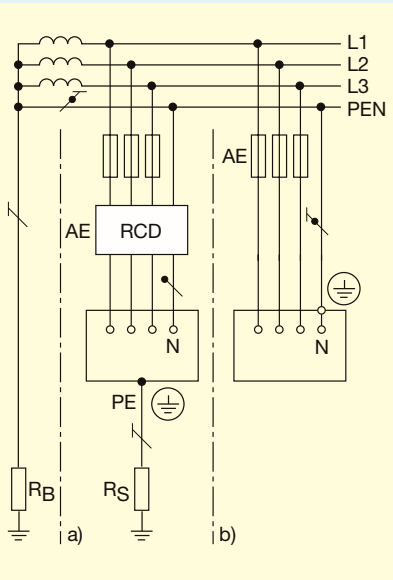
c) Eine mit TT-System ausgeführte Anlage im Freien oder eines Nebengebäudes wird an die mit TN-System ausgeführte Anlage des Hauptgebäudes angeschlossen.

In all diesen Fällen müssen wie im Bild ❷a) Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) als Abschalteinrichtungen für die Schutzmaßnahme TT-System eingesetzt werden. Ein Verstoß gegen diese Regel könnte in den Anlagen, die mit TN-System ausgeführt sind, Gefahren hervorrufen.

Der Erder und die Schutzleiter des TT-Systems dürfen nicht mit dem geerdeten Leiter des Verteilungsnetzes (im Fall a oder b) bzw. mit den PEN-Leitern, den Schutzleitern oder dem



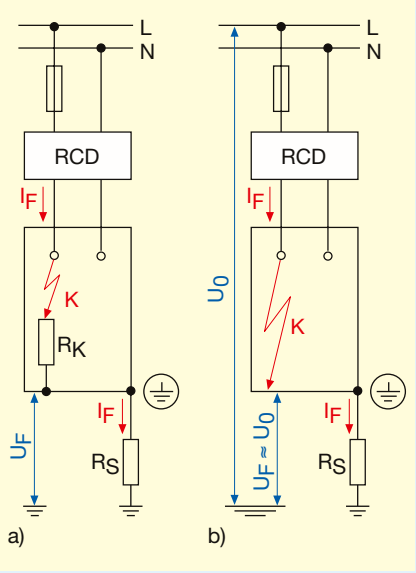

**❶ Verbraucheranlagen mit TT-System in zwei Gebäuden**
**a)** TT-System mit RCD als Abschalteinrichtung AE
**b)** TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung als Abschalteinrichtung und Körperschluss K
$R_B$ Erdungswiderstand des Betriebserders; $R_S$ Erdungswiderstand des Schutzerders; $I_F$ Fehlerstrom




**❷ Verbraucheranlagen zweier Gebäude an einem Verteilungsnetz, in dem das TN-System zugelassen ist oder das sich in der Umstellung vom TT- zum TN-System oder umgekehrt befindet**
**a)** Wie Bild ❶ a)
**b)** TN-C-System (früher „klassische Nullung“ genannt)

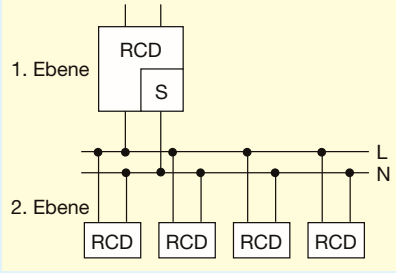
Autor
Dipl.-Ing. (FH) *Enno Hering* ist Mitglied des AK „Starkstromanlagen bis 1000 V“ des VDE-Bezirksvereins Dresden.

[1)] In VDE 0100 Teil 410 [3] wird er einfach als „Erder“ bezeichnet (Abschn. 413.1.4). Der stattdessen verwendete Ausdruck „Schutzerder“ dient der eindeutigen Unterscheidung von den Betriebserdern.

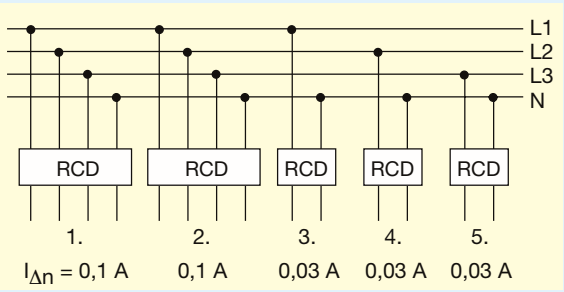



**❸ Körperschlüsse im TT-System mit RCD**
**a)** Widerstandsbehafteter Körperschluss
**b)** Widerstandsloser („satter") Körperschluss

$R_K$ Widerstand des Körperschlusses
$U_F$ Fehlerspannung
$U_0$ Spannung des Außenleiters gegen Erde




**❹ Beispiele für RCDs in zwei Ebenen**
Die RCDs der 2. Ebene werden nicht berücksichtigt (s. Abschnitt 4.2).




**❺ Beispiele für mehrere RCDs in einer einzigen Ebene**
Die 4. und 5. RCD werden nicht berücksichtigt (s. Abschn. 4.3 a)

$f_1 = 1$; $f_2 = 0{,}8$; $f_3 = 0{,}6$ (s. Abschn. 4.3 b) und Tafel ❷)
$I_{\Delta E1} = 1 \cdot 0{,}1\ A = 0{,}1\ A$
$I_{\Delta E2} = 0{,}8 \cdot 0{,}1\ A = 0{,}8\ A$
$I_{\Delta E3} = 0{,}6 \cdot 0{,}03\ A = 0{,}018\ A$
$I_{\Delta E} = 0{,}1\ A + 0{,}8\ A + 0{,}018\ A = 0{,}198\ A$ (s. Abschn. 4.3 c)

Potentialausgleichssystem des vorgeordneten TN-Systems (im Fall c) verbunden werden. Eine solche Verbindung würde das TT-System in ein TN-System verwandeln.

## 4 Erdungswiderstand beim TT-System mit RCD

Für den maximal zulässigen Erdungswiderstand des Schutzerders sind u. a. die Bemessungs-Differenzströme der RCDs maßgebend.

Die selektiven RCDs können wie die einfachen behandelt werden.

### 4.1 Eine einzige RCD

Der Erdungswiderstand des Schutzerders darf nicht größer als nach Gl. (1) sein ([3], Abschn. 413.1.4.2).

$$R_S \le U_L / I_{\Delta N} \qquad (1)$$

$R_S$ Erdungswiderstand des Schutzerders
$U_L$ Grenze der dauernd zulässigen Berührungsspannung, normalerweise 50 V
$I_{\Delta N}$ Bemessungs-Differenzstrom.

Die Ergebnisse sind in der Tafel ❶ angegeben. Ist diese Forderung erfüllt, so löst bei einem widerstandsbehafteten Körperschluss nach Bild ❸ a) der Schutzschalter spätestens dann aus, wenn die Fehlerspannung $U_F$ größer wird als $U_L$. Ein widerstandsloser („satter") Körperschluss entsprechend Bild ❸ b) bewirkt eine Fehlerspannung $U_F$, die annähernd so groß wie die Außenleiter-Erde-Spannung $U_0$ ist, aber durch das Auslösen des Schalters wieder verschwindet. In Gebäuden ist die vom Menschen überbrückbare Berührungsspannung meist erheblich kleiner als die Fehlerspannung, bedingt durch den Einfluss des Potentialausgleichs, vor allem in Häusern mit Fundamenterder durch die von diesem bewirkte Potentialsteuerung ([8], Abschn. 2.3.1).

### 4.2 In Reihe geschaltete RCDs

Sind RCDs hintereinander geschaltet, z. B. die der 1. und 2. Ebene von Bild ❹, so braucht nur der Bemessungs-Differenzstrom der dem Verteilungsnetz am nächsten (in der 1. Ebene) liegenden RCD berücksichtigt zu werden. Dabei dürfen auf der Verbraucherseite (in der 2. Ebene) beliebig viele RCDs vorhanden sein.

### 4.3 Mehrere RCDs, denen keine RCD vorgeschaltet ist

Sind in der 1. oder einzigen Ebene wie z. B. im Bild ❺ mehrere RCDs vorhanden, so muss, obwohl die einschlägige Norm [3] darüber nichts aussagt, berücksichtigt werden, dass die dauernd über mehrere Schutzeinrichtungen fließenden Fehlerströme sich addieren können. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass gleichzeitig über alle Schutzeinrichtungen ein Fehlerstrom in voller Höhe des Bemessungs-Differenzstroms fließt, zumal sie lt. VDE 0664

zwischen dem 0,5-fachen und dem 1,0-fachen des Bemessungs-Differenzstroms auslösen dürfen und meist bei etwa dem 0,7-fachen ansprechen. Das trifft umso mehr zu, je mehr RCDs eingesetzt sind.

Auf Grund und unter Berücksichtigung des Vorstehenden wird ein Ersatz-Differenzstrom $I_{\Delta E}$ ermittelt, der an die Stelle des Bemessungs-Differenzstroms $I_{\Delta N}$ tritt. Dieser Ersatz-Differenzstrom $I_{\Delta E}$ muss einerseits so groß gewählt werden, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit die Fehlerströme am Schutzerder keine größere Spannung als $U_L$ (normalerweise 50 V) ohne Auslösung hervorrufen können, aber andererseits nicht so groß, dass sich unnötig hohe Anforderungen an den Schutzerder ergeben. Das kann wie folgt geschehen:

a) Die von mehreren Außenleitern zusammenkommenden Fehler- und Ableitströme[2] addieren sich nicht[3]. Darum braucht von den zweipoligen RCDs für Einphasen-Wechselstrom bei gleichmäßiger Aufteilung auf die drei Außenleiter nur jeweils eine von deren drei berücksichtigt zu werden.

b) Die Ersatz-Differenzstrom-Anteile $I_{\Delta E1}$, $I_{\Delta E2}$ usw. der zu berücksichtigenden RCDs werden nach Gl. (2) aus dem Bemessungs-Differenzstrom $I_{\Delta N1}$, $I_{\Delta N2}$ und dem Anrechnungsfaktor $f_1$, $f_2$ usw. von der Tafel ❷ ermittelt.

$$I_{\Delta E1} = I_{\Delta N1} \cdot f_1 \qquad (2)$$

Dabei werden RCDs mit großem Bemessungs-Differenzstrom vor solchen mit kleinerem berücksichtigt.

c) Durch Addition der mit Gl. (2) ermittelten Ersatz-Differenzstrom-Anteile erhält man den gesuchten Ersatz-Differenzstrom $I_{\Delta E}$

$$I_{\Delta E} = I_{\Delta E1} + I_{\Delta E2} \text{ usw.} \qquad (3)$$

d) Der maximal zulässige Erdungswiderstand des Schutzerders ergibt sich dann nach Gleichung (4).

$$R_S \leq U_L / I_{\Delta E} \qquad (4)$$

## 5 TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung

Diese Schutzmaßnahme hat nur noch geringe Bedeutung, u. a. deswegen, weil die Bedingungen für ihre Anwendung nur schwer, meistens sogar überhaupt nicht erfüllbar sind. Vor dem Einsatz von Überstrom-Schutzeinrichtungen als Abschalteinrichtungen für die Schutzmaßnahme TT-System ist auf jeden Fall der VNB zu fragen. Auf Fälle des Ausschlusses von Überstrom-Schutzeinrichtungen wurde schon im Abschnitt 3 hingewiesen.

Der maximal zulässige Erdungswiderstand des Schutzerders errechnet sich nach der Gleichung (5) ([3], Abschn. 413.1.4.2); [2], Abschnitt 612.6.1 b) und Tabelle NA.2).

$$R_S \leq U_L / I_a \qquad (5)$$

$I_a$ Strom, der das automatische Abschalten der Schutzeinrichtung innerhalb 5 s bewirkt (Abschaltstrom für 5 s).

$U_L$ Grenze der dauernd zulässigen Berührungsspannung, normalerweise 50 V.

Der Abschaltstrom $I_a$ ist für den zutreffenden Bemessungsstrom $I_n$ und die Abschaltzeit von 5 s aus der Abschmelz- bzw. Auslösekennlinie der Überstrom-Schutzeinrichtung (z. B. Sicherung, LS-Schalter) zu entnehmen. Sofern das Verhältnis $I_a/I_n$ für die Abschaltzeit 5 s bekannt ist[4], kann $I_a$ aus $I_n$ berechnet werden. Für $I_a/I_n$ von LS-Schaltern muss jedoch eingesetzt werden:

- 5 bei Charakteristik B,
- 10 bei Charakteristik C und
- 14 bei Charakteristik K

([2], Tabelle NA.2). Aus Tafel ❸ ist ersichtlich, dass nur bei sehr kleinen Bemessungsstromstärken der Überstrom-Schutzeinrichtungen die Einhaltung des maximal zulässigen Erdungswiderstands möglich ist.

## 6 Vorausberechnung des Erdungswiderstands

Die Vorausberechnung des Erdungswiderstands kann bei Ringerdern nach [9] und bei Staberdern nach [10] erfolgen. Eine überschlägliche Berechnung der Erdungswiderstände bewehrter Fundamentplatten und -wannen ist gemäß [11] möglich. Beim Einsatz von RCDs als Abschalteinrichtungen für die Schutzmaßnahme TT-System erübrigt sich allerdings oftmals die Vorausberechnung dadurch, dass die Einhaltung des maximal zulässigen Erdungswiderstands ohnehin absehbar ist.

## 7 Praktische Ausführung

Für Schutzerder gelten VDE 0100 Teil 540 [12] und VDE 0151 [13]. Bei Neubauten werden Fundamenterder gefordert, und zwar

**Tafel ❶ Maximal zulässige Erdungswiderstände der Schutzerder im TT-System mit RCD**

| **Bemessungs-Differenzstrom $I_{\Delta N}$ in A** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0,01 | 0,03 | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| **Max. zul. Erdungswiderstand $R_S$ in Ω** | | | | |
| 5 000 | 1 660 | 500 | 166 | 100 |

$R_S$ ist nach Gl. (1) berechnet. Die Werte gelten für $U_L$ = 50 V.
Für $U_L$ = 25 V gilt jeweils die Hälfte.

**Tafel ❷ Anrechnungsfaktoren für die Ermittlung des Ersatz-Differenz-Fehlerstroms $I_{\Delta E}$ bei mehreren RCDs in der 1. oder einzigen Ebene**

| **Wievielte RCD** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 2. | 3. | 4. | jede ab 5. |
| **Anrechnungsfaktor *f*** | | | | |
| 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

**Tafel ❸ Maximal zulässige Erdungswiderstände der Schutzerder im TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtungen bei $U_L$ = 50 V**

| $I_n$ in A | **Überstrom-Schutzeinrichtungen** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Sicherung | LS-Schalter | | | |
| | **Charakteristik** | | | | |
| | gL/gG | Z | B | C | K |
| | **$I_a/I_n$ für Abschaltzeit 5 s** | | | | |
| | ≤ 4,8 | 3 | 5 | 10 | 14 |
| | **maximal zulässiger $R_S$ in Ω** | | | | |
| 2 | 5,4*) | 8,3 | – | 2,5 | 1,79 |
| 3 | – | 5,5 | – | 1,66 | 1,19 |
| 4 | 2,6*) | 4,1 | – | 1,25 | 0,89 |
| 6 | 1,8 | 2,7 | 1,66 | 0,83 | 0,60 |
| 8 | – | 2,0 | – | 0,62 | 0,45 |
| 10 | 1,1 | 1,66 | 1,0 | 0,5 | 0,36 |
| 13 | – | – | 0,76 | 0,38 | 0,27 |
| 16 | 0,7 | 1,0 | 0,62 | 0,31 | 0,22 |

*) Unverwechselbarkeit mit Sicherungen 6 A ist nicht gewährleistet.

Die max. zulässigen Erdungswiderstände $R_S$ wurden mit Gl. (5) berechnet.

Die Größe $I_a$ für Gl. (5) wurde aus $I_n$ und dem im Tafelkopf angegebenen Verhältnis $I_a/I_n$ errechnet.

[2] Ableitströme sind normalerweise kleiner als Fehlerströme, wirken aber ansonsten wie diese auf die RCD ein. Im Folgenden sind sie mit gemeint, wenn von Fehlerströmen die Rede ist.

[3] Die von allen drei Außenleitern zusammenfließenden Fehlerströme können sich sogar kompensieren. Das darf jedoch nicht als Erleichterung in die Berechnung eingehen, u. a. deswegen, weil ein Außenleiter ausfallen kann, z. B. durch das Ansprechen einer Hausanschlusssicherung.

[4] Das Verhältnis $I_a/I_n$ entspricht dem früheren Abschaltfaktor k.

- durch DIN 18 015 [14], Abschnitt 8, für Wohnhäuser und für Gebäude mit vergleichbaren Anforderungen an die elektrische Ausrüstung und
- durch die TAB 2000 [15], Abschnitt 12, für alle Häuser, deren Starkstromanlage an ein Niederspannungsnetz angeschlossen wird.

Fundamenterder haben bei sachgemäßer Ausführung im Gegensatz zu erdgebetteten Erdern Gebäudelebensdauer. Ein weiterer Vorteil der Fundamenterder ist ihre potentialsteuernde Wirkung, die den Baukörper (evtl. mit Ausnahme der Kellerfußböden und -innenwände) annähernd auf das Potential des Hauptpotentialausgleichssystems bringt und somit wesentlich zur Steigerung der Elektrosicherheit im Gebäude beiträgt.

Für die Ausführung des Fundamenterders gilt DIN 18 014 [16]. Die Befolgung dieser Norm bietet leider noch keine Gewähr dafür, dass ein zweckmäßiger und korrosionsbeständiger Fundamenterder entsteht. Weitere wichtige Angaben, u. a. zum Korrosionsschutz, sind in [8] enthalten. Ein Anschlussteil des Fundamenterders (oberflächenbündiges oder Anschlussfahne) wird bei der Potentialausgleichsschiene benötigt.

## 8 Prüfung

Die Anlage muss vor ihrer Inbetriebnahme geprüft werden ([2], Abschn. 61.1). Dazu gehören beim TT-System die Messung des Erdungswiderstands und die Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme ([2], Abschn. 612.6.1 b) und 612.6.2). Statt des im Anhang C von [2] als Beispiel angegebenen Messverfahrens (mit Netzfrequenz) wird besser das Strom-Spannungs-Messverfahren **ohne** unmittelbare Stromentnahme aus dem Netz mit Sonde und Hilfserder **unter Benutzung eines Erdungsmessers nach VDE 0413 Teil 5: 1998-05** angewendet, weil hierbei die Messfrequenz von der Netzfrequenz abweicht und somit ungewollte Beeinflussungen der Messung vermieden werden ([8], Abschn. 8.5.2 und Bild 8.13 a). Wenn wegen dichter Bebauung die Sonde und der Hilfserder nicht eingesetzt werden können, darf das Strom-Spannungs-Messverfahren **mit** unmittelbarer Stromentnahme aus dem Netz ohne Sonde (eine Schleifenwiderstandsmessung über Erde) angewendet werden ([2], Abschn. 612.6.2, Anmerkung 2; [8] Abschn. 8.5.3 sowie Bilder 8.15 c) und d)).

Bei Ringerdern sollten zusätzlich Durchgangsprüfungen oder (besser) Widerstandsmessungen zwischen den Anschlussteilen bzw. Erdeinführungsstangen durchgeführt werden ([8], Abschn. 8.4). Mit der Erdungsmessung allein kann nicht nachgewiesen werden, dass der Ring tatsächlich geschlossen ist.

Vor dem Prüfen der Schutzmaßnahme mit RCD soll zunächst die Prüftaste betätigt werden. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme wird sodann mit einem Prüfstrom festgestellt. Sie gilt als nachgewiesen, wenn der Schutzschalter spätestens beim Bemessungs-Differenzstrom $I_{\Delta N}$ auslöst und dabei die dauernd zulässige Berührungsspannung $U_L$ nicht überschritten wird ([2], Abschn. 612.6.1 b), Anmerkung 3).

**Literatur**


[1] DIN VDE 0100 Teil 610/**VDE 0100 Teil 610: 1994-04** Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Prüfungen; Erstprüfungen.

[2] DIN VDE 0100-610/**VDE 0100 Teil 610:2004-04** Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 6-61: Prüfungen; Erstprüfungen.

[3] DIN VDE 0100-410/**VDE 0100 Teil 410:1997-01** Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 41: Schutz gegen elektrischen Schlag; mit Änderung DIN VDE 0100-410/A1/ **VDE 0100 Teil 410/A1:2003-06**.

[4] DIN VDE 0100-300/**VDE 0100 Teil 300:1996-01** – ; Teil 3: Bestimmungen allgemeiner Merkmale.

[5] *Hering, E.:* Trennen von Anlagen im TN- und TT-System. Elektropraktiker, Berlin 55(2001)8, S. 618.

[6] *Hering, E.:* Trennen von Drehstromanlagen im TT-System. Elektropraktiker, Berlin 55(2001) 10, S. 800.

[7] *Hering, E.:* Umstellung vom TN- zum TT-System. Elektropraktiker, Berlin 56(2002)2, S. 96-97.

[8] *Hering, E.:* Fundamenterder. Berlin: Verlag Technik 1996.

[9] *Hering, E.:* Berechnung von Erdungswiderständen ringförmiger Erder. Elektropraktiker, Berlin 57(2003)7, S. 782-785; mit Druckfehlerberichtigung im Heft 12, S. 933.

[10] *Hering, E.:* Erdungswiderstände geometrisch einfacher Erder. Elektropraktiker, Berlin 56 (2002)5, S. 388-390.

[11] *Hering, E.:* Berechnung der Erdungswiderstände bewehrter Fundamente. Elektropraktiker, Berlin 50(1996)10, S. 870-871.

[12] **DIN VDE 0100 Teil 540:1991-11** Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter.

[13] DIN VDE 0151/**VDE 0151:1986-06** Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich der Korrosion.

[14] **DIN 18 015 Teil 1:2002-09** Elektrische Anlagen in Wohngebäuden; Planungsgrundlagen.

[15] Verband der Elektrizitätswirtschaft VDEW e. V. (Herausgeber): Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz – TAB 2000. Heidelberg: VWEW Energieverlag 2000.

[16] **DIN 18 014:1994-02** Fundamenterder. ■