Schutzerder für die Schutzmaßnahme TT-System

E. Hering, Dresden

Der Beitrag behandelt die Schutzerder für das TT-System in den Verbraucheranlagen. Insbesondere befasst er sich mit den maximal zulässigen Erdungswiderständen. Berücksichtigt werden u. a. die in neueren Normen enthaltenen Festlegungen über die höchstzulässigen Abschaltzeiten und über die Anordnung von Überspannungs-Schutzeinrichtungen im TT-System.

1 TT-System

Der Schutzerder[1] ist ein unverzichtbarer Bestandteil der Schutzmaßnahme TT-System (VDE 0100 Teil 410 [1], Abschn. 413.1.4.1). Er wird bei der Anwendung dieses Systems [2] für jedes Gebäude benötigt, ferner bei jeder Einrichtung, über die eine im Freien befindliche Verbraucheranlage angeschlossen ist. 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 entweder eine FI-Schutzeinrichtung (RCD) oder eine Überstrom-Schutzeinrichtung (z. B. Sicherung, LS-Schalter).

Das TT-System wird beispielsweise dann angewendet, wenn das EVU das TN-System (früher „Nullung“ genannt) nicht oder nicht mehr erlaubt. Es darf aber auch wahlweise Anwendung finden, wenn das TN-System zugelassen ist[2]. In diesem Fall und bei der Umstellung des Versorgungsnetzes vom TN- auf das TT-System müssen wie im Bild ❷ **a** RCD als Abschalteinrichtungen für das TT-System verwendet werden[2].

TT- und TN-Systeme dürfen innerhalb eines Gebäudes nicht nebeneinander existieren [4], weil dort durch den Hauptpotentialausgleich alle Schutzleiter miteinander verbunden werden müssen ([1], Abschn. 413.1.2.1). Zum TN-System gehört die Verbindung der Schutzleiter der Verbraucheranlagen mit dem PEN-Leiter des Versorgungsnetzes ([1], Abschn. 413.1.3.1), die beim TT-System nicht bestehen darf ([1], Abschn. 413.1.3.9).

Autor

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

2 Maximal zulässiger Erdungswiderstand beim TT-System mit RCD

Für den maximal zulässigen Erdungswiderstand des Schutzerders sind u. a. die Nennfehlerströme der RCD maßgebend. Dazu gehören:

- RCD nach VDE 0664 Teil 1 und 3
- RCD mit Überstromauslöser (FI/LS-Schalter) nach VDE 0664 Teil 2 und
- Fehlerstrom-Steuereinrichtungen, bestehend aus einem Summenstromwandler und einem Fehlerstrom-Steuerschalter, zusammen mit Schaltgeräten (z. B. Leistungsschaltern oder Schützen).

2.1 Eine einzige RCD

Der Erdungswiderstand des Schutzerders für eine **nicht selektive RCD** darf nicht größer als nach Gl. (1) sein ([1], Abschn. 413.1.4.2).

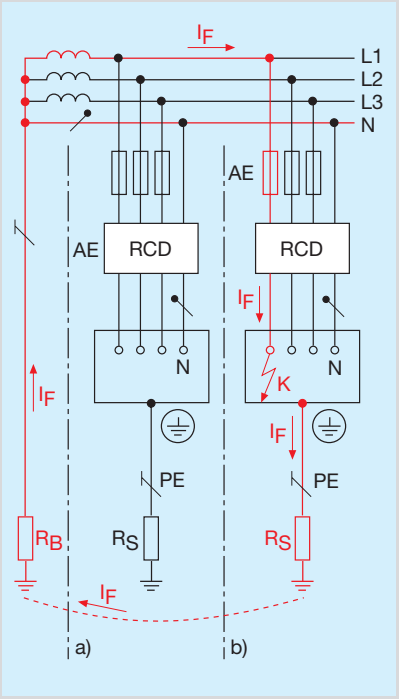
$$R_S \le \frac{U_L}{I_{\Delta n}} \qquad (1)$$

R_S Erdungswiderstand des Schutzerders
U_L Grenze der dauernd zulässigen Berührungsspannung, normalerweise 50 V
$I_{\Delta n}$ Nennfehlerstrom der RCD

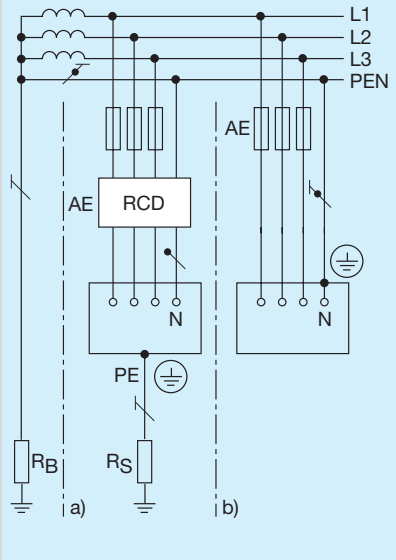
Die Ergebnisse sind in den Spalten 1 bis 5 der Tafel ❶ angegeben. Ist diese Forderung

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

2) Eine an ein TN-System angeschlossene, mit einem getrennten Erder (Schutzerder) und einer RCD versehene Anlage kann als solche mit TT-System betrachtet werden. Dabei dürfen die Schutzleiter des TT-Systems nicht mit den Schutzleitern oder dem PEN-Leiter des TN-Systems verbunden werden, und es sind die für das TT-System geltenden Forderungen zu erfüllen ([1], Nationales Vorwort, Zu 413.1.3.9). Somit kann eine Anlage (z. B. eines Gebäudes) mit TT-System an ein Versorgungsnetz mit TN-System angeschlossen werden, sofern als Abschalteinrichtungen für die Schutzmaßnahme TT-System ausschließlich RCD verwendet werden. Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter der betreffenden Anlage (z. B. eines Gebäudes) dürfen in diesem Fall nicht mit dem PEN-Leiter des Versorgungsnetzes verbunden werden, denn eine solche Verbindung würde das TT-System in ein TN-System umwandeln.



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 Versorgungsnetz, in dem das TN-System zugelassen ist oder das sich in der Umstellung vom TN- zum TT-System befindet**
a) Wie Bild ❶ a
b) TN-C-System (früher „klassische Nullung“ genannt)

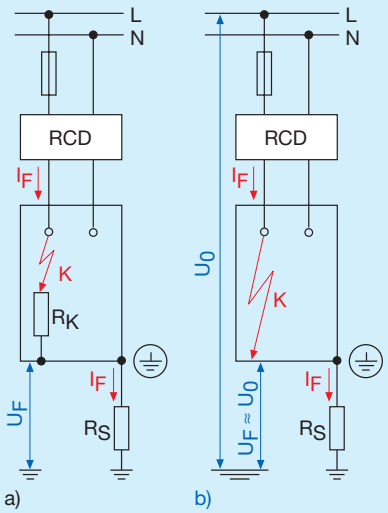
Tafel 1 Maximal zulässige Erdungswiderstände der Schutzerder im TT-System mit RCD

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eigenschaften und Anordnung der RCD									
nicht selektiv					**selektiv im Verteiungs-stromkreis**			**selektiv im Endstromkreis**	
Nennfehlerstrom $I_{\Delta n}$ in A									
0,01	**0,03**	0,1	0,3	0,5	**0,1**	**0,3**	0,5	**0,1**	**0,3**
maximal zulässiger Erdungswiderstand R_S in Ω									
5000	1660	500	166	100	500	166	100	250	83

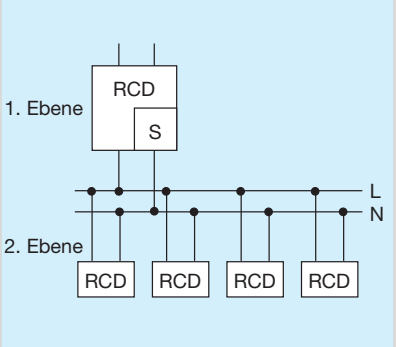
Erläuterungen: Fett gedruckte Nennfehlerströme sind Vorzugswerte nach VDE 0664 Teil 1. Die max. zulässigen Erdungswiderstände der Spalten 1 bis 8 sind nach Gl. (1) und die der Spalten 9 und 10 nach Gl. (2) berechnet. Die Werte gelten für U_L = 50 V. Für U_L = 25 V gilt jeweils die Hälfte.

Tafel 2 Anrechnungsfaktoren für die Ermittlung des zu erwartenden maximalen Gesamtfehlerstroms bei mehreren RCD in der ersten oder einzigen Ebene

Wievielte RCD					
1.			2.	3.	4.	jede ab 5.
selektiv in einziger Ebene	selektiv in erster Ebene	nicht selektiv				
Anrechnungsfaktor f						
2	1		0,8	0,6	0,4	0,2

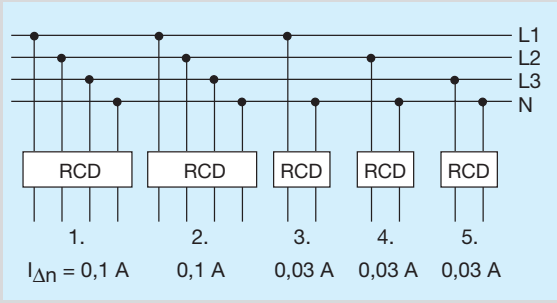


❸ Körperschlüsse
a) Widerstandsbehafteter Körperschluss
b) Widerstandsloser („satter") Körperschluss
R_K Widerstand des Körperschlusses; U_F Fehlerspannung; U_0 Spannung des Außenleiters gegen Erde



❹ Beispiele für RCD in zwei Ebenen
Die selektive RCD in der 1. Ebene wird wie eine nicht selektive nach Gl. (1) behandelt (s. Abschn. 2.1).
Die RCD der 2. Ebene werden nicht berücksichtigt (s. Abschn. 2.2).

❺ Beispiele für mehrere, nicht selektive RCD in einer einzigen Ebene
Der 4. und 5. Schalter werden nicht berücksichtigt (s. Abschn. 2.3 a)
f_1 = 1; f_2 = 0,8; f_3 = 0,6 (s. Abschn. 2.3 b und Tafel 2)
I_{p1} = 1·0,1 A = 0,1 A;
I_{p2} = 0,8·0,1 A = 0,08 A;
I_{p3} = 0,6·0,03 A = 0,018 A
I_p = 0,1 A+0,08 A + 0,018 A = 0,198 A (s. Abschn. 2.3c).



erfüllt, so löst bei einem widerstandsbehafteten Körperschluss nach Bild ❸a der Schutzschalter spätestens dann aus, wenn die Fehlerspannung U_F größer wird als U_L. Ein widerstandsloser („satter") Körperschluss nach Bild ❸b bewirkt eine Fehlerspannung U_F, die annähernd so groß wie die Außenleiter/Erde-Spannung U_0 ist, aber durch das Auslösen der RCD sofort wieder verschwindet. In Gebäuden ist die vom Menschen überbrückbare Berührungsspannung meist erheblich kleiner als die Fehlerspannung, insbesondere durch den Einfluss des Potentialausgleichs

Bei einer **selektiven RCD**[3], die in einem Endstromkreis angeordnet ist oder der keine anderen RCD nachgeschaltet sind, muss Gl. (2) eingehalten werden ([3], Abschn. 5.6.4.1 und Fußnote der Tabelle F.3).

$$R_S \le \frac{U_L}{2 \cdot I_{\Delta n}} \qquad (2)$$

Ergebnisse siehe Spalten 9 und 10 der Tafel 1. Diese Verschärfung gegenüber Gl. (1) ist dadurch begründet, dass die selektiven RCD erst beim zweifachen Nennfehlerstrom die Auslösung innerhalb von 0,2 s gewährleisten, während beim Nennfehlerstrom die Auslösezeit bis zu 0,5 s betragen kann (VDE 0664 Teil 1, Abschn. 25.1). Solche Einsatzfälle selektiver RCD sind aber nicht typisch, sondern wohl eher seltene Ausnahmen.

Für **selektive RCD**, die mit dem Ziel, Selektivität mit nachgeordneten RCD zu erreichen, in Verteilungsstromkreisen – also vor den Sammelschienen von Endverteilern – angeordnet sind, gilt diese Verschärfung nicht, weil für sie eine Abschaltzeit bis zu 1 s erlaubt ist ([1], Abschn. 413.1.4.2). Zur Bestimmung des max. zulässigen Erdungswiderstands darf somit in diesem Fall die Gl. (1) angewendet werden. Die Ergebnisse stehen in den Spalten 6 bis 8 der Tafel 1.

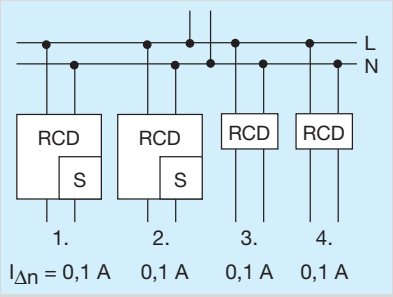
2.2 In Reihe geschaltete RCD

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

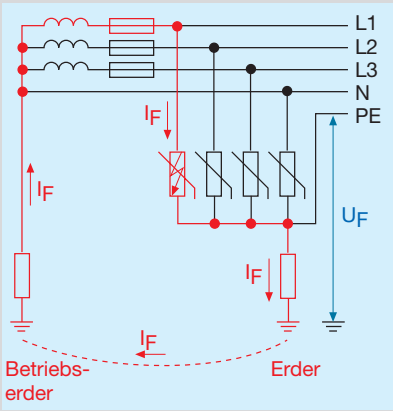
2.3 Mehrere RCD, denen kein RCD vorgeschaltet ist

Sind in der ersten oder einzigen Ebene, wie z. B. im Bild ❺, mehrere RCD vorhanden, so muss, obwohl die einschlägige Norm [1] 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 Nennfehlerstroms fließt, zumal sie laut VDE 0664 Teil 1, Abschn. 11.2, zwischen dem 0,5-fachen und dem 1,0-fachen des Nennfehlerstrom auslösen dürfen und meist bei etwa dem 0,7-fachen

3) Selektive RCD sind mit einem „S" im Quadrat gekennzeichnet.



❻ Beispiel für selektive und nicht selektive RCD in einer einzigen Ebene
$f_1 = 2$; $f_2 = 0{,}8$; $f_3 = 0{,}6$; $f_4 = 0{,}4$
$I_{p1} = 2 \cdot 0{,}1\ A = 0{,}2\ A$; $I_{p2} = 0{,}8 \cdot 0{,}1\ A = 0{,}08\ A$; $I_{p3} = 0{,}6 \cdot 0{,}1\ A = 0{,}06\ A$;
$I_{p4} = 0{,}4 \cdot 0{,}1\ A = 0{,}04\ A$ (s. Abschn. 2.3 und Tafel ❷).
$I_p = 0{,}2\ A + 0{,}08\ A + 0{,}06\ A + 0{,}04\ A = 0{,}38\ A$



❼ Gefährliche Fehlerspannung U_F auf dem Schutzleiter eines TT-Systems infolge der (mit einem Blitzpfeil gekennzeichneten) Durchgängigkeit eines Überspannungsableiters in einer unzulässigen Schaltung
I_F Fehlerstrom

Nennfehlerstrom ansprechen. Das trifft umso mehr zu, je mehr Schutzeinrichtungen eingesetzt sind.

Der gesamte Fehlerstrom darf am Schutzerder keine Fehlerspannung U_F hervorrufen, die größer als die Spannung U_L (normalerweise 50 V, siehe Abschn. 2.1) ist. Es muss also der zu erwartende maximale Gesamtfehlerstrom ermittelt werden, der einerseits so groß ist, dass er mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird, aber andererseits nicht so groß, dass unnötige Anforderungen an den Schutzerder gestellt werden. Das kann wie folgt geschehen:

a) Die von mehreren Außenleitern zusammenkommenden Fehler- und Ableitströme[4] addieren sich nicht[5]. Darum braucht von den zweipoligen RCD für Einphasen-Wechselstrom bei gleichmäßiger Aufteilung auf die drei Außenleiter nur jeder dritte berücksichtigt zu werden.

b) Die Fehlerstromanteile I_{p1}, I_{p2} usw. der zu berücksichtigenden RCD werden nach Gl. (3) aus dem Nennfehlerstrom $I_{\Delta n1}$, $I_{\Delta n2}$ usw. und einem Anrechnungsfaktor f_1, f_2 usw. nach der Tafel ❷ ermittelt.

$$I_{p1} = I_{\Delta n1} \cdot f_1 \qquad (3)$$

Dabei müssen RCD mit großem Nennfehlerstrom vor solchen mit kleinerem berücksichtigt werden.

c) Durch Addition der mit Gl. (3) ermittelten Fehlerstromanteile erhält man den zu erwartenden max. Gesamtfehlerstrom.

$$I_p = I_{p1} + I_{p2} \text{ usw.} \qquad (4)$$

d) Der maximal zulässige Erdungswiderstand des Schutzerders errechnet sich dann nach Gl. (5).

$$R_S \le \frac{U_L}{I_P} \qquad (5)$$

Sind bei der Anordnung von RCD gemäß Bild ❻ in einer einzigen Ebene auch selektive beteiligt, so muss für die erste von ihnen der Anrechungsfaktor mit $f_1 = 2$ eingesetzt werden (siehe Abschn. 2.1 und Tafel ❷). Der maximal zulässige Erdungswiderstand errechnet sich auch in diesem Fall nach der Gl. (5). Die im Nenner der Gl. (2) enthaltene Zahl 2 wird hier durch die Größe 2 des Anrechnungsfaktors vertreten.

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 4,5...4,8	3	5	10	15
	maximal zulässiger R_S in Ω				
2	5,4[1)]	8,3	–	2,5	1,66
3	–	5,5	–	1,66	1,11
4	2,6[1)]	4,1	–	1,25	0,83
6	1,78	2,7	1,66	0,83	0,55
8	–	2,0	–	0,62	0,41
10	1,06	1,66	1,0	0,5	0,33
13	–	–	0,76	0,38	0,25
16	0,69	1,0	0,62	0,31	0,20

[1)] Unverwechselbarkeit mit Sicherungen 6 A ist nicht gewährleistet.
Die max. zulässigen Erdungswiderstände R_S wurden mit Gl. (6) berechnet.
Die einzusetzende Größe I_a wurde aus I_n und dem im Tafelkopf angegebenen Verhältnis I_a/I_n errechnet.

3 Maximal zulässige Erdungswiderstände beim TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung

Diese Schutzmaßnahme wird hier nur der Vollständigkeit halber mit behandelt. Sie hat nur noch geringe Bedeutung, u. a. deswegen, weil die Bedingungen für ihre Anwendung nur schwer und oftmals überhaupt nicht erfüllbar sind.

Der maximal zulässige Erdungswiderstand des Schutzerders errechnet sich nach der Gl. (6) ([1], Abschn. 413.1.4.2).

$$R_S \le \frac{U_L}{I_a} \qquad (6)$$

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 Nennstrom 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[6], kann I_a aus I_n berechnet werden. Für I_a/I_n von LS-Schaltern ist jedoch einzusetzen

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

([3], Abschn. 5.6.1.3.3.2 und Tabelle F.2). Aus Tafel ❸ ist ersichtlich, dass nur bei sehr kleinen Nennstromstärken der Überstrom-Schutzeinrichtungen die Verwirklichung des maximal zulässigen Erdungswiderstands möglich ist. Vor Anwendung des TT-Systems mit Überstrom- Schutzeinrichtung ist auf jeden Fall das EVU zu fragen.

4 Blitz- und Überspannungsschutz

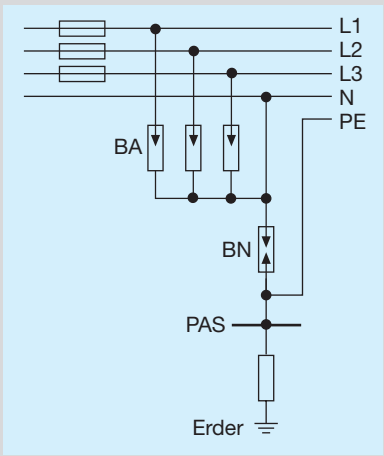
Als Schutzerder für das TT-System und als Blitzschutzerder (Bestandteil einer regulären Blitzschutzanlage oder Erder für eine blitzschutzbedürftige Antenne, wird im Allgemeinen ein und derselbe Erder benutzt. Dieser gemeinsame Erder muss die sich aus dem Elektroschutz und aus dem Blitzschutz ergebenden Anforderungen zusammen erfüllen.

Im TT-System müssen für den Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen besondere Regeln befolgt werden. Geräte auf der Basis von Varistoren (spannungsabhängige Widerstände) können infolge von Überbeanspruchung und/oder Alterung durchgängig werden. Bei einer Schaltung nach Bild ❼ würde dadurch der Schutzleiter PE eine Fehlerspannung U_F annehmen, die sich auf die Körper der Betriebsmittel

4) 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.

5) Die von allen drei Außenleitern zusammenfließenden Fehlerströme können sich sogar kompensieren. Das darf jedoch nicht als Erleichterung in die Berechnung eingehen, u. a. im Hinblick darauf, dass ein Außenleiter ausfallen kann, z. B. durch das Ansprechen einer Hausanschlusssicherung.

6) Das Verhältnis I_a/I_n entspricht dem früheren Abschaltfaktor k.



❽ Für das TT-System zulässige Schaltung der Überspannungs-Schutzeinrichtungen („3+1-Schaltung“)
BA Blitzstromableiter; BN spezieller Blitzstromableiter für die Anordnung zwischen Neutralleiter und Schutzleiter („N-PE-Ableiter“); PAS Potentialausgleichsschiene

übertragen würde. Bei Nichterfüllung der Abschaltforderung für das TT-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung (s. Abschn. 3 dieses Beitrags) wäre das gefährlich.
Am Anfang der 90er Jahre stand die Entwicklung von Ableiter-Trennschaltern zur Diskussion, die diesem Problem abhelfen sollten. Inzwischen wurde statt dessen die Schaltung entsprechend Bild ❽ eingeführt [5], die als „3+1-Schaltung“ bezeichnet wird. Ferner dürfen zumindest für den Überspannungs-Grobschutz, der zur Realisierung der Blitz-Schutzzone 1 dient und (bis auf Ausnahmen) im Hauptstromversorgungssystem (Anlageteil vor den Zählern) angeordnet wird, nur Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B (auch „Blitzstromableiter“ genannt) mit Funkenstrecke, ohne Varistor, verwendet werden [5] bis [11]. Aber auch beim Mittelschutz für die Blitz-Schutzzone 2 wird im TT-System die 3+1-Schaltung angewendet [7][9].
Der Überspannungsschutz in der vorstehend beschriebenen Ausführung hat keinen Einfluss auf den maximal zulässigen Erdungswiderstand. Es sind jedoch kurze Verbindungen zwischen dem Hauptstromversorgungssystem und den Blitzstromableitern sowie zwischen diesen und dem Erder anzustreben [7][8][9][10].
Im allgemeinen ist es zweckmäßig, die Leitung zu den Blitzstromableitern an den Sammelschienen im Zählerschrank vom Hauptstromversorgungssystem abzuzweigen [10]. Dann müssen die Blitzstromableiter beim oder im Zählerschrank untergebracht werden. Die Potentialausgleichsschiene wird zweckmäßigerweise in unmittelbarer Nähe der Blitzstromableiter angeordnet.

5 Praktische Ausführung

Für Schutzerder gelten VDE 0100 Teil 540 [12] und VDE 0151 [13]. Die Norm DIN 18 015 Teil 1 [14] fordert für Wohnhäuser und Gebäude mit vergleichbaren Anforderungen an die elektrische Ausrüstung den Fundamenterder. Jedes neue Gebäude, für das eine elektrische Anlage vorgesehen ist, sollte mit Fundamenterder hergestellt werden. Dieser hat im Gegensatz zu erdgebetteten Erdern Gebäudelebensdauer. Ein weiterer Vorteil des Fundamenterders ist seine potentialsteuernde Wirkung, die den Baukörper (mit Ausnahme der Kellerfußböden und -innenwände) annähernd auf das Potential des Schutzleiters und des Hauptpotentialausgleichs bringt und somit wesentlich zur Elektrosicherheit im Gebäude beiträgt. Für seine Ausführung gilt DIN 18 014 [15].
Die Befolgung dieser Norm bietet leider noch keine Gewähr dafür, dass ein zweckmäßiger und korrosionsbeständiger Fundamenterder entsteht. Weitere wichtige Angaben, u. a. zum Korrosionsschutz und zur Vorausberechnung von Erdungswiderständen, sind in [16] enthalten. Ein Anschlussteil (Anschlussfahne oder oberflächenbündiges Anschlussteil) des Fundamenterders wird bei der Potentialausgleichsschiene benötigt.
Liegt der Schutzerder im Einflussbereich eines anderen Erders (z. B. des Schutzerders eines Nachbarhauses), so kann er dadurch ein Potential annehmen. Das ist aber i. Allg. ungefährlich und kein Grund gegen die Anwendung des TT-Systems.

6 Prüfung

Beim Prüfen des Schutzerders sind insbesondere die Abschnitte 5.6.1.3, 5.6.2 und 5.6.4 von [3] zu berücksichtigen. Dazu gebört auch das Messen des Erdungswiderstands. Näheres kann [16] entnommen werden.

Literatur

[1] 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.
[2] DIN VDE 0100-300 (VDE 0100 Teil 300):1996-01 –; Bestimmungen allgemeiner Merkmale.
[3] DIN VDE 0100-610 (VDE 0100 Teil 610):1994-04 –; Prüfungen; Erstprüfungen.
[4] *Hering, E.:* Erneuerung der Wohnungszuleitungen und Umstellung vom TN-C-System zum TT-System. Elektropraktiker, Berlin 48(1994) 5, S. 367-370.
[5] Vornorm DIN V VDE V 0100-534 (VDE V 0100 Teil 534):1999-08 Elektrische Anlagen von Gebäuden; Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln; Überspannungs-Schutzeinrichtungen.
[6] VDEW (Herausgeber): Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B – Richtlinie für den Einsatz in Hauptstromversorgungssystemen. 1. Auflage. Frankfurt am Main: Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH (VWEW) 1998.
[7] *Schimanski, J.:* Überspannungsschutz. Heidelberg: Hüthig Verlag 1996.
[8] *Hasse, P:* Überspannungsschutz von Niederspannungsanlagen. 4 Auflage. Köln: TÜV-Verlag 1998.
[9] *Raab, V.:* Überspannungsschutz in Verbraucheranlagen. Reihe ELEKTROPRAKTIKER-Bibliothek. Berlin: Verlag Technik 1998.
[10] *Hering, E.:* Blitzschutz-Potentialausgleich, Trennfunkenstrecken und Blitzstromableiter. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)2, S. 122-126.
[11] *Hering, E.:* Blitzstromableiter und Einsatzrichtlinie. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)4, S. 302-305.
[12] DIN VDE 0100-540 (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 1:1994-03 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden; Planungsgrundlagen.
[15] DIN 18 014:1994-02 Fundamenterder.
[16] *Hering, E.:* Fundamenterder. Reihe ELEKTROPRAKTIKER-Bibliothek. Berlin: Verlag Technik 1996.