Schutzpotentialausgleichsleiter-Mindestquerschnitte

E. Hering, Dresden

Der in VDE 0100-200 [1] definierte und in VDE 0100-410 [2] geforderte Schutzpotentialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene muss laut VDE 0100-540:2007-06 ([3], Abschn. 544.1.1) einen Mindestquerschnitt von 6 mm² Kupfer haben, und das unabhängig vom Querschnitt der Außenleiter. Dieser Mindestquerschnitt erfüllt nicht überall und immer die praktisch auftretenden Anforderungen.

1 Vorbemerkungen

Im Arbeitskreis „Starkstromanlagen bis 1000 V" des VDE-Bezirksvereins Dresden haben einige Mitarbeiter von Prüfinstitutionen für elektrische Anlagen die Meinung geäußert, dass der geforderte Mindestquerschnitt des Schutzpotentialausgleichsleiters (nachstehend kurz „SPAL" genannt) nicht ausreicht. Diesem Standpunkt hat sich der Arbeitskreis angeschlossen.

In manchen Fällen kann der SPAL thermisch überlastet werden oder der an ihm auftretende Spannungsfall zu groß sein. Auch wird die mechanische Festigkeit von Leitern mit 6 mm² Kupfer als zu gering angesehen.

Die Bilder dieses Beitrags sind der Einfachheit halber und zur Platzeinsparung überwiegend einpolig ausgeführt, obwohl sie vorrangig für Drehstromanlagen gelten sollen. Sie sollen nicht so verstanden werden, dass der SPAL bis an die Verbrauchsgeräte geführt werden muss. Das, was wie ein solches dargestellt ist, kann einen Anlageteil oder eine ganze Anlage bedeuten.

2 Potentialausgleichende Wirkungen des SPAL

Laut Definition ist der Potentialausgleich das Herstellen von Verbindungen, „um Potentialgleichheit zu erzielen" ([1], Abschn. 826-13-19). Absolute Potentialgleichheit ist jedoch Illusion, denn jeder Leiter hat einen Widerstand, und an einem vom Strom durchflossenen Widerstand tritt eine Spannung auf. Eine Vergrößerung des Leiterquerschnitts des SPAL ergibt eine Verkleinerung dieser Spannung und somit eine Verbesserung der potentialausgleichenden Wirkung.

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

3 Thermische Überlastung des SPAL

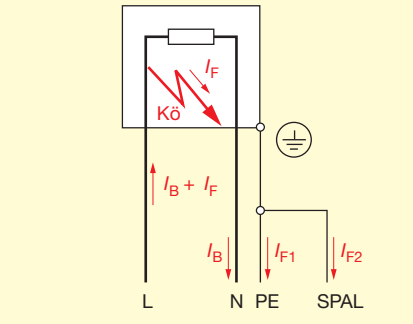
Große Sorge bereitet die Gefahr der thermischen Überlastung des SPAL durch Ströme, die diesen infolge von Fehlern oder durch Ausgleich zwischen Anlageteilen durchfließen. Das gilt besonders für Anlagen mit großen Außenleiterquerschnitten und Sicherungsbemessungsströmen.

3.1 Bei Körperschluss und Parallelschaltung des SPAL mit dem Schutzleiter

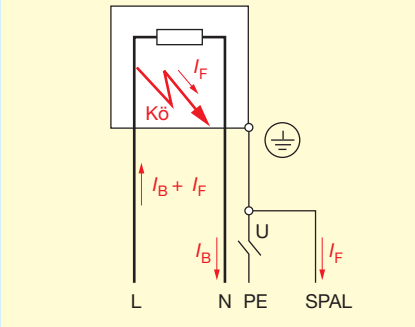
Bei der Parallelschaltung kann sich der Fehlerstrom I_F gemäß Bild ❶ verzweigen. Die Aufteilung hängt u. a. von den Leitungslängen ab. Wenn der Schutzleiter auf einem Umweg verlegt ist und der SPAL geradlinig verläuft, wirkt sich das auf dessen Fehlerstromanteil I_{F2} vergrößernd aus. Bei Außenleiterquerschnitten über 16 mm² darf der Schutzleiterquerschnitt kleiner als sie sein ([3] Abschn. 543.1.1 und Tabelle 54.3). In TN-Systemen darf bei Nennströmen über 32 A und bei Verteilungsstromkreisen die Abschaltzeit 5 s betragen ([2], Abschn. 411.3.2 und Tabelle 41.1).

3.1.1 Und Unterbrechung des Schutzleiters

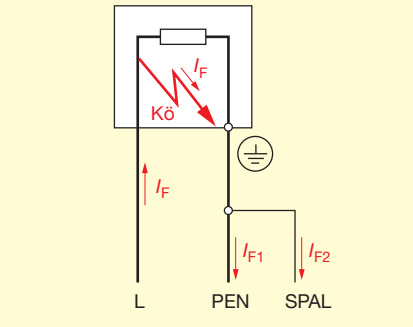
Ist der Schutzleiter wie im Bild ❷ unterbrochen, so durchfließt bei einem Körperschluss (Zusammentreffen von zwei Fehlern) der gesamte Fehlerstrom I_F den SPAL. Dessen thermische Beanspruchung ist dabei viel größer als in der mit dem Bild ❶ dargestellten Situation.



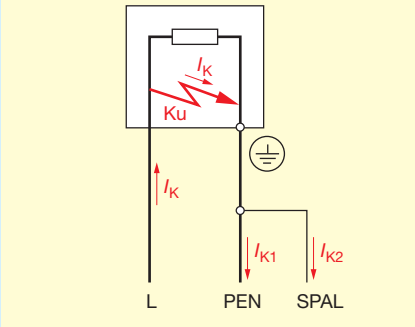
❶ Verzweigung des Körperschluss-Fehlerstroms bei der Parallelschaltung des SPAL mit dem Schutzleiter im TN-S-System
I_B Betriebsstrom; I_F Fehlerstrom; **Kö** Körperschluss



❷ Körperschluss-Fehlerstrom im SPAL bei dessen Parallelschaltung mit dem Schutzleiter und dessen Unterbrechung im TN-S-System
U Unterbrechung



❸ Verzweigung des Körperschluss-Fehlerstroms bei der Parallelschaltung des SPAL mit dem PEN-Leiter im TN-C-System



❹ Verzweigung des einpoligen Kurzschlussstroms bei der Parallelschaltung des SPAL mit dem PEN-Leiter im TN-C-System
I_K Kurzschlussstrom; **Ku** Kurzschluss

3.2 Bei Isolationsfehler und Parallelschaltung des SPAL mit dem PEN-Leiter

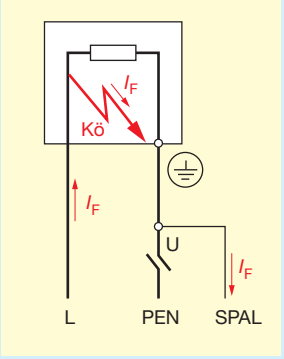
Im TN-System kann der SPAL dem PEN-Leiter parallel geschaltet sein. Dann kann sich

- der Fehlerstrom bei Körperschluss nach Bild ❸ und
- der Kurzschlussstrom bei einpoligem Kurzschluss entsprechend Bild ❹

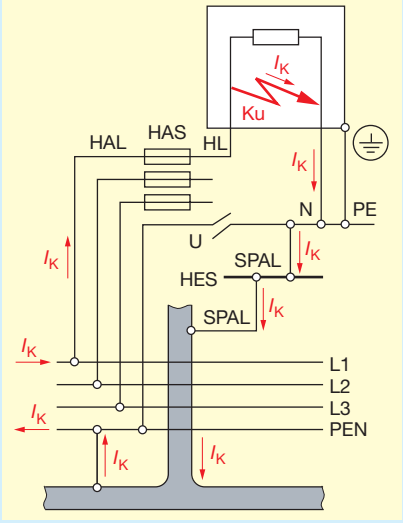
verzweigen. Weil der PEN-Leiter auch die Funktion des Neutralleiters ausübt, soll er den gleichen Querschnitt wie die Außenleiter haben ([4], Abschn. 5.1). In einer so ausgeführten Anlage ist ein Fehler nach Bild ❸ oder ❹ weniger kritisch als der Körperschluss in Bild ❶. Bei Dreieinhalb-Leiter-Kabeln ergibt sich dagegen eine Situation ähnlich Bild ❶.

3.2.1 Und Unterbrechung des PEN-Leiters

Der SPAL, der entsprechend Bild ❺ dem PEN-Leiter parallel geschaltet ist, wird bei dessen Unterbrechung im Falle eines Köperschlusses (Zusammentreffen von zwei Fehlern) vom gesamten Fehlerstrom I_F durchflossen. In Abweichung vom Bild ❷ gilt das auch für den Kurzschlussstrom bei einpoligem Kurzschluss und für den Betriebsstrom bei fehlerfreier Anlage.

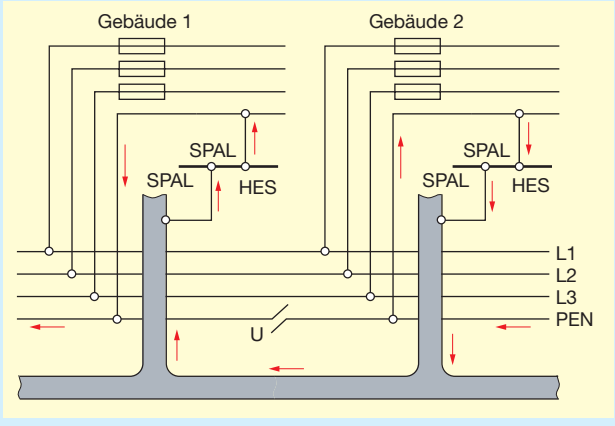


❺ **Körperschluss-Fehlerstrom im SPAL bei dessen Parallelschaltung mit dem PEN-Leiter und dessen Unterbrechung im TN-C-System**



❻ **Einpoliger Kurzschlussstrom im SPAL bei dessen Parallelschaltung mit dem PEN-Leiter sowie bei dessen Unterbrechung und Überbrückung durch eine metallene Rohrleitung**

HAL Hausanschlussleitung; **HAS** Hausanschlusssicherung; **HES** Haupterdungsschiene; **HL** Hauptleitung



❼ **Weg des Stroms des unterbrochenen PEN-Leiters des Verteilungsnetzes über die SPAL in zwei Gebäuden und eine metallene Rohrleitung**

3.3 Ausgleichströme im SPAL zwischen zwei Verteilern

Wenn zwei über getrennte Zuleitungen von großer Länge gespeiste Verteiler mit kleinem Abstand voneinander angeordnet und auf kurzem Weg durch einen SPAL miteinander verbunden sind, kann über diesen u. U. ein großer Ausgleichsstrom fließen, z. B. bei Körperschluss, einpoligem Kurzschluss und Schieflast.

3.4 Bei Überbrückung einer Unterbrechung des PEN-Leiters der Anlage des Gebäudes

Im Beispiel des Bildes ❻ kann bei Unterbrechung des PEN-Leiters der einpolige Kurzschlussstrom I_K über den SPAL und eine metallene Rohrleitung, z. B. für Fernheizung, fließen. Das kann auch für den Fehlerstrom bei Körperschluss und den Betriebsstrom der fehlerfreien Anlage zutreffen.

3.5 Bei Überbrückung einer Unterbrechung des PEN-Leiters des Verteilungsnetzes

Eine Unterbrechung des PEN-Leiters des Verteilungsnetzes ist

- in Freileitungsnetzen u. a. durch Beschädigung eines Mastes, z. B. infolge eines Verkehrsunfalls,
- in Kabelnetzen u. a. durch unzulässige Einwirkung eines Baggers

möglich. Sie kann u. U. entsprechend dem Bild ❼ durch die SPAL zweier Gebäude und durch eine metallene Rohrleitung überbrückt werden. In diesem Fall fließt der PEN-Leiter-Strom über die SPAL.

3.6 Blitzteilströme

Wenn das Gebäude mit einer Blitzschutzanlage ausgestattet ist, muss diese über den Blitzschutz-Potentialausgleich und die Haupterdungsschiene mit den elektrischen Anlagen sowie metallenen Bauteilen und Installationsrohren verbunden werden ([5], Abschn. 6.2.1). Die dafür erforderlichen Blitzschutz-Potentialausgleichsleiter (nachstehend kurz „BPAL“ genannt) müssen einen Querschnitt von mindestens 14 mm² Kupfer haben ([5], Abschn. 6.2.2 und Tabelle 8). In Deutschland kommt dafür der Nennquerschnitt 16 mm² in Frage. Dieser ist auch für die Erdungsleiter der blitzschutzbedürftigen Antennen bei Gebäuden ohne Blitzschutzanlage gefordert ([6], Abschn. 11.3.3).

Alle SPAL, die Blitzteilströme führen können und darum auch BPAL sind, müssen mit einem Querschnitt von mindestens 16 mm² Kupfer ausgeführt werden. Das sind Verbindungen der Haupterdungsschiene mit dem Erder, mit dem PEN-Leiter oder Schutzleiter der Hauptleitung, mit der Überspannungs-Schutzeinrichtung Typ 1 (Blitzstromableiter), mit anderen Potentialausgleichsschienen sowie mit metallenen Bauteilen und Rohrleitungen.

4 Berührungsspannungen durch Spannungsfall

In den Situationen, die in 3.1.1, 3.2.1, 3.4 und 3.5 beschrieben sind, können während der Zeit bis zur Abschaltung des Fehlers durch den Spannungsfall am SPAL unzulässig hohe Fehlerspannungen auftreten. Man muss auch bedenken, dass die bei den Schutzmaßnahmen „automatische Abschaltung der Stromversorgung“ (mit dem TN-System, dem TT-System und dem IT-System) vorgeschriebenen maximalen Abschaltzeiten ([2], Abschn. 411.3.2, Tabelle 41.1) in folgenden Fällen nicht eingehalten werden müssen:

- Für Endstromkreise mit einem Nennstrom über 32 A und Verteilungsstromkreise darf die Abschaltzeit im TN-System 5 s ([2], Abschn. 411.3.2.3) und im TT-System 1 s ([2], Abschn. 411.3.2.4) betragen.
- Für Fehler im Verteilungsnetz oder im Hauptstromversorgungssystem, das mit der Schutzmaßnahme „doppelte oder verstärkte Isolierung“ (früher „Schutzisolierung“) ausgeführt ist, darf die Abschaltzeit so groß sein, wie sie sich aus dem großen Prüfstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung ergibt ([2], Abschn. 411.3.2.1, nationaler Zusatz).

Tafel 1 Empfehlung zu Mindestquerschnitten des SPAL

Nennquerschnitt der Außenleiter der Hauptleitung in mm² Kupfer [a]	Mindestnennquerschnitt des SPAL in mm² Kupfer
S ≤ 35	S ≥ 10 [b]
35 < S ≤ 70	S ≥ 16
70 < S ≤ 120	S ≥ 25
120 < S ≤ 185	S ≥ 35
S > 185	S ≥ 50

a) Bei Aluminum jeweils um eine Stufe größer.
b) Jedoch 16, wenn SPAL auch BPAL ist.

Die Unterbrechung U kann die Abschaltzeit sogar noch vergrößern.

5 Konsequenzen

Die vorstehend beschriebenen Situationen werden von zahlreichen Einzelheiten beeinflusst und sind darum schwer rechnerisch erfassbar. Sie können möglicherweise zum Teil als „weit her geholt" betrachtet werden und mehr oder weniger selten vorkommen. Aber wenn sie auftreten und der SPAL-Querschnitt knapp bemessen ist, können sie Sach- und Personenschäden hervorrufen.
Normen müssen sich aufgrund von Vereinbarungen den durch internationale Normungsgremien (IEC weltweit, CENELEC für Europa) geschaffenen Festlegungen (IEC … bzw. EN … oder HD …) anpassen, die nicht auf der ganzen Linie deutschen Ansprüchen genügen. Zudem können Normen nicht alle in der Praxis vorkommenden Fälle berücksichtigen. Die verantwortungsbewusste Fachkraft wird auf Sicherheit bedacht sein und im Zweifelsfall über die in den Normen enthaltenen Forderungen hinausgehen. In diesem Sinne werden für den SPAL die Mindestquerschnitte gemäß Tafel 1 vorgeschlagen.

Literatur

[1] DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200):2006-06 Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 200: Begriffe.
[2] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 –; Teil 4-41: Schutzmaßnahmen; Schutz gegen elektrischen Schlag (Deutsche Übernahme HD 60364-4-41:2007).
[3] DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2007-06 –; Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Erdungsanlagen, Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter (Deutsche Übernahme HD 60364-5-54:2007).
[4] *Hering, E.*: Nachteile von Dreieinhalb-Leiter-Kabeln. Elektropraktiker, Berlin 52 (1998) 6, S. 547–549.
[5] DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)2006-10 Blitzschutz; Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
[6] DIN EN 60728-11 (VDE 0855-1):2005-10 Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste; Teil 11: Sicherheitsforderungen.

Sicherheit und Komfort durch Rufanlagen

H. E. Lucius, Telgte

Ruf- und Kommunikationsanlagen sind dafür ausgelegt, speziell in Notsituationen Menschen zu helfen, Leben zu retten und Gefahren abzuwenden. Kennzeichnend für diese Systeme ist eine Gefahr für den Rufenden oder Dritte, wenn der Ruf nicht signalisiert wird oder Störungen nicht erkannt werden. Mit Hilfe einer Rufanlage werden Personen zum Ort der Rufauslösung gerufen, Personen oder Personengruppen gesucht und Informationen weitergegeben. Vor diesem Hintergrund sind Rufanlagen Sicherheitssysteme, für die besondere Vorschriften gelten.

1 Von der klassischen Rufanlage

Rufanlagen sind bereits seit mehr als 100 Jahren bekannt. Entsprechend der damaligen technischen Möglichkeiten waren die Geräte mit Zentralanzeigen und Fallklappenrelais ausgestattet. Außer in Krankenhäusern setzten sie sich schnell in Hotels und anderen Bereichen durch. Aus dieser Historie heraus werden sie auch als „Lichtruf-" oder „Schwesternrufanlagen" bezeichnet.
Mittlerweile reicht das Spektrum von Anlagen mit einfacher Ruffunktionalität bis hin zu komplexen Systemen, die einen modernen Pflegebetrieb abbilden.

2 Ruffunktion mit Multimedia- und Mehrwertdiensten

Kleinanlagen realisieren einfache Ruffunktionen durch Zugtaster und eine optische oder akustische Signalisierung. Sie werden beispielsweise in behindertengerechten WCs, Ruheräumen, Arztpraxen oder Privatwohnungen eingesetzt. Viele Hersteller bieten Standardlösungen an, die einfach und ohne Programmierung installiert werden können.
Größere Rufanlagen werden zum Beispiel in Krankenhäusern, Senioreneinrichtungen oder Justizvollzugsanstalten (JVA) eingesetzt. Sie unterstützen Struktur und Organisationsabläufe der Einrichtung. Dabei werden Organisations- oder Pflegebereiche mit gleichen Zuständigkeiten auch anlagenseitig zu autarken Stationen bzw. Gruppen zusammengefasst. Rufe und Informationen aus den ihnen zugeordneten Zimmerterminals oder Patientenbediengeräten (Patientenhandgeräte) werden über das Stationsterminal an das hilfeleistende Personal, beispielsweise im Dienstzimmer, gemeldet.
Derartige Rufanlagen mit Sprech- und anderen Komfortfunktionen bieten eine Unterstützung des Pflegepersonals und tragen dadurch zu einem wirtschaftlichen Betrieb der Einrichtung bei. Sie erhöhen die Effizienz von Krankenhäusern und Senioreneinrichtungen, da sowohl Kommunikation als auch Abläufe besser organisiert werden können. So können Pflegegruppen die stationsweise Organisation überlagern und stationsübergreifend bestimmte Zimmer oder Betten zu einem eigenen Dienstbereich zusammenfassen. Im Rufnachsendebetrieb werden Rufe nicht nur im Dienstzimmer, sondern auch an andere Aufenthaltsorte des Personals weitergemeldet. Das benachrichtigte Personal kann sofort direkten Sprechkontakt aufnehmen. Unter bestimmten Voraussetzungen ist der Ruf nach einer Sprechverbindung auch aus der Ferne abstellbar. Zusätzlich lassen sich externe Telefonanlagen einbinden. In betriebsarmen Zeiten oder Notfällen kann der Rufnachsendebetrieb über mehrere Stationen ausgedehnt werden. Auch ein Zentralbetrieb über eine ständig besetzte Stelle ist möglich. Zwischen zentralem und dezentralem Betrieb kann üblicherweise per Knopfdruck umgeschaltet werden, wenn die organisatorischen Gegebenheiten darauf eingerichtet sind.
Multimedia- und Mehrwertdienste erhöhen den Komfort für die Patienten. Dabei wird die Steuerung von Video-on-Demand, Internet, Rundfunk/Fernsehen oder Raumfunktionen zusammen mit Funktionen der Rufanlage im Patientenbediengerät integriert. Zunehmend halten auch Abrechnungs- oder Bezahlfunktionen Einzug in Rufanlagen.

Autor
Holger E. Lucius ist Vorsitzender des Fachkreises Lichtruf im ZVEI-Fachverband Sicherheit und Geschäftsführer der Tunstall GmbH, Telgte.

3 Normative Hintergründe

Grundlegende Norm für Rufanlagen ist die DIN VDE 0834 [1], die von der Deutschen Elektrotechnischen Kommission (DKE) mit