

# RCD-Typen und deren normative Vorgaben

**PRÜFTECHNIK ELEKTRISCHER ANLAGEN NACH DIN VDE 0100-600 (TEIL 10)** Bevor wir zur eigentlichen Prüfung der in »de« 5.2019 angesprochenen RCD-Typen kommen, werfen wir noch einen Blick auf die geforderten Schutzmaßnahmen in den Normen DIN VDE 0100-410, -420 und -430.

Dabei geht es im Einzelnen um den Schutz gegen elektrischen Schlag, die thermischen Auswirkungen bei Fehlern in der Anlage sowie den Schutz gegen Überstrom. Schließlich schauen wir uns noch die Prüfvorgaben im TN-System an.

## Schutz gegen elektrischen Schlag

Die Vorgaben entsprechend DIN VDE 0100-410 für den Schutz gegen elektrischen Schlag sehen unabhängig der eingesetzten Schutzrichtungen folgende Abschaltzeiten für unsere beispielhafte elektrische Anlage auf Grundlage eines TN-Systems vor:

- Maximal 0,4s, basierend auf der Fehlerannahme, dass ein Außenleiter fehlerhaft u.a. mit einem Körper kontaktiert. Der Begriff

»Körper« meint berührbare leitfähigen Teile eines elektrischen Betriebsmittels, welche normalerweise nicht unter Spannung stehen, aber im Fehlerfall unter Spannung geraten können. Dieser Fehlerfall auf Grundlage des Versagens der Basisisolierung wird laut Norm mit vernachlässigbarer Impedanz angenommen.

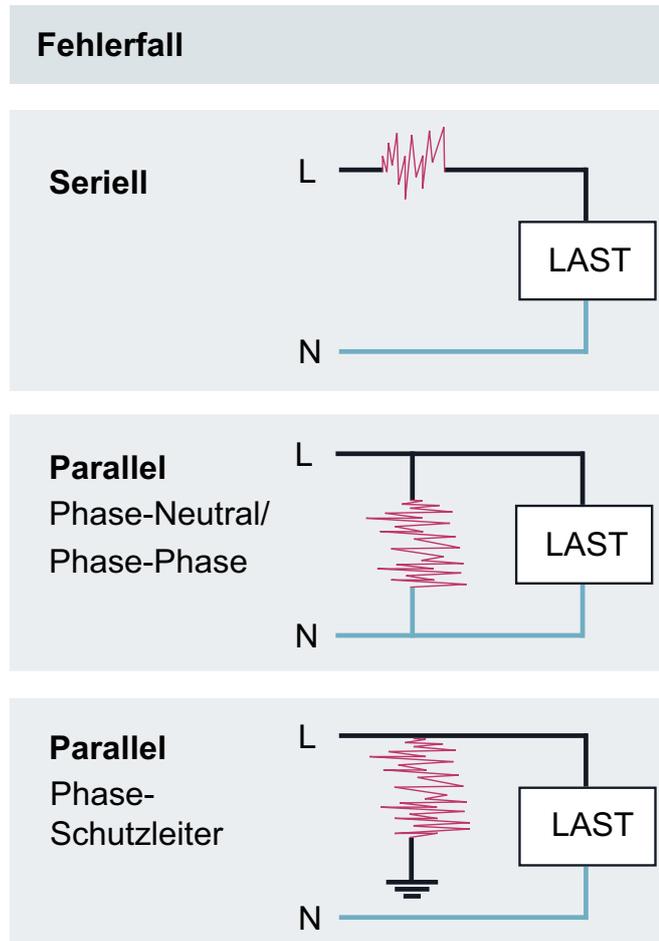
Das »Gehäuse« steht unter Spannung. Die damit verbundene Abschaltzeit von maximal 0,4s gilt für Endstromkreise mit Steckdosen bis 63A sowie für festangeschlossene Verbrauchsmittel bis 32A und muss durch Überstrom- und/oder Fehlerstrom-Schutzrichtungen sichergestellt werden. Längere Abschaltzeiten mit maximal 5s in TN-Systemen gelten für Verteilungsstromkreise und Endstromkreise mit Steckdosen über 63A sowie für festangeschlossene Verbrauchsmittel über 32A. Sofern Abschaltzeiten in der geforderten Zeit nicht eingehalten werden, enthält die Norm DIN VDE 0100-410 im Anhang D durchzuführende Vorkehrungen entsprechend Spannungsbegrenzung und zusätzlichem Schutzpotenzialausgleich. Die Einhaltung der Abschaltzeiten ist zu bevorzugen.

Das Vorhandensein von RCDs gleich oder kleiner 30mA Bemessungsfehlerstrom wird entsprechend DIN VDE 0100-410 für Endstromkreise mit Steckdosen bis 32A sowie für fest angeschlossene ortveränderliche Betriebsmittel bis ebenfalls 32A zur Verwendung im Außenbereich gefordert. Ausnahmen bei Steckdosen bestehen, wenn im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) Maßnahmen festgelegt werden, die eine allgemeine Verwendung der Steckdosen dauerhaft ausschließen. Auch in diesem Fall, ist die Verwendung von RCDs zu bevorzugen. Ebenfalls mit RCDs gleich oder kleiner 30mA müssen Leuchten-Stromkreise in Wohnungen versorgt werden. Kombinierte Fehlerstrom-Überstrom-Schutzrichtungen (RCD-LS-Kombinationen) pro Endstromkreis sind vorteilhaft, da die Aufsummierung der betriebsbedingten Ableitströme reduziert und ungewollte Auslösungen vermieden werden.

## Schutz gegen thermische Auswirkungen

Die Vorgaben entsprechend DIN VDE 0100-420 für den Schutz gegen thermische Auswirkungen basieren u.a. auf der Fehlerannahme, dass widerstandsbehafete Anschluss- und Verbindungsstellen (lose Klemmstellen) oder Isolationsfehler zwischen Adern unterschiedlichen Potentials entstehen. Bei losen Klemmstellen, die bei ausreichender Strombelastung der Leitung zu »brutzeln« beginnen, wird eine Fehlerstrom- oder Überstromschutzrichtung nicht reagieren, da kein Strom über Schutzleiter oder Erde abfließt und die Stromstärke sich nicht erhöht (**Bild 33**). Entsprechend der Normenfolge

- DIN VDE 0100-410 (Überstrom)
- DIN VDE 0100-420 (Fehlerlichtbogen) und
- DIN VDE 0100-430 (Überstrom)



**Bild 33:** Ein sog. Brandschutzschalter (AFDD) schaltet den seriellen Fehler (oben) ab, während die parallelen Fehler entweder durch den Leitungsschutz (Mitte) oder eine RCD (unten) abgeschaltet werden

Quelle: Siemens

schließt der AFDD (Arc Fault Detection Device) die Schutzlücke mit dem Schutz insbesondere bei seriellen Leitungsproblemen. Um die Funktionsweise des AFDD zu verstehen, ist es notwendig den spezifischen Fehler »Brutzeln« näher zu erläutern.

Nehmen wir einen Lichtschalter, dessen Aufgabe in erster Betrachtung zum Schalten einer Beleuchtung mit zwei definierten Zuständen existiert. Beim Brutzeln kommt ein weiterer Schaltzustand hinzu, der beim Betätigen des Lichtschalters ganz kurzzeitig, besonders beim Ausschalten, als kleiner Funke besteht. Entstehend in dem Moment, wenn der Kontaktdruck nachlässt und die Öffnung des Kontakts mit ausreichendem Trennungsabstand noch nicht besteht. Quasi ein Verschleppen von Partikeln der Kontaktwerkstoffe, welches kurzzeitig zu einer ionisierten Luft führt, dessen Widerstandswert zwischen den Zuständen »AUS« und »EIN« liegt und somit über eine geänderte Stromstärke verfügt. Je nach Kontaktabbrand einer losen Klemmverbindung kann die Widerstandsveränderung und die damit einhergehende Stromänderung im Kilohertzbereich liegen.

Die damit verbundenen aperiodischen Stromanstiegs- und abfallflanken werden durch den AFDD detektiert und bei einer Energie von etwa 450 J (450Ws), wo auch von einer Entzündung des Leitungsisoliermaterials ausgegangen wird, die Abschaltung eingeleitet. Um Fehlauslösungen, zum Beispiel durch getaktete Netzteile, zu vermeiden, unterscheidet der AFDD zwischen periodisch und aperiodisch getakteten Signalformen. Die Anforderungen der Norm DIN VDE 0100-420 sehen den Einsatz von Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen AFDD für Wechselspannungssysteme mit einem Betriebsstrom nicht größer 16 A in

- Schlaf- und Aufenthaltsräumen von Kindertagesstätten und Seniorenheimen sowie
- Schlaf- und Aufenthaltsräumen von barrierefreien Wohnungen nach DIN 18040-2 (Planungsgrundlagen für barrierefreies Bauen von Wohnungen) vor.
- Weitere Einsatzforderungen bestehen in Räumen und Orten mit einem Feuerrisiko durch verarbeitete oder gelagerte Materialien, mit brennbaren Baustoffen und bei Gefährdungen für unersetzbare Güter.

Entsprechend der Aufführung »Räume und Orte mit brennbaren Baustoffen« werden im entsprechenden Abschnitt zur Erläuterung auch Holzhäuser erwähnt. Mit der Herausgabe der DIN VDE 0100-420 Berichtigung 1 von Februar 2018 wurde diese Erwähnung gestrichen, da es pauschal nicht verpflichtend ist, AFDDs in Holzhäuser zu installieren. Für eine Einstufung zum Feuerrisiko brennbarer Baustoffe und unersetzbarer Güter und der Ableitung entsprechender Notwendigkeit des Einsatzes von AFDDs ist der Bauherr oder Eigentümer der elektrischen Anlage verantwortlich. Sofern erforderlich muss eine nach Baurecht geeignete Person hinzugezogen werden. Die Einstufung ist schriftlich zu fixieren.

Ergänzend werden in der DIN VDE 0100-420 für Wechselspannungssysteme mit einem Betriebsstrom nicht größer 16 A Räume mit Schlafgelegenheiten und Räume oder Orte mit Feuer verbreitenden Strukturen, zum Beispiel schlanke hohe Gebäudekonstruktionen (Kamineffekt) AFDDs empfohlen. Hinweis: Auch bei aktueller Nichtverwendung von AFDDs sollten bei der Planung von Stromkreisverteiler-Schränken eine ausreichende Reserve für Nachrüstungen, wie diese zum Beispiel bei Nutzungsänderungen des Gebäudes notwendig werden könnten, eingeplant werden. In der Norm DIN VDE 0100-600 sind den AFDDs keine Prüfungen zugeordnet, jedoch der Hinweis enthalten, dass die Angaben der Hersteller zu beachten sind.

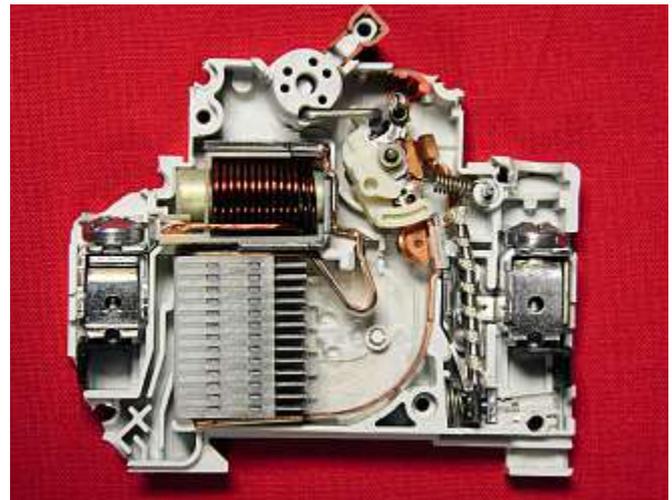


Bild 34: Auslöseeinheit LS-C 4 A

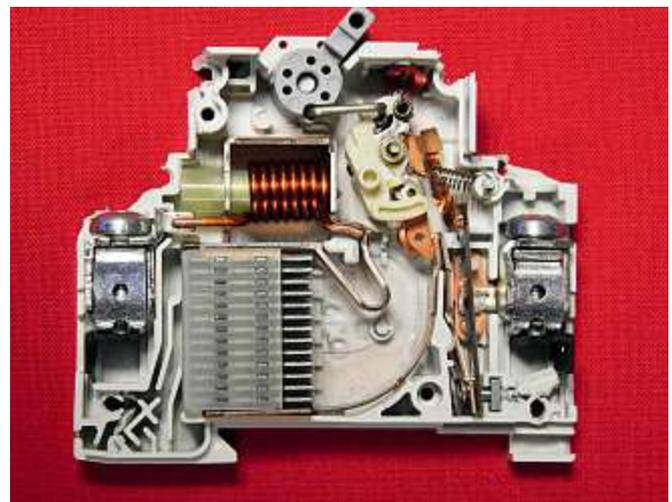


Bild 35: Auslöseeinheit LS-B 16 A

Entsprechend der Produktnorm VDE 0665-10 verfügen AFDDs über eine Selbstüberwachung, die in der Regel durch eine leuchtende LED auf der Vorderseite, die detektive Funktionsfähigkeit bestätigt. Entsprechend den Ausführungen zu Isolationswiderstandsmessungen sind bei Messungen zwischen aktiven Leitern und dem Verbund Schutzleiter/Erdung, AFDDs der Rubrik »Empfindlich« ggf. »Halbempfindlich« zuzuordnen, auch hier sind die entsprechenden Angaben der Hersteller zu beachten. Isolationswiderstandsmessungen zwischen den aktiven Leitern fallen bei AFDDs immer unter die Rubrik »Empfindlich« und es werden diesbezüglich keine Messungen durchgeführt, es sei denn, der AFDD wird von dem zu messenden Stromkreis abgeklemmt.

### Schutz gegen Überstrom

Die Vorgaben entsprechend DIN VDE 0100-430 für den Schutz gegen Überstrom unterteilen sich in Schutz bei Überlast und Schutz bei Kurzschluss. Die generelle Forderung besteht in einer rechtzeitigen Abschaltung von Stromkreisen bevor Überströme durch thermische oder mechanische Auswirkungen Gefahren für die elektrische Anlage oder die Umgebung hervorrufen. In einigen Fällen kann auf den Überlastschutz verzichtet werden, zum Beispiel für erdverlegte Kabel, bei denen eine Überlastung keine Gefahr hervorrufft.

Quelle: Bilder 34-36 FBZ-E



**Bild 36:** Aufbau des Prüfplatzes für die RCD-Prüfungen

Der Verzicht auf Überlastschutz aus sicherheitstechnischen Gründen ist erlaubt für Stromkreise, bei denen Spannungsunterbrechung eine Gefahr verursachen kann, zum Beispiel Erregerstromkreise von drehenden Maschinen und Speisestromkreise für Hubmagneten. Jedoch sollten hier Überlast-Meldeinrichtungen in Erwägung gezogen werden. Der Verzicht auf Kurzschlussschutz erfordert eine Leitungs- oder Kabel-Verlegung mit einem Minimum an Kurzschlussgefahr und ausreichendem Abstand zu brennbaren Materialien. Zum Beispiel für Stromkreise von Akkumulatoren, deren Schutzeinrichtungen sich in den zugehörigen Schaltschränken befinden und analog bei den Anwendungsfällen, wo eine Spannungsunterbrechung Gefährdungen verursachen können. Die Leitungsschutzschalter (LS) unserer beispielhaften elektrischen Anlage erfüllen den Kurzschlussschutz (magnetischer Schnellauslöser) und Überlastschutz (thermischer Bimetall-Auslöser). **Bild 34** zeigt eine Auslöseeinheit von einem Leitungsschutzschalter mit 4A Nennstrom und **Bild 35** von einem Leitungsschutzschalter mit 16A Nennstrom.

Bei der 4-A-Ausführung ist der thermische Bimetall-Auslöser mit einer Heizwicklung umgeben, damit die nötige Wärme zur Auswertung und Verformung des Bimetalls entsteht, während es sich bei der 16-A-Ausführung um ein direkt durchströmtes Bimetall handelt. Der Aufbau der Auslöseeinheit und somit des Leitungsschutzschalters hat Auswirkungen auf die maximale Höhe des Kurzschlussstromes im entsprechenden Stromkreis. Wobei hier ein Wechselspiel zwischen kleineren Kurzschlussstromwerten bei Leitungsschutzschaltern mit stark stromreduzierenden Faktoren im Umkehrschluss auch einen kleineren Mindestkurzschlussstrom verlangen und größere Kurzschlussstromwerte bei Leitungsschutzschaltern mit geringen stromreduzierenden Faktoren im Umkehrschluss auch größere Mindestkurzschlussströme ermöglichen.

Die Höhe des Mindestkurzschlussstroms wird hierbei an ungünstigster Stelle des Stromkreises gemessen, z. B. wenn sich der größte Messwert bei der Messung zur Durchgängigkeit des Schutzleiters mit zentralem Messpunkt an der Haupterdungsschiene ergeben hat oder bei einem Stromkreis mit durchgeschleiften Steckdosen an der letzten Steckdose. Der Begriff »Mindestkurzschlussstrom« ist in diesen Fachbeitrag der Kurzschlussstrom, der im Fall eines Kurzschlusses mit vernachlässigbarer Impedanz die unverzögerte Auslösung ermöglicht. Für die Prüfanforderungen liegt der Fokus auf der Kurzschlussauslösung, also der unverzögerten Abschaltung durch den Kurzschlussauslöser.

Entsprechend Tabelle NB.1 in der DIN VDE 0100-600 steht diese bei Leitungsschutzschaltern für die Charaktere »B« und »C« mit Multiplikationsfaktoren von » $5 \times I_{Nenn}$ « und » $10 \times I_{Nenn}$ « für eine Abschaltung  $\leq 0,1$  s. Somit ergeben sich unter zusätzlicher Beachtung des Faktors »1,5x«, entsprechend Anhang D der DIN VDE 0100-600 bei Verwendung einer LS-B 16 A eine Mindestkurzschlussstromhöhe von 120A ( $16 \times 5 \times 1,5$ ). Der Faktor »1,5x« berücksichtigt die Erwärmung des Leiters im Fehlerfall und die dadurch sich reduzierende Höhe des möglichen Kurzschlussstromes. Eine Kurzschlussstromhöhe von 120A führt somit bei einem LS-B 16A zur unverzögerten Auslösung mit einer Abschaltzeit von  $< 0,1$  s. Sollte der gemessene Kurzschlussstrom kleiner sein, wäre die unverzögerte Auslösung durch den Kurzschlussauslöser nicht gewährleistet und eine rechtzeitige Abschaltung des betroffenen Stromkreises würde nicht erfolgen.

### Prüfvorgaben für das TN-System

Mit den Kenntnissen der DIN VDE 0100-4XX-Normen werfen wir einen ersten Blick auf die Prüfvorgaben der DIN VDE 0100-600 für unsere beispielhafte elektrische Anlage mit TN-C-S-System:

- $Z_s$  (L-PE) – Messung der Fehlerschleifenimpedanz, sofern möglich. Bei Vorhandensein von RCDs  $< 500$ mA ist die Messung der Fehlerschleifenimpedanz im Allgemeinen nicht erforderlich.
- $I_k$  (L-N) – Messung der Kurzschlussstromhöhe im Abgleich der Mindestkurzschlussstromhöhe für eine unverzögerte Auslösung der Leitungsschutzschalter (LS) im Fehlerfall.
- $I_{AN}$  (L-PE) – Messung des Fehlerstromes, der die automatische Abschaltung der Stromversorgung durch Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs) entsprechend gleich oder kleiner des Bemessungsfehlerstroms ermöglicht.
- $t_a$  (L-PE) – Empfehlung zur Messung der Abschaltzeiten der RCDs in Abgleich der entsprechend DIN VDE 0100-410 geforderten Abschaltzeiten. Bei Erweiterungen oder Änderungen mit bereits vorhandenen RCDs muss eine Messung durchgeführt werden. Die Verwendung von selektiven RCDs ist bei Einhaltung der Abschaltzeiten möglich.
- RCD-Prüftaste – Es sollte bei automatischer Abschaltung der Stromversorgung durch RCDs eine Auslösung über die Prüftaste des RCDs erfolgen. Dieses gilt als Erproben der Auslösefunktion.
- RCD Typ B – ist die Wirksamkeit des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung durch RCDs Typ B nachzuweisen, sind Prüfgeräte entsprechend VDE 0413-6 mit ansteigendem Gleichstrom geeignet.

Im kommenden Beitrag geht es um die RCD-Typen aus dem Beitrag in »de« 5.2019 und deren Prüfungen. Für diesen nächsten Schritt, richten wir uns zunächst einen Prüfplatz ein, wie er in **Bild 36** zu sehen ist. Danach geht es dann an die Messungen in unserer beispielhaften Anlage.

(Fortsetzung folgt)



#### AUTOR

**E. Josef Pott**

Geschäftsführer FBZ-E Fachbereichszentrum  
Energietechnik GmbH, Leer