

# Auswahl und Spezifikationen von RCDs (2)

**FEHLERSTROMSCHUTZ** Nach einer Zusammenfassung aus dem ersten Teil in »de« 21.2019, geht es in diesem Teil des Beitrags um die Auswahl von RCDs unter Berücksichtigung der aktuellen normativen Anforderungen der DIN VDE 0100-530:2018-06, der Auslösecharakteristiken, des Frequenzgangs und den dadurch resultierenden Kennlinien für allstromsensitive RCDs.

Zuvor soll jedoch noch eine Erläuterung zu einer Thematik aus dem ersten Teil des Beitrags vorgenommen werden. Ein aufmerksamer Leser teilte uns mit, dass es im Teil 1 ein Missverständnis bei der Interpretation der Beschreibung von zusätzlichen Eigenschaften geben könnte. Hierbei geht es im speziellen um die zusätzliche Eigenschaft, der »Gewitterfestigkeit« von RCDs.

Die Auslösezeiten von 300ms bzw. 40ms beziehen sich auf die normativ geforderten Auslösezeiten beim Prüfen mit einfachem bzw. fünffachem Bemessungsdifferenzstrom der RCD. Dies bedeutet, dass z. B. eine RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 30mA beim Prüfen mit einfachem Bemessungsdifferenzstrom (30mA) innerhalb von maximal 300ms und bei fünffachem Bemessungsdifferenzstrom ( $5 \times 30\text{mA} = 150\text{mA}$ ) von maximal 40ms auslösen muss.

## Zusammenfassung des bisherigen Inhalts

Im Allgemeinen wird in Deutschland zwischen vier unterschiedlichen Typen (A, F, B, B+) von RCDs unterschieden. RCDs vom Typ AC sind in Deutschland nicht (mehr) zulässig, jedoch weltweit verbreitet und in einigen ausländischen Errichtungsbestimmungen zugelassen. Die unterschiedlichen Spezifikationen der unterschiedlichen Typen sind in Tabelle 1 (siehe Teil 1) dargestellt. Hierbei ist immer die Betrachtung des zeitlichen Verlaufs von möglichen Fehlerströmen der an einer RCD betriebenen Betriebsmittel ausschlaggebend.

## Schutz durch pulsstromsensitive RCDs Typ A

Herkömmliche pulsstromsensitive Fehlerstromschutzeinrichtungen nach DIN EN 61008-1 / VDE 0664 Teil 10 sind für Fehlerströme des Typs A gemäß IEC 60755 (General requirements for residual current operated protective devices) ausgelegt, d.h. sie reagieren bestimmungsgemäß nur auf Wechselfehlerströme und pulsierende Gleichfehlerströme ihrer Bemessungsfrequenz, also der Netzfrequenz. Die Ansprechschwellen bei Fehlerströmen mit abweichenden Frequenzen sind nicht definiert. Bei glattem Gleichfehlerstrom oder Wechselfehlerstrom höherer Frequenz ist somit bei diesen RCDs eine Auslösung nicht mehr sichergestellt. Ein zu großer Gleichstromanteil im Fehlerstrom kann sogar eine Auslösung bei netzfrequentem Wechselfehlerstrom stören. Der durch den Einsatz eines RCD Typ A realisierte Schutzpegel ist durch deren Bemessungsfehlerstrom bei Bemessungsfrequenz festgelegt (siehe Tabelle 2 in Teil 1).

## Schutz durch mischfrequent-sensitive RCDs Typ F

RCDs des Typs F erfüllen alle Anforderungen für pulsstromsensitive RCDs des Typs A und erfassen zusätzlich Fehlerströme mit Mischfrequenzen abweichend von 50Hz. Sie sind vorgesehen für den Einsatz in elektrischen Anlagen, in denen elektronische Betriebsmittel verwendet werden, die Fehlerströme generieren können, welche neben einem hohen 50-Hz-Anteil auch niederfrequente und hochfrequente Anteile enthalten (z. B. bei Verwendung von einphasig betriebenen Frequenzumrichtern). Es ist sichergestellt, dass eine Auslösung auf den 50-Hz-Anteil (welcher im Fehlerstrom mit ausreichender Amplitude vorhanden ist) nicht behindert wird, wenn niederfrequente und hochfrequente Anteile im Fehlerstrom vorhanden sind. Dies kann mit RCDs des Typs A nicht mit ausreichender Sicherheit gewährleistet werden.

Zusätzlich noch folgende Hinweise: RCDs des Typs F sind nicht zur Erfassung von glatten Gleichfehlerströmen geeignet und ersetzen daher auf keinen Fall RCDs des Typs B oder B+. In der Produktnorm DIN EN 62423 sind Anforderungen für RCDs des Typs F enthalten. In der letzten Ausgabe der Errichtungsbestimmung DIN VDE 0100-530 werden RCDs des Typs F nun auch für bestimmte Anwendungsfälle gefordert.

## Schutz durch allstromsensitive RCDs Typ B

Viele Betriebsmittel der Leistungselektronik wie z.B. unterbrechungsfreie Stromversorgungen, Photovoltaik-Wechselrichter oder Frequenzumrichter erzeugen aus intern generierten Gleichspannungen des Zwischenkreises bipolare, pulsweitenmodulierte Rechteckspannungen als Ausgangsspannungen.

Daher können z. B. Frequenzumrichter im Fehlerfall neben Fehlerströmen mit Netzfrequenz und glatten Gleichfehlerströmen auch Fehlerströme mit einem Frequenzgemisch aus der Taktfrequenz mit deren harmonischen Oberschwingungen sowie der Ausgangsfrequenz verursachen. Um auch bei Einsatz dieser Betriebsmittel einen umfassenden Fehlerstromschutz zu gewährleisten, muss die hierzu verwendete Fehlerstromschutzeinrichtung daher auch bei glattem Gleichfehlerstrom und bei Wechselfehlerströmen mit diesen Frequenzen auslösen.

In der Praxis bedeutet dies, dass RCDs auf Fehlerströme aller Frequenzen von 0Hz bis zur höchsten möglichen Taktfrequenz des Betriebsmittels so empfindlich ansprechen müssen, dass der gewünschte Schutzpegel nicht nur bei der Bemessungsfrequenz, sondern über den gesamten Frequenzbereich gewährleistet ist. Nur so lässt sich bei der Auswahl der Fehlerstromschutzeinrichtung nach deren Bemessungsfehlerstrom ein Irrtum bezüglich des erzielbaren Schutzzumfangs vermeiden. Betriebsmittel der Leistungselektronik können jedoch, z.B. bedingt durch EMV-Filter, hohe Ableitströme verursachen, die RCDs auch unerwünscht auslösen lassen können. Daher sollte der Frequenzgang der Ansprechschwelle der Fehlerstromschutzeinrichtung nur knapp unterhalb der Grenze verlaufen, die zur Erzielung des gewünschten Schutzpegels notwendig ist. In den vergangenen Jahren hat die Verwendung insbesondere von Fehlerstromschutzschaltern (RCCBs) vom Typ B nach Produktnorm DIN EN 62423 deutlich zugenommen. Diese Norm fordert die Erfassung von Wechselfehlerströmen bis mindestens 1kHz. Je nach Hersteller werden auch Frequenzanteile im Fehlerstrom bis 150kHz sicher erfasst.

## Kennlinien allstromsensitiver RCDs Typ B (Doepke)

Je nach Anwendungsfall und zu erreichendem Schutzpegel wird zwischen drei unterschiedlichen Kennlinien von allstromsensitiven RCDs Typ B unterschieden, die nachfolgend einzeln betrachtet werden.

### RCDs Typ B NK (Personen-, Brand- und Fehlerschutz bis 150kHz)

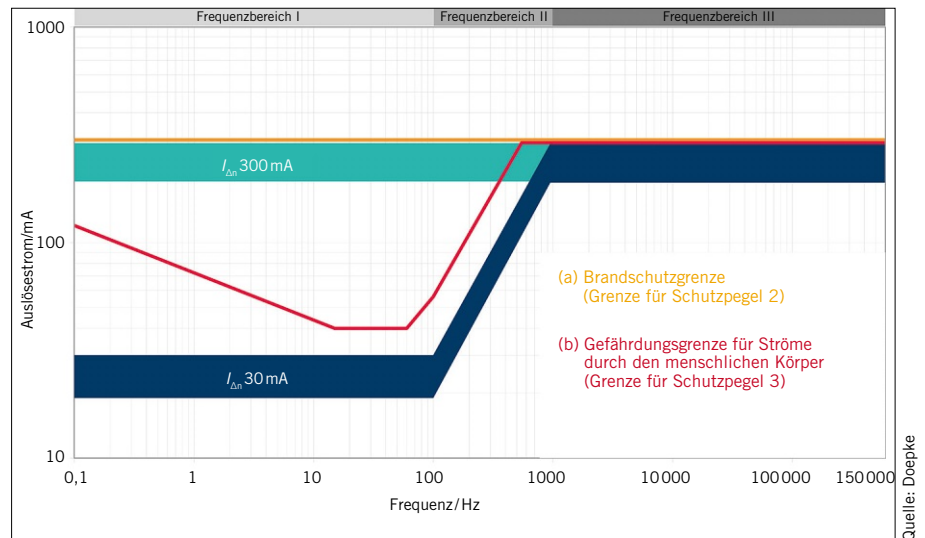
Mit einer RCD vom Typ B NK (NK = »Normalkennlinie«) lässt sich je nach ausgewähltem Bemessungsdifferenzstrom ein Fehler-, Brand-, und zusätzlicher Schutz (Personenschutz) realisieren. Die Kennlinie verläuft zusätzlich beim Bemessungsdifferenzstrom von 30mA unterhalb der in der IEC 60479-2 definierten Herzkammerflimmergrenze und die durch die Brandschutzgrenze von 300mA definierte Gefährdungsgrenze (b). Bei einem Bemessungsdifferenzstrom von 300mA kann demnach noch der Schutzpegel des Brand-, und Fehlerschutz realisiert werden. **Bild 3** zeigt den Verlauf der Kennlinien über den gesamten Frequenzbereich.

### RCDs Typ B SK (Personen-, und Fehlerschutz bis 150kHz)

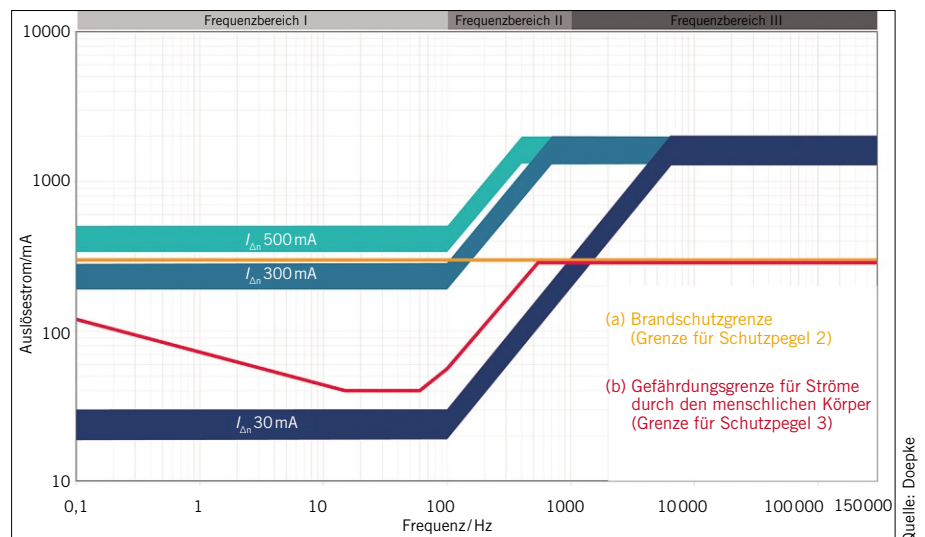
Im Gegensatz zur RCD Typ B NK verläuft die Kennlinie von RCDs des Typs B SK (SK = »Sonderkennlinie«) mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 30mA nur im Frequenzbereich I und II unterhalb der Gesamtgefährdungskurve (b) und entspricht demnach dem Schutz bei direktem berühren (Personenschutz) nach DIN VDE 0100-410. Im Frequenzbereich III nimmt die Ansprechschwelle jedoch mit der Frequenz weiter zu und verläuft mit einem konstant hohen Wert von 2A bis zum Ende des Erfassungsbereiches. Durch diesen Verlauf der Kennlinie wird zwar ein deutlich späteres Auslöseverhalten erreicht, welches bei Anlagen mit hohen Ableitströmen zu weniger unerwünschten Auslösungen führen kann und sich somit positiv auf die Anlagenverfügbarkeit auswirkt, jedoch dies bei vermindertem Schutzpegel. Demnach kann eine RCD vom Typ B SK mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 30mA lediglich für den Personen- und Fehlerschutz, jedoch nicht für den Brandschutz eingesetzt werden. Bei den Bemessungsdifferenzströmen von 300mA, bzw. 500mA kann demnach nur der Schutzpegel I (Fehlerschutz) erreicht werden. Das **Bild 4** stellt den Verlauf der Kennlinien der SK-Varianten über den gesamten Frequenzbereich dar.

### RCDs Typ B + (Personen-, Brand und Fehlerschutz bis 20kHz)

RCDs vom Typ B + zeigen ein ähnliches Verhalten wie RCDs vom Typ B NK, jedoch reicht ihr Erfassungsbereich nur bis 20kHz. Eine weitere Änderung findet im Frequenzbereich II und III statt. In diesen Frequenzbereichen steigt der maximale Auslösestrom auf 420mA. Hierdurch soll ein gehobener vorbeugender Brandschutz erreicht werden. Diese Grenze entspricht zwar nicht den durch den Brand-



**Bild 3:** Frequenzgänge des Auslösestroms der RCDs Typ B NK in Bezug auf die Gefährdungsgrenze Personen-, und Brandschutz



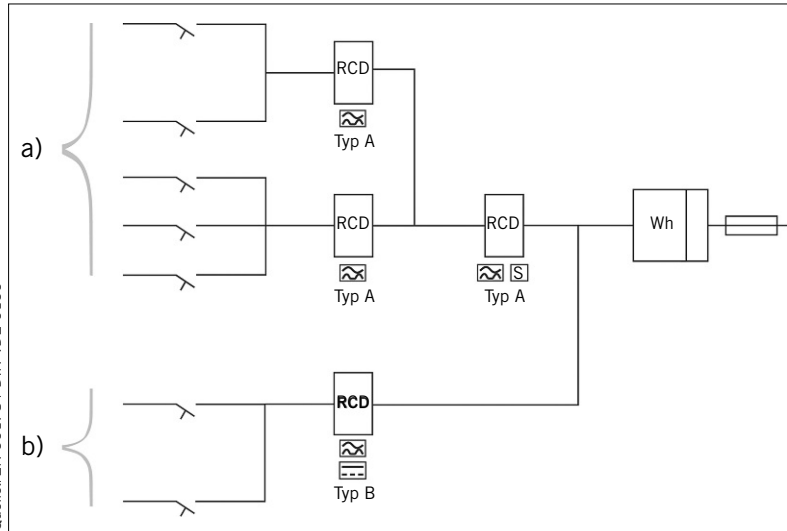
**Bild 4:** Frequenzgänge des Auslösestroms der RCDs Typ B SK in Bezug auf die Gefährdungsgrenze Personen- und Brandschutz

schutz geforderten Bemessungsfehlerstrom von maximal 300mA, jedoch haben Erfahrungen mit RCDs des Typs A gezeigt, dass auch mit einer erhöhten Auslöseschwelle im Frequenzbereich II und III ein ausreichender Brandschutz gegen elektrisch gezündete Brände gegeben ist.

An dieser Stelle noch einige Anmerkungen bezüglich der Auswahl von RCDs:

- RCDs vom Typ A mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 300mA weisen für pulsierende Gleichfehlerströme ebenfalls eine höhere Ansprechschwelle von 420mA auf.
- Fehlerstromschutzschalter vom Typ B NK entsprechen allen gegenwärtigen gültigen Normen für allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter vom Typ B oder B+. Mit einer oberen Frequenzgrenze von 150kHz bei einer Auslöseschwelle von maximal 300mA übertreffen sie sogar die Anforderungen der normativen Standards bei weitem. Wir empfehlen daher, wenn aufgrund der betriebsbedingten Ableitströme möglich, den Einsatz dieser RCDs.
- Wenn ein Einsatz eines Typ B NK durch sehr hohe Ableitströme zunächst nicht möglich ist, dann sollten zunächst Maßnahmen zur

Quelle: EN 50178 / DIN VDE 0160



**Bild 5:** Aufteilung der Stromkreise in Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln

Reduzierung der Ableitströme getroffen werden, um den zu erreichenden Schutzpegel aufrecht zu erhalten.

- Erst wenn dieses nicht mehr durchführbar ist, sollten RCDs des Typs B+ und B SK zur Anwendung kommen.

### Richtige Anordnung von RCDs

Bei der Auswahl von RCDs müssen auch vorgelagerte Schutzeinrichtungen beachtet werden. Eine RCD vom Typ A darf nach IEC 60755 von einem glatten Gleichfehlerstrom von maximal 6mA nicht beeinflusst werden. Glatte Gleichfehlerströme größer 6mA beeinflussen eine RCD vom Typ A durch Vormagnetisierung des Wandlerkerns negativ und können im schlimmsten Fall ein Auslösen verhindern.

Durch die in der Produktnorm definierten Auslöseschwellen für allstromsensitive RCDs ergibt sich eine Auslöseschwelle im Bereich DC von  $0,5 \dots 2 \times I_{\Delta N}$ . Somit ergibt sich eine DC-Auslöseschwelle von 15 mA bis 60 mA für eine allstromsensitive RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 30 mA. Demnach könnte ein DC-Fehlerstrom  $> 6 \text{ mA}$  und  $< 60 \text{ mA}$  (je nach tatsächlicher Auslöseschwelle der RCD), welcher unterhalb der Auslöseschwelle der allstromsensitiven RCD liegt, eine vorgelagerte RCD vom Typ A bzw. F unwirksam machen.

Aus diesem Grunde darf einer RCD vom Typ B keine pulsstromsensitive RCD vom Typ A oder F vorgeschaltet sein. Anders herum ist dies möglich, also einer RCD vom Typ B darf eine RCD vom Typ A oder F nachgeschaltet werden. Das **Bild 5** zeigt die richtige Aufteilung der Stromkreise bei Einsatz von unterschiedlichen RCDs in einer Verteilung.

Auch hier ein paar Anmerkungen:

- Aufteilung der Stromkreise in Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln (nach DIN VDE 0160/EN 50178).
- Segment a) zeigt Stromkreise, bei denen im Fehlerfall nur Wechselfehlerströme und / oder pulsierende Gleichfehlerströme auftreten können.
- Segment b) bezeichnet Stromkreise, bei denen im Fehlerfall auch glatte Gleichfehlerströme auftreten können.

### DIN-VDE 0100-530:2018-06

Die aktuelle Fassung der DIN VDE 0100-530:2018-06 beschreibt die Auswahl von RCDs in tabellarischer Form im Anhang A. Hierbei werden dreizehn Prinzipschaltungen elektronischer Betriebsmittel und deren Fehlerstromverlauf dargestellt. Anhand des zeitlichen Verlaufs des Fehlerstroms

wird eine Aussage zum möglichen Einsatz einer RCD getroffen. Wichtige Änderungen sind hierbei, dass für einphasige Frequenzrichter mit Zweipulsbrückenschaltung in der neuen Fassung der DIN VDE 0100-530:2018-06 eine RCD vom Typ F normativ gefordert wird. Des Weiteren wird auch zwischen einphasigen Frequenzrichtern und einphasigen Frequenzrichtern mit PFC (Power Factor Correction) unterschieden. Der Unterschied bei der Auswahl der richtigen RCD ist hierbei sehr wichtig, da bei einem Frequenzrichter ohne PFC im Fehlerfall kein glatter Gleichfehlerstrom auftreten kann und dieser somit an einer RCD vom Typ F betrieben werden darf. Im Gegensatz zum Frequenzrichter ohne PFC muss ein Umrichter mit PFC zwingend über eine RCD vom Typ B oder B+ betrieben werden, da hier das Entstehen von glatten Gleichfehlerströmen aufgrund der elektronischen Beschaltung nicht ausgeschlossen werden kann. Somit kann hierbei eine RCD vom Typ A oder F unwirksam gemacht werden.

### Zusammenfassung

Ähnlich wie bei pulsstromsensitiven RCDs vom Typ A oder mischfrequenzsensitiven RCDs vom Typ F kann auch bei allstromsensitiven RCDs vom Typ B eine Einteilung in unterschiedliche Schutzpegel erfolgen. Dabei spielt der Bemessungsdifferenzstrom der RCD eine wichtige Rolle. Anhand des Bemessungsdifferenzstroms, des Frequenzgangs und der damit verbundenen Auslösekennlinie (B NK, B SK, B+), kann der optimale Schutzpegel der nachgeschalteten und zu schützenden elektrischen Betriebsmittel angepasst werden. Hierbei sollte immer der höchstmögliche Schutzpegel in Bezug auf die Notwendigkeit der angeschlossenen Betriebsmittel angestrebt werden.

In der Praxis erfordern hohe Ableitströme häufig eine RCD mit hohen Ansprechschwellen in dem jeweiligen Frequenzbereich der betriebsbedingten Ableitströme. Eine RCD mit höheren Ansprechschwellen zieht jedoch immer eine Verringerung des Schutzpegels mit sich. Deshalb sollte zunächst versucht werden, die Ableitströme soweit zu reduzieren, dass der Betrieb an einer RCD mit dem größtmöglichen Schutzpegel ohne Beeinträchtigung der Anlagenverfügbarkeit möglich ist.

(Ende des Beitrags)



Um die Auswahl der richtigen RCD zu erleichtern, hat Doepke einen Leitfaden zur Auswahl der entsprechenden RCD in Form eines entscheidungsorientierten Struktogramms entwickelt. Sie können sich das PDF über diesen Link kostenlos herunterladen:

[www.doepke.de/de/downloads/leitfaden/](http://www.doepke.de/de/downloads/leitfaden/)

Außerdem steht Ihnen eine Übersicht der Prinzipschaltungen als Download zur Verfügung:

[www.doepke.de/de/service/fachartikel/din-vde-0100-530-aktualisiert](http://www.doepke.de/de/service/fachartikel/din-vde-0100-530-aktualisiert)

### AUTOREN

**Günter Grünebast und Mario Sembritzki**  
Doepke Schaltgeräte GmbH, Norden