

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

Typ A oder B?

Werner Hörmann

Einer im Rahmen der Rubrik Praxisprobleme häufig gestellten Frage bezüglich des notwendigen Typs einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) und daran angrenzenden Fragestellungen geht der folgende Beitrag nach.

Häufig kommt die Frage vor, wann denn Fehlerstromschiutzeinrichtungen vom Typ A oder B notwendig seien. Zur Beantwortung dieser Frage muss man sich sowohl auf die Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) als auch folgende Normen beziehen:

- DIN EN 61008-1 (VDE0664 Teil10),
- DIN EN 61008-2-1 (VDE0664 Teil11),
- DIN EN 61009-1 (VDE0664 Teil 20),
- DIN EN 61009-2-1 (VDE0664 Teil21)
- und DIN EN50178 (VDE0160).

Vorweg sei zur Klarstellung gesagt, dass es bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)¹⁾ derzeit drei Varianten gibt:

- **Netzspannungsunabhängige Fehlerstrom-Schutzschalter Typ A** zur Auslösung bei Wechsel-Fehlerströmen und pulsierenden Gleich-Fehlerströmen, ohne eingebaute Überstrom-Schutzeinrichtung (RCCBs) nach DIN EN 61008-1 (VDE0664 Teil 10):2000-09 und DIN EN 61008-2-1 (VDE0664 Teil 11):1999-12,
- mit eingebauter Überstrom-Schutzeinrichtung (RCBOs) nach DIN EN 61009-1 (VDE 0664 Teil 20):2000-09 und DIN EN 61009-2-1 (VDE 0664 Teil 21):1999-12 (Bild 1).
- **Netzspannungsunabhängige Fehlerstrom-Schutzschalter Typ AC** zur Auslösung nur bei Wechsel-Fehlerströmen sind *in Deutschland* durch »Besondere Nationale Bedingungen« in den oben stehenden Normen ausgeschlossen und nach den Errichtungsbestimmungen *nicht zugelassen*.

¹⁾ Wegen der besseren Lesbarkeit im Beitrag nur noch mit RCD bezeichnet

Dipl.-Ing. Werner Hörmann, freier Autor der Rubrik »Praxisprobleme«

- **Fehlerstrom-Schutzschalter Typ B** zur Auslösung bei Wechsel-Fehlerströmen, pulsierenden und glatten Gleich-Fehlerströmen ohne eingebaute Überstrom-Schutzeinrichtung (RCCBs). Diese arbeiten bei Wechsel- und pulsierenden Gleich-Fehlerströmen netzspannungsunabhängig, bei glatten Gleich-Fehlerströmen netzspannungsabhängig nach Entwurf DIN VDE 0664-100 (VDE 0664 Teil 100):2002-05 – eine entsprechende europäische Norm (EN) gibt es zurzeit nicht. Das Bild 2 stellt eine RCBO vom Typ B dar.

1. Bei welchen Netzformen ist die Verwendung von RCDs generell vorgeschrieben?

Eine generelle Forderung nach RCDs enthalten die Errichtungsnormen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) nicht. Damit gibt es auch keine Forderung in Abhängigkeit von einer bestimmten Netzform (aktuelle Anwendungen siehe Bild 3). Allerdings ergibt es sich in TT-Systemen zwangsläufig, dass ab Bemessungsströmen von etwa 16-A-RCDs notwendig werden. Dies ist auf die Notwendigkeit zurückzuführen, die Abschaltbedingung zu erfüllen. Bei eingesetzten Sicherungen von 16 A benötigt man immerhin einen R_A von ca. $0,63 \Omega$. Ein so niedriger Wert lässt sich in der Praxis selbst bei Einsatz von Fundament-erdern in der Regel kaum erreichen.

1.1 Welche elektrischen Betriebsmittel sind mit RCD Typ B auszustatten?

Zur Beantwortung dieser Frage, bei welcher Art von Betriebs-/Verbrauchsmitteln bei der Errichtung RCDs vom Typ B auszuwählen sind – sofern RCDs für den betreffenden Stromkreis überhaupt notwendig sind –, sei auf die einleitende Klarstellung verwiesen.

Die Forderung nach RCDs des Typ B besteht immer dann, wenn durch mögliche Gleichfehlerströme oder durch höherfrequente Fehlerströme RCDs vom Typ A nicht auslösen können. In erster Linie betrifft das elektronische Betriebsmittel, z.B. Strom- und Umrichter. Die für solche Betriebsmittel relevante Norm DIN EN 50178 (VDE 0160) legt fest, dass Betriebsmittel, die über Steckvorrichtungen angeschlossen werden, mit



Quelle: ABB

Bild 1: RCD vom Typ A; Auslösung bei Wechsel-Fehlerströmen und pulsierenden Gleich-Fehlerströmen (pulsstromsensitiv), mit einem Bemessungsstrom von 16 A und $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$; kombiniert mit einem Leitungsschutzschalter B16 A

Stromkreisen verträglich sein müssen, die durch RCDs vom Typ A geschützt sind. Bei Betriebsmitteln mit Festanschluss muss die Verträglichkeit mit der RCD angegeben sein, d.h. die Dokumentation hat anzugeben, ob Typ A ausreicht oder Typ B notwendig ist.

1.2 Welche VDE-Bestimmung fordert den Einsatz von RCDs vom Typ B?

Eine direkte Festlegung bezüglich Typ B gibt es in den Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) derzeit nicht. Eine entsprechende Festlegung wird es erst in DIN VDE 0100-530 (VDE0100 Teil 530) geben.

Momentan lässt sich eine solche Forderung aber durch die allgemeine Festlegung im Abschnitt 510.1 von DIN VDE 0100-510 (VDE 0100 Teil510):1997-10 ableiten, welche verlangt, dass Betriebsmittel so auszuwählen sind, dass die Schutzmaßnahmen wirksam bleiben. Damit müssen entweder die Betriebsmittel oder die Schutzeinrichtungen entsprechend ausgewählt werden. Eine erste Forderung bezüglich Typ B wird es in der in Kürze erscheinenden DIN VDE 0100-712 (VDE 0100 Teil702) »Photovoltaikanlagen« geben.

1.3 Wie soll mit dem Begriff Altanlagen umgegangen werden?

Wenn bei der Errichtung der »Altanlage« die zu diesem Zeitpunkt gültigen

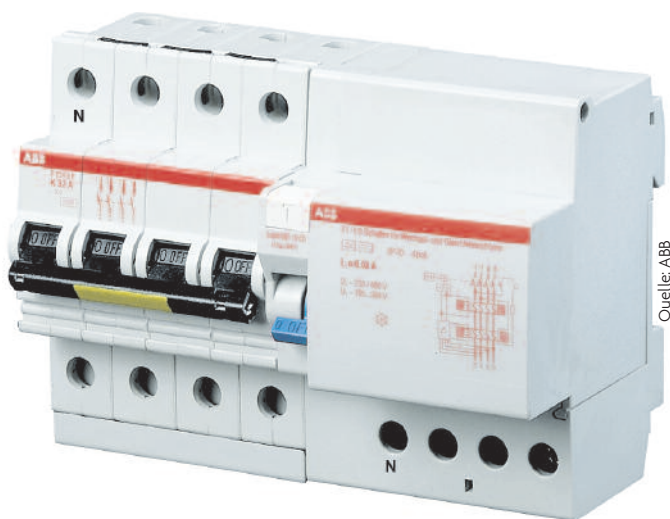


Bild 2: Beispiel einer RCBO, d. h. einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vom Typ B; Auslösung bei Wechsel-Fehlerströmen und Gleich-Fehlerströmen (allstromsensitiv), mit einem Bemessungsstrom von 32 A und $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$; kombiniert mit einem Leitungsschutzschalter K32 A

Normen eingehalten wurden, sind Nachrüstungen nicht gefordert und auch nicht notwendig. Sollten jedoch zum Zeitpunkt der Errichtung solche »unverträglichen« Betriebsmittel ausgewählt worden sein, dann wurde z. B. DIN VDE 0100-510 (VDE 0100 Teil 510) nicht berücksichtigt, sodass die Anlage im Nachhinein »normgerecht« ausgeführt werden muss.

2. Welche RCDs sind beim Einsatz von Frequenzumformern im TT-System zu wählen?

Wenn nach Vorgaben des Herstellers des Frequenzumrichters (FU) nur RCDs vom Typ B ausgewählt werden dürfen, so muss der Anwender das unbedingt berücksichtigen.

2.1 Welcher Bemessungsdifferenzstrom ist bei FU-angetriebenen Wasserpumpen im TT-System einzusetzen ?

Für Anlagen mit fest angeschlossenen Betriebsmitteln gibt es auch im TT-System keine zwingende Vorgabe nach einem bestimmten Bemessungsdifferenzstrom. Der notwendige Bemessungsdifferenzstrom hängt vom erreichbaren Wert des Anlagenerdungswiderstandes R_A ab. Ob es sich bei dem Verbraucher um eine Wasserpumpe handelt oder nicht, ist dabei nicht relevant – es sei denn für die Pumpe muss DIN VDE 0100-702 (VDE 0100 Teil 702) »Becken von Schwimmbädern und andere Becken« angewendet werden, falls sich die Pumpe innerhalb eines Beckens befindet. In solchen Fäl-

len kann auch bei Festanschluss bei Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung eine RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ gefordert sein.

2.2 Welcher Auslösestrom gilt bei FU-angetriebenen Kühl- und Klimaanlage bzw. Kühlschränken im TT-System?

Bei derartigen Betriebs-/Verbrauchsmitteln gibt es, wie unter 2.1 schon angeführt, keine Vorgaben nach einem bestimmten Bemessungsdifferenzstrom. Beim Einsatz im TT-System ist nur der Wert des Anlagenerdungswiderstandes R_A maßgebend.

2.3 Kann man im TN-System bei Einsatzfällen gemäß Punkt 2.1 und 2.2 auf eine RCD verzichten?

Bei TN-Systemen darf man bei Festanschluss üblicherweise bei den unter 2.2 genannten Fällen auf RCDs verzichten. Ausgenommen ist der Fall, in dem sich die genannten Betriebsmittel in einer feuergefährdeten Betriebsstätte befinden. Anders verhält es sich bei einem Kühlschrank, der z. B. in einem Raum mit Badewanne oder Dusche aufgestellt wird. Darüber hinaus gibt es in den Normen der Teile 700 von DIN VDE 0100 (VDE 0100) noch weitere Forderungen, auch im TN-System RCDs auszuwählen. In feuergefährdeten Betriebsstätten genügen aber solche mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 300 \text{ mA}$. In den übrigen Fällen können RCDs mit einem Bemessungsdifferenzstrom von $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ gefordert sein.

3. Zählen Kühlräume zu den feuchten und nassen Räumen?

Nach DIN VDE 0100-200 (VDE 0100 Teil 200 gilt Folgendes: Feuchte und nasse Räume sind Räume oder Orte, in denen die Sicherheit der Betriebsmittel durch Feuchtigkeit, Kondenswasser, chemische oder ähnliche Einflüsse beeinträchtigt werden kann. In einer Anmerkung von DIN VDE 0100-200 (VDE 0100 Teil 200) wird hierfür angegeben, dass dies z. B. sein können:

- Backstuben, Düngerschuppen,
- Futter- und Großküchen,
- unbeheizte oder unbelüftete Keller, Kornspeicher,
- Kühl- und Pumpenräume, Milchkammern,
- Räume, deren Fußboden, Wände und ggf. auch Einrichtungen zu Reinigungszwecken abgespritzt werden, sowie Spül- oder Waschküchen.

Natürlich ist diese Aufzählung nicht allumfassend. Somit gelten die Anforderungen der DIN VDE 0100-737 (VDE 0100 Teil 737):2002-01 auch für andere, in der Norm nicht explizit erwähnte Bereiche. Andererseits müssen für die hier genannten Bereiche die Anforderungen der DIN VDE 0100-737 (VDE 0100 Teil 737):2002-01 nicht in jedem Fall gelten.

Auch wenn diese beispielhafte Aufzählung Kühlräume benennt, halte ich persönlich Kühlräume nur dann für feucht und/oder nass, wenn häufig durch zu niedrige Temperaturen eine Schwitzwasserbildung auftritt, die so bedeutend ist, dass dadurch Tropfwasser auftreten kann. So etwas sehe ich aber als eine Fehlkonstruktion dieses Raums an, da solche Erscheinungen dem eingelagerten Kühlgut nicht zuträglich sind. Ungeachtet dessen, wie der Kühlraum klassifiziert wird – ob feucht und oder nass –, bedeutet das nicht, dass die für solche Räume vorgesehenen Stromkreise mit RCDs mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ vorgesehen werden müssen, auch nicht für Steckdosenstromkreise. Für die in diesen Räumen errichteten elektrischen Betriebsmittel ist nur ein höherer Wasserschutz gefordert (mindestens IP X1).

3.1 Welche 30-mA-RCD setzt man beim TT- bzw. beim TN-System ein?

Kühlräume können zu den feuchten und/oder nassen Räumen zählen. Eine globale Forderung nach einer RCD – insbesondere solchen mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ – leitet sich dadurch nicht ab. Dies schließt aber nicht aus, dass im TT-System RCD notwendig sein können.

3.2 Besteht eine Nachrüstpflicht bezüglich RCDs beim TT- bzw. beim TN-System?

Eine Nachrüstpflicht gibt es nicht. Dennoch muss die elektrische Anlage den Normen entsprechen, die zum Zeitpunkt der Errichtung zutreffend waren. Wären RCDs zu diesem Zeitpunkt wegen der Abschaltbedingung notwendig gewesen, sind diese nachträglich zu installieren. In einem solchen Fall handelt es sich dann nicht um eine Nachrüstung, sondern um eine nachträgliche normgerechte Errichtung der ausgeführten elektrischen Anlage. Für das TN-System gelten die oben angeführten Aussagen.

4. Normen, die RCDs fordern

Der besseren Orientierung wegen folgen nun die Normen, welche RCDs mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ fordern.

Diese Aufstellung erhebt natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie klammert auch Forderungen nach RCDs mit anderen Bemessungsdifferenzströmen aus.

Anmerkung: Es gibt allerdings auch die Möglichkeit alternativer Maßnahmen, wie z.B. SELV- und PELV-Stromkreise oder Stromkreise mit Schutz durch Schutztrennung (d.h. mit einem oder mehreren Verbrauchern an einer Stromquelle mit sicherer Trennung).

RCDs mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ sind derzeit nur gefordert für:

- Steckdosen (ein- und mehrpolig) im Freien mit einem Bemessungsstrom bis einschließlich 20 A sowie Steckdosen, die voraussichtlich der gelegentlichen Versorgung von tragbaren Betriebsmitteln für den Gebrauch im Freien dienen. Diese Forderung gilt somit auch für Steckdosen im Wohnzimmer oder in anderen Zimmern, z. B. für Steckdosen neben der Terrassentür, wenn im Freien keine Steckdose vorhanden ist. Auch für Steckdosen auf Balkonen [siehe Abschnitt 471.2.3 von DIN VDE 0100-470 (VDE 0100 Teil 470)], ist dieser Schutz gefordert, auch wenn es sich um höhere Stockwerke handelt. Diese Schutzforderung gilt auch für Steckdosen auf der Außenseite bzw. im angrenzenden Raum und in der Nähe von Balkontüren – sofern auf dem Balkon selbst keine Steckdose vorhanden ist.
- Stromkreise für Steckdosen hinter Stromerzeugungsanlagen [siehe Abschnitte 551.4.4.2 und Anhang N von DIN VDE 0100-551 (VDE 0100 Teil 551)] Diese Forderung gilt allgemein, d.h. für alle Stromkreise nicht nur für Steckdosen (siehe unter Stromkreise, weiter unten).
- Stromkreise mit Steckdosen in Räumen mit Badewanne oder Dusche. Hiervon ausgenommen sind Stromkreise mit Steckdosen, in denen Schutz durch SELV, PELV oder Schutztrennung zur Anwendung kommt, [siehe Abschnitt 701.412.5 von DIN VDE 0100-701 (VDE 0100 Teil 701)]. Diese Forderung gilt für fast alle Stromkreise (siehe Stromkreise, weiter unten).
- Stromkreise mit Steckdosen
 - im Bereich 2 von Becken von Schwimmbädern und anderen Becken,
 - im Bereich 1 von Schwimmbädern mit kleinem Umgebungsbereich,
 - im Bereich 1 von nicht begehbaren Becken,
 - ggf. für Stromkreise mit besonders gekennzeichneten Steckdosen, die der Versorgung von Betriebsmitteln dienen, die im Bereich 0 nur verwendet werden dürfen, wenn sich keine Personen im Bereich 0 befinden.
 - Hiervon ausgenommen sind Stromkreise mit Steckdosen, in denen Schutz durch SELV, PELV oder Schutztrennung, soweit dies zulässig ist, zur Anwendung kommt, – siehe in den Abschnitten 702.471.4.1, 702.471.4.2, 702.471.4.3 und 702.53

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	
<ul style="list-style-type: none"> • Für Wechsel- und pulsierende Gleichfehlerströme • Verwendbar bis – 25 °C • Kurzschlussfestigkeit 6000 A • Stoßstromfest bis 250 A (8/20) • Bemessungsstrom 16 A bis 63 A • DIN VDE 0661 Teil 1, EN 61008 	
<ul style="list-style-type: none"> • Für Wechsel- und pulsierende Gleichfehlerströme • Verwendbar bis – 25 °C • Kurzschlussfestigkeit 10000 A • Stoßstromfest bis 250 A (8/20) • Bemessungsstrom 80 A, 100 A und 125 A • DIN VDE 0661 Teil 1, EN 61008 	
Fehlerstrom-Schutzschalter allstromsensitiv	
<ul style="list-style-type: none"> • Für Wechsel- und pulsierende und glatte Gleichfehlerströme • Verwendbar bis – 25 °C • Kurzschlussfestigkeit 10000 A • Stoßstromfest bis 250 A (8/20) • Bemessungsstrom 63 A • In Anlehnung an DIN VDE 0661 Teil 1 • Mit VDE-Registrier-Nr. 	

Quelle: ABB

Bild 3: Anwendungsbeispiele – Angaben aus dem Produktprogramm eines Herstellers

- von DIN VDE 0100-702 (VDE 0100 Teil 702))
- Stromkreise mit Steckdosen auf Baustellen mit einem Bemessungsstrom bis 32 A – siehe 704.471 von DIN VDE 0100-704 (VDE 0100 Teil 704).
- Stromkreise mit Steckdosen ohne Begrenzung des Bemessungsstroms in landwirtschaftlichen Betriebsstätten – siehe Abschnitt 3.2 von DIN VDE 0100-705 (VDE 0100 Teil 705) und Abschnitt 705.413.1 der Vornorm.
- Steckdosen ohne Begrenzung des Bemessungsstroms für den Speisepunkt auf Campingplätzen – siehe Abschnitt 3.3.2.6 von DIN VDE 0100-708 (VDE 0100 Teil 708).
- Steckdosen bis 32 A in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 1 – siehe 710.413.1.3 von DIN VDE 0100-710 (VDE 0100 Teil 710).
- Stromkreise mit Steckdosen bis 32 A bei Ausstellungen, Shows und Ständen – siehe Abschnitt 711.481.3.1.4 von DIN VDE 0100-711 (VDE 0100 Teil 711).
- Steckdosen ohne Begrenzung des Bemessungsstroms für die Stromversorgung von Stellplätzen auf Campingplätzen und Liegeplätzen (Marinas) von Booten – siehe Abschnitt 4.3 von DIN VDE 0100-721 (VDE 0100 Teil 721).
- Stromkreise mit Steckdosen für Experimentierstände (indirekte Forderung) –

siehe Abschnitt 4.3.2 von DIN VDE 0100-723 (VDE 0100 Teil 723).

- Steckdosen für den Anschluss von Springbrunnenpumpen, (indirekte Forderung, die in der Betriebsmittelnorm enthalten ist) – siehe Abschnitt 4.3.2 von DIN EN 60335-2-41 (VDE 0700 Teil 41).

Die folgende *Abgrenzung von Steckdosen zu Stromkreisen mit Steckdosen* wurde bewusst vorgenommen, damit zu erkennen ist, wo RCDs am Leitungsanfang vorzusehen sind und wo auch Steckdosengeräte (SRCDs) verwendet werden dürfen:

- Stromkreise bei denen widerstandsbehaftete Fehler einen Brand entzünden können, z.B. bei Deckenheizungen mit Flächenheizelementen, nach Abschnitt 482.1.7 von DIN VDE 100-482 (VDE 0100 Teil 482).
- Stromkreise bei Schutz durch automatische Abschaltung bei nicht dauerhaft installierter elektrischer Anlage und nicht dauerhaft errichteter Stromerzeugungsanlage [siehe Abschnitte 551.4.4.2 und Anhang N von DIN VDE 0100-551 (VDE 0100 Teil 551)].
- Stromkreise in Räumen mit Badewanne oder Dusche nach Abschnitt 701.412.5 von DIN VDE 0100-701 (VDE 0100 Teil 701). Hiervon sind ausgenommen:
 - SELV- oder PELV-Stromkreise (zum Teil mit Begrenzung der Spannung),
 - Stromkreise mit Schutztrennung,
 - Stromkreise, die ausschließlich Wassererwärmer versorgen.
- Stromkreise in den Bereichen von Becken von Schwimmbädern und anderen Becken nach DIN VDE 0100-702 (VDE 0100 Teil 702), und zwar wie folgt:
 - für Betriebsmittel, die im Inneren von Becken nur dann betrieben werden dürfen, wenn sich keine Personen in den Becken befinden, siehe Abschnitt 702.471.4.1,
 - für Betriebsmittel/Verbrauchsmittel in den Bereichen 0 und 1 von nicht begehbaren Becken, siehe Abschnitt 702.471.4.2,
 - für Betriebsmittel/Verbrauchsmittel im Bereich 2 von Becken von Schwimmbädern und anderen begehbaren Becken einschließlich von Stromkreisen mit Schaltern (z.B. Beleuchtungsstromkreise), siehe Abschnitt 702.471.4.3,
 - für Stromkreis von elektrischen Fußbodenheizungen, siehe Abschnitt 702.55.1,
 - für Stromkreise mit Schaltern und Leuchten im Bereich 1 von Schwimm-

- bädern mit kleinem Umgebungsbereich, s. Abs. 702.53 und 702.55.4,
- für Stromkreise von Betriebsmitteln/Verbrauchsmitteln in Gehäusen der Schutzklasse II im Bereich 1 von Schwimmbädern, siehe Abschnitt 702.55.4.

Nicht gefordert bei:

- Versorgung aus SELV- oder PELV-Stromkreisen (zum Teil mit Begrenzung der Spannung),
- Versorgung aus Stromkreisen mit Schutztrennung, gilt nicht für elektrische Fußbodenheizungen.
- Stromkreise mit Schutz durch automatische Abschaltung in engen leitfähigen Räumen für fest angeschlossene elektrische Betriebsmittel/Verbrauchsmittel nach Abschnitt 4.2.2 von DIN VDE 0100-706 (VDE 0100 Teil 706).
- Stromkreise in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 1 für Beleuchtung (ausgenommen OP-Leuchten) nach Abschnitt 710.413.1.3 von DIN VDE 0100-710 (VDE 0100 Teil 710), wenn Schutz durch automatische Abschaltung zur Anwendung kommt.
- Stromkreise in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 2 nach Abschnitt 710.413.1.3 von DIN VDE 0100-710 (VDE 0100 Teil 710), wenn Schutz durch automatische Abschaltung zur Anwendung kommt, für:
 - elektrische Versorgung von Operationstischen,
 - Verbrauchsmittel, deren Ausfall keine unmittelbare Gefahr für den Patienten bedeutet,
 - Beleuchtung innerhalb der Patienten-umgebung, jedoch nicht für Operationsleuchten und andere unentbehrliche Leuchten.
- Stromkreise für Experimentierstände nach Abschnitt 4.3.2 von DIN VDE 0100-723 (VDE 0100 Teil 723).
- Stromkreise bei Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung für elektrische Fußbodenheizungen nach Abschnitt 753.413.1 von DIN VDE 0100-753 (VDE 0100 Teil 753).

Schlussbemerkung

Zusätzlich zu den vorstehenden Ausführungen gibt es eine Empfehlung bezüglich RCDs mit $I_{AN} \leq 30\text{mA}$ für alle Steckdosen in Wohnungen bis 32 A – siehe Abschnitt 5 von DIN VDE 0100-739 (VDE 0100 Teil 739).

Eine aktuelle, noch detailliertere Aufzählung enthält die VDE-Schriftenreihe, Band 140, 2. Auflage (Oktober 2005). ■