

# Leitungsschutzschalter für Wechselstrom (AC)

**EIN NEUES NORMENBEIBLATT** trägt die vollständige Bezeichnung »DIN EN 60898-1 Beiblatt 1 (VDE 0641-11 Beiblatt 1): 2012-10, Elektrisches Installationsmaterial – Leitungsschutzschalter für Hausinstallationen und ähnliche Zwecke – Teil 1: Leitungsschutzschalter für Wechselstrom (AC) – Beiblatt 1: Anwendungshinweise zum Einsatz von Leitungsschutzschaltern nach DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11) und DIN EN 60898-2 (VDE 0641-12).«



## AUF EINEN BLICK

**LEITUNGSSCHUTZSCHALTER** übernehmen nebenbei sehr viele Funktionen, während sie Leitungen bzw. Stromkreise schützen

**DIE UMFANGREICHEN DEFINITIONEN** zum LS-Schalter sind Gegenstand dieses Beitrags

Hierbei handelt es sich um ein Beiblatt zur DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11), in welchem Leitungsschutzschalter für Haus- und Gebäudeinstallationen beschrieben werden. Die Bemessungsspannung wird dabei bis zu 440V AC/DC festgelegt. Für Elektroinstallateure und Planer gibt dieses Beiblatt zusätzliche Informationen zum Einsatz von Leitungsschutzschaltern (LS-Schalter) in elektrischen Anlagen.

LS-Schalter bieten eine Kombination von positiven Eigenschaften, z. B.:

- selbsttätige Abschaltung bei Überlast und Kurzschluss
- nach Auslösung wieder einschaltbar
- manuelle Schaltmöglichkeit möglich

- Freischalten von Stromkreisen mit Trenneigenschaften
- mehrpoliges Schalten
- erkennbare Anzeige des Schaltzustandes
- sicher zu bedienen, auch für den Laien (z. B. kein Einschalten fehlerhafter Stromkreise möglich)
- wartungsloser Einsatz
- leichte Erkennung fehlerhafter Stromkreise
- möglicher Anbau von Zusatzkomponenten
- großes Schaltvermögen, bei großer Zuverlässigkeit
- einfache Zuordnung durch genormte Kenndaten.



## INFOS

### Fachbeiträge

Schmolke, H.: Koordinierung des Leitungsschutzes bei Überlast und Kurzschluss

»de« 15–16.2005 → S. 11f.

Hörmann, W.: Schalten mit LS-Schaltern, RCDs & Co. – Schalten, Trennen und Sichern

»de« 8.2011 → S. 26ff.

## Aufbau und Wirkungsweise

Der typische Aufbau eines LS-Schalters ist im **Bild 1** dargestellt. Nachfolgend werden die einzelnen Elemente beschrieben.

**Anschlussklemmen** dienen zum Anschluss der äußeren Leiter an den LS-Schalter. Man unterscheidet dabei die Schraubklemme und die schraubenlose Klemme.

Das **Schaltenschloss** öffnet und schließt das Kontaktsystem. Der Kontakt wird durch das Betätigungselement manuell geschlos-

sen. Der Öffnungsvorgang kann ebenfalls vom Betätigungselement manuell ausgelöst werden. Zusätzlich kann sowohl durch den Kurzschlussstromauslöser als auch Überlastauslöser die Öffnung der Kontakte ausgelöst werden. Die Überstromauslösung wird auch bei einem in Ein-Stellung blockierten Betätigungselement aktiviert. Dafür ist die integrierte Freiauslösung vorgesehen.

Durch den **Kurzschlussstromauslöser** erfolgt nach Überschreiten einer definierten Stromgrenze unverzüglich die Abschaltung des LS-Schalters.

Der **Bimetallauslöser** leitet bei Strömen im Überlastbereich oberhalb des 1,45-fachen Bemessungsstroms die sogenannte Entklinkung des Schalt Schlosses ein. Die Zeitspanne bis zur Entklinkung richtet sich nach der Höhe des Überlaststroms.

Das **Kontaktsystem** öffnet und schließt den Strompfad des LS-Schalters. Die Kontaktöffnungsstrecke beträgt immer 4 mm, da alle LS-Schalter eine Trennfunktion aufweisen.

Die durch das Schalten entstehenden Lichtbögen werden innerhalb des LS-Schalters aus dem Kontaktsystem in die **Lichtbogenlöscheinrichtung** getrieben. Dieser Vorgang entzieht dem Lichtbogen Energie, womit der Stromfluss vor Erreichen des Nulldurchgangs der Spannung unterbricht.

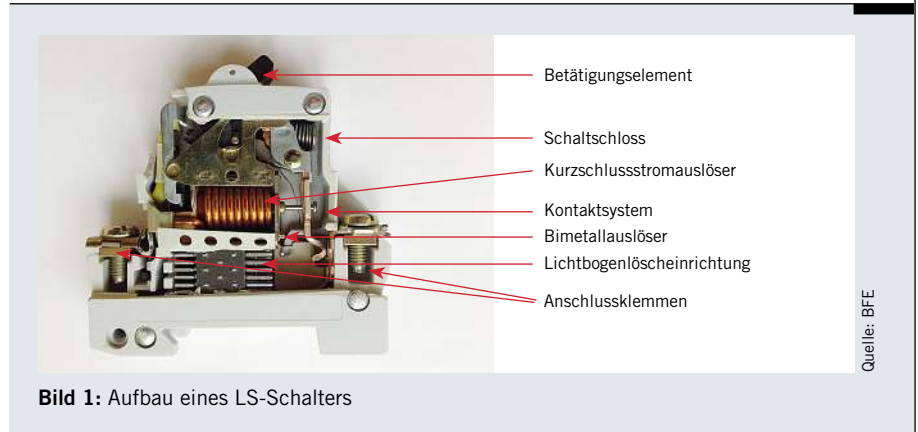
## Kennzeichnung und charakteristische Eigenschaften

Kennzeichnungen und charakteristische Eigenschaften eines LS-Schalters sind auf dem Gehäuse des Gerätes immer sichtbar aufgedruckt. Die Schaltstellungsanzeige

erfolgt durch das Betätigungselement. Zusätzlich kann eine rot-grüne Anzeige den Einschaltzustand beschreiben. Zur eindeutigen Kennzeichnung der Schaltpositionen sind die Einschaltposition immer mit »1« und die Ausschaltstellung mit »0« gekennzeichnet. Der geschlossene Kontakt lässt sich grundsätzlich immer an der Aufwärtsstellung des Betätigungselements erkennen.

Als **Bemessungsstrom** gilt der Strom, den ein LS-Schalter bei einer Umgebungstemperatur von 30°C dauerhaft führen kann. Bei abweichenden Temperaturen gibt der Hersteller Korrekturfaktoren an. Der Bemessungsstrom wird direkt neben der Auslösecharakteristik angezeigt. So findet sich z. B. auf einem LS-Schalter der Charakteristik B mit einem Bemessungsstrom von 16A der Aufdruck B16.

Die **Bemessungsspannung** zeigt den Spannungswert an, für den ein LS-Schalter konstruiert ist und dem er jederzeit standhalten kann. Geräte mit einer Spannungsangabe von 400V, bzw. 230/400V



eignen sich für die meisten in der Praxis üblichen Netzsysteme.

Das **Bemessungsschaltvermögen** beschreibt den Grenzwert des Kurzschlussstroms, den der LS-Schalter durch selbstständiges Abschalten beherrscht. Der Wert für das Bemessungsschaltvermögen ist seitens der technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Netzbetreiber mit mindestens 6kA definiert.

Zur Abschaltung einer gesamten Anlage oder eines Anlagenteils verfügt der Leitungsschutzschalter über eine **Trennfunktion**. Diese sorgt dafür, dass die Anlage von der Energiequelle bestimmungsgemäß getrennt wird. Einige LS-Schalertypen sind außerdem mit einer sogenannten **Absperrvorrichtungen** ausgestattet, die nach Bedarf ein unbeabsichtigtes Wiedereinschalten ausschließt.

**EINFLUSSGRÖSSEN AUF WAHL DER LS-SCHALTER**

Zu ermittelnde Größe	Beeinflussende Parameter	Festzulegende Randbedingungen	Auswahlhilfe
Erforderlicher Leitungsquerschnitt (1)	Verlegeart	Beabsichtigter Betriebsstrom über die Leitungen $I_b$ ; Verlegeart; Anzahl der belasteten Leiter	DIN VDE 0298-4 Tabelle 3
Erforderlicher Leitungsquerschnitt (2)	Umgebungstemperatur Korrekturfaktor für die zulässige Strombelastbarkeit $I_z$	Von 30 °C abweichende Umgebungstemperatur	DIN VDE 0298-4 Tabelle 17
Erforderlicher Leitungsquerschnitt (3)	Häufung Korrekturfaktor für zulässige Strombelastbarkeit $I_z$	Anzahl der verlegten Leitungen; Aderzahl der Leitungen; Verlegeart	DIN VDE 0298-4 Tabelle 21 bis 23
Erforderlicher Leitungsquerschnitt (4)	Spannungsfall auf der Leitung	< 3% der Nennspannung; Betriebsstrom $I_b$ ; Leitungslänge	DIN VDE 0100-520 Bbl.2 Tabelle 2 und 3
Erforderlicher Leitungsquerschnitt (5)	Abschaltbedingungen im Fehlerfall	Leitungslänge; Charakteristik des LS-Schalters (B, C, D)	DIN VDE 0100-520 Bbl.2 Tabelle 4
Bemessungsstrom $I_n$ des LS-Schalters	Schutz bei Überlast	Zulässige Strombelastbarkeit der Leitung $I_z$	DIN VDE 0100-430 Abschnitt 5 $I_b \leq I_n \leq I_z$
Bemessungsstrom bei 30 °C abweichender Temperatur im Verteiler	Umgebungstemperatur im Verteiler	Von 30 °C abweichende Umgebungstemperatur im Verteiler	Datenblätter der Hersteller
Charakteristik des LS-Schalters (B,C,D)	Einschaltströme	Erwartete Einschaltströme der Betriebsmittel	VDE 0641-11 Tabelle 2
Bemessungsschaltvermögen	Prospektive Kurzschlussströme	Kurzschlussstrom der in einer Anlage auftreten kann, nach TAB min. 6 kA gefordert	DIN VDE 0100-430 VDE 0641-11
Selektivität	In Reihe geschaltete Schutzorgane	$I^2t$ -Kennlinie für LS-Schalter und vorgeschaltetes Schutzorgan; prospektiver Kurzschlussstrom	VDE 0641-11 Bbl.1 Abschnitt 8
Energiebegrenzungsklasse	Selektivitätsanforderungen	Energiebegrenzungsklasse 3 nach TAB gefordert	DIN VDE 0100-430

**Tabelle 1:** Bedingungen zur Auswahl von LS-Schaltern. Der erforderliche Leitungsquerschnitt ist hinsichtlich mehrerer Parameter zu prüfen

Die **Auslösecharakteristik** beschreibt das Verhalten des LS-Schalters bei Überstrom. Die Angabe über die Charakteristik erfolgt direkt neben dem Bemessungsstrom als Aufdruck auf dem Schalter. Die unterschiedlichen charakteristischen Typen geben in diesem Zusammenhang das Verhalten des LS-Schalters bei Kurz-

schlüssen an. Das Verhalten bei Überlast ist bei allen Typen gleich.

Es ist bei den Charakteristiken zu unterscheiden zwischen:

- Typ B: Sofortauslösestrom zwischen 3  $I_n$  und 5  $I_n$
- Typ C: Sofortauslösestrom zwischen 5  $I_n$  und 10  $I_n$

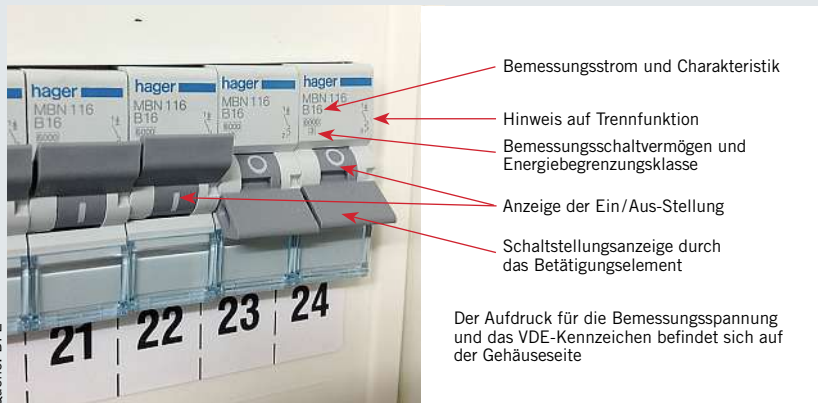
- Typ D: Sofortauslösestrom zwischen 10  $I_n$  und 20  $I_n$

Für spezielle Anwendungen gibt es zusätzlich herstellereigenspezifische Auslösecharakteristiken.

Die Auswahl der Auslösecharakteristiken muss unter Berücksichtigung der Schutzziele, z. B. Kurzschluss- und Fehler-schutz, erfolgen. Auch die Einschaltströme der Verbrauchsmittel spielen dabei eine wichtige Rolle.

Das Normenbeiblatt sieht sogenannte **Energiebegrenzungsklassen** in den Stufen 1 bis 3 vor. Sie beschreiben für die LS-Schalter der Typen B und C die maximale Höhe der Durchlassenergie  $I^2t$ . Die Begrenzung der Durchlassenergie ist von Bedeutung für die Beständigkeit der Isolation der Leiter im Kurzschlussfall. Außerdem benötigt man die Energiebegrenzungsklasse für die Koordination mit vor- und nachgeschalteten Schutzschaltgeräten bei der Betrachtung der Selektivität.

Die Energiebegrenzungsklassen werden vom Hersteller in einem Quadrat ge-



**Bild 2:** Aufschriften des LS-Schalters

Quelle: BFE

meinsam mit der Angabe des Bemessungsschaltvermögens auf dem LS-Schalter aufgebracht. In den technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Netzbetreiber ist die Begrenzungsstufe 3 für den Einsatz von LS-Schaltern in Stromkreisverteiler festgelegt.

Die Anzahl der Pole richtet sich nach der Art der Last und der Netzversorgung. Drehstromverbraucher werden häufig an dreipolige und Wechselstromverbraucher an einpolige LS-Schalter angeschlossen. Ist ein N-Pol erforderlich, kann dieser mit oder ohne Schutzfunktion ausgeführt werden.

Wenn nicht anders angegeben, ist die Bemessungsfrequenz sowohl für 50 Hz als auch für 60 Hz ausgelegt. Ist nur eine dieser beiden Frequenzen auf dem LS-Schalter angegeben, so eignet sich dieser auch nur für diese eine Frequenz.

Das VDE-Kennzeichen stellt in Deutschland die Konformität mit den gültigen Normen sicher. Die Schalthäufigkeit ist bis zu 4000 Mal ausgelegt. Grundsätzlich eignen sich LS-Schalter für alle Netz-

formen. **Bild 2** stellt die Aufschriften des LS-Schalters dar.

### Zu erfüllende Schutzfunktionen

Ein Leitungsschutzschalter soll Kabel und Leitungen gegen zu hohe Erwärmung bei Überströmen schützen. Dies beinhaltet den Schutz bei Überlast und Kurzschluss. Dabei steht die Lebensdauer der Isolationsmaterialien bei Übertemperatur im Vordergrund. Darüber hinaus bieten LS-Schalter auch den Schutz gegen den elektrischen Schlag.

#### Schutz vor Überlast

LS-Schalter bieten Schutz bei Überlast, indem Sie Überlastströme in Leitungen eines Stromkreises innerhalb einer festgelegten Zeitspanne unterbrechen.

Damit wird eine für Leitungen, Anschluss- und Verbindungsstellen sowie die Umgebung von Leitungen und für Stromschienen schädliche Erwärmung vermieden.

Zum Schutz bei Überlast von Kabeln, Leitungen und Stromschienen müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

$$1) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2) I_2 \leq 1,45 I_z$$

Dabei ist

- $I_b$  der Betriebsstrom des Stromkreises
- $I_n$  der Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung
- $I_z$  die zulässige Strombelastbarkeit des Kabels oder der Leitung
- $I_2$  der thermische Auslösestrom der Schutzeinrichtung.

Nach der aktuellen DIN VDE 0100-430 (VDE 0100-430) ist eine Voraussetzung für die Gestaltung von Stromkreisen, dass kleine Überlastungen im Bereich bis  $1,45 I_n$  nicht regelmäßig und dauerhaft auftreten werden.

Bei LS-Schaltern der Auslösecharakteristik B, C, D ist  $I_2$  das 1,45-Fache des Bemessungsstroms. Damit ist die Bedingung 2 auf jeden Fall erfüllt. Zum Schutz bei Überlast kann der Bemessungsstrom kleiner als die zulässige Strombelastbarkeit der Leitung sein.

**WECHSEL- UND GLEICHSTROM**

Auslösecharakteristik	Bereiche für Wechselspannung (AC)	Bereiche für Gleichspannung (DC)
B	über $3 I_n$ bis einschließlich $5 I_n$	über $4 I_n$ bis einschließlich $7 I_n$
C	über $5 I_n$ bis einschließlich $10 I_n$	über $7 I_n$ bis einschließlich $15 I_n$

**Tabelle 2:** Vergleich Wechsel- und Gleichstrombetrieb von LS-Schaltern

Zum Schutz bei Überlast müssen LS-Schalter an den Stellen eingesetzt werden, wo eine Minderung der Strombelastbarkeit auftritt. Dieser Fall tritt z.B. auf, wenn Änderungen des Leitungsquerschnitts vorliegen oder die Art der Verlegung und der Aufbau von Kabel und Leitungen zu berücksichtigen ist.

**Schutz bei Kurzschluss**

Bei Kurzschlüssen dient der LS-Schalter zur Abschaltung des Stromkreises. Damit schützt er die Isolierung von Kabeln und Leitungen, die durch das Auftreten von hoher Energie Schaden nehmen können. Durch die Einspeisung hoher Energie in einen Leiter kann dieser stark erwärmt werden. Das führt infolge zu einer Erhitzung der Isolierung.

LS-Schalter begrenzen diese Energie. Dabei wird die zulässige Abschaltzeit  $t$  nach folgender Formel berechnet:

$$t = (k \cdot \frac{S}{I})^2$$

- $k$  ist dabei der Materialbeiwert der Isolierung
- $S$  ist der Leiterquerschnitt
- $I$  ist der Effektivwert des Kurzschlussstroms.

Die Formel kann annähernd für die Abschaltzeit  $t < 5s$  verwendet werden. Bei sehr kurzen Abschaltzeiten ( $t < 0,1s$ ) muss der vom Hersteller anzugebene  $I^2t$ -Wert folgende Bedingungen erfüllen:

$$I^2t < k^2 < S^2$$

Diese Bedingung wird erfüllt, wenn LS-Schalter eingesetzt werden, die der Energiebegrenzungsklasse 3 entsprechen.

Das Bemessungskurzschluss-Schaltvermögen muss dem maximalen Kurzschlussstrom angepasst sein. Am Ende einer zu schützenden Leitung darf der Kurzschlussstrom nicht kleiner sein als der Auslösestrom. Der Auslösestrom berechnet sich aus der Auslösecharakteristik und dem Bemessungsstrom.

**Erläuterung an einem Beispiel**

Aus den nachfolgenden Berechnungen ergeben sich maximal zulässige Leitungslängen für die Kurzschlussabschaltung.

- LS-Schalter B16: magnetischer Auslösestrom  $I = 5 \cdot 16A = 80A \rightarrow$  Kurzschlussstrom  $> 80A$
- LS-Schalter C16: magnetischer Auslösestrom  $I = 10 \cdot 16A = 160A \rightarrow$  Kurzschlussstrom  $> 160A$

Die daraus resultierenden Leitungslängen sind in der DIN VDE 0100-520 Beiblatt 2 in der Tabelle 4 definiert. Hält man diese Leitungslängen genau ein, so ist auch der Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung sichergestellt.

**Schutz gegen den elektrischen Schlag**

Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag sind Gegenstand der VDE 0100-410. Danach besteht eine Schutzmaßnahme immer aus

- einem Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und
- einem Fehlerschutz (Schutz gegen indirektes Berühren).

Der Schutz durch die automatische Abschaltung der Stromversorgung stellt die am häufigsten angewendete Schutzmaßnahme dar. Die Abschaltung erfolgt durch den LS-Schalter oder durch den Fehlerstromschutzschalter.

Im TN-System führen die Fehlerströme zum schnellen Auslösen der LS-Schalter. Werden dabei die Bedingungen aus der DIN VDE 0100-520 Beiblatt 2 berücksichtigt, sind die geforderten Abschaltzeiten eingehalten.

Im TT-System lassen sich die Abschaltströme von Überstromschutzeinrichtungen nicht durch die Fehlerströme erreichen. Der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung wird in der Regel mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) sichergestellt. Der LS-Schalter dient hier allein zum Schutz der Leitung vor thermischer Überlast und Kurzschluss.

**Koordination zu anderen Überstromschutzeinrichtungen**

Unter Koordination versteht man die Zuordnung zweier oder mehrerer Überstromschutzeinrichtungen in Reihe. Damit erreicht man die Selektivität oder den sogenannten Backup-Schutz. Die mit dem höheren Bemessungsstrom vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtung schützt mehrere Stromkreise, die zu Gruppen zusammengefasst sind. Die nachgeschaltete Überstromschutzeinrichtung schützt dann nur den direkt aufgeschalteten Stromkreis. Die niedrigere Überstromschutzeinrichtung löst im Fehlerfall vor der größeren aus. Auf diese Art und Weise lässt sich eine hohe Sicherheit und Verfügbarkeit in der Elektroinstallation erreichen.

Die **Selektivität** zwischen Schutzeinrichtungen stellt eine wichtige Eigenschaft der elektrischen Anlage dar. Das Ziel ist dabei die Minimierung von Fehlerfolgen, nur der fehlerhafte Stromkreis soll abgeschaltet werden, die übrigen sollen den Betrieb beibehalten.

Bei zwei in Reihe geschalteten LS-Schaltern besteht die Selektivität bis zur Untergrenze des Sofortauslösebereichs des vorgeschalteten LS-Schalters. Die Grenze liegt deutlich unterhalb der möglichen Kurzschlussströme. Eine reine Selektivitätsauslegung nur mit LS-Schaltern ist daher nicht empfehlenswert.

Bei SH-Schaltern und nachgeschalteten LS-Schaltern der Energiebegrenzungsklasse 3 besteht Selektivität bis zum Bemessungskurzschlusschaltvermögen. Um die Selektivität zu Schmelzsicherungen zu betrachten, sind die Herstellerkennlinien zu berücksichtigen. Bei auslöseverzögerten Leistungsschaltern kann man durch entsprechende Einstellung der Verzögerungszeit eine Zeitselektivität zu LS-Schaltern herstellen.

**Backup-Schutz**

Unter dem Backup-Schutz versteht man die Zuordnung zweier, in Reihe geschalteter Überstromschutzeinrichtungen. Wobei die auf der Einspeiseseite befindliche Schutzeinrichtung mithilfe der Schutzeinrichtung auf der Lastseite den Schutz bewirkt. Dadurch wird eine Überbeanspruchung des Schutzorgans auf der Lastseite verhindert. Der Backup-Schutz ist immer dann zu planen, wenn der mögliche Kurzschlussstrom das Schaltvermögen des LS-Schalters überschreitet.

## Auswahl von LS-Schaltern

Die Auswahl von Leitungsschutzschaltern ist nach einer systematischen Vorgehensweise zu treffen. Dabei müssen Bedingungen, wie Verlegeart, Temperatureinflüsse und die Verbraucherart mit berücksichtigt werden (**Tabelle 1**).

### Sonstige Bedingungen

Beim Schalten induktiver und kapazitiver Lasten können hohe Einschaltströme entstehen. Diese führen ggf. dazu, dass der LS-Schalter ungewollt auslöst. Hersteller liefern Angaben über das Anschaltverhalten der jeweiligen Betriebsmittel.

Die Aneinanderreihung von LS-Schaltern in Verteilungen führt zu gegenseitiger thermischer Beeinflussung. Damit wird die Dauerstrombelastbarkeit reduziert. Die Folge können Auslösungen unterhalb des Bemessungsstroms sein.

LS-Schalter können in einem Temperaturbereich von  $-5^{\circ}\text{C}$  bis zu  $+40^{\circ}\text{C}$  eingesetzt werden. Die Referenztemperatur wird zwar mit  $30^{\circ}\text{C}$  angegeben, jedoch darf sich in dem vorher erwähnten Temperaturbereich die Auslösekennlinie nicht verändern. Bei Abweichungen, wie Feuchte oder Staubablagerungen, können besondere Maßnahmen erforderlich werden. Die Schutzart muss dabei immer mindestens IP20 betragen. Bei der Verteilermontage wird diese aber durch die Abdeckung auf IP40 erhöht.

### Eingeschränkte

#### Gleichstromanwendung

Leitungsschutzschalter sind für 50V/Pol bis 60V/Pol an Gleichspannung einsetzbar. Dabei sind Herstellerangaben zu berücksichtigen. LS-Schalter, die an 220V

bzw. 440V DC betrieben werden können, müssen den Anforderungen der DIN EN 60898-2 (VDE 0641-12) entsprechen.

Auch im Gleichstrombereich gibt es LS-Schalter mit der B- und C-Auslösecharakteristik. Aus **Tabelle 2** ergeben sich Vergleichswerte in Bezug auf die Wechselspannung. In Gleichstromsystemen wird das Schalten durch das Verhältnis aus Induktivität und ohmschen Widerstand des Stromkreises beeinflusst. Dieses Verhält-

nis wird durch die Zeitkonstante  $T$  beschrieben. Gleichstromtaugliche LS-Schalter sind für eine Zeitkonstante von 4 ms bis maximal 15 ms geeignet.

### AUTOR

Dirk Maske,  
BFE Oldenburg