

# Erwärmung in Schaltgerätekombinationen

Heinz-Dieter Fröse

**Die Temperatur in einem Stromkreisverteiler darf nicht höher sein als die maximale Betriebstemperatur der Betriebsmittel. Der Beitrag gibt Hilfestellungen zur Koordination dieser Werte.**

Die zulässigen Betriebsmitteltemperaturen finden sich in den technischen Dokumentationen der jeweiligen Betriebsmittel. Für eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) findet man dann beispielsweise eine maximale Betriebstemperatur von 40 °C (Tabelle 1).

Dabei geben die Betriebsmittel entsprechend der Strombelastung und dem inneren Widerstand Wärme ab, abgeleitet aus:  $P=U \cdot I$ . Diese Leistung wird ausnahmslos in Wärme umgewandelt. Die Hersteller geben sie in den technischen Daten als Verlustleistung an.

Die Schaltgerätekombination kann an die Umgebung Wärme abstrahlen und ableiten (Bild 1). Kriterien sind dabei:

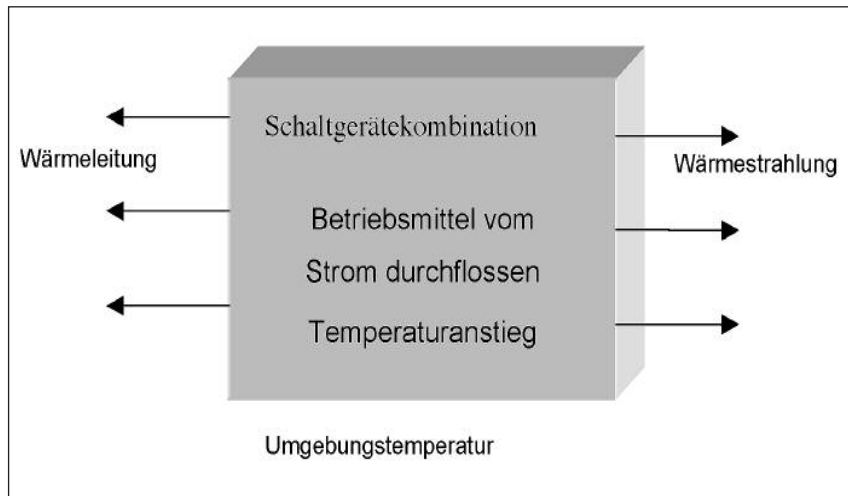
- die Oberfläche der Schaltgerätekombination und
- die Montageart.

Folgende Montagearten kommen dabei vor:

- auf der Wand montiert und rundherum frei,
- an andere Schaltgerätekombinationen angebaut,
- in Schränken eingebaut,
- unter Putz installiert sowie
- in wärmedämmten Wänden installiert.

Die maximale Temperatur in einer Schaltgerätekombination wird in EN 60439-1:1999 + A1:2004 (DIN VDE 0113) beschrieben. Einen Auszug Grenzübertemperaturen zeigt Tabelle 2 (entspricht Tabelle 2 der Norm).

Als Grenzübertemperatur gilt dabei die Temperatur, die sich aus der Differenz zwischen der Absolut-Temperatur an den Betriebsmitteln oder der Temperatur an einem Punkt in der Schaltgerätekombination zur Umgebungstemperatur der Schaltgerätekombination ergibt.



**Bild 1: Wärmeentwicklung in einer Schaltgerätekombination**

Für die Einheit der Grenzübertemperatur wird K (Kelvin) angegeben.

Die Wärme, die ein Verteilergehäuse abgibt, muss in einem festen Verhältnis zur Summe der Verlustleistungen der Betriebsmittel stehen.

### Bemessungsbelastungsfaktor

Der Bemessungsbelastungsfaktor eines Schaltgeräts oder eines Teils davon (z.B. ein Feld oder ein Fach), der mehrere Hauptstromkreise umfasst, ist in EN 60439-1:1999 und A1:2004 (DIN

VDE 0113), Abs. 4.7, beschrieben. Er bestimmt sich aus dem Verhältnis der Summe aller Ströme zu einem beliebigen Zeitpunkt, die in den betreffenden Hauptstromkreisen zu erwarten sind, zur Summe der Bemessungsströme aller Hauptstromkreise der Schaltgeräte oder des betrachteten Teils der Schaltgeräte.

Der Bemessungsbelastungsfaktor lässt sich mit folgender Gleichung bestimmen:

$$f = \frac{I_{\text{Gleichzeitig}}}{I_{\text{Installiert}}} = \frac{I_B}{I_N}$$

### Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) Typ A

Polanzahl	4
Nennstrom	40 A
Nennstrom bei 30 °C	40 A
Schließ- und Abschaltvermögen	1,5 kA
Empfindlichkeit	30 mA
Bemessungsbetriebsspannungsbereiche bei 50/60 Hz	230/400 V
Isolationsspannung	500 V
Frequenz	50 Hz
Gesamtverlustleistung	11,8 W
Art des Differenzialschutzes	A
Schutzart	IP20
Betriebstemperatur	-25...40 °C
Lagertemperatur	-50...80 °C
Anschlussquerschnitt bei massivem Draht	25 mm <sup>2</sup>
Anschlussquerschnitt bei flexiblem Draht	16 mm <sup>2</sup>
Anzahl der Platzeinheiten à 17,5 mm	4
Verlustleistung des Geräts + einer mittleren Leitungslänge von 0,7 m/Pol	25,19 W

**Tabelle 1: Technische Betriebsmitteldaten für den Schaltgeräteeinbau (Auszug)**

Heinz-Dieter Fröse, freier Autor, Münster

An den Bauteilen innerhalb einer Schaltgerätekombination werden in den Leitungswiderständen und Übergangswiderständen die Ströme in Leistung umgesetzt. Aus

- $P=U \cdot I \cdot \cos \varphi$  und
- $U=R \cdot I$

• folgt die Beziehung  $P_v=I^2 \cdot R \cdot \cos \varphi$ .

Die umgesetzte Leistung verhält sich quadratisch zu den Strömen. Für die tatsächliche in der Schaltgerätekombination entstehende Wärmemenge muss der Anwender die aus dem tatsächlich fließenden Strom entstehende Wärmemenge berücksichtigen.

Dabei kann man drei Verfahren zur Festlegung der tatsächlichen Belastung sowie des Bemessungsbelastungsfaktors heranziehen:

- Wenn der Hersteller einen Bemessungsbelastungsfaktor angibt, muss der Anwender diesen Wert bei der Erwärmungsprüfung nach 8.2.1 anwenden.
- Es liegen begründete Erkenntnisse über den Bemessungsbelastungsfaktor vor, dann kann dieser verwendet werden.

- Falls keine Angaben zu den tatsächlichen Strömen vorliegen, müssen die Werte aus Tabelle 1 aus EN 60439-1:1999 + A1:2004 (DIN VDE 0113) »Werte für den Bemessungsbelastungsfaktor« angewendet werden (Tabelle 3).

## Ermittlung des Bemessungsbelastungsfaktors

Eine Begründung lässt sich mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor der Anlage geben. Hierzu erstellt man eine Liste aller Betriebsmittel und addiert deren einzelne Bemessungsleistungen. Im Anschluss daran werden die entsprechenden Betriebsmittel mit den gleichzeitig benötigten Leistungen bewertet.

Dieser Gleichzeitigkeitsfaktor der Anlage hängt von der Nutzungsart ab. Als Anhaltspunkt können z.B. die Werte aus Tabelle 4 dienen, d.h. ein Wohnhaus mit Leistungsbedarf für Wohnungen ohne elektrische Warmwasserbereitung. Der Gleichzeitigkeitsfaktor sinkt mit der Anzahl

## Grenzübertemperaturen

Teile der Schaltgerätekombination	Grenzübertemperatur in K
Eingebaute Betriebsmittel	Entsprechend den für sie geltenden Bestimmungen in den Produktnormen der einzelnen Betriebsmittel oder entsprechend den Angaben des Betriebsmittelherstellers, unter Berücksichtigung der Innentemperatur der Schaltgerätekombination
Anschluss: von außen eingeführter isolierte Leiter	70°C

Tabelle 2: Temperaturen in einer Schaltgerätekombination

## Normenwerte

Anzahl der Hauptstromkreise	Bemessungsbelastungsfaktor
2 und 3	0,9
4 und 5	0,8
6 bis 9	0,7
10 (und mehr)	0,6

Tabelle 3: Bemessungsbelastungsfaktor aus EN 60439

## Gleichzeitigkeitsfaktor

Objekt	Einzel abzusichern (installierte Leistung)	Zusammen abzusichern	g
Wohnhaus 1 WE	63 A	63 A	1
Wohnhaus 10 WE	10 x 63 A = 630 A	80 A	0,13
Wohnhaus 50 WE	50 x 63 A = 3150 A	130 A	0,041
Wohnhaus 100 WE	100 x 63 A = 6300 A	150 A	0,024

Tabelle 4: Ableitung des Gleichzeitigkeitsfaktors für ein Wohnhaus

## Beispiele für Gleichzeitigkeitsfaktoren

Objekt	Gleichzeitigkeitsfaktor
Schulen, Kindergärten	0,6 – 0,9
Schreinereien	0,2 – 0,6
Gaststätten	0,4 – 0,7
Großküchen	0,6 – 0,8
Metzgereien	0,5 – 0,8
Bäckereien	0,4 – 0,8
Wäschereien	0,5 – 0,9
Versammlungsräume	0,6 – 0,8
Kleine Büros	0,5 – 0,7
Große Büros	0,4 – 0,8
Kaufhäuser, Supermärkte	0,7 – 0,9
Metallverarbeitungsbetriebe	0,2 – 0,3
Automobilfabriken	0,2 – 0,3
Beleuchtung von Tunneln	1,0
Baustellen	0,2 – 0,4

Tabelle 5: Gleichzeitigkeitsfaktoren für ausgewählte Anlagen

## Überschlägige Ermittlung

Betriebsmittel/Stromkreis	Bemessungsstrom		
	L1	L2	L3
12 Stück 16-A-LS-Schalter	64 A	64 A	64 A
Im Normalfall hält eine D02-Sicherung 20 A bis 25 A, wenn nach der alten TAB die Steigeleitung abgesichert wurde	20 A	20 A	20 A
Bemessungsbelastungsfaktor	0,3	0,3	0,3

Tabelle 6: Ermittlung eines Bemessungsbelastungsfaktors

der angeschlossenen Betriebsmittel und Anlagen sowie mit der Anzahl der Stromkreise. Es gibt Abhängigkeiten, z.B.:

- Bei einer Wendeschützschaltung ist immer nur ein Schütz angezogen.
- In einer Werkstatt mit zwei Mitarbeitern können unter Umständen nicht

alle fünf installierten Maschinen gleichzeitig laufen.

- In einem Bürohaus sind alle Leuchten nur dann eingeschaltet, wenn in jedem Raum ein Mitarbeiter anwesend ist.
- Die Drucker in einem Bürogebäude sind nur dann mit der vollen Leistung am Netz, wenn auch gedruckt wird usw.

Beispiele für Gleichzeitigkeitsfaktoren besonderer Anlagen sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Ist der Gleichzeitigkeitsfaktor unbekannt, muss der Anwender die spezifischen Nutzungen berücksichtigen und mit Erfahrungswerten verknüpfen. Aus diesen Werten lassen sich sowohl der Bemessungsbelastungsfaktor als auch die Verlustleistung einer Schaltgerätekombination ermitteln.

## Verlustleistung in einer Schaltgerätekombination

Der Gleichzeitigkeitsfaktor kann z.B. für einen Stromkreisverteiler in einer Wohnung nach der vorstehenden Beschreibung ermittelt werden. Daraus lässt sich auch ein Beispiel für die Wärmeentwicklung in einer Schaltgerätekombination aufzeigen (Tabelle 6).

Aus den Daten eines LS-Schalters wird die Verlustleistung einschließlich entsprechender Verdrahtungsleitung ermittelt (Tabelle 7). Dieser wird bei dem verwendeten Produkt mit 4,73 W angegeben. Da dieser Wert für ein mit Bemessungsstrom belastetes Betriebsmittel gilt, ist die Verlustleistung mit der Beziehung  $P_V = I_B^2 / I_N^2 \cdot P_N$  auf den tatsächlichen Be-

## LS-Schalter Charakteristik B

Polanzahl	1
Nennstrom in A	16 A
Nennstrom bei 30 °C	16 A
Nennstrom bei 40 °C	14 A
Nennstrom bei 50 °C	12 A
Nennstrom bei 60 °C	10 A
Abschaltvermögen	6 kA
Betriebs-Abschaltvermögen nach EN 60898	6 kA
Schließvermögen bei Gleichstrom-Kurzschluss	13 kA
Schließvermögen bei anhaltendem Kurzschluss Wechselstrom	10 kA
Auslöser	B
Bemessungsbetriebsspannungsbereiche bei 50/60Hz	230/400V
Isolationsspannung	500V
Verlustleistung pro Pol	2,6W
Gesamtverlustleistung	2,6 W
Betriebstemperatur	-25...60 °C
Verlustleistung des Geräts + einer mittleren Leitungslänge von 0,7m / Pol	4,73 W

**Tabelle 7: Technische Betriebsmitteldaten eines LS-Schalters für den Schaltgeräteeinbau (Auszug)**

## Korrekturfaktoren

Gleichzeitigkeitsfaktor	Korrekturfaktor der Bemessungsverlustleistung
0,9	0,81
0,8	0,64
0,7	0,49
0,6	0,36
0,5	0,25
0,4	0,16
0,3	0,09
0,2	0,04
0,1	0,01

**Tabelle 8: Korrekturfaktoren zur Bestimmung der Verlustleistung bei Strömen geringer als der Bemessungsstrom**

lastungswert umzurechnen. Hierbei gilt die folgende Zuordnung:

$P_v$  = Verlustleistung bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor (Belastungsverlustleistung)

$P_N$  = Verlustleistung des Betriebsmittels bei Bemessungsstrom

$I_B$  = Betriebsstrom unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit

$I_N$  = Bemessungsstrom des Betriebsmittels

Für das Beispiel gelten folgende Werte:

- Bemessungsbelastungsfaktor 0,3
- Verlustleistung 4,73 W bei einem Bemessungsstrom von 16 A.

Daraus ergibt sich eine rechnerische Verlustleistung von:

$$\begin{aligned}
 P_v &= \frac{(16 \cdot 0,3)^2}{16^2} \cdot 4,73 \text{ W} \\
 &= \frac{23,04}{256} \cdot 4,73 \text{ W} \\
 &= 0,43 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Somit beträgt die Verlustleistung bei einer 30-%igen Strombelastung nur 1/10 der Bemessungsverlustleistung.

Die Tabelle 8 gibt nun für einige Faktoren der Belastungsverlustleistung an.

Im genannten Beispiel muss das Gehäuse der Schaltgerätekombination folgende Verlustleistung abführen, um eine Temperaturerhöhung im Innern zu vermeiden:

$$P_{zul} = \sum P_{v \text{ Betriebsmittel}}$$

Die mögliche Verlustleistung  $P_{zul}$  eines Schaltgeräts geben die Hersteller in Tabellen an.

### Fazit

Anhand des beschriebenen Verfahrens ist es Planern und Errichtern möglich, die Erwärmung in Schaltgerätekombinationen zu berechnen. Hierbei können sie sich auf die Angaben der Hersteller beziehen.