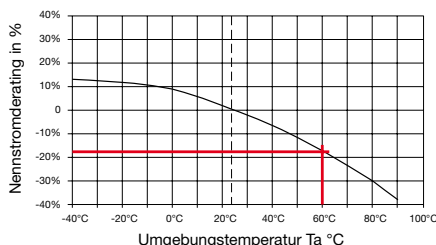


# Finden Sie die passende Sicherung!

## Auswahlkriterien zum richtigen Sichern

Dem Überstromschutz in Schaltkreisen wird oft zu wenig Beachtung geschenkt. Eine ungenügend durchdachte Auswahl der Sicherungen kann zu Ausfällen von Geräten und Anlagen führen, was hohe Ersatzkosten und unzufriedene Kunden verursacht. Dieser Fachartikel zeigt die richtigen Auswahlkriterien für Sicherungen und Sicherungshalter auf und soll helfen, die wichtigsten Aspekte zu berücksichtigen.



**Abbildung 1:** Deratingkurve der trägen SMD-Sicherung UMT 250

### Punkt 1: Normalbetrieb nach dem Einschalten

Eine Sicherung ist in der Regel einem max. Betriebsstrom und einer max. Betriebstemperatur ausgesetzt. Ein «Derating» des Nennstromes ist daher meist notwendig, da eine Sicherung selten bei 23 °C betrieben wird. Als Beispiel nehmen wir eine träge SMD-Sicherung wie die UMT 250 von SCHURTER, welche bei 60 °C betrieben wird. Diese muss gemäss Abbildung 1 um 17% «derated» werden, d.h. wenn der Betriebsstrom 1 A @ 60 °C beträgt, dann ist eine Sicherung mit einem gerundeten Sicherungswert von 1.25 A (1 A / 0.83) notwendig. Sicherungen können nach IEC 60127 oder nach UL 248-14 dimensioniert sein. Dabei sollte folgender Unterschied bezüglich Nennstromauslegung beachtet werden: Sicherungen gemäss IEC 60127 dürfen bei 100% des Nennstromwertes, hingegen Sicherungen gemäss UL 248-14 nur bei 75% des Nennstromwertes dauerhaft betrieben werden. Typisch für eine Sicherung mit UL 248-14 Charakteristik sind die mindestens 4 h Betriebszeit bei Nennstrom (Abbildung 2).

### Schmelzzeiten

Nennstrom In	1.0 x In min.	2.0 x In max.
0.375 A - 5 A	4 h	60 s

**Abbildung 2:** Schmelzzeitabelle einer Sicherung mit UL 248-14 Charakteristik

Die Eigenerwärmung von trägen Sicherungen ist geringer als bei flinken. Dies ist am typischen Spannungsfallwert zu erkennen. So verfügt z. B. eine 2 Ampere 5x20 mm Glassicherung über einen typischen Spannungsfall von 60 mV in der trägen und von 90 mV in der flinken Ausführung. Dieser Unterschied erklärt sich durch den dickeren Schmelzleiter (höherer Energiewert I<sup>2</sup>t, siehe Punkt 2), welcher für träge Sicherung erforderlich ist. Weiter ist zu beachten, dass Sicherungen durch den Strom aufgeheizt werden (Abbildung 3), bis bei einer bestimmten Temperatur der Schmelzleiter durchschmilzt und den Schaltkreis unterbricht. Jegliche Massnahmen zur Abkühlung wie Lüftung, Kühlkörper, grössere Lötflächen oder Wärmeakkumulationen ändern die Zeit-/Strom-Charakteristik der Sicherungen und sollten daher vermieden werden.



**Abbildung 3:** Sicherungen im Halter montiert und so nahe platziert wie abgebildet, können sich gegenseitig bezüglich der Temperatur beeinflussen

### Punkt 2: Einschaltstromspitzen

Einschaltstromspitzen (Abbildung 4) entstehen durch Kapazitäten, die beim Einschalten zuerst aufgeladen werden müssen. Diese Pulse können ein Vielfaches des Nennstromes betragen, sind jedoch meist von sehr kurzer Dauer.

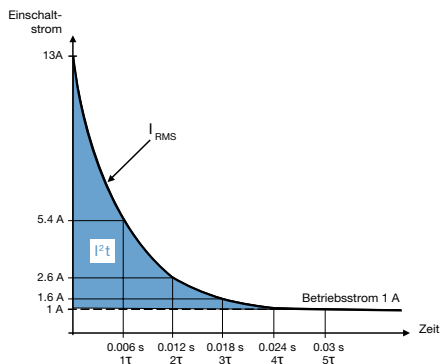


Abbildung 4: Typische Einschaltkurve bei getakteten Netzgeräten, wenn Kondensatoren geladen werden müssen

Die Fläche unterhalb der Kurve nennt man Schmelzintegral oder  $I^2t$ -Wert. Der  $I^2t$ -Wert definiert die Energiemenge, die nötig ist, einen

Draht oder Schmelzleiter zum Durchschmelzen zu bringen. In der Regel handelt es sich um eine Exponentialkurve mit einem Stromspitzenwert  $I_p$  und einem Zeitwert  $\tau$ , bei dem der Strom 37% des Stromspitzenwerts erreicht hat. Am Beispiel einer trägen SMD-Sicherung wie die UMT 250 von SCHURTER, 1 A mit einer Einschaltstromspitze von  $I_p = 13$  A und einem  $\tau = 6$  ms lässt sich der  $I^2t$ -Wert mit folgender Formel berechnen:

$$I^2t_{Anwendung} = 0.5 \cdot I_p^2 \cdot \tau$$

$$I^2t_{Anwendung} = 0.5 \cdot (13 \text{ A})^2 \cdot 6 \text{ ms} = 0.507 \text{ A}^2\text{s}$$

Zusätzlich muss die Anzahl der Pulse über die Lebensdauer des Gerätes einbezogen werden, weil die Sicherung dadurch vorzeitig altert und dies berücksichtigt werden muss. Für träge Sicherungen gilt bei 10 000 Einschaltpulsen ein Faktor von 0.29 (siehe Abbildung 5).

$$I^2t_{min\_Sicherung\_T} = I^2t_{Anwendung} / F$$

$$I^2t_{min\_Sicherung\_T} = 0.507 \text{ A}^2\text{s} / 0.29 = 1.748 \text{ A}^2\text{s}$$

Der Hersteller gibt im Katalog für jeden Typ und Nennstrom Schmelzintegralwerte an, wie im Beispiel (Abbildung 6) der IEC-trägen SMD-Sicherung UMT 250. Der 1 A Nennstrom besitzt ein  $I^2t$ -Wert von 2.8  $\text{A}^2\text{s}$ , d. h. bei einem hohen Überstrom (Kurzschluss) oder bei einer Einschaltstromspitze über diesem Wert schmilzt der Schmelzleiter durch und unterbricht den Schaltkreis. Im Beispiel liegt der  $I^2t$ -Wert der Sicherung (2.8  $\text{A}^2\text{s}$ ) über dem des berechneten Wertes (1.748  $\text{A}^2\text{s}$ ), d.h. die Wahl wäre für diesen Anwendungsfall korrekt.

Varianten

Bestell-Nummer	Nennstrom [A]	Nennspannung [VAC]	Nennspannung [VDC]	Aus-schaltver-mögen	Spannungsab-fall 1.0 In max. [mV]	Spannungsab-fall 1.0 In typ. [mV]	Verlustlei-stung 1.25 I <sub>n</sub> typ. [mW]	Schmelzinte-gral 10.0 Intyp. [A <sup>2</sup> s]	UL	CSA	PS E JET	CCC	RoHS
3403.0155.xx	0.08	250	125	1)	1300	850	200	0.025	●	●			
3403.0161.xx	0.315	250	125	1)	750	343	500	0.27	●	●	●	●	●
3403.0162.xx	0.4	250	125	1)	700	290	500	0.4	●	●	●	●	●
3403.0163.xx	0.5	250	125	1)	600	257	500	0.54	●	●	●	●	●
3403.0164.xx	0.63	250	125	1)	500	216	500	1.1	●	●	●	●	●
3403.0165.xx	0.8	250	125	1)	400	190	500	1.4	●	●	●	●	●
3403.0166.xx	1	250	125	2)	300	164	500	2.8	●	●	●	●	●
3403.0167.xx	1.25	250	125	2)	300	138	1000	4.5	●	●	●	●	●
3403.0168.xx	1.6	250	125	2)	300	124	1000	6.9	●	●	●	●	●

Abbildung 6: Variantentabelle UMT 250 als Beispiel mit Angabe des Schmelzintegrals, Spannungsfalls und Verlustleistung jeder Stromstufe

Einschaltpulse, vor allem wenn sie häufig auftreten, lassen Sicherungen vorzeitig altern und können später zu Ausfällen auf dem Feld führen, was mit dieser Berechnung vermieden werden soll. Generell verfügen träge Sicherungen, um ein hohes  $I^2t$  zu erreichen, meist über einen verzinnnten Schmelzleiter. Das Zinn kann über die Zeit in den Draht diffundieren, was zu einer Änderung der Zeit-/Strom-Charakteristik führt. Generell gilt, dass flinke Sicherungen pulsresistenter sind als träge. Oft muss man jedoch träge Sicherungen einsetzen, da flinke Sicherungen nicht genügend hohe  $I^2t$ -Werte aufweisen.

Punkt 3: Kombination Sicherung und Sicherungshalter

In Industrieanwendungen sind 5x20 mm Sicherungen weit verbreitet, da sie weltweit verfügbar sind und vor Ort durch den Endkunden oder eine Servicegesellschaft leicht ersetzt werden können. In solchen Anwendungen wird meist ein Sicherungshalter benötigt, dabei sind folgende Punkte zu beachten: Für nach IEC 60127-6 Norm zugelassene Sicherungshalter sind u.a. folgende elektrische Eigenschaften spezifiziert: Nennleistungsaufnahme (z. B. 2.5 W / 10 A @ 23 °C), Nennstrom (z. B. 10 A) und Nennspannung (z. B. 250 V). Für nach UL 512 und CSA C22.2 no. 39 zugelassene Sicherungshalter sind nur Nennstrom (z. B. 16 A) und Nennspannung (z. B. 250 V) spezifiziert. Der Strom bei UL ist aus folgenden Gründen meist höher als bei IEC:

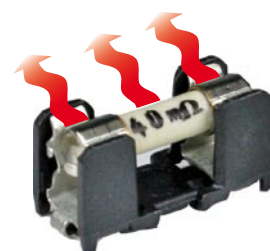


Abbildung 7: IEC Test mit Dummy Sicherung

IEC verwendet eine Dummy-Sicherung, z.B. 40 mΩ = 4.0 W / (10 A)<sup>2</sup> (Abbildung 7). Diese Dummy-Sicherung und der Kontaktwiderstand zwischen Sicherung und Clip erzeugen Wärme. Der Sicherungshalter muss diese Bedingung 500 h aushalten können und berührbare Teile dürfen sich nicht über 85 °C erwärmen.

	Träge	Flink
100 Pulse	0.5	0.6
10 000 Pulse	0.29	0.49
1 Mio. Pulse	0.19	0.42

Abbildung 5: Faktoren träger und flinker Sicherungstypen bei unterschiedlicher Anzahl von Einschaltpulsen



**Abbildung 8: UL/CSA-Test mit Silberrohr**

UL/CSA hingegen verwendet ein Silberrohr mit  $\approx 0\Omega$  (Abbildung 8), d. h. die Wärme wird nur beim Kontaktwiderstand zwischen Sicherung und Clip erzeugt. Diese Tatsache führt dazu, dass der Sicherungshalter nach UL/CSA einen höheren Nennstrom aushalten kann als unter den IEC-Bedingungen. Da jede Sicherung einen Widerstand besitzt und daher Wärme erzeugt, ist die IEC-Betrachtung realitätsnäher und sollte bei der Auslegung herangezogen werden. Die UL/CSA prüft nur den Sicherungshalter selbst, was für die Praxis nicht ausreicht.

Die Normen der Sicherungen (IEC 60127-2 bis 4) prüfen generell elektrische Eigenschaften wie z. B. minimale/maximale Schmelzzeiten. Die Norm der Sicherungshalter (IEC 60127-6) prüft thermische Eigenschaften wie Temperaturbedingung bei Nennleistung und -strom während 500 h Betriebszeit. Daraus resultiert, dass der Kunde eigene Berechnungen durchführen muss, wobei sich folgender Ansatz bewährt: Als Beispiel nehmen wir einen Betriebsstrom von 5 A @ 60 °C an. Durch die erhöhte Temperatur im Sicherungshalter muss das «Derating», wie bei Punkt 1 beschrieben, berücksichtigt werden. Im Beispiel entspricht dies für Standardsicherungen ein «Derating» von etwa 20%, d.h. einem gerundeten Sicherungswert von 6.3 A (5 A / 0.8).

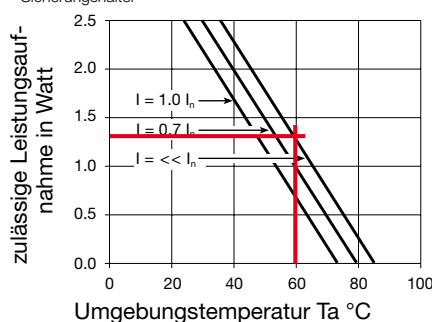
Die Verlustleistung der Sicherung wird mit Nennstrom und mit Hilfe des typischen Spannungsfallwertes (Spannung über der Sicherung bei Nennstrom) gemäss Katalog berechnet. Keramiksicherungen wie z. B. SPT 5x20, 6.3 A

besitzen einen typischen Spannungsfallwert von 70 mV bei Nennstrom.

$$P_{\text{Sicherung}} = I_N \cdot U_{\text{Spannungsfall\_typ}}$$

$$P_{\text{Sicherung}} = 6.3 \text{ A} \cdot 70 \text{ mV} = 441 \text{ mW}$$

Beim Sicherungshalter wie z. B. beim FPG1 mit einer Nennleistungsaufnahme von 2.5 W @ 10 A muss die empfohlene Deratingkurve, wie in Abbildung 9, einbezogen werden. Bei 60 °C und einem Betriebsstrom von 5 A verwendet man die Linie  $I = \ll I_n$ , weil der Betriebsstrom 5 A ist und der IEC zugelassene Strom des Sicherungshalters 10 A beträgt. Im Beispiel ergibt sich daraus eine max. Nennleistungsaufnahme  $P_{\text{Sicherungshalter}}$  von 1.3 W.



**Abbildung 9: Derating-Kurve eines geschlossenen Sicherungshalters am Beispiel FPG1**

Der Kontaktwiderstand  $R_c$  zwischen Sicherung und Clip beträgt gemäss IEC Norm max. 5 m $\Omega$ . Die Verlustleistung lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$P_{\text{Kontakt}} = R_c \cdot I_N^2$$

$$P_{\text{Kontakt}} = 5 \text{ m}\Omega \cdot (6.3 \text{ A})^2 = 198 \text{ mW}$$

Mit einem Vergleich kann sichergestellt werden, dass die Dimensionierung korrekt ist.

$$P_{\text{Sicherungshalter}} = 1.3 \text{ W}$$

$$P_{\text{Sicherung}} + P_{\text{Kontakt}} = 441 \text{ mW} + 198 \text{ mW}$$

$$P_{\text{Sicherung}} + P_{\text{Kontakt}} = 639 \text{ mW}$$

Kombination ist korrekt ausgelegt, wenn

$$P_{\text{Sicherungshalter}} > P_{\text{Sicherung}} + P_{\text{Kontakt}}$$

und dies ist im Beispiel der Fall.

Folgende Betriebsarten belasten den Sicherungshalter zusätzlich und müssen speziell beurteilt werden: Elektrische Laständerungen, Betrieb ohne Unterbruch (>500 h) mit Strömen  $> 0.7 \cdot I_N$  und Einflüsse von Ventilation, Kühlung, Wärmestau etc.

Auch nach Berücksichtigung dieser Auswahlkriterien sind ausführliche Tests auch unter «worst case» Bedingungen unerlässlich, um einen sicheren Betrieb in Geräten und Anlagen zu gewährleisten.

Luzern, 22. November 2007



Thomas Hubmann  
Produktmanager Sicherungen  
SCHURTER AG  
Werkhofstrasse 8-12  
6002 Luzern  
thomas.hubmann@schurter.ch  
www.schurter.com