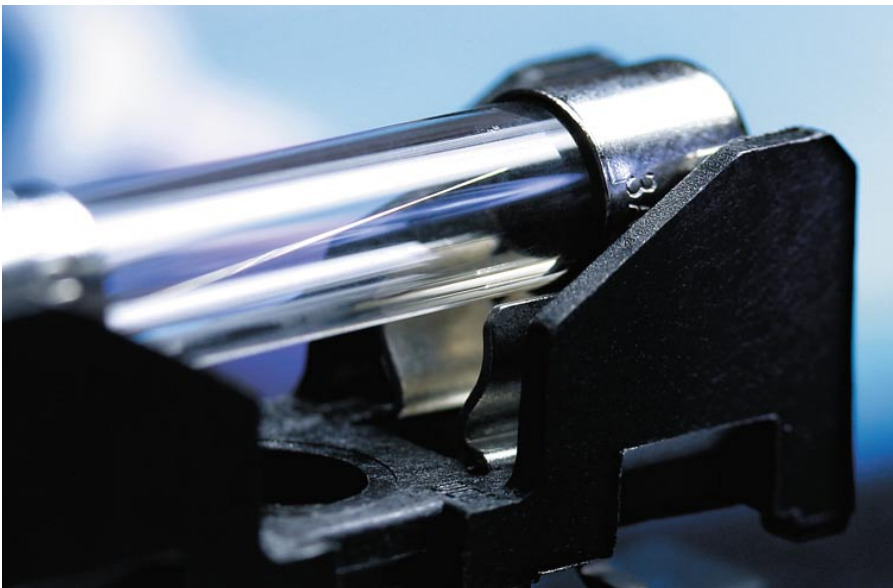


# Finden Sie die passende Sicherung

## 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.



Die Aufgabe einer Sicherung ist es, einen unkontrollierten Fehlerstrom oder Überstrom sicher zu unterbrechen, bevor grösserer Schaden, wie zum Beispiel eine Überhitzung im Gerät entstehen kann. Die Schmelzsicherung eignet sich dabei besonders gut für den Kurzschlusschutz, wo sie sicher und zuverlässig

unterbricht. Bei moderaten Überströmen bis zum 2- oder 3-fachen des Nennstromwertes sind Schmelzsicherungen ungenau und daher als Schutzelement weniger geeignet. Andere Massnahmen wie elektronischer Schutz, thermische Schutzelemente oder zusätzliche Sicherungen sind dann notwendig.

Punkt 1: erklärt den Normalbetrieb nach dem Einschalten. Dieser Punkt sollte in jedem Fall beachtet werden.

Punkt 2: ist nur bei kapazitiven Lasten notwendig, wenn beim Einschalten zum Laden der Kondensatoren Einschaltstromspitzen entstehen, welche den Nennstromwert der Sicherung um ein Vielfaches übersteigen.

Punkt 3: zeigt wichtige Fakten über Sicherungshalter auf und erklärt, wie Sicherung und Sicherungshalter in Kombination richtig ausgewählt werden.

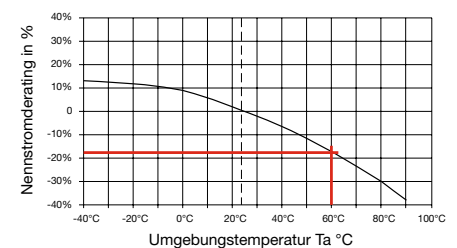


Abbildung 1: Deratingkurve der trägen SMD-Sicherung UMT 250.

### Punkt 1: Normalbetrieb nach dem Einschalten

Eine Sicherung ist in der Regel einem maximalen Betriebsstrom und einer maximalen Betriebstemperatur ausgesetzt. Ein «Derating» des Nennstromes ist daher meist notwendig, da eine Sicherung selten bei 23 °C betrieben wird. Als Beispiel dient eine träge SMD-Sicherung wie die UMT 250 von SCHURTER, die bei 60 °C betrieben wird. Diese muss gemäss Abbildung 1 um 17 % «derated» werden. Das heisst, wenn der Betriebsstrom 1 A @ 60 °C beträgt, dann ist eine Sicherung mit einem gerundeten Siche-

rungswert 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 %, gemäss UL 248-14 hingegen nur bei 75 % des Nennstromwertes dauerhaft betrieben werden. Typisch für eine Sicherung mit UL-248-14-Charakteristik sind die mindestens 4 Stunden Betriebszeit bei Nennstrom (Tabelle 1).

Die Eigenerwärmung von trägen Sicherungen ist geringer als bei flinken. Dies ist am typischen Spannungsfallwert zu erkennen. So verfügt beispielsweise eine 2 A 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

### Schmelzeiten

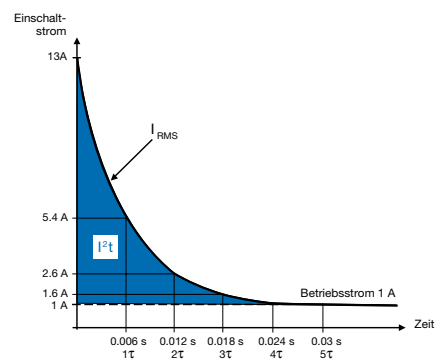
Nennstrom I <sub>n</sub>	1.0 x I <sub>n</sub> min.	2.0 x I <sub>n</sub> max.
0.375 A - 5 A	4 h	60 s

**Tabelle 1: Schmelzeitabelle einer Sicherung mit UL-248-14-Charakteristik.**

Energiewert I<sup>2</sup>t, siehe Punkt 2), der für träge Sicherungen erforderlich ist. Weiter ist zu beachten, dass Sicherungen durch den Strom aufgeheizt werden (Abbildung 2), 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.

### Punkt 2: Einschaltstromspitzen

Einschaltstromspitzen (Abbildung 3) 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 3: Typische Einschaltkurve bei getakteten Netzgeräten, wenn Kondensatoren geladen werden müssen.**

Die Fläche unterhalb der Kurve nennt man Schmelzintegral oder I<sup>2</sup>t-Wert. Der I<sup>2</sup>t-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<sub>p</sub> und einem Zeitwert τ, 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<sub>p</sub> = 13 A und einem τ = 6 ms lässt sich der I<sup>2</sup>t-Wert mit folgender Formel berechnen:

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

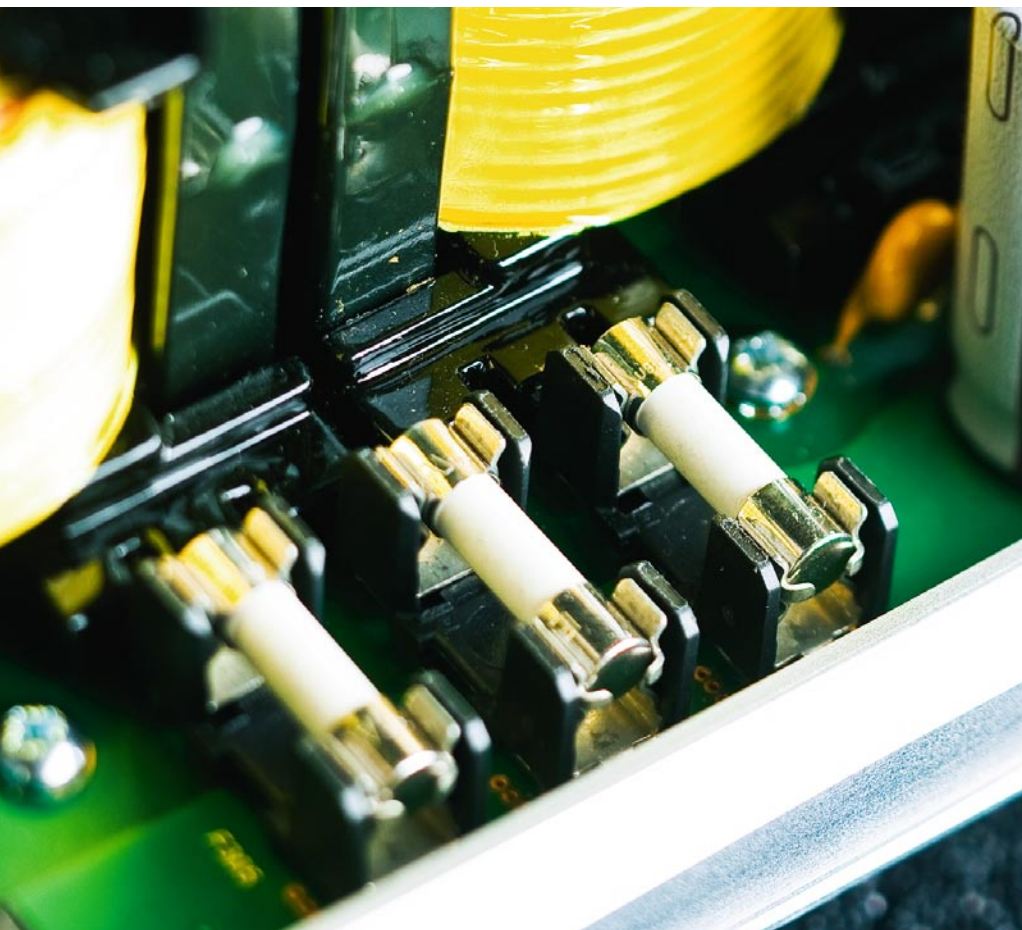
$$I^2t_{\text{Anwendung}} = 0.5 \cdot (13 \text{ A})^2 \cdot 6 \text{ ms} = 0.507 \text{ A}^2\text{s}$$

Zusätzlich muss die Anzahl der Pulse über die Lebensdauer des Gerätes einbezogen werden, weil die Sicherung dadurch vorzeitig altert. Für träge Sicherungen gilt bei 10000 Einschaltpulsen ein Faktor von 0.29 (siehe Tabelle 2).

$$I^2t_{\text{min, Sicherung, T}} = I^2t_{\text{Anwendung}} / F$$







$$I^2t_{\text{min, Sicherung, T}} = 0.507 \text{ A}^2\text{s} / 0.29 = 1.748 \text{ A}^2\text{s}$$

Der Hersteller gibt im Katalog für jeden Typ und Nennstrom Schmelzintegralwerte an, wie im Beispiel der trägen IEC-SMD-Sicherung UMT 250 (Tabelle 3). Der 1-A-Nennstrom be-



**Abbildung 2: Sicherungen, die im Halter montiert sind, können sich gegenseitig bezüglich der Temperatur beeinflussen.**

## Varianten

Bestell-Nummer	Nennstrom [A]	Nennspannung [VAC]	Nennspannung [VDC]	Ausschaltvermögen	Spannungsabfall 1.0 In max. [mV]	Spannungsabfall 1.0 In typ. [mV]	Verlustleistung 1.25 In typ. [mW]	Schmelzintegral 10.0 In typ. [A <sup>2</sup> s]	     
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	• • • •

**Tabelle 3: Variantentabelle UMT 250 als Beispiel mit Angabe des Schmelzintegrals, Spannungsfalls und Verlustleistung jeder Stromstufe.**

sitzt ein I<sup>2</sup>t-Wert von 2.8 A<sup>2</sup>s, das bedeutet, dass bei einem hohen Überstrom (Kurzschluss) oder bei einer Einschaltstromspitze über diesem Wert der Schmelzleiter durchschmilzt und den Schaltkreis unterbricht. Im Beispiel liegt der I<sup>2</sup>t-Wert der Sicherung (2.8 A<sup>2</sup>s) über dem des berechneten Wertes (1.748 A<sup>2</sup>s). Die Wahl wäre für diesen Anwendungsfall korrekt.

Einschaltpulse, vor allem wenn sie häufig auftreten, lassen Sicherungen vorzeitig altern und können später zu Ausfällen führen. Dies soll mit der oben stehenden Berechnung vermieden werden. Meist verfügen träge Sicherungen, um ein hohes I<sup>2</sup>t zu erreichen, 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<sup>2</sup>t-Werte aufweisen.

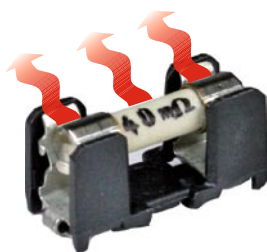
	Träge	Flink
100 Pulse	0.5	0.6
10 000 Pulse	0.29	0.49
1 Mio. Pulse	0.19	0.42

**Tabelle 2: Alterungsfaktoren träger und flinker Sicherungstypen bei unterschiedlicher Anzahl von Einschaltpulsen.**

### 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 Sicherungshalter, die nach der Norm IEC 60127-6 zugelassen sind, werden unter anderem 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 Sicherungshalter gemäss UL 512 und CSA C22.2 no. 39 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:

IEC verwendet eine Dummy-Sicherung, beispielsweise 40 mΩ = 4.0 W / (10 A)<sup>2</sup> (Abbildung 4). Diese Dummy-Sicherung und der Kontaktwiderstand zwischen Sicherung und Clip erzeugen Wärme. Der Sicherungshalter muss diese Bedingung 500 Stunden aushalten können und berührbare Teile dürfen sich nicht über 85°C erwärmen.



**Abbildung 4: IEC Test mit Dummy-Sicherung**



**Abbildung 5: UL/CSA-Test mit Silberrohr**

UL/CSA hingegen verwendet ein Silberrohr mit ≈0Ω (Abbildung 5). Dabei wird Wärme nur beim Kontaktwiderstand zwischen Sicherung und Clip erzeugt. Dies 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 minimale/maximale Schmelzzeiten. Die Norm der Sicherungshalter (IEC 60127-6) prüft thermische Eigenschaften wie Temperaturbedingung bei Nennleistung und -strom während 500 Stunden Betriebszeit. Daraus resultiert, dass der Kunde eigene Berechnungen durchführen muss, wobei sich folgender Ansatz bewährt hat: Als Beispiel dient ein Betriebsstrom von 5 A @ 60°C. Durch die erhöhte Temperatur im Sicherungshalter muss das «Derating», wie bei Punkt 1 beschrieben, berücksichtigt werden. Im Beispiel entspricht dies für Standardsicherungen einem «Derating» von etwa 20 %, das heisst, einem gerundeten Sicherungswert von 6.3 A (5 A / 0.8).



Die Verlustleistung der Sicherung wird mit dem Nennstrom und mit Hilfe des typischen Spannungsfallwertes (Spannung über der Sicherung bei Nennstrom) gemäss Katalog berechnet. Keramiksicherungen, wie beispielweise die SPT 5x20, 6.3 A, besitzen einen typischen Spannungsfallwert von 70 mV bei Nennstrom.

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

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

Bei einem Sicherungshalter, beispielsweise einem FPG1, mit einer Nennleistungsaufnahme von 2.5 W @ 10 A muss die empfohlene Deratingkurve, wie sie in Abbildung 6 dargestellt ist, einbezogen werden. Bei 60°C und einem Betriebsstrom von 5 A verwendet man die Linie  $I = \ll I_n$ , weil der Betriebsstrom 5 A und der IEC-zugelassene Strom des Sicherungshalters 10 A beträgt. Im Beispiel ergibt sich daraus eine maximale Nennleistungsaufnahme  $P_{\text{Sicherungshalter}}$  von 1.3 W.

Der Kontaktwiderstand  $R_c$  zwischen Sicherung und Clip beträgt gemäss IEC-Norm maximal 5 mΩ. Die Verlustleistung lässt sich mit folgender Formel berechnen:

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

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

Ein Vergleich stellt sicher, dass die Dimensionierung korrekt ist.

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

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

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

Die Kombination ist korrekt ausgelegt, wenn

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

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.

Trotz Berücksichtigung der genannten Auswahlkriterien sind ausführliche Tests auch unter «Worst Case»-Bedingungen unerlässlich, um einen sicheren Betrieb in Geräten und Anlagen zu gewährleisten.

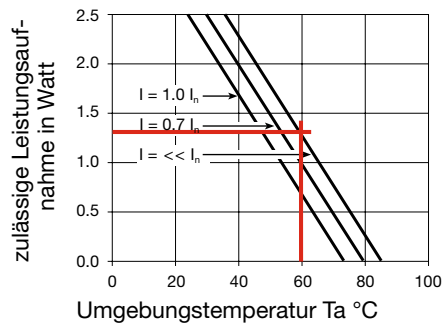
Sicherungen von SCHURTER finden Sie auf [www.schurter.com/pg01\\_2](http://www.schurter.com/pg01_2)

Product Marketing  
Division Components  
SCHURTER Group  
Werkhofstrasse 8-12  
6002 Luzern  
contact@schurter.ch  
www.schurter.com

### Unternehmen

SCHURTER ist ein international führender Innovator und Produzent von Sicherungen, Gerätesteckern, Geräteschutzschaltern, Eingabesystemen und EMV-Produkten sowie Dienstleister für die Leiterplattenbestückung der Elektronikindustrie.

Kunden von SCHURTER sind Hersteller von Computer- und Peripheriegeräten, Apparaten, Instrumenten, Geräten der Telekommunikationsindustrie sowie Unternehmen aus dem Anlagenbau, der Medizinaltechnik, der Industrieautomation, der erneuerbaren Energietechnik, der Luft- und Raumfahrt und Produzenten von Hobby-, Haushalt- und Gartengeräten.



**Abbildung 6: Derating-Kurve eines geschlossenen Sicherungshalters am Beispiel FPG1.**



0165.0606 / 10.11