

Auszug aus der Wickmannpublikation "Fuseology"

im folgenden Abschnitt erläutert werden, kann eine Sicherung mit dem Kennzeichen CSA-Certification weder die VDE- noch die SEMKO-Zulassung erhalten.

**SEMKO Approval:** Diese von dem schwedischen Prüfinstitut vergebene Zulassung garantiert, dass eine Sicherung oder ein Sicherungshalter unter genauer Einhaltung der Vorschriften der IEC 60127 hergestellt wurde. Aus Gründen, die im folgenden Abschnitt erläutert werden, kann eine Sicherung mit dem SEMKO-Kennzeichen weder eine UL-Listing noch CSA-Certification erhalten.

**VDE-Zeichen:** Diese von dem deutschen Prüfinstitut vergebene Zulassung garantiert, dass eine Sicherung oder ein Sicherungshalter unter genauer Einhaltung der Vorschriften der IEC 60127 hergestellt wurde. Aus nachstehend erläuterten Gründen konnte bis vor kurzem eine Sicherung mit dem VDE-Kennzeichen weder eine UL-Listing noch CSA-Certification erhalten.

**BSI Kitemark License:** Diese von dem britischen Prüfinstitut vergebene Zulassung garantiert, dass eine Sicherung unter genauer Einhaltung der Vorschriften der IEC 60127 (BS 4265) hergestellt wurde. Aus Gründen, die im folgenden Abschnitt erläutert werden, kann eine Sicherung mit dem BSI-Kennzeichen weder eine UL-Listing noch CSA-Certification erhalten.

**Dentori Approval:** Diese vom Japan Electrical Testing Laboratory vergebene Zulassung garantiert, dass eine Sicherung unter genauer Einhaltung der Vorschriften der japanischen Norm MITI 248-14 hergestellt wurde. Dieses Dokument entspricht der UL 248-14 mit subtilen Unterschieden hinsichtlich der Kriterien Nennspannung und Ausschaltvermögen.

**UL Recognition:** Das Component-Recognition-Programm von UL ermöglicht die Prüfung von Bauelementen (einschl. Sicherungen und Halter), für die keine UL-Norm existiert oder bei denen nur bestimmte Abschnitte einer bestimmten UL-Norm Anwendung finden. Eine Sicherung oder ein Sicherungshalter können UL zur Prüfung gemäss herstellereffizienter Kriterien eingereicht werden. Werden in der Prüfung grundsätzliche Anforderungen erfüllt und das Bauelement funktioniert wie vorgesehen, kann es die Zulassung UL Recognition erhalten. Sicherungen nach der Europäischen Sicherungsnorm IEC 60127 (mit SEMKO-, VDE- und/oder BSI-Approbationen) sind technisch qualifiziert, die Zulassung UL Recognition zu beantragen.

**c-UL Listing:** Diese Zulassung entspricht der CSA Certification. Da UL vom Standards Council of Canada als Zertifiziertes Unternehmen und Prüforganisation anerkannt wurde, kann das Institut Bauelementprüfungen nach gültigen kanadischen Normen durchführen. Diese Zulassung garantiert die genaue Einhaltung der jeweiligen kanadischen Bauelementnorm und ist technisch der CSA Certification gleichzusetzen.

**c-UL Recognition:** Diese Approbation entspricht der vom CSA-Component-Acceptance-Programm angebotenen Zulassung. Werden in der Prüfung grundsätzliche kanadische Sicherheitsvorschriften erfüllt und das Bauelement funktioniert wie vom Hersteller angegeben, kann es die Zulassung c-UL Recognition erhalten. Wie bei der UL Recognition, werden im Prüfbericht "Eignungsbedingungen" aufgeführt.

**c-UL-us Listing:** Diese Approbation fasst UL Listing und c-UL Listing in einer einzigen Zulassung zusammen, die in den USA und Kanada gültig ist. Diese Zulassung garantiert die genaue Einhaltung der jeweiligen Bauelementnormen.

**c-UL-us Recognition:** Diese Approbation fasst UL Recognition und c-UL Recognition in einer einzigen Zulassung zusammen, die in den USA und Kanada gültig ist. Wie bei der UL Recognition, werden im Prüfbericht "Eignungsbedingungen" aufgeführt.

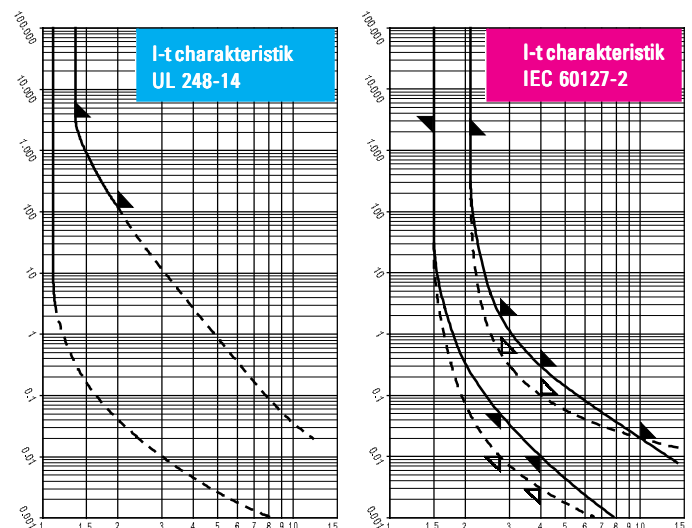
**UMF Tulip Mark:** Dieses Kennzeichen gilt für Modulare Universalsicherungen (UMF), für die Einhaltung der Vorschriften nach IEC 60127-4 festgestellt wurde. Es ist jetzt möglich, ein echtes UL-Listing und Europäische Approbationen für eine UMF-Sicherung zu erhalten.

Für jede Sicherung und jeden Sicherungshalter haben wir das gültige WICKMANN-Aktenzeichen der jeweiligen Sicherheits-prüfstelle angegeben. Die Prüfstellen benötigen dieses Aktenzeichen für die Produktbewertung.

**VERGLEICH UL/CSA - IEC**

Zwischen den Anforderungen der Norm UL 248-14/CSA 248.14 und der Sicherungsnorm IEC 60127 bestehen signifikante Unterschiede. Obwohl beide Regelwerke vieles gemeinsam haben, was die Beschreibung der physikalischen Abmessungen und verwendeten Werkstoffe betrifft, gibt es fundamentale Gegensätze zwischen den Normen, wenn es um die Bestimmung der Schmelzcharakteristika der Sicherungen geht. Allein diese Gegensätze machen es unmöglich, eine elektronische Sicherung zu bauen, die *all* diesen Normen *in vollem Umfang* entspricht. Wissen um diese fundamentalen Unterschiede versetzen den Konstrukteur in die Lage, für eine bestimmte Anwendung einen zugelassenen Sicherungstyp korrekt auszuwählen. Da gewöhnlich die Sicherung zu den letzten im Konstruktionsprozess festgelegten Bauelementen gehört, kann dieses Wissen viel Zeit bei der Produktzulassung einsparen helfen.

**Zeit-Strom-Kennlinien**



UL & IEC Zeit-Strom-Kennlinien

Abbildung 1

Der Nennstrom ( $I_{Rat}$ ) einer elektrischen Sicherung in einem Stromkreis muss gleich oder größer dem Dauerstrom sein. Der auf einen Sicherungstyp wirkende maximal zulässige Dauerstrom schwankt wie folgt:

Norm	Spannung	Zulässiger Dauerstrom (bei 23°)
UL/CSA	250V	< 75% x I <sub>Rat</sub>
UL/CSA	125V	< 70% x I <sub>Rat</sub>
IEC	250V	< 100% x I <sub>Rat</sub>
IEC	125V	< 70% x I <sub>Rat</sub>
IEC (UMF)	32V-250V	< 80% x I <sub>Rat</sub>

Dies bedeutet, dass UL/CSA-Sicherungen um mindestens 35%-40% überdimensioniert werden müssen, wohingegen IEC-Sicherungen (für 250V) kontinuierlich mit voller Nennleistung belastet werden können. Diese Überdimensionierung ist erforderlich, um als Gegensatz zu dem streng kontrollierten Laborumfeld „reale“ Betriebsbedingungen zu simulieren. Dieser Faktor gleicht Leitungsschwankungen, geschlossene Sicherungshalter, Luftbewegungen, Abweichungen bei Draht- und Lötbahnabmessungen und unterschiedliche Kontaktwiderstände aus. Diese unterschiedliche Definition von Nennstrom bedeutet, dass eine IEC-Sicherung von 1,0A ungefähr einer 1,4A UL/CSA-Sicherung entspricht. Die größtmäßig korrekte Auslegung ist beim Austausch von Sicherungen von größter Wichtigkeit, da eine falsche Sicherung Fehlauslösungen (zu klein bemessen) oder mögliche Brandgefahren (zu groß bemessen) verursachen kann.

Jede Sicherungsnorm gibt ebenfalls Grenzwerte der Zeit-Strom-Charakteristika für die Dauerbelastbarkeit und Schmelzzeit vor. Zeit-Strom-Charakteristika für die Dauerbelastbarkeit bestimmen die Mindestzeit, in der eine Sicherung einen bestimmten Strom führen muss, ohne dass sie anspricht. Haltezeit ist die zulässige min. Zeitspanne, in der eine Sicherung einen bestimmten Strom führen sollte, bevor sie anspricht. Eine Zusammenfassung dieser Kennwerte wird auf Seite 6 gegeben. Bei den mit einem \* gekennzeichneten Haltezeiten erfolgt die Temperaturstabilisierung des Schmelzelements.

**Abmessungen**

Die UL/CSA-Norm schreibt keine Abmessungen für zylindrisch geformte Geräteschutzsicherung vor; bei den Kleinstsicherungen dürfen Hauptabmessungen jedoch 10 mm nicht überschreiten. In der IEC 60127-2 sind für die G-Sicherungen ausschließlich die Abmessungen 5x20mm und 6.3x32mm vorgesehen. Die IEC 127-3 behandelt drei Ausführungen von Kleinstsicherungen vergleichbar mit der hier erwähnten Picofuse sowie den Typen TR3 und TR5. Die IEC 60127-4 beinhaltet ausschließlich radial bedrahtete Kleinstsicherungen und oberflächenmontierbare Sicherungen. Die Nennspannung bestimmt den Abstand der Anschlüsse. Alle Abmessungen einschließlich Gehäuseform und Abstand der Anschlüsse werden ausführlich aufgeführt.

**Bemessungsstrom**

UL/CSA empfiehlt lediglich typische Bemessungsströme bis zu maximal 60A in der Kategorie „Austauschbare Sicherungen“. Es bleibt dem Hersteller überlassen, welche Abstufungen er verwenden möchte. UL- und CSA-Approbationen gelten für einen Bemessungsstrombereich (min-max). IEC 60127 enthält spezifische Bemessungsstromangaben (d.h. 1A, 2A, 3,15A) für Herstellung und Prüfung zwecks Zulassung. Der in IEC 60127 spezifizierte maximale Bemessungsstrom beträgt 6,3A. Dementsprechend

können Sicherungen mit einem Nennstrom von über 6,3A keine europäische Approbation erhalten. Für sie gilt die Einstufung „nicht normgerechte Bemessungsströme“. Wird eine Sicherung mit einem höheren Bemessungsstrom (>6,3A) in einem Geräte eingesetzt, könnte dies eventuell nur eine anwendungsspezifische Approbation erhalten. Zusatzprüfungen können durchgeführt werden und die Approbation selbst kann bestimmte Bedingungen enthalten.

**Ausschaltvermögen**

Die hinsichtlich des Ausschaltvermögens in jeder Norm gestellten Anforderungen sind nachfolgend aufgeführt:

Norm	Spannung (VAC)	Test Strom (A)	Sicherungstyp
UL	32	1000	Flachsicherungen
UL/CSA	125	50	Kleinstsicherungen
UL/CSA	125	10000	G-Sicherungen
UL/CSA	250	35	G-Sicherungen (0-1A)
UL/CSA	250	100	G-Sicherungen (1-3,5A)
UL/CSA	250	200	G-Sicherungen (3,6-10A)
UL/CSA	250	750	G-Sicherungen (10,1-15A)
UL/CSA	250	1500	G-Sicherungen (15,1-30A)
IEC 60127-2	250	35 oder 10 x I <sub>rat</sub>	G-Sicherungen (LBC)
IEC 60127-2	250	150	G-Sicherungen (EBC)
IEC 60127-2	250	1500	G-Sicherungen (HBC)
IEC 60127-3	250	35 oder 10 x I <sub>rat</sub>	Kleinstsicherungen
IEC 60127-3	125	50	Kleinstsicherungen
IEC 60127-4	32, 63	35 oder 10 x I <sub>rat</sub>	Kleinstsich., SM
IEC 60127-4	125	50 oder 10 x I <sub>rat</sub>	Kleinstsich., SM
IEC 60127-4	250	100	Kleinstsich., SM
IEC 60127-4	250	500	Kleinstsich., SM
IEC 60127-4	250	1500	Kleinstsich., SM

**Schaltvermögen - Kriterien**

*Tabelle 3*

Im Normalfall werden nur 1500A-Sicherungen mit keramischem Gehäuse (HBC) für den Einsatz in Produkten empfohlen, die direkt mit dem Wechselstromnetz verbunden sind. Es ist jedoch möglich, als Ersatz Sicherungen mit erhöhtem Schaltvermögen in Stromkreisen einzusetzen, wo bekanntermaßen der maximale Kurzschlussstrom 150A nicht übersteigt.

**Leistungsfaktor**

Bei Kleinstsicherungen nach UL/CSA-Standard und solchen nach IEC 60127-3 erfolgt die Prüfung des Ausschaltvermögens bei einem Leistungsfaktor von 0,95 bis 1,0. Prüfanordnungen bei Geräteschutzsicherungen nach UL/CSA und IEC 60127-2 wenden einen Leistungsfaktor von 0,7-0,8 an, ausgenommen Glassicherungen nach IEC 60127-2. Bei Typen mit diesem kleinen Schaltvermögen werden Prüfungen mit einem Leistungsfaktor von 1,0 durchgeführt. Die nach IEC 60127-4 erforderlichen Leistungsfaktoren variieren mit der Schaltvermögensangabe.

**Belastungsprüfungen**

Alle gemäß IEC 60127 zugelassenen Sicherungen sind Dauerprüfungen zu unterziehen. Geräteschutzsicherungen werden mit 120% Bemessungsstrom (100% bei TR5-Sicherungen) in 100 Testzyklen geprüft, anschließend eine Stunde lang bei 150% Bemessungsstrom. Prüfungen der Picofuse und TR3-Sicherungen erfolgen bei 80% des

Bemessungsstroms und dauern 100 Stunden. Nach den Tests muss weiterhin der Stromdurchgang gewährleistet sein und die Sicherung darf einen max. Spannungsfallanstieg von 10% aufweisen. Alle trägen Sicherungen werden nach IEC 60127 eine Stunde lang bei einer Umgebungstemperatur von 70°C getestet. Während des Tests dürfen die Sicherungen nicht ausschalten. Nach den UL/CSA-Normen werden diese Parameter nicht getestet.

## Sonstiges

In der IEC 60127 sind maximale Spannungsfall- und Verlustleistungswerte für alle Bemessungsströme angegeben. Nach den UL/CSA-Normen sind diese Parameter nicht erforderlich.

## Modulare Universal-Sicherungseinsätze (IEC 60127-4)

Zur Unterstützung der Bemühungen der Hersteller, Produkte für globale Märkte zu bauen, wurde 1996 eine einheitliche Sicherungsnorm herausgegeben, die bei den Sicherheitsorganisationen sowohl in Nordamerika als auch in Europa Akzeptanz fand. Hiermit wurde es möglich, für einen einzigen Sicherungstyp weltweite Approbationen wie UL und VDE zu erlangen. Spezifische Abmessungen, Layouts für Leiterplatten und elektrische Bemessungsdaten werden festgelegt. Die Abstufungen bei der Bemessungsspannung betragen 32V, 63V, 125V und 250V. Eine Lötbarkeitsprüfung der Anschlüsse (Leitungen und SM Pads) ist ebenfalls vorgeschrieben. Es ist zu beachten, dass die Zeit-Strom-Charakteristika bei 125%, 200% und 1000% des Bemessungsstroms geprüft werden (was eine korrekte Auswahl weiterhin erschwert). Derzeit bietet WICKMANN oberflächenmontierbare Chip-Sicherungen (Nr. 446) an, die der IEC 60127-4 entsprechen.

**CE** Das CE-Zeichen drückt lediglich die Konformität zu Richtlinien im Rahmen der technischen Harmonisierung in der EU aus. Somit ist das CE-Zeichen keine qualitäts- oder normgerechte Approbation, sondern ein administratives Symbol. WICKMANN-Produkte entsprechen den Niederspannungs-Richtlinien 73/23/EWG und 93/68/EWG. Dies gilt für Komponenten mit Betriebs- oder Nennspannungen zwischen 50VAC und 1000VAC oder 75VDC und 1500VDC. Das CE-Zeichen wird laut Richtlinie nur auf der Verpackungsbox der Sicherung oder des Halters angebracht.

## QUALITÄTSSICHERUNG

Alle weltweit angesiedelten Produktionsstätten von WICKMANN haben die Zertifizierung als Hersteller gemäß ISO 9000 beantragt und erhalten. Die Herstellung von hochwertigen Schutzkomponenten für Stromkreise erfordert umfangreiches Wissen und langjährige Erfahrung. Die ISO-9000-Normenreihe genießt internationale Reputation und wird als Hauptreferenz für Qualitätssicherungssysteme betrachtet. "ISO-zertifiziert" bedeutet, dass die von einem Unternehmen zur Bestellungsannahme, Anforderungsprüfung, kfm. Abwicklung, Auslegung, Herstellung, Prüfung und Lieferung des Produkts verwendeten Prozesse laut Feststellung eines unabhängigen Prüfers den Vorschriften der DIN ISO 9001 entsprechen oder diese übertreffen. Eine Kopie unserer aktuellen ISO-Zertifizierung steht zur Verfügung.

Vorprodukte werden stichprobenweise in Übereinstimmung mit IEC 410 (MIL STD 105D, ISO 2859) geprüft. Während der

Herstellung erfolgen statistische Prozesssteuerungen (SPC) sowie Fertigungs-Prozesssteuerungen. Nach Abschluss des Herstellungsprozesses durchlaufen alle Sicherungen eine 100%-Kaltwiderstandsprüfung. Für die hergestellten Teile gilt als Endprüfung die Prüfstufe II mit einer annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) von 0,25 oder 0,4 gemäß IEC 2859 T1, wobei wir unterscheiden zwischen:

**Kritische Fehler** es besteht Gefahr für Leib und Leben, wobei Sicherheitsgründe außer acht bleiben (d.h. kein Auslösen innerhalb der vorgeschriebenen Zeit-Strom-Grenzen).

**Wesentliche Fehler** beeinträchtigen die Verwendung der Sicherung (d.h. falsche Markierung oder Abmessungen außerhalb der Toleranzen).

**Sekundäre Fehler** beeinträchtigen das Aussehen, jedoch nicht den normalen Betrieb.

Die Prüfung der Zeit-Strom-Charakteristika erfolgt gemäß Prüfstufe S4 mit einer Gesamt-AQL von 0,65. Da es sich hierbei um eine zerstörende Prüfung handelt, werden Extremwerte festgestellt. Der Prüfstrom wird dem Sicherungsnennstrom angepasst, für Kaltwiderstandsmessung  $0,1 \times I_{Rat}$  für Spannungsfallmessungen  $1,0 \times I_{Rat}$ . Prüfbescheinigungen pro Kommission und Losnummer gibt es für Sicherungen, die in Industrieverpackung versandt werden.



## VERANTWORTLICHKEIT DES HERSTELLERS

Für die Produktsicherheit des Gerätes und Zuverlässigkeit des Sicherungseinsatzes ist eine korrekte Auswahl wichtig. Nur wenn die richtige Auswahl getroffen wird und der Einsatz unter Berücksichtigung der Sicherheitsgrundsätze erfolgt (d.h. Menschen, Tiere und Werte sind gegen Gefahren zu schützen), kann die Sicherung ihrer Schutzfunktion nachkommen. VDE 0022 Abschnitt 2.3.5 Selbstverantwortlichkeit des Herstellers elektrischer Geräte gibt folgenden Hinweis: "Wer sich mit der Errichtung elektrischer Anlagen oder der Herstellung elektrischer Betriebsmittel, sowie mit dem Betrieb von Anlagen oder Betriebsmitteln befasst, ist nach herrschender Rechtsauffassung in jedem Fall für die Einhaltung der anerkannten Regeln der Elektrotechnik selbst verantwortlich." Vor dem Einsatz von WICKMANN Produkten in besonderen Umgebungen, wie z.B. bei hohen Umgebungstemperaturen, im fliegenden Gerät oder unter Verguss wenden Sie sich bitte an unser Serviceteam Tel.Nr.: +49 (2302) 662-107.

**Zweck der Sicherungen**

Sicherungseinsätze schützen elektrische Geräte und Komponenten gegen Überströme und Kurzschlüsse. Dies geschieht automatisch durch Abschmelzen eines Schmelzleiters, durch den ein Fehlerstrom fließt. Es wird eine nicht reversible, physikalische Trennung herbeigeführt, die den Stromfluss durch den Leiter unterbricht. Sicherungseinsätze werden so bemessen, dass sie den Stromfluss zuverlässig unterbrechen, wenn eine vorbestimmbare Größe für eine bestimmte Dauer erreicht wird. Im Stromkreis bleibt die Sicherung praktisch unbemerkt.

Eine optimale Anpassung der Sicherungsmerkmale an die Schutzanforderungen eines Gerätes ist im Interesse der Sicherheit des Endanwenders und der maximalen Nutzbarkeit anderer Stromkreisbauelemente unverzichtbar. Zur Minimierung von Folgeschäden und Einhaltung der aktuellen elektrotechnischen Anforderungen und Standards, haben wir in den folgenden Abschnitten Auswahl- und Anwendungskriterien für elektronische Sicherungen zusammengestellt.

**Bemessungsspannung**

Die Bemessungsspannung der verschiedenen Sicherungstypen ist in Normen festgelegt. Eine Sicherung kann mit jeder beliebigen Spannung unterhalb der Bemessungsspannung betrieben werden. Diese Nenngrößen geben an, dass eine Sicherung Fehlerströme in einem Stromkreis zuverlässig unterbrechen wird, in dem die Betriebsspannung gleich oder geringer ist als die Bemessungsspannung der Sicherung. Da Sicherungen lediglich auf Stromänderungen im Stromkreis reagieren, spielen Bemessungsspannung und verfügbare Leistung erst eine Rolle, wenn der Schmelzleiter tatsächlich abgeschmolzen ist. Die Bauweise der Sicherung muss gewährleisten, dass die Spannung in einem offenen Stromkreis keinen Lichtbogenüberschlag zu offenen Sicherungsanschlüssen verursachen kann. Die IEC-Normen schreiben vor, dass eine Verhüllspannung über 30 Sekunden nach Unterbrechung des Stromflusses angelegt sein muss, ohne dass ein Lichtbogenüberschlag erfolgt, oder dass der Isolationswiderstand der abgeschmolzenen Sicherung mindestens 0,1 MOhm betragen muss. Deshalb muss die *Bemessungsspannung der Sicherung mindestens gleich oder größer sein als die Betriebsspannung* des Geräts.

**Spannungsfall**

Der maximale Spannungsfall über einer Sicherung entspricht den in den Normen festgelegten Spezifikationen. Er hängt von der Sicherungsbauart ab und wird bei 100% Bemessungsstrom gemessen.

Ein Schmelzelement besteht im allgemeinen aus einem dem Stromfluss Widerstand entgegengesetzten dünnen Draht oder Metallfilm. Aufgrund dieses Widerstands erfolgt ein geringer Spannungsfall über den Sicherungsanschlüssen. In den meisten Fällen kann dieser Spannungsfall ignoriert werden, da er verglichen mit der Betriebsspannung des Stromkreises unbedeutend ist. Wichtig dagegen ist der *interne Spannungsfall von Sicherungen mit niedrigen Bemessungsströmen* (50 mA, 63 mA etc.), *speziell in Stromkreisen mit niedrigen Betriebsspannungen*. Sicherungen mit niedrigen Bemessungsströmen zeigen aufgrund der extrem kleinen Querschnittsbereiche der Schmelzelemente einen höheren Spannungsfall. Spannungsabfälle bei 100% Bemessungsstrom werden für die meisten Sicherungstypen aufgeführt.

**Bemessungsstrom**

Der Bemessungsstrom einer Sicherung kennzeichnet ihre Stromtragfähigkeit, basierend auf kontrollierten Prüfbedingungen. Wird die Sicherung einem Stromfluss ausgesetzt, der ihren Bemessungsstrom für eine vorbestimmbare Zeitspanne übersteigt, soll sie den Stromkreis zuverlässig unterbrechen. Um Fehlauflösungen zu vermeiden und Stromkreise effektiv zu schützen, muss *der Bemessungsstrom einer Sicherung gleich/größer sein als der Vollast-Betriebsstrom des Kreises und niedriger als der niedrigste Überlaststrom*.

Der Nennbetriebsstrom eines Geräts entspricht der Größe der Stromaufnahme (in Ampere eff.) nach dem Einschalten, Aufwärmen und bei anschließendem Normalbetrieb. Bei der Bestimmung des Vollast-Dauerstroms eines Stromkreises sind mögliche Schwankungen der Versorgungsspannung zu berücksichtigen. Bei Einschaltströmen oder sich periodisch wiederholenden Impulsen ist zur Bestimmung der erforderlichen Bemessungsströme der Abschnitt über Schmelzintegrale zu beachten.

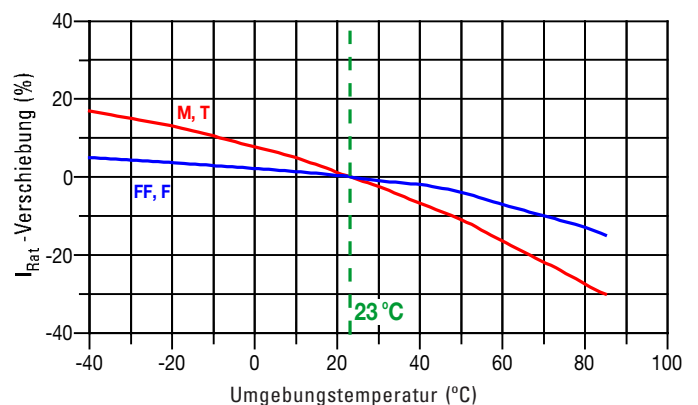
Wird eine nach UL-Norm gefertigte Sicherung durch eine gleich ausgelegte, nach IEC 60127 hergestellte ersetzt, ist das verlässliche Ausschalten der Sicherung nicht mehr gewährleistet. Grund hierfür ist die unterschiedliche Definition von Bemessungsstrom in den Normen. Eine mit Bemessungsstrom belastete UL-Sicherung soll im Endeffekt ausschalten, wohingegen eine IEC-Sicherung unter ähnlichen Bedingungen kontinuierlich arbeiten soll. Wissen um diese Definitionsunterschiede ist bei der Auswahl der richtigen Sicherung und ihres Bemessungsstroms unverzichtbar.

Betriebs-Umgebungstemperatur und Kontaktwiderstand der Sicherung sind ebenfalls bei der Bestimmung des Bemessungsstroms zu berücksichtigen.

**Temperatur**

Umgebungstemperatur bezieht sich auf die unmittelbar (1 cm) an der Sicherung vorhandene Lufttemperatur und ist nicht mit der Raumtemperatur zu verwechseln. Die Umgebungstemperatur der Sicherung ist in vielen Fällen höher, da sie eingebaut oder in der Nähe wärmeerzeugender Komponenten wie Widerstände, Trafos etc. angeordnet ist. Um einen vorzeitigen Sicherungsausfall zu vermeiden, sollte die Umgebungstemperatur 70 °C nicht überschreiten.

Der Kontaktwiderstand zwischen Sicherung und ihren Anschlüssen kann zusätzlich Wärme im Bereich der



Derating des Nennstroms

Abbildung 2

Anschlüsse erzeugen. Sicherungsclips, -halter, Anschlüsse und Lötbahn sind ausreichend zu dimensionieren, um den Kontaktwiderstandseffekt zu minimieren. Einzelheiten sind *Tabelle 4* zu entnehmen.

Höhere Umgebungstemperaturen belasten ein Schmelzelement stärker. Da vorliegende technische Daten auf einer Normumgebungstemperatur von 23 °C basieren, könnte entweder eine Zwangskühlung oder Derating der Sicherung notwendig werden, um bei höheren Umgebungstemperaturen zuverlässige Funktion zu gewährleisten. Derating bezeichnet die Auswahl einer Sicherung mit höherem Bemessungsstrom, so dass sie in einem Umfeld bei *über 23 °C* betrieben werden kann. Typische Derating-Kriterien sind in *Abb. 2* dargestellt.

## Widerstand

Der Widerstand einer Sicherung ist der gemessene Spannungsfall geteilt durch den angelegten Prüfstrom. Verglichen mit den Gesamtwiderständen im Stromkreis ist dieser gewöhnlich unbedeutend; *werden Sicherungen mit niedriger Stromstärke in Niederspannungskreisen eingesetzt, sollte der Sicherungswiderstand jedoch berücksichtigt werden.*

Bei Sicherungen werden sowohl der Kalt- als auch der Warmwiderstand angesprochen. Der tatsächliche Betriebspunkt einer Sicherung liegt normalerweise zwischen diesen Kalt- und Warmwiderstandswerten.

Der Kaltwiderstand wird bei maximal 10% des Bemessungsstroms der Sicherung gemessen. Er bleibt bei und unter 10% des Bemessungsstroms nahezu konstant. Dieser Parameter ist somit ein ausgezeichneter Prädiktor der Sicherungsqualität bei Messungen in einer Fertigungsstraße. Der Warmwiderstand wird anhand des stabilisierten Spannungsfalls über der Sicherung bei 100% Bemessungsstrom errechnet. Angaben zum Kaltwiderstand einzelner Sicherungstypen stehen auf Wunsch zur Verfügung.

## Zeit-Strom-Kennlinien

Den für die Sicherung geeigneten Mindestbemessungsstrom erhält man durch Aufrundung des errechneten Wertes auf die in den jeweiligen Datenblättern aufgeführten standardisierten oder typischen Bemessungsstromwerte. Die für jede Sicherungsbaureihe dargestellten Zeit-Strom-Kennlinien sind grafische Darstellungen der Schmelzzeit als Funktion des Fehlerstroms. Die Schmelzzeit ist die Zeitspanne, die zwischen dem Beginn eines das Schmelzelement zerstörenden Stromflusses und dem Entstehen des Lichtbogens vergeht. Die Schmelzzeit umfasst die eigentliche Abschmelzzeit der Sicherung sowie die Erwärmungszeit.

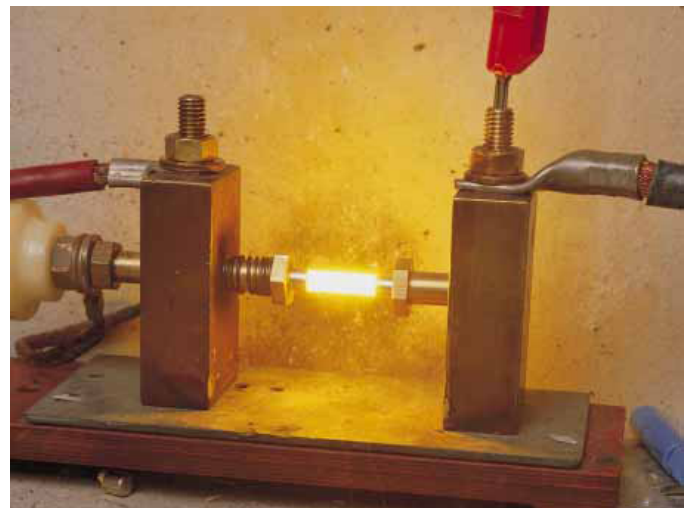
Die Zeit-Strom-Charakteristik kennzeichnet den Zusammenhang zwischen Schmelzzeit und Fehlerstrom-größe. Die Schmelzzeit wird ausgedrückt in Sekunden auf der vertikalen Y-Achse. Das Verhältnis,  $I_{\text{Fehler}} / I_{\text{Rat}}$  (Fehlerstromgröße geteilt durch Bemessungsstrom der Sicherung), wird ausgedrückt als reine Zahl (keine Dimension) auf der horizontalen X-Achse. Die Abschaltkurven werden als Begrenzungsrahmen für alle aufgeführten Bemessungsströme dargestellt. Die obere Kurve beschreibt die maximale Abschaltzeit, die untere Kurve die Mindest-Abschaltzeit. Der Bereich zwischen den beiden Kurven kennzeichnet die Spanne der Abschaltzeiten für alle Bemessungsströme einer bestimmten Sicherungsbaureihe. Für normgerechte Sicherungen werden diese Kurven in der

jeweiligen Sicherungsnorm festgelegt. Einzelkurven sind für jeden Bemessungsstrom verfügbar und werden auf Wunsch geliefert.

Diese Kurven ermöglichen die Festlegung des Sicherungstyps und Bemessungsstroms für eine Anwendung. Mit ihrer Hilfe soll sichergestellt werden, dass *das Sicherungsverhalten allen bekannten Einschalt- und Betriebsbedingungen des Stromkreises gerecht wird.*

## Ausschaltvermögen

Das Ausschaltvermögen einer Sicherung ist das Maß des maximalen Fehlerstroms, bei der die Sicherung *auf sichere Weise* unterbricht, ohne dass sie explodiert, zerstört wird oder Brand verursacht. Im Fehler- oder Kurzschlussfall kann die Sicherung einem Überstrom ausgesetzt werden, der ihren Bemessungsstrom bei weitem übersteigt. Die Sicherung stellt diesen Stromflussanstieg sofort fest, das Element erhitzt sich und schmilzt ab. Die Sicherung muss diesen Stromfluss zuverlässig unterbrechen und mögliche Lichtbogenüberschläge verhindern, bevor bei schwerwiegenden Fehler- und Kurzschlussbedingungen nachgeschaltete Verbraucher beschädigt werden können.



Das Ausschaltvermögen einer Sicherung hängt ab von mehreren Faktoren wie Sicherungsbauart, Betriebsspannung, Stromart (AC oder DC) und Leistungsfaktor des Stromkreises. Sand oder Keramikscheiben in Geräteschutz- und Kleinstsicherungen können das maximale Ausschaltvermögen erhöhen. Diese Materialien dienen im Fehlerfall zur Wärmeverteilung über das gesamte Schmelzelement. Das Ausschaltvermögen einer Sicherung ist in DC-Systemen viel niedriger als in AC-Systemen. In einem AC-Stromkreis wird die Lichtbogenlöschung unterstützt durch den periodischen Durchlauf der Spannungs- und Strom-Sinuswellen durch Null. Dies bewirkt ein kurzzeitiges Ausschalten (Abkühlen) innerhalb des Sicherungsgehäuses. Da diese Wellencharakteristik in DC-Stromkreisen nicht vorliegt, könnte sich die Unterbrechung ähnlicher Fehlerströme als schwieriger herausstellen. Hinsichtlich der Lichtbogenlöschung verläßt man sich hier eher auf die speziellen Konstruktionsmerkmale des Sicherungsgehäuses. In AC-Stromkreisen kann der Leistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) ebenfalls das Lichtbogenlöschverhalten beträchtlich beeinflussen. Wird der Leistungsfaktor unter Eins abgesenkt, vermindert sich das Ausschaltvermögen der Sicherung entsprechend. Wird die Betriebsspannung des Regelkreises unter den

Bemessungsspannung der Sicherung abgesenkt, erhöht sich das Ausschaltvermögen der Sicherung nichtlinear.

In allen Fällen wird das Ausschaltvermögen aller hier aufgeführten Sicherungen bei spezifischen Werten für Spannung, Strom und Leistungsfaktor getestet.

**Schmelzintegral**

Die zum Abschmelzen eines spezifischen Schmelzelements erforderliche Wärmeenergie wird als Schmelzintegral bezeichnet und als Produkt von  $I^2t$  dargestellt. **Dieser Parameterwert betrifft die Sicherung selbst und wird von den verwendeten Baumaterialien bestimmt.** Laboruntersuchungen der einzelnen Sicherungsnennströme dienen zur Bestimmung des nominellen  $I^2t$ . Bei diesen Tests wird ein Fehlerstrom angelegt (gewöhnlich 10 x Bemessungsstroms der Sicherung), der zum Abschmelzen des Elements führt. Aus Studien geht hervor, dass das Schmelzintegral eines Elements konstant bleibt, wenn (1) keine Wärme von der Elementoberfläche an benachbarte Materialien abgegeben wird und (2) keine Wärme im Sicherungsgehäuse über Kontakte oder Anschlüsse abgeleitet wird. *Eine adiabatische Erwärmung* tritt ein, wenn das Element durch die gesamte Wärmeenergie komplett zum Abschmelzen gebracht wird. Nach Abschluss des Tests kann das Schmelzintegral leicht aus dem Quadrat des angelegten Fehlerstroms und Multiplikation mit der aufgezeichneten tatsächlichen Schmelzzeit berechnet werden. Dieser Wert ist von Temperatur- und Spannungsschwankungen unabhängig.

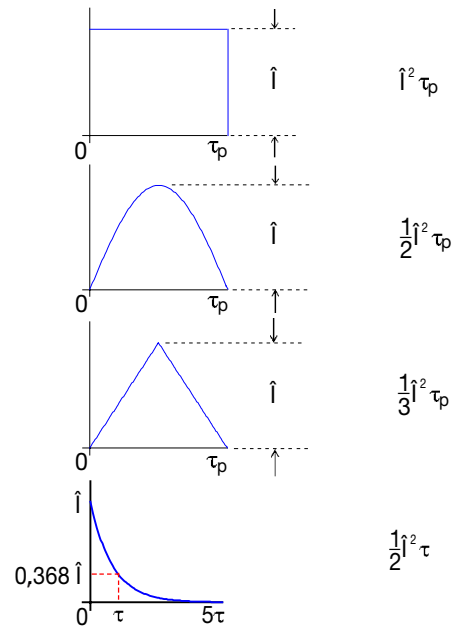
Für flinke Sicherungen werden hier *maximale* Schmelzintegrale angegeben. Flinke Sicherungen dienen zum Schutz von Geräten gegen kurzzeitige Fehlerzustände mit hoher Intensität. Einschaltüberspannung oder gepulste Ströme treten gewöhnlich nicht auf. Deshalb benötigt der Konstrukteur einen Bemessungsstrom, der zum Abschalten führt, bevor schwerwiegende Fehler auftreten. Ein Beispiel wäre der Schutz von Halbleiterbauteilen, die gegen jede Art von Überstrom empfindlich sind. Durch Auswahl einer Sicherung mit einem maximalen  $I^2t$ -Wert, der *niedriger* liegt als die  $I^2t$ -Bemessung des Halbleiters, ist gewährleistet, dass die Sicherung abschaltet, *bevor* Halbleiterelemente beschädigt werden.

Bei den trägen Sicherungen werden die Schmelzintegral-Mindestwerte aufgeführt. Für kapazitive oder induktive Stromkreise, in denen normalerweise Einschaltüberspannung, Einschaltströme, Stromstöße oder Pulsströme auftreten, wird eine träge Sicherung benötigt. Die Wahl einer Sicherung mit einem  $I^2t$ -Mindestwert, der ausreichend *größer* ist als die errechnete  $I^2t$ -Grenze der Einschwing- oder Pulswellenform, stellt sicher, dass die Sicherung keine Fehlabschaltung als Folge von Einschwing- oder Pulszuständen bewirkt.

Wird die Sicherung mit periodischen Einschalt- oder repetitiven Übergangsströmen beaufschlagt, die zur Erwärmung jedoch nicht zum Abschmelzen des Schmelzelements führen, können die durch die zyklische Ausdehnung und Schrumpfung des Schmelzelements verursachten Wärmespannungen zur mechanischer Ermüdung und zu vorzeitigem Ausfall führen. *Zur Festlegung des korrekten Bemessungsstroms ist eine Sicherung mit einem  $I^2t$ -Wert zu wählen, der gleich/ größer ist als der  $I^2t$ -Wert des Impulses multipliziert mit dem Pulsfaktor ( $F_p$ ).* Hierbei gilt folgende Formel:

$$I^2t_{Sich} \geq I^2t_{Puls} \times F_p$$

**Pulswellenform**



Zeit-Strom Integral

Abbildung 3

Aus *Abb. 3* kann ermittelt werden, welche Wellenform der Einschaltbedingung des Stromkreises am besten entspricht. Zur Berechnung des Schmelzintegrals ( $I^2t_{Puls}$ ) der Wellenform ist die entsprechende Formel aus *Abb. 3* zu verwenden. Die Genauigkeit dieser Berechnung ist durch Erstellung von 3 bis 6 Einschaltstrom-Oszillogrammen zu verbessern, wobei der aufgezeichnete maximale Einschalt-Spitzenstrom in der Berechnung verwendet wird. Die Höhe des Einschalt-Spitzenstroms ist abhängig von der Höhe der Versorgungsspannung im Moment des Einschaltens. Idealerweise sollte ein Oszillogramm des Einschaltstromes erstellt werden, bei dem das Einschalten des Stromkreises gleichzeitig mit der Wellenformspitze der Versorgungsspannung erfolgt. Der sich ergebende  $I^2t_{Puls}$  ist mit dem Pulsfaktor ( $F_p$ ) zu multiplizieren. Zur Bestimmung von  $F_p$  ist die Größe des Einschaltstroms oder anderer transienter Impulse abzuschätzen, die im Verlauf der Gerätelebensdauer auf die Sicherung wirken, sowie das ungefähre Zeitintervall zwischen den Impulsen. Das Pulsfaktor-Diagramm in *Abb. 4* dient zur Bestimmung von  $F_p$  entweder für eine flinke oder eine träge Sicherung.

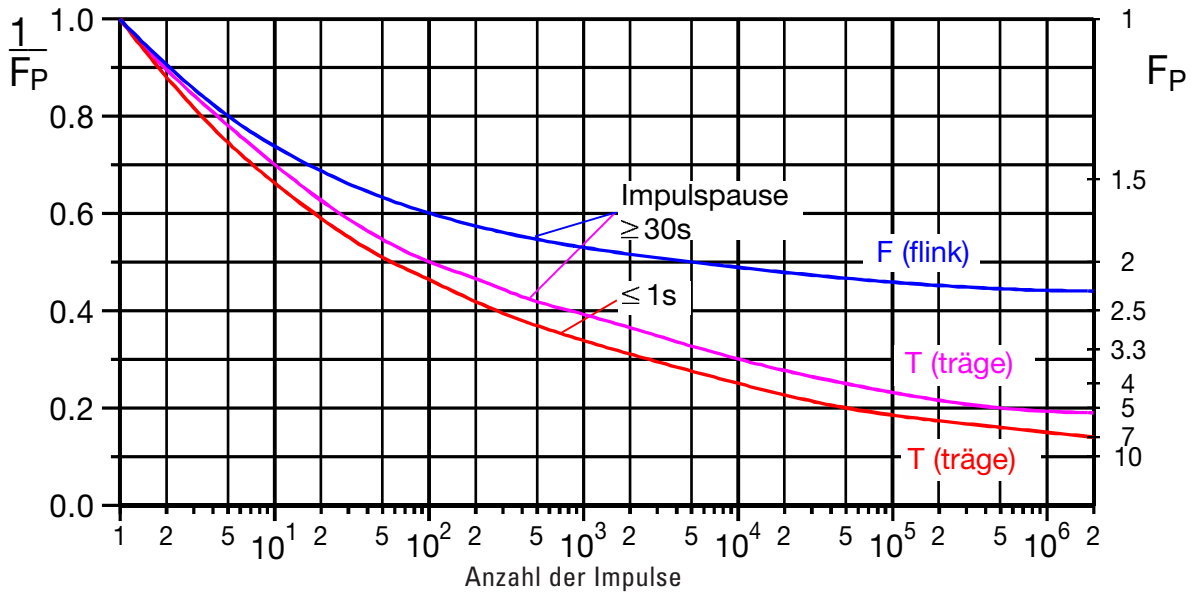
Das Produkt aus  $I^2t_{Puls}$  und  $F_p$  bestimmt den *anteiligen*  $I^2t$ -Wert der Einschaltstrom-Wellenform über die erwartete Lebensdauer des Geräts. Abschließend ist eine Sicherungsbemessung mit einem Mindest-Schmelzintegral ( $I^2t_{Sich}$ ) zu wählen, das diesen anteiligen Wert übersteigt.

Bei komplexeren Wellenformen oder höheren Pulswiederholfolgen (< 100ms Intervall) gibt WICKMANN Hilfestellung bei der Auslegung. Zur Bestätigung der Auswahl empfehlen wir dringend, die gewählte Sicherung unter Normal-, Fehler- und simulierten Lebenszyklus-Bedingungen zu testen.

**Sicherungstypen**

Sicherungen können nach ihrer Bauform als Geräteschutz-, Kleinst- oder Flachsicherungen für die Automobilindustrie klassifiziert werden.

*Geräteschutzsicherungen*, zylindrisch geformt, werden gewöhnlich in den Abmessungen 5x20mm und 6.3x32mm geliefert. Als Hauptvorteil kann hier die leichte Austausch-



Pulsfaktor Derating Kennlinie

Abbildung 4

barkeit beim Einsatz in offenen Fuse-Blocks (Sicherungsleisten) oder geschlossenen Sicherungshaltern gesehen werden.

**Kleinstsicherungen** umfassen die Bauarten TR5, TR3, TE5, Pico- und SM-Sicherungen für die Oberflächenmontage. Diese sind dank der sehr kleinen Abmessungen ideal für kompakte Leiterplatten-Layouts. Axial oder radial bedrahtete Sicherungen sowie die neueren oberflächenmontierbaren Sicherungen ermöglichen wirtschaftliche Installationsverfahren durch automatische Bestückung. Die TR5- und TE5-Sicherungstypen sind gleichwertig zu den zylindrisch geformten Geräteschutzsicherungen aus Glas, bieten jedoch wesentlich niedrigere Spannungsfallwerte und eine höhere Schlagfestigkeit und Rüttelbelastbarkeit.

Flachsicherungen für den Automobilbau werden üblicherweise in Niederspannungs-Hochstrom-Systemen eingesetzt. In der Autoindustrie werden standardmäßig drei Größen verwendet: klein, standard und groß. Flachsicherungen werden aufgrund leichter Austauschbarkeit und niedriger Kosten auch im Nicht-Automobilbereich häufig verwendet.

**Protectoren** werden zum Schutz sekundärer Stromkreise oder Niederspannungs-ICs empfohlen. Protectoren sind hochwertigen Schmelzwiderständen mindestens ebenbürtig und nicht durch konkurrierende Normen eingeschränkt; sie sind somit weltweit einsetzbar.

Weitere Unterteilungen obiger Sicherungsbauarten finden sich bei den Themen Herstellungsstandards, Zeit-Strom-Kennlinien und Fehlerstrom-Ausschaltvermögen; diese Punkte wurden bereits besprochen und sind im folgenden zusammengefasst.

Die nordamerikanische Bauteilnorm für Geräteschutz- und Kleinstsicherungen ist UL 248-14. Die in Europa eingeführte Bauteilnorm ist die IEC 60127. Aufgrund fundamentaler Unterschiede bei der Definition des Bemessungsstroms ist es nicht immer möglich, Sicherungen, die nach diesen unterschiedlichen Normen gefertigt wurden, untereinander auszutauschen.

Sicherungen werden ebenfalls nach ihren jeweiligen Schmelzezeitcharakteristika unterschieden. Diese bestimmen, wie sich Sicherungen unter unterschiedlichen Fehlerstrom-

bedingungen verhalten. Während die UL-Norm Sicherungen entweder mit normalem oder trägem Ansprechverhalten beschreibt, definiert die IEC-Norm eine Reihe von Merkmalen und gibt folgende Symbole an:

Kurzzeichen	Merkmal	IEC 60127 (Blatt Nr.)		
FF	Superflick			-4
F	Flick	-2	-3	-4
M	Mittelträge			
T	Träge	-2	-3	-4
TT	Superträge			-4

Das Merkmal Normal Blow nach UL entspricht in etwa der "flickten" Sicherung gemäß IEC. Da Sicherungen mit diesen Eigenschaften niedrige Schmelzintegrale aufweisen, werden sie gewöhnlich zum Schutz von Geräten benutzt, die normalerweise keine Einschalt- oder Stoßströme erzeugen. Der Standardanwendungsbereich für "Normal Blow" oder flinke Sicherungen umfasst den Schutz von Geräten, bei denen Überströme oder Kurzschlussströme schnell unterbrochen werden müssen.

Die mit den trägen (time delay) Sicherungen nach UL und den trägen Sicherungen nach IEC zusammenhängenden höheren Schmelzintegral-(I<sup>2</sup>t)-Werte lassen diese Sicherungen zu idealen Schutzbausteinen in Anwendungen werden, wo Einschaltströme, transiente oder repetitive Impulsströme auftreten. Hierzu zählen kapazitive Lasten (z.B. Batterieladepreise) oder induktive Lasten (z.B. Stromversorgungs- und Motorlastkreise). Sicherungen werden ebenfalls unterschieden nach ihrem Fehlerstrom-Ausschaltvermögen, üblicherweise Ausschaltvermögen" genannt.

### Kennzeichnungen

Die Sicherungsstandards UL/CSA und IEC schreiben folgende Kennzeichnungen der Sicherungsgehäuse vor:

- Name oder Handelsbezeichnung des Herstellers
- Bemessungsstrom (A oder mA)



Nennspannung (Volt)

Symbol für Zeit-Strom-Characteristik

Zusätzlich fordert die IEC 60127-2 ein Symbol für das Bemessungsausschaltvermögen ("L" für Klein, "E" für Erweitert, "H" für Hoch) auf Geräteschutzsicherungen. Mit Ausnahme des Bemessungsstroms braucht diese Angabe bei Kleinstsicherungen (microfuses) nach UL/CSA 248-14 nur auf der kleinsten Verpackungseinheit aufgedruckt werden. Nach Wahl des Herstellers können Sicherungen auch mit Approbationszeichen, Teilenummern und Farbkodierungen versehen werden. Bei Pico-fuses und SM-Sicherungen wird, bedingt durch ihre Größe, mindestens der Bemessungsstrom aufgedruckt. Nachfolgend sind Kennzeichnungsbeispiele aufgeführt:

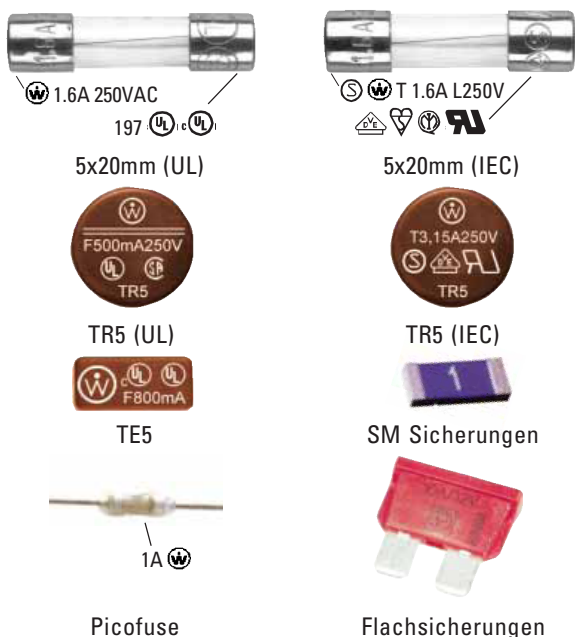


Abbildung 5

Sicherungsmarkierung

Sicherungshalter

Es stehen offene oder geschlossene Sicherungshalter zur Verfügung. Abhängig von der für eine bestimmte Anwendung gewählten Halterbauart sind Umgebungstemperatur, Querschnittsbereich der Anschlussleitung und maximale Verlustleistung (Eigenerwärmung) der Sicherung, für die der Halter bestimmt ist, zu berücksichtigen. Die maximalen Verlustleistungswerte sind besonders bei geschlossenen Haltern kritisch, da sich im Halter übermäßige Wärme aufbauen könnte, die zu Materialschäden und zu einem vorzeitigen Ausfall der Sicherung führen kann. Die maximalen Verlustleistungswerte eines Halters sind in den einzelnen Datenblättern aufgeführt. Sie gelten für Umgebungstemperaturen von bis zu 23 °C. Bei Umgebungstemperaturen von über 23 °C ist ein Derating der Verlustleistung gemäß Abb. 6 erforderlich. Die Leistungsaufnahme der leistungsmäßig höher ausgelegten (derating) Halters sollte größer sein als die aufgeführte Verlustleistung der Sicherung, um die korrekte Wahl zu gewährleisten. Keramiksicherungen können übermäßige Wärme erzeugen, wenn sie mehrere Minuten mit 150%-200% des Bemessungsstroms betrieben werden. Die Verlustleistungen können die in den jeweiligen Datenblätter aufgeführten Werte übersteigen. Der empfohlene Mindestquerschnitt des mit

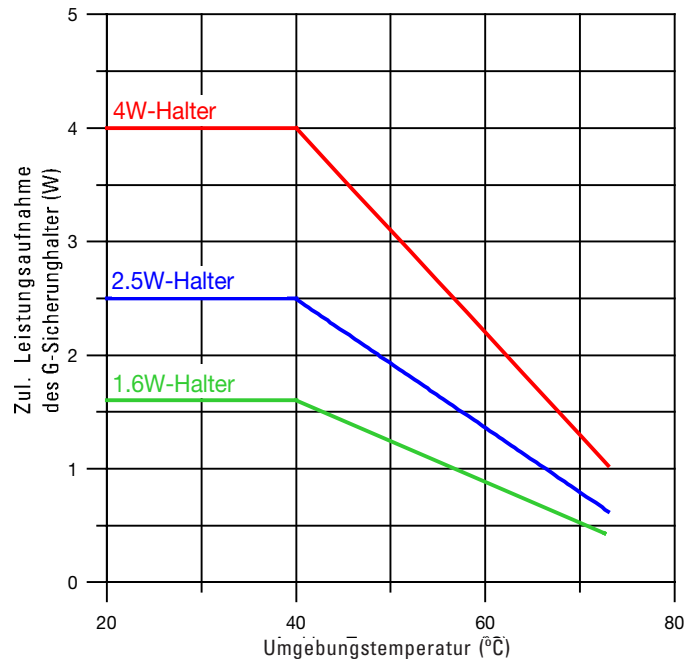


Abbildung 6

dem Halter verbundenen Leiters ergibt sich aus der erwarteten Maximallast, dem normalen Betriebsstrom des Stromkreises und der Verlustleistung der jeweiligen Sicherung. Es ist zu beachten, dass der Betriebsstrom des Stromkreises nicht mit dem Bemessungsstrom der jeweiligen Sicherung gleichzusetzen ist.

In Tabelle 4 werden Mindestquerschnitte für Leiterbahnen (Lötbahnen) zu Haltern auf PC-Platinen und die für oberflächenmontierte Sicherungshalter erforderlichen Leiter-/ Drahtgrößen aufgeführt.

Anders als bei Sicherungen, können Sicherungshalter sowohl von den nordamerikanischen als auch europäischen Sicherheitsstellen geprüft und zugelassen werden. Der maximal zulässige Betriebsstrom für Halter ist jedoch je nach Approbation der einzelnen Prüfstellen unterschiedlich. Betriebsströme nach UL/CSA-Approbationen geben lediglich die maximale Stromtragfähigkeit der Halteranschlüsse an. Im Vergleich wird bei den Betriebsströmen, die gemäß Zulassungen (SEMKO/VDE) europäischer Sicherheitsstellen vorgeschrieben werden, die maximale Verlustleistung der jeweiligen Sicherung bei einem Mindestleiterquerschnitt und maximaler Umgebungstemperatur berücksichtigt. Somit liegen die zulässigen Betriebsstromgrenzen nach UL/CSA wesentlich höher als die Grenzwerte nach SEMKO/VDE. Im Interesse größtmöglicher Sicherheit und um mögliche Schäden zu vermeiden, wird empfohlen, Sicherungs/Halter-Kombinationen unter tatsächlichen Lastbedingungen zu testen.

Für die meisten Anwendungen zum Schutz von Stromkreisen wird vorgeschrieben, dass ein Kontakt des Benutzers mit stromführenden Teilen bei Betrieb und Wartung durch geschlossene Sicherungshalter eingeschränkt wird. Sicherungshalter mit integriertem Schutz gegen elektrische Schläge tragen die Bezeichnung "Shocksafe" (berührungsgeschützt). Diese Typen sind in der Kategorie PC2 in der IEC 60127-6 als Sicherungshalter mit integralem Berührungsschutz aufgeführt. Diese Halter sind so ausgelegt, dass stromführende Teile nicht zugänglich sind, wenn der Halter korrekt zusammengesetzt und auf Tafeln oder Leiterplatten